

January 1997

**Proceedings of the 12th International Congress of Speleology.  
Volume 3: Symposium 2, Archaeology and Paleontology in Caves.  
Symposium 3, Speleology and Mines. Symposium 9,  
Biospeleology 12th International Congress of Speleology. Volume  
3 Symposium 2, Archaeology and Paleontology in Caves.  
Symposium 3, Speleology and Mines. Symposium 9,  
Biospeleology**

Pierre-Yves Jeannin

Follow this and additional works at: [https://digitalcommons.usf.edu/kip\\_talks](https://digitalcommons.usf.edu/kip_talks)

---

**Recommended Citation**

Jeannin, Pierre-Yves, "Proceedings of the 12th International Congress of Speleology. Volume 3: Symposium 2, Archaeology and Paleontology in Caves. Symposium 3, Speleology and Mines. Symposium 9, Biospeleology 12th International Congress of Speleology. Volume 3 Symposium 2, Archaeology and Paleontology in Caves. Symposium 3, Speleology and Mines. Symposium 9, Biospeleology" (1997). *KIP Talks and Conferences*. 123.  
[https://digitalcommons.usf.edu/kip\\_talks/123](https://digitalcommons.usf.edu/kip_talks/123)

This Conference Proceeding is brought to you for free and open access by the Karst Information Portal at Digital Commons @ University of South Florida. It has been accepted for inclusion in KIP Talks and Conferences by an authorized administrator of Digital Commons @ University of South Florida. For more information, please contact [digitalcommons@usf.edu](mailto:digitalcommons@usf.edu).



LA CHAUX-DE-FONDS  
SWITZERLAND  
10<sup>th</sup> – 17<sup>th</sup> AUGUST 1997

## PROCEEDINGS OF THE 12<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY



### VOLUME 3

SYMPOSIUM 2: ARCHAEOLOGY AND PALEONTOLOGY IN CAVES

SYMPOSIUM 3: SPELEOLOGY AND MINES

SYMPOSIUM 9: BIOSPEOLOGY

The Seminary of Prehistory, University of Neuchâtel, Switzerland,  
The Commission of Archaeological Studies in Caves of the UIS  
Natural History Museum, City of Geneva, Switzerland  
Swiss Speleological Society (SSS/SGH)

---

## Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Speleology

Volume 3

Symposium 2

# Archaeology and Paleontology in Caves

Symposium 3

# Speleology and Mines

Symposium 9

# Biospeology

La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 10-17.08.1997

**Editor:**

Pierre-Yves Jeannin

## Symposium 2: Archaeology and Paleontology in Caves

**Scientific coordinator:**

Roman Hapka

**Scientific board:**

Philippe Morel

Alexandre von Burg

Michel Egloff

Nicolas Guillaume-Gentil

Marc-Antoine Kaeser

Fabienne Rouvinez

**Aknowledgments to:**

Cynthia Duning

Catherine Perret

Catherine Pillonel

Jacques Reinhard

**Scientific Patronage:**

Commission of Archaeological Studies in Caves of the UIS

International Committee on Rock-Art

Ministère de la Culture, France, Direction du Patrimoine, Sous-direction de l'Archéologie

Ministère de la Culture, France, Direction régionale des Affaires culturelles de Midi-Pyrénées

Seminary of Prehistory, University of Neuchâtel, Switzerland

Swiss Society of Prehistory and Archaeology

Swiss Speleological Society

**Aknowledgements for sponsoring to:**

Académie Suisse des Sciences Humaines et Sociales

ARCHEONE, Cercle neuchâtelois d'archéologie, Neuchâtel

Fonds Jean-Pierre Jéquier, Université de Neuchâtel

## Symposium 3: Speleology and Mines

**Scientific coordinator:** Thilo Arlt

**Scientific and editorial board:** Valérie Grandjean  
Armin Hanneberg  
Hans-Peter Stolz  
Beatrice Wanner

## Symposium 9: Biospeology

**Scientific coordinator:** Pascal Moeschler

**Scientific and editorial board:** Louis de Roguin  
Volker Mahnert  
Corinne Charvet



International Union of Speleology  
Union Internationale de Spéléologie  
Internationale Union für Speläologie



Swiss Speleological Society (SSS)  
Société Suisse de Spéléologie (SSS)  
Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung (SGH)



United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation  
Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture  
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation



International Association of Hydrogeologists (IAH)  
Association Internationale des Hydrogéologues (AIH)



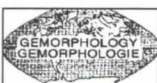
International Association of Hydrological Sciences (IAHS)  
Association Internationale des Sciences Hydrologiques (AISH)



Swiss Academy of Sciences (SAS)  
Académie Suisse des Sciences Naturelles (ASSN)  
Schweizerische Akademie für Naturwissenschaften (SANW)



International Geographic Union  
Union Géographique Internationale



International Association of Geomorphologists (I.A.G.)  
Association Internationale des Géomorphologues (A.I.G.)

ISBN 2-88374-008-9 (Vol. 3)

ISBN 2-88374-012-7 (Vol. 1-6)

---

**Publisher:** Speleo Projects, Therwilerstr. 43, CH-4054 BASEL, Switzerland

**Cover:** Titanengang, Hölloch, Switzerland (Photo Ballmann/Widmer)

**Selling:** Bibliothèque de la Société Suisse de Spéléologie, c/o Bibliothèque de la Ville, Rue du Progrès 33, CH-2300 La Chaux-de-Fonds,  
Fax: 021 947 53 78, email: ssslib@vtx.ch

Printed in Switzerland

Papers published from the camera ready copies, prepared by the authors after reviewing by the members of the scientific board. Despite this, the scientific board wishes to make clear that it shall take no responsibility for any mistakes and omissions, or for the opinions stated by the authors.

# Table of Contents

## Symposium 2: Archaeology and Paleontology in Caves

|                              |                   |   |
|------------------------------|-------------------|---|
| Hapka Roman & Philippe Morel | Avant-propos..... | 3 |
| Clottes Jean                 | Préface.....      | 4 |

### Session 1: Archaeology, regional syntheses

|                               |   |    |
|-------------------------------|---|----|
| Aimé Gérard                   | Les grottes, gouffres et abris archéologiques de Franche-Comté (France).....                        | 5  |
| Cappa Emanuele <i>et al.</i>  | A few remarks on the features of some man-made cavities<br>in Tuscia (Northern Latium, Italy) ..... | 9  |
| Kempe Stephan & Ketz-Kempe C. | Archaeological observations in lava tubes on Hawaii.....  | 13 |
| Kusch Heinrich                | The prehistoric cave-sites of the central Mur-valley in Styria (Austria).....                       | 17 |
| Montero Garcia Ismael Arturo  | Archaeology in Mexican caves.....   | 20 |
| Toussaint Michel              | Les sépultures préhistoriques dans les abris naturels du karst mosan wallon .....                   | 21 |
| Rosendahl Wilfried            | Pleistocene hominid remains from caves of Germany .....   | 25 |
| Watson Patty Jo               | The Prehistory of Salts Cave & Mammoth Cave,<br>Mammoth Cave National Park, Kentucky, USA.....      | 29 |

### Session 2: Archaeology, man and caves

|                                 |  |    |
|---------------------------------|--|----|
| Shrivastava V. K.               | Caves & Religion : A Case Study of Narbada-Son Divide : India.....   | 31 |
| Abdul-Nour Hani                 | Rôle de la spéléologie dans la connaissance de l'histoire du Liban.....                                      | 35 |
| Hubbard David & Boyd C. C.      | Archaeological cave resources in Virginia, USA.....  | 37 |
| Johnson Jerald J.               | Why this cave and not that one:<br>The use of caves in the Western United States by prehistoric peoples..... | 41 |
| Munson Cheryl Ann <i>et al.</i> | Prehistoric uses of caves in North America: A regional synthesis.....  | 45 |
| Rouzaud François                | La paléospéléologie.....   | 49 |
| Kejonen Aimo                    | On the oral folklore connected with caves in Finland.....  | 53 |
| Hapka Roman & Rouvinez F.       | Archéologie "verticale" dans les gouffres de la Sierra Mazateca<br>(Cerro Rabon, Oaxaca, Mexique).....       | 57 |

### Session 3: Archaeology, site studies

|                                |  |    |
|--------------------------------|--|----|
| Draily Christelle              | Recherches récentes concernant le paléolithique moyen dans le karst mosan.....   | 61 |
| Petrochilou Anna               | La grotte préhistorique du "Cyclope Polyphimos" à Maronia Komotini (Grèce).....  | 64 |
| Galik Alfred & Pacher M.       | The Durezza cave near Villach (Carinthia, Austria) :<br>a cave with sacrificial offerings from the Hallstatt period ? .....                  | 65 |
| Pedde Sara                     | Stable carbone isotope analysis of human skeletal material from Hendricks Cave,<br>Wyandot County, Ohio, USA: A methodological overview..... | 67 |
| Rouzaud François <i>et al.</i> | La structure paléolithique de la grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne, France).....  | 71 |
| Tankersley Kenneth B.          | Archaeology of Sheriden Cave, Ohio, USA.....   | 75 |
| Stroutchkova Tatiana           | The underground prison of the Solovski monastery (Russia) .....  | 78 |
| Rouzaud François <i>et al.</i> | La grotte chalcolithique de Foissac (Aveyron, France).....   | 79 |

## Session 4: Archaeology, cave art

|                                  |  |     |
|----------------------------------|--|-----|
| Collet Guy-Christian & Simões W. | Principales traditions d'art rupestre dans les grottes brésiliennes.....   | 83  |
| Mulaomerovic Jasminko            | Cave drawings in Bosnia: one possible reading.....   | 87  |
| Rouzaud François <i>et al.</i>   | Nouveaux arguments en faveur de la "vision polaire" au Paléolithique supérieur....   | 91  |
| Stoev Alexey <i>et al.</i>       | Research on drawings representing celestial phenomena<br>and cosmological elements from cave sanctuary from the Neolithic..... | 95  |
| Rouzaud François                 | La grotte ornée paléolithique des Mayrières à Bruniquel<br>(Tarn-et-Garonne, France) ou la gestion d'une erreur... ..          | 97  |
| Chazine Jean-Michel & Fage L.-H. | Découverte des premières grottes peintes de Bornéo (Kalimantan).....   | 101 |
| Clottes Jean                     | Les spéléologues, découvreurs de grottes ornées.....   | 103 |

## Session 5: Paleontology, study of bears

|   |   |     |
|---|---|-----|
| Argant Alain                            | La faune du Pléistocène moyen récent de la grotte d'Azé (Saône-et-Loire, France)  | 105 |
| Armand Dominique                        | Contribution à l'étude des grottes à ours :<br>les données de la grotte Bourgeois-Delaunay (Charente, France).....  | 109 |
| Drouin Philippe & Philippe M.           | L'ours dans le département de l'Ain (France).<br>Evocations historiques et recensement des cavités ayant livré des vestiges.....  | 113 |
| Guadelli Jean-Luc                       | Etude d'une grotte à Ours du Pléistocène moyen en Dordogne (France) : la Grotte XIV   | 117 |
| Guzvica Goran &<br>Radanovic-Guzvica B. | Settlement intensity of hominids during the Middle and<br>Upper Pleistocene in Vindija cave, northwestern Croatia.....  | 121 |
| Ravazzi Cesare & Perego R.              | Late Weichselian cave bear environment in Lombardian Pre-Alps<br>as reconstructed by means of new pollen records from cave deposits.....  | 124 |
| Philippe Michel                         | La très longue fréquentation de la Balme à Collomb<br>(Entremont-le-Vieux, massif de Chartreuse, Savoie) par l'ours des cavernes.....   | 125 |
| Reisinger Christian                     | Symmetrische Paarbildungen und Reartikulationen<br>an den Extremitätenknochen des Höhlenbären ( <i>Ursus spelaeus</i> ).....  | 129 |
| Viehmann Iosif                          | Sur les relations entre l'homme et l'ours<br>des cavernes dans les grottes de Roumanie.....   | 133 |
| Perego Renata & Philippe M.             | A biometric comparative study between cave bears from Italian and French caves..  | 136 |
| Morel Philippe & Schifferdecker F.      | Homme et ours des cavernes ( <i>Ursus spelaeus</i> ) au Pléistocène supérieur<br>dans les grottes de l'arc jurassien de Suisse occidentale:<br>bilan et nouvelles données chronologiques..... | 137 |

## Session 6: Paleontology, miscellaneous

|                               |   |     |
|-------------------------------|---|-----|
| Bolliger Thomas               | Small mammal faunas from karstic fissure fillings.....  | 141 |
| Capellini Terence Dante       | Reconstructing the chronology of White Rocks Cave<br>using fluorine dating: a methodological overview.....  | 145 |
| Fosse Philippe                | Les repaires d'hyène des cavernes ( <i>Crocota crocuta spelaea</i> Gold.) : Répartition<br>géo-chronologique et remarques taphonomiques sur les assemblages osseux..... | 149 |
| Rathgeber Thomas              | Fossilführende Spaltenfüllungen im Muschelkalk-<br>Karst von Baden-Württemberg, Deutschland.....  | 153 |
| Krklec Nevenka & Jambresic G. | Review of Upper Pleistocene mammalian assemblages in Croatian caves.....  | 157 |
| Argant Alain                  | Biochronology of the cave lion. An attempt to date the<br><i>Panthera spelaea</i> of the Azé cave (Saône-et-Loire, France).....   | 160 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| Philippe Michel &<br>le spéléo-Club de Souillac | Découverte de restes d'un "bébé" mammoth dans une nouvelle cavité<br>du Causse de Martel : l'Igue Faurel, commune de Cuzance (Lot, France)..... | 161 |
| Laudet Frédéric <i>et al.</i>                   | Les critères de prédation sur les assemblages fossiles<br>en milieu karstique : application aux Phosphorites du Quercy (France).....            | 165 |
| Laiconas Erikas                                 | Paleontological discoveries in caves of Siberia by J. Cerskis.....  | 169 |
| Pinto Ana Cristina                              | Amphibian taphonomy and its application to cave fossil remains.....   | 171 |
| Hubbard David A. & Grady F.                     | Vertebrate paleontological cave resources in Virginia, U.S.A.....   | 175 |
| Laudet Frédéric & Denys C.                      | Intérêts des études taphonomiques sur les remplissages<br>karstiques paléogènes des Phosphorites du Quercy (France).....                        | 178 |
| Codrea Vlad & Fratila G.                        | Un cas peu commun de conservation de certains<br>tétrapodes dans le système karstique Cerbului (Roumanie).....                                  | 179 |
| Reiner Gerhard                                  | Kleinsäuger und Fundschichtbildung: taphonomische und taxonomische<br>Betrachtungen anhand von Material aus der Tunnelhöhle (Steiermark).....   | 181 |

## Symposium 3: Speleology and Mines

### Session 1: Reopening, research and protection of historic mines

|  |   |     |
|--|---|-----|
| Fluck Pierre   | Bref historique de la spéléologie minière en Alsace.....  | 187 |
| Ass. Archéol. pour l'Etude des<br>Mines et de la Métallurgie | Les anciennes mines, un patrimoine protégé. Statut juridique<br>et protection du patrimoine minier en France..... | 191 |
| Ancel Bruno  | Relevés topographiques et archéologiques en anciennes mines :<br>méthodologie d'un outil d'interprétation.....    | 195 |
| Bock Matthias  | Anwendung von Datenbanken und Geoinformationssystemen<br>bei der montanhistorischen Erkundung.....                | 199 |
| Boehm Peter <i>et al.</i>                                    | Dendrochronologische Untersuchungen im Bergbaugesamt Schwaz-Brixlegg.....   | 203 |
| Funcken Luc  | Etude de stabilité dans des carrières souterraines abandonnées de craie.....                                      | 205 |

### Session 2a: Scientific observations in mines part I

|                                  |  |     |
|----------------------------------|--|-----|
| Cech Brigitte & Paar W.          | Archäologische und geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen in einem<br>Edelmetallbergbau des 16. Jhs. im Gasteiner Tal, Salzburg.....  | 209 |
| Lewandowski Klaus                | Bergbauforschung im Oberpinzgau / Land Salzburg, Österreich.....   | 213 |
| Weisgerber Gerd                  | Speläologie und montanarchäologie - ein Vergleich.....   | 216 |
| Barsanti Cecilia M. & Martini S. | Depositi ipogei derivanti dall "attività" estrattiva in cave preistoriche:<br>la frattura tettonica "La Rossa" di Valle Lagorara (Italia)..... | 217 |
| Bohly Bernard & Ehret M.         | La mine Henri I au Glashenbach (Niederbruck, Haut Rhin, France) à la Renaissance   | 221 |
| Rosenthal Patrick & Morin D.     | Les mines de fer karstiques de l'Est et du Sud-Est de la France.<br>Données archéologiques et chronologiques.....                              | 225 |
| Imper David                      | Die Bergwerksstollen im Gonzen (Sargans SG, Schweiz)<br>als Spiegel der Bergbaugeschichte.....   | 229 |
| Bärtschi Hans-Peter              | Ein Labyrinth mittelalterlicher Stollen: Zeugen von 500 Jahren<br>Bergbau in S-charl (Schweiz).....  | 233 |

## Session 2b: Scientific observations in mines, part II

|                                 |  |     |
|---------------------------------|--|-----|
| Laureti Lamberto                | Mines archaeology in italian Alps: A general map.....  | 236 |
| Liessmann Wilfried              | Montanarchäologische Untersuchungen im Silbererzrevier von Sankt Andreasberg im Harz (Deutschland).....    | 237 |
| Lochner Bernd                   | Die Saalfelder Feengrotten - ein Schaubergwerk mit Höhlencharakter.....                                    | 241 |
| Ancel Bruno                     | Mines et carrières dans les Hautes-Alpes : apports et évaluation des données du terrain.....               | 245 |
| Ancel Bruno                     | La mine d'argent du Fournel au XIXème siècle (Hautes-Alpes, France).....                                   | 249 |
| Arlt Thilo <i>et al.</i>        | Bestandsaufnahme historischer Grubenanlagen im Revier Rotenstein, Bergbau Schwaz, Österreich.....          | 253 |
| Hanneberg Armin <i>et al.</i>   | Bergbauhistorisch interessante Spuren im Revier Rotenstein, Bergbaugesamt Schwaz in Tirol, Österreich..... | 257 |
| Rouzaud François, <i>et al.</i> | La grotte-mine médiévale du Cael à Sorèze (Tarn, France).....  | 261 |

## Session 3: Urban Speleology and artificial cavities

|                                  |   |     |
|----------------------------------|---|-----|
| Castellani Vittorio & Dragoni W. | Ancient tunnels: from Roman outlets back to the early Greek civilization.....                                 | 265 |
| Bixio Roberto & Castellani V.    | Cinque anni di indagini sui sotterranei in oriente.....   | 269 |
| Nini Roberto                     | Speleologia urbana: l'ausilio dei sistemi multimediali nello studio e didattica delle cavità artificiali..... | 273 |

## Symposium 9: Biospeleology

### Session 1: General biospeleology (excluding chiroptera)

|                                |  |     |
|--------------------------------|--|-----|
| Schöne Tilo & Wutzig B.        | Root stalagmites in the mountains Elbsandsteingebirge (FRG) .....                            | 277 |
| Kashima Naruhiko               | Phytogenetic formation from cave in noncalcareous host rock, Japan.....                      | 281 |
| Manolache Elena <i>et al.</i>  | Microbiological and enzymological researches in some Romanian caves.....                     | 285 |
| Menne Benjamin                 | Mikrobiologische Prozesse in Karst(Wasser)Körper.....  | 289 |
| Semikolennykh Andrey A.        | Microorganisms in the caves of former USSR: geography, ecology and geochemical activity..... | 293 |
| Zhaohui Zhang                  | Bryoflora and some speleothems of karst caves in Guizhou Province, SW China.....             | 297 |
| Fiedler Suzana & Buzjak N.     | Speleobotanical characteristics of the Medjame ponor.....                                    | 301 |
| Holler Cato Jr.                | North Carolina's non-carbonate caves and their biological significance.....                  | 305 |
| Weber Dieter & Zaenker S.      | Höhlenfaunenerfassung in Westdeutschland: Stand der Arbeiten.....                            | 307 |
| Kosel Vladimir                 | Characteristics of underground fauna in Slovakia.....  | 310 |
| Hubbard David A. Jr. & Wang D. | A preliminary report on some invertebrate cave fauna of China.....                           | 311 |

|                                 |   |     |
|---------------------------------|---|-----|
| Ferguson Lynn M.                | A report on a new species of <i>Pacificampa</i> (Diplura: Campodeidae) from a cave in China and a comparison of some North American genera to <i>Pacificampa</i> and <i>Plutocampa</i> previously only known from the Far East of Russia..... | 315 |
| Moldovan Oana                   | The chemical communication in the underground Bathysciinae beetles (Insecta, Coleoptera).....   | 319 |
| Andreev Sergiu P. <i>et al.</i> | Vertebrate fauna of the Moldavian underground.....  | 321 |
| Uhrin Marcel & Lesinsky G.      | Mechanisms of occurrence of amphibians in an underground space in Slovakia: preliminary data evaluation.....  | 325 |

## Session 2: Biological diversity of karst drainage systems

|                                   |  |     |
|-----------------------------------|--|-----|
| Plesa Corneliu                    | Analyse comparée de la stygofaune dans deux importantes grottes touristiques d'Autriche : Hermannshöhle (Niederösterreich) et Lurgrotte (Steiermark) .....                                       | 329 |
| Bernasconi Reno                   | Conchological variability of <i>Heleobia</i> [ <i>Semisalsa</i> ] <i>dobrogea</i> (Mollusca Prosobranchia Hydrobiidae Cochliopinae) from subterranean waters of Mangalia, Dobrogea, Romania..... | 333 |
| Bernasconi Reno                   | <i>Bythiospeum rhenanum turneri</i> n. ssp., a new phreatic snail (Mollusca Prosobranchia Hydrobiidae Horatiinae) from the groundwater of Töss valley, eastern Switzerland.....                  | 337 |
| Magniez Guy J.                    | Facteurs intrinsèques et extrinsèques de la distribution actuelle des Crustacés Isopodes des eaux souterraines d'Europe.....   | 341 |
| Porter Megan L. & Hobbs III H. H. | Observations on the geographic distribution and ecology of an undescribed species of <i>Crangonyx</i> endemic to southern Indiana, U.S.A (Amphipoda: Crangonyctidae)....                         | 345 |
| Holsinger John R. <i>et al.</i>   | Biogeographic significance of recently discovered Amphipod Crustaceans ( <i>Stygobromus</i> ) in caves of Southeastern Alaska and Vancouver Island.....  | 347 |
| Boutin Claude <i>et al.</i>       | Biodiversity and biogeography in subterranean aquatic crustacean Metacrangonyctidae (Amphipoda) .....  | 350 |
| Proudlove Graham S.               | A synopsis of the hypogean fishes of the world .....   | 351 |
| Proudlove Graham S.               | The conservation status of hypogean fishes.....  | 355 |
| Borowsky Richard & Espinasa L.    | Antiquity and Origins of Troglobitic Mexican Tetras, <i>Astyanax fasciatus</i> .....   | 359 |

## Study and protection of bats in caves

|                               |   |     |
|-------------------------------|---|-----|
| Mouret Claude                 | Sorties crépusculaires massives de chauves-souris en Thaïlande .....                                | 363 |
| Pandurska Rumiana & Shanov S. | Seasonal changes of the body mass of some cave-dwelling bat species (Chiroptera) from Bulgaria..... | 367 |
| Abul-Hab Jalil                | Further survey for the ectoparasites of bats in Iraq.....   | 369 |
| Yaseen Ahmed E. <i>et al.</i> | Chromosomal studies of five Egyptian species of bats (Chiroptera: Mammalia).....                    | 371 |



The Seminary of Prehistory, University of Neuchâtel, Switzerland,  
The Commission of Archaeological Studies in Caves of the UIS  
Swiss Speleological Society (SSS/SGH)

---

## Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Speleology

Volume 3

Symposium 2

# **Archaeology and Paleontology in Caves**

La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 10-17.08.1997



*Cerro Rabón, Sierra Mazateca, Mexico: Graves in Cueva de los Tres Hermanos (photo: Roman Hapka)*

## Avant-propos

### ***Incursions humaines et animales dans le milieu souterrain - sanctuaires, sépultures, pièges et habitats***

#### **Symposium d'Archéologie et de Paléontologie en grotte**

Lors du 11<sup>e</sup> Congrès International de Spéléologie, qui s'est déroulé à Beijing (Chine) en août 1993, l'importance de la communication entre les scientifiques menant des recherches concernant l'archéologie en grotte a été reconnue. Afin de promouvoir cet aspect de la spéléologie, l'Union Internationale de Spéléologie a décidé de créer une nouveau groupe de travail : la Commission pour la Recherche archéologique et paléontologique en grotte. C'est sous l'égide de cet organisme que se déroule ce Symposium d'archéologie et de paléontologie en grotte.

C'est la première fois que ces aspects de la recherche scientifique sont intégrés dans un congrès international de Spéléologie en tant que discipline à part entière et sous forme d'un symposium individualisé. Celui-ci touchera en particulier à la problématique de la présence humaine ou animale sous terre, à ses modalités. Toutes les communications réunies ont pour point commun une spécificité proprement spéléologique, c'est-à-dire qu'elles concernent en principe uniquement les parties hypogées du milieu souterrain.

Ce ne sont pas moins de 50 conférenciers qui se réuniront durant deux jours, qui présenteront 31 conférences en archéologie, dont sept spécifiques de l'art pariétal et 25 en paléontologie, dont onze seront consacrées à l'ours des cavernes. Au-delà des études de sites et des synthèses régionales, relevons une réflexion touchant plus largement aux motivations de la présence humaine et animale dans les cavernes.

En plus des pays européens traditionnels de la recherche archéologique et paléontologique en grotte, tels l'Espagne, la France, l'Italie, l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique et la Suisse, on remarquera la présence de nations certes actives dans le domaine depuis longtemps, mais peu souvent représentées dans les rencontres européennes, comme la Grèce, la Finlande, la Bosnie et Herzégovine, la Croatie, la Roumanie, la Lituanie, et la Russie. De plus, à la bonne représentation des Etats-Unis viennent s'ajouter le Brésil et le Mexique pour les Amériques. Enfin, il faut saluer la présence du Liban et de l'Inde, au patrimoine souterrain si intéressant mais si peu connu en Occident.

Cette rencontre fait suite à trois premières réunions tenues aux Etats-Unis dans le cadre de congrès annuels de la National Speleological Society, souhaitons que ce mouvement se poursuive, et pourquoi pas, s'institutionnalise, et qu'il permette de renforcer les liens entre spéléologues et spécialistes, et d'entretenir les contacts entre les chercheurs de toutes disciplines.

### ***Underground human and animal incursion - Sanctuaries, burial-places, traps and habitats.***

#### **Symposium on Archaeology and Paleontology in caves**

During the 11th International Congress for Speleology, in Beijing (China), in August 1993, the importance of communication between scientists working on archaeology in caves was emphasized. In order to promote this aspect of speleological research, the International Union of Speleology decided to create a new working group: the Commission for archaeological and paleontological research in caves. The present Symposium on Archaeology and Paleontology in caves has been organized by this commission.

For the first time, these aspects of scientific research are integrated in an international congress of speleology as a distinct subject and as a specialized symposium. Emphasis will be put on the problems of human and animal presence in caves, and its modalities. The communications will all have in common a specific relation to speleology; more precisely related to the deeper parts of the cave world.

There will be 50 contributing participants, over two days, presenting 31 talks in archaeology, seven specifically related to rock art, and 25 talks in paleontology, eleven concern the cave bear. Furthering site reports and regional studies, stress will lay specifically on the motivations of human and animal presence in caves.

Besides European nations with a tradition of archaeological and paleontological research in caves, such as Spain, France, Italy, Germany, Austria, Belgium and Switzerland, other countries which have long been active in this field, but rarely represented in European meetings, like Greece, Finland, Bosnia Herzegovina, Croatia, Roumania, Lithuania and Russia must be mentioned. Furthermore, for both American continents, Brazil and Mexico join the strongly represented United States. Lastly the presence of Lebanon and India, with their amazing speleological heritage, vastly unknown to the Western world, must be especially emphasized.

This meeting follows three preceding ones, held in the USA during their annual National Speleological Society congresses. We hope that this movement will continue on a regular basis, and, why not, and that it will help reinforce links between field cavers and specialists, and maintain contacts between scientists of all disciplines.

**Roman Hapka, Philippe Morel**

## Préface

Longtemps, une cheminée au plafond de cette grotte est restée ouverte, au flanc de la colline. L'hiver, de fragiles ponts de neige et de glace masquaient le trou. Les animaux s'en défiaient et l'évitaient, mais des accidents arrivaient lorsque, pris de panique, ils s'aventuraient trop près des bords et tombaient dans le gouffre. Au fil des millénaires, leurs ossements s'accumulèrent, peu à peu recouverts de sédiments. L'ouverture finit par se combler et plus rien, en surface, ne trahit son existence antérieure, si ce n'est une imperceptible concavité du sol.

La caverne ignorée continuait sa lente vie. Par une entrée latérale, des animaux s'y aventurèrent et y trouvèrent refuge. Pendant plus de vingt mille ans, des ours y hibernèrent. Certains mouraient. Leurs ossements furent parfois dispersés par les allées et venues de leurs congénères. Dans leur fourrure, ils transportaient des pollens qui se déposèrent sur les sols. A une époque, la grotte fut un repaire de lions des cavernes qui y traînèrent leurs proies. Des hyènes y firent des incursions et s'y établirent pendant quelque temps.

Tous ces animaux laissèrent des traces de leurs passages : leurs empreintes sur les surfaces molles des sols, les longues traînées des griffades d'ours sur les parois, les ossements des proies dévorées, et les leurs propres quand ils terminaient leur existence dans les galeries profondes. Leurs passages répétés effacèrent de nombreuses traces de leurs prédécesseurs et bousculèrent leurs vestiges.

Des coulées d'argile et de calcite se produisirent ici et là. Certaines salles furent périodiquement inondées. L'eau détruisit les empreintes au sol et déplaça des ossements.

Des hommes, à des milliers d'années d'intervalle, s'aventurèrent dans cet univers étrange et redoutable qu'était pour eux le monde souterrain. Munis de torches aux lueurs fuligineuses ou, beaucoup plus tard, de lampe à graisse, dont la flamme bougeaient et faisaient vivre les formes des parois, ils explorèrent la caverne, ils firent des feux et à l'occasion y passèrent quelque temps, abandonnant les reliefs de leurs repas autour de leurs petits foyers. Eux aussi ils y laissèrent leurs traces, involontaires (leurs empreintes, les charbons tombés des torches, les déchets et les objets perdus) ou volontaires lorsqu'ils dessinèrent sur les parois et les voûtes et qu'ils déposèrent des os et des silex dans les fissures. D'autres groupes, en d'autres époques, allèrent dans la grotte pour y laisser leurs morts ou encore pour en exploiter les richesses minérales (silex, calcite). Comme ce fut le cas pour les animaux, leurs traces et leur restes subirent l'action des phénomènes naturels, et il advint même que des incursions animales les affectent.

Puis, un éboulement colmata l'entrée. Pendant des millénaires, les grottes firent l'objet de craintes superstitieuses et on les évita, sauf pour s'y réfugier à l'occasion. Puis, l'esprit changea et elles commencèrent à recevoir les visites des curieux. Au XX<sup>ème</sup> siècle, elles furent systématiquement recherchées, explorées, étudiées. Des spéléologues connaissant parfaitement ce karst, flairèrent une entrée possible. Ils se livrèrent à une longue et pénible désobstruction et finirent par déboucher dans cette caverne à la longue et passionnante histoire.

\*\*\*

Et voilà qui nous amène à ce congrès International de Spéléologie où spéléologues et scientifiques de tout poil vont se côtoyer pour travailler au même but : élucider les activités des hommes, des animaux et de la nature dans les cavernes, milieux privilégiés qui conservent les traces et les vestiges des activités qui s'y déroulèrent, mais qui ont toujours été et qui restent des milieux vivants. Même s'il advient rarement que tous les événements ci-dessus esquissés s'y déroulent, ce sont au sens large des palimpsestes, c'est-à-dire des accumulations d'images, ou de faits, sur un même fond. En tant que milieu vivant, une grotte subit des changements qui influent sur la conservation des traces et des vestiges.

Spéléologues, préhistoriens, paléontologues, palynologues, géologues, anthracologues, physiciens des datations (liste non exhaustive...), chacun dans notre spécialité nous efforçons de démêler les fils de cet écheveau embrouillé et de dévoiler la longue histoire de monde souterrain, en collaboration étroite avec tous nos collègues et avec les inventeurs auxquels nous en devons la découverte.

Jean Clottes

# Les grottes, gouffres et abris archéologiques de Franche-Comté (France)

Par Gérard Aimé

1, rue de l'Épithaphe, 25000 Besançon, France.

## Abstract

The region of Franche-Comté abounds in karstic formations. If many of them contain remains which prove human utilizations or animal presence, often accidental, is not surprising. Already during the XIXth century, searchers have been interested in caves, holes and shelters. More recent investigations (some of them going on) allow to refine the knowledge in that field.

The most ancient remains date from the low Paleolithic (about 400 000 BC), into the Vergranne hole, constituted with an abundant quaternary fauna entrapped by the pit and a human tooth. The middle Paleolithic shows Mousterian habitats inside some caves. The upper Paleolithic is present with habitats or hunters halting places, but without any parietal art. The artistic manifestations only consist on engravings on stones or pebbles. The Epipaleolithic period is well represented with tombs and with painted or engraved pebbles. The Mesolithic under shelters is largely present from the oldest to the final period which is contemporaneous of the neolithisation. Generally, there are temporary habitats. During the Neolithic, the occupations of underground areas become more episodic and diversified : hiding-places, tombs. With the Metal Ages, especially at the end of the Bronze Age, many inhospitable caves with a difficult access were used as hiding-places, refuges or necropolises. During the Gallo-Roman period, the first fortifications at the entrances of caves and inner structures were built ; that was continued in the Middle-Age until the half of the XVIIIth century : then many caves have protected the populations during the thirty years war.

## Résumé

La Franche-Comté est riche en phénomènes karstiques. Il n'est donc pas étonnant que ceux-ci recèlent des vestiges témoignant de leur utilisation par l'homme ou de leur fréquentation, souvent accidentelle, par les animaux. Dès le XIXème siècle, des chercheurs se sont intéressés aux grottes, gouffres et abris. Des recherches plus récentes (et d'autres encore en cours) ont permis d'affiner les connaissances en ce domaine.

Les premiers vestiges remontent au Paléolithique inférieur (env. 400 000 ans), à l'aven de Vergranne, avec une abondante faune quaternaire piégée et une dent humaine. Le Paléolithique moyen est représenté par des habitats moustériens dans diverses grottes. Le Paléolithique supérieur est présent avec des habitats ou haltes de chasse, mais sans art pariétal. Les manifestations artistiques se limitent à des gravures sur os ou galets. L'Épipaléolithique est bien représenté avec des sépultures et des galets peints et gravés. Le Mésolithique existe, sous abris, de la phase ancienne à la phase finale, contemporaine de la néolithisation. Il s'agit d'habitats saisonniers. Au Néolithique, l'occupation du milieu souterrain devient plus épisodique et diversifiée : refuges, sépultures. Aux âges des métaux, surtout à la fin de l'Âge du Bronze, des grottes d'accès difficile et peu hospitalières ont servi de cachettes, refuges ou lieu de sépulture. Le Gallo-Romain a vu le début de la fortification des entrées et de l'aménagement intérieur de certaines cavités, poursuivi au Moyen-Âge et jusqu'au milieu du XVIIIème siècle où de nombreuses grottes abritèrent les populations lors de la guerre de trente ans.

## 1. Introduction

Elaborer une synthèse de la fréquentation, par l'homme ou les animaux, des cavités naturelles de Franche-Comté au cours du passé n'est pas chose facile. Tout d'abord à cause du grand nombre des phénomènes karstiques de cette région. Ensuite parce que les informations sont très dispersées et très souvent fragmentaires. Le bref survol que nous présentons ici ne peut donc prétendre à l'exhaustivité. Il devrait néanmoins donner un bon aperçu de l'état actuel des connaissances.

## 2. Le Paléolithique inférieur

A ce jour, une seule cavité a livré des vestiges du Paléolithique inférieur : l'aven de Vergranne (Doubs). Ce gouffre a servi de piège pour la faune du Mindel moyen et récent (*Dicerorhinus etruscus brachycephalus*, *Dicerorhinus mercki*, *Alces*, *Cervus elaphus*, *Caballus mosbachensis*, *Ursus deninger*, *Canis etruscus*, etc.). Au milieu de ces restes de faune, une canine humaine, ayant appartenu à un enfant et datant d'environ 400 000 ans. On peut signaler aussi la découverte, dans la Baume de Gigny (Jura), de 4 bifaces de l'acheuléen supérieur, remontant à plus de 100 000 ans.

## 3. Le Paléolithique moyen

Plus proche de nous, le Paléolithique moyen se signale par un certain nombre de sites paléontologiques

(parmi lesquels il n'est pas toujours facile, en l'absence d'études approfondies, de distinguer Paléolithique moyen et Paléolithique supérieur), environ une trentaine. Qu'il s'agisse de grottes, d'avernes ou de fissures rocheuses, on y observe presque toujours une écrasante domination de l'ours (*Ursus spelaeus*, *Ursus arctos*). La proportion des ursidés (jusqu'à 80 voire 90 %) montre une très forte fréquentation des grottes par ces plantigrades qui ont contribué à remanier les remplissages et à disperser ou fragmenter les vestiges d'autres animaux ou d'éventuels témoins d'occupation humaine. Le recul des falaises explique aussi la relative pauvreté en artefacts créés par l'homme. Voisin de celui de Vergranne, l'aven de Romain la Roche a, lui aussi, fonctionné comme piège pour la faune : *Elephas primigenius*, *Caelodonta antiquitatis*, *Ursus spelaeus*, *Cervus elaphus*, *Canis*, *Vulpes*, mais aussi lion, équidés, bovidés. Cette faune date du Würm (- 90 000 ans). Une des couches a produit une industrie lithique et des foyers moustériens.

Onze autres cavités ont livré des occupations moustériennes allant du Riss/Würm au Würm récent. La Baume de Gigny a révélé cinq niveaux successifs d'occupation, échelonnés entre - 70 000 et -30 000 ans.

## 4. Le Paléolithique supérieur

Connu dans 28 cavités, le Paléolithique supérieur est surtout représenté par ses phases les plus récentes

(Magdalénien, Tardiglaciaire). La grotte de la Mère Clochette, à Rochefort-sur-Nenon (Jura), aurait pourtant fourni de l'Aurignacien et du Périgordien, ainsi semble-t-il, que la Grotte de Port-Lesnay (Jura) ou l'Abri de la Ferme du Sillot, à Liebvillers. L'art pariétal est absent. En revanche, on connaît des galets gravés (Ranchot) ou des gravures sur os ou bois de renne (Arlay, Rigney).

## 5. L'Épipaléolithique

Période située au début du Postglaciaire, l'Épipaléolithique (également appelé : "Azilien") est assez mal connu. Il correspond en gros aux phases climatiques de l'Alleröd et du Dryas III. Il a été mis en évidence dans huit cavités, essentiellement des abris sous roche. Il se caractérise par des armatures à dos courbe, dites "pointes aziliennes" et, à Rochedane, par une abondance de galets gravés d'une double série de traits parallèles ou peints. Ceci est d'autant plus étonnant que l'on n'en trouve guère d'équivalents, à part l'Abri Gay à Poncin (Ain), qu'en Dordogne, dans le Lot, les Hautes Pyrénées et l'Ariège (autrement dit dans le Sud-Ouest). Chronologiquement, l'Épipaléolithique s'étend sur deux millénaires (entre - 11 000 à - 9000 BP env.).

## 6. Le Mésolithique

Époque des derniers chasseurs et de transition entre une économie de prédation et une économie de production, elle couvre les phases climatiques du Préboréal (phase ancienne), du Boréal (stade moyen) et des débuts de l'Atlantique (phase récente et finale), entre - 9000 et - 6000 BP env.). Peu de cavités sont mises à contribution (au stade de nos connaissances, nous en recensons 18, essentiellement des abris) alors que les sites de plein air abondent. Pour ces sites en grottes ou abris, le stade moyen est le plus fréquent. Le Mésolithique ancien est peu représenté, sauf dans le secteur Loue-Lison et Dessoubre-Doubs moyen. Un site remarquable : les abris sous roche de Bavans (Doubs). Occupés de façon temporaire mais répétitive durant plus de trois siècles au stade moyen puis au stade récent et final, avec de très nombreux aménagements, foyers entre autres, ils permettent d'observer avec précision l'occupation de l'espace, l'organisation des activités, le mode d'alimentation, l'évolution de l'outillage. Dans la phase finale, ils montrent le processus progressif de néolithisation de ces peuplades de chasseurs en contact avec des populations déjà sédentarisées.

## 7. Le Néolithique

Alors que le Néolithique s'identifie avec une économie de production (élevage, agriculture) et une certaine sédentarisation (villages littoraux, camps de hauteur), le recours aux grottes paraît plus marqué qu'à la période précédente. Il ne s'agit pas d'habitats de longue durée mais plutôt saisonniers (comme à Gonvillars), de refuges temporaires, d'abris de chasse. On les utilise aussi comme lieu de sépulture. Peu de cavités pour le stade ancien (Gonvillars, Bart, Bavans, Chamesol) pour le nord de la région ; Arbois, pour le nord du département du Jura. Le Néolithique moyen 1 est bien représenté par la

grotte sépulcrale Roessen de Cravanche (Territoire de Belfort) ; le Néolithique moyen 2 (Bourguignon) domine avec des habitats, des sépultures (notamment celle du Trou Perdu, à Villars-les-Blamont (Doubs), où la sépulture se trouvait à 16 m. de profondeur dans une cavité verticale). Les sépultures en grottes semblent se multiplier au stade récent et final, jusqu'au Chalcolithique, en particulier dans la partie sud de la région. Au total, ce sont 42 cavités actuellement recensées pour l'ensemble de la période néolithique.

## 8. L'Âge du Bronze

L'Âge du Bronze connaît, surtout dans sa phase finale, un large retour aux grottes et abris, même si l'on connaît, dans le même laps de temps, des villages de fond de vallée, de bord de lac ou de sommet de colline. Notre recensement, bien incomplet, compte 62 cavités concernées, parmi lesquelles 4 seulement pour le stade ancien et 3 pour le stade moyen. Le Bronze final I est encore rare (Courchapon), alors que les occupations se généralisent au Bronze final II, III (notamment IIIa) et IIIb, ce dernier marquant la transition avec le 1er Âge du Fer (Hallstatt). On note un nombre important d'occupations mixtes (exemple : à Sancey-le-Long, cachette de fondeur, habitat temporaire et nécropole). Ce qui frappe, c'est le recours fréquent à des cavités peu hospitalières, froides, humides, exigües et d'accès malaisé (Sancey-le-Long : escalade de 15 m ; Grotte Nord du Creux Billard : escalade : + 26 m ; Grotte de Chancia : escalade : + 46 m !). Tout ceci suggère des refuges temporaires de populations abandonnant à la hâte leur village de plein air pour se cacher en période de danger. Celui-ci était-il incarné par l'arrivée supposée de nouvelles peuplades qui allaient mettre en place la civilisation halstattienne du 1er Âge du Fer ? L'hypothèse a souvent été émise et combattue.

## 9. Les Âges du Fer

Le 1er Âge du Fer (époque de Hallstatt) a peu fréquenté les grottes. Cela peut s'expliquer, entre autres, par des raisons climatiques. Des observations, faites entre autres dans les grottes de Sancey-le-Long et des Planches à Arbois, ont montré que la phase ancienne du Hallstatt s'était traduite par une dégradation climatique (reprise d'écoulements actifs à Sancey dans des galeries fossiles) ce qui peut être une explication. Il y en a sûrement d'autres. Au contraire, au 1er Âge du Fer, on s'est employé à renforcer les défenses des anciennes stations de hauteur aménagées au Néolithique et à l'Âge du Bronze. Le Hallstatt en grotte n'est connu qu'à Sancey (phase finale) et à Arbois (Grotte des Planches et Grotte du Tunnel ; dans cette dernière, il s'agirait du début de la phase ancienne).

Les cavités comtoises ne sont pas plus nombreuses à receler des vestiges du 2ème Âge du Fer (époque de La Tène). Seules 8 d'entre elles (dont deux incertaines) ont produit des vestiges. Le La Ténien 1 n'est pas représenté ; la phase 2 ne l'est que de façon fugace ; seul le La Ténien III est manifeste, notamment à Sancey (fibules, monnaies, bague-amulette), Chamesol (avec des fibules, monnaies, etc.), à Bavans, Bart et Arbois (Les Planches). Dans les 4

premiers de ces sites, il est associé à un niveau gallo-romain précoce (premier siècle). A Mouthier-Hautepierre, c'est un important ensemble monétaire gaulois qui a été recueilli.

## 10. Gallo-Romain

Peu de références là encore concernant l'occupation des grottes au Gallo-Romain et cela est surprenant car là où elles existent, elles montrent des occupations répétées et des aménagements importants : à Bavans, au II<sup>ème</sup> siècle, dallage du sol des abris et construction d'un muret au-devant des abris ; à Sancey-le-Long, dès le I<sup>er</sup> siècle, début de fortification de la grotte, aménagements intérieurs, édification d'un four à usages multiples ; à Chamesol, à l'intérieur de la grotte, construction de maisons avec toits de tuiles et murs recouverts d'enduits peints. Certaines de ces occupations ont pu être motivées par des raisons de sécurité : des refuges temporaires en périodes troubles (les *res turbæ* évoquées par certains historiens d'alors) mais aussi des installations plus durables (postes de guet, par exemple). Le premier siècle est représenté de façon certaine à Bart, Sancey et Chamesol ; le second siècle à Bavans, Sancey, Chamesol ; le troisième siècle à Sancey et Montagna-le-Reconduit ; le quatrième siècle à Bavans et Chamesol.

## 11. Moyen-Age

Les grottes semblent avoir été désertées durant une bonne partie du Moyen-Age (Haut-Moyen-Age, Moyen-Age moyen), même si certaines paraissent avoir été très tôt aménagées en sites défensifs, en relation avec un château existant (La Baume de Sancey-le-Long en liaison avec le château de Belvoir ; La Grotte du Château de la Roche, à Chamesol, en relation avec le château de Saint-Hippolyte). Les documents historiques disponibles ne permettent en général pas de préciser, même à un siècle près, les dates de début de ces aménagements ni leur historique. Des articles souvent récents (XIX<sup>ème</sup>, début XX<sup>ème</sup> siècle) consacrés à ces sites ne mentionnent pas leurs sources, ce qui les rend suspects. Pour Sancey-le-Long, on évoque un *château de la Baume* vers 1310 qui aurait été, selon l'auteur, la grotte elle-même, dépendance du château de Belvoir. Pour Chamesol, la première référence sérieuse pour attester la présence d'un château à l'entrée de la grotte date du milieu du XV<sup>ème</sup> siècle. Pour Sancey, le premier témoignage indiscutable date de 1610. Dans les deux cas, l'archéologie n'a quasiment rien produit : à Sancey, aucun vestige attribuable de manière sûre au Moyen-Age à l'exception d'une inscription sur paroi qui, si elle est authentique, daterait du début du XV<sup>ème</sup> siècle. A Chamesol, une monnaie pouvant dater elle aussi du XV<sup>ème</sup> siècle. A Bavans, deux monnaies du XV<sup>ème</sup> siècle. Les autres sites où un horizon "médiéval" est signalé n'apportent aucune précision chronologique.

## 12. Renaissance. Epoque moderne

Les XVI<sup>ème</sup> et XVII<sup>ème</sup> siècles (surtout ce dernier) ont connu un regain d'intérêt pour les grottes et abris qui, comme à la fin de l'Age du Bronze, vont de nouveau servir de refuges. Au XVI<sup>ème</sup> siècle, on peut supposer que ce

sont, entre autres, les guerres de religion qui conduiront des personnes à se cacher dans les cavités. Cela semble possible à Bavans, Bart, Sancey, Silley-Bléfond. Au XVII<sup>ème</sup> siècle, survient la terrible Guerre de dix ans, épisode franc-comtois de la Guerre de trente ans. Des troupes mercenaires (allemands, suédois, suisses, croates, français) commanditées par Louis XIII et Richelieu, parcourent le *Comté de Bourgogne*, encore possession de l'Espagne, et, évitant les villes, ravagent le pays, brûlant les villages, rançonnant et tuant la population civile. On brûle les champs. Aux atrocités de la guerre, s'ajoutent la famine et la peste. Une période effroyable au cours de laquelle, en 10 ans, la Franche-Comté perdra les deux tiers de sa population. Cela s'est passé de 1635 à 1645. Il n'est sans doute pas une grotte, un abri sous roche qui n'ait servi de refuge à des gens affamés, terrorisés, malades. Si nous en recensons aussi peu (une trentaine), c'est que les témoignages manquent ou ont disparu. Là encore, fort heureusement, pour l'un de ces sites, l'archéologie et l'histoire ont permis de reconstituer avec exactitude un épisode de ces faits. A Sancey-le-Long, Chifflet décrivait en 1610 les aménagements de la Baume : porte en fer, murailles (il en reste des vestiges), escaliers, planchers de bois. Et de décrire les provisions entassées là et la méfiance des habitants à dévoiler leurs secrets. Vingt-neuf ans plus tard, au plus fort de la guerre, des dizaines de personnes se réfugient dans la grotte pour fuir les Suédois. Combien étaient-ils ? On ne sait pas. Mais un document parvenu jusqu'à nous comporte les actes de baptême de 12 enfants entre janvier et août 1639 ! Nous savons aussi que les hommes lançaient, avec succès, des opérations de guérilla contre les ennemis. La grotte, quant à elle, a livré un abondant matériel archéologique de cette période (monnaies, chapelets, sceaux de bronze, épingles, etc.) humbles témoignages de ce dramatique épisode de l'histoire comtoise.

## 13. Conclusion

Parcourir en quelques lignes et quelques cartes 400 000 ans d'histoire d'un terroir riche de plus de 5000 cavités peut paraître relever de la caricature et il est vrai que certaines de ces dernières (grottes ou abris) qui ont connu une extraordinaire pérennité d'occupations humaines (Gonvillars, Courchapon, Echenoz-la-Méline, Gigny, etc.) auraient mérité de plus amples développements. Nous nous sommes cantonné dans l'espace qui nous était réservé. Nous espérons, à travers ce voyage dans le temps, avoir donné un aperçu correct de l'apport des cavités comtoises à la connaissance de l'archéologie. Nous ne saurions trop répéter que les grottes, pour être des espaces bien délimités, ne sont pas, n'ont jamais été des vases clos. Ouvertes sur l'extérieur, elles ont toujours été des points de transit. L'archéologie en grotte serait stérile et inutile si elle ne corrélait pas ses observations avec celles effectuées sur les sites de plein air. Enfin, plus que le site de plein air, le gisement en grotte est fragile et vulnérable parce que confiné et fort peu protégé contre les intrusions modernes. On ne saurait donc trop conseiller aux visiteurs du sous-sol d'être circonspects : le plaisir de l'exploration ou de la simple visite des merveilles du monde souterrain

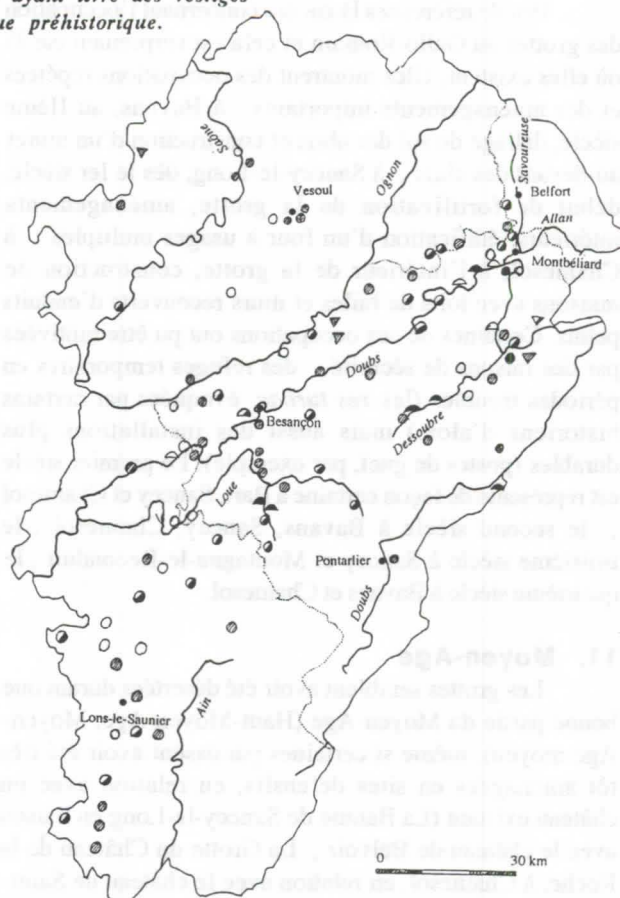
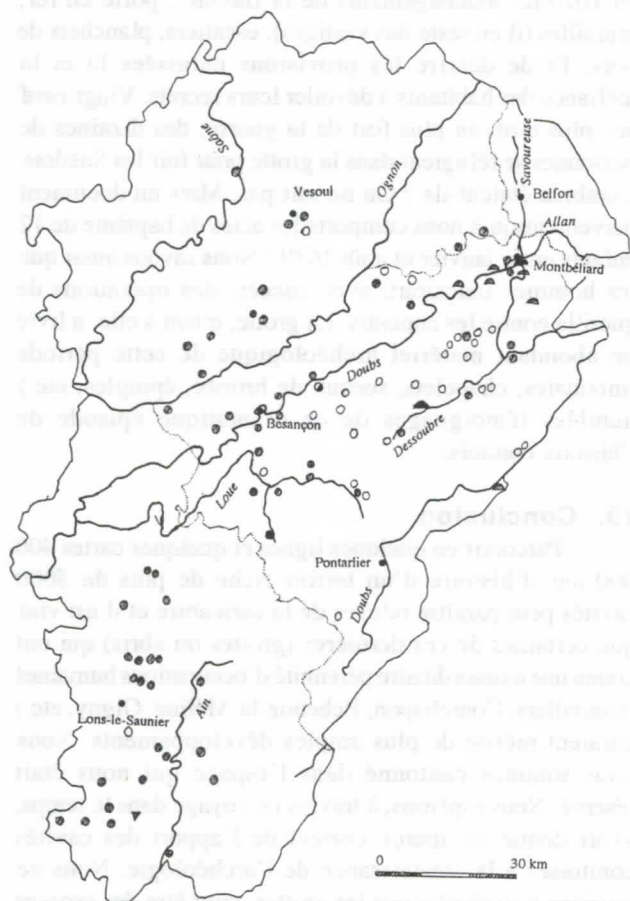
ne doit pas entraîner, pour celui-ci et pour les vestiges paléontologiques et archéologiques de destructions irréversibles.

**Note :** compte tenu du peu de place disponible, il ne sera pas fourni de notice bibliographique, qui serait trop longue. Les références peuvent être obtenues directement auprès de l'auteur.

**Figure 1 : Carte des grottes, gouffres et abris de Franche-Comté ayant livré des vestiges paléontologiques du quaternaire et (ou) du mobilier archéologique préhistorique.**

Légendes :

- |   |  |   |         |
|---|--|---|---------|
| ● | Paléolithique inférieur et / ou moyen            | ○ | grotte  |
| ○ | Paléolithique supérieur et / ou Epipaléolithique | ▽ | gouffre |
| ● | Mésolithique                                     | △ | abri    |
| ● | Néolithique                                      |   |         |



**Figure 2 : Carte des grottes, gouffres et abris de Franche-Comté ayant livré des vestiges archéologiques d'époque protohistorique et / ou historique.**

Légendes :

- |   |                             |   |         |
|---|-----------------------------|---|---------|
| ● | Age du Bronze               | ○ | grotte  |
| ● | Ages du Fer                 | ▽ | gouffre |
| ● | Gallo-Romain                | △ | abri    |
| ○ | Moyen-Age et époque moderne |   |         |

# A few remarks on the features of some man-made cavities in Tuscia (Northern Latium - Italy)

by Emanuele Cappa, Giulio Cappa, Alberta Felici  
via Montigliani 118 (15/S), 00046 Grottaferrata (Italy)

## Abstract

Following other contributions of the same authors, we examine in details some characteristics of the two main categories of ancient artificial cavities in Latium.

1. During the Middle Ages around the country castles in Tuscia underground dwellings developed. After the destruction of the castles (that took place in 1200-1300) the hypogea survived almost unaltered up to present days and they can be easily investigated: they show a considerable variability of features, probably due to historical factors.

2. A lot of Etruscan-Roman drainageways lasted in use, mainly without interruptions, up to our time: now they show an undercutting similar to the vadose trenches in the karstic caves, with the same details, e.g. pot-holes or scallops. So we could define these tunnels as "natural laboratories for accelerated tests" as the evolution of these features is 100-1000 times faster than in limestones, giving information on the discrimination between physical and chemical factors influencing the speleogenesis, that in karstic caves are always mixed together.

## Resumé

Quelques remarques sur les caractéristiques des cavités artificielles dans la Tuscia: à la suite d'autres contributions des mêmes auteurs, on va examiner en détail quelques caractéristiques de les deux principales catégories des anciennes cavités artificielles du Latium.

1. Au Moyen Age, autour des châteaux dans la campagne de la Tuscia, se sont formées des agglomérations de pièces souterraines; après la destruction des châteaux (1200-1300), les cavités sont restées inaltérées et pourtant on peut les étudier aisément: elles montrent une variété de caractères, probable conséquence de facteurs historiques.

2. Beaucoup des tunnels hydrauliques étrusques ou romains sont restés actifs presque sans interruptions jusque à présent: il montrent des sous-excavations semblables à celles des conduits à écoulement libre dans les grottes karstiques, avec formes de détail égales, comme les marmites et les coup de gouge. Donc on peut appeler ces conduits des "laboratoires naturels pour des tests accélérés" car la vitesse d'évolution est 100-1000 fois plus haute et peut fournir des renseignements sur la distinction entre les facteurs physiques et chimiques en spéléogénèse, facteurs que dans les grottes naturelles sont toujours superposés.

## 1. Introduction

A general review on the man-made cavities of "speleological" interest in region Latium was already presented by two of the present writers at the International Symposium on Souterrains in Maastricht in 1995 (CAPPA & FELICI, 1995): the region is extremely rich in hypogean works and those showing a fundamental interest for the archaeologic sciences (e.g. the Etruscan tombs, the Catacombs and the Aqueducts of ancient Rome) are already well known, but a lot of work is still waiting for. It is an aim of this report to examine the features of two categories of hypogea very abundant especially in Northern Latium, i. e. the zone historically known as Tuscia.

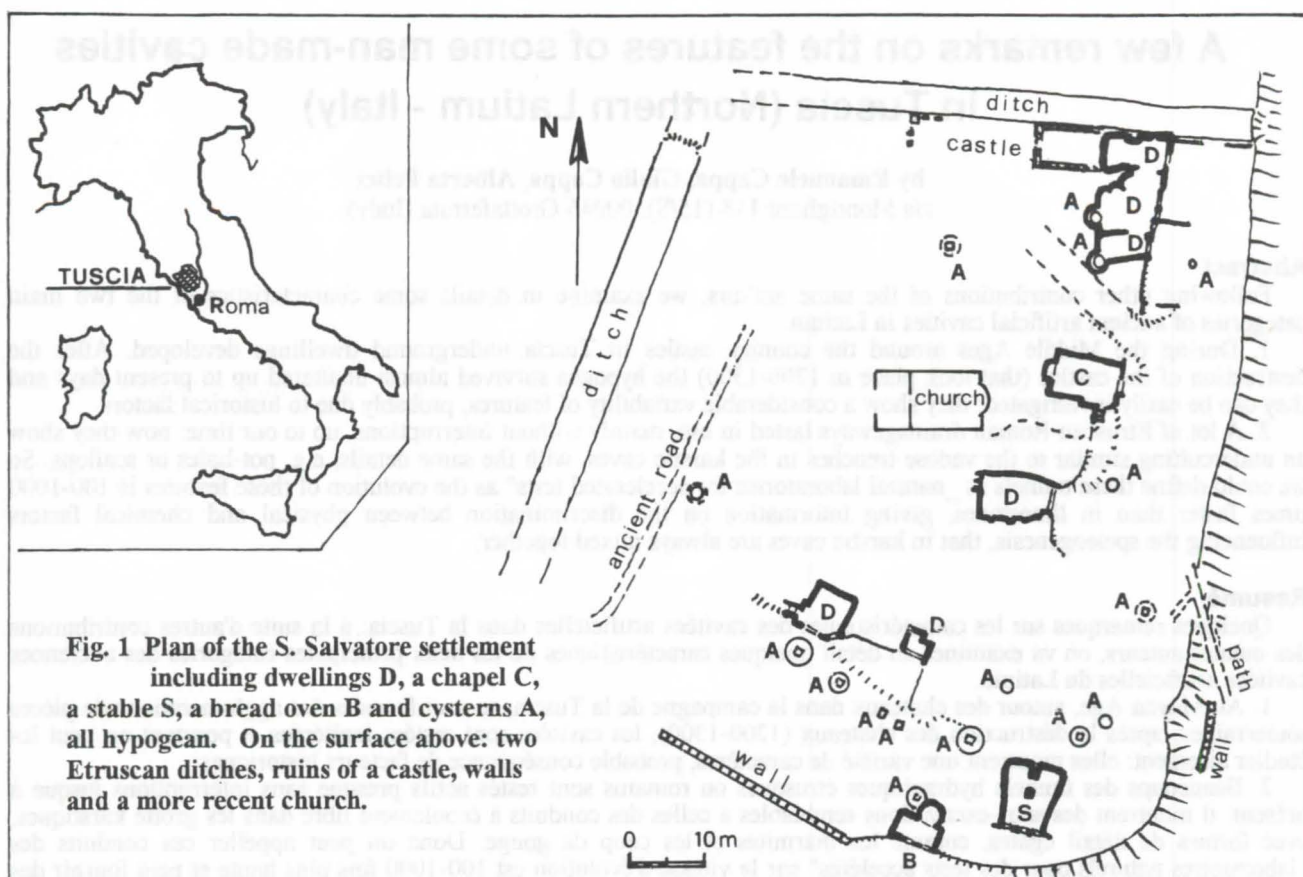
The main geologic formations in Tuscia are of volcanic origin, with small outcrops of lava and widespread deposits of tuff prevalingly solid but easily workable; the streams have cut down a lot of canyons with often vertical sides: where two of them join, they create an headland naturally well fortified. Where some faults dissect them, the land becomes inundated but can be reclaimed by the excavation of artificial drainageways. In this context the ancient populations developed two kinds of hypogea worth of examination: the dwellings surrounding the Medioeval castles and some peculiar drainageways in which waters continued to run from Etruscan-Roman times up to present days. Both categories have already been object of some archaeologic studies focused on specified villages or groups of tunnels: e.g. CAGIANO DE AZEVEDO & SCHMIEDT (1974), CAPPA (1993), JUDSON & KAHANE (1963).

## 2. Hypogean dwellings

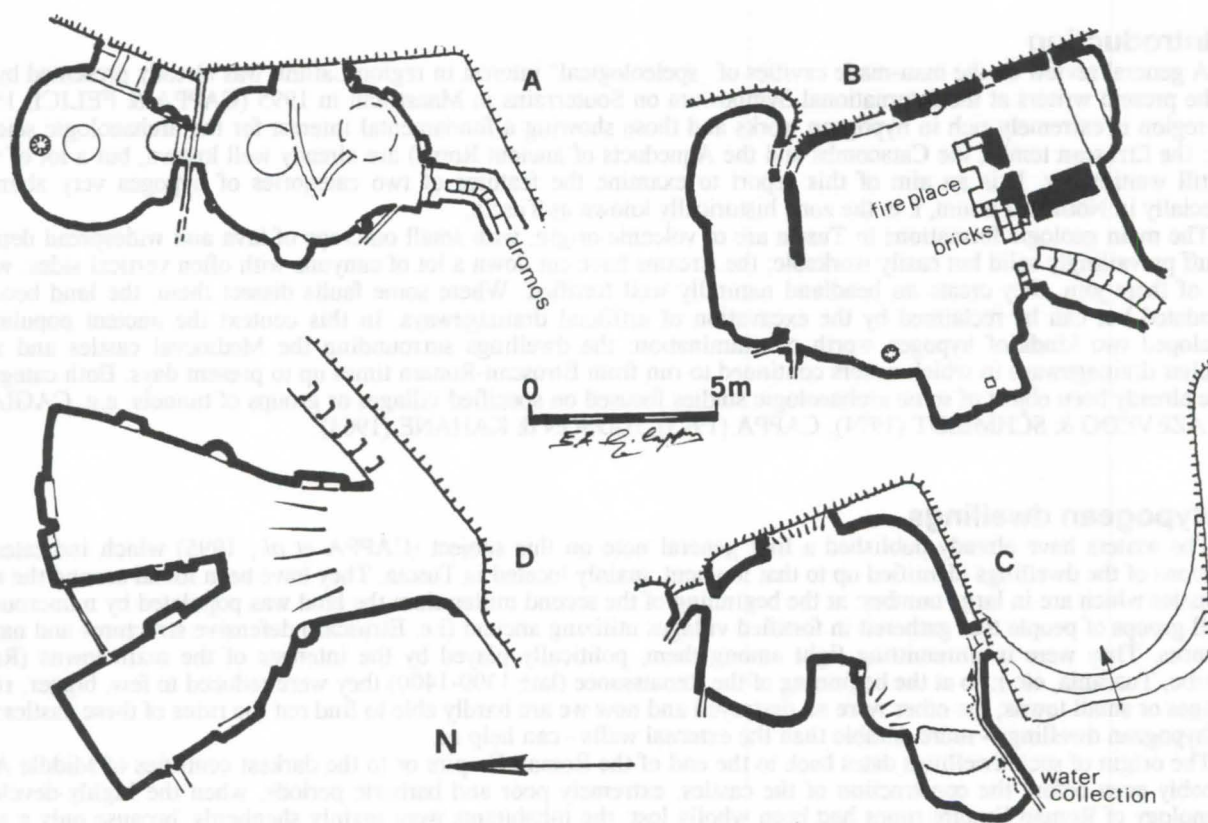
The writers have already published a first general note on this subject (CAPPA *et al.*, 1995) which indicates the locations of the dwellings identified up to that moment, mainly located in Tuscia. They have been found around the ruins of castles which are in large number: at the beginning of the second millennium the land was populated by numerous but small groups of people that gathered in fortified villages utilizing ancient (i.e. Etruscan) defensive structures and natural defences. They were in unremitting fight among them, politically played by the interests of the main towns (Rome, Viterbo, Tuscania, etc.); so at the beginning of the Renaissance (late 1300-1400) they were reduced to few, bigger, richer villages or small towns; the other were all destroyed and now we are hardly able to find out the ruins of these castles: just the hypogean dwellings - more durable than the external walls - can help us.

The origin of such dwellings dates back to the end of the Roman Empire or to the darkest centuries of Middle Ages, probably even before the construction of the castles: extremely poor and barbaric periods, when the highly-developed technology of Roman Empire times had been wholly lost; the inhabitants were mainly shepherds, because only a small part of land in Tuscia was suitable for farming and, when the invaders were coming, the fields of wheat couldn't run away and be concealed in the caves, as people did together with their sheep!

Such villages were composed by tens, but sometimes even hundreds, units, each composed by one room only, in few cases two or three, opened at the base of a small cliff, but in some places even at the top of a vertical face 20-40m high; otherwise, where a long, homogeneous cliff was available we find sequences of 10-30 dwellings, each with an outside



All the figures are drawn from original surveys of the author: Copyright © Giulio Cappa 1996



opening but connected by lateral small passages too; the cliff sometimes was artificially dug vertical from a natural gentle slope of the rock. In one case an almost flat headland has been cut by a few straight alleys in order to offer, on each side, the chance of digging many rooms.

Having surveyed a lot of these dwellings we can distinguish three main room shapes: the rectangular one, the closed Y model and the rounded shape: Fig. 1 and 2 show some example of these features. The most regular ones of the first type may generally be pre-existing rooms or tombs of Roman or Etruscan times, slightly modified; the second is probably due to an extension of the rectangular rooms towards the inside: the pillar separating the two Y branches was left in place to ensure stability to the ceiling. The rounded shapes are typical of the poorest dwellings, sheltering shepherds and sheep, or of foreign populations like the Moors at Corviano (Fig. 2, A-B-C).

Most villages developed along the cliffs surrounding a castle, just where two canyons join together: three sides are naturally protected by the lower part of the cliffs, generally vertical 10-40m drops (the dwellings are obviously above them). The fourth side was artificially fortified by cutting a straight ditch, sometimes we see two or even three subsequent ditches. The same places were often already inhabited in Etruscan times, and fortified for defence against the Roman invaders; it is difficult to tell when each ditch has been dug but, owing to their dimensions and the perfect work, we suppose that almost all of them were made by the Etruscans (see Fig. 1: a monastic fortified settlement, probably of the tenth Century).

Wells, cisterns (both for water or for foods - the latter typically flask-shaped), cuniculi of various epochs and a lot of minor surface features (small pools, holes for the basement of hut poles) are often present: even in this case it is difficult to tell apart the Medioeval from the more ancient ones.

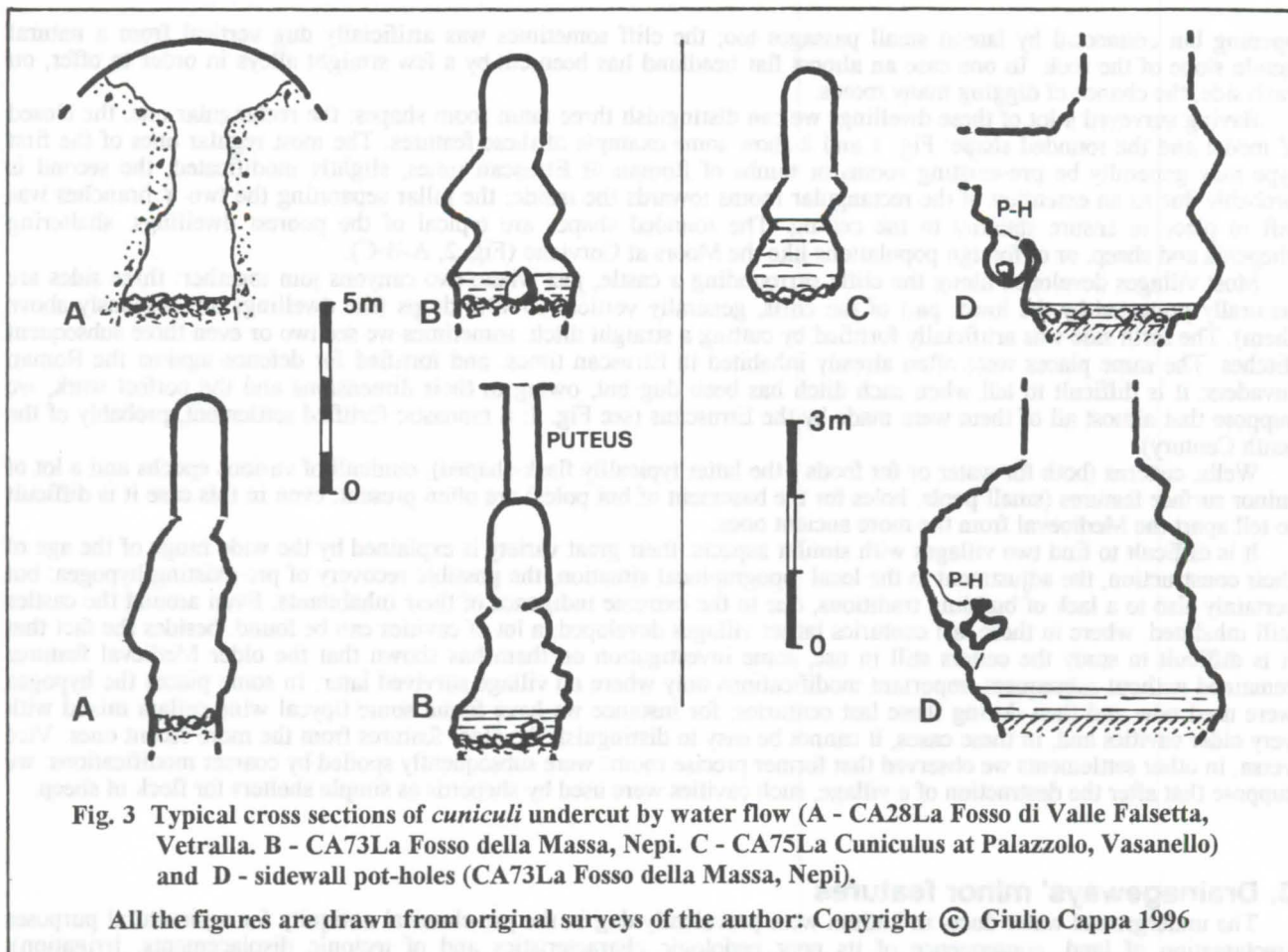
It is difficult to find two villages with similar aspects: their great variety is explained by the wide range of the age of their construction, the adjustment to the local topographical situation, the possible recovery of pre-existing hypogea: but certainly also to a lack of building traditions, due to the extreme indigence of their inhabitants. Even around the castles still inhabited, where in these last centuries larger villages developed, a lot of cavities can be found: besides the fact that it is difficult to study the cellars still in use, some investigation on them has shown that the older Medieval features remained without subsequent important modifications only where no village survived later. In some places the hypogea were used now and then during these last centuries: for instance we have found some typical wine cellars mixed with very older cavities and, in these cases, it cannot be easy to distinguish the older features from the more recent ones. Vice versa, in other settlements we observed that former precise rooms were subsequently spoiled by coarser modifications: we suppose that after the destruction of a village, such cavities were used by shepherds as simple shelters for flock of sheep.

### 3. Drainageways' minor features

The underground water ducts in Latium were prevalently dug in the pre-classical antiquity for agricultural purposes (reclamation of land, consequence of its poor pedologic characteristics and of tectonic displacements, irrigation), probably starting from the VIII-VII centuries B.C.; later on, in Roman times and during Middle Ages some of them were also made for moving water mills. The British School at Rome thoroughly examined this subject in the years 1920-1970 (JUDSON & KAHANE, 1963) but a great part of Tuscia was not investigated. The writers have surveyed rather a lot of tunnels or cuniculi in further parts of the region, finding some examples of other types too, e.g. water collection from underground veins, small aqueducts and tunnels, opened inside one wall of deep canyons to allow the streams to flow while the canyons were dammed in order to cross them above with roads or aqueducts, without the construction of bridges (of course because they still didn't know the arch). The investigation on the techniques used for tracing and digging these tunnels, already started by the students of archaeology, like Judson & Kahane, is a very interesting subject but would take a lot of pages: so now we mean to describe only some natural features, produced by the flow of water which lasted for even more than 2000 years.

The talweg of the streams in the tufaceous sediments in Tuscia, during these very long times, deepened some metres and consequently produced a deepening inside the upstream tunnels too. We have measured two metres at Ponte Terra (CAPPÀ *et al.*, 1990), up to six metres at Valle Falsetta (CA28LaVT, Vetralla; CAPPÀ, 1993) and Fosso della Massa (CA73LaVT, Nepi); in a medieval cuniculus, only eight hundred years old (CA75LaVT, Vasanello), the greatest erosion is lower than 1m (see Fig. 3, A-B-C). The undercutting is generally wider than the original tunnel, sometimes so much that in the lower part is flanked by cemented depositions of detritus (Valle Falsetta), but this should also indicate an intermediate stage of filling due to a raising of the exit. In few cases it is narrower, where the flow has always been small but sufficiently fast. The most evident characteristic of these cuttings is that they are clearly meandering, just as the vadose trenches in the sub-horizontal galleries of the natural caves. Where during the storms the tunnels are flooded it is common to find lateral marked undercuttings, rough scallops (the structure of tufa is coarse), even pot-holes (probably induced by harder pebbles dragged from outside): nice examples are in Fosso della Massa (Fig. 3, D).

Till now a measure of the erosional speed has not been made but we have found a few cases in which, supposed that the flow has usually been nearly the same as today, it should be possible to obtain an evaluation by means of local careful measurements. At present this studies are out of our programs of activity but we would suggest that those who are studying the analogous processes in karstic caves could use some of such tunnels to compare the results between limestones and tuffs: in these latter it is possible to obtain in short times quantitative measurements and perhaps, by a careful examination of the single erosional forms, to tell which is the contribution of karstic processes and which one of the purely mechanical erosion.



## References

- CAGIANO DE AZEVEDO, M. & SCHMIEDT, G. 1974. Il centro etrusco-romano di Piantorena. In: *Ricerche archeologiche in Etruria - 1. Tra Bagnoregio e Ferento*. CNR, Roma: 37-42
- CAPPA, G. 1993. Cavit  artificiali lungo il Fosso dell'Acqua Alta. *Informazioni*, 9 Viterbo: 34-44
- CAPPA, G., CASTELLANI, V., DRAGONI, W. & FELICI, A. 1990. Ponte Terra: evidenze per un sistema arcaico di acquedotti sotterranei. *Atti XVI Congr. Naz. Speleol.* Udine: 121-135
- CAPPA, G., FELICI, A. 1995. Different kinds of man-made cavities in region Latium (Italy). *Int. Symp. on Souterr.* Maastricht (in press)
- CAPPA, G. & E., FELICI, A., DOBOSZ, T. & VITTORI, F. 1995. Abitati ipogei antichi nel Lazio. *Speleologia*, 33: 71-78
- JUDSON, S. & KAHANE, A. 1963. Underground drainageways in Southern Etruria and Northern Latium. *Papers of the British School at Rome*, 31: 74-99

# Archeological observations in lava tubes on Hawaii

by Stephan Kempe & Christhild Ketz-Kempe

Techn. Univer. Darmstadt, Geol.-Paleontol. Inst., Schnittspahnstr. 9, D - 64287 Darmstadt, Germany

## Abstract

During the geological exploration of lava tubes of the Kilauea and Hualalai volcanoes, Hawaii, we observed a large variety of traces left by early Hawaiians. These traces testify that the caves were used for (i) habitation, (ii) water collection, (iii) agriculture, (iv) exploration, (v) defense, (vi) religious practices, and (vii) burial. Remains include ashes from fires, charcoal from torches, pig bones, sea food shells, remains of stone tools (rarely), areas where stones have been removed, stone rings, remains of water collection vessels (calabashes, coconut shells, opihi shells, turned over stone plates, wooden and metal vessels), artificial stone walls and platforms, beach stones of various sizes (some apparently used as slingshots), stairs, stones placed for easier walking or crawling, petroglyphs and hit marks, and stone chests and stone piles for burials including one documented "booby trap". Habitation, agriculture and defense traces are concentrated near entrances, while evidence for water collection, religious usage and burials can be found far inside the tubes. Exploration with torches apparently was done systematically and successfully because we found charcoal as far as 3 km from the next entrance (upper Keala Cave) and in passages accessible only through very narrow squeezes.

## Zusammenfassung

Während der geologischen Erforschung von Lavaröhren der Vulkane Kilauea und Hualalai, Hawaii, konnten wir auch archäologische Beobachtungen machen. Die frühen Hawaiianer hinterließen eine Reihe von Spuren, aus denen zu erkennen ist, daß die Höhlen (i) für Wohnzwecke, (ii) zur Wassergewinnung, (iv) für den Nutzpflanzenanbau, (iv) für Erkundungszwecke, (v) für die Verteidigung, (vi) für religiöse Zwecke und (vii) als Friedhof benutzt wurden. Als archäologische Reste findet man unter anderem: Aschen von Herdstellen, Holzkohle von Fackeln, Knochen von Schweinen, Schalen von Meerestieren, Stücke von Steinwerkzeugen (selten), Flächen von denen Steine entfernt wurden, Steinsetzungen, Reste von Gefäßen zur Wassersammlung (Kalebassen, Kokosnußschalen, Opihi Schalen, umgedrehte Steinplatten, Holz- und Metallgefäße), künstliche Steinwände und Plattformen, Strandgerölle verschiedener Größe (einige dienten offenbar als Schleudersteine), Stufen, Steine die dem bequemen Gehen oder Kriechen dienten, Petroglyphen und Schlagmarken, und Steinkisten und Steinhaufen für Begräbnisse, darunter auch eine Steinfalle. Spuren der Nutzung zu Wohnzwecken, für die Agrikultur und zur Verteidigung konzentrieren sich in der Nähe der Eingänge, während sich Beweise für die Nutzung zur Wassergewinnung, für religiöse Zwecke und für Bestattungen weiter im Inneren finden. Die Erforschung der Höhlen wurde offenbar bereits systematisch und erfolgreich betrieben, denn wir konnten Holzkohlestücke bis zu 3 km vom nächsten Eingang (in der oberen Keala Cave) und in Gängen, die nur durch enge Schlüfe zugänglich sind, nachweisen.

## 1. Introduction

The Hawaii Speleological Survey, founded in 1989, is devoted to the systematic exploration of the Hawaiian lava tubes. One of the aspects of this exploration is archeology. We here report observations made during the mostly geologicly and speleologicly motivated exploration conducted by us since 1978 but specifically since 1990 while exploring some of the large tube systems on the island.

Even though none of the archeological features reported here are for themselves spectacular, place names will only be given for a few places in order to protect the sites as much as possible. Development on Hawaii progresses at a pace faster than our investigations proceed and many sites may be lost forever soon. We therefore want to document our observations in order to broaden awareness for the importance of the Hawaiian lava tubes as natural and archeological resources.

Hawaii had seen a substantial population increase beginning at around 1200 and peaking in the 16th and 17th century (KIRCH, 1985). At the time even agriculturally marginal sites were occupied. Most probably new but labor-intensive practices were introduced to obtain agricultural production even from fresh lava flows. Therefore, we find occupation traces at sites for which today we cannot envisage habitation.

## 2. Classification of features

Lava tubes and their entrances served for a variety of purposes in the precontact and early contact times. Today, Hawaiians sometimes admit to be scared from entering lava tubes in general. This certainly was not true in the past,

otherwise the widespread occupation traces would not be present.

The archeological traces we observed can be attributed to the following usages:

- (i) habitation
- (ii) water collection
- (iii) agriculture
- (iv) exploration, both prehistoric and historic
- (v) defense
- (vi) religious and information purposes
- (vii) burial

### 2.1 Habitation

Traces of habitation are limited to the vicinity of cave entrances. On Hawaii these are mostly steep breakdown holes (pukas) which sometimes lead on one or both ends into lava tubes. These pukas often carry the only substantial vegetation far and wide, because the trees (generally ohia on the Kilauea and Hualalai) can tap the water supply of the cave air and can root between breakdown blocks, which sometimes also contain ash (for example pukas west of the Kilauea, where the ash of the Kilauea eruption of 1790 was blown-in or washed-in; see KEMPE & KETZ-KEMPE, 1993). Trees could be used for firewood or plants could be set into the ash. Some of the pukas even today contain ti-plants which can be spread only artificially.

The pukas themselves offer hiding but the adjacent caves offer protection against raids. Inhabitants can retreat into the darkness of the cave beyond and any attacker would make an easy mark against the bright light of the entrance. Caves do not offer much of a protection against rain. The intensive and

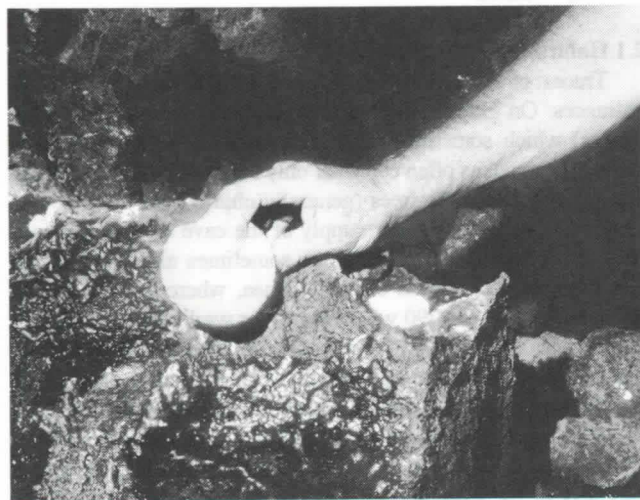
frequent precipitation on the eastern side of the Kilauea filters through the jointed and sheeted rock quickly. If it rains above ground it does so also, within hours, below ground. The water funnels into the joint-system and splashes into the cave curtain-like from all existing joints. Sometimes one can find joint-bordered ceiling sections large enough to keep dry but generally caves are wet if the weather is wet. There is no evidence that cave entrances were furnished with leaf roofs to divert seepage water sideward or that Hawaiians used any other protection from the almost ubiquitous drip water.

Lava tubes adjacent to pukas must have smooth floors to be attractive for sleeping quarters. The main floor of most tubes is too rough to walk on barefoot. Therefore cave sections with smooth benches or higher tubes sections, which were drained early in the history of the cave and consolidated slowly and smoothly, were used preferentially. Charcoal is often found in such small passages, even if they can be entered only by crawling and if they are relatively far from entrances (for example: Coconut and Dwelling Passages in the Keauhou Trail System, 50 m from the next puka). It is also unclear, if the Hawaiians slept on the bare rock, or if they used mats or other padding which they carried with them. So far we never found any traces of decayed grass or other plant matter used in the cave for padding. Generally, Hawaiians did not take care to move rocks out of the way or to lay steps into pukas. Steps have been documented, for example, for the Cave of Refuge, Hakuma Horst (see Kempe et al., 1993). Apparently Hawaiians did follow a living strategy of conserving physical energy as much as possible.

Because centuries passed since occupation of tubes ended, much of the original setting in the cave entrances has either decayed, is removed, has been displaced or dismantled by later visitors or has been buried by more recent rockfall. Nevertheless habitation left the following traces: Ash, moved stones (maniports), stones placed to rim fireplaces, charcoal, shells of seafood (opihi = *Patella* being the most common, *Cypraea*, *Murex*, and sea-urchins were noted) pig or dog bones (few) and (very rarely) pieces of broken stone tools (most of these probably have been removed by looters).

## 2.2 Water collection

MARTIN (1993) pointed out that the main purpose, for which caves were entered, was water collection.



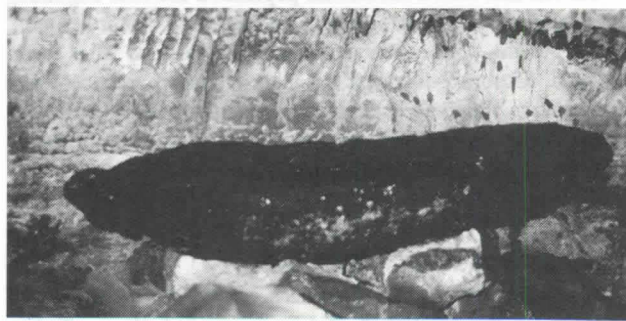
**Figure 1:** Block turned-over for water collection and opihi shell used as scoop.

Almost all of the cave passages adjacent to pukas have been used for this purpose. The main artifacts indicating water collection are stones placed beneath productive seepage points. These stones, sometime two or three only, sometimes more, were used to hold vessels to collect the drip water. In the wet caves on the eastern slope of the Kilauea, not much of these vessels remains. Towards the west and south of the Kilauea, we found remains of calabashes and coconuts, which probably served as collecting vessels in prehistoric times. Sometimes breakdown blocks with glassy surfaces and a natural depression were placed underneath a seepage point (Fig. 1). At many of these collection points, large opihi shells were found, which served as scoops (Fig. 1). Another way to collect water was to dig depressions into the cave floor (Fig. 2). So far, we found this technique only in the Keauhou Trail Cave where two basins were discovered in a living area and one about 50 m from the next entrance. The latter was deliberately covered with stones to hide it from view. Most collecting points are within the twilight zone, but some clearly can only be reached with some sort of light, unless the collector knows his way around in the dark. Steeping stones to reach water collecting points were noticed in Charcoal Cave.



**Figure 2:** Pecked-out water collecting basin on lava tube floor

In early historic times, cave water collection was still used and we found ample evidence in a cave less than 200 years old. There we found meter long and high stone supports which held large wooden vessels. From most of these containers only brown pulp is left, but one of them is still intact holding about 10 l of water (Fig. 3). It is carved from a single piece of wood, round at the bottom and similar in form to a dugout. One end is pointed, the other has a rough knob-like projection, possibly a sort of handle for easier transport. This container is 200 m from the entrance. 20 m further is another, smaller stone support which held a square tin container. This is the last one of a series of at least twenty or so larger water collection sites.



**Figure 3:** Wooden vessel for water collection from historic times

At a place hidden from view and 43 m from the entrance remains of a roughly soldered tin funnel were found. Also coconut pieces were found, they possibly served as scoops to empty the larger containers and to fill carrying vessels with the help of the funnel. In this way, many liters of water can be collected on one round trip. The first part of the cave, where many of the collection sites were, is easy to traverse, but to get to the wooden and tin vessels, the collector must crawl through tube sections only 1 m high, climb down several steep lava falls and cross very uncomfortable breakdown, covering the floor of large, impressive halls. This was substantial work for 20 or so liters of water and it needed good shoes and a reliable light.

### 2.3 Agriculture

Ti-plants in pukas have already been mentioned. Other agricultural features are pits in the vicinity of pukas used for planting. These pits were made by removing a few slabs from the top lava laminae. The loosened rocks were either thrown aside or used to rim the pit. The pits probably were filled with decomposing plant matter for humus. Such pits were preferentially constructed where the plant roots could tap cool and moist air rising from the ground. Because of this aspect these pits are connected to the tubes and the underground air venting they provide. These agropits are very common on the southern flank of the Kilauea (pers. com. B. CAMARA), where rain becomes unreliable and where water could be collected from the tubes to keep the plants growing.

### 2.4 Exploration

Ash and charcoal occurs abundantly in areas used for habitation but not so much in pukas which served for water collection only. Some charcoal and burned kikui nuts, used for torches, are, however, found also far inside some of the tubes. Sometimes bits of charcoal occur on prominent rocks, on which torches had been cleared. These traces testify to exploration.

In the Ainahou Ranch System charcoal was noticed throughout all of the sections visited by us. In the parallel Keauhou Trail System charcoal occurs all the way from Puka 1 up to the upper end beyond Puka 7. The part below Puka 1, (1.3 km long Lower Keauhou Trail Cave) was visited by Hawaiians for 100 m only. Beyond the floor became too rough to travel with comfort without good foot protection. In Keana Momoku Ahi (Charcoal System), visitation halted at 350 m below the main entrance where a very narrow breakdown squeeze discouraged further exploration (see KEMPE & KETZ-KEMPE, 1979). These caves are in the National Park and may be visited only by written permit.



Figure 4: Historic newspaper left by Emory's party in 1945.

In case of the upper Keala Cave, we found sparse charcoal throughout almost all of this 8.6 km long system. Specifically in the upper end of the tube, beyond a 4 m high lavafall, up a secondary ceiling, and through a very narrow squeeze into a small terminal chamber, charcoal and burned kikui nuts were found. To reach the secondary ceiling, stones had been piled up as a climbing aid. This place is 3 km from the next entrance.

The upper part of the system was also visited in historic times: on July, 23rd, 1993, we discovered (at St. 97, below the mentioned lavafall) a piece of the Honolulu Advertiser dated Friday, Aug. 31, 1945, stating „To-morrow V-J Day Holiday in Hawaii“ (Victory over Japan), an old candle and two old batteries (expiration date 1947) (Fig. 4). This deposit was left by an exploratory party led by the famous archeologist KENNETH P. EMORY on Sept. 14th, 1945 (EMORY, 1945). ALLRED (pers. com.) even discovered that the candle carried his scratched-in name.

In EMORY's report (otherwise very accurate) nothing is mentioned of the lavafall, nor that he had either reached the end of the cave (terminated by a spectacular intrusion) or had climbed up into an upper passage. We therefore conclude, that the charcoal is from prehistoric explorers. In order to test this, charcoal samples have been taken and will be dated by  $^{14}\text{C}$ . A paper on EMORY's accomplishments is in preparation as well (ALLRED et al.).

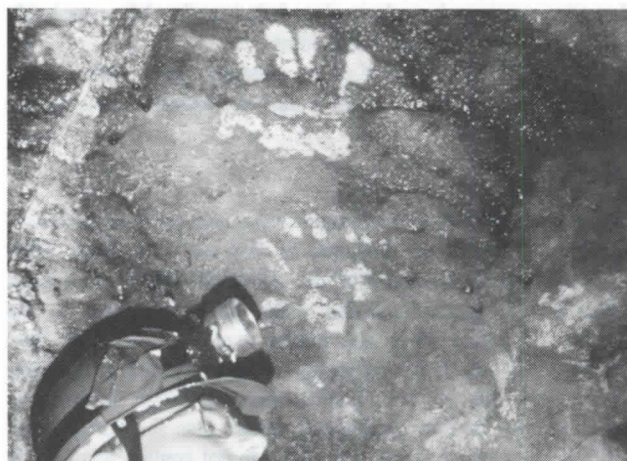


Figure 5: Hand prints of unknown age.

One further enigma exists. In upper Keala we found about 5 hand prints on the wall (Fig. 5) quite similar to prints found in European Paleolithic caves like Gargas. They were made by first „inking“ the hand in the soft brown wall deposit and then „printing“ it onto the wall. Allred (pers. com.) noticed some kikui nuts on the floor below, which could indicate that these prints are in fact old and not made by someone in EMORY's party.

### 2.5 Defense

Caves were also used as places of defense and refuge. Examples are the Caves of Refuge, Hakuma Horst (KEMPE et al., 1993), Pahoa Cave (LA PLANTE, 1993), Laniakea Cave, Kona, and others described in older archeological papers. In the Cave of Refuge, Hakuma, extensive rockwork was conducted to diminish the entrance to a mere crawlway, a sort of passive defense system. An active approach to defense was taken in one of the entrances of Keala Cave, as already noticed by EMORY. There piles of some fifty, fist-sized, elongated, rounded beach rocks were deposited on either sides of both cave passages. The tube apparently was too large to erect stone walls but gave

enough space to hurl these missiles at attackers trying to enter the 8 to 10 m deep pit. Most probably these stones were fired with the help of a sling drawn over the ground and then directed upward. A few „spent bullets“ either are witnesses of an actual attack or of practice shots. One other entrance of Keala has these slingstones, but we have not seen them in the park caves nor elsewhere as yet.

## 2.6 Religious and information purposes

Artifacts attributable to religious purposes are somewhat ambiguous. Some underground heiaus (temple platforms) were described (LA PLANTE, 1993). In the Cave of Refuge, Hakuma, we noticed larger beachstones standing erect in front of the cave and in the cave, possible of religious significance.

More interesting are petroglyphs in caves. These are pecked into the glazing of the cave walls or floors. Out of the 22 pukas leading into the Ainahou Ranch System and of the 9 pukas leading into the Keauhou Trail System only one puka each has petroglyphs. These are mostly anthropomorphic, but lizards, fishhooks and others not easily identifiable objects also occur. One crude anthropomorphic picture was found by us in a small surface tube besides the trail leading from Keauhou to Ainahou. Certainly the manufacture of petroglyphs was not a pastime, because then many more entrances should have them. To correlate the petroglyph pukas with corner points of old Hawaiian property boundaries has failed so far. More probably they mark often frequented way points.

In addition to the petroglyphs irregular peck marks occur, probably from working on tools and occasionally missing the mark.

## 2.7 Burials

The bones of their forefathers were and are still sacred to Hawaiians. Burials are protected by law and high fines. They carry the Mana, the spirit of the deceased. Bones of a good fisherman for example would make good fishhooks to his enemies. Therefore bones were hidden in caves. In the early days the body was defleshed and groups of bones buried in different places. Only later full body graves came into usage. Some caves were used for burials exclusively, others also for burials, and still others, even though widely used, do not contain any burials (like the Keauhou Trail System). Burials occur in several forms.

Bones can be placed on the cave floor or on benches directly, sometimes open in the main passage, sometimes hidden in very narrow sidepassages. In one case slabs were placed on the floor to facilitate crawling over a rough floor. Bones can also be hidden below piles of rocks or can be surrounded by stone chests. In one case, we noticed a bundle of long bones, protected by some rocks underneath a precariously set cover stone, most probably a sort of booby-trap to protect the bones against looters.

## Acknowledgments

Some of the observations were made during field work for a German Research Council project (DFG-Ke 287/13-1,2). We thank K. ALLRED, W. R. HALLIDAY and M. S. WERNER for field support and helpful comments, and J. MARTIN and B. CAMARA from the Hawaii National Park Service for kindly providing permission to enter caves in the park and for much appreciated local support.

## References

- ALLRED, K., S. KEMPE & W.R. HALLIDAY, 1997: Identification of „Herbert C. Shipman Cave“, Hawaii. In preparation.
- EMORY, K. P., 1945: Exploration of Herbert C. Shipman Cave, Keau division of Puna Hawaii, Sept. 13 and 14, 1945.- Unpubl. Manuscript: 9pp.
- KEMPE, S. & C. KETZ-KEMPE, 1979: Fire and ice atop Hawaii. Nat. Spel. Soc. News 37/8: 185-188.
- KEMPE, S. & C. KETZ-KEMPE, 1993: Lava tube systems of the Hilina Pali area, Ka'u District, Hawaii. Proc. 6th Intern. Symp. Volcanospeleol., Hilo, 1991: 15-25.
- KEMPE, S., C. KETZ-KEMPE, W.R. HALLIDAY & M. S. WERNER (1993): The Cave of Refuge, Hakuma Horst, Kalapana, Puna District, Hawaii. Pacific Stud. 16(2): 133-142.
- KIRCH, P.V., 1985: Feathered Gods and Fishhooks, an Introduction to Hawaiian Archeology and Prehistory. Univ. Hawaii Press, Honolulu: 349 pp.
- LA PLANTE, M., 1993: Recently discovered Hawaiian religious and burial caves. Proc. 6th Intern. Symp. Volcanospeleol. Hilo, Aug. 1991: 7-9.
- MARTIN, J. F., 1993: Native Hawaiian water collection systems in lava tubes (caves) and fault cracks. Proc. 6th Intern. Symp. Volcanospeleol. Hilo, Aug. 1991: 10-14.

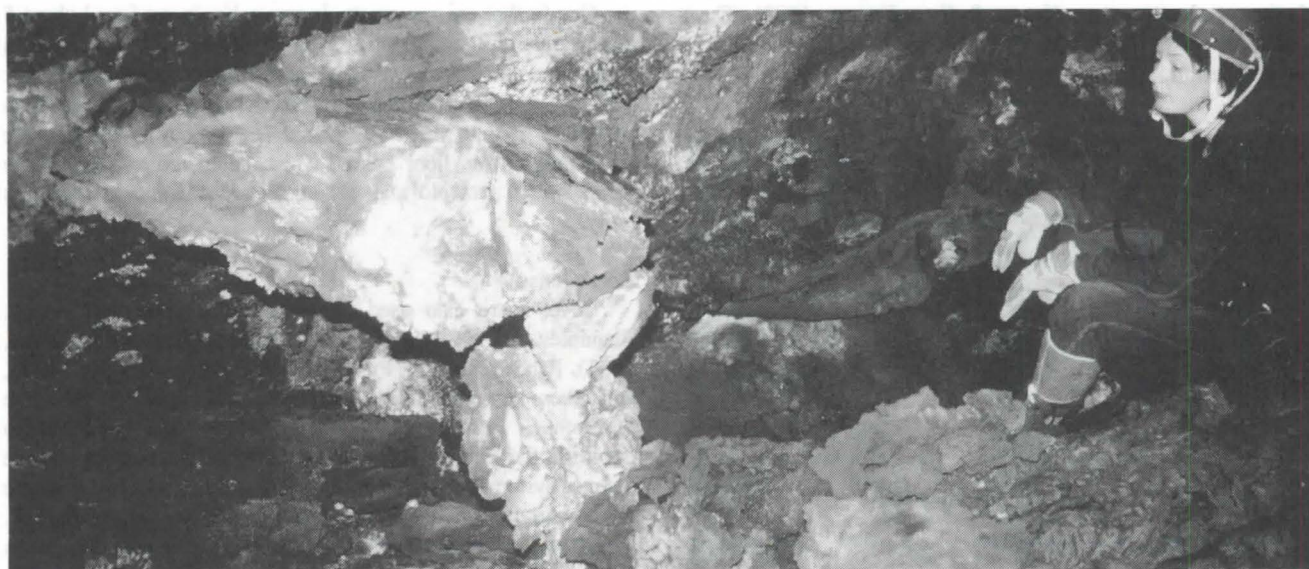


Figure 6: Large slab placed precariously over a burial of long bones hidden below a rock pile.

# The prehistoric cave-sites of the central Mur-valley in Styria (Austria)

Heinrich KUSCH

Klosterwiesgasse 71, A-8010 Graz, Austria

## Abstract

Findings in the caves confirm the presence of man over 250.000 years ago in a relatively small area of Styria namely the central Mur valley which belongs to the alpine lowlands. The caves of the Mur valley played an important role during the Palaeolithic Age and the following periods - the Bronze Age, the Iron Age, the Middle Ages and modern times - although of differing significance. Above all they were places of refuge. Especially during the Palaeolithic Age the caves were temporarily adapted by early man as resting places. His legacy, consisting primarily of stone and bone tools, was found in 17 caves of the Mur valley. From the Neolithic Age on, the functions of the caves broadened. In some, people were buried, while from the find-inventories of others can be cautiously deduced the first signs of early forms of settlement. In Roman times it seems possible to deduce cultic usage while from the Middle Age right up to modern times the caves served the local population predominantly as place of refuge as well as being used for economic purposes.

## Prehistoric cave sites

At every stage of his cultural-historical development man sought refuge in the caves of the central Mur valley (fig. 1). According to the latest research, the oldest traces of man direct us to the early Acheulian, a period dating back to between 350.000 and 150.000 years ago. This evidence was discovered in the Repolusthöhle near Peggau (fig. 2); which obviously served man of this period as a resting place for a certain amount of time. This cave certainly represents an exception, as man of this period lived predominantly in the open country or beneath rock-shelters. It can be assumed that groups of men advanced on their migrations into areas where, through favourable environmental conditions; they could survive for a longer period of time. This also lead to a step-by-step process of adaptation which may have progressed for hundreds or thousands of years continuously. A prerequisite for this would have been the regular appearance of game to hunt and also the availability of fruit or other vegetable food during certain seasons of the year. These favourable natural conditions were certainly not equally distributed over large areas of the alpine lowlands, so that at this time large distances had to be overcome on the constant search for new living space. There is at present no evidence in the central Mur valley of palaeolithic sites of settlement in open country, indicating that geomorphical influences in the area may have played an important role. In this context caves are often the only places where - in the foremost example - remnants of early man have been preserved.

More evidence exists from the Mousterian period (125.000 - 35.000 BP) during which time the presence of *Homo sapiens neanderthalensis* in our region can be confirmed. In the following period of Aurignacian (35.000 - 29.000 BP) modern man was already dominant, although here to we find only those remnants left to us in form of bone and stone tools. The cave-sites of Drachenhöhle near Mixnitz and Große

Badlhöhle near Peggau where the Lautscher Knochen-spitzen (Bone Arrowheads) were discovered provide clear confirmation of the Aurignacian period. Actual remains of man himself of this period have as yet not been found. With regard to their method of manu-facture, some of the tools correspond typologically and technically with lithic inventories from comparable European cave sites. In this period as well, man lived mainly out in the open and in huts or tents. There were still, however, in the last 200.000 years, time and again shorter or longer periods of time in which man withdrew into the inner depths of the mountains. The reason for this is unclear - it is unlikely that it was due to a cold spell as this would have made the caves uninhabitable then, with a room temperature which would have been around zero degrees (Their room temperature today is an average +8° C). Even if it appears as if these caves

had been places of settlement, there is still, according to recent research, insufficient evidence to support this. If over a period of more than 200.000 years only a few caves became the resting places of groups of hunters for short or long duration, perhaps a few weeks, no conclusions can as yet be drawn from this. Cave-dwellers, men who lived continuously for generations in the same cave, did not exist in our region.

Although only a few finds from Austrian caves exist from the periods following the palaeolithic - a legacy of stone and bone tools confirms the presence of man in the Magdalenian (18.000 - 12.000 BP) as well as Epipalaeolithic period. Artistic abilities are also confirmed by two finds. The first, from the Drachenhöhle, is an artificiallyshaped bone - "Halb-runder Knochenstab" - from the antlers of a stag, and which although quite ravaged, still bears traces of decoration, and which can be dated as belonging to the Magdalenian. This find was examined and studied by the author in the course of his investigation of old stock. The second piece originates from the Zigeunerloch near Gratkorn and is the internationallyknown carved basal sprout from the antlers of a stag which can be dated as belonging to the Epipalaeolithic.

While for the Mesolithic period precise evidence of man's presence in caves is lacking, from the following Neolithic period there exists very concrete evidence which, in part, confirms the establishment of close association with caves. In this case the evidence is provided by burialfinds which, for the first time, place man himself in the centre of the frame. His legacy is manifold, with cave finds ranging from ceramics for daily use to jewellery and metal, bone and stone tools. Despite the evidence, the cave seems to have played a subordinate role as a place of burial during this period. In Styria there were obviously no Neolithic burial caves in which more than one member of a tribe or larger community was buried, as is evident in some other European caves sites.

The meagre mortal remains of man point in no way to intentional but rather to the coincidental burials of single individuals who somehow perished in the course of a hunt or journey (sickness, accident). This is also valid for burials of the following periods which also seem to have been those of non-residents. According to today's level of knowledge this part of the Mur valley can be assumed with a high degree of certainty to have been an area where man passed in transit, especially in the Palaeolithic period. This does not however exclude the possibility of smaller settlements on the edges of the valley or on spurs of mountain ridges. Our knowledge of this prehistoric period is as fragmentary as the ceramic finds of the caves. This statement is also true of the following periods from the Bronze to the Iron Age.

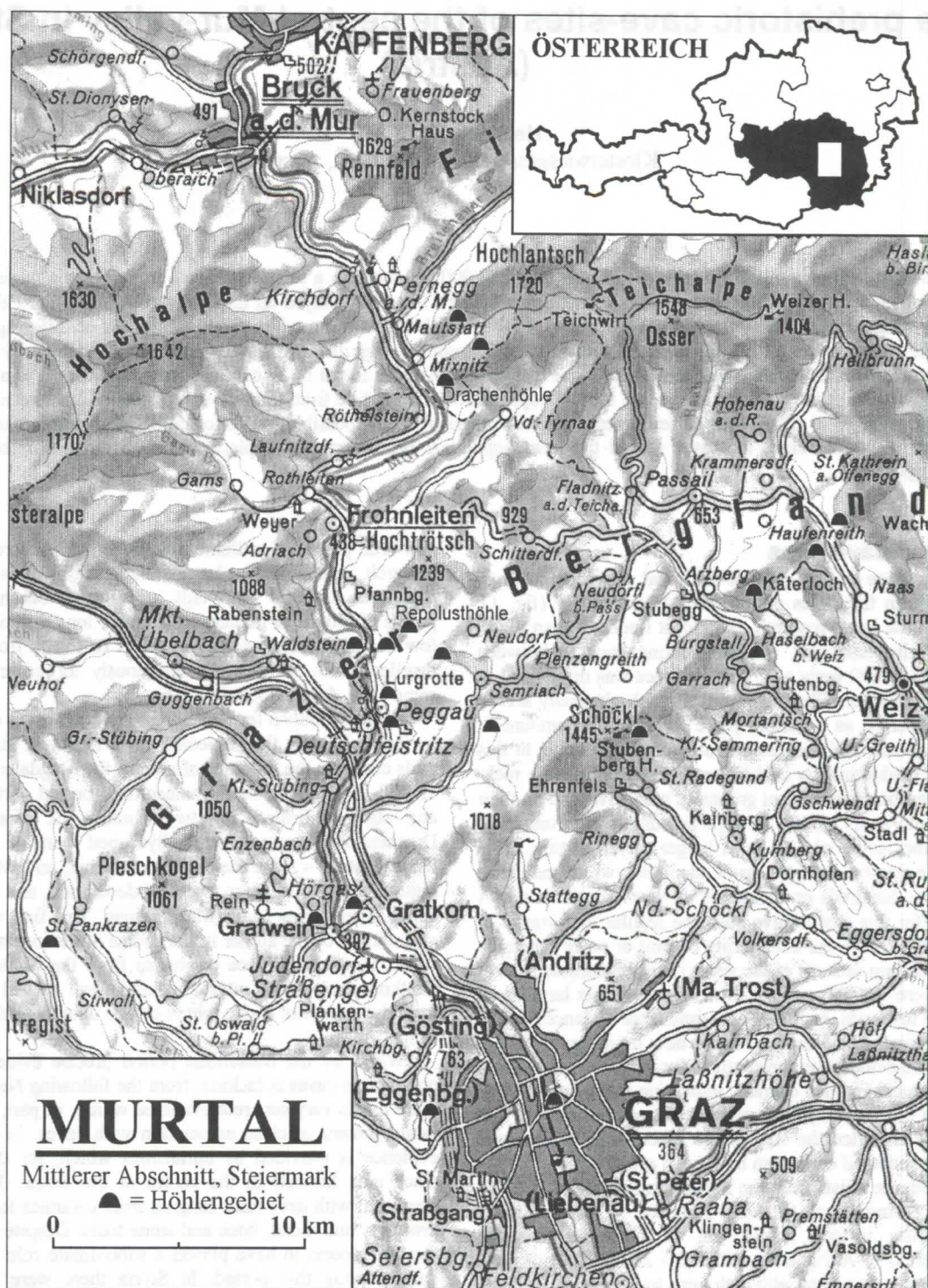


fig. 1 : The distribution of the principal prehistoric cave sites in the central Mur valley (Styria)

Only from Roman times on can a strengthening in the cave to man relationship be seen via the increasing number of finds. It may not have been exclusively Romans looking to make contact with caves, but rather the local population which for reasons not made clear to us visited the caves and for short periods of time even lived in them. Whether this was an early form of "cave-tourism" or whether there were purely pragmatic reasons for it is not at this time clear. Striking though, is the increased appearance of "Terra Sigillata", imported Roman ceramics, as is the possible usage of the caves as places of worship.

During the time of the Great Migration our knowledge of the usage of the caves is as obscure as the period itself. A substantial increase in cave finds from the Middle Ages allows

us to appreciate the rising importance of caves during this time, even if it appears as if in the early Middle Ages they were only places of refuge. Only later did cave-tourism proper begin, although at first it was reserved for the upper class only. To the local population the natural cavities continued to serve as storerooms and hiding places or performed other functions.

At the beginning of Modern times the contents of caves were used for economic purposes with the mining of not only sinter and flowstone formations, but also fossil bone material. The fact, that in this most recent period the most cave visits of man can be confirmed is probably because remnants of this time are easier to find due to their well-maintained condition and resting places on the surface. Also worth mentioning for this period though is the

use of the cave as a place of refuge in times of war and unrest. Where as in the Palaeolithic Age the function of the cave as a place of refuge from bad weather and wild animals prevailed as the reason for man to venture there, this changed over the ages as he looked more and more to the cave to provide refuge from his own kind. This is beyond doubt a sad inditement of man's cultural development and the cultural-historical significance of the cave.

#### References

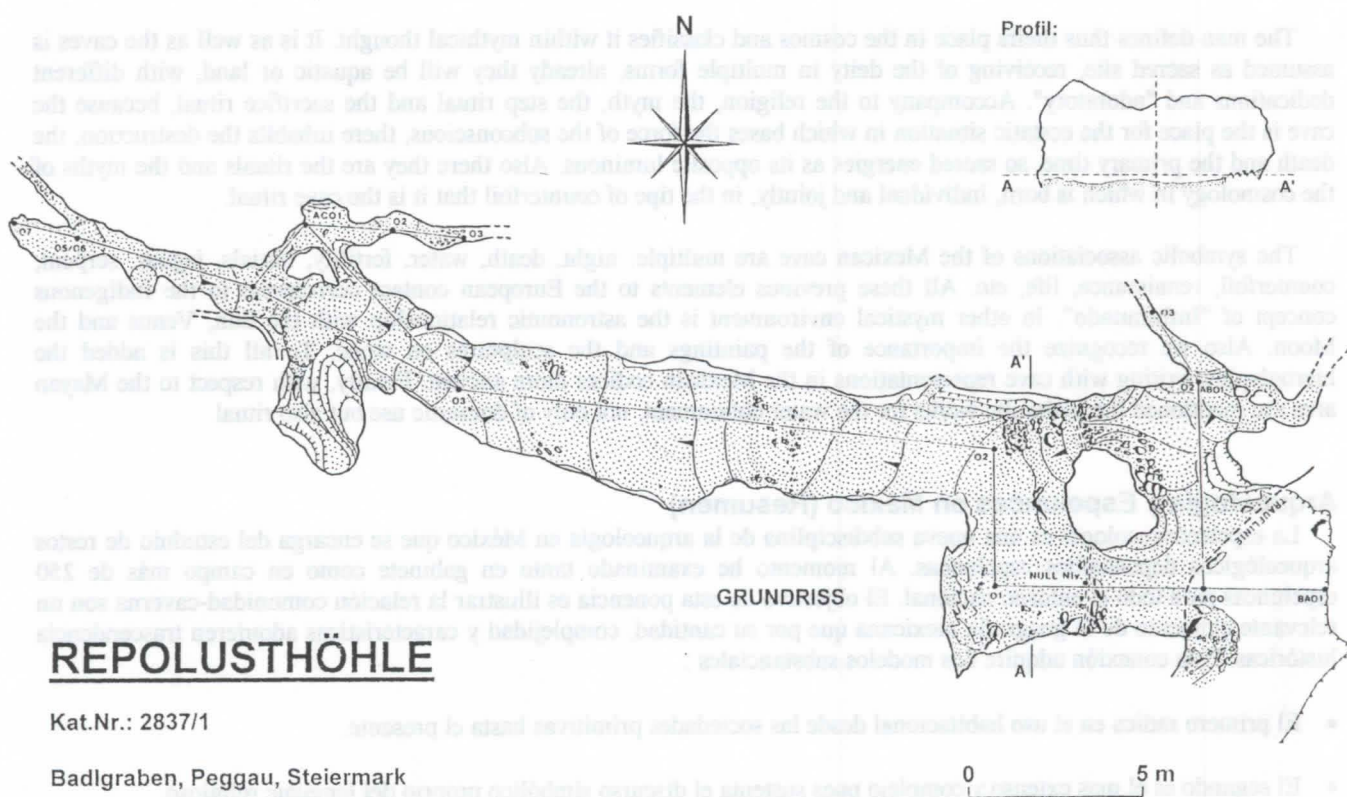
ABEL, Othenio & KYRLE, Georg (Ed.) 1931: Die Drachenhöhle bei Mixnitz; Speläologische Mono-graphien, 7/8, Wien 1931.  
FUCHS, Gerald (Ed.) 1989: Höhlenfundplätze im Raum Peggau-Deutschfeistritz, Steiermark, Österreich; BAR International Series, 510, Oxford 1989.  
HILBER, Vincenz 1922: Urgeschichte Steiermarks; Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 58, Graz 1922.

KUSCH, Heinrich 1996: Zur kulturgeschichtlichen Bedeutung der Höhlenfundplätze entlang des mittleren Murtales (Steiermark); Grazer altertumskundliche Schriften (Hrsg. H. AIGNER), 2, Peter Lang Verlag, Frankfurt a.M. 1996.

MODRIAN, Walter 1972: Die steirischen Höhlen als Wohnstätten des Menschen; in: Höhlenforschung in der Steiermark, Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, Graz 1972, 61-86.

MOTTL, Maria 1951: Die Repolusthöhle bei Peggau (Steiermark) und ihre eiszeitlichen Bewohner (mit einem Beitrag von V. MAURIN); Archaeologia Austriaca, 8, Wien 1951, 1-78.

WURMBRAND, Gundaker Graf 1871: Über die Höhlen und Grotten im Kalkgebirge bei Peggau; Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 2, 3, Graz 1871, 407-427.



## REPOLUSTHÖHLE

Kat.Nr.: 2837/1

Badlgraben, Peggau, Steiermark

Seehöhe: ca. 520 m

Ganglänge: 66,06 m

Max.Hor.: 36,40 m

Niv.Diff.: + 2,98 / - 4,72 m

Vermessung: S. Ehrenreich, G. Fuchs, H. u. I. Kusch ( 14. 7. 1991 )

G. Fuchs, H. Kusch, R. Lafer ( 15. 7. 1991 )

Zeichnung: Heinrich Kusch ( 1991 )

fig. 2 : Map of the Repolusthöhle near Peggau (Styria)

# Archaeology in Mexican caves

Ismael Arturo Montero García

University of Tepeyac. Av. Callao 202. Mexico D.F. 07300. Mexico.

## Abstract

The espeleoarchaeology is a new discipline of the archaeology in Mexico that is entrusted study with deposited archaeological remains in caves. To the moment have examined in cabinet as well as in field more than 250 caves for all the national environment. The objective of this motion is to illustrate the relationship community-cave effective throughout the History of Mexico since grottoes, and caves are a relevant element of the Mexican geography that by their his quantity, complexity and characteristic acquire historical transcendence. This connection acquires two substantial models:

- The first bases in the residence use that it has been made of the cave from the primitive societies until the present.
- The second is the but vast and complex since sustains the own symbolic speech of the religious language.

The man defines thus theirs place in the cosmos and classifies it within mythical thought. It is as well as the caves is assumed as sacred site, receiving of the deity in multiple forms, already they will be aquatic or land, with different dedications and "adoratory". Accompany to the religion, the myth, the step ritual and the sacrifice ritual, because the cave is the place for the ecstatic situation in which bases the force of the subconscious, there inhabits the destruction, the death and the primary time, so sacred energies as its opposite luminous. Also there they are the rituals and the myths of the cosmology in which is born, individual and jointly, in the tipe of counterfoil that it is the cave ritual.

The symbolic associations of the Mexican cave are multiple: night, death, water, fertility, burials, jaguar, serpent, counterfoil, renaissance, life, etc. All these previous elements to the European contact correspond to the indigenous concept of "Inframundo". In other mystical environment is the astronomic relationship with the Sun, Venus and the Moon. Also we recognize the importance of the paintings and the sculptures on stone. To all this is added the hieroglyphic writing with cave representations in the Mexican codices more ancient. Finally, with respect to the Mayan area are mentioned the hydraulic works for the water obtainment, not only of domestic use but also ritual

## Arqueología y Espeluncas en México (Resumen)

La espeleoarqueología es una nueva subdisciplina de la arqueología en México que se encarga del estudio de restos arqueológicos depositados en espeluncas. Al momento he examinado tanto en gabinete como en campo más de 250 espeluncas para todo el entorno nacional. El objetivo de esta ponencia es ilustrar la relación comunidad-caverna son un relevante elemento de la geografía mexicana que por su cantidad, complejidad y características adquieren trascendencia históricas. Esta conexión adquiere dos modelos substanciales :

- El primero radica en el uso habitacional desde las sociedades primitivas hasta el presente.
- El segundo es el mas extenso y complejo pues sustenta el discurso simbólico propio del lenguaje religioso.

El hombre define así su lugar en el cosmos y lo clasifica dentro del pensamiento míticos. Es así como la espelunca se asume como sitio sagrado, receptor de la deidad en múltiples formas, ya sean acuáticas o terrestres, con difernetes advocaciones y adoratorios.

Acompañan a la religión, el mito, el ritual de paso y el ritual de sacrificio, porque la cueva es el lugar para el trance extático en donde radica la fuerza de la irracionalidad y del subconsciente, ahí habita la destrucción, la muerte y el tiempo primordial, energías tan sagradas como sus opuestas luminosas. También ahí están los rituales iniciáticos y los mitos cosmogónicos en donde se nace, individual y colectivamente, en el arquetipo de matriz que es la cuva ritual.

# Les sépultures préhistoriques dans les abris naturels du karst mosan wallon

par Michel Toussaint

Direction des Fouilles, MRW, 1 rue des Brigades d'Irlande, 5100 Jambes, Belgique

## Abstract

Since 1830, about two hundred prehistorical collective burials have been discovered in caves and rock shelters of the Meuse basin, in Wallonia (Belgium). They show great diversity both in chronology and with respect to mortuary practices. The oldest human remains belong to Neandertals. Recent research shows that many previously unknown graves belong to the Early and Late Mesolithic and to the Middle Neolithic. However, most burials date to the Recent Neolithic. A question of continuing interest is whether caves continued to be used for collective burials during the Bronze and Iron ages.

## Résumé

Quelque deux cents sites sépulcraux préhistoriques ont été découverts depuis environ 1830 dans les grottes et abris sous roche du karst mosan wallon (Belgique). Elles présentent une grande diversité, tant au niveau chronologique que dans les pratiques funéraires. Les plus anciens restes humains trouvés sont attribuables à l'Homme de Néandertal. Les recherches récentes ont permis la reconnaissance d'une série d'inhumations du Mésolithique ancien, du Mésolithique récent et du Néolithique moyen. La plupart des sépultures remontent cependant au Néolithique récent tandis que la question de la persistance de l'utilisation des grottes et abris naturels à des fins sépulcrales aux âges des métaux reste en suspens.

## 1. Introduction

Les massifs calcaires du bassin de la Meuse et de ses affluents sont criblés de cavités karstiques d'importance variable, sans aucun doute plusieurs milliers. Le potentiel scientifique d'un tel patrimoine est important dans des domaines aussi diversifiés que la biospéléologie, la géomorphologie, la paléoclimatologie, la paléontologie animale, l'archéologie et la paléoanthropologie. Le matériel accessible à cette dernière discipline se compose de séries plus ou moins riches d'ossements humains préhistoriques provenant d'environ deux cents grottes ou abris sous roche fouillés à partir de 1830. Les recherches entreprises depuis une quinzaine d'années voient un renouvellement des connaissances, lié à la mise en oeuvre de techniques de fouilles plus fines et à la pluridisciplinarité des méthodes d'analyses. Les acquis récents tiennent ainsi à la découverte d'ossements néandertaliens à la grotte de Sclayn, à l'attribution au Mésolithique d'une dizaine de sépultures ainsi qu'à la reconnaissance de quelques inhumations du Néolithique moyen. Les nouvelles recherches se focalisent aussi sur le décodage des pratiques funéraires, réalisé en associant la taphonomie à des relevés planimétriques précis et annotés anatomiquement.

## 2. Le karst mosan et la genèse de la paléoanthropologie

Les cavernes mosanes ont joué un rôle fondamental dans les premiers développements de la paléoanthropologie (Toussaint, 1996). La découverte de deux calottes crâniennes à Engis en 1830 permit au naturaliste Philippe-Charles Schmerling de comprendre que l'homme avait jadis vécu en même temps que les grands mammifères aujourd'hui disparus. La science officielle mettra cependant plus d'un quart de siècle avant d'admettre cette idée. Il

faudra pour cela que s'épanouisse plus fermement l'archéologie préhistorique à la suite de l'obstination de Boucher de Perthes, que "L'origine des espèces" (1859) de Charles Darwin impose la notion de transformisme et que soient abandonnées, sous l'impulsion du géologue anglais Charles Lyell, les théories catastrophiques de l'histoire géologique de la terre qui prévalaient jusque là.

La mandibule de La Naulette, découverte en 1866 par le géologue Edouard Dupont dans une caverne de la Lesse dinantaise fait, elle-aussi, date dans l'histoire de l'étude des origines de l'humanité. Survenant dans la phase de maturation de l'idée de l'existence d'un homme fossile différent des formes actuelles, dix ans après la trouvaille éponyme de Néandertal, elle représente, selon l'illustre Paul Broca, "... le premier fait qui fournisse un argument anatomique aux darwinistes, [...] le premier anneau de la chaîne qui, suivant eux, doit s'étendre de l'homme aux singes".

Vingt ans plus tard, en 1886, une opinion scientifique mieux préparée n'eut guère de peine à accepter la découverte des ossements de l'"homme de Spy", exhumés dans la terrasse d'une caverne de la vallée de l'Orneau près de Namur, par Max Lohest et Marcel De Puydt auxquels s'était joint le paléontologue Julien Fraipont. Cette découverte, la première à associer clairement les données géologiques, paléontologiques et archéologiques, fait définitivement admettre par la communauté scientifique internationale l'existence d'un type humain plus archaïque que l'homme moderne.

## 3. Les Néandertaliens mosans

Trouvée vers 1830 par Schmerling mais identifiée comme néandertalienne seulement un siècle plus tard, la calotte crânienne de l'enfant d'"Engis II" associe une série de traits juvéniles à des caractères "plésiomorphes" (c'est-à-dire communs aux humains archaïques) et à des traits dérivés néandertaliens (Tillier, 1983). La fuite du front, la topographie des veines méningées, l'étiement de l'arrière-crâne en vue latérale ou encore l'obliquité antérieure du grand axe du trou auditif externe sont quelques-uns des caractères primitifs les plus caractéristiques. Parmi les caractères dérivés néandertaliens, on notera entre autres les orbites vastes et arrondies, la morphologie du torus supraorbitaire en cours de différenciation sur le frontal ou encore l'aspect en "bombe", bien marqué en vue postérieure.

La mandibule de La Naulette a été découverte au sein d'un niveau ossifère contenant des restes d'ours, de mammouths, de rhinocéros, de cerfs mégaceros... Elle était associée à un cubitus, à une canine et à un troisième métacarpien humains. Elle comprend encore le corps gauche, la région de la symphyse et la partie antérieure du corps droit, jusqu'au milieu de l'alvéole la deuxième prémolaire. Toutes les dents sont tombées après la mort. Il pourrait s'agir d'une jeune femme. Les caractères primitifs les plus notables sont l'aspect fuyant vers l'arrière de la région symphysaire, l'existence d'un planum alvéolaire relativement développé et la présence d'une fosse génio-glosse importante. Aucun des caractères dérivés typiques des mandibules néandertaliennes, essentiellement l'espace rétromolaire et l'aplatissement de la face antérieure de la symphyse avec disposition en façade des dents antérieures, ne s'observe. Suivant les méthodes et les mesures utilisées, les comparaisons statistiques placent cependant la mandibule dans l'aire de distribution des Néandertaliens ou dans la zone commune

aux Néandertaliens et à leurs ancêtres Prénéandertaliens. Le cubitus, que l'analyse biométrique situe dans la variabilité féminine, et le troisième métacarpien présentent une morphologie tout à fait moderne (Leguebe et Toussaint, 1988).

Si tous les documents de La Naulette proviennent de la même personne, comme le suggèrent la même origine stratigraphique et la similitude d'aspect, comment expliquer la coexistence d'une mandibule aux nombreux traits archaïques et d'autres ossements morphologiquement modernes? L'importance du dimorphisme sexuel des Néandertaliens et la relative jeunesse du sujet, qui masquerait encore l'épanouissement de certains traits dérivés, ont été évoquées. Une autre hypothèse consiste à suggérer que l'absence de traits dérivés implique une ancienneté plus importante qu'on ne le suppose généralement. On sait en effet que les caractères propres des Néandertaliens ont été acquis progressivement au fil du temps pour ne s'exprimer pleinement qu'avec les formes "classiques", les plus récentes. Il en résulte que par certains caractères, des fossiles assez anciens sont anatomiquement plus proches de l'homme moderne que des Néandertaliens classiques, même s'ils sont les ancêtres directs de ces derniers. Les caractères évoquant l'homme moderne sont en réalité des traits primitifs ou "plésiomorphes" perdus les uns après les autres lors de l'individualisation des Néandertaliens mais qui étaient présents chez leurs ancêtres.

Les ossements néandertaliens de la grotte de Spy ont d'abord été rapportés à deux adultes (Thoma, 1975). Certains éléments proviennent cependant d'un enfant et de 2 ou 3 adultes supplémentaires. L'un des défunts au moins, dénommé "Spy 1", était de toute évidence disposé dans une sépulture. Selon les descriptions de l'époque, "il gisait en travers de l'axe de la grotte, la tête à l'est et les pieds à l'ouest. Il était couché sur le côté, la main appuyée contre la mâchoire inférieure". C'est apparemment de la partie moyenne du troisième niveau ossifère rassemblant arbitrairement plusieurs couches, dont le matériel osseux et lithique ne fut pas individualisé à la fouille, que proviennent les ossements néandertaliens. La faune rencontrée dans cet ensemble stratigraphique comprend notamment du mammoth, du rhinocéros à narines cloisonnées et de l'ours des cavernes. Archéologiquement parlant, on rapporte généralement les restes humains du site au Moustérien de type Quina. Chacun des deux squelettes de Spy comporte une calotte crânienne, des éléments de maxillaires et de mandibules ainsi qu'une série d'ossements postcrâniens souvent incomplets. Spy 1 semble être une femme dont la capacité crânienne avoisine les 1300 cm<sup>3</sup> et Spy 2 un homme assez jeune d'environ 1500 cm<sup>3</sup> de volume crânien. Les différents ossements présentent de nombreux caractères dérivés néandertaliens, par exemple le chignon occipital de Spy 1, la forme des torus supraorbitaires et la morphologie des temporaux en ce qui concerne les crânes.

Le fémur néandertalien des grottes de Fonds de Forêt, a été découvert en 1895, associé à une industrie du Paléolithique moyen évoquant le Charentien de type Quina et à une faune où s'observent notamment l'ours des cavernes et le mammoth. C'est un os gauche, robuste, dont l'épiphyse supérieure manque. Son corps montre une nette courbure antéro-postérieure et est arrondi en coupe, caractéristiques qui se retrouvent sur les autres Néandertaliens classiques. L'étude biométrique rapproche également le document des Néandertaliens de Spy et du site éponyme, notamment pour les dimensions de la trochlée et les diamètres sous-trochantériens (Twiesselmans, 1961).

Il faudra attendre un siècle pour voir le karst mosan livrer à nouveau des ossements néandertaliens, dans la couche 4A de la grotte Scladina à Sclayn-Andenne (Toussaint *et al.*, 1994). Les pièces les plus spectaculaires, une mandibule trouvée en deux parties, en 1993 et en 1996, ainsi qu'un fragment de maxillaire, appartiennent à un même sujet dont l'âge individuel est de 10 à 11

ans. Il n'y a pas accord entre les spécialistes des sciences naturelles et les physiciens à propos de la datation de la couche 4A et donc des fossiles. Les premiers situent le dépôt de la couche 4A et la formation du plancher stalagmitique sus-jacent (CC4) durant la phase tempérée de Saint-Germain II, soit entre 85.000 et 73/72.000 ans. Le plancher stalagmitique CC4 a par contre livré une datation par thermoluminescence de  $117.2 \pm 11.2$  ka BP et le plancher CC14 situé au sein de la couche 4A, juste sous les ossements, une datation de  $122 \pm 11.7$  ka BP. La mandibule a, quant à elle, été datée par spectrométrie gamma de  $127 +46/-32$  ka. La mandibule de Sclayn ne présente pas les caractères dérivés néandertaliens «typiques» mais cette situation est normale au vu des comparaisons avec les autres enfants néandertaliens. Le développement latéral du processus condyloïde, l'extrême largeur de la branche ainsi que la position reculée et le dédoublement du foramen mentonnier figurent cependant parmi les caractères que la mandibule de Sclayn partage avec les autres néandertaliens d'Europe et qui la différencie quelque peu des premiers hommes modernes. Les traits plésiomorphes, tels l'absence de menton typique et la présence d'une fosse génio-glosse et d'un planum alvéolaire, sont par contre bien représentés sur la pièce. Les caractères classiquement interprétés comme modernes trouvés sur la mandibule, par exemple la décroissance de la hauteur du corps et son épaissement vers l'arrière ainsi que la morphologie moderne du foramen mandibulaire, n'ont en réalité aucune signification phylétique.

La couche archéologique du trou de l'Abîme, à Couvin, se caractérise par une industrie lithique encore très proche du Paléolithique moyen mais que l'abondance d'outils aménagés par retouches plates couvrantes rapproche déjà des formes anciennes du Paléolithique supérieur. Elle a livré, en 1984, la couronne d'une deuxième molaire déciduale inférieure droite humaine. La microfaune recueillie au même niveau que le fossile témoigne d'un climat tempéré correspondant à un interstade qui pourrait bien, selon une révision récente de la faune récoltée anciennement, être celui des Cottés, aux alentours de 35.000 BP. Une datation radiométrique réalisée sur des restes de faune associés à la dent donne par contre un âge de  $46.820 \pm 3.290$  BP (Lv 1559).

La datation des ossements du Paléolithique moyen mosan est délicate, notamment en raison de désaccords entre les datations radiométriques et les interprétations paléochronologiques fondées sur l'analyse de la microfaune et des pollens. Quoiqu'il en soit, les pièces de La Naulette pourraient remonter au moins à l'interglaciaire Eemien, voire plus si on retient l'hypothèse d'un Prénéandertalien récent pour expliquer la coexistence de traits archaïques sur la mandibule et de caractères modernes sur les os du bras. Un groupe récent rassemblerait les formes anatomiquement classiques de Spy, Engis, Fonds de Forêt et éventuellement Couvin, apparemment entre 50.000 et 35.000 ans. L'enfant de Sclayn occuperait une position intermédiaire, entre 136.000 et 70.000 ans selon les méthodes de datation.

#### 4. Le Paléolithique supérieur

De nombreux ossements humains découverts dans les grottes mosanes ont été rapportés au Paléolithique supérieur, souvent sans guère de preuves. Presque tous ont dû être réattribués à des périodes plus récentes. Tel est notamment le cas de la série exhumée par Dupont au Trou du Frontal ( $4430 \pm 30$  BP; GrN-10179), du crâne adulte d'Engis 1 et de la face soit-disant trouvée dans un niveau aurignacien de la grotte de Spy ( $4230 \pm 70$  BP, OxA-6252; Semal *et al.*, 1996). Seuls finalement quelques dents et osselets ahrensbourgiens de la grotte de Remouchamps résistent à l'analyse. La sépulture collective récemment découverte à la grotte Lombeau à Charleroi et peut-être attribuable au Paléolithique final est en cours de datation radiocarbène par AMS.

## 5. Sépultures mésolithiques

Les inhumations en grottes se multiplient et se diversifient ensuite entre 9000 et 8000 avant notre ère en dates calendaires corrigées (fig. 1), dès le Mésolithique ancien. Certains sites montrent une organisation de l'espace tandis que d'autres se présentent davantage comme des amas d'ossements. Le matériel archéologique associé est rare ou inexistant.

Deux concentrations longitudinales d'ossements, séparées par un espace quasi stérile d'une cinquantaine de centimètres, furent exhumées en 1983 dans la diacalse D5 de Lovervall, en Hainaut. Les documents proviennent de deux défunts, sans doute des femmes. En dépit de l'absence de connexions labiles apparemment due à des bouleversements taphonomiques, leur distribution spatiale suggère que les deux corps étaient disposés originellement en position primaire, l'un à la suite de l'autre, dans l'axe du site. La différence d'âge radiométrique,  $9640 \pm 100$  BP contre  $9090 \pm 100$  BP, pourrait faire penser à deux inhumations successives. Le matériel archéologique associé se limitait à un fragment de pièce esquillée en silex.

La majorité des ossements humains trouvés au fond de la grotte Margaux, à Dinant (Cauwe et Toussaint, 1993), étaient concentrés dans une fosse ovale limitée par des blocailles; d'autres, plus fragmentés, étaient disposés à l'ouest de la fosse. Les deux zones étaient recouvertes par une sorte de cairn allongé fait de morceaux d'un plancher stalagmitique sous-jacent et de fragments de calcaire détachés des parois de la grotte. La sépulture ne contenait que des adultes, apparemment uniquement des femmes de petite taille. Le nombre minimum théorique de défunts (N2) est de 9. La répartition des ossements ne montre ni persistance de connexions "labiles" ni classement logique qui pourrait faire penser à des défunts disposés en position primaire. Un des crânes présente des traces d'incisions faites au silex sur le front, réparties

symétriquement à partir du bregma ainsi qu'à la base des deux processus zygomatiques. Ces diverses observations plaident en faveur de manipulations *post mortem* de corps. Le site est une structure funéraire secondaire qu'on pourrait qualifier d'ossuaire. De nombreux ossements présentent des traces d'ocre.

L'abri des Autours à Dinant a livré deux sépultures du Mésolithique ancien (Cauwe, 1995). L'une, collective, comprenait au moins trois ou quatre individus dont un enfant. Les squelettes étaient disloqués sauf l'un qui pourrait être le dernier inhumé. Sa colonne vertébrale, son bassin et ses fémurs étaient encore en connexion anatomique tandis que le crâne et de nombreux autres os gisaient parmi les os des jambes, ce qui évoque un défunt disposé en position assise, le dos appuyé contre la paroi rocheuse, puis un effondrement du corps plus ou moins décharné sur lui-même. La seconde sépulture, un peu plus ancienne au vu de la datation  $C^{14}$ , est une inhumation individuelle d'une personne d'âge mûr, apparemment une femme, couchée sur le dos, encore en connexion anatomique mais les jambes repliées pour ramener les genoux sur la poitrine. Une telle position non naturelle des membres inférieurs fait penser que le cadavre a été emballé dans un sac ou maintenu par des liens avant d'être déposé dans une fosse. Les jambes et le bassin étaient couverts d'ocre.

D'autres séries d'ossements ont pu être attribuées au Mésolithique ancien sur base de datations  $C^{14}$ . Elles sont malheureusement trop perturbées (grotte de Claminforge, une trentaine d'ossements correspondant à au moins 5 personnes dont 2 enfants de 8 à 9 ans), mal fouillées (grotte du Petit Ri à Malonne, 29 ossements appartenant à un minimum de 4 personnes) ou dispersées dans des sédiments brêchiques (grotte du Bois Laiterie à Profondeville, au moins 3 personnes dont un enfant), de sorte qu'il est très malaisé d'aborder le domaine des pratiques funéraires.

Les seuls ossements humains du Mésolithique récent connus à ce jour proviennent de la grotte de La Martina à Dinant,

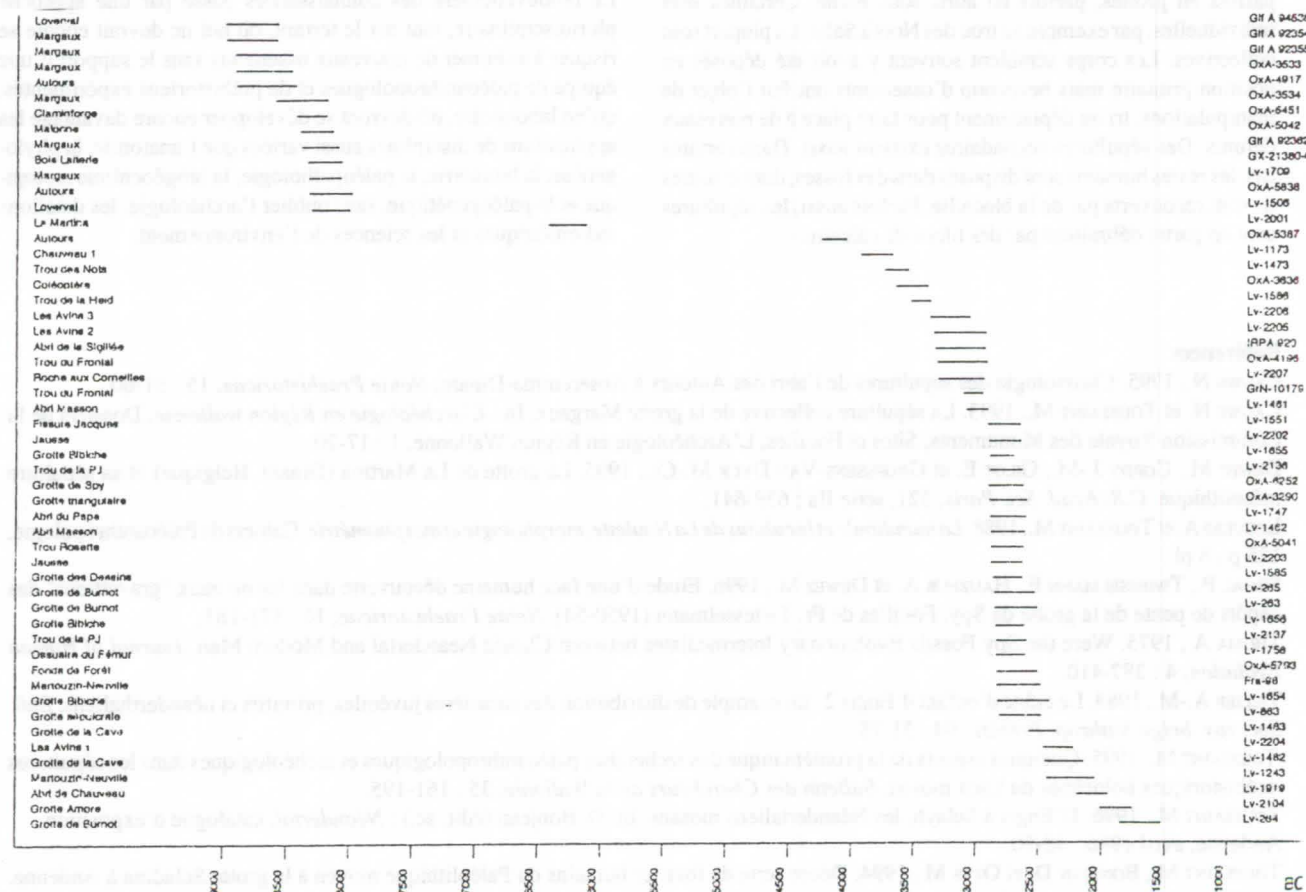


Fig. 1. Datations  $C^{14}$  calibrées à un sigma des sépultures mésolithiques et néolithiques du karst wallon, réalisées à partir d'ossements humains (dessin S. Lambermont, dessinatrice à l'Association wallonne de Paléanthropologie).

fouillée anciennement (Dewez *et al.*, 1995). Les recherches récentes indiquent la présence d'au moins 4 sujets adultes et juvéniles. Les conditions de trouvaille ne permettent pas de déterminer les circonstances de l'enfouissement.

## 6. Sépultures collectives néolithiques

Aucun des ossuaires mosans en abris naturels n'a encore été daté du Néolithique ancien, sans doute à la fois pour des raisons culturelles et parce que les Danubiens se sont installés sur des terrains loessiques excentrés par rapport aux vallées calcaires. Il conviendrait cependant de réaliser des analyses radiométriques des restes humains de la quatrième grotte d'Engis qui a livré des tessons danubiens.

Les plus vieilles sépultures néolithiques en abris naturels remontent dès lors au Michelsberg, représenté de manière archéologiquement indiscutable au trou de la Heid à Comblain-au-Pont et à l'abri des Autours. C'est à cette même culture qu'il faut sans doute aussi rapporter les ossements du trou des Nots à Salet, du trou du Frontal à Furfooz et peut-être le squelette le plus profond de la grotte CH1/76 de Chauveau (Toussaint, 1995).

La majorité des sépultures collectives karstiques de nos régions remontent cependant à la première moitié du troisième millénaire en dates calibrées à 1 sigma (fig. 1) et sont attribuées à un Néolithique récent - apparenté au Seine-Oise-Marne - dont le matériel archéologique est bien reconnaissable dans différents sites, notamment à Vauzelles, à l'abri Longue Vâ à Ben-Ahin, à la grotte du Fémur à Ben-Ahin et à l'abri de Martouzin-Neuville.

Les pratiques funéraires des Néolithiques sont diversifiées. La plupart des sites sépulcraux sont cependant perturbés par des remaniements taphonomiques ou anthropiques postérieurs à leur dépôt, ce qui en rend le décodage malaisé. Les sépultures sont parfois en grottes, parfois en abris sous roche. Certaines sont individuelles, par exemple au trou des Nots à Salet. La plupart sont collectives. Les corps semblent souvent y avoir été déposés en position primaire mais beaucoup d'ossements ont fait l'objet de manipulations, tri ou déplacement pour faire place à de nouveaux défunts. Des sépultures secondaires existent aussi. Dans certains cas, les restes humains sont disposés dans des fosses, dans d'autres ils sont recouverts par de la blocaille. Parfois aussi, les sépultures sont en partie délimitées par des blocs de calcaire.

## Références

- CAUWE N., 1995. Chronologie des sépultures de l'abri des Autours à Anseremme-Dinant. *Notae Praehistoricae*, 15 : 51-60.
- CAUWE N. et TOUSSAINT M., 1993. La sépulture collective de la grotte Margaux. In : *L'archéologie en Région wallonne*, Dossiers de la Commission Royale des Monuments, Sites et Fouilles, L'Archéologie en Région Wallonne, 1 : 17-20.
- DEWEZ M., CORDY J.-M., GILOT E. et GROESSENS-VAN DYCK M.-CL., 1995. La grotte de La Martina (Dinant, Belgique) et sa sépulture mésolithique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 321, série IIa : 639-641.
- LEGUEBE A. et TOUSSAINT M., 1988. *La mandibule et le cubitus de La Naulette, morphologie et morphométrie*. Cahiers de Paléanthropologie, 125 p., 8 pl.
- SEMAL P., TWIESSLMANN F., HAUZEUR A. et DEWEZ M., 1996. Etude d'une face humaine découverte dans les niveaux "gravettiens" des dépôts de pente de la grotte de Spy. Fouilles de Fr. Twiesselmann (1950-54). *Notae Praehistoricae*, 16 : 171-181.
- THOMA A., 1975. Were the Spy Fossils Evolutionary Intermediates between Classic Neandertal and Modern Man. *Journal of Human Evolution*, 4 : 387-410.
- TILLIER A.-M., 1983. Le crâne d'enfant d'Engis 2 : un exemple de distribution des caractères juvéniles, primitifs et néanderthaliens. *Bull. Soc. roy. belge Anthropol. Préhist.*, 94 : 51-75.
- TOUSSAINT M., 1995. Quelques aspects de la problématique des recherches paléanthropologiques et archéologiques dans les sépultures préhistoriques holocènes du karst mosan. *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 35 : 161-195.
- TOUSSAINT M., 1996. D'Engis à Sclayn, les Néandertaliens mosans. In D. Bonjean (édit. sc.) : *Néandertal*, catalogue d'exposition, Andenne, avril 1996 : 48-70.
- TOUSSAINT M., BONJEAN D. et OTTE M., 1994. Découverte de fossiles humains du Paléolithique moyen à la grotte Scladina à Andenne. *Deuxième Journée d'Archéologie Namuroise, Actes 2* : 19-33.
- TWIESSLMANN F., 1961. *Le fémur néanderthalien de Fond-de-Forêt*. Mémoires de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 148, 164 p., 2 pl.

## 7. Des sépultures protohistoriques?

La persistance de sépultures en grottes à l'Age des Métaux a été suggérée à maintes reprises dans la littérature. La question reste cependant en suspens : aucune datation C<sup>14</sup> ne vient jusqu'ici conforter cette hypothèse, l'association des ossements humains et du matériel archéologique n'est jamais garantie, notamment à l'abri de Château Thierry à Waulsort et au trou del Leuve à Sinsin où la riche documentation archéologique remonte clairement au Bronze final. Il faut d'ailleurs relever que les rares sites avec traces de matériel céramique de l'Age des Métaux qui ont été datés au radiocarbone à partir des ossements humains fournissent des résultats qui s'intègrent bien dans le corpus des datations sépulcrales néolithiques (fig. 1). Serait-ce cependant le cas si tous les sites à ossements humains et à tessons protohistoriques typiques étaient datés ?

La réalisation de datations radiométriques de la série d'ossements du trou de l'Ambre à Eprave serait aussi nécessaire pour prouver ou infirmer la persistance de sépultures en grottes jusqu'à la fin de l'âge du Fer. Ce site a été d'abord interprété comme une "couche de massacre", sans intention sépulcrale ni pratique funéraire mais simplement abandon des corps par les bourreaux. Cette interprétation est parfois contestée.

## 8. Perspectives

Les sites karstiques du bassin mosan wallon ont livré de nombreuses séries d'ossements humains préhistoriques. En dépit de la quantité appréciable de matériel accumulé, de multiples recherches s'imposent encore avant de disposer d'un panorama un tant soit peu précis des principaux aspects archéologiques, anthropologiques, funéraires, démographiques, nutritionnels et paléopathologiques des populations préhistoriques de nos régions. Le renouvellement des connaissances passe par une approche pluridisciplinaire, tant sur le terrain, où nul ne devrait encore se risquer à exhumer de nouveaux ossements sans le support d'une équipe de paléanthropologues et de préhistoriens expérimentés, qu'en laboratoire, où devront se développer encore davantage les applications de disciplines aussi variées que l'anatomie, la phylogénèse, la biométrie, la paléopathologie, la biogéochimie isotopique et la paléogénétique, sans oublier l'archéologie, les datations radiométriques et les sciences de l'environnement.

# Pleistocene hominid remains from caves of Germany

Wilfried Rosendahl

Institut für Paläontologie der Universität Bonn, Nussallee 8, D-53115 Bonn, Germany

## Abstract

Caves belong to the most important localities for paleoanthropological finds in Eurasia. Also the most of till now in Germany discovered pleistocene hominid remains are from caves. Altogether, remains of *Homo sapiens neanderthalensis* and *Homo sapiens sapiens* were discovered in 23 localities. These locations and their hominid material will be presented generally.

## Zusammenfassung

Höhlen gehören zu den bedeutendsten paläoanthropologischen Fundstellen Eurasiens. Auch der grösste Teil der bis heute in Deutschland entdeckten pleistozänen Hominidenbelege stammt von Höhlenfundstellen. Insgesamt 23 Fundstellen lieferten Skelettreste von *Homo sapiens neanderthalensis* und *Homo sapiens sapiens*. Diese Fundstellen und ihre Funde werden übersichtsartig vorgestellt.

## Résumé

Les grottes comptent parmi les sites les plus importantes en ce qui concerne les découvertes paléontologiques en Eurasie. De même, la plupart des restes humains pléistocènes découverts en Allemagne proviennent de grottes. En tout, 23 sites livrèrent des restes osseux d'*Homo sapiens neanderthalensis* et d'*Homo sapiens sapiens*. Ces sites et leur contenu sont ici brièvement présentés.

## 1. Introduction

Caves belong to the most important paleoanthropological localities in Eurasia. The reason for that are the special preservation conditions of the cave sediments in connection with the cave climate. Also the most of till today in Germany discovered pleistocene Hominid remains are from cave localities. Altogether 23 localities are distributed on the five states Northrhine-Westphalia, Hesse, Thuringia, Bavaria and Baden-Württemberg (ROSENDAHL 1997 a-c). That in the following description only upper pleistocene remains are mentioned, is not a chronological selection by the author. The reason is that no middle or lower pleistocene Hominid remains from caves are known in Germany. All finds from these periods are from open air sites like gravel or sand pits (ROSENDAHL 1995).

During the upper pleistocene time in Europe, two Human species were living one after the other and probably parallel. The older species was the Neandertalian (*Homo sapiens neanderthalensis*) which is proofed in Germany from six caves. The younger one, starting around 35. 000 years ago, was the anatomic modern man or Cro-Magnon Man (*Homo sapiens sapiens*) which is proofed in Germany from 18 caves.

## 2. Localities

### Legend (see figures)

1. Locality name
3. Human remains
5. relativ/absolute age
7. Comment

2. Geographical location
4. Date of discovery
6. Number of locality in Fig. 1
8. Important references

- 1/1. Kleine Feldhofer Grotte
3. A rather complete skeleton
5. Würm (60. 000 ?)
7. Holot. of *H.s. neanderthalensis*, the cave is destroyed

2. Neandertal near Düsseldorf / Mettmann district
4. August 1856
6. 22
8. Fuhlrott 1859 & 1886

- 2/1. Honerthöhle
3. Fragments of a calotte, a mandible and 10 dents from two childs (10 years)
5. Aurignacian
7. Whereabouts unknown

2. Hönnetal / Arnsberg district
4. 1928
6. 23
8. Andree 1928 & 1939

- 3/1. Wildscheuer Höhle
3. a) Two fragments of a calvarium from *Homo sapiens neanderthalensis*, b) one phalange and a skull piece from *Homo sapiens sapiens*
5. Middlepaleolithic (3.a) and Aurignacien (3.b)
7. The cave is destroyed by quarrying

2. village Steeden / Limburg district / river Lahn region
4. 1953
6. 21
8. Mandera 1954, Knußmann 1967

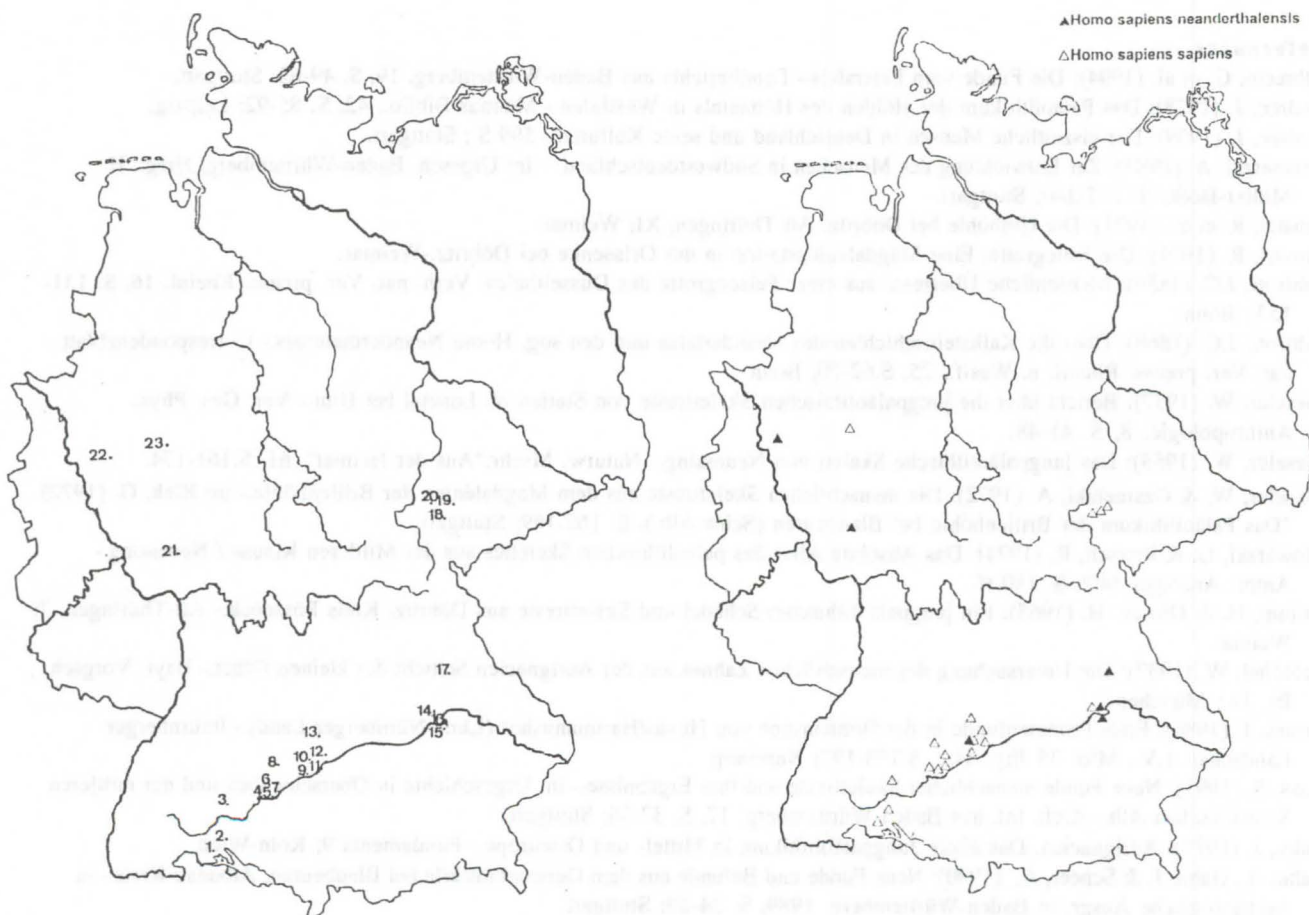
- 4/1. Kniegrotte  
3. Fragments of a Humerus, a Clavicula and a Phalange  
5. Late Magdalenian  
7. -
- 5/1. Urdhöhle  
3. Cranial and postcranial bones from 3 individuals  
5. Erly Magdalenian  
7. -
- 6/1. Ilsenhöhle  
3. Mandible of a one year old child  
5. Magdalenian  
7. -
- 7/1. Vogelherd-Höhle  
3. Cranial and postcranial bones of one individual  
5. Aurignacian  
7. a second skull were found in disturbed layers
- 8/1. Hohlenstein-Stadel Höhle  
3. Femurfragment of Homo sapiens neanderthalensis and single tooth of Homo sapiens sapiens  
5. Middlepaleolithic and Aurignacian  
7. Locality of the sculptur "Lionman"
- 9/1. Höhle im Haldenstein  
3. Radius and Patella of an adult individual  
5. Magdalenian  
7. Whereabout unknown
- 10/1. Kleine Scheuer  
3. one incisivus and one premolar / adult  
5. Magdalenian  
7. -
- 11/1. Kleine Ofnethöhle  
3. one tooth  
5. Aurignacian  
7. -
- 12/1. Brillenhöhle  
3. Cranial and postcranial bones from 3 till 4 Individuals with minimum one child  
5. Gravettian  
7. The human bones shows cutmarks
- 13/1. Geißenklösterle  
3. Fragments of two molars  
5. Gravettian / 23 000  
7. -
- 14/1. Sirgenstein Höhle  
3. Two canini and one molar from two adult indiv.  
5. Aurignacian  
7. -
- 15/1. Hohle-Fels  
3. Two femur fragments and a fibula fragment  
5. Magdalenian  
7. still in excavation
- 16/1. Burkhardshöhle  
3. Skullpieces of one adult individual  
5. Magdalenian ?  
7. the cave ist destroid
2. near Döbritz / Pössneck district  
4. 1930-1938  
6. 19  
8. Grimm & Ullrich 1965 und Feustel 1974
2. near Döbritz / Pössneck district  
4. 1951 und 1952  
6. 18  
8. Grimm & Ullrich 1965, Feustel et al. 1971
2. under the Ranis castle / Ziegenbrück district  
4. 1934  
6. 20  
8. Hülle 1934, Heberer 1939 und Andree 1939
2. Village Stetten / Lone valley / Heidenheim district  
4. 22-27.7.1934  
6. 12  
8. Riek 1932, Gieseler 1937 und Czarnetzki 1983
2. see locality 2.7  
4. 1937 und 1939  
6. 11  
8. Völzing 1938, Kunter & Wahl 1992
2. village Urspring / Lone valley / Heidenheim district  
4. 1938  
6. 10  
8. Riek 1938
2. near village Heubach / Ostalb district  
4. 1919 and 1920  
6. 9  
8. Maier 1936
2. near the town Nördlingen / Ries district  
4. 1934-1936  
6. 13  
8. Gröschel 1937
2. near the town Blaubeuren / Ulm district  
4. October 1956  
6. 6  
8. Riek 1972, Gieseler & Czarnetzki 1972
2. see locality 12  
4. 1989 and 1990  
6. 7  
8. Hahn et al. 1990 and Haas 1991
2. see locality 12  
4. 1906  
6. 5  
8. Schmidt 1910
2. near the village Schelklingen / Ulm district  
4. 1978  
6. 4  
8. Haas 1991
2. near the village Westerheim / Ulm district  
4. 1933-34  
6. 8  
8. Riek 1935, Haas 1991

- |   |   |
|---|---|
| 17/1. Schafstall / Abri   | 2. near Verigenstadt / Sigmarigen district  |
| 3. One molar  | 4. 1944 - 1948                              |
| 5. Aurignacian ?  | 6. 3  |
| 7. -  | 8. Hahn 1977                                |
| 18/1. Burghöhle   | 2. Village Dietfurt / Sigmarigen district   |
| 3. Skullpieces and four phalanges   | 4. 1988 and 1990-1991                       |
| 5. Magdalenian  | 6. 2  |
| 7. -  | 8. Taute 1989, Taute et al. 1992            |
| 19/1. Petersfels Höhle  | 2. near Engen / Konstanz district           |
| 3. Cranial and postcranial bones from seven individuals, three adults and four childs | 4. 1927-1932 and 1974 -1979                 |
| 5. Magdalenian  | 6. 1  |
| 7. -  | 8. Albrecht et al. 1994                     |
| 20/1. Hunas / caveruin in a quarry  | 2. in the village Hunas / Nürnberg district |
| 3. One molar  | 4. 1986                                     |
| 5. Middlepaleolithic  | 6. 17                                       |
| 7. - still in excavation  | 8. Groiá 1986                               |
| 21/1. Abri Sesselfelsgrötze   | 2. Village Neuessing / Kehlheim district    |
| 3. Carnial and postranial juvenil bones   | 4. ?  |
| 5. Middlepaleolithic  | 6. 14                                       |
| 7. -  | 8. Rathgeber 1996                           |
| 22/1. Abri Klausennische  | 2. see locality 2.21                        |
| 3. One molar  | 4. 1913                                     |
| 5. Middlepaleolithic  | 6. 15                                       |
| 7. Whereabout unknown   | 8. Obermaier & Wernert 1914                 |
| 23/1. Mittlere Klause   | 2. see locality 21                          |
| 3. A rather complete human skeleton; burial   | 4. 4.10.1913                                |
| 5. Magdalenian / 18 000 B.P.  | 6. 16                                       |
| 7. -  | 8. Gieseler 1953, Glowatzki & Protsch 1974  |

## References

- Albrecht, G. et al. (1994): Die Funde vom Petersfels.- Fundberichte aus Baden-Württemberg, 19, S. 49-62; Stuttgart.
- Andree, J. (1928): Das Paläolithikum der Höhlen des Hönnetals in Westfalen.- Mannus Biblio., 42, S. 85-92; Leipzig.
- Andree, J. (1939): Der eiszeitliche Mensch in Deutschland und seine Kulturen.- 599 S.; Stuttgart.
- Czarnetzki, A. (1983): Zur Entwicklung des Menschen in Südwestdeutschland. - In: Urgesch. Baden-Württemberg, Hrsg.: H. Müller-Beck, S. 217-240; Stuttgart.
- Feustel, R. et al. (1971): Die Urdhöhle bei Döbritz.-Alt-Thüringen, XI; Weimar.
- Feustel, R. (1974): Die Kniegrötte. Eine Magdalenienstation in der Orlasenke bei Döbritz.-Weimar.
- Fuhlrott, J.C. (1859): Menschliche Überreste aus einer Felsengrotte des Düsselthaales. Verh. nat. Ver. preuss. Rheinl. 16, S. 131-153; Bonn.
- Fuhlrott, J.C. (1868): Über die Kalksteinschichten des Neandertales und den sog. Homo Neanderthalensis.- Correspondenzblatt nat. Ver. preuss. Rheinl. u. Westf., 25, S.62-70; Bonn.
- Gieseler, W. (1937): Bericht über die jungpaläolithischen Skelettreste von Stetten ob Lonetal bei Ulm.- Ver. Ges. Phys. Anthropologie, 8, S. 41-48.
- Gieseler, W. (1953): Das jungpaläolithische Skelett von Neuessing.- Naturw. Mschr."Aus der Heimat", 61, S.161-174.
- Gieseler, W. & Czarnetzki, A. (1972): Die menschlichen Skelettreste aus dem Magdalénien der Brillenhöhle.- in: Riek, G. (1972) "Das Paläolithikum der Brillenhöhle bei Blaubeuren (Schw.Alb.), S. 165-169; Stuttgart.
- Glowatzki, G. & Protsch, R. (1974): Das Absolute Alter des paläolithischen Skelettes aus der Mittleren Klause / Neuessing.- Anthr. Anzeiger 34/2, S. 140 ff.
- Grimm, H. & Ullrich, H. (1965): Ein jungpaläolithischer Schädel und Skelettreste aus Döbritz, Kreis Pörsneck.- Alt-Thüringen, 7; Weimar.
- Gröschel, W. (1937): Die Untersuchung des menschlichen Zahnes aus der Aurignacien Schicht der kleinen Ofnet,- Bayr. Vorgsch., Bl. 14.; München
- Groiss, J. (1986): Erste Primatenfunde in der Höhlenruine von Hunas/Hartmannshof (Lkrs. Nürnberger Land).- ltnürnberger Landschaft e.V., Mitt. 35 Jhg., H.2, S.193-197; Nürnberg.
- Haas, S. (1991): Neue Funde menschlicher Skelettreste und ihre Ergebnisse.- in: Urgeschichte in Oberschwaben und der mittleren Schwäbischen Alb.- Arch. Inf. aus Baden-Württemberg, 17, S. 37-38; Stuttgart
- Hahn, J. (1977): Aurignacien. Das ältere Jungpaläolithikum in Mittel- und Osteuropa.- Fundamenta 9; Köln-Wien.
- Hahn, A., Hahn, J. & Scheer, A. (1990): Neue Funde und Befunde aus dem Geissenklösterle bei Blaubeuren, Albonau Kreis.- in Archäologische Ausgr. in Baden-Württemberg. 1989, S. 24-29; Stuttgart.

- Heberer, G. (1939): über einen Kinderunterkiefer aus der Ilsenhöhle unter der Burg Ranis (Lkrs. Ziegenbrück/Thüringen.- Anthr. Anz., 16, S. 77-80.;
- Hülle, W. (1934): Vorläufige Mitteilung über die Ergebnisse der Ausgrabung der Ilsenhöhle unter der Burg Ranis und ihre Bedeutung für die Chronologie der mitteldeutschen Altsteinzeit.- Nachr. Bl. f. D. Vorzeit, 10.
- Knuámann, R. (1967): Die mittelpaläolithischen menschlichen Knochenfragmente von der Wildenscheuer bei Steeden (Oberlahnkreis). - Nass. Ann., 78, S. 2-25; Wiesbaden.
- Kunter, M & Wahl, J. (1992): Das Femurfragment eines Neandertalers aus der Stadelhöhle des Hohlenstein im Lonetal. - Fundber. aus Baden-Württemberg, Bd.17/1, S. 111-124; Stuttgart.
- Maier, H. (1936): Die altsteinzeitliche Wohnhöhle "Kleine Scheuer" im Rosenstein (Schw. Alb), Mannus, 28, S. 235-252; Leipzig.
- Mandera, H.E. (1954): Die Steedener Höhlen. 2. Bericht über Nachuntersuchungen der Höhle "Wildenscheuer" und ihres Vorplatzes 1953.- Nass. Ann., 65, 35-42; Wiesbaden.
- Obermaier, H. & Wernert, P. (1914): Paläolithbeiträge aus Nordbayern.- MAGW, 44.
- Rathgeber, Th. (1996): Zur Grosssäugerfauna der Sesselfelsgrötte.-Im Tagungsband zur 38. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 9.-13.4. in Regensburg.
- Riek, G. (1932): Die Eiszeitjägerstation am Vogelherd im Lonetal.- 338 S.; Tübingen
- Riek, G. (1935): Kulturbilder aus der Altsteinzeit Württembergs.- Tübingen.
- Riek, G. (1938): Ein Beitrag zur Kenntnis des Süddeutschen Solutreen.- Germania, 22, S. 147-150.
- Riek, G. (1972): Das Paläolithikum der Brillenhöhle bei Blaubeuren (Schw.Alb.) Teil I und II.-Forsch. über. Vor- und Frühgesch. in Baden-Württemberg. Bd. 4/I u II, Stuttgart.
- Rosendahl, W. (1995): Der Mensch im Eiszeitalter.- In: Deutschland in der Urzeit; S. 189-209; Augsburg.
- Rosendahl, W. (1997a): Nachweise jungpleistozäner Hominidenreste aus Höhlen in Nordrhein-Westfalen.- Speleologisches Jahrbuch der Speleogruppe Letmathe 95u.96; 4 S. ; Iserlohn.
- Rosendahl, W. (1997b): Höhlenfundstellen peistozäner Hominiden in Hessen und Thüringen.- Jahresber. der HFG-Rhein-Main, 8 S. ; Frankfurt.
- Rosendahl, W. (1997c): Nachweise jungpleistozäner Hominidenreste aus Höhlen Südwestdeutschlands.- Jahrbuch der ArGe-Grabenstetten, 12 S.; Grabenstetten.
- Schmidt, R.R. (1910): Der Sirgenstein und die diluvialen Kulturstätten Württembergs, Stuttgart.
- Taute, W. (1989): Die Ausgrabungen in der Burghöhle bei Dietfurt 1988 in: Arch. Ausgr. Baden-Württemberg. 1988, S. 38-42; Stuttgart.
- Taute, W. et al. (1992): Archäologische Untersuchungen 1990 und 1991 in der Burghöhle Dietfurt an der oberen Donau, Gemd. Inzigkofen-Vilsingen, Krs. Sigmaringen.-Arch. Ausgr. Baden-Württemberg. 1991, S.25-31; Stuttgart.
- Völzing, O. (1938): Die Grabungen 1937 am Hohlenstein im Lonetal.- Fundber. Schwaben, N.F., 9, S. 1-17.



# The Prehistory of Salts Cave and Mammoth Cave, Mammoth Cave National Park, Kentucky, U.S.A.

Patty Jo Watson

Washington University, St. Louis, MO ; U.S.A.

## Abstract

Since 1963 members of the Cave Research Foundation Archeological Project have been documenting and interpreting prehistoric activity in portions of the world's longest cave, the Mammoth Cave System, Mammoth Cave National Park, Kentucky, U.S.A. Native American exploration of this cave system began about 4000 years ago; and portions of Mammoth Cave and Salts Cave were intensively mined for sulfate minerals between 2800 and 2300 years ago. Botanical and dietary evidence from the cave-mining period has provided detailed data, virtually unique in quality and quantity, recording an early stage in development of an indigenous agricultural complex in Eastern North America.

## 1. Introduction, and goals of the research

The Cave Research Foundation Archeological Project was initiated during the summer of 1963 to describe, document, and interpret prehistoric activity in Salts Cave, Mammoth Cave National Park, Kentucky. During subsequent decades we have expanded our investigation of aboriginal cavers to portions of Mammoth Cave, Lee Cave, and Bluff Cave within the Park, as well as to caves elsewhere in the MidSouth (CARSTENS & WATSON ed., 1996; CROTHERS & WATSON, 1994; MUNSON et al., 1989; ROBBINS et al., 1981; WATSON, 1969, 1974). Our work and that of other cave archaeologists demonstrates that prehistoric people throughout the midcontinental karst of North America entered hundreds of caves and used them for a number of different purposes from mining to mortuary ritual. The earliest human activity so far found in these midcontinental caves dates to the Late Archaic period (ca. 4500 years ago), and the latest preColumbian remains are only a few hundred years old (ca. 500 b.p.; FAULKNER ed., 1986).

## 2. Results

Prehistoric activity in the Mammoth Cave System falls between approximately 4000 and 2000 years ago (GREMILLION & SOBOLIK, 1996; KENNEDY 1996; KENNEDY & WATSON, in press). There are 57 radiocarbon dates currently available for Mammoth Cave and Salts Cave, plus two dates for archeological material in Lee Cave and one for Unknown Cave (both Lee and Unknown Caves are also in Mammoth Cave National Park, and both are part of the 350-mile long Mammoth Cave System). These dates clearly show a pattern of occasional exploration trips – some quite long, i.e., multiple kilometers from any known entrance – between 4000 and 2800 years ago, then a shorter period of 400 to 500 years when several kilometers of passages in both caves were mined for naturally-occurring sulfate minerals.

Besides investigating the location and rationale of prehistoric travel and work in Salts Cave and Mammoth Cave, we have been pursuing other research directions: (1) analyzing the well-preserved botanical materials for information about the nature and development of early agriculture in eastern North America; (2) collaborating with a reproductive ecologist (Patricia Whitten of Emory University, Atlanta, Georgia) who has sexed human paleofecal deposits from the two caves; (3) collaborating with a cave photographer (Charles Swedlund of Southern Illinois University), who has designed photogrammetric techniques for making digitizeable stereophotos of prehistoric footprint trails in Unknown Cave (Mammoth Cave National Park) and Jaguar Cave (Tennessee).

Results to date may be summarized as follows:

Prehistoric people ranged through many kilometers of both Mammoth Cave and Salts Cave, thoroughly exploring small lower-level canyons and crawlways as well as upper-level trunk passages. About 800 b.c., the ancient cavers began quarrying cave walls and sediments for gypsum powder, and for selenite, mirabilite, and epsomite crystals. Gypsum powder (produced by pounding the gypsum crust off cave walls and other surfaces, and by pulverizing chunks of crust peeled off walls where there were exfoliating "blisters") we think might have been used to make white paint; the mirabilite and epsomite have medicinal properties (both are cathartic, mirabilite also being salty); whereas the selenite crystals may have had ritual and ceremonial significance. So much of the cave mineral was removed that we believe it may have been a trade item circulating in some of the networks known to have been functioning in eastern North America by some 5000 years ago.

Based on botanical remains in the caves, especially dietary evidence in the paleofeces, we know the ancient cavers were also farmers who cultivated six different plant species—two kinds of gourds (container plants with edible seeds: bottle gourd, *Lagenaria siceraria*, and a gourd-like squash, *Cucurbita pepo*), two starchy-seeded plants (goosefoot, *Chenopodium berlandieri*, and maygrass, *Phalaris caroliniana*), and two oily-seeded plants (sunflower, *Helianthus annuus*, and sumpweed, *Iva annua*). Just before and during their trips underground, the prehistoric diet consisted primarily of achenes and seeds from sunflower, sumpweed, chenopod, and maygrass (these four cultivars make up 60%-70% of identified plant remains in the paleofeces), as well as hickory nut and lesser quantities of other wild, forest foods (GREMILLION & SOBOLIK, 1996; MARQUARDT, 1974; YARNELL, 1968, 1974, 1993, 1994). This primary dietary information, dating ca. 2500 b.p., provides the best qualitative and quantitative evidence currently available for early plant cultivation in this part of North America, where an independent development of agriculture – one of less than half-a-dozen such processes known in the whole of the human past – has been documented during the past 20 years (FRITZ, 1990; GREMILLION, 1994; SMITH, 1992; YARNELL, 1993, 1994).

Hormonal residue analysis applied to 12 paleofecal deposits (six from Mammoth Cave and six from Salts Cave) indicates that all were left by males (SOBOLIK et al., 1996; WHITTEN, 1994). Pollen from these 12 deposits in combination with macrobotanical analyses, and earlier palynological research (BRYANT, 1974; SCHONWETTER, 1974), suggests that much of the paleofecal variation in plant food content is probably due to seasonal factors in availability (GREMILLION & SOBOLIK, 1996: 535).

Swedlund's photogrammetric work, which has been successful in trial runs aboveground, will be applied in Unknown Cave and Jaguar Cave during the coming months.

## References

- BRYANT, V. M. 1974. Pollen analysis of prehistoric human feces from Mammoth Cave. In (P. WATSON, ed.): *Archeology of the Mammoth Cave Area*. New York: Academic Press. Pp. 203-249.
- CARSTENS, K.C. & P.J. WATSON, eds. 1996. *Of Caves and Shell Mounds*. University of Alabama Press, Tuscaloosa.
- CROTHERS, G.M. & P.J. WATSON 1993. Archaeological contexts in deep cave sites: examples from the Eastern Woodlands of North America. In (P. GOLDBERG, D. NASH, & M. PETRAGLIA, eds.): *Formation Processes in Archaeological Context*. Monographs in World Prehistory 17, Prehistory Press, Madison, Wisconsin: 53-60.
- FAULKNER, C.H., ed. 1986. *The Prehistoric Native American Art of Mud Glyph Cave*. University of Tennessee Press, Knoxville, Tennessee.
- FRITZ, G.J. 1990. Multiple pathways to farming in precontact eastern North America. *J. World Prehist.* 4: 387-435.
- GREMILLION, K. J. 1994. Evidence of plant domestication from Kentucky caves and rockshelters. In (W. Green, ed.): *Agricultural Origins and Development in the Midcontinent*. Office of the State Archaeologist, University of Iowa, Rept 9, Iowa City, Iowa: 87-104.
- GREMILLION, K.J., & K. D. SOBOLIK 1996. Dietary variability among prehistoric forager-farmers of eastern North America. *Current Anthro.* 37: 529-539.
- KENNEDY, M.C. 1996. Radiocarbon dates from Salts and Mammoth Caves. In (K. Carstens & P. Watson, eds.): *Of Caves and Shell Mounds*. University of Alabama Press, Tuscaloosa: 48-81.
- KENNEDY, M.C. & P.J. WATSON In press. The chronology of early agriculture and intensive mineral mining in Salts Cave and Mammoth Cave, Mammoth Cave National Park, Kentucky. In J. Steele, ed., *Cave Archaeology in North America*. National Speleological Society Bulletin, *J. of Cave & Karst Studies*, Special Theme Issue.
- MARQUARDT, W. H. 1974. A statistical analysis of constituents in human paleofecal specimens from Mammoth Cave. In (P. WATSON, ed.): *Archeology of the Mammoth Cave Area*. Academic Press, New York: 193-202.
- MUNSON, P.J., K.B. TANKERSLEY, C.A. MUNSON, & P.J. WATSON 1989. Prehistoric selenite and satin spar mining in the Mammoth Cave System. *Midcontinental J. of Arch.* 14:119-145.
- ROBBINS, L.M., R.C. WILSON, & P.J. WATSON 1981. Paleontology and Archeology of Jaguar Cave, Tennessee. In (B. Beck, ed.): *Proceedings: VIIIth International Congress of Speleology*, Bowling Green, Kentucky, Georgia State University and the National Speleological Society, Atlanta: 377-380.
- SOBOLIK, K.D., K.J. GREMILLION, P.L. WHITTEN, & P.J. WATSON 1996. Technical Note: Sex Determination of Prehistoric Human Paleofeces. *Am.J. of Phys. Anthro.* 101:283-290.
- SCHONWETTER, J. 1974. Pollen analysis of human paleofeces from Upper Salts Cave. In (P. WATSON, ed.): *Archeology of the Mammoth Cave Area*. Academic Press, New York: 49-58.
- SMITH, B.D. 1992. *Rivers of Change: Essays on the Origins of Agriculture in Eastern North America*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- WATSON, P.J., ed. 1969. *The Prehistory of Salts Cave, Kentucky*. Springfield, Illinois State Museum Reports of Investigations 16.
- WATSON, P.J. 1974. *Archeology of the Mammoth Cave Area*. Academic Press, New York.
- WHITTEN, P. L. 1994. Sexing prehistoric human remains with fecal steroid analysis. Paper presented at the annual meeting of the American Association for Physical Anthropology.
- YARNELL, R.A. 1969. Contents of human paleofeces. In (P. WATSON, ed.): *The Prehistory of Salts Cave, Kentucky*. Springfield, Illinois State Museum Reports of Investigations No. 16: 41-53.
- YARNELL, R.A. 1974. Plant food and cultivation of the Salts Cavers. In (P. WATSON, ed.), *Archeology of the Mammoth Cave Area*. Academic Press, New York: 113-122.
- YARNELL, R.A. 1993. The importance of native crops during the Late Archaic and Woodland periods. In (M. SCARRY, ed.) *Foraging and Farming in the Eastern Woodlands*. University Press of Florida, Gainesville: 13-26.
- YARNELL, R.A. 1994. Investigations relevant to the native development of plant husbandry in eastern North America: a brief and reasonably true account. In (W. Green, ed.): *Agricultural Origins and Development in the Midcontinent*. Office of the State Archaeologist, Rept. 19, Iowa City, Iowa: 87-103.

# Caves and Religion : A Case Study of Narbada-Son Divide

Prof. Dr. V.K. Shrivastava

Head, Department of Geography, University of Gorakhpur  
Gorakhpur - India

## 1. Introduction

This paper embodies the superimposition of quintessential activities of mankind on nature. From survival to subsistence and from subsistence to transcendence the triangular relationship starts from the caves and ends in the caves (Fig. 1).

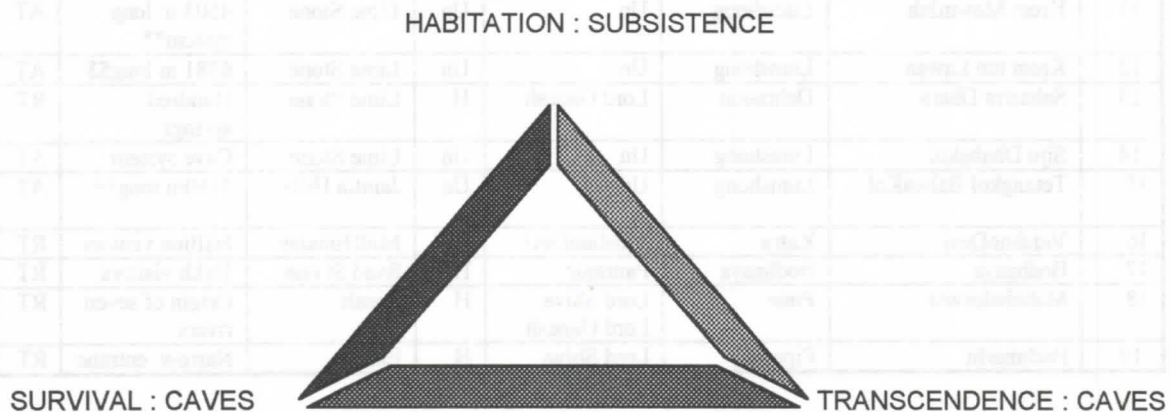


Fig.1

The teachings of *Vedas*, *Puranas*, and *Upnishads* have described that 'Vanprastha' is the last stage of man's life when one retires to the solitude of forests and caves. Therefore, the relationship between caves and religion is both natural and logical. Isolation and independence are the two major components of the ecology of caves. Religion and religious places require both of them. Sages in ancient India inhabited caves. They preferred inaccessible, secluded parts of landscape for meditation. Each of the sages performed 'Pran -- Pratistha' of the diety they worshipped. Thus caves were initiated as religious places. Down the hierarchy of sages their disciples located isolated hills, inaccessible forests, snow bound areas, rocky river valleys etc. for their meditation. Wherever available caves were selected for quiet and year-long meditation. Religious practices were performed by them. Caves and religion thus continued side-by-side. The teachings of sages guided human lives. The religious practices performed by sages were adopted by the people of the area under the influence of the sages concerned. With the diffusion of teachings human beings started visiting the abodes of saints at regular but long intervals. The visits were associated with some auspicious occasion guided by stellar constellation of the Sun, the Moon and other stars, the eclipses, solistices, equinoxes, the seasonal transitions and so on. Thus the selected caves became focal point of religion.

The growing population and advances in transport technology initiated the weakening of the isolation and inaccessibility of various parts of the earth. The number of religious followers started swelling gradually. Caves were visited by many more followers of concerned religion. The interaction among caves, dieties and devotees is the theme of study of this paper. The paper presents a scenario of selected caves of India and the religion associated with them first. It then describes the Son-Narbada divide briefly. This is followed by a discussion on two selected caves and their religion.

## 2. The Typology of Caves in India

A study of nineteen selected caves of India (Table I) reveals that the caves are in general related to the Deccan Plateau or the Himalayas. It is well known that the Deccan Plateau is composed of ancient crystalline rocks. Early civilizations originated in this vast land mass. The Himalayas are of relatively recent origin. The permanent snow bound areas and steep and rugged slopes provide natural settings for isolation and inaccessibility. The cave locations in table I represent the Deccan Plateau in seventeen out of twenty caves. The remaining three caves belong to the Himalayas.

| SNo | Cave               | Settlement  | God/Goddess               | R  | Rocks         | Character                    | Cl |
|-----|--------------------|-------------|---------------------------|----|---------------|------------------------------|----|
| 1   | 2                  | 3           | 4                         | 5  | 6             | 7                            | 8  |
| 1   | Amar Nath          | Pahalgam    | Lord Shiva                | H  | Gr Himalaya   | Ice Shivling*                | R  |
| 2   | Ardh Kumari        | Katra       | Goddess                   | H  | Mid Himalay   | Vaishno Devi                 | RT |
| 3   | Bhadrakali         | Warangal    | Goddess Kali              | H  | Granite       | Power                        | R  |
| 4   | Bhim Baithaka      | Bhopal      | Mythology                 | H  | Sand Stone    | Mahabharat@                  | T  |
| 5   | Denteswari         | Dongargarh  | Goddess                   | H  | Lime Stone    | Tribal                       | RT |
| 6   | Gupta Godavari     | Chitrakut   | Lord Shiva                | H  | Lime Stone    | 1250m long+<br>tunnel series | RT |
| 7   | Gupteswar          | Jabalpur    | Lord Shiva                | H  | GraniteBasalt | Natural idol                 | RT |
| 8   | Jhinjri            | Katni       | Tribal Myth               | H  | Sand Stone    | Wall painting#               | R  |
| 9   | Mouse Mike         | Cherrapunji | Goddess Kali              | H  | Lime Stone    | Lime st cave                 | RT |
| 10  | Krem Kot Sati      | Lumshong    | Un                        | Un | Lime Stone    | 3650m long<br>cave system\$  | AT |
| 11  | Krem Mawmluh       | Lumshong    | Un                        | Un | Lime Stone    | 4503 m long<br>system**      | AT |
| 12  | Krem um Lawan      | Lumshong    | Un                        | Un | Lime Stone    | 6381 m long\$\$              | AT |
| 13  | Sahastra Dhara     | Dehradun    | Lord Ganesh               | H  | Lime Stone    | Hundred<br>springs           | RT |
| 14  | Siju Dhabakol      | Lumshong    | Un                        | Un | Lime Stone    | Cave system                  | AT |
| 15  | Tetangkol BalwaKol | Lumshong    | Un                        | Un | Jaintia Hills | 5160m long++                 | AT |
| 16  | VaishnoDevi        | Katra       | VaishnoDevi               | H  | MidHimalay    | Million visitors             | RT |
| 17  | Bodhgaya           | Bodhgaya    | Pauranic                  | H  | Sand St one   | 11lakh visitors              | RT |
| 18  | Mahabaleswar       | Pune        | Lord Shiva<br>Lord Ganesh | H  | Basalt        | Origin of seven<br>rivers    | RT |
| 19  | Pachmarhi          | Piparia     | Lord Shiva                | H  | Basalt        | Narrow entranc               | RT |

**Table 1 : Typology of selected caves in India**

**Notes:** \* = Ice Shiv Ling is formed every year, visitors selected on application; @ = Related to mightiest and tallest of Pandavas-Bhim; + = Springs/cataracts; # = Ancient caves; \$ = Recently uncovered; \*\* = Water falls, uncovered 1992; \$\$ = Longest cave in India, recently uncovered; ++ = Uncovered 1994; H = Hindu; Un = Unspecified; Cl = Classification; Gr = Great; Mid = Middle. R = Religion; T = Tourism; A = Adventure.

### 3. Caves and Religion

A review of the functions of the twenty selected caves shows that the majority of the caves are associated either with a God or Goddess (Table II). The interest in caves is associated with man's natural instinct of territoriality. With the advance of civilization, caves have been associated with primitive culture. The focus has been shifted to modern dwelling places. It may be noted that early man was born and lived in caves. His initial acts of survival and development are associated with caves.

| S No | Caves nos | Presiding Diety | Religion    |
|------|-----------|-----------------|-------------|
| 1    | 5         | Lord Shiva      | Hindu       |
| 2    | 4         | Goddess         | Hindu       |
| 3    | 2         | Goddess Kali    | Hindu       |
| 4    | 1         | Lord Ganesh     | Hindu       |
| 5    | 1         | Tribal Religion | Hindu       |
| 6    | 2         | Mythological    | Hindu       |
| 7    | 5         | Newly uncovered | Unspecified |

**Table 2 : Caves and religion**

On the basis of religion the caves can be classified as follows :

- (a) **Lord Shiva** - Mythological belief says that the universe was created by a trinity of God - Brahma, Vishnu and Mahesh. Lord Brahma is the creator. Lord Vishnu sustains the universe and Lord Mahesh (Shiva) destroys the evil and undesirable elements.
- (b) **Goddess**- It is believed that Goddess represents Power. They protect all that is good and destroys the evil.
- (c) **Lord Ganesh** - Lord Ganesh guarantees successful completion of all good efforts. He is the son of Lord Shiva.
- (d) **Tribal Religion** - Basically worships nature (trees, hills, rivers) and a local tribal God.
- (e) **Mythology and Religion** - Beliefs associated with legendary figures of *Ramayan*, *Mahabharat* and *Gita*. The associated caves are visited and worshipped with all religious fervor.

#### 4. The Narmada - Son Divide

The Narmada-Son divide is marked by Amarkantak hills of Maikal range in central India. Amarkantak hills comprise of a radial drainage system sending rivers to all the four directions. Incidentally, Son river rises down the hills from a tank on the plateau. The village nearby is called Sonbhadharwar. Narmada (Narbada) rises in Amarkantak hills and flows East. The Son flows Northwards for about one third of its length and then abruptly makes a right-angle bend to join river Ganga. The Narmada flows straight to the West, makes a straight 'Z' shaped bend near Jabalpur and joins the Arabian Sea. The valleys of the two rivers are termed as 'Narmada-Son Furrow' by Spate and Learmonth (1971). It is a rift valley in which two rivers flow in opposite directions. The places of origin lie just south of the Tropic of Cancer.

##### 4.1. Gupteshwar Caves

These caves are located near Jabalpur town in between 79° 55' E to 80° 0' E longitudes and 23° 5' to 23° 10' N latitudes. Nearly 40 years ago the cave site formed outer periphery of Jabalpur town devoid of human settlements. Now the surrounding parts are under built up area. The Madhya Pradesh Electricity Board has erected a huge energy complex near the cave site.

The site of the cave was marked by a tank. Which is not longer there. The height is around 1450 feet (400 m.). The cave forms a long and narrow cavity in basalt structure. The level of the cave is a few steps down from the surface. A mineral water spring was located near the caves. It was about 100 m. away from the Jabalpur Nagpur National Highway No.27. Now the spring water has dried up.

An idol of Lord Shiva, called 'Shivaling' is enshrined in the cave. It is said that the 'Shivaling' is a natural creation. It is a raised, elongated dome-shaped basalt structure. Lord Shiva is embodied in the 'Linga' named after Him. Every year a fair is held on his birthday. The birthday is known as 'Shiva Ratri' and is observed as a holiday all over North and South India. The followers of Hindu religion assemble in large numbers. Non-Hindus having faith in Him also visit. The offering of tree leaves (*Bel*) and *Dhatūra*, a sedative, are made. The festival takes place in the autumn. A specially patented drink (*Bhang*) is also taken. It may be said that Lord Shiva's 'Shivling' is located at fourteen major sacred sites all over India. Gupteshwar is not one of them. In spite of human encroachment the cave site is secure and religious practices are on increase. It is due to the association of religion with the cave.

##### 4.2. Jhunjri Caves

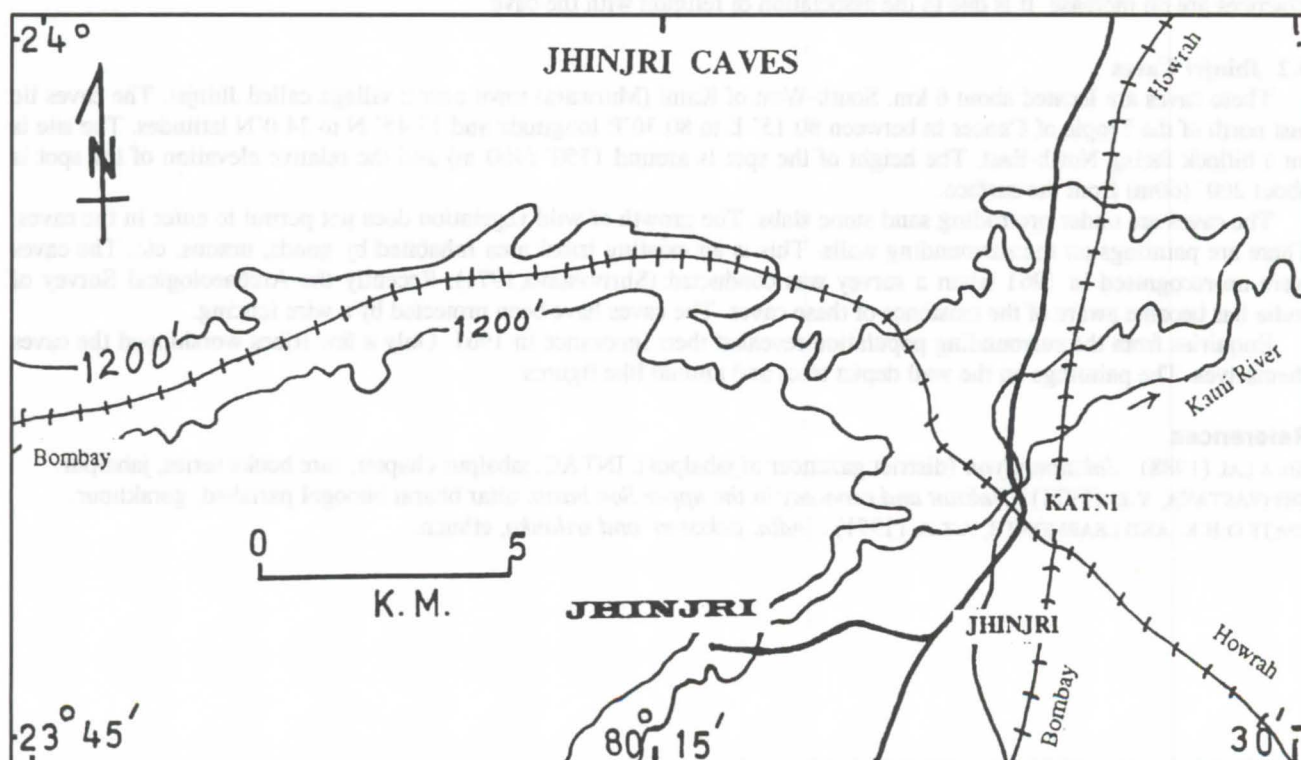
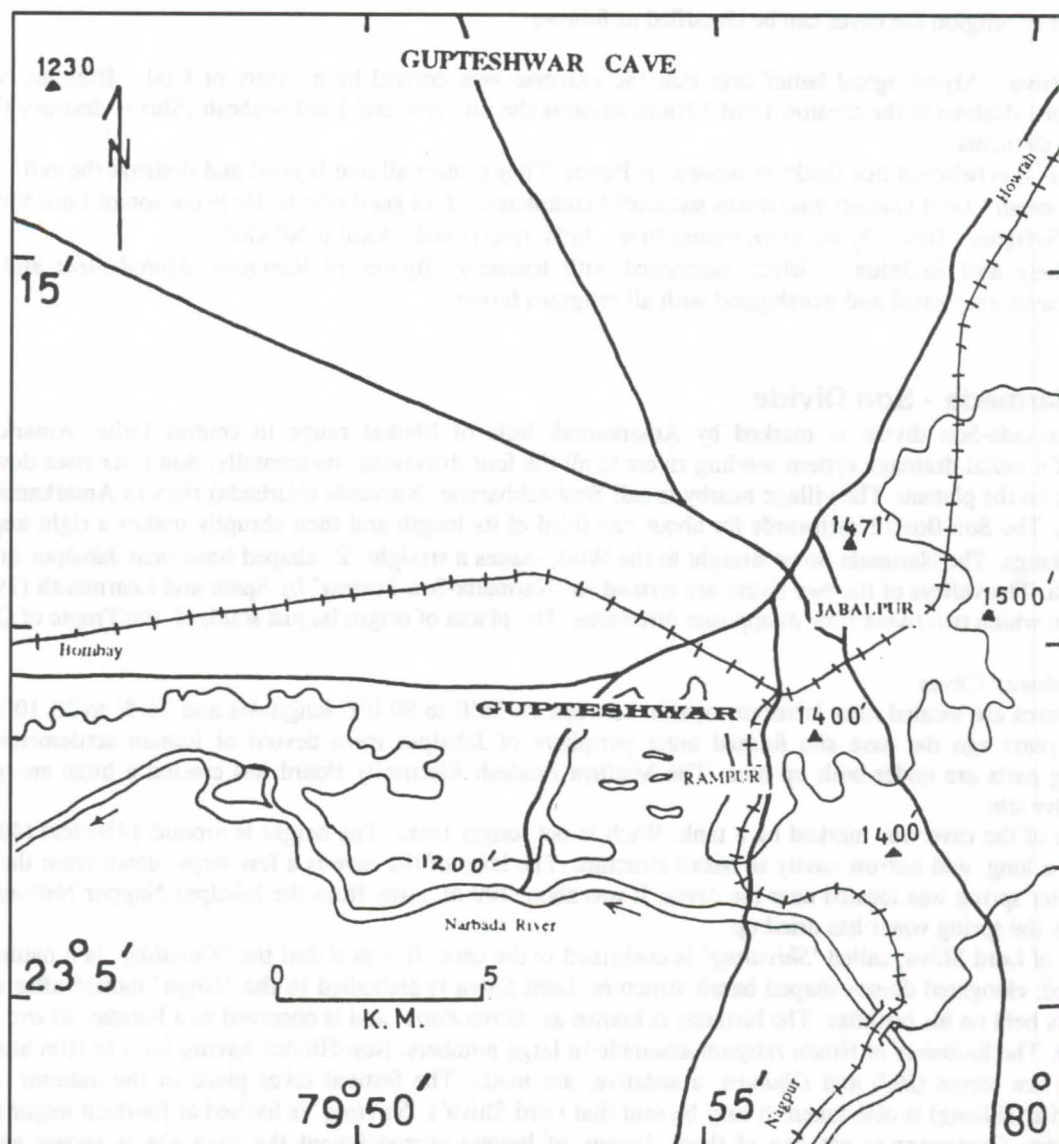
These caves are located about 6 km. South-West of Katni (Murwara) town near a village called Jhunjri. The caves lie just north of the Tropic of Cancer in between 80° 15' E to 80° 30' E longitude and 23° 45' N to 24° 0' N latitudes. The site is on a hillock facing North-East. The height of the spot is around 1350' (400 m) and the relative elevation of the spot is about 200' (60m) from the surface.

The caves are under protruding sand stone slabs. The growth of wild vegetation does not permit to enter in the caves. There are paintings on the surrounding walls. This is an existing tribal area inhabited by gonds, uraons, etc. The caves were un-recognised in 1961 when a survey was conducted (Shrivastava, 1971). Recently the Archaeological Survey of India has become aware of the existence of these caves. The caves have been protected by a wire fencing.

Enquiries from the surrounding population revealed their ignorance in 1961. Only a few tribes worshipped the caves themselves. The paintings on the wall depict trees and animal like figures.

#### References

- HIRA LAL (1988) : *Jabalpur Jyoti* (district gazetteer of jabalpur), INTAC, jabalpur chapter, rare books series, jabalpur.  
SHRIVASTAVA, V.K. (1971) : *Habitat and economy in the upper Son basin*, uttar bharat bhoogol parishad, gorakhpur.  
SPATE O.H.K. AND LEARMONTH, A.T.A. (1971) : *india, pakistan and srilanka*, ethuen.



# Rôle de la spéléologie dans la connaissance de l'histoire du Liban

par Hani Abdul-Nour

B.P. 90 549, Jdeidet-el-Metn, Liban

## Abstract

The author is reviewing the role of speleology for a better knowledge of Lebanon's history. Four types of caves are examined : rocky hermitages, hideouts, sepulchral caves and temporary or permanent habitats. A few examples are given with the discovery of 15th century ethiopian inscriptions, medieval frescoes and manuscripts; Bronze, roman and middle-age ceramics, alongside with 13th century female corpses beautifully preserved with all their garments.

## Résumé

L'auteur met en relief le rôle de la spéléologie quant à l'apport de nouvelles données concernant l'histoire du Liban. On distingue quatre types de cavités étudiées : les ermitages rupestres, les grottes-refuges, les grottes sépulchrales et les abris temporaires ou permanents. Quelques exemples typiques sont présentés, avec la découverte d'inscriptions éthiopiennes du 15ème siècle, des fresques et manuscrits médiévaux, de la céramique de l'âge du Bronze, romaine et médiévale, de même que la découverte de corps de femmes datant du 13ème siècle et exceptionnellement bien conservés avec tous leurs vêtements.

## 1. Introduction

Les caractéristiques physiques du Liban doivent être rapidement passées en revue si l'on veut comprendre pourquoi et comment les cavernes tiennent une place particulière dans la compréhension de son histoire.

### Les données physiques

#### Climat et hydrographie

Situé entre le 33ème et le 35ème degré de latitude nord, en bordure du cul-de-sac oriental de la Méditerranée, le pays jouit d'un climat en moyenne tempéré, malgré la présence de sommets qui culminent à 3083 m. Si la côte est subtropicale avec la présence de dattiers et d'avocats (le caféier et le papayer arrivent à survivre dans des micro-climats très localisés), la moyenne et haute montagne sont le domaine des pommiers et des pêcheurs, avec le Cèdre et le Sapin de Cilicie qui apparaissent à partir de 1500 m d'altitude. Les hivers sont doux et les étés peu arrosés. Les rivières pérennes et sources d'altitude sont abondantes et les neiges ne persistent pas plus de deux à trois mois en dessous de 1200 m.

#### Relief

Deux chaînes parallèles orientées nord-sud (le Mt Liban et l'Anti-Liban) séparées par un plateau qui culmine à 1000 m (la Beqaa) forment l'ossature physique du pays. Il faut ajouter à cela une plaine côtière assez étroite et un grand nombre de vallées transversales (orientées grosso modo est-ouest) qui sont autant de pays différents. Mis à part quelques zones périphériques, la montagne est presque entièrement calcaire, d'où l'importance des phénomènes karstiques qui ont contribué à la formation de plusieurs centaines de grottes, gouffres et abris sous roche.

### Les conséquences historiques

La structure physique est un facteur favorable aux invasions, avec deux couloirs d'accès aisés orientés nord-sud : la côte et le plateau de la Beqaa : l'histoire abonde en exemples devenus classiques. Expédition de Ramsès II contre les Hittites venus d'Anatolie; campagnes d'Alexandre le Grand contre les villes côtières, lequel itinéraire sera repris par les Croisés en marche vers la Terre Sainte.

L'environnement accueillant de la moyenne montagne (climat tempéré, eaux abondantes) joint à des relatives difficultés d'accès (pays compartimenté) fait de celle-ci une région d'accueil ou d'asile face aux invasions et persécutions.

Dans ce contexte, on ne s'étonnera pas de constater que presque toutes les cavernes hospitalières (c'est à dire sèches et spacieuses) ont été fréquentées aux temps historiques (et même préhistoriques), et les vestiges découverts par les spéléologues libanais ont jeté de nouvelles lumières sur l'histoire de leur pays.

## 2. Types d'habitats à vestiges historiques

### Les ermitages rupestres

Ce sont des cavités de faible profondeur, souvent d'accès malaisé, qui ont été aménagées à des périodes difficiles à déterminer avec précision pour chacune d'entre elles, mais que l'on peut situer dans une fourchette allant du 11ème au 15ème siècle, mis à part quelques exceptions. Dans cette catégorie, envisagée au sens le plus large du terme, on trouve :

- a) des cavités très sommairement aménagées (murets et réserve d'eau) sans aucune ornementation;
- b) des chapelles ou petits monastères rupestres construits à l'intérieur des cavités;
- c) des sanctuaires intimement associés à un site rupestre.

Leur étude permet de mieux appréhender le développement des communautés chrétiennes dans la montagne libanaise à ces époques, ainsi que de mettre à mal certaines idées préconçues. Ainsi le rôle de l'ermite a été assimilé à celui d'un dieu-lare romain (ABDOUL-NOUR et KALLAB, 1989) favorisant le groupement et l'implantation des fidèles autour de l'ermitage, et par là-même entraînant la colonisation des pentes les plus abruptes et leur aménagement en terrasses.

Les fresques de facture byzantine ornant les murs de plusieurs chapelles rupestres suggèrent, par leur unité de style, un soutien religieux rapide et méthodique de la part des envahisseurs croisés auprès de certaines communautés chrétiennes montagnardes qu'ils souhaitaient s'attacher (sites rupestres de Deir-es-Salib et Mart Schmouni à Hadshit, et Mar Semaane à Kfoun).

La découverte d'une inscription éthiopienne en guèze (langue chamito-sémitique parlée en Ethiopie dans l'ancien royaume d'Axum dès le IV<sup>ème</sup> siècle), très précisément datée de la fin du 15<sup>ème</sup> siècle dans une chapelle associée au site rupestre médiéval de Mar Assia (ABDOUL-NOUR et JABBOUR-GEDEON, 1996; JACOB, 1996) confirme certains textes très controversés de l'historien-patriarche AD-DUWAHI (17<sup>ème</sup> siècle) concernant l'implantation d'une communauté de moines éthiopiens dans la vallée de la Qadisha, et jette de nouveaux éclairages sur les rivalités inter-chrétiennes de cette époque, rivalités attisées par Rome qui cherchait à éliminer les communautés orientales ne reconnaissant pas l'autorité papale.

### Les cavités-refuges

Le type le plus classique et le mieux étudié est la grotte de Aassi el Hadath, cavité de faible profondeur et haut perchée dans une falaise. Elle a servi de refuge à un patriarche chrétien en fuite devant les Mameluks en 1283, lesquels ont mis le siège pendant plusieurs semaines (ou mois ?) devant cette cavité où s'étaient réfugiés également les femmes du village voisin. L'histoire (qui n'avait jamais été vérifiée par des faits) dit que, à bout de vivres, d'eau et de forces, les réfugiés se rendirent aux Mameluks qui emmenèrent le patriarche vers une destination inconnue. Les spéléologues libanais découvrirent dans cette caverne huit corps de femmes et fillettes, mortes durant le siège et enterrées avec tous leurs vêtements à faible profondeur, exceptionnellement bien conservés par l'inhabituelle sécheresse qui règne dans cette cavité : peau et cheveux en grande partie conservés, robes et sous-vêtements absolument intacts, parchemins et manuscrits divers (dont certains datés de 1250), ainsi que bijoux en cuivre et nombreux tessons de poteries. L'étude de ces vestiges a apporté, entre autres, les informations suivantes (CORNU et KALLAB, 1995) :

- Précisions sur le vêtement de la paysanne libanaise de la haute montagne, ainsi que les influences turcomanes sur les motifs décoratifs;

- Confirmation de l'utilisation de la langue arabe au 13<sup>ème</sup> siècle par les chrétiens de la montagne pour les usages courants de la vie civile, et du syriaque pour les textes religieux (comparer avec l'usage du latin et du bas français à la même époque en France).

### Grottes sépulchrales

Pas de données spéléologiques.

### Abris temporaires ou permanents

Dans la plupart des cavités sèches de la montagne on trouve presque toujours trois couches de céramiques. La plus ancienne, et la plus épaisse, couvre la période de l'âge du Bronze (3000 à 1200 av. J.C.); puis, par dessus, une fine couche souvent difficile à repérer de céramiques romaines (1<sup>er</sup>-2<sup>ème</sup> siècle ap. J.C.) accompagnées parfois de tessons plus tardifs de l'époque byzantine (4-6<sup>ème</sup> siècle); et enfin, sans transition, une couche plus ou moins épaisse de céramiques médiévales (13-15<sup>ème</sup> siècle). La grotte de Mar Hanna à Aaqoura est à cet égard un exemple-type qui a été particulièrement bien étudié (SALAME-SARKIS, 1991). Il semble bien qu'au cours de longues périodes historiques ces cavités aient servi de refuge, d'abri ou de repaires de brigands à une population qui devait vivre en marge des centres urbains ou agricoles de l'époque. Ces questions ne sont guère encore élucidées et suscitent de nombreuses interrogations (ABDUL-NOUR et SALAME-SARKIS, 1991).

## 3. Conclusion

Le nombre élevé de cavités d'intérêt historique ou archéologique a conduit la plupart des clubs et associations spéléologiques du Liban à prodiguer une formation spéciale à leurs membres, de manière à ce que les vestiges découverts ne soient ni détruits ni dispersés, et une collaboration officieuse existe d'ores et déjà avec la Direction générale des Antiquités du Liban. Il est symptomatique par ailleurs que plusieurs archéologues ou étudiants en archéologie fassent aujourd'hui partie de ces groupes spéléologiques.

### Références

- ABDOUL-NOUR, H. & KEISE, O. 1989 : Ermitages rupestres et érémitisme au Liban : de la modélisation à la fonction. *Liban Souterrain* 2 (1989): 44-45.
- ABDUL-NOUR, H. & SALAME-SARKIS, H. 1991 : Troglodytisme médiéval au Liban : premières données. *Berytus* XXXIX (1991): 177-187.
- ABDUL-NOUR, H. & JABBOUR-GEDEON, B. 1996 : L'ermitage rupestre et la grotte de Mar Assia ou Des éthiopiens dans la Qadisha. *Spéléorient* 1 (1996): 27-34.
- CORNU, G. & KALLAB, O. 1995 : Une robe de fillette d'époque mamluke. *Archéologie islamique* 5 (1995): 123-132.
- JACOB, P. 1996 : Etude analytique de l'inscription éthiopienne dans l'ermitage de Mar Assia (Mont Liban, vallée de la Qadisha). *Spéléorient* 1 (1996): 35-36.
- SALAME-SARKIS, H. 1991 : Rapport préliminaire sur les découvertes archéologiques de la grotte de Mar Hanna dans la région de Aaqoura. *Liban Souterrain* 3 (1991): 13-25.

# Archaeological cave resources in Virginia, USA

David A. Hubbard, Jr.

Virginia Cave Board, P.O. Box 3667, Charlottesville, VA 22903, USA

C. Clifford Boyd

Dept. of Sociology and Anthropology, Radford University, Radford, VA 24142, USA

## Abstract

Cave utilization by humans has been dated to ca. 11,000 B.P. in Virginia. In addition to entrance zone shelters, Native Americans used the dark zones of Virginia caves for burial sites, to quarry chert and possibly efflorescent salts, and for ceremonial sites in which mud coated walls provided a medium for drawing and sculpturing. One cave may have served as a hunting site for hibernating bear. Historically, saltpetre was mined in 93 of the caves in the Commonwealth. Cave saltpetre was mined in Virginia during the American Revolution (1775-1783), the War of 1812, and the Civil War (1861-1865). The Virginia Cave Protection Act protects cave archaeological sites from destruction by all except the cave owner.

## Introduction

The earliest utilization of a cave by humans in Virginia was for shelter. Evidence of this use of Daugherty's Cave has been dated as early as the Early Archaic Period ca. 11,000 B.P. (BENTHALL, 1990), however, this evidence was within the twilight zone of the cave. The intent of this paper is to describe the dark-zone archaeological resources of Virginia caves.

Prehistoric Native American use of caves is much more comprehensive and is not limited to those areas naturally lighted. Dark zones were used for mortuary and ceremonial purposes, mineral resource acquisition, and possibly for the hunting of hibernating bear.

The written documentation and evidence of the historic use of dark-zone cave resources is even more expansive and also includes water resources, food storage, and distillation. Perhaps the most significant historic utilization was for mining. Nitrates, referred to as saltpetre, were mined in Virginia caves during the American Revolution, the War of 1812, and the Civil War.

The resources of Virginia caves, including the cultural evidence of prehistoric and historic cave use, are protected by the Virginia Cave Protection Act (VCPA). In Virginia approximately 95 percent of the 3400 known caves are privately owned. The VCPA does not protect the resources of caves from actions of the individual owners of those caves.

## Archaeological background

The oldest known evidence of cave utilization in Virginia is from the entrance of Daugherty's Cave, an occupational site evidencing nearly continuous Native American use from the Early Archaic Period ca. 11,000 B.P. (dendocalibrated) to the Late Woodland Period (BENTHALL, 1990). Daugherty's Cave was tested in May 1967 and determined to warrant a large scale investigation of the shelter floor. Unfortunately, a lack of cultural materials on the floor of the cave proper deterred BENTHALL's further investigations within the dark-zone.

An earlier study already had recorded another aspect of prehistoric cave use. A total of 18 burial caves, all of which previously had been looted, were reported in HOLLAND's (1970) 1962-1963 archaeological survey of southwestern Virginia. A subsequent assessment (CLARK, 1978) of archaeological cave resources in Virginia, recorded 26 burial caves.

Drawings on muddy cave walls were first reported in the caving community by BUNNELL (1979). Cavers subsequently led a professional archaeologist to see these cave mud glyphs in December of 1979. But it was not until after Tennessee's Mud Glyph Cave had received national attention in 1982 that Virginia cavers made contact with an archaeologist interested in such an unusual

cultural context. Williams Cave was subsequently noted as a ceremonial cave in WATSON's (1986) article on prehistoric cavers. A more detailed accounting of the Williams Cave mud glyphs was provided by FAULKNER (1988).

The continued focus of attention on prehistoric cave use within the Commonwealth has been on burial caves. Minor funding has only resulted in the professional documentation of two burial sites (WILLEY & CROTHERS, 1986; KIMBALL & WHYTE, 1994). In 1992, caver concerns about the extent of looting activities in Virginia burial caves led to the organization of the Marginella Burial Cave Project (MBCP), a National Speleological Society (NSS) project. Since its inception, the MBCP has documented evidence of Native American mortuary use of 25 Virginia caves, only 8 of which had been known previously to the archaeological community. Two MBCP researchers organized the Symposium on Cave Archaeology In And Around Virginia at the 1995 NSS Annual Convention in Blacksburg, Virginia. Papers from this symposium will be published in a future issue of the *Journal of Caves and Karst Studies*. Symposium papers especially germane to this discussion include an overview paper on the human use of caves by BARBER & HUBBARD; the stable isotopic analysis of human remains from a Virginia burial cave by TRIMBLE & MACKO; an osteological comparison of prehistoric Native Americans from 15 Virginia and Tennessee burial caves by BOYD & BOYD; discussion of mud glyphs in Tennessee, Virginia, and Kentucky caves by FAULKNER; and discussion of three gated Virginia burial caves by HUBBARD & BARBER.

Documented historic cave use includes: ballroom (dancing), exploration, food storage, mining, moonshine production, mushroom production, shelter, tourism, and extraction of water resources (DOUGLAS, 1964; HOLSINGER, 1975). Although evidence of any of these uses may be of archaeological significance for a given cave, the most significant historic use overall is arguably saltpetre mining. The mining of nitrate rich sediments from Virginia caves, used in making gunpowder, is known to have occurred just prior to and during the American Revolution (1775-1783), prior to and during the War of 1812, and during the Civil War (1861-1865). Numerous researchers have documented the mining of saltpetre from Virginia caves. HOVEY (1897) reported "Jed" Hotchkiss, General Stonewall Jackson's map maker, to have said: "Madison's Cave was mined for saltpetre during the three great wars, of the revolution, of 1812, and of the rebellion, probably the only cave on the continent of which that can be said". The first listing of Virginia saltpetre caves was by FAUST (1964), who listed 35 caves and included a 36th cave in his discussion. A total of 55 saltpetre caves were reported in HOLSINGER (1975), CLARK (1978) sub-

sequently used this information is his archaeological assessment. The most recent published list documented 88 saltpetre caves (HUBBARD, 1995).

### Prehistoric dark-zone cave use

Evidence of prehistoric dark-zone activities indicate that Virginia caves were used in a mortuary context, for mineral resource acquisition, ceremonially, and possibly for the hunting of hibernating bear. But a requirement of any extensive dark-zone visitation to a cave: lighting, may provide clues of, and a key to identifying, prehistoric dark-zone use.

### Prehistoric lighting

A prerequisite of extensive dark-zone use of caves is a means of providing light. Torches are one method of lighting that has been used in Virginia caves from prehistoric times until a few decades ago. To date, the authors are aware of only two torch materials having been utilized in Virginia caves prehistorically. Charcoal from pine (*Pinus* sp.) torches has been dated from Williams Cave at A.D. 995 (955  $\pm$  75 BP), A.D. 1030 (920  $\pm$  65 BP), and A.D. 1060 (890  $\pm$  70 BP) (Faulkner, 1983, written communications) and from Little Mountain Cave at A.D. 975, A.D. 1030, A.D. 1235, and A.D. 1425 (dendrocalibrated dates; G. Tolley, 1996, personal communication). Charcoal from a cane (*Arundinaria gigantea*) torch in Jones Saltpetre Cave was dated at A.D. 1640 (dendrocalibrated from 300  $\pm$  100 BP). Historic pine charcoal is not distinguishable from prehistoric pine charcoal without radiocarbon dating. In Tennessee, cane charcoal is typically associated with prehistoric dark-zone cave use (FAULKNER, 1988); however, cane has only been observed, by author DAH, in the southwestern-most cave counties of Virginia. No evidence of prehistoric dark-zone lighting, other than by torches, has been observed in Virginia caves.

### Burial caves

It is difficult to determine the actual number of the approximately 47 Virginia Native American mortuary caves which contain dark-zone burials. All but three of these sites have been looted and only one of the disturbed sites has been excavated by professional archaeologists. Two of the undisturbed sites have vertical entrances and probably are drop-in type burial sites, the third site has a vertical entrance as well as an overhanging vertical climb that requires aid, such as a ladder, to access a dark-zone burial. Several of the caves contain evidence of looting that extend from twilight into dark zone areas, but in many cases neither artifacts or human remains were exposed in existing dark zone disturbances. In other sites, human remains or artifacts were present in dark-zones, but they were on slopes below twilight zones. Many of the caves examined were visited in evening hours, when the maximum extent of twilight zones were not determined. At least eight caves contain dark-zone burials. Only a few of the horizontal burial sites appeared to be limited within obvious twilight zones.

The osteological examination of a minimum of 160 individuals from 15 burial caves in southwest Virginia and adjacent east Tennessee (BOYD & BOYD, In Press) has delineated several behavioral patterns. First, these caves appear to have been used as mortuary facilities during the Late Woodland period (in Virginia) ca. A.D. 900-1400, based on available radiocarbon dates. Representatives of all ages, adults as well as subadults, and both sexes were interred in these caves. High caries and dental disease rates and stable isotope analyses indicate that the interred were from maize-based agricultural societies. Finally, although some evidence for cremations and bundle (secondary) burials exists, the recovery of numerous small hand, foot, and fetal bones at some of the more intensively investigated sites suggests that a majority of the burials were of whole individuals (primary) who were placed

within or dropped into caves shortly after death.

There is evidence that the entrances of some burial caves were sealed after interment.

### Mineral resource acquisition

Evidence of the mining of chert nodules is found in two Lee County caves. Protruding nodules were sheared from the walls of Fisher Cave and Early's Cave. Fisher Cave is developed in the Mississippian-aged Greenbrier Limestone. Portions of chert nodules were apparently sheared-off at the wall interface in a lower level passage. Conchoidal impact marks were noticeable on every nodule face observed. Unfortunately, this cave also was mined for saltpetre as recently as the Civil War. Some chert debris was observed on the floor at the base of the entrance slope, however, no debris remained beneath the nodular remnants in the walls. Most observed charcoal appeared to relate to mining activities and appeared to be pine.

Early's Cave is developed in carbonates of the Knox group. Chert nodules in the twilight and dark-zone of the cave have been sheared off at the cave wall interface. Impact generated conchoidal fractures were observed on many of the chert remnants in the walls. A pile of debitage was reportedly visible at the edge of the entrance shelter in the past and a chert Palmer point (6750 B.C. average point date, Archaic Period; HRANICKY & PAINTER, 1993) was reported found within the second entrance to this cave (Roy Powers, 1993, personal communication).

Jones Saltpetre Cave, in Lee County, is developed in upper Cambrian Maynardville Limestone and is a significant cave of apparent multiple prehistoric use. Much of the cave has been extensively disturbed by saltpetre mining operations as recently as the Civil War. Local lore relates that the cave was a burial site, but no human remains or prehistoric artifacts were observed exposed in the cave. An accumulation of 0.3-0.6 m diameter elliptical concretions were noted beneath a near vertical climb to the entrance room. The cave owner refers to these as "flying saucers", author DAH believes them to be large chert nodules. Approximately 270 m into the cave, and beyond the zone of historic saltpetre mining, cane charcoal was noted associated with broken stalactites. Further into the cave a cane charcoal, in contrast to the pine charcoal associated with the saltpetre mining activity, trail was found traversing exposed high ledges along a wall. The appearance was of the cane torch bearer looking for something along the walls and along portions of reachable ceiling. A sample of the cane charcoal has been radiocarbon dated to A.D. 1640 (corrected). A remote and previously undisturbed passage in this cave has yielded swallow-tail selenite (translucent gypsum) needles up to 7.5 cm in length (Figure 1). Was this Late Woodland/Contact Period visitor searching for chert, selenite, or the efflorescent minerals saltpetre miners would later mine? Unfortunately, this cave is closed by the owner and further investigations await future permission.

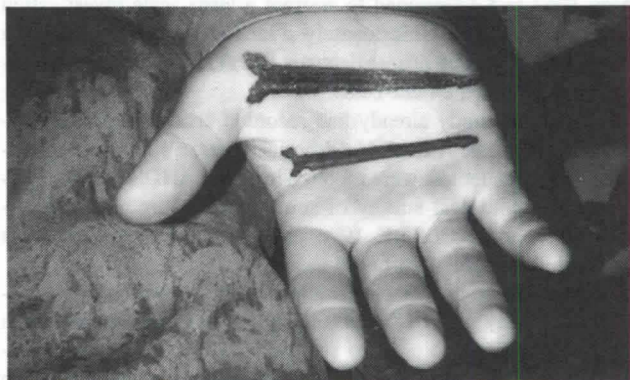


Figure 1: Swallow-tail selenite needles from Jones Saltpetre Cave.

### Mud glyphs and other ceremonial evidence

Mud glyphs in Williams Cave, a gated Bath County site, were first recognized as representing Native American motifs by caver and archaeology student Steve Perry about 1976. These mud drawings were described by FAULKNER (1988: 227) as "wavy serpentine lines in groups of threes and a palimpsest of vertical and horizontal lines.... Symbols include a large spiral with attached hatched 'ladder', a smaller spiral, a spiral or nested circle with rays (sun?), a circle within a possible ogee (?)...." The charcoal at this site is pine and indistinguishable from that left from the torches of early historic visitors and saltpetre miners, except by radiocarbon dating. Three samples of charcoal beneath the glyphs were radiocarbon dated between A.D. 955 and A.D. 1060 (FAULKNER, 1988). Dendrocalibration of these dates yielded a range of A.D. 1040 to A.D. 1170, suggesting Late Woodland Period use.

Mud glyphs in Little Mountain Cave, a gated Bath County site, were first noted by Tammy Lane and Roy Powers in 1994. Drawings include: "a combination of trailed lines that might represent an anthropomorph or bird (?), and the barred oval motif might be present" (FAULKNER, In Press). Also present are gouge marks where hands and fingers were used to gouge mud from the wall. Pine charcoal was present in the vicinity of the mud glyphs and was similar to other charcoal, believed to have originated from historic visitors, but only distinguishable by radiocarbon dating. Radiocarbon dating of charcoal in the vicinity of the glyphs (A.D. 1235 and A.D. 1425) and in the back of the cave (A.D. 975 and A.D. 1030) suggest Late Woodland Period cave use.

A third ceremonial cave site appears to have a history of multiple prehistoric use. Mud-mask Cave, a code name in use until this site is protected, is developed in the Devonian Licking Creek Limestone in Alleghany County. Exposed artifact finds include: 1) a black chert Kirk Corner-Notched point (7000 BC average point date; early Archaic Period; HRANICKY & PAINTER, 1993) surrounded by rodent gnawed fragments of large bones (one element is recognizable as bear); 2) two sherds of limestone-tempered ceramics of the Radford or Page series (Late Woodland Period); 3) a single valve of a native mussel. The point was found within the twilight zone, while the ceramics and mussel shell were in the dark-zone. Beyond the artifact locations a series of wall gouge marks were found with significant patination. Further into the cave, two mud sculptures of human faces in relief were found on cave walls. Both had been partially crushed by the hands of modern cave visitors and one had been partially re-sculpted (Figure 2). The age of these mud sculptures is unknown, but the degree of patination appears to indicate a prehistoric origin. The only charcoal observed in this cave appears to be from pine torches.

### Dark-zone hunting

A single dark-zone cave site is known where Native American visitation may have been associated with the hunting of hibernating bear. Hiner Cave is developed in the Devonian Licking Creek Limestone. Two points were found in this cave. A mottled dark-gray chert Pine Tree Corner-Notched point (5000 B.C. average point date, Archaic Period; HRANICKY & PAINTER, 1993) was found 21 m in the cave in a side passage and about 14 m from a bear wallow. A second bear wallow was located 45 m from the entrance. Within half a meter of this wallow, a black chert Yadkin Triangle point (A.D. 900 average point date, Late Woodland Period; HRANICKY & PAINTER, 1993), missing one ear, was located. The bedded chert in this cave has a blocky fracture pattern and is not a suitable lithic material. The presence of two exposed points of two different cultural periods certainly could have been coincidental, but the concept of hunting hibernating bear is certainly a logical strategy for the acquisition of meat.

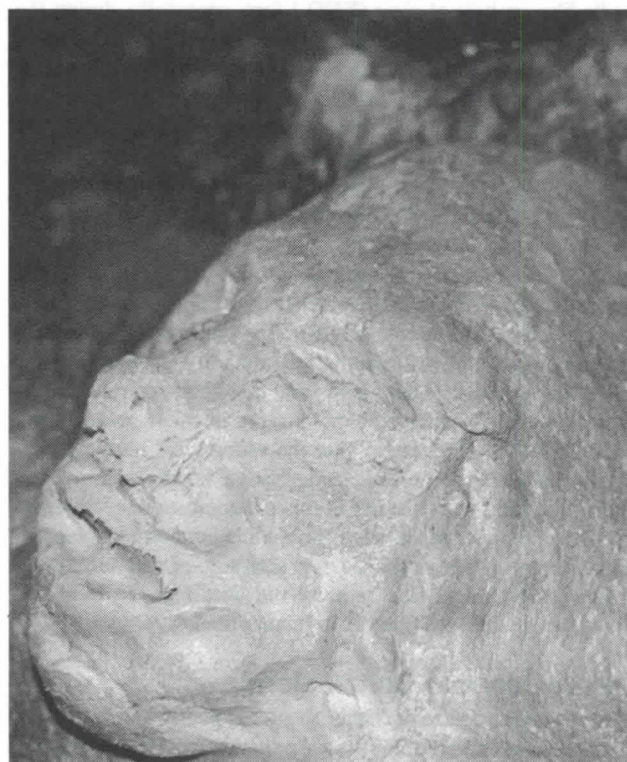


Figure 2: Mud sculpture beneath film can in Mud Mask Cave.

### Historic cave use

Arguably, the most significant historic use of Virginia caves was the mining of saltpetre for the war-time production of gun powder. Because of time and space limitations, discussion of historic cave use will be limited primarily to saltpetre mining.

### Saltpetre mining

The inventory for Virginia currently lists 93 caves as historically mined for saltpetre. The listing is from a combination of historical documentation as well as physical evidence. Saltpetre mining in caves generally entailed the removal of nitrate-rich sediments for the leaching of the deliquescent (materials that absorb moisture from the atmosphere and literally dissolve) nitrates and subsequent refinement into saltpetre, a synonym for niter ( $\text{KNO}_3$ ). The archaic spellings of saltpetre and nitre are retained in descriptions of these mining activities because the materials mined were rich in a suite of deliquescent nitrate minerals, or their ionic components, rather than just the mineral niter. The Virginia nitrate minerals, in order of increasing degree of deliquescence, are: niter, nitromagnesite, and nitrocalcite.

Some of the mining artifacts observed and documented in Virginia saltpetre caves include: square and "V"-vats for leaching sediments, carved wooden troughs for water and leachate collection and movement, wooden barrels and buckets, windlasses for hauling petre dirt, demountable ladders, notched-post ladders, wooden planks and walkways, wooden digging and pry tools, wooden cribbing, wooden paddles for scraping efflorescent deposits and stirring puddled petre mud, wooden hoops to hold open sacks, and iron boiling kettles. Other evidence of mining includes both 5 and 32 cm mattock marks, spoil rock piles, piles of sieved stone and clay balls, stacked rock cribbing and rock ramps, rock steps, cut clay steps, tally marks, torch perches, and dated names. The majority of the saltpetre mining artifacts have been carried off, destroyed or burned by thoughtless visitors, or deteriorated by natural processes. Recently, it was discovered that lint- to

needle-like crystals of niter ( $\text{KNO}_3$ ) form seasonally, during the coldest months of winter, on sediment and bedrock walls in some saltpetre caves. Previous studies of the mineralogy and chemistry of saltpetre caves (HUBBARD *et al.*, 1986) found niter in only one Virginia cave, this collection also was made during a cold period in February. In one saltpetre cave, needle-like crystals were discovered but these very deliquescent crystals dissolved within seconds of being exhaled upon and are believed to have been crystals of nitromagnesite or nitrocalcite.

A human phalanx recently was found in the back of one saltpetre cave. Was this digit evidence of a saltpetre mining accident or is it of prehistoric origin? Virginians have historically known the value of saltpetre as a commodity important to the production of black powder and some possibly also realized the importance of the efflorescent nitrates in meat preservation (KERCHEVAL, 1833:319). Were the efflorescent nitrate minerals also known to some cave using Native Americans? Unfortunately, the evidence of the use of this deliquescent mineral would not likely be preserved through time in the humidity range existing in Virginia. Perhaps the isotopic signature of naturally occurring cave niter might also be preserved once ingested from preserved meats and incorporated in human tissues.

## Discussion and Conclusions

The prehistoric use of Virginia caves is poorly known. Unfortunately, no cave archaeologists are presently working in Virginia, but dedicated cavers are presently working with professional archaeologists to document prehistoric dark-zone sites. The historic sites are probably somewhat better known, having been under study by a number of researchers over the years. Documentation of both prehistoric and historic cave sites is continuing for known and new sites. Virtually all of the archaeological resource work underway is of an observational nature involving exposed materials.

More and better dating of the prehistoric cave sites and more extensive and intensive investigations of cave resource use are needed to understand the importance of these sites in the lifeways of prehistoric Native Americans. The documentation of historic cave use continues, but archaeological field investigations of historic dark-zone cave use have not occurred in Virginia.

The destruction of prehistoric and historic cultural resources continues in Virginia caves, despite the Virginia Cave Protection Act. Cultural resource losses occur through both unintentional and conscious acts. The education of cavers about these resources helps to reduce unintentional damage and increases the voluntary policing of these resources against the intentional vandalism and looting of cave resources.

## Acknowledgements

Special thanks to Dr. Charles H. Faulkner of the University of Tennessee-Knoxville, who contributed to the interpretation of numerous sites; Dr. Donna C. Boyd of Radford University, who assisted in the osteological analysis; Michael B. Barber of the George Washington/Jefferson National Forest, who co-coordinated the MBCP; George Tolley of the George Washington/Jefferson National Forest, who contributed to the interpretation of Little Mountain Cave; Dr. William Boyer of James Madison University, who contributed to the interpretation of Williams Cave; Dr. Patrick Munson of Indiana University, who contributed to the interpretation of mineral resource acquisition sites; Roman Hapka of Université de Neuchâtel, who contributed to the interpretation of Mud Mask Cave. Additional thanks are extended to cavers Roy D. Powers, Kevin and Bob Austin, Bill Balfour, Roddy Addington, Bob Alderson, Charley and Phil Lucas, Bill Bussey, Bill and Jeff Royster, Doug Molyneaux, Johnny Jones, Robert Sluss, Ted Andrus, Bill Murray, Ernst Kastning, Sue Dotson, Ackie Loyd,

and other cavers. We also extend our appreciation to the owners of these cave resources, without whose cooperation these studies could not have been carried out.

## References

- BARBER, M.B. & D.A. HUBBARD, Jr. In Press. Overview of the human use of caves in Virginia: An 10,500 year history. *Journal of Caves and Karst Studies*.
- BENTHALL, J.L. 1990. Daugherty's Cave: A stratified site in Russell County, Virginia. *Arch. Soc. of VA Spec. Pub. No. 19*, 99 p.
- BOYD, C.C. & D.C. BOYD. In Press. Osteological comparison of prehistoric Native Americans from southwest Virginia and east Tennessee mortuary caves. *Journal of Caves and Karst Studies*.
- BUNNELL, Dave. 1979. Williams Cave - History, survey, and description of major features. *Cavalier Caver* 13(2): 9-14.
- CLARK, W.E. 1978. An assessment of the archaeological resources in the caves of Virginia, report prepared for the sub-committees on cave protection methods and on cave management of the Virginia Commission on Conservation of Caves. Ms on file, Virginia Department of Historic Resources, Richmond, 27 p.
- DOUGLAS, H.H. 1964. Caves of Virginia. Virginia Cave Survey, Falls Church. 761 p.
- FAULKNER, C.H. 1988. A study of seven southeastern glyph caves. *North American Archaeologist* 9 (3): 223-246.
- FAULKNER, C.H. In Press. Four thousand years of Native American cave art in the southern Appalachians. *Journal of Caves and Karst Studies*.
- FAUST, Burton. 1964. Saltpetre caves and Virginia history. In: (H.H. Douglas): Caves of Virginia. Virginia Cave Survey, Falls Church: 31-56.
- HOLLAND, C.G. 1970. An archeological survey of southwest Virginia. Smithsonian Contributions To Anthropology, No. 12, 194 p.
- HOLSINGER, J.R. 1975. Descriptions of Virginia caves. Virginia Division of Mineral Resources Bulletin 85, 450 p.
- HOVEY, H.C. 1897. Our saltpetre caves in time of war. *Scientific American* 76(19): 291.
- HRANICKY, W.J. & Floyd PAINTER. 1993. A guide to the identification of Virginia projectile points. Third edition, Archeological Society of Virginia Spec. Pub. 17, 94p.
- HUBBARD, D.A. 1995. Virginia saltpetre caves: A discussion & listing with special emphasis on Giles County. In: (C. Zokaïtes, ed.) Underground in the Appalachians. Guidebook for the 1995 Convention of the National Speleological Society: 182-186.
- HUBBARD, D.A. & M.B. BARBER. In Press. Virginia burial caves: An inventory of a desecrated resource. *Journal of Cave and Karst Studies*.
- HUBBARD, D.A., Jr., MITCHELL, R.S. & J.S. HERMAN. 1986. The mineralogy and chemical constituents of saltpetre in Six Virginia caves. *Comm. 9th Cong. Int. Espeleol., Barcelona*, 2: 67-70.
- KERCHEVAL, Samuel. 1833. A history of the valley of Virginia. Samuel H. Davis, Winchester 459 p.
- KIMBALL, L.R. & T.R. WHYTE. 1994. Draft report of the phase II archaeological Investigations at Bone Cave (44LE169), Lee County, Virginia. Prepared for Virginia Department of Transportation. Appalachian State University Laboratories of Archaeological Science, Boone, NC, 50 p.
- TRIMBLE, C.C. & S.A. MACKO. In Press. Stable isotope analysis of human remains: A tool for cave archaeology. *Journal of Cave and Karst Studies*.
- WATSON, P.J. 1986. Prehistoric cavers of the eastern Woodlands. In: (C.H. Faulkner, ed.): The prehistoric Native American art of Mud Glyph Cave. The University of Tennessee Press, Knoxville: 109-116.
- WILLEY, P. & G. CROTHERS. 1986. Archaeological and osteological survey of Bull Thistle Cave (44TZ92), Virginia. Report for Virginia Division of Historic Landmarks, 43 p.

# Why This Cave and Not That One: The use of Caves in the Western United States by Prehistoric Peoples

by Jerald Jay Johnson, Ph.D.

Institute of Archaeology and Cultural Studies, California State University, Sacramento  
6000 J Street, Sacramento, CA 95819-6106

## Abstract

Caves have been used throughout the last 10,000 to 11,000 years by a variety of native peoples scattered over the Western United States. Use by Native Americans has included: occupation; quarry activity; burial; ceremonial; storage; as possible celestial observatories; for defense; as trails to bypass obstacles; as places to hide; as a source of water and perhaps for a variety of other purposes. The type of material in which caves have formed has also contributed to how and if they were used. Caves formed in limestone and lava tubes were the most frequently used while examples recorded in volcanic mud flows, sandstone, granite, mud, schist and other materials were infrequently of a size, location, or stability to make them generally usable. Most of the caves in North America north of Mexico that have received considerable attention concerning prehistoric use are in the Eastern United States. It is the goal of this paper to present an overview of prehistoric cave use in the Western part of the continental United States.

## 1. Introduction

The word cave is used quite loosely by archaeologists and other individuals who are not cave specialists. Sometimes any opening into a hillside is called a cave, even if it only penetrates a few meters into the earth. Payen and Johnson (1965:26, after Schmid, 1963:125-129) divided caves into two types: those that extended into total darkness were classified as endogene or inner caves and others that formed shelters open to light were exogene or outer caves, which are commonly referred to as rockshelters. This dichotomy is important because rockshelters were quite frequently used by prehistoric peoples in the Western United States while so-called true or endogene caves were apparently entered much less frequently.

The archaeological record clearly shows that from the earliest human movement into the Western United States caves were at least visited if not occupied. The radio carbon date of over 15,000 B.P. from Wilson Butte Cave in the Northern Great Basin can not be absolutely linked to early human use. The date of over 13,000 B.P. at Fort Rock Cave, also in the Northern Great Basin, may be the earliest yet attributable to human visitation. Dates of 19,000 B.P. from Meadowcroft Shelter in Pennsylvania have been challenged but later dates at that site clearly show that early prehistoric populations took an immediate interest in caves and rockshelters. In the Great Basin it is clear that many of the significant cave sites were not available for occupation until after large Pleistocene lakes, such as Lahonton and Bonneville, had slowly evaporated away and virtually disappeared over the last 20,000 years. Many of the caves in this region did not become available for use until within the last 10,000 to 11,000 years and as soon as plant and animal populations useful to prehistoric peoples had become established it was not long before human activity became evident.

The caves in the Western United States have in common that most of them have at least some dry deposits. This is particularly true of those situated in the Great Basin and the Southwest. Often a considerable portion of the deposit consists of aeolian deposited dust, volcanic ash and organic materials. The often dry conditions in the caves have preserved an incredible array of perishable remains that are not generally found in open sites in the vicinity. Of particular interest in recent years has been the preservation of human feces and mummified human remains. Recently considerable interest has been directed toward mummies associated with basketry from a Western Great Basin Cave from which radio carbon dates of over 9,000 years were derived. These have now become some of the oldest dated human remains in the Western Hemisphere. Caves also provide habitat for numerous populations of birds, large and small mammals, and a variety of reptiles and insects. This is particularly true in often relatively open rockshelter type

entrances that many caves exhibit. These sites have, therefore, become significant repositories of information, not only on human use, but on past environments and plant and animal communities throughout the west. The availability of detailed environmental records, particularly the study of pollen sequences in packrat middens, have made caves an important source of information in reconstructing the habitat for their human occupants as well as those prehistoric settlements elsewhere in the vicinity. Packrat nests have also often contained a large amount of basketry, cordage, netting, atlatl and other wooden implements and a variety of other types of perishables.

In the Western United States most habitation, storage, burial, or ceremonial activities in caves took place near the entrances or within visual contact with light from outside. Unlike Mammoth Cave in the Eastern United States where trips were made several kilometers from the entrance few caves in the west exhibit this characteristic. Exceptions to this occur in the Grand Canyon where at least one cave over 850 meters long was used by prehistoric peoples to pass through the 166 meter high red wall limestone to get to the bottom of the canyon. Caves used for habitation were usually near a permanent water source, though in the Great Basin and Southwest the current drier conditions do not have the abundance of water that existed at one time near some of the earliest occupation sites. In California caves used strictly for mortuary purposes were often vertical pits that are quite wet. This condition was apparently not of importance since these sites were not used for habitation. Caves throughout the region that were used only as burial chambers are often of such a size and location that they were not suitable for living activities. They are often vertical pits, small, difficult to access, have no nearby water source, and poor resource access. Conversely the opposite is true for those caves chosen for habitation. They are horizontal for the most part, large, relatively easy of access, have water nearby and are often near an abundance of lithic, food or some other important resource. Not considered in the current overview is the potential for human use of the hundreds of sea caves which exist along the Pacific Coast of the North American Continent. Below are described a variety of caves from throughout the Western United States which have contributed in a significant manner to our knowledge of the human occupation and use of this region.

## 2. CAVES IN VOLCANIC DEPOSITS

Much of the western United States has evidence of past volcanic activity. Often this is in the form of lava flows, dikes, tuff, or ash. Through the collapse of lava tubes, gas bubble domes, and erosion caves became accessible in these formations. In most cases the evidence of past human activity is confined to

the immediate area outside the entrances and within the reach of light from outside. Seldom is there evidence that prehistoric peoples ventured into the realm of total darkness. The descriptions below do not provide complete coverage but do indicate the variety of activities carried out at these sites by Native American peoples.

#### **Northern Great Basin and Columbia Plateau**

Swanson and Bryan (1954) reported locating 188 caves in the state of Washington in 1952. Most of these were in southern and east-central Washington with 99 percent in Miocene basalts. The close association with these sites with the Columbia River system, Cascade Mountains and Columbia Lava Plateau placed many of them in habitats that ranged from a narrow band of riparian resources to typical basin and range type environments. The majority of these caves were undoubtedly rockshelters used for shelter that often formed in partially collapsed lava tubes, similar to those in Lava Beds National Monument in California.

Owl Cave in south central Idaho became available for human use when a large gas bubble dome in a lava flow collapsed and formed a rockshelter. About 8400 years ago a small herd of bison was driven over the edge of the collapsed dome and were butchered at that location by PaleoIndian hunters. This site is of considerable interest because it established that *Bison antiquus* survived almost 2,000 years after the supposed end of the Pleistocene 10,000 years ago. Also evidence of frost wedging in the stratified deposits suggest colder climatic conditions may have persisted well beyond what had been assumed was the end of the last ice age (Butler 1969).

Wilson Butte Cave also formed in a lava gas dome when a small portion of the southern side collapsed to allow access from the outside. At the back of the area containing evidence of occupation is an open lava tube that does not appear to have been used. This site has a long history of prehistoric use, though, not very intense. The cave was apparently used sporadically for shelter for over 10,000 years but not as long ago as over 15,000 as suggested by Gruhn (1961).

Fort Rock Cave was test excavated several times in the 1930s and 1960s. It formed by wave action in tuft in the side of a collapsed volcano (Bedwell 1973). The cave first attracted notoriety when sandals found inside were radio carbon dated to over 9,000 years old (Cressman 1962). Later excavations under large boulders in front of the cave revealed artifacts that dated to over 13,000 years ago (Bedwell 1973:169-176). If the dates are valid this is one of the oldest known sites of human use in the western Hemisphere.

#### **Northeastern California**

Lava Beds National Monument is on the Modoc Plateau adjacent to the western edge of the Great Basin. It contains numerous lava tubes and other volcanic features. The Modoc War took place here and the soldiers were not able to drive the Indians out of the lava until they cut them off from access to water in Tule Lake. The Modoc and their ancestors made use of the entrances to many of the collapsed tubes for occupation, burial, often painted pictographs within the zone of light, chipped quantities of obsidian and carried out many other activities outside the caves. There is no evidence that they visited the areas of total darkness within the lava tubes. Throughout this northeastern part of California lava tubes entrances were used and in some cases, such as the Mayfield Ice Cave, these locations served as a source of water.

Fern Cave is a spectacular rock art site. Access was through a collapse in the ceiling of a lava tube. Inside within the twilight zone hundreds of pictographs were made on the ceiling and walls of the cave. Most of the designs appear to represent celestial observations with one set of symbols possibly attributed to the Supra Nova of A.D. 1054 (Papke 1996). There is evidence that ceremonies or some other type of activity took place in the realm of light near the collapsed portion of the tube.

### **3. CAVES IN LIMESTONE DEPOSITS**

In the literature most caves used by prehistoric peoples were either associated with lava flows or limestone deposits. The rockshelter like entrances to many caves were used for habitation, many vertical pits contained burials, while in horizontal caves evidence of quarry activities has been found. As with the lava tubes most of the activities occur from the entrance to the end of the twilight zone with little evidence that trips were made into areas of total darkness.

#### **Northern California**

Samwel Cave was excavated early in the twentieth century by paleontologist from the University of California, Berkeley and contained a large array of Pleistocene fauna (Merriam 1906). Some of the pieces of bone found were smooth and thought to be artifacts of great age. This has been disputed by several subsequent investigators who attributed these specimens to a variety of natural conditions. Later the base of what has been suggested to be a clovis type of spear point was found in Merriam's backdirt from the excavation of the Pleistocene entrance to the lower part of the cave (Treganza 1964). A Wintu Indian myth concerning the death of a young maiden who fell into a 60 foot pit into the lower part of the cave was confirmed when a skeleton of such an individual was found on the surface of the Pleistocene deposits (Furlong 1904).

Potter Creek Cave is not far from Samwel and has an extensive midden in the main entrance passage. This deposit was heavily impacted by a trench dug by the Berkeley Paleontologists in 1902-1903 in their quest for Pleistocene fauna (Sinclair 1904). Additional work at the cave in 1965 by archaeologists from the University of California Davis yielded a startling find. Besides a well defined midden deposit 2500 years old, a small room was found hidden near the ceiling in the darkness inside the entrance. Access to this room was gained by free climbing the wall to a crack into which wooden pegs had been driven to aid in the ascent. Inside was a wooden atlatl, dart shafts, foreshafts with obsidian points, basketry, cordage, and an abalone pendant attached to an iris fiber string (Payen 1970). The finding of the atlatl was important since it was the first in an area in which the use of this type of implement had been inferred from circumstantial evidence. Also the weights of the dart points from 2.1 to 3.4 grams clearly established for the first time that they overlapped with arrow points in weight.

#### **Central California**

Hauver Cave is in the central Sierra Nevada foothills and was discovered to have Pleistocene faunal remains and artifacts. Paleontologists at UCB dug at the cave and collected faunal remains and prehistoric artifacts. Also recovered was evidence that the cave had been used as a mortuary site by Native Americans (Wallace and Lathrop 1952).

Pinnacle Point Cave represents a vertical limestone mortuary pit excavated in 1964 that represents two periods of use. The first is from 2500 to 3500 B.P. and the second from 1,800 to 2,200 B.P. This cave is reached by a difficult climb of about 1,200 feet either uphill from the river or down from the ridge top. The initial interments were bundle burials dropped into a 45 foot deep shaft and covered with rocks and perhaps some dirt. When this shaft was filled to within 12 feet of the entrance trips into the cave were made across the burial fill and bundle burials and cremations in baskets were dropped down a second shaft. This second use resulted in the deposition of over 400 *Haliotis* ornaments, 12,000 shell beads and a myriad of other artifacts, including a wooden effigy. Few artifacts were found in the first shaft with the older interments (Payen and Johnson 1965; Johnson 1993).

Ponderosa Cave is horizontal, with a downward slope to a mass-ive rock fall, from which it elevates almost to the entrance level before being choked off with a dirt and rock plug. It was

investigated in 1996 and found to have evidence of the mining of calcite stalagmites just beyond the twilight zone. Between the entrance and the rock fall numerous artifacts and evidence of fire hearths suggest that the well lighted part of this limestone cavern was used for occupation (McDonald et al., 1996).

### Central Great Basin

Lovelock Cave is an important site for many reasons. With the work done by Llewellyn Loud in 1912 it was one of the earliest caves investigated in the western United States. The large amount of basketry, other perishables artifacts and mummified human remains acquired from this site still constitute one of the largest collections of such material from the Great Basin (Loud and Harrington, 1929). The human coprolites from this cave remain one of the major investigations of this type in North America and the cultural sequence first defined at Lovelock is still accepted by Great Basin scholars (Heizer and Napton 1970).

Hidden Cave was first investigated in 1940, then in 1951 and finally in 1979 and 1980 (Thomas 1985). The small entrance, lack of air circulation, and dusty interior did not lend this cave to extensive habitation. Instead it seemed to function primarily as a storage area in which large numbers of perishable items were left and as an occasional camping place. The site was used sporadically over several thousand years with a significant amount of activity when the adjacent dry playa supported a lake and associated marsh.

Gypsum Cave turned out to be both significant and a disappointment. When investigated by Harrington (1933) it was thought that it represented a clear association of Pleistocene giant sloths and humans. It was believed that this co-existence occurred about 8,000 years ago. Supposedly associated with the remains of sloths were atlatls, dart shafts, points and other related paraphernalia. Radio carbon dates derived over 30 years after the excavation on some of the dart shafts and sloth dung clearly established that the human artifacts represented a time period of about 2,400 years ago while the sloth remains dated to over 8,000 years ago (Heizer and Berger 1970).

Danger Cave signaled a major change in the interpretation of the prehistory of the Great Basin. Jennings developed his concept of a Desert Culture that extended from throughout the Great Basin south into southern California and northern Mexico (1957). He hypothesized that there had been little environmental change over this vast area over the last 10,000 years and that cultures existing throughout the region had developed an adaptation to the desert which changed little. Other investigators challenged this concept and suggested that several shifts in temperature, rainfall, vegetation and animal populations had occurred within the last 10,000 years (Baumhoff and Heizer 1965). Part of the criticism was based on the lack of a continuous sequence at Danger Cave and ultimately to environmental data and evidence of population change and movement that suggests that the Great Basin changed many times and was not static as envisioned by Jennings.

Hogup Cave exhibited a sequence of stratigraphic layers which was not all mixed up like that from Danger Cave (Aikens 1970). This cave also had evidence of sporadic human occupation for a period of almost 10,000 years. While basic subsistence activities did not change much over time it was clear that there were periods of intense use and other times when the cave was little used. Evidence of cultural change was also abundant with a progression of occupants who used spears, then atlatls and finally the bow and arrow. Earlier peoples relied heavily on basketry while pottery was becoming important at the time the cave was last used prehistorically.

### Southwest and Texas

Over 450 Grand Canyon Caves were visited and recorded for the National Park Service in the late 1950s and early 1960s under the supervision of Art Lange and Raymond deSassure

(Personal Communication 1964). Many of these were associated with the 166 meter exposure of the limestone in the Red Wall. As graduate students in archaeology, the author and Louis Payen were taken to one of these caves in 1964 by Art, Ray, and Tom Aley of Cave Research Associates. After a precipitous descent down the side of the Grand Canyon to the top of the Red Wall they located a small hidden entrance of a cave which wound its way 850 meters down through the limestone until it emerged into immense rooms that eventually opened out into the Canyon at the base of the formation. The abundant evidence of burned torches throughout the cave clearly showed that it had been thoroughly visited by Native American peoples and that the cave even though it narrowed in some places to hands and knees crawling had been used as a route to get from the bottom to the top of the canyon. Just above the entrance to the cave was a small two room pueblo site with associated pottery sherds while below the lower entrance was a large freshwater spring and a trail down to the Colorado River.

Carlsbad Caverns is today immensely popular with visitors to the American Southwest. Prehistoric peoples also used the cave entrance and near vicinity and evidence of use by the Apache Indians is abundant. Because of the steepness of the entrance and difficulty of descent prior to the use of modern ropes and stairs the Prehistoric use was limited and did not penetrate into the darkness (Nymeyer and Halliday, 1991). As with most endogene caves throughout the western United States the wonders below ground remained either inaccessible or unexplored by Native American peoples.

Sandia Cave was another site which has lost some of the promise that it once had. It was thought that it contained sealed stratigraphic levels which covered cultural remains believed to be extremely old. The Sandia type of projectile point was considered to be one of the oldest forms used by PaleoIndian hunters (Hibben, 1941). Later work established that the stratigraphy had been significantly compromised because it was not continuous as originally presented and considerable bioturbation had occurred (Haynes, Jr. and Agogino, 1986). Much of what Hibben had said in regard to the cave has been called into question but Haynes, Jr. and Agogino state that it is still possible that the Sandia points might date as far back as 14,000 years ago but this can not be certain.

Bat Cave in New Mexico has gained a certain amount of notoriety for the presence of early forms of maize (Dick, 1965). In the search for the origins and dispersal of this important domesticated plant any sites that contain evidence of earlier versions are eagerly sought after. Along with a wide array of plant remains this site also contained lots of other perishables.

Seminole Sink is located in Seminole Canyon State Historical Area on the Rio Grande drainage in southern Texas (Turpin, 1985). This site has some similarities with vertical burial caves in the Sierra Nevada of California. Through an 80 centimeter chimney at least 22 individuals were dropped 7 meters to the cave floor and ended up in a cone of debris that was 50 centimeters high and 3.5 meters in diameter. These human remains are believed to have been deposited in the cave over 7,000 years ago, while the burned fragments of an adult male were dropped into the shaft about 400 years ago. This cave is 62 meters long and 11 meters wide. According to Turpin (1985:20) bundle burials occur in rockshelters and sinkholes throughout areas of favorable topography in south central and west Texas.

### Rocky Mountains

A human skeleton was reported from a west central Colorado Cave in the Sacramento Bee and other Newspapers (August 1993). The remains were attributed to a robust male individual who ventured into the cave by torch light well beyond the light from the entrance. This find was considered significant because the cave was over 10,000 feet in elevation and the individual died or was left there over 8,000 years ago. Considering that

most prehistoric peoples in the western United States did not venture into caves with torches this was itself a significant accomplishment. Why this individual was in this cave and how he died is unknown. After extensive scientific studies the remains were repatriated to the Southern Ute Indians who where most likely not related to this individual.

Some of the other caves in the Rocky Mountain Region which have been mentioned in the literature frequently are Birdshhead, Mummy and Pictograph caves (Bliss, 1950).

## Conclusions

If both open shelters (exogene) and passageways that penetrate into total darkness (endogene) are accepted as caves it means that thousands of these types of sites occur in the Western United States. If only endogene caves are included the number of sites drops drastically but still number in the hundreds. Caves chosen for habitation occur in all types of geological formations and were selected because of the availability of an open, generally well lit overhang which provided protection from the weather. The presence of this type of shelter throughout the Western United States has yielded a wealth of information of both cultural and environmental significance. Prehistoric peoples apparently made little use of the portions of caves which descended into total darkness and many were fearful of such places. Vandals who loot caves for their artifactual treasures apparently have no such fear. Almost from the beginning of Euro-American settlement in the Western United States excavations commenced and in most of the archaeological reports perused for this paper evidence of past digging was evident. It is important that the Caving community note and report any cultural remains they encounter. Otherwise much of the remaining artifacts and other data may end up on someones mantle with no clues about where it came from, what it was associated with, and what its significance might be.

## References

- AIKENS, C.M. 1970. Hogup Cave. University of Utah Anthropological Papers, Salt Lake City. Number 93:1-286.
- BAUMHOFF, M. A. & R. F. HEIZER 1965. Postglacial Climate and Archaeology in the Desert West. In: (H.E. Wright, Jr., and D.G. Frey, ed.): Quaternary of the United States. Princeton University Press, Princeton: 697-707.
- BEDWELL, S. F. 1973. Fort Rock Basin Prehistory and Environment. University of Oregon Books, Eugene.
- BLISS, W. L. 1950. Birdshhead Cave: A Stratified Site in Wind River Basin, Wyoming. *American Antiquity* Vol. 15:187-196.
- BUTLER, B. R. 1969. More Information on the Frozen Ground Features and Further Interpretation of the Small Mammal Sequence at the Wasden Site (Owl Cave), Bonneville County, Idaho. *Pocatello, Tebiwa* 12(1):58-63.
- CRESSMAN, L. S. 1962. The Sandal and the Cave : The Indians of Oregon. Beaver Books, Portland.
- DICK, H. 1965. Bat Cave. Monographs of the School of American Research, No. 27. Santa Fe.
- FURLONG, E. L. 1904. An Account of the Preliminary Excavations in a Recently Explored Quaternary Cave in Shasta County, California. *Science* 20(497):53-55.
- GRUHN, R. 1961. The Archaeology of Wilson Butte Cave South-Central Idaho. Occasional Papers of the Idaho State College Museum, Number 8. Pocatello, Idaho.
- HARRINGTON, M. R. 1933. Gypsum Cave, Nevada. Southwest Museum Papers Number Eight. Highland Park, Los Angeles.
- HAYNES, Jr. C. V. & G. A. AGOGINO 1986. Geochronology of Sandia Cave. Smithsonian Contributions to Anthropology Number 32. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.
- HEIZER, R. F. & R. BERGER 1970. Radiocarbon Age of the Gypsum Cave Culture. University of California Archaeological Research Facility, Berkeley. Contributions No. 7:13-18.
- HEIZER, R. F. & L. K. NAPTON 1970. Archaeological Investigations in Lovelock Cave, Nevada. University of California Archaeological Research Facility, Berkeley. Contributions 10(1).
- HIBBEN, F. C. 1941. Evidence of Early Occupation in Sandia Cave, New Mexico, and Other Early Sites in the Sandia-Manzano Region. Smithsonian Institution Miscellaneous Collections. Vol. 99(23):77.
- JENNINGS, J. D. 1957. Danger Cave. Memoir Number 14 of the Society for American Archaeology. *American Antiquity* Volume XXIII(2)Part 2:1-328.
- JOHNSON, J. J. 1993. Use of Central California Limestone Caves by Prehistoric Peoples. In Proceedings of the XI International Congress of Speleology, Beijing China. 131-134.
- JOHNSON, J. J. 1996 Artifacts made from Calcite and Marble Quarried by Native Americans in Central California 3,000 to 4,500 years ago. Paper Presented at the National Speleological Society Annual Convention August 9, 1996 Salida, Colorado.
- LOUD, L. L. & M. R. HARRINGTON. 1929. Lovelock Cave. University of California Publications in American Archaeology and Ethnology, University of California Press, Berkeley. Vol.25 (1):1-183.
- MCDONALD, H., LEISSRING, M. & J. J. JOHNSON 1996. Ponderosa Cave, A Possible Prehistoric Calcite Quarry in the Sierra Nevada in Central California 3,000 to 4,500 years ago. Paper presented at the National Speleological Society Annual Convention August 9, 1996, Salida Colorado.
- MERRIAM, J. C. 1906. Recent Cave Exploration in California. *American Anthropologist* n.s. Vol. 9(2):224-225.
- NYMEYER, R. & W. R. HALLIDAY, M.D. 1991. Carlsbad Cavern the Early Years. Guadalupe Mountains Association, Carlsbad, New Mexico.
- PAPKE, W. 1996 Fern Cave. A Pictographic Recording of the Supernova of 1054 AD ? Paper presented at the National Speleological Society Annual Convention August 9, 1996, Salida, Colorado.
- PAYEN, L. A. 1970. A Spearthrower (Atlatl) from Potter Creek Cave, Shasta County, California. Center For Archaeological research at Davis, Publication 2:157-170.
- PAYEN, L. A. & J. J. JOHNSON 1965. Current Research in the Central Sierra Nevada Mountains. In symposium on Central California Archaeological, (Problems, Programs, and Current Research), Edited by Freddie Curtis, Sacramento Anthropological Society Paper 3.
- SACRAMENTO BEE, August 1993. Cave Explorer of 8,000 Years Ago Found High in Rockies. Sacramento.
- SCHMID, E. 1963. Cave Sediments and Prehistory. In: (D. Brothwell & E. E. Higgs, ED.): Science in Archaeology. Basic Books, Inc., New York.
- SINCLAIR, W. 1904. The Exploration of the Potter Creek Cave. University of California Publications in American Archaeology and Ethnology, Berkeley. Vol.2(1):1-27.
- SWANSON, E. & A. BRYAN 1954. An Archaeological Survey of Caves in Washington. *American Antiquity* Vol.XIX (4):387-389.
- THOMAS, D. H. 1983. The Archaeology of Monitor Valley 2. Gatecliff Shelter. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History. New York: Vol.59(1):1-552.
- THOMAS, D. H. 1985. The Archaeology of Hidden Cave, Nevada. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History, New York: Volume 61: Part 1
- TREGANZA, A. E. 1964. An Ethno-Archaeological Examination of Samwel Cave. Cave Research Associates. Cave Studies: Number 12.
- TURPIN, S. A. 1985. Seminole Sink: Excavation of a Vertical Shaft Tomb Val Verde County, Texas. Texas Archeological Survey The University of Texas at Austin.. Research Report No. 93.
- WALLACE, W. J. & D. W. LATHROP. 1952. An Early Implement Assemblage from a Limestone Cave in California. *American Antiquity* 18:133-138.

# Prehistoric uses of caves in North America: a regional synthesis

by Cheryl Ann Munson, Patrick J. Munson, Kenneth B. Tankersley, and Bruce Rogers

(1, 2) Department of Anthropology, Indiana University, Bloomington, IN 47405, USA

(3) Department of Anthropology, Kent State University, Kent, OH 44242, USA

(4) 37899 Los Arboles Drive, Fremont, CA 94536 USA

## Abstract

Prehistoric peoples used the dark interiors of caves in many parts of North America, but activities, intensity of use, and timing vary greatly from area to area. In the Eastern U.S., chert miners penetrated 1,000 m into caves by 4,300 yr B.P., and miners seeking gypsum crystals, cathartic salts, and aragonite traveled 2,000 m into caves by 3,000-2,000 yr B.P. Caves were used later for burials and ceremonial activities. In the Southwestern U.S., cave use began after 1,100 yr B.P., extended less than 150 m into the dark zones, and was largely for ceremonial activities. In California, mining of speleothem calcite began by 4,500 yr B.P., but was confined to areas very near entrances. We suggest that the reasons for using caves, and the regional differences, are explicable within broader surface cultural contexts.

## 1. Introduction

Evidence that prehistoric Native American peoples of North America had explored and variously used the dark interiors of caves was recognized by numerous Euro-American cave explorers in the last century. Most of these early discoveries can be considered accidental encounters of archaeological materials and features. Accidental discoveries continue to be the primary sources of information that add new caves to a growing list of archaeological cave sites, and have accelerated as recreational cavers have become more aware of archaeological materials and features.

Where caves with dry passages were used by prehistoric people the evidence is usually obvious, for the passages often contain such normally perishable organic cultural materials as exhausted torches and other wooden or fibrous artifacts. Much more common, however, are caves with damp passages. Because uncarbonized vegetal materials are not preserved in these caves, evidence of human use is often subtle and more susceptible to destruction or obfuscation by historic or modern activities. Commonly, the only indications of prehistoric use of damp caves are footprints and small pieces of torch charcoal (easily trampled into oblivion by subsequent cavers), charcoal smudges and faintly applied artwork on walls, ceilings, or mudbanks (often obscured by historic or modern graffiti), and broken speleothems or excavations into floor sediments (sometimes difficult to differentiate from the activities of modern vandals or historic saltpeter miners).

Despite the difficulties inherent in discovering (or recognizing) evidence of prehistoric uses of caves, a number of such sites are now known from North America, and when discoveries have been followed by systematic archaeological investigations, archaeologists are often able to determine the nature of the prehistoric activities and their antiquity. Dating permits us to consider the range of prehistoric behavior inside caves in conjunction with the out-of-cave larger cultural contexts of economics, social interactions, and ideology.

In the following discussion, we summarize the North American archaeological data on the prehistoric uses of the constantly dark interiors of true (endogene) caves. Human utilization of such caves requires artificial sources of light. Excluded from this study are rockshelters and the naturally lighted or semi-lighted entrance areas of true caves, which were frequently used for habitation, storage, burial, and rock art.

Also excluded here are vertical pits and fissures that are known to contain human skeletal remains, often representing multiple individuals. Such sites are known for many areas of North America, but are especially concentrated in the Eastern U.S. and central California. In many cases the evidence suggests that people intentionally threw or dropped bodies of the deceased into these caves. Although this activity involves a

prehistoric use of true caves, we exclude it in this study because it did not require living people to enter the dark passages of these caves.

Despite the relatively widespread occurrence of caves in North America, evidence for their use by prehistoric peoples is concentrated in three areas: the central portion of the Eastern United States, the Southwestern U.S., and central California. Archaeological investigations in the caves of these areas (figure 1) have included systematic surveys, test excavations, botanical analyses, and dating. The results have led to considerable headway in interpreting human uses of caves, how uses changed throughout prehistory, and how uses differed from area to area.

## 2. Central portion of the Eastern United States

The earliest evidence of human activity in eastern North American caves comes from Jaguar Cave (ROBBINS et al., 1981), where footprints of at least nine individuals occur in soft sediments hundreds of meters from the cave entrance. Associated cane torches are dated about 4,500 B.P. (uncalibrated radiocarbon years). Although selenite crystals occur in the cave, there is no evidence these crystals (or any other substances) were procured; perhaps the prehistoric cavers were merely exploring. Similarly, by shortly before 4,000 B.P., people had entered Lee Cave (part of the Mammoth Cave System), as attested to by abundant cane torches (FREEMAN et al., 1973). The dry passages of Lee contain quantities of gypsum and various cathartic salts, but there is no evidence that they were exploited. Similarly, there is no conclusive evidence that the individuals who left footprints between about 3,200 and 2,800 B.P. in nearby Fisher Ridge Cave (BEAN, 1984; WATSON, 1986) engaged in any activities except exploration.

Contemporary with the simple exploration of the caves noted above, however, people ventured into two other caves in order to procure high-quality chert. Between 4,300 and 2,700 B.P., miners extracted nodules from alluvial deposits located more than 1,000 m from the entrance of Saltpeter Cave (FERGUSON, 1983; WATSON, 1986). Debitage adjacent to the mines indicates that the nodules were shaped into cores and bifaces before they were taken from the cave.

Chert also was mined extensively in Wyandotte Cave (MUNSON & MUNSON, 1990). Here nodules of chert protrude from the walls and ceilings and once laid upon the floor in several passages located within 600 m of the entrance. As early as 4,100 B.P., people were entering the cave to collect nodules exposed on the floor, dig them from floor sediments, and batter off the ones that protruded from the walls. Vast quantities of hickory bark torch stubs and lithic debitage, as well as several quartzite hammerstones, occur in the areas where the chert

outcrops. Analysis of the debitage indicates that the only flaking accomplished inside the cave was preliminary shaping into rough preforms.

Chert continued to be mined from Saltpeter Cave until at least 2,700 B.P., from Wyandotte until about 2,200 B.P., and to a very minor extent was exploited from Mammoth Cave in the period 3,000-2,000 B.P. (WATSON, 1974). However, beginning about 3,000 B.P. the emphasis of prehistoric eastern North American cavers turned to other minerals.

Mirabilite, a cathartic salt probably used for ritual purging, was extensively exploited from Mammoth and Salts caves. Crusts and fibrous hairs were scraped from the walls or scooped from the floors and ledges upon which they had fallen (WATSON, 1969; 1974) and might have been leached from salty floor sediments (MUNSON et al., 1989). Most radiocarbon dates from the dark interiors of these caves fall between 3,000 and 2,000 B.P. (KENNEDY, 1996). Epsomite, another cathartic salt, effloresces at several locations in Wyandotte Cave and might have been collected prehistorically, based on the abundance of exhausted torches found near the epsomite occurrences. Radiocarbon dates on the torches suggest that these salts were collected about 1,700-1,500 years ago (MUNSON & MUNSON, 1990).

Also in Wyandotte Cave, speleothem aragonite was quarried. At one location aragonite drapes were simply broken off, but at another, about 1,000 m from the entrance, a more elaborate procedure was used. The side of a large stalagmite was heated to create fissures, which were then expanded using hammerstones and antler wedges to break off pieces. Wyandotte Cave aragonite is mineralogically distinctive (TANKERSLEY et al., 1990), and artifacts of this material have been recovered from surface sites within a 500 km radius of the cave. Most are smoking pipes and quadrilateral gorgets found in Hopewell mounds associated with burials of high-status individuals.

Several varieties (habits) of gypsum were obtained from Mammoth and Salts caves between 3,000 and 2,000 B.P.. Gypsum crusts and flowers were pounded and snapped from the walls, apparently to be used for white pigment (WATSON, 1969; 1974). In addition, selenite and satinspar crystals (which are "fancy" habits of gypsum) were dug from sulfate-rich sediments on floors and ledges (MUNSON et al., 1989). Big Bone Cave, which was extensively utilized from 3,100 to 1,600 B.P. (CROTHERS, 1986; WATSON, 1986), also contains quantities of selenite crystals. The facts that miners penetrated more than 2 km into Mammoth Cave and carried long climbing poles inside in order to gain access to high ledges shows that considerable effort was expended to procure these crystals.

In addition to procuring cave minerals, some prehistoric peoples during the 3,000 to 1,500 B.P. buried their dead in dark interiors of caves. Terminal Archaic or Early Woodland burials in the vestibule of Salts Cave (SEEMAN, 1986) and Middle Woodland Copena culture burials in numerous caves in the Southeastern U.S. (WALTHALL & DeJARNETTE, 1974) are examples. It was also during this period that the earliest art was executed in dark caves. Designs drawn with charcoal on rock faces or incised into mud, depicting simple geometric and animal figures, are known from Mammoth, Salts, and nearby Adair caves. A radiocarbon date on apparently associated torches from the latter suggests that the earliest cave art in this area may extend back to 3,500 B.P. (DiBLASI 1996).

There is no conclusive evidence that the dark interiors of caves were entered during the period from 1,500 to 1,000 B.P., although Late Woodland peoples of the era often dropped bodies into deep, vertical pits (e.g. WILLEY & CROTHERS, 1986). Beginning about 1,000 B.P., however, ritual use of caves reemerged. Mud glyphs found deep inside five caves in Tennessee and Virginia were executed between 1,000 and 250 B.P. (FAULKNER, 1984; 1996), and glyphs in a Kentucky cave also probably date to this period (DAVIS, 1996). Depicted are symbols which are characteristic of Mississippian Period artistic

expressions that are often found at surface sites on portable objects such as containers and ornaments.

### 3. Southwestern United States

Despite the large number of caves in this area and the considerable attention that has been given to them by both recreational and scientific cavers, only a small number of caves have been discovered that show evidence of prehistoric activities in their dark interiors. Further, even where evidence has been found, it is confined to sections less than 150 m from the cave entrances, pertains to a very limited range of activities, and is no older than about 1,100 B.P.

The only certain prehistoric example of mineral extraction from a southwestern cave is at Salt Cave (HARRINGTON, 1925; SHUTLER, 1961). Based on cross-dating of associated potsherds, between 1,150 and 850 B.P. people went 150 m into this cave, using twig torches for light, to mine a seam of common salt. During the historic era, the interiors of two other caves, both in the Grand Canyon, were mined for red, ochreous clay (for pigment): Red Paint Cave by the Paiute Indians (ANONYMOUS, 1933), and a cave in Diamond Creek Canyon by the Walapai Indians (DOBYNS & EULER, 1976; WENRICH & SUTPHIN, 1994). Although neither cave has been examined by archaeologists, it seems likely that both were mined during the prehistoric era, as well as in the historic period.

The most common prehistoric use of the interiors of caves in the Southwest was for religious shrines or sanctuaries. Feather Cave (ELLIS & HAMMACK, 1968) is the best preserved and most thoroughly investigated of this category. Here an 18 m-long crawlway leads to two chambers, in which were discovered numerous reed torches, both full-sized and miniature bows and arrows, prayer sticks, and white pictographs; the site probably dates about 1,000 B.P. Another shrine cave is Paiute or 'Refuge' Cave on the east rim of Marble Canyon (REILLY, 1973), where prayer sticks, arrows, and torches occur about 100 m from the entrance. It is probably coeval with Feather Cave. Similar late prehistoric shrines occurred in the dark recesses of other southwestern caves, although many had been severely disturbed by Euro-Americans by the beginning of this century (cf. HOUGH, 1907). Caves in this area continue to be used for ceremonial activities by traditional present-day Native Americans (see summary in ELLIS & HAMMACK, 1968).

### 4. Central California

It has long been known that many of the deep, vertical pit caves in the foothills of the central Sierra Nevada range contain the skeletal remains of bodies that apparently had been dropped into their entrances. Associated artifacts suggest that most of this activity occurred from about 3,000 to 1,500 B.P. (see summaries in HEIZER, 1952; MORATTO, 1984). Archaeologists have also long known that charmstones, pendants, ceremonial pipes, and beads of speleothem calcite were common in the Central Valley, just to the west of the foothills, at surface sites radiocarbon dated from 4,500 to 3,000 B.P. In the past 20 years, several small, horizontal caves have been discovered in the foothills that apparently were sources for the calcite. In or just beyond the semi-lighted entrance areas of these caves are hammerstones and calcite quarry blanks near broken flowstone formations (McEACHERN, 1975; JOHNSON, 1996; McDONALD & LEISSRING, 1996). An ethnographic reference to the mining of chert from what is apparently a small, horizontal cave (DIXON, 1905) completes the inventory of caves known to have been utilized in this area.

## 5. Comparisons and Conclusions

Although limestone caves or lava tubes exist in many parts of North America, prehistoric peoples in all areas did not utilize their dark interiors. Further, in the three areas where people used caves, their emphases were very different.

In the Eastern U.S., where cave use began by 4,500 B.P., the exclusive emphasis on chert procurement in the earliest period suggests that the initial attraction to caves was for mundane reasons. Chert does occur outside caves, in gravel deposits and as residuum in soil, but in the humid east these surface sources are often obscured by vegetation. Easily accessible sources of higher-quality material might well have become scarce by 4,500 B.P., inducing people to venture into caves in search of this essential material. In the period from 3,000 to 1,500 B.P. the emphasis changed to activities that were not essential from a purely utilitarian perspective. This period coincides with the appearance of mound-building, long-distance trade in exotic raw materials, and abundant evidence of ceremonial behavior in the east (e.g. the Poverty Point, Adena, and Hopewell phenomena). It was during this period that caves were extensively used for the procurement of minerals (cathartic salts, pigments, crystals) that probably had ritualistic or ideologic connotations and for art and burial of the dead. Finally, beginning about 1,000 B.P. and following a hiatus of 500 years, the interiors of caves were used as "shrines," where the mystic symbols of the richly ceremonial Mississippian peoples adorned walls and mudbanks.

In the generally mountainous western part of North America either chert or obsidian (an even higher-quality lithic raw material) are relatively abundant in many areas, and in the Southwest the relative aridity and sparse vegetation makes these resources even more readily available in surface contexts. Consequently, and unlike eastern North America, prehistoric people had no compelling reason to enter caves to obtain raw material for stone tools. Selenite crystals, which were another major attraction for eastern cavers, were certainly used in the prehistoric Southwest for a variety of ritualistic and symbolic artifacts (cf. JEANCON, 1923), but in this arid region they are often available in surface contexts. A similar situation exists with evaporite salts.

Although the time periods are different, there are several parallels between the use of speleothem aragonite in the east and speleothem calcite in central California. Similarities include both the quarrying techniques and the use of the minerals for ornaments and ceremonial objects that were placed with burials of high status individuals. In addition, in both areas these activities coincided with the extensive procurement and wide geographic dispersal of other "exotic" materials.

However, the greatest similarity between the three areas is in the use of cave interiors for ceremonial activities, which occurs in the late prehistoric era with both the Mississippian peoples of the Eastern U. S. and the Puebloan cultures of the Southwest. It is probably not coincidental that peoples of both these cultural groups were sedentary agriculturalists with highly developed religious and ceremonial systems.

## References

ANONYMOUS. 1933. Indian red paint. *Masterkey* 7: 85-87.  
 BEAN, L. 1984. Archaeology of the Fisher Ridge System. *Central Kentucky Cave Survey Bull.* 1: 34-36.  
 CROTHERS, G. M. 1986. Final report on the survey and assessment of the prehistoric and historic archaeological remains in Big Bone Cave, Van Buren County, Tennessee. Report to Tenn. Dept. of Conserv., Dept. of Anthropol., University of Tennessee, Knoxville.  
 DAVIS, D. B. 1996. A preliminary report on the mud glyphs in 15Wa6, Warren County, Kentucky. In: (S. L. Sanders, T. N. Sanders & C. Stout, eds.): *Current Archaeological Research in Kentucky* 4. Kentucky Heritage Council, Frankfort: 332-353.  
 DIBLASI, P. J. 1996. Prehistoric expressions from the central Kentucky karst. In: (K. C. Carstens & P. J. Watson, eds.): *Of*

*Caves and Shell Mounds*. University of Alabama Press, Tuscaloosa: 40-47.  
 DIXON, R. B. 1905. The Northern Maidu. *Amer. Mus. Nat. Hist. Bull.* 17: 119-346.  
 DOBYNS, H. F. & R. C. EULER. 1976. The Walapai People. *Indian Tribal Series*, Phoenix, 103 p.  
 ELLIS, F. H. & L. HAMMACK. 1968. The inner sanctum of Feather Cave, a Mogollon sun and earth shrine linking Mexico and the Southwest. *Amer. Antiq.* 33: 25-44.  
 FAULKNER, C. H. (ed.). 1986. *The Prehistoric Native American Art of Mud Glyph Cave*. University of Tennessee Press, Knoxville, 124 p.  
 FAULKNER, C. H. 1996. Three new 'mud glyph' caves discovered in Tennessee and Virginia. *Eastern States Rock Art Res. Assoc. Newsl.* 1: 4.  
 FERGUSON, L. G. 1983. An archaeological investigation of TCS#FE60: a cave in north central Tennessee (abstract). *Nat. Speleol. Soc. Bull.* 45: ff35.  
 FREEMAN, J. P., G. L. SMITH, T. L. POULSON, P. J. WATSON & W. B. WHITE. 1973. Lee Cave, Mammoth Cave National Park, Kentucky. *Nat. Speleol. Soc. Bull.* 35: 109-126.  
 HARRINGTON, M. R. 1925. Ancient salt mine near St. Thomas, Nevada. *Mus. Amer. Indian, Heye Found., Indian Notes* 2: 227-231.  
 HEIZER, R. T. 1952. A survey of cave archaeology in California. *Univ. Cal. Archaeol. Surv. Rept.* 15: 1-12.  
 HOUGH, W. 1907. Antiquities of the upper Gila and Salts River valleys in Arizona and New Mexico. *Bur. Amer. Ethnol. Bull.* 35: 1-96.  
 JEANCON, J. A. 1923. Excavations in the Chamu Valley, New Mexico. *Bur. Amer. Ethnol. Bull.* 81: 1-80.  
 JOHNSON, J. J. 1996. Artifacts made from calcite and marble quarried by Native Americans in central California 3000 to 4500 years ago (abstract). *J. Cave and Karst Studies* 58: 198.  
 KENNEDY, M. C. 1996. Radiocarbon dates from Salts and Mammoth caves. In: (K. C. Carstens & P. J. Watson, eds.): *Of Caves and Shell Mounds*. University of Alabama Press, Tuscaloosa: 48-81.  
 McDONALD, H. & M. LEISSRING. 1996. Ponderosa Cave, a possible calcite quarry in the Sierra Nevada in central California 3000 to 4500 years ago (abstract). *J. Cave and Karst Studies* 58: 199.  
 McEACHERN, M. 1975. Archaeology of the Mother Lode caves. *NSS 1975 Convention Guidebook*: 128-145.  
 MORATTO, M. J. 1984. *California Archeology*. Academic Press, Orlando, 757 p.  
 MUNSON, P. J. & C. A. MUNSON. 1990. The prehistoric and early historic archaeology of Wyandotte Cave and other caves in southern Indiana. *Ind. Hist. Soc., Preh. Res. Ser.* 7(1): 1-101.  
 MUNSON, P. J., K. B. TANKERSLEY, C. A. MUNSON & P. J. WATSON. 1989. Prehistoric selenite and satin spar mining in Mammoth Cave, Kentucky. *Midcontinental J. Archaeol.* 14: 119-145.  
 REILLY, P. T. 1973. The Refuge Cave. *Masterkey* 47: 46-54.  
 ROBBINS, L. M., R. C. WILSON & P. J. WATSON. 1981. Paleontology and archaeology of Jaguar Cave, Tennessee. *Proc. VIIIth Internat. Cong. Speleol.* 1: 377-380.  
 SEEMAN, M. F. 1986. Adena 'houses' and the implications for Early Woodland settlement models in the Ohio Valley. In: (K. B. Farnsworth and T. E. Emerson, eds.): *Early Woodland Archeology*. Center for American Archeology Press, Kampsville: 564-580.  
 SHUTLER, R., Jr. 1961. Lost City: Pueblo Grande de Nevada. *Nev. St. Mus. Anthropol. Pap.* 5: 1-85.  
 TANKERSLEY, K. B., C. A. MUNSON, P. J. MUNSON, N. R. SHAFFER & R. K. LIENIGER. 1990. The mineralogy of Wyandotte Cave aragonite, Indiana, and its archaeological significance. In: (N. P. Lasca & J. Donahue, eds.): *Archaeological Geology of North America*. *Geol. Soc. Amer., Centennial Spec.* Vol. 4: 219-230.

WALTHALL, J. A. & D. L. DeJARNETTE. 1974. Copena burial caves. *J. Ala. Archaeol.* 20: 1-59.

WATSON, P. J. 1969. The prehistory of Salts Cave, Kentucky. *Ill. St. Mus., Rept. Invest.* 16: 1-86.

WATSON, P. J. (ed.). 1974. *Archeology of the Mammoth Cave Area*. Academic Press, New York, 255 p.

WATSON, P. J. 1986. Prehistoric cavers in the Eastern Woodlands. In: (C. H. Faulkner, ed.): *The Prehistoric Native American Art of Mud Glyph Cave*. University of Tennessee Press, Knoxville: 109-116.

WENRICH, K. J. & H. B. SUTPHIN. 1994. Grand Canyon caves, breccia pipes and mineral deposits. *Geology Today* 10: 97-103.

WILLEY, P. & G. CROTHERS. 1986. Archaeological and osteological survey of Bullthistle Cave. Report to Virg. Div. of Landmarks, Richmond, 43 p.

Figure 1 : Location of select caves and areas in North America. 1. Wyandotte, 2. Mammoth-Salts, 3. Jaguar, 4. Saltpeter, 5. Big Bone, 6. Feather, 7. Paiute, 8. Red Paint, 9. Walapai, 10. Salt, A = area of glyph caves, B = area of Copena burial caves, C = area of central California caves with calcite mining.

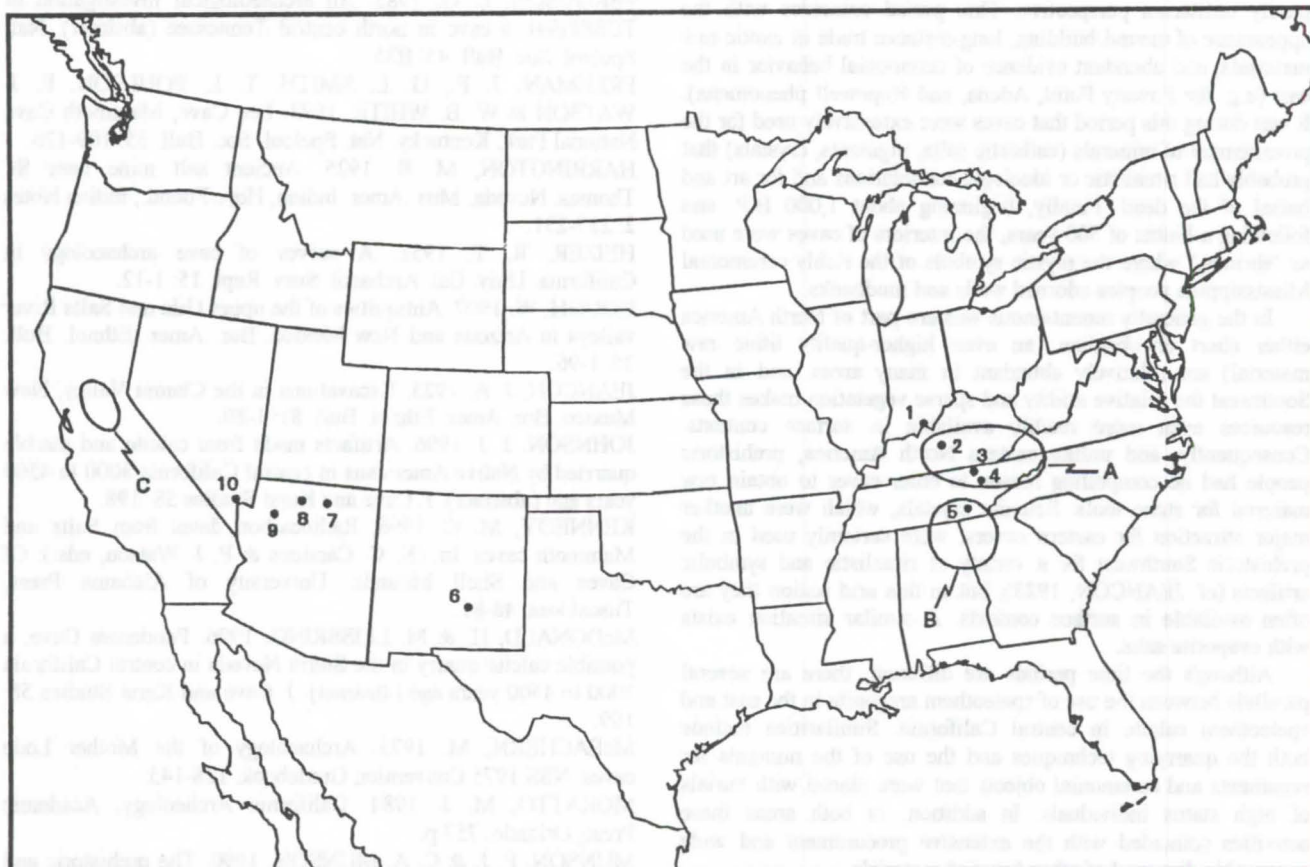


Figure 1

Location of select caves and areas in North America. 1. Wyandotte, 2. Mammoth Salts, 3. Jaguar, 4. Saltpeter, 5. Big Bone, & Feather, 7. Paiute, 8. Red paint, 9. Walapai, 10. Salt.

A = Area of glyph caves, B = area of Copena burial caves, C = area of central California caves with calcite mining.

# La paléospéléologie

François ROUZAUD

Service Régional de l'Archéologie - DRAC Midi-Pyrénées, 7, rue Chabanon, 31200 Toulouse (France)

## Abstract

Deep and dark caves are an extremely stable environment which provides a great durability to anthropic and paleontological evidences. Some of these are encountered almost exclusively in the subterranean world, for instance human or animal prints, or paleolithic art. Beyond these moving vestiges, a big quantity of informations is available on very ground and the walls of many caves, concerning men of old times and their natural environment. The deep underground world keeps the remains within the volume which has induced their accumulation. The global approach of whole, the container and the contents, permits to give an account of the role of this volume, preexisting place and often actor of both the constitution and the conservation of the archeological site.

Archeological subterranean researches are complementary of daylight excavations. In deep caves, the brief moments of the life of a few individuals is revealed. These "snapshots" are of an exceptional quality, they punctuate the film of the human history that is patiently reconstructed by outdoors archeologists and paleontologists.

## Résumé

Les grottes profondes et obscures constituent un milieu extrêmement stable qui confère une très grande pérennité aux témoignages anthropiques et paléontologiques. Certains d'entre-eux se rencontrent presque exclusivement dans le monde souterrain à l'exemple des empreintes humaines ou animales, ou bien encore de l'art pariétal paléolithique. Mais, au-delà de ces vestiges émouvants, c'est une quantité importante d'informations concernant les hommes des temps passés et leur environnement naturel qui est disponible sur le sol et les parois de nombreuses cavités. Le monde souterrain profond conserve les vestiges à l'intérieur du volume qui est à l'origine de leur accumulation. L'approche globale de l'ensemble contenu/contenant permet de prendre en compte le rôle de ce volume, cadre préexistant et bien souvent acteur de la constitution et de la conservation du gisement.

Les recherches archéologiques, dans le monde souterrain sont complémentaires de celles conduites au jour, dans les abris ou en plein air. Sous terre, c'est bien souvent le témoignage de brefs instants de la vie de quelques individus qui nous est révélé. Ces "images instantanées", d'une exceptionnelle qualité, viennent illustrer le "film de l'histoire de l'humanité" patiemment reconstitué, à "l'extérieur", par les archéologues et les paléontologues.

## 1. Le cadre de la paléospéléologie

La paléospéléologie se propose d'aborder globalement l'ensemble des traces laissées par les hommes et les animaux dans le monde souterrain profond, en tentant de répondre aux questions : quand ? comment ? pourquoi ? sont-ils venus sous terre, ou du moins comment les témoignages y sont parvenus et s'y sont conservés (ROUZAUD F., 1995).

Dans ce but, la paléospéléologie recense, analyse, et conserve, toutes les informations d'origine géologique, anthropique, zoologique... présents à l'interface galerie/parois. En conséquence, cette étude ne peut se limiter à l'approche des témoignages d'une période donnée. L'étude paléospéléologique n'est pas destructrice de l'information (comme peut l'être une fouille...), elle peut donc être reprise et complétée à tout moment.

La paléospéléologie intègre :

- les techniques de progression dans le monde souterrain pour découvrir des témoignages, assurer leur sécurité et permettre leur observation.
- la connaissance de la spécificité de ce milieu (géologie, Karstologie, climatologie...) pour reconnaître, caractériser et conserver les témoignages.
- l'enregistrement des données : description, topographie, photographie, relevés ... qui permettent de recenser, d'étudier, de faire connaître, de valoriser et de conserver les patrimoines naturels et culturels.
- la mise en œuvre de protections physiques (portes, passerelles...), juridiques (classement Monument Historique ...) ou réglementaires (autorisations de visites, organisation de la recherche...)

La paléospéléologie est strictement liée à l'activité des spéléologues ; elle entretient avec eux des relations privilégiées (sensibilisation au patrimoine, information, formation, valorisation des découvertes...). La paléospéléologie dispose d'une problématique propre, mais devant la multiplicité des disciplines

prises en œuvre, son efficacité dépend de sa faculté à constituer un pôle d'échange entre toutes les spécialités qui interviennent dans le monde souterrain ; qu'il s'agisse d'explorations, d'études, de conservation ou de communication au public.

## 2. Karst profond et archéologie

Ainsi qu'il a été énoncé, le lieu de l'étude est l'ensemble des cavités humainement pénétrables. Il convient donc de prendre en compte la formation et l'évolution de celles-ci. Si l'on excepte les cavités artificielles (mines, hypogées, souterrains...), les témoignages anthropiques et paléontologiques dans le monde souterrain profond sont, sauf exception, conservés dans les cavités karstiques. La connaissance du karst, et de ses caractéristiques spécifiques, est importante pour comprendre les conditions de constitution des gisements ; elle devient fondamentale pour aborder leur conservation. En conséquence, les limites naturelles de l'espace conservatoire (en l'absence duquel il n'y aurait pas de sujet d'étude), seront le plus souvent reportées à celles du massif karstique lui-même.

L'étude archéologique doit donc s'intégrer dans l'évolution dynamique du karst dont l'échelle chronologique se chiffre le plus souvent en millions d'années. Au cours de tout ce temps, il aura mémorisé par ses formes de creusement, ses remplissages, ses vidanges... la plupart des événements extérieurs. Cette évolution et les mises en mémoire successives du karst constituent l'espace où viennent s'intégrer les témoignages anthropiques et paléontologiques.

L'organisation géométrique des "cellules mémoires" dans le karst profond est différente de celle observée à la surface du sol. A l'extérieur, leur ordonnance répond généralement aux règles de la stratigraphie où les événements les plus anciens sont recouverts par les plus récents. A l'intérieur du karst, la surface devient volume et les cellules sont dispersées, sans obligation de continuité, dans les trois dimensions. Ceci rend le plus souvent

aléatoire la confrontation entre deux unités de dépôt, par exemple un foyer et une œuvre pariétale, pour lesquelles il n'est pas toujours aisé de démontrer la contemporanéité sans une approche globale du système.

La vision directe du site souterrain est limitée au parcours des espaces humainement connus et pénétrables. Elle doit être complétée par la prise en compte des paramètres physiques des volumes rocheux encaissants : existence du réseau de fissures et de son état, vide ou colmaté ; connaissance de son fonctionnement actuel et passé, existence de conduits sous-jacents, plus ou moins actifs, qui font évoluer les sols, ou bien encore existence éventuelle d'autres voies d'accès actuellement colmatées ... L'approche globale du massif karstique permet de transformer ces difficultés en autant d'instruments d'étude.

Le karst profond, totalement obscur, se caractérise par sa grande stabilité climatique : l'amplitude maximale des variations annuelles de température y est inférieure au degré. L'absence de lumière interdit le développement de toute forme de végétation et la colonisation animale demeure extrêmement réduite ; les seules formes terrestres permanentes concernent des individus de taille millimétrique à centimétrique. Toutes les conditions optimales se trouvent donc réunies pour assurer une parfaite conservation des traces et empreintes sur le sol et les parois des grottes ; il est donc parfaitement justifié de privilégier de manière absolue leur étude et leur conservation *in situ* lors de toute recherche.

Les fouilles proprement dites ne seront entreprises qu'exceptionnellement dans le monde souterrain profond. Par exemple dans le lit de ruisseaux souterrains où, comme dans la grotte chalcolithique de Foissac (Aveyron), les qualités conservatoires du milieu humide s'ajoutent à celles du milieu karstique profond (ROUZAUD, DU FAYET DE LA TOUR, 1997). Les fouilles souterraines prendront plus généralement la forme de prélèvements pour analyses, de micro-sondages à la faveur de coupes naturelles ou bien seront limitées à l'enlèvement de limon de crue, ou encore des traces de piétinement moderne qui occultent les témoignages.

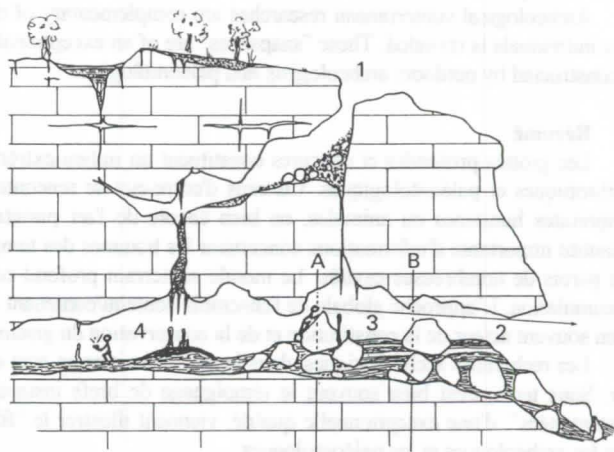
### 3. La constitution des gisements dans les karsts profonds

La constitution d'un gisement dans le karst profond peut être due, soit à l'accumulation, plus ou moins volontaire de témoignages, à l'exemple du résultat d'un séjour animal ou humain, soit au fonctionnement naturel du milieu. Dans le premier cas, sa structure interne sera comparable à celle des gisements extérieurs. Dans ce second cas, le matériel archéologique constitutif, dont le dépôt original peut être extra-karstique, sera déplacé et concentré comme n'importe quel autre sédiment détritique et la structure interne du dépôt sera représentative du mode de transport à l'exemple de l'affluent de Joly, dans le gouffre de Padirac (Lot) (ROUZAUD, *et al.*, 1994). En fonction de leur degré d'évolution dans le karst, les gisements peuvent donc être qualifiés de "gisements primaires" ou de "gisements secondaires". En raison de l'évolution dynamique du milieu, les gisements primaires auront tendance à évoluer en gisements secondaires et tous les termes de passage peuvent être observés, y compris dans un même site, comme dans l'Igue des Rameaux à Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne) (ROUZAUD, *et al.*, 1990). Les deux types de gisement fourniront des informations à des échelles différentes. Les premiers concerneront les activités conduites par les auteurs dans le site lui-même. Les seconds informeront sur l'évolution du massif depuis le dépôt primaire.

### 4. La position des gisements dans le karst

Comme à l'extérieur, la position des gisements à l'intérieur des karsts n'est jamais aléatoire (figure 1). L'implantation des gisements primaires répond aux conditions techniques et

matérielles et aux préoccupations de chaque époque. Ainsi, avant la complète maîtrise du feu, les hommes ne se sont pas aventurés au delà des parties naturellement éclairées (mais qui peuvent aujourd'hui se situer dans l'obscurité). Les motivations sont, pour ces hommes, la recherche d'abris naturels ou d'eau, toujours rare à la surface des terrains karstiques. Ils ont aussi pénétré les pertes et certains gouffres pour récupérer des carcasses animales dans ces pièges naturels (à l'exemple de l'Igue des Rameaux). Il est à noter que dès cette même époque, certains animaux, à l'exemple des ours, des lions et des hyènes des cavernes investissent, en partie pour les mêmes raisons, les zones obscures des grottes ; ils y ont laissés leurs empreintes, leurs structures (bauges) et leurs squelettes.



**Figure 1 : Les occupations des grottes, gouffres et abris sous roche :**

- 1- Incursions à toutes les époques, charognage, puis exploitation des matières premières.
- 2- Zone éclairée par le jour = climat extérieur. Utilisation pour toutes les activités à toutes les époques, séjours de toutes durées.
- 3- Zone de pénombre (éclairage nécessaire) = variations climatiques amorties. Utilisation comme refuge contre les intempéries ou l'adversité, séjours de toutes durées.
- 4- Zone obscure (éclairage indispensable) = climat stable. Parcours et séjours brefs, explorations, activités cultuelles, exploitation de matières premières (eau, argile...).
- A- "Point de jour". B- "Limite d'éclairement"

Dès la domestication du feu et la parfaite maîtrise de l'éclairage artificiel, les hommes vont pouvoir partir à la conquête du monde souterrain profond. Leurs traces sont alors susceptibles d'être rencontrées n'importe où sous terre.

La nature et la répartition de ces témoignages dans les zones obscures (parcours, aménagements, séjours...) varie suivant les époques. Dans les grottes connues et explorées de longue date, l'étude de l'art pariétal paléolithique a été privilégiée au détriment des autres traces. Un peu partout, les témoignages des périodes récentes (protohistoire et histoire) ont été trop souvent négligés. C'est pourtant par la comparaison entre tous les vestiges de toutes les époques qu'il sera possible d'évaluer plus précisément les motivations des hommes qui ont fréquenté le monde souterrain profond : explorations, activités cultuelles, recherche de matière première...

La conservation différentielle joue aussi un grand rôle dans l'observation, et l'interprétation des vestiges. Les parties les plus actives des karsts (à proximité de l'extérieur, ou susceptibles d'être ennoyées) sont moins favorables à la conservation de certaines catégories de vestiges dont il est nécessaire d'explicitier la rareté ou l'absence.

## 5. Les moyens de l'étude paléospéléologique

L'essentiel de la démarche paléospéléologique consiste en un travail d'inventaire et d'enregistrement le plus exhaustif possible, conduit dans le plus grand respect de l'environnement naturel, car son maintien intégral est le meilleur garant de la conservation du site.

L'inventaire a le plus souvent comme point de départ les observations effectuées par les spéléologues inventeurs, ou les interrogations soulevées par les chercheurs chargés de l'étude lorsque la grotte est anciennement connue. Dès que l'on pénètre dans la cavité, la première réaction sera toujours conservatoire : des traces peuvent exister, et être menacées en amont de celles déjà observées. Il importe alors de ne progresser que dans le respect absolu de toutes les sources potentielles d'information à l'exemple des sols vierges ou encore peu piétinés. Les anomalies, de toute nature, observables à la surface du sol et des parois seront alors notées, balisées et discutées : ce premier examen révèle les principales potentialités du site. La description est réalisée de pair avec la mise en place de protections (du simple balisage à la mise en place de passerelles) qui faciliteront l'enregistrement des données par des relevés et des photographies. Lors d'une étape ultérieure, le levé d'une topographie détaillée des galeries sera l'occasion d'un examen systématique de l'ensemble des sols et des parois et préparera au prélèvement d'échantillons (charbons, sédiments, colorants...). Ce n'est qu'à l'aboutissement de cette phase, qui peut s'échelonner sur des mois ou des années... que pourront éventuellement être entrepris des sondages et, le cas échéant, des fouilles.

## 6. Les objets de l'étude paléospéléologique

### 6.1. Les traces des passages des animaux dans le monde souterrain

Les chauves-souris sont les habitants actuels les plus connus des grottes profondes. Leur silhouette est bien souvent utilisée comme emblème par les spéléologues. Certains autres mammifères occupent volontiers le monde souterrain. Ils peuvent en être les hôtes occasionnels ou bien y accomplir une partie de leur cycle biologique, à l'exemple des ours qui l'ont utilisé, en particulier pour leurs hibernations. Ces animaux ont laissé de nombreux témoignages de leurs déambulations (empreintes, griffades, polissages), de leurs aménagements (bauges ou nids), des reliefs de leurs repas (ossements de leurs proies), de leurs déjections (coprolithes) ou bien encore de leurs squelettes s'ils sont morts sur place. Les ours sont les plus connus et les plus nombreux, ils sont cependant loin d'être les seuls animaux à avoir fréquenté le monde souterrain profond. Il en fut de même pour beaucoup d'autres carnivores (lions, loups, hyènes...) auxquels il convient d'ajouter quelques rares cas d'herbivores (bouquetins, chèvres, rennes...). Pour ces derniers, un grand doute subsiste sur la spontanéité de leur venue sous terre où ils se sont probablement perdus, mais leurs traces montrent qu'ils ont réussi à y survivre quelques temps.

A toutes les époques, de très nombreux animaux sont parvenus accidentellement à l'intérieur du karst profond où leurs ossements se sont conservés. Certains individus sont tombés dans des gouffres, d'autres ont été entraînés sous terre par des crues. En effet, l'une des caractéristiques des pays calcaires est la rareté de l'eau à leur surface ; aussi, les quelques ruisseaux et lacs sont particulièrement fréquentés. Les animaux, vieux, blessés ou malades vont y mourir et les crues entraîneront leurs carcasses dans les galeries souterraines où leurs ossements peuvent parfaitement se conserver. Ces systèmes accumulateurs ont fonctionné à des époques très anciennes comme nous le montrent les célèbres gisements phosphorites du Quercy, datés de l'ère Tertiaire. Pour les périodes plus récentes, ces "mises en mémoire" de la faune vivant en surface nous fournissent une image particulièrement fiable de l'environnement naturel de l'homme. Les

sites, occupés par l'homme préhistorique lui-même, sont généralement inaptes à nous apporter cette information ; en effet, les restes animaux qu'ils contiennent ne représentent qu'un échantillon particulier, correspondant généralement à la faune chassée, où les carnivores sont toujours sous-représentés. Ces pièges naturels karstiques que nous venons d'évoquer ont été utilisés par les premiers hommes qui venaient y disputer les carcasses animales aux charognards. Plus tard, lorsque l'homme sera devenu un chasseur à part entière, il utilisera encore les particularités de la surface des karsts dans ses stratégies de chasse (embuscades aux points d'eau ou dans des gorges, ou bien encore il dirigera les troupeaux sur les pièges mortels que constituent les falaises ou les avens).

### 6.2. La conquête du monde souterrain par l'homme

Il y a près de 400 000 ans, l'homme maîtrise le feu et ainsi muni d'un éclairage artificiel, il va pouvoir s'aventurer dans les galeries profondes. Nous ne disposons encore que de très peu d'informations sur ces premières explorations. Il n'est pas rare de retrouver les vestiges du passage de l'homme du paléolithique ancien ou moyen, dans les galeries actuellement obscures. Mais il n'est pas facile de reconstituer la morphologie exacte des lieux au moment de l'occupation et de préciser si l'installation humaine s'était effectuée au jour, dans la pénombre ou dans l'obscurité.

La découverte récente de la grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne) montre l'existence d'aménagements importants, dans le monde souterrain profond, dès le Paléolithique moyen (ROUZAUD, *et al.*, 1996).

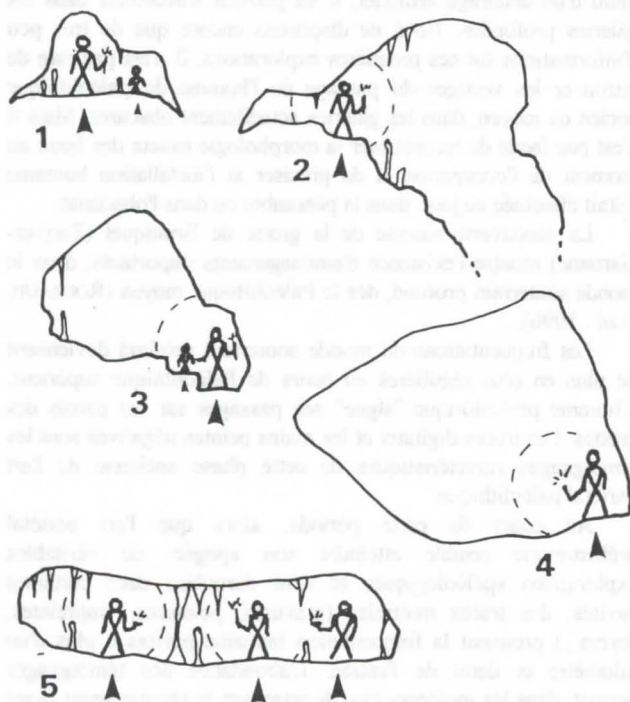
Les fréquentations du monde souterrain profond deviennent de plus en plus régulières au cours de Paléolithique supérieur. L'homme préhistorique "signe" ses passages sur les parois des grottes. Les tracés digitaux et les mains peintes négatives sont les témoignages caractéristiques de cette phase ancienne de l'art pariétal paléolithique.

Au cours de cette période, alors que l'art pariétal préhistorique semble atteindre son apogée, de véritables explorations spéléologiques se sont déroulées dans certaines cavités, des traces multiples (gravures, peintures, empreintes, foyers...) prouvent la fréquentation humaine parfois à plus d'un kilomètre et demi de l'entrée. L'abondance des témoignages permet, dans les meilleurs cas, de retrouver le cheminement exact des hommes dans les galeries (figure 2). Il est alors possible d'analyser leur "piste" et d'y lire leurs hésitations, leurs glissades et la manière dont ils ont franchi ou contourné les difficultés. La seule véritable limite à ces explorations préhistoriques semble avoir été due à la portée réduite de leurs éclairages. Les torches et lampes à huile, dont quelques exemplaires ont été retrouvés, ne permettent pas un éclairage au-delà de quelques mètres. Aussi, pour s'orienter dans les grandes salles, les hommes se déplacent toujours à proximité des parois.

Les rigueurs climatiques de la dernière glaciation ont probablement été un facteur déterminant pour la conquête du monde souterrain profond par les hommes du Paléolithique supérieur. En effet, la température interne des grottes de moyenne altitude (en dessous de 1000 mètres) était très voisine de celle que nous observons actuellement. Aussi, le gain de confort était particulièrement appréciable. Le climat interne devient prédominant dès le point de la cavité où l'obscurité est totale. De nombreuses installations humaines du Paléolithique supérieur, en grotte profonde, sont situées aux abords immédiats de ce point remarquable et suggèrent ainsi la recherche de conditions climatiques optimales.

L'art pariétal paléolithique est incontestablement le témoignage le plus spectaculaire du séjour de l'homme préhistorique dans le monde souterrain. Plus de 150 grottes ornées paléolithiques sont actuellement connues en France. L'organisation

des dessins, peintures et sculptures sur les parois des grottes, le choix restreint des espèces animales représentées, l'abondance des signes, peints ou gravés, et la rareté des habitats conservés au voisinage immédiat des œuvres plastiques ont imposé, dans l'esprit des préhistoriens, la notion de motivations exclusivement religieuses pour le séjour des paléolithiques sous terre. Les grottes profondes sont donc ainsi considérées comme des "sanctuaires". L'on peut toutefois objecter que la stabilité naturelle du monde souterrain, alliée à une fréquentation réduite à l'époque et quasi nulle depuis, ont constitué les conditions exceptionnelles et presque exclusives de la conservation des œuvres. Les motivations magiques et rituelles demeurant, les grottes ornées paléolithiques pourraient alors constituer pour nous, les seuls lieux représentatifs de "l'aménagement culturel", commun à tous les lieux de vie au paléolithique supérieur. Il est probable que de nombreux autres lieux aient été "ornés" par les hommes de la préhistoire.



**Figure 2 : Les Cheminements dans les grottes profondes**

1. Petite galerie : circulation à l'endroit le plus haut + itinéraire enfant.
2. Conduit vaste avec contournement d'obstacle, ici un puits.
3. Grande galerie : paroi guide + itinéraire enfant.
4. Grande galerie, paroi guide.
5. Galerie large et basse : utilisation de la voûte comme guide.

Avec la fin de la dernière époque glaciaire, il y a quelques 10 000 ans, les hommes semblent abandonner les galeries profondes et obscures. Les conditions climatiques moins rigoureuses n'incitent plus les hommes à rechercher la température plus clémente des grottes profondes. Au contraire car de nouvelles conditions environnementales internes se mettent en place (ruissellement, concrétionnement...) elles expliquent aussi, pour partie, cette rareté des traces.

Il faut attendre les débuts du Néolithique pour voir les hommes s'aventurer, à nouveau, régulièrement et parfois profondément sous terre.

L'avènement de l'agriculture, de l'élevage, la tendance à la sédentarisation créent de nouvelles contraintes. Dans les régions karstiques les grottes occupent une place importante à l'intérieur du terroir. Comme par le passé, les porches et les entrées demeurent des abris naturels forts utilisés. Les sites d'accès particulièrement difficile (dans les falaises) servent de refuge ou de

cache. L'insécurité majeure semble maintenant provenir plus des autres hommes que de l'environnement naturel.

De nombreuses cavités naturelles vont servir de lieux de sépulture, en concurrence avec les dolmens qui ont été abondamment érigés sur les zones karstiques.

Le développement de nouvelles technologies fait apparaître de nouvelles motivations pour la fréquentation du monde souterrain profond et l'exploitation de ses richesses : recherche de silex, d'argile pour les poteries, d'eau...

A partir de cette époque, les caractéristiques défensives, où les fonctions de cache, du monde souterrain seront régulièrement exploitées, par toutes les sociétés à chaque époque troublée. Les derniers occupants du monde souterrain français sont les maquisards durant la seconde guerre mondiale.

Au cours des périodes récentes, quelques cavités naturelles profondes furent exploitées comme mines. Des minéralisations diverses (fer, cuivre, argent...) furent extraites, parfois sur une grande échelle, la cavité ayant à la fois facilité la concentration du minéral recherché, donc la création du gîte ; mais aussi son accessibilité. L'exemple de la grotte-mine de fer médiévale du Cail est particulièrement significatif (ROUZAUD et al., 1997). En effet, avec des techniques rudimentaires, l'approche des minerais est facilitée par l'existence plus ou moins continue de galeries naturelles qu'il suffit de dégager partiellement de leur remplissage, souvent plus meuble que la roche encaissante. Ces exploitations minières en cavité naturelle ne sont encore que peu reconnues et étudiées. Il semble qu'elles aient parfois atteint une très grande ampleur.

Des exploitations minières analogues, dans des cavités karstiques, étaient encore actives au début de ce siècle. Citons, pour mémoire l'extraction de l'argile pour les céramistes (Vallauris, Alpes-maritimes), l'exploitation de la calcite massive comme pierre d'ornement (grotte de Limousis, Aude) ou des engrais (phosphatières du Quercy).

## Références

- ROUZAUD F., 1995 - La paléospéléologie, une méthode d'étude des grottes préhistoriques et paléontologiques. *CTHS, 118<sup>e</sup> congrès - Pau 1993*, p. 143-148
- ROUZAUD F., FABRIOL J.F., PHILIPPE M. 1994 - in PHILIPPE et Coll. - L'autre Padirac, spéléologie, karstologie et préhistoire dans l'affluent de Joly - *Spelunca Mémoire*, n°20, et *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon Fasc.* 31, 232 p. (p. 80-98)
- ROUZAUD F., SOULIER M., BRUGAL J.P., JAUBERT J., 1990 - L'Igüe des Rameaux (Saint-Antonin-Noble-Val, Tarn-et-Garonne). Un nouveau gisement du Pleistocène moyen. Premiers résultats. *"Paleo"* N° 2, Les Eyzies / SAMRA, p. 89-106.
- ROUZAUD F., SOULIER M., LIGNERET Y., 1996 - La grotte de Bruniquel - *Spelunca* 5<sup>e</sup> série n° 60, décembre 1995, p.27-34.
- ROUZAUD F., DU FAYET DE LA TOUR A., 1997 - La grotte chalcolithique de Foissac (Aveyron-France). Actes du Congrès de l'UIS, La Chaux de Fonds.
- ROUZAUD F., MAUDUIT E., CALVET J.P., 1997 - La grotte-mine médiévale du Cail à Sorèze (Tarn-France). Actes du Congrès de l'UIS, La Chaux de Fonds.

# On the oral folklore connected with caves in Finland

Aimo Kejonen

Geological Survey of Finland, Regional Office for Mid-Finland, P.O.Box 1237, SF-70211 Kuopio, Finland

## Abstract

There are some 750 inventoried caves in Finland. A great number of them, 473 caves, are connected with oral folklore like folk narratives, typical place names and description of the cave openings and interiors. This material is analysed and used as a source of the Finnish speleological investigation.

## 1. Introduction

The number of the field checked Finnish caves is nowadays about 750, but the cave inventory increases all the time. Oral folklore is connected with 473 of these caves. Some 350 Finnish caves have been mentioned in the information archived in the Folklore Archives of the Finnish Literature Society. Folk narratives, local proverbs, geographical positions of caves and other useful informations for speleologists were found to be well preserved. This material is mostly collected by the local people or the scholarship students of the Finnish Antiquities Society. The classification of folk narratives connected with caves is after SIMONSUURI (1961) and RAUSMAA (1981). KEJONEN (1990) has described the oral folklore of 253 Finnish caves.

## 2. On the archeological, historical and geological background of the oral folklore

The Finnish cave archeology is very limited, but some finds have been made. The oldest, not yet confirmed find, the hand axe from Susiluola, might be interglacial or interstadial or at least 60000 years old. Next cultural marks in caves are comb-ceramic (8200-6000 BP) arrowheads and ceramics (TAAVITSAINEN 1982), one hammer axe of stone (4500-4000 BP) and quartz flakes of unknown age. They are most common in the southern, southeasten and western part of Finland. Some caves in pegmatite rocks have been Stone Age quartz mines. About ten rock paintings of Stone Age (8200-3500 BP) or early Bronze Age (3500-3000 BP) have been found on the ceilings and the walls or around the entrances of the caves in the Saimaa area (RAUHALA 1976, KIVIKÄS 1995). One of these painted caves may be an ancient burial chamber.

Bronze Age ceramics have been found only in the Hautvuori caves at Laitila (MEINANDER 1954). Later these caves were a part of the Iron Age hill fortress. Several caves have been found in the area of Iron Age hill fortresses in southern Finland (APPELGREN 1891).

Treasures have been found in some Finnish caves. The best documented are the Viking age silver treasure from Laitila and the late medieval (1410-1430), silver coin filled cowbell from Masku (SARVAS 1975). The treasures of the cave in inland areas are mostly younger. They were hidden during the Russo-Swedish wars 1700-1721 and 1741-1743, when the Russians occupied Finland.

The Lapps lived some 500 years ago hunting and fishing in Lapland and in the lake area of Central Finland. They moved to the north or disappeared 300-400 years ago, when the agricultural Finnish settlement spreaded to the north. The place-names and the local narratives tell much about them and their ancient living.

Finland has been more or less christian country about 800-1000 years, but the old traditions were preserved untill the World War I. Some caves have been places of sacrifice. The most famous of these caves are the Ukonsaari caves. Ukonsaari is the small and steep rock island in the lake Inari, where the ancient god Ukko lived. There are several small caves. The local

Lapps sacrificed reindeer horns, fishes and coins to the Ukko. Archeological material shows that the Lapps used this place of sacrifice for at least 1000 years (NORDMAN 1922). Other sacrificial caves exist in Lapland, one at Kuusamo, two in North-Karelia, one in southern Pohjanmaa near lake Lappajärvi and more in the south at Kerimäki, southeasten Finland, and near Turku, southwestern Finland. The shamans and sorcerers have used several caves as their churches or magic places.

The numerous Russo-Swedish wars (1555-1557, 1570-1595, 1609-1617, 1700-1721, 1741-1743, 1789-1792 and 1808-1809) forced the local people to fly and to hide themselves. The Russians occupied all of Finland or some parts of it during Vanhaviha or Pitkäviha (Old Hate or Long Hate) 1570-1595, Isoviha (Big Hate) 1710-1721, Pikkuviha (Small Hate) 1741-43 and Suomen sota (Finnish war) 1808-1809. The younger war periods are the Finnish Civil war (1918) and the World War II.

Numerous robbers (Ryöskä, Puikkoset, Sika-Kyösti etc.), shamans (Finni, Puhu-Matti, Ryöskä etc.), hermits (Branni, Halonen, Hiskia, Peis-Immonen etc.), preachers (Somonen, Yrjänä etc.), war refugees (Elli, Ierikka, Tynkkynen etc.), famous hunters and fishermen (Moksu, Hirvi-Simuna, Häänperinäjä etc.), whose names are living in the names of caves, are historial persons. Most of them lived between 1600-1900. The famous dwelling caves of hunters, fisherman, harvesters, field workers have been used 1700-1950. Some of these place are used even nowadays in the lake area and in Lapland.

Several animals like bear, wolf, wolverine, lynx and fox live in Finnish caves. One new animal, raccoon dog, has during last two decates occupied many caves. The ringed seal of lake Saimaa and beaver use caves in the Saimaa region as winter dens.

The cultural marks like fire places, sitting and table boulders, heaped stone walls etc. are very common material in folk narratives. The Finnish caves are usually cold, more or less wet and in many cases draughty. Different kind of constructions are often necessary, if people must live in a cave for days or weeks.

## 3. The motives of the folk narratives connected with Finnish caves

The Finnish oral cave folklore like most of the Finnish peasant culture can be divided into a western and an eastern tradition (Fig 1). The western tradition tells about giants, trolls, goblins etc. while the eastern tradition tells about devils. Famous robbers, hermits, hunters etc. have lived everywhere in Finland. The warindicies are mostly the same in the whole Finland, but the stories concerning the young men, who are avoiding the recruiting of the imperial Russian army, exist only in southern Saimaa area. The narratives concerning royal or noble people in caves and the knight, who stole the silver bowl of goblins, are western. Most of the famous and storyrich caves are in southern and western Finland (Fig. 1). On other hand many caves used as sacrificial or magic places are in eastern and northern Finland (Fig. 1).

The most common narratives are stories of war incidents, supernatural beings and their doings, outlaws, dens and hunting of the carnivorous animals (bear, wolf, lynx, fox), dwellings and workplaces for hunters, fishermen, hermits, rivermen, shamans etc., constructions (table and sitting boulders, rock paintings etc.) made by people or supernatural beings in the cave and of ancient Lapps (table 1).

The war narratives connect with the Russo-Swedish wars 1570-1595 and earlier war periods (Old Hate or Long Hate), 1710-1721 (Great Hate), 1741-1743 (Small Hate), 1808-1809 (Finnish War), the Civil War 1918 and the World War II. Many local battles, the living of war refugees and deserters and the hiding of all kind of valuables and church bells have been documented in these narratives. Certain narratives show the war refugee staying in a cave as an hermit. The narratives concerning the hiding of young men in caves, who tried to avoid the 30 years long recruiting of the imperial Russian army, are common in the southern and eastern Saimaa area.

Following the western folk narrative tradition goblins, trolls, giats (kalevanpojat, jättiläiset, hiidenväki etc.) and other that kind of supernatural beings live in caves. In eastern tradition, devils replace goblins, trolls and giant. Many caves have been famous for their supernatural dwellers. The great story clusters connected with supernatural beings in caves are more common in the western Finland.

The cultural marks and the man-made structures in caves are common motives. Typical motives in narratives are mentions of fireplaces, sitting boulders, rock engravings and paintings, etc. The old findings of Stone Age axes, arrowheads and ceramics and younger findings are well documented in folk narratives. Many caves are famous for their paintings or engravings. The rock paintings in the Saimaa area have been made 3000-6000 years ago. The engravings are usually younger, dating between 50-400 years. The age of the stone structures is in most cases one of 200 to 400 years. The ancient war refugees and other cave users have made these structures. Some caves have been places of sacrifice. Most of them are in the Saimaa area or in Lapland. The results of archeological findings the Ukonkivi caves of the lake Inari show that it has been used by the Lapps as an offering place for over 1000 years. Some caves are in the Iron Age hill fortresses, which have been constructed 700-1200 years ago. After narratives this caves have been hiding places for women, children and valuables.

#### 4. On the usefulness of the folk narratives for the speleological research

Many folk narratives are very useful for the speleologist. The places-names of rocks and hills mentioned in narratives including words like "devil", "robber", "goblin", "giant", "oven", "den", "cottage", "church", "room", "chamber", "cellar" etc. have been proved to be useful in the search of caves and in the determination of the cave positions. On the other side, most of the caves mentioned in folk narratives are real. The field investigation have shown that about 70 % of the the caves mentioned in folk stories are real, in some 20 % of the cases, there are no caves but crevasses, boulder heaps or other structures made by the nature, and in some 10 % of the cases we could not find any natural reason for the folk narratives.

It is possible to distinguish three morphological cave types after nomenclature: 1. Church-room caves, large, light, easy to go in; 2. den caves, close, labyrinthine, dark, difficult to go in; 3. oven caves, often small, rounded or tube like, often caused by weathering, back part of the cave much higher than the opening. So it is possible to estimate the size and looking of a cave before field checking.

In many cases the folk narratives tell about the time, when people lived in these caves. Many people of the narratives (robbers, hermits etc.) are real, historical people. The war incidents are in many cases real local history.

Stories can give knowledge concerning cave interiors. Crystals on ceilings and walls, iron precipitations on the walls, strange looking weathering hollows, door-looking boulders, boulders covered with iron precipitates, human made constructions like fireplaces, table and sitting boulders, different kind of stone upheavings, charcoal and culture layers in the floor are usually well documented in folk narratives. The documentation is often indirect. The quartz crystals are the diamonds of devils or trolls. The door-looking boulder is the door of the treasury or the rock house of the trolls. The iron precipitation covered boulder is the iron door. The light reflecting prothalluses of the lichen *Schistostega pennata* have given birth to narratives of the gold of devils or mountain-goblins that turns to dust when touched etc.

#### 5. Discussion

About 750 caves have been localized in Finland. The oral folklore connected with 473 caves have been analyzed in this paper. Some 350 Finnish caves have been mentioned in the information archived in the Folklore Archives of the Finnish Literature Society. Folk narratives, local proverbs, geographical positions of caves and other useful informations for speleologists were found to be well preserved.

The commonest narratives are stories of the war incidents, supernatural beings, outlaws, dens and huntings of the carnivorous animals (bear, wolf, lynx, fuchs), dwellings and the workplaces for hunters, fishermen, hermits, rivermen, shamans etc., structures (table, paintings etc.) in the caves made by people or supernatural beings and ancient Lapps. The folk narratives show well the two Finnish folklore areas, the western and the eastern, their border goes from Kotka via Jyväskylä to Oulu.

The war narratives connect with Russo-Swedish wars 1570-1595 and earlier war periods (Old Hate or Long Hate), 1710-1721 (Great Hate), 1741-1743 (Small Hate), 1808-1809 (Finnish War), the Civil War 1918 and the II World War. Many local battles, living of war refugees and deserters and the hiding of all kind of valuables and church bells have been documented in these narratives.

Following the western folk-tale tradition goblins, trolls, giants, kalevanpojat and other that kind supernatural beings lived in caves. Devils replace goblins, trolls and other supernatural beings in the eastern tradition. Many caves have been famous for their supernatural dwellers. The great tale clusters connected with caves are more common in the western tradition.

The cultural marks in Finnish Caves are scattered. The oldest findings are stone axes, arrowheads and ceramics. The oldest findings are some 6000-8000 years old. In the Saimaa area there are some cave with rock paintings. The paintings have been made 3000-6000 years ago. Some caves have been places of sacrifice. Most of them are in eastern and or in northern Finland. Archeological findings show that the Ukonkivi caves of the lake Inari have been used as place of sacrifice over 1000 years. Some caves are in iron age hill fortresses.

#### References

- APPELGREN, H. 1891. Suomen muinaislinnat. Tutkimus vertailevan muinaistieteen alalta. *Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja* XII: 1-237
- KEJONEN, A. 1990. Suomen luolia koskeva suullinen kansanperinne ja sen käyttö geologisissa luolatutkimuksissa (Summary: ). *Geologi* 42:6:106-109.
- KIVIKÄS, P. 1995. Kalliomaalaukset: muinainen kuva-arkisto (Summary: Paintings on rock: an ancient picture archive). Atena Kustannus Oy, Jyväskylä, 336 p.
- MEINANDER, C. F. 1954. Die Bronzezeit in Finland. *Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja* 54, 242 p.

NORDMAN, C. A. 1922. Silferringen från Ukonsaari i Enare. *Finsk Museum* XXIX: 1-10  
 RAUHALA, P. 1976. Enonkosken Kurtinniemen "luolamaalaus". *Suomen Museo* 83: 53-58  
 RAUSMAA, P.-L. 1973. Catalogue of Finnish Anecdotes and Historical, Local and Religious Legends. *NIF Publications* 3, 121 p.  
 SARVAS, P. 1976. Suomen vanhin lehmänkello. *Suomen Museo* 82:30-40

SIMONSUURI, L. 1961. Typen und Motivverzeichnis der finnischen mythischen Sagen. *FF Communications* N:o 182, 155p.  
 TAAVITSAINEN, J.-P. 1982. Hollolan Kapatuusion linnamäki. *Fennoscandia antiqua* 1/1982: 27-48

**Table 1. Classification of the folk narrative types connected with caves and the number of these caves.**

| Type of folk narratives  | number of caves |
|--|-----------------|
| <b>1. WAR MOTIVES</b>  |                 |
| a. War refugees in general   | 99              |
| b. Refugees of the Russo-swedish war (1570-1595) and earlier periods   | 12              |
| c. Refugees and guerillas of the Russo-swedish war (1700-1721)   | 47              |
| d. Refugees and guerillas of the Russo-swedish war (1741-1743)   | 11              |
| e. Refugees and guerillas of the Russo-Swedish war (1808-1809)   | 9               |
| f. Red or white refugees of the Finnish Civil war (1918)   | 12              |
| g. Deserters of the Word War II  | 19              |
| h. Bishop or priest and his family hiding in cave. The name of the cave (Piispanpesä, rovestinpesä, papinkammari) after this happening.  | 11              |
| h. Cave as battle place, guard place, storage of arms, etc. 7  |                 |
| i. Cave as hiding place for cattle, valuables, church bells, seed-corn, boats, etc.  | 23              |
| j. Cave as hiding place for young men avoiding the 30 years long recruiting of the imperial Russian army.  | 4               |
| <b>2. SUPERNATURAL BEINGS</b>  |                 |
| a. Dwelling of devils and local narratives   | 122             |
| b. Dwelling of trolls and local stories  | 51              |
| c. Dwelling of giants and local stories  | 16              |
| d. Dwelling of spirits, goblins, gnomes, dwarfs and other super natural beings and local stories.  | 89              |
| e. A brave soldier (dragon, knight, cavalryman) steals a silver bowl from devils (goblins, trolls), rides away and donates it to a church, where it is now used as a chalice.  | 10              |
| f. Supernatural beings throws boulders at a noisy church, laundress etc., but at last he must fly away because of the bad noises.  | 8               |
| g. Bishop, priest or monk drive the devils (trolls, goblins) away.   | 5               |
| h. The supernatural beings are constructing church for local people. They want the head of the priest as salary, but the priest can save himself, if he can guess the names of the supernatural beings. He is sad and walks in the forest, when he hear the devils wife singing her children's names.  | 3               |
| i. Devil is living in the cave, because an other devil drives him away from his former home, his tears changed to cristals.  | 3               |
| j. The cold treasure of devils (gollins, trolls) changes to dust when touched.   | 7               |
| k. Cave as the church of devils (goblins, trolls).   | 15              |
| l. A man and a daughter of some supernatural being are married. They will live in our world, but during their trip there, they are not allowed to look behind. When they come to the fiancés home, the fiancé looks behind. He can see a great number of people, treasures and cattle, but everything outside the gate of his house disappears. His wife criticizes her husband because of he annihilated her dowry. | 2               |
| m. Giants have constructed the cave.   | 5               |
| n. A person or foetus killed or burried not in a Christian way is haunt the cave.  | 11              |
| o. Unfaithful wife or husband is kept in the cave by devils.   | 1               |
| <b>3. DWELLING SITE OR MAGIC PLACE OF SHAMAN OR SORCERER</b>   |                 |
| a. Dwelling site or magic place generally.   | 10              |
| b. The sorcerer living in the Pirunkirkko of Julma Ölkky helps one young man, but steals his beautiful wife as reward. After revenge the sorcerer dies, but the young man changes to an eagle and his wife lives in the cave without her soul.   | 1               |
| c. Famous shamans and sorcerers (Pohu-Matti, Finni, Ryöskä etc.)   | 6               |
| <b>4. WORKSHOPS DWELLINGS OR HAUNTS OF HUNTERS, FISHERMEN, HERMITS, FOREST WORKERS</b>   |                 |
| a. Camp site for trappers, fisherman, harvesters, forest workers etc.  | 28              |
| b. Cave as fish cellar.  |                 |
| c. Dwelling site for hermits. The name of the cave after the hermit (Peis-immonen, Hiskia etc.)  | 11              |
| d. Cave as smithy, tailors or shoe-makers workshop, etc.   | 8               |
| e. Distillery in cave (legal or illegal)   | 7               |
| f. Temporary church  | 8               |
| g. Dwellings for royal or noble persons  | 5               |
| f. Shipwrecked English princess is living several years in cave with her maids of honour   | 1               |
| g. Fish or game cellar   | 8               |
| <b>5. LAPPS</b>  |                 |
| a. Hidding place of the Lapps  | 9               |
| b. Seita and/or place of sacrifice of the Lapps  | 4               |
| c. Bear and Lapp sleep together in the cave  | 2               |
| <b>6. OUTLAWS, ROBBERS, MURDERERS, ETC.</b>  |                 |
| a. General robber or thieves cave, etc.  | 33              |
| b. Dwelling for famous robbers (Sika-Kyösti, Talviais-Erkki, Ryöskä, etc.) 8   |                 |
| c. The searobbers of Rövarholm   | 1               |
| d. The lakerobbers of the Puikkonen gang   | 1               |
| e. Young man kill his father (brother, mother), lives one winter in a cave and flees abroad  | 5               |
| f. The cave was named after a person, who has been executed near the cave  | 1               |

## 7. DENS OF ANIMALS (BEAR, WOLF, ETC.)

- Generally den of bear, wolf, lynx, wolverine, fox or badger
- Dens of ringed seal of lake Saimaa
- Dens of beaver
- Bear or lynx has been shot in the cave
- Famous hunting place of wolves, foxes or badgers

2  
2  
7  
26

## 8. TREASURE IN CAVE (GOLD, MONEY, ETC.)

- General treasure cave
- Rich man puts his money in the cave doing magic tricks. Young man hears the conditions (must kill seven brothers etc.), accomplishes these conditions, and gets the money.
- Old, blind man (robber, war prison etc) comes home after many years. He has hidden a treasure in a cave, but he can't find the cave anymore.

10  
4  
2

## 9. ON THE MORPHOLOGY, CONTENT, GEOLOGY AND ARCHEOLOGY OF THE CAVE

- Subterranean passage between the cave and a manor house, church, castle or another cave.
- Cave is continuing as a unknown, airless tunnel
- Stone- or iron gate or -door closes the back of the cave
- Breakdown or narrow place closes the cave
- Crystals jewel treasure
- Fire goes out in the cave because of the strong draught
- Cave is impossible to close. Closing boulders roll away by themselves
- Water and/or ice in the cave
- Cave in the area of the Iron Age hill fortress
- Cultural marks in the cave (charcoal, fire place, sitting boulders, waterplace, rock paintings and writings )

8  
17  
7  
5  
5  
4  
12  
9  
309

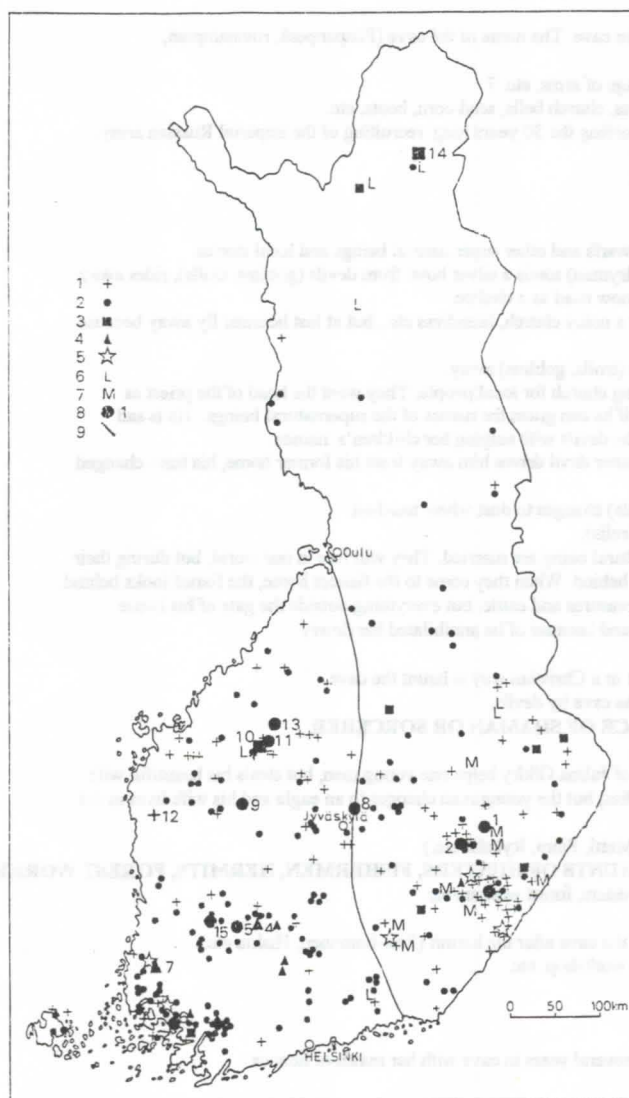


Fig. 1. The most important caves connected with folk narratives and archeological findings in Finland. 1. Supernatural being motives, 2. War motives, 3. Place of sacrifice or magic places of shamans and sorcerers, 4. Cave in the area of an Iron Age hill fortress, 5. Treasure, 6. Lapps in caves, 7. Rock paintings in cave or above the opening, 8. Caves with a great narrative cluster concerning different motives. 9. The border between the eastern and western narrative areas. The most important narrative cluster caves: 1. Ryöskäntupa (Ryöskäs cottage) at Heinävesi, 2. Pirunkirkko (Devil's church) at Rantasalmi, 3. Pirunkirkko at Savonlinna, 4. Pirunlinnan Pirunkirkko (Devil's church of devil's castle) at Lempäälä, 5. Pirunpesä (Devil's den) at Vesilahti, 6. Rövarholmin luola (Robber islands cave) at Kaarina, 7. Hautvuoren luola at Laitila, 8. Hätönhaudan luola (Cave of Devil's gorge) at Laukaa, 9. Pirunpesä at Vesilahti, 10. Pyhävuoren uhriluola (Sacrifice cave of Holy mountain) at Alajärvi, 11. Pyhävuoren Peikkoluola (Goblin cave of the Holy mountain) at Alajärvi, 12. Susiluola luola (Wolf cave) at Kristiinankaupunki, 13. Kirkkopakan luolat (Caves of Church hill) at Alahärmä, 14. konkiven luolat at Inari, 15. Pirunvuoren luola (Cave of Devil's mountain) at Vammala.

# Archéologie « verticale » dans les gouffres de la Sierra Mazateca (Cerro Rabon, Oaxaca, Mexique)

par Roman Hapka et Fabienne Rouvinez

Séminaire de Préhistoire, Université de Neuchâtel, Avenue DuPeyrou 7, CH-2000 Neuchâtel, Suisse

## Abstract

During the prospection campaigns which took place in the karstic massif of the Cerro Rabon (Sierra Mazateca, Oaxaca, Mexico) between 1991 and 1995, archeological material was discovered in several vertical caves. Access to the sites was difficult, for example: cliff entries, deep shafts, acrobatic progress inside galleries of total darkness, etc., all of which revealed an absolute mastery of techniques in vertical progress by the ancient Mazatecs. In the abyss of Tilpan 3, sherds of ceramic, such as intact vases, were found to a depth of 150 meters, that after a descent of an 80 meters shaft. The reasons which encouraged the Mazatecs Indians to penetrate into such perilous places remain hypothetical. The use of vertical caves in an archeological setting are not exclusive to the Cerro Rabon, several examples are known in Mesoamerica and throughout the world.

## Résumé

Lors des campagnes de prospections qui se sont déroulées dans le massif karstique du Cerro Rabon (Sierra Mazateca, Oaxaca, Mexique) entre 1991 et 1995, diverses cavités à caractères vertical ont livré du matériel. Les difficultés d'accès aux sites telles que : entrées en falaises, puits de plusieurs dizaines de mètres, progressions acrobatiques dans les galeries où l'obscurité est totale, etc., révèlent une parfaite maîtrise des techniques de progression verticale par les anciens mazatèques. Dans le gouffre de Tilpan 3, des tessons de poterie, ainsi que des vases intacts ont été retrouvés jusqu'à 150 mètres de profondeur, cela après la descente d'un puits surplombant, de 80 mètres de hauteur. Les raisons qui ont poussés les Indiens mazatèques à pénétrer dans des endroits aussi périlleux restent hypothétiques. L'utilisation de gouffres dans un cadre archéologique n'est pas réservée au Cerro Rabon, divers exemples sont connus en Méso-Amérique et dans le monde.

## 1. Introduction

Entre 1991 et 1995, plus de cinquante sites archéologiques ont été découverts et étudiés sur le plateau karstique du Cerro Rabon. Situé à 300 km au sud-est de Mexico City, dans la Sierra Mazateca à la frontière des états de Oaxaca, Puebla et Veracruz, il fait partie d'une importante chaîne de montagne séparant les basses terres tropicales humides du Golfe du Mexique, des hauts plateaux arides du Mexique central. D'épaisses et luxuriantes forêts tropicales recouvrent l'ensemble de la région à partir de 50 mètres d'altitude jusqu'aux sommets situés à plus de 2400 mètres.

La population mazatèque actuelle forte de quelques 100000 personnes réparties en de multiples villages et dans quelques petites villes, possède une littérature orale fort abondante, reflet des traditions et des croyances locales. Dans leur mythologie, les grandes cavernes et les montagnes sont les habitats d'êtres surnaturels (INCHAUSTEGUI, 1983). Comme ailleurs en Méso-Amérique, les grottes abritent les dieux de la pluie, du tonnerre et des eaux. Le monde souterrain est donc un lieu sacré chez les Indiens mazatèques traditionnels. L'origine de ces mythes, souvent associés à des rites, est antérieure à la conquête espagnole (XVI<sup>e</sup> siècle), raison pour laquelle ils peuvent fournir des éléments d'interprétation des vestiges archéologiques découverts.

Si l'on se réfère à l'histoire de la recherche, c'est principalement dans le cadre de la culture maya que le rôle des grottes a été étudié et discuté en Méso-Amérique. Les conditions y étaient favorables, vu la forte densité de cavités se trouvant dans la péninsule calcaire du Yucatan, ainsi que les nombreuses études archéologiques faites en relation avec les sites cérémoniels majeurs. Ainsi, à Chichen Itza (Yucatan), un puits maçonné partant du sommet d'une des pyramides, mène à un gouffre sépulcral de 12 m de profondeur (THOMPSON, 1938-40). D'autres recherches ont été entreprises dans le bassin de Mexico; la présence d'une grotte sous la pyramide du Soleil à Teotihuacan détermine le lieu de fondation du site, ainsi que sa

disposition géographique (HEYDEN, 1975, 1981). Ces dernières interprétations ont été vérifiées à Petexbatun au Guatemala, par la découverte de structures et d'objets dans des cavités naturelles sises à l'aplomb des temples et datant des premières occupations du site (BRADY, 1991).

Rejoignant les traditions mayas, pourtant distantes culturellement et géographiquement, la tradition mazatèque se caractérise par une utilisation du monde souterrain tant dans le contexte funéraire que rituel. Ce dernier point est marqué principalement par la collecte d'eau « pure » (sacrée, rituelle) dans des jarres placées en des endroits dérobés aux regards et difficiles d'accès. Dans l'état actuel de la recherche, la Sierra Mazateca, région excentrée, à l'écart des capitales, n'a pas révélé de grands centres d'architecture cérémonielle; ce sont probablement les grottes qui ont joué le rôle culturel (HAPKA, ROUVINEZ, 1996).

La karstification du Cerro Rabon est si intense que les écoulements de surface, malgré l'abondance des pluies, sont pratiquement inexistantes. Les eaux infiltrées descendent plus ou moins verticalement à près de 1000 m de profondeur dans les calcaires. Les expéditions spéléologiques sur le massif ont permis la découverte d'un important réseau de galeries, le gouffre « Kijahe Xontjoa » (La Porte Oubliée) dont le développement dépasse 20 km pour une profondeur de près de 1200 m (BITTERLI, HAPKA, JEANNIN, MEYERS ET AL, 1996). Plus de 120 cavités ont été explorées, dont la majorité est de type « alpin », c'est à-dire une succession de puits et de méandres; la profondeur des puits dépassant fréquemment 150 m.

## 2. Les gouffres de la région de Tilpan

La région de Tilpan est située à basse altitude (50-200 m) à la limite nord-est du massif et au bord du lac de barrage Miguel Alemán. Elle est caractérisée par la présence de trois vastes gouffres d'effondrements parfaitement visibles sur les photos aériennes (voir figure 1) et les images satellites, ainsi que par

une des résurgences supposées des eaux du Cerro Rabon. Les grandes dépressions de Tilpan 1, 2 et 3 sont alignées sur une importante faille pouvant conditionner l'écoulement souterrain; raison pour laquelle une prospection spéléologique y a été entreprise.



**Figure 1 : Vue aérienne de la région de Tilpan. Les gigantesques orifices des gouffres sont bien visibles.**

Les trois gouffres de Tilpan offrent la particularité d'avoir des ouvertures tellement vastes que leur fond est recouvert d'une forêt tropicale luxuriante. Cette végétation pousse cependant de manière plus clairsemée qu'en surface, c'est-à-dire qu'il y a moins d'arbres de hautes tailles et plus de buissons et de lianes inextricablement entremêlés. Le long des parois, dans les parties surplombantes, la végétation se raréfie à cause du manque de lumière et d'humidité. Ces lambeaux de forêt, perdus à cent mètres sous la surface et pratiquement inaccessibles, sont en outre occupés par de nombreuses espèces animales. Parmi les plus impressionnantes, signalons le jaguar (ou puma) dont des empreintes ont été relevées dans Tilpan 2.

#### **Tilpan 1: Une tombe perdue dans l'enfer vert**

Aucun relevé de ce gouffre, de 200 à 250 m de diamètre à l'ouverture, n'a été effectué étant donné l'absence de véritable grotte. De plus, les explorateurs ont rapidement renoncé à dérouler un ruban métrique dans l'entrelats de végétation occupant sa base. La descente s'effectue le long d'une des parois par une verticale d'environ 40 m et se poursuit en se laissant glisser d'un arbre à l'autre. Le sol, très pentu, est totalement encombré de blocs instables et de lianes grimpantes, tombantes, rampantes, etc. La seule solution de progression s'avère de longer la paroi en profitant des surplombs sous lesquels l'enfer vert a moins d'emprise et de faire ainsi le tour du puits. A l'exception de quelques fissures et boyaux insignifiants, aucune galerie n'a été repérée. Une sépulture pillée a cependant été découverte dans une fissure horizontale dont l'orifice était obturé par quelques blocs. La minuscule chambre contenait des os et des tessons. Le transport d'un corps et des offrandes jusqu'à son lieu d'inhumation a certainement dû représenter une homérique course d'obstacle.

#### **Tilpan 2: Habitat et jaguar au fond du gouffre.**

C'est par une descente verticale de plus de 40 m que l'on prend pied sur le cône d'éboulis qui ceinture la base des falaises de ce puits d'effondrement. Contrairement au gouffre de Tilpan 1, deux importantes galeries viennent se jeter dans ce qui devait constituer, autrefois, une gigantesque salle de près de 200 m de diamètre. L'une de ces galeries a livré des vestiges archéologiques. Sous le porche, c'est-à-dire dans un endroit

assez plat et sec, les anciens Mazatèques ont construit ce qui, pour l'heure, semble être l'unique trace d'habitat en milieu souterrain découvert sur l'ensemble du massif. Des murets de pierres sèches délimitent quelques terrasses peu étendues jonchées de tessons de poterie. Il pourrait s'agir d'aménagements de sol de cabane. D'autres petits murets ont été découverts dans la galerie même à la suite d'une laborieuse ascension. La situation cachée et l'accès très malaisé à ces ensembles architecturaux font penser à un site-refuge.

La descente et l'escalade des falaises, quoique périlleuses, paraissent humainement possible. La présence de magnifiques et inquiétantes empreintes de jaguar au fond du gouffre, laisse songeur.

#### **Tilpan 3: L'eau sacrée des acrobates**

Le gouffre, dont l'orifice de forme ovale mesure 130 x 90 m de diamètre, est situé à flanc de coteau (figure 2). Après avoir fixé une corde à un arbre surplombant, la descente s'effectue plein vide d'un seul trait. Les 20 derniers mètres sont un peu pénibles car il s'agit de se frayer un passage entre les frondaisons. Autour se présentent des parois verticales entrecoupées de surplombs de 10 à 30 mètres. Le point d'arrivée, situé sur une pente d'éboulis, est d'ailleurs éloigné de 15 m de la paroi la plus proche.

La base du puits est presque circulaire et mesure 180 x 150 m de diamètre. Deux porches de grandes dimensions se font face de part et d'autre de la forêt occupant chaque mètre carré du centre du gouffre, véritable puits de lumière. Ils permettent d'accéder à la galerie du Lac et à la galerie des Pots. La première est une vaste salle, au sol en pente, richement décorée d'une coulée stalagmitique partiellement active et de diverses concrétions pouvant atteindre 10 m de hauteur. Le point bas, un petit lac, est situé à -130 m sous la surface du sol.

La galerie des Pots descend abruptement de -90 à -198 m. Là aussi les concrétions sont nombreuses et variées. Cette galerie atteint par endroits jusqu'à 50 m de largeur et se termine dans une zone boueuse, témoin de l'activité d'une nappe phréatique. Ces deux galeries ne possèdent pas de continuations et aucun courant d'air ne s'y fait sentir. L'unique accès est donc le gouffre d'effondrement emprunté par les spéléologues modernes.

Tous les vestiges archéologiques ont été repérés dans la galerie des Pots entre -95 et -155 m. Un premier ensemble situé, à proximité de l'entrée, est constitué d'amas de tessons de poterie éparpillés entre les blocs dans une zone subverticale où la progression s'avère particulièrement difficile. D'autres tessons, plus rares, sont disséminés tout au long de la descente jusqu'à une volumineuse stalactite d'où s'écoule un ruissellement continu ayant créé une stalagmite occupant presque toute la galerie. Parmi d'autres tessons, deux vases complets - une petite jarre et un récipient mammiforme - étaient déposés entre des blocs au pied des concrétions et de la cascade. Les nombreux tessons jalonnant le parcours entre la cascade et le haut de la galerie des Pots témoignent vraisemblablement des efforts et déboires des porteurs, à moins qu'ils ne s'agissent de bris intentionnels à but d'offrande.

Le fait marquant de cette découverte reste cependant la descente dans cet impressionnant gouffre ayant nécessité l'emploi de 100 m de corde et de tout l'équipement technique des spéléologues pour surmonter les 88 m de parois verticales et de surplombs. La découverte de tessons de poterie et même de vases entiers a donc été une surprise totale.

### 3. Dans les falaises du Rio Santo Domingo

La propension des Indiens mazatèques à tenter des escalades extrêmes afin de parvenir en des lieux reculés, se retrouve au bord du Rio Santo Domingo, dans les imposantes falaises sud du massif du Cerro Rabon, truffées d'entrée de grottes. Diverses expéditions spéléologiques américaines, à la recherche d'un accès au siphon terminal du Système de Huautla (-1475 m), ont tenté et réussi des ascensions vers ces nids d'aigle perchés, parfois à plus de 200 m du sol. A chaque fois, sous les porches d'entrées et jusque dans les galeries les plus reculées, les grimpeurs-spéléologues ont découvert des vestiges archéologiques et des traces de passages : autels, poteries, empreintes de pied, marquages des parois, etc. Entre autres, **Vine Cave**, **Gourd Cave** et **Cueva del Altar** ont été interprétées comme des sites culturels. (STONE, 1984 et 1988).

### 4. Sites comparables en Més-Amérique

D'autres sites archéologiques en grotte, uniquement accessibles à la suite de difficiles escalades, sont connus au Mexique, comme par exemple la grotte d'**El Castillo** (Rio La Venta) dans les Chiapas (PEZZOLATO, 1994). Dans le Yucatan, dès 500 avant notre ère, c'est dans la **Gruta de Chac** que les indiens ont franchi un puits de 65 m à l'aide d'échelle en bois pour atteindre le niveau de la nappe phréatique (ANDREWS, 1965). Plus marquant encore, la découverte sous une pyramide de **Chichen Itza** (Yucatan) d'un puits de 12 m recelant la tombe d'un important personnage (THOMPSON, 1938-40). Ce dernier exemple indique clairement le rôle central tenu par le gouffre dans le site archéologique et une volonté délibérée d'utiliser la cavité malgré le problème posé par la verticalité.

### 5. Quelques exemples de par le monde

Un rapide tour d'horizon bibliographique a permis de dresser une première liste (certainement très incomplète) de gouffres et grottes à caractère vertical comportant des vestiges archéologiques ou présentant des exemples ethnologiques :

- Lascaux** (Dordogne, France) : Descente d'un puits de 15 m au Paléolithique supérieur (BREUIL, 1974);
- Aven sépulcral de la Lauve** (Alpes-Maritimes, France) : Nécropole des âge du Bronze et du Fer ainsi que de la période gallo-romaine au bas d'un puits de 54 m (FULCONIS, 1993);
- Gouffre de Fouillac** (Hérault, France) : Atelier de céramique de l'âge du Bronze uniquement accessible par un puits de 20 m (BOULANGER, 1970);
- Gouffre Bezdanjaca** (Mont Vatinovac, Croatie) : A à la suite d'un puits d'entrée de 40 m, site d'habitat et nécropole de l'âge du Bronze dans une galerie jusqu'à -120 m (BOZIC, 1991);
- Limaogrotte du Tigre** (Mer d'Adaman, Thaïlande) : De nos jours, les fragiles échafaudages des chasseurs de nids d'hirondelles s'accrochent aux parois surplombantes de la grotte du Tigre sur près de 100 m de hauteur (VALLI, SUMMERS, 1990).

### 6. Conclusion

Nous avons présenté les découvertes archéologiques effectuées dans des gouffres de la Sierra Mazateca dans le but d'une part, de sensibiliser archéologues et spéléologues à la présence possible de vestiges archéologiques même en des

endroits « inimaginables » du monde souterrain, d'autre part de faire appel à leur collaboration afin de réunir les données concernant des sites de nature analogue.

L'intérêt de nos ancêtres pour le monde souterrain est reconnu depuis la découverte des premières grottes ornées. Leur réel désir de pénétrer sous terre, ainsi que leur aisance à se mouvoir dans ce milieu est révélé par les parcours très profonds effectuées dans diverses grandes cavités telles que Niaux ou Mammoth Cave. Mais, avec le franchissement de puits et de parois parfois fort importantes, qui indique une grande maîtrise de diverses techniques de progression verticale, un nouveau seuil psychologique est atteint. La difficulté, le danger et l'extrême ne sont plus des éléments limitatifs. Les frontières de l'aventure et de l'exploration sont grandes ouvertes ; l'homme peut alors partir à la conquête du monde.

### Références

- ANDREWS, E, WYLLYS IV. 1965. *Explorations in the Gruta de Chac*. Middle American Institute Publication 31, 4-21.
- BITTERLI, T, HAPKA, R, JEANNIN P.-Y, MEYERS, K ET AL. 1996. *Proyecto Cerro Rabón 1990-1994: Report of the speleological expeditions*. Speleo Projects, Basel.
- BOULANGER, P. 1970. *Guides des cavernes touristiques de France*, 18, Paris.
- BOZIC, V. 1991. Les spéléologues de l'âge du Bronze en Croatie (Yougoslavie). *Spelunca* n° 43, 20-22.
- BRADY, J E. 1991. The Petexbatun regional Cave Survey : Ritual and Sacred Geography. In: *47th Interantional Congress of Americanists, New Orleans, July 7-11, 1991*, New Orleans.
- BREUIL, H. 1974. *Quatre cents siècles d'art pariétal*, 107-151, Paris.
- FULCONIS, S. 1993. L'aven sépulcral de la Lauve (Gourdon, Alpes-Maritimes). *Spelunca* n° 50, 31-33.
- HAPKA, R, ROUVINEZ, F. 1996. Prospection archéologique des grottes du Cerro Rabón, Sierra Mazateca, Oaxaca, Mexique. In : BITTERLI, T, HAPKA, R, JEANNIN P.-Y, MEYERS, K ET AL. 1996. *Proyecto Cerro Rabón 1990-1994: Report of the speleological expeditions*. Speleo Projects, Basel. 57-72.
- HEYDEN, D. 1975. An Interpretation of the Cave underneath the Pyramid of the Sun in Teotihuacan, Mexico. *American Antiquity*, 40, 2. 131-147.
- HEYDEN, D. 1981. Caves, Gods and Myths : World-View and Planning in Teotihuacan. In: BENSON E. P., *Mesoamerican Sites and World-Views*. Harvard University, Washington D.C. 1-35.
- INCHAUSTEGUI, C. 1983. *Figuras en la niebla : relatos y creencias de los Mazatecos*. Colección La Red de Jonás, Premiá editora de libros, S. A. Tlaphuapan, Puebla.
- PEZZOLATO, P. 1994. Cronaca semiseria delle esplorazioni nel Rio « La Venta », *Progressione* 31, 46-50.
- STONE, B. 1984. The challenge of the Peña Colorada, *Association for Mexican Caves Studies : Activities Newsletter*. 14, 46-55.
- STONE, B. 1988. Vine Cave and other tales from the Peña Colorada Canyon, *Association for Mexican Caves Studies : Activities Newsletter*. 17, 50-58.
- THOMPSON, E. H. 1938-40. *The High Priest's Grave, Chichen Itza, Jucatan, Mexico*. Chicago.
- VALLI, E, SUMMERS, D. 1990. *Chasseurs des ténèbres*. Ed. Nathan, Paris.

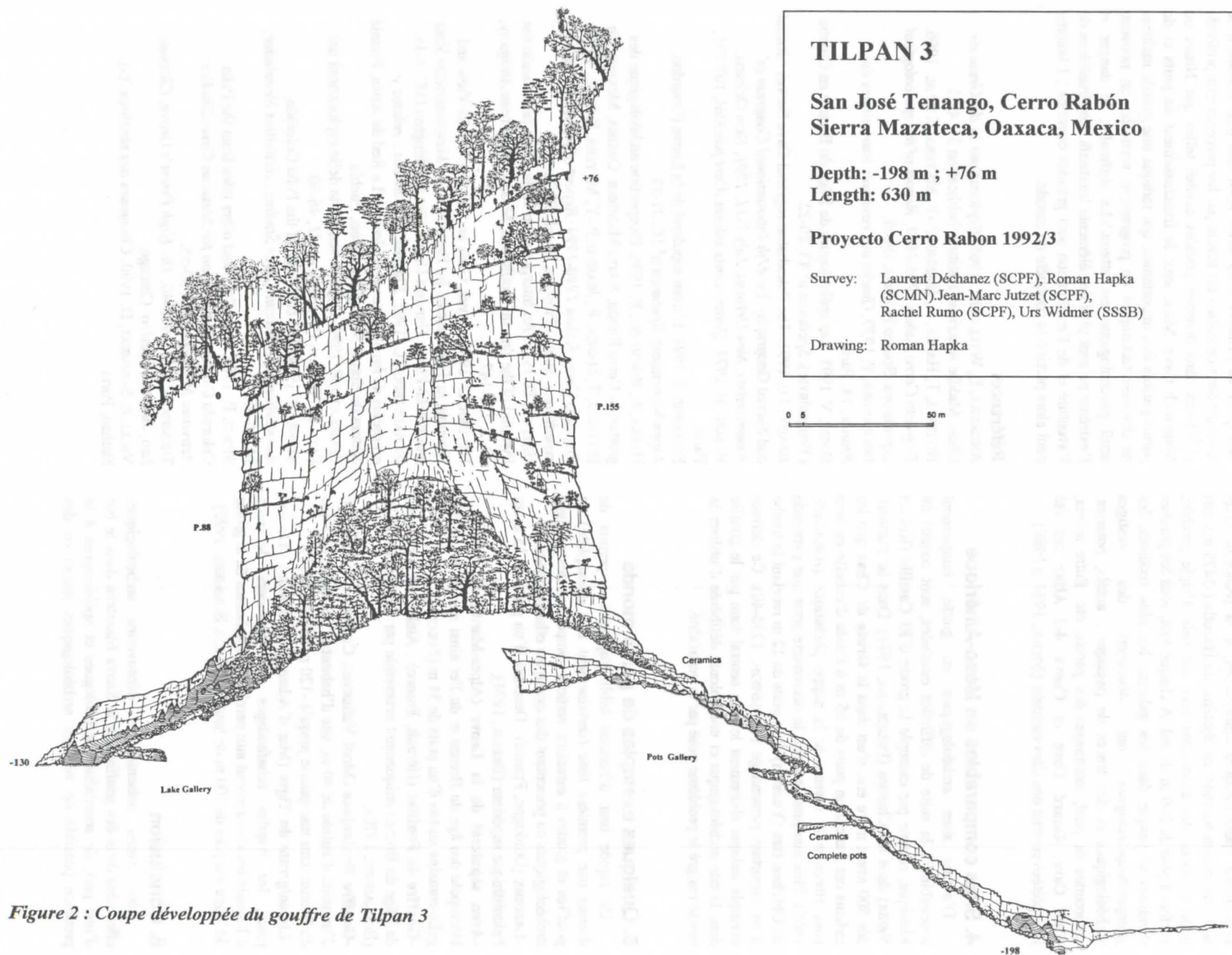


Figure 2 : Coupe développée du gouffre de Tilpan 3

# Recherches récentes concernant le paléolithique moyen dans le karst mosan

par Christelle Draily

A.P.P.E.W., Service des Fouilles, 62 av. des Tilleuls, 4000 Liège, Belgique

## Abstract

From the 19th century, the contribution of the mosan discoveries to the Palaeolithic is famous, in particular by the discovery of the important classic sites like Goyet, Spy, Fonds-de-Forêt,... Since about 20 years, new caves have been discovered and thanks to the introduction of new techniques (stratigraphy, paleontology, palynology, radiometric datation,...), we have been able to study the context of the human occupations. The middle palaeolithic sites of the mosan karst who benefit of this approach are the Walou Cave, the Scladina Cave and the « Trou Al'Wesse ». The excavations are still on progress on this three sites for the moment.

## Résumé

L'intérêt du Paléolithique mosan est connu depuis le siècle dernier par la découverte des grands sites classiques que sont Goyet, Spy, Fonds-de-Forêt,... Depuis une vingtaine d'années, de nouveaux gisements ont été découverts et, grâce aux techniques modernes (stratigraphie, paléontologie, palynologie, datation radiométrique,...), le contexte des occupations humaines a pu être étudié en détail. Les sites du Paléolithique moyen du karst mosan bénéficiant de l'apport de ces techniques sont la grotte Walou, la grotte Scladina et le Trou Al'Wesse, tous trois actuellement en cours de fouilles.

## 1. Introduction

En Belgique, les principaux affleurements calcaires se situent au Sud du pays, de part et d'autre du sillon Sambre-Meuse-Vesdre. De nombreuses grottes, dont certaines ont livré du matériel archéologique et paléontologique attribuable au Paléolithique moyen, creusent ce calcaire essentiellement viséen.

## 2. Recherches anciennes concernant le Paléolithique moyen dans le karst mosan

Les recherches ont débuté au début du 19<sup>e</sup> siècle avec P.-C. Schmerling. Les fouilles se sont ensuite succédé et ont livré un matériel archéologique malheureusement mélangé. Les observations faites sur le terrain étaient alors sommaires, ce qui n'a permis à M. Ulrix-Closset, qui a effectué la seule synthèse disponible sur ces anciennes fouilles (1975), d'étudier le matériel lithique qu'en effectuant un tri technologique et typologique. Elle n'a parfois pas pu distinguer les différents niveaux moustériens probables d'un même site. Les lacunes de ces fouilles se situent essentiellement au niveau de la stratigraphie qui est souvent peu claire et presque toujours pas assez affinée. Elle est en grande partie basée sur la paléontologie. De plus, à l'époque, aucune datation n'a pu être effectuée et des études telles que celle de la microfaune, des pollens fossiles, des horizons pédologiques,... n'étaient pas entreprises. Nous nous trouvons donc face à un nombre important de sites du Paléolithique moyen difficilement exploitables pour une étude comparative de cette période dans le karst mosan.

## 3. Différents faciès du moustérien dans le karst mosan

M. Ulrix-Closset (1975) a reconnu divers faciès du moustérien en étudiant les anciennes collections du bassin mosan. Ces faciès basés sur un décompte typologique selon la méthode de F. Bordes (1961) sont encore d'actualité, même si la tendance actuelle accorde de plus en plus d'importance à l'étude technologique des assemblages lithiques. Ces faciès sont: le Moustérien de type acheuléen (Spy, première occupation, Trou Magrite), le Moustérien typique (Engis, Engihoul), le Moustérien Charentien de type Quina, moins riche et moins varié que dans les sites de France (Trou Magrite, Trou

Al'Wesse), le Moustérien Charentien de type Ferrassie (Trou du Diable), le Moustérien à denticulés (Engihoul, niveau inférieur) et le Moustérien à retouche bifaciale apparenté aux sites d'Allemagne et d'Europe centrale (grotte du Docteur à Huccorgne).

## 4. Recherches récentes concernant le Paléolithique moyen dans le karst mosan

Actuellement, trois sites du Paléolithique moyen situés dans le karst du bassin mosan peuvent prétendre à une fouille effectuée selon des méthodes modernes, c'est-à-dire: localisation des pièces dans un carroyage et prise de leur altitude, études scientifiques telles que la palynologie, la paléontologie, la sédimentologie, l'anthropologie, l'étude de la microfaune, les méthodes de datation dite absolue,...

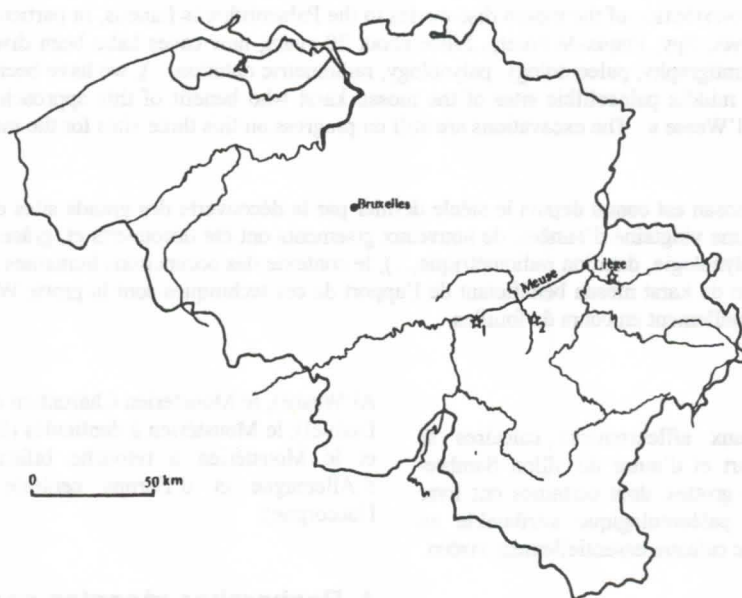
Avec ces sites, nous possédons donc des informations plus rigoureuses permettant de replacer le matériel lithique dans une succession précise d'occupations et dans tout un contexte chronologique, climatique et environnemental. La localisation des pièces lithiques et paléontologiques au sein d'un carroyage nous permet de vérifier si celles-ci se trouvent en position primaire ou secondaire et, dans le premier cas, d'essayer de reconstituer des zones d'activités particulières selon la densité des pièces et les remontages effectués. Ces trois sites actuellement en cours de fouille sont: la grotte Walou, la grotte Scladina et le Trou Al'Wesse.

La grotte Walou est située à Trooz, dans la province de Liège et surplombe de 40m le vallon de la Magne, affluent de la Vesdre. Le gisement a été fouillé par la S.O.W.A.P. sous la direction de M. Dewez de 1985 à 1990. Les fouilles ont été reprises en 1996 par l'A.P.P.E.W. avec l'aide de la Direction des Fouilles du Ministère de la Région wallonne. Différentes occupations ont été découvertes, s'étalant de l'Holocène jusqu'au moins le dernier Glaciaire. Le fond n'a pas encore été touché. Des artefacts du Néolithique, du Mésolithique, du Creswellien, du Magdalénien, du Gravettien, de l'Aurignacien et du Moustérien (couche C8) ont été retrouvés (Dewez *et al.*, 1993).

La couche C8 (Draily, 1997) a livré une industrie moustérienne en silex sur éclat, caractérisée par un débitage essentiellement unifacial. La présence de dos, naturel, aménagé ou débordant, semble avoir été plus particulièrement recherchée. Les outils sont dominés par les racloirs. Les différentes étapes

des chaînes opératoires ont été effectuées sur place en ce qui concerne le silex d'origine locale. Par contre, les rares pièces en silex exogène de meilleure qualité ne représentent qu'une infime partie de la chaîne opératoire. La répartition spatiale n'a livré aucune information quant à l'occupation du sol. L'occupation de cette couche par l'ours et les phénomènes de remaniement karstique ont vraisemblablement modifié cette répartition. En ce qui concerne l'environnement existant lors de l'occupation moustérienne, l'étude de la microfaune (Cordy, 1991) et des

pollens (Heim, in Dewez *et al.*, 1993) ont révélé un climat peu glaciaire et un paysage ouvert. La macrofaune est en cours d'étude (J.-M. Cordy). Une date C14 (Lv.1838) effectuée par E. Gilot (in Dewez, *et al.*, 1993) a donné comme résultat « plus vieux que 42.000 B.P. ». Des sondages récents nous ont permis de découvrir une nouvelle occupation du Paléolithique moyen dans l'unité inférieure de la stratigraphie. Il est encore trop tôt pour donner de plus amples informations sur cette découverte.



**Figure: Localisation des trois gisements du Paléolithique moyen en cours de fouille dans le karst mosan belge: 1. grotte de Sclayn; 2. Trou Al'Wesse; 3. grotte Walou.**

La grotte Scladina est située à Sclayn dans la province de Namur et surplombe de 20m la vallée du Ri de Pontaine, affluent de la Meuse. Les fouilles y ont débuté en 1978, sous la direction de l'Université de Liège en collaboration avec le cercle local. Depuis, elles sont toujours en cours, menées par l'ASBL Archéologie Andennaise et l'Université de Liège avec l'aide de la Direction des Fouilles du Ministère de la Région wallonne et de la ville d'Andenne. Une industrie fruste sur galets (Otte, 1984), deux niveaux moustériens (couches IA et VB), des traces d'une occupation du Paléolithique final et peut-être une nécropole néolithique sont présents sur le site. L'industrie de la couche IA est en cours d'étude. Elle est réalisée en majorité sur du silex de provenance proche (Otte *et al.*, 1983), puis sur quartz et quartzite locaux, sur chert et grès bruxellien. Les produits sont essentiellement des couteaux. Cette couche a été datée de 40.000 B.P. (Bonjean *et al.*, 1996). La microfaune (Cordy, in Otte (dir.), 1992) traduit un environnement tempéré à tempéré froid, avec des espaces découverts et redéveloppement des milieux boisés pour la partie inférieure de la couche et, pour la partie supérieure, un climat continental froid à polaire. L'industrie de la couche VB est caractérisée par la représentativité des racloirs, suivis des denticulés et des couteaux. L'industrie a été réalisée sur différentes matières, locales; chert, calcaire, quartz et psammoquartzite, située à moyenne distance; silex maastrichtien et d'origine plus lointaine; autres silex, grès bruxellien et phanite (Van der Sloot, 1994). Toute la chaîne opératoire est présente pour ces matières premières excepté pour les matières d'origine plus lointaine qui ne sont là que sous la forme de produits finis. La microfaune renseigne une dégradation climatique de la période

tempérée allant vers un climat continental froid à tendance polaire dans la partie supérieure de la couche. Deux dates ont été proposées pour cette couche, une datation absolue par thermoluminescence de 130.000+/- 20.000 et une date de 95.000 d'après la microfaune et les pollens (Bonjean *et al.* 1996; Cordy & Bastin in Otte (dir.), 1992). Des restes d'un enfant néandertalien ont été découverts dans la couche 4A qui ne semble pas contenir d'industrie humaine.

Le Trou Al'Wesse est situé à Petit-Modave dans la province de Liège et surplombe de 8m le Hoyoux actuel, affluent de la Meuse. Il a été fouillé une première fois à la fin du 19<sup>e</sup> siècle par J. Fraipont. Les fouilles ont repris en 1988 sous la direction de l'Université de Liège et Les Chercheurs de la Wallonie afin de compléter le manque d'information lié aux anciennes fouilles dont le matériel a en partie disparu (Collin *et al.*, 1988). Des occupations néolithique, mésolithique, aurignacienne et moustérienne y ont été découvertes. La couche 17 des nouveaux sondages effectués dans la terrasse (Collin *et al.*, 1996) a livré une industrie essentiellement sur silex mais aussi sur grès fin, quartzite et chert. Dans ce cas-ci, d'après F. Collin (communication personnelle), la matière première principale pourrait bien provenir de sites assez éloignés. Cet assemblage est actuellement en cours d'étude. La faune associée à ce matériel a, selon les auteurs, probablement été apportée en partie par les carnivores.

## 5. Motivation des occupations

L'orientation de l'ouverture des cavités occupées ne semble pas avoir joué un rôle important dans le choix de l'habitat. En

effet, la grotte Walou s'ouvre vers l'Ouest, la grotte Scladina vers l'Est et le Trou Al'Wesse vers le Sud-ouest. Par contre, les trois gisements se trouvent à proximité d'un cours d'eau, ce qui est également le cas des gisements karstiques découverts lors des fouilles anciennes.

La proximité d'une source de matière première ne semble pas avoir été un facteur prédominant dans le choix du lieu de résidence de ces quatre occupations du Paléolithique moyen. En effet, au Trou Al'Wesse, la matière semble être de provenance éloignée, à Sclayn, les matières premières locales de mauvaise qualité n'ont pas livré les outils retouchés principaux, lesquels proviennent essentiellement du silex maastrichtien.

L'étude du contexte environnemental des couches C8 de Walou et IA et VB de Sclayn semblent indiquer que ces deux grottes furent occupées au cours de périodes froides ou de transition climatique vers une période de refroidissement durant le Paléolithique Moyen. L'hypothèse souvent soulevée de l'utilisation des grottes comme abri durant les périodes rudes du Pléistocène semble donc confirmée dans ce cas. Il est dommage que ce genre de constatation ne soit plus réalisable sur les assemblages provenant des anciennes fouilles car trois occupations ne sont pas suffisantes pour élaborer une théorie. La poursuite des fouilles au Trou Al'Wesse et dans l'unité inférieure de Walou nous livrera peut-être prochainement de nouvelles informations à ce sujet.

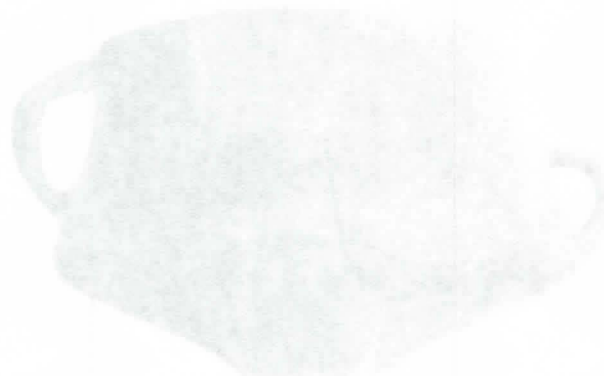
Dans tous les cas, les couches du Paléolithique moyen étudiées ont livré des témoignages de l'occupation du site par les carnivores, présence qui rend l'étude du comportement humain plus complexe. Il n'est en effet pas toujours évident de déterminer quels animaux ont été chassés par l'homme ou par ces carnivores.

## 6. Perspectives

Le bassin mosan est encore riche en grottes et abris-sous-roche à explorer. Nous espérons que de nouvelles découvertes apporteront des éléments essentiels à la compréhension de l'environnement et du mode de vie des hommes du Paléolithique moyen dans nos régions. D'autres gisements nous livreront peut-être des restes de néandertaliens associés à des indices plus clairs du comportement de ces hommes.

## Bibliographie

- BONJEAN, D., TOUSSAINT, M. & OTTE, M., 1996, Scladina (Sclayn, Belgique): l'homme de néandertal retrouvé!, *Notae Praehistoricae*, 16, p.37-46.
- BORDES, F., 1961, *Typologie du Paléolithique ancien et moyen*, Bordeaux:Delmas, 2 vol., 85p., 11 fig., 108 pl.
- COLLIN, F. & HAESAERTS, P., 1988, Trou Al'Wesse (Petit-Modave) Fouilles 1988, *Notae Praehistoricae*, 8, p.1-14.
- COLLIN, F., LOPEZ BAYON, I., OTTE, M., DERCLAYE, C. & TRINH, D., 1996, Interprétation de la chrono-stratigraphie sur la terrasse du Trou Al'Wesse (Petit-Modave, province de Liège), *Notae Praehistoricae*, 16, p.47-53.
- CORDY, J.-M., 1991, Résultats préliminaires de l'analyse des micromammifères de la grotte Walou (Trooz), dans *Notae Praehistoricae*, 10, p.15-19.
- DEWEZ, M. et alii, 1993, *Recherches à la grotte Walou à Trooz (Province de Liège, Belgique) Premier rapport de fouille*, Société Wallonne de Paléontologie, mémoire 7, 1993, 80p.
- DRAILY, C., 1997, Le moustérien de la couche C8 de la grotte Walou à Trooz (Liège), *Etudes et documents*, 4, à paraître.
- OTTE, M., 1984, Sol d'occupation du Paléolithique moyen aux grottes de Sclayn (Belgique), *L'Anthropologie*, 88, p.115-117.
- OTTE, M., 1990, L'occupation moustérienne de Sclayn (Belgique), *Ethnographische-Archäologische Zeitschrift*, 31, p.78-101.
- OTTE, M. (dir.), 1992, *Recherches aux grottes de Sclayn, vol. 1, Le contexte*, E.R.A.U.L., 27, Liège.
- OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M. & GAUTIER, A., 1983, Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur), *Helinium*, XXIII, p.112-142.
- ULRIX-CLOSSET, M., 1975, *Le Paléolithique moyen dans le bassin mosan en Belgique*, Wetteren.
- VAN DER SLOOT, P., 1994, Influence des matières premières sur l'ensemble lithique de la couche 5 de la grotte Scladina (Paléolithique moyen), *Notae Praehistoricae*, 14, p.17-20.



# La grotte Préhistorique du « Cyclope Polyphimos » à Maronia Komotini (Grèce)

par Anna Petrochilou

Présidente Honoraire de la société Spéléologique de Grèce

35 rue de Constantinople, Nea Smirni 171.21, Athènes

## Abstract

It is one of the biggest (10.000 s. m) and most beautiful Greek caves with original and wonderful stalactite decoration. At the same time, it is connected with the ancient Greek mythology. The archaeological remains discovered after the excavations, in a chamber, which is situated on the left of the entrance, belong to the Neolithic, Prohellenic, Classic and Byzantine periods.

The originality of the decoration of the cave was shaped later. It is due to a transformation of the stalagmites, of one part of the cave into « Xoana » - wooden statues -, which was caused by the destructive influence of the carbon dioxide, which is produced by the fermentation of the « guano », that is to say, of the bats which live in hundreds, in this place.

## Résumé

La grotte est située dans la localité de Koufou plai à une distance de 5 km de la ville de Maronia dans le département de Komotini. Il s'agit d'une des plus grandes et admirables grottes de Grèce comportant un concrétionnement original.

Les vestiges archéologiques qu'elle recèle indiquent une occupation durant le Néolithique, le Protogéométrique, les époques Classique et Byzantine, à la fois comme habitat et comme lieu de culte. Les recherches ont été effectuées par l'archéologue E. Pentazos dans une grande salle située à proximité de l'orifice de la cavité.

Parmi les objets découverts ont relevé des céramiques des époques mentionnées, des outils en os, en pierre et en obsidienne, des parures en coquillage et en métal, des ustensiles domestiques, des statuettes, etc. D'importantes quantités d'objets ont été récoltés et sont déposés dans le musée de Komotini.

Les éléments architecturaux les plus significatifs sont des autels taillés dans de volumineuses stalagmites et ayant servi à recevoir les offrandes.

Les premiers habitants de la grotte étaient des chasseurs et cela jusqu'à l'arrivée des Grecs en Thrace. Ils étaient de type indoeuropéen, apparentés aux habitants de Thermi (à Lesbos), de Poliohnis (à Lemnos) et de Padimi (à Komotini).

D'après la tradition, la grotte a été utilisée comme demeure et bergerie du Cyclope Polyphimos. Homère raconte (Odyssée I.198) que Ulysse fut hospitalisé, après la destruction de Troie, par le Prêtre d'Apollon Maron, fils de Dionissos, fondateur de l'ancienne ville Maronia. L'un des cadeaux que Maron a offert à Ulysse le jour de son départ était le « Vin Maronien ». C'est avec ce vin que Ulysse a soulé le Cyclope Polyphimos pour l'aveugler par la suite, sauvant ainsi ses compagnons de la voracité du Cyclope.

Le concrétionnement de certaines salles de la partie centrale de la grotte a subi une érosion assez importante due à l'influence catastrophique de l'acide carbonique produit par la fermentation du guano des chauves-souris présentes par centaines dans la cavité. Le résultat de ce processus a été la création de formes qui rappellent les « Xoana », les statues de bois des hommes primitifs.



Fig. 1 : Vase en céramique préhistorique.

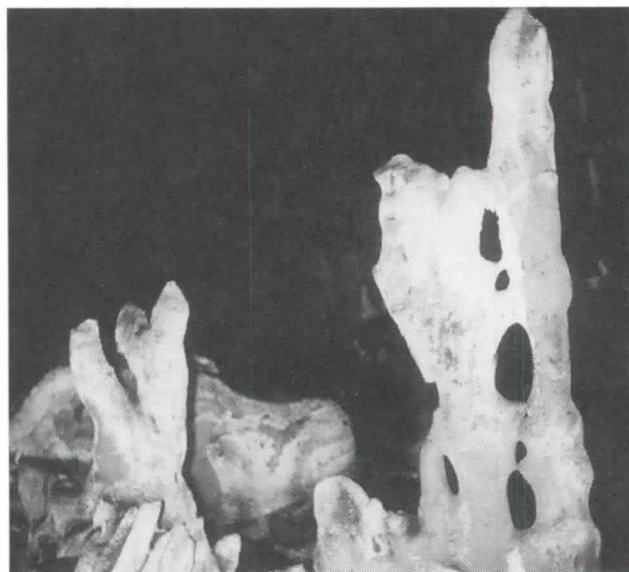


Fig. 2 : Stalagmites en forme de « Xoana » (Statues de bois).

# The Durezza cave near Villach (Carinthia, Austria) : a cave with sacrificial offerings from the Hallstatt period ?

by Alfred Galik & Martina Pacher

Inst. für Paläontologie, Univ. Wien, Althanstr. 14, A-1090 Wien, Austria.

## Abstract

The Durezza cave is located in a small valley between the Tscheltschnigkogel and the Dobratsch massif. The cave has a vertical entrance, which is the continuation of a doline. Sediments have been deposited as a conical shaped sediment pile. A large number of human and animal bones were excavated from these layers. Archaeological remains were also found, which date the sediments into relative short period of time from Hallstatt D1/2 to LaTène A/B1, these remains consist of bronze ornaments, glass beads and fragmented pottery remains.

The number of human bones represents 120 individuals. The animal bones consist of domestic animals like sheep/goat, pig, cattle, horse and dog, as well as a very small amount of wild animals. The large number of human and animal bones could indicate an intentional deposit or probably a practice of sacrificial offering. Other explanations may be epidemic events or conflicts.

## Zusammenfassung

Die Schachthöhle Durezza liegt in einer Nord-Süd verlaufenden Senke zwischen dem Tscheltschnigkogel und dem Dobratsch. Das herabgefallene Sediment häufte sich am Höhlenboden in Form eines Schuttkegels an, in dem sich viele menschliche und tierische Knochen befanden. Charakteristische Bronzefibeln lassen eine zeitliche Eingrenzung der Menschenknochen führenden Fundschicht von Hallstatt D1/2 bis LaTène A/B1 zu.

Die Individuenzahl der Menschen beträgt bei 120 Personen. Unter den Tierknochen dominieren Haustiere wie Schaf/Ziege, Schwein, Rind, Pferd und auffallend viele Hundeknochen. Wildtiere sind nur sehr unterrepräsentiert. Die Zusammensetzung der Funde aus der Durezza, welche in dem relativ kurzen Zeitraum in der Höhle akkumulierten, läßt eine intentionelle oder vielleicht auch kultische Opferhandlung vermuten. Andere Erklärungsmodelle wären Seuchen oder kriegerische Ereignisse.

## 1. Introduction

The Durezza cave is located in a small valley between the Tscheltschnigkogel and the Dobratsch near Villach in southern Carinthia (Austria). The Dobratsch-massif consists mainly of middle Triassic Wetterstein-limestone (COLLINS & NACHTMANN 1978), which contains many karst phenomena.

In the small valley between the Tscheltschnigkogel and the Dobratsch runs a main tectonic fault from north to south (HAUSER 1982). Along this fault are three dolines. The north-south oriented faults in the East of the Villacher Alps are caused by the subsidence of the Klagenfurter basin (ANDERLE 1951).

One of these dolines has been investigated by cave explorers from the local speleological organisation Subterra in Villach in hope to rediscover the famous Bamberger Cave. The existence of this cave has not been proved until today. The doline was 5 to 6m in diameter and was sealed up by a rock according to the cave explorers. Beneath the rock a cavity appeared, the Durezza cave, with its vertical entrance as continuation of the doline. The cave was filled up by a conical pile of sediment up to 11m beneath the entrance of the doline. During the moving out of the sediment a lot of human and animal bones as well as a few bronze ornaments were discovered by the cave explorers. Therefore a scientific excavation under the direction of Dr. Paul Gleirscher (Landesmuseum f. Kärnten in Klagenfurt) was carried out from 01.07.1996 to 05.08.1996. The aim of the scientific excavation was to document the situation of the findings and to ascertain their horizontal and vertical distribution within the layers.

## 2. Taphonomy

During the excavation the following observations were made:

All findings came from a more or less homogenous layer of clay sediment. This layer contained carbonate rock debris, small pieces of charcoal, pebbles with a diameter from 20-40cm, bones and archaeological remains. Because of erosion the carbonate rock debris was removed from the rock surface of the cave. Till now it cannot be stated out clearly if the allochthonous green pebbles were a natural or an artificial input. The bone remains

showed no regularity in their orientations. They were scattered and not in anatomical position. In the north oriented niche of the cave, animal and human bones have been accumulated. Dog skulls lay next to human skulls, for example. Also a lot of other skeletal elements were represented. The bone remains were well preserved and all skeletal elements seem to be represented. Butchering and cutting marks are very rare. Up to now only one thoracic vertebra shows a deep cut on the vertebra body, made by a heavy tool with a small blade.

## 3. First results

In contrary to the great amount of human bone remains, the number of archaeological findings is very low. They consist on one hand of highly fragmented pottery remains and weaving weights and on the other hand, of bronze ornaments and a few glass beads. Because of the characteristic bronze fibulae it is possible to classify the whole complex from Hallstatt D1/2 to LaTène A/B1. These periods cover a relative short period of time of about 100 years (6./5. century BC) (GLEIRSCHER *et al* 1996).

The human bone remains represent a MNI of 120 individuals (GLEIRSCHER *et al* 1996). All age classes, from children to mature persons, as well as females and males, can be found in the material. It was possible to examine symptoms of various diseases on the human bone remains. Beside old fractures which are healed up, the bones show gouty deposits and arthritic deformations. Many of the teeth show traces of caries.

The major part of the archaeozoological bone remains comes from domestic animals, in which dogs followed by horses, outweigh (GLEIRSCHER *et al* 1996). The remaining bones belong to sheep/goat, cattle and pig. As in the case of the human bone material all age classes from foetal to senile individuals, could be determined. Apart from domestic animals, the presence of some species of wild animals like fox and probably bison as well as some small mammals, amphibians and snail-shells could be proved. The cave was probably a natural trap for those small animals.

#### 4. Discussion

Due to the correlation with the archaeological remains it can be said that the bones must have been brought in during a relatively short period of time of about 100 years. The find rich layers formed a conical shaped pile and were not covered by sediment above. This observation confirms the assumption that the entrance of the cave was sealed up by a big rock. During that period of time Hallstatt D1/2 upto LaTène A/B1 the cremation of deceased people was the typical form of burial. The little amount of added ornaments in the Durezza cave are also untypical for regular burials. Apart from these additions, a lot of animals were brought into the cave together with humans. The assemblage of human bones and dog remains particularly seems to be a very important thing. The connection between cave, human remains and additions like ornaments, domestic animals and remains of utensils are usually interpreted as result of a sacrificial act. Similar results were found in the Liechtenstein cave near Dorstedt, in the cave of Loch, and in the Dietersberg cave near Egloffstein (GLEIRSCHER 1995). Other explanations for these findings may be that the remains came into the cave after a conflict or an epidemic. However, further investigations will

shed some more light on the history of the remains from the Durezza cave, hopefully.

#### References

- ANDERLE, N. 1951. Zur Schichtfolge und Tektonik des Dobratsch und seine Beziehung zur alpin-dinarischen Grenzzone. *Jahrb. der Geol. Bundesanst.* 94/1 : 195-236.
- COLLINS, E. & NACHTMANN, W. 1978. Geologische Karte der Villacher Alpe. *Mitt. der Ges. für. Geol. Bergbaustudenten Österr.* 25 : 1-10.
- HAUSER, C. 1982. Drauzug - Permotrias. In: (C. Hauser, ed.): *Erläuterungen zu Blatt 200 Arnoldstein*. Geol. Karte der Republik Österr. 200 Arnoldstein. Geol. Bundesanst., Wien.
- GLEIRSCHER, P. 1995. Hallstattzeitliche Funde aus der Schachthöhle „Durezza“ bei Villach. *Neues aus Alt-Villach, Jb. d. Stadtmuseums* 32 : 211-233.
- GLEIRSCHER, P., REUER, E., FABRIZII-REUER, S. & A. GALIK, 1996. Vorbericht zu den archäologischen Untersuchungen in der Durezza Schachthöhle. *Neues aus Alt-Villach, Jb. d. Stadtmuseums* 33 : 7-14.

# Stable carbon isotope analysis of human skeletal material from Hendricks Cave, Wyandot County, Ohio, USA : A methodological overview

by Sara E. Pedde

Department of Anthropology, Kent State University, Kent, Ohio 44242 USA

## Abstract

Hendricks Cave is a dolomite system located in Wyandot County, Ohio, USA. Fragmentary human remains collected from this location in 1964 were circumstantially attributed to the Wyandot (Huron) Tribe residing on the adjacent Big Spring Reservation from 1817 until 1832. Subsequent advances in chronometric dating and osteochemical techniques provide methods by which to test the initial premise, as well as two alternate hypotheses: 1) human remains from Hendricks Cave date to the Late Archaic/Early Woodland and are consistent with established patterns of mortuary cave use; or 2) the materials are contemporaneous with Late Woodland sites exhibiting more complex mortuary rituals. Stable carbon isotope analysis of the osteological material will provide a relative dating method for correlation of  $\delta^{13}\text{C}$  values with absolute dates established through accelerated mass spectrometry and conventional radiocarbon techniques.

## 1. Introduction

Caves and rockshelters functioned as focal points for a variety of prehistoric land use strategies. In the Eastern Woodlands of North America, five general categories of cave use have been documented archaeologically (WATSON, 1986): residential occupation of vestibule (for example, Salt's and Mammoth Caves, Kentucky); exploitation of cave minerals and lithic sources (Wyandotte Cave, Indiana; Salt's and Mammoth Caves); exploration (Big Bone Cave, Tennessee; Salt's and Mammoth Caves, Wyandotte Cave); ceremonial activity (Mud Glyph Cave, Tennessee); and mortuary localities (Hendricks Cave, Krill Cave, Wise Rockshelter, Raven Rocks, and Wheelabout Cave, Ohio; Crystal Onyx Cave and Pit of the Skulls, Kentucky; Salt's and Mammoth Caves).

Hendricks Cave (33 Wy 1) is a mortuary locality from which a modest amount of human bone has been collected. Due to a lack of diagnostic artifacts and a complex, secondary depositional context, the age and possible cultural association of the osteological material has yet to be established. However, it is clear that Hendricks Cave represents a rare and unique episode of cave interment. While 30 to 40 such sites are anecdotally reported, very little scientific evaluation of human osteological remains from vertical shaft environments in the Eastern Woodlands has been published. The following discussion addresses the use of accelerated mass spectrometry (AMS) and conventional stable carbon isotope analyses, as well as conventional radiocarbon age determination to establish the age of the Hendricks Cave osteological materials, enabling comparison with other mortuary caves in the Eastern Woodlands.

## 2. Site Description and History

Hendricks Cave is a dolomite sinkhole cavern located in northwestern Wyandot County, Ohio, USA (refer to figure 1). It is part of a larger cave system, including Sheriden Cave (33 Wy 252) and the commercial/tourist Indian Trails Caverns, resulting from anastomosis of a low ridge of upthrown, Middle Silurian, Lockport Dolomite (HANSEN, 1992). Located in an agricultural field, the cave consists of a central, vertical shaft approximately 10 meters deep, which is open to the surface (refer to figure 2). Two passages extend laterally from the base of the shaft, along a roughly north-south axis, resulting in a total length of approximately 56.55 meters. While other openings may have existed in the past, access from the surface is presently restricted to the central shaft, by means of a metal ladder. The north passage is the larger of the two subterranean passages, possibly extending beyond the currently mapped 28.6 meters. It consists of

three small chambers, none of which exceeds approximately 4.6 meters in width. The south passage is about 23.5 meters long and contains two discreet chambers connected by a narrow passage.

Landowner Richard Hendricks began excavation of what appeared to be a sediment choked sinkhole on this site in 1964, hoping to discover and develop a cavern to add to the adjacent commercial/tourist Indian Trails Cavern. Using a crane, alluvial sediment was removed from the central shaft, exposing two open chambers, one of which, chamber B, contained a surface scatter of fragmentary human bones (figure 2). Hendricks contacted Douglas H. McKenzie and Olaf H. Prufer, then at the Case Institute of Technology, who directed the subsequent investigation.

Fifty-six fragmentary human bones, representing approximately six individuals (MNI = 4; SCIULLI & YERKES, n.d.), were recovered during the 1964 investigation. The bones were scattered on the floor surface throughout chamber B, with a few buried by sediment accumulation in sandy clay near the entrance to the chamber. While there was some evidence of rodent gnawing, and the bones were "heavily encrusted with a calcareous and crystalline deposit, the same kind of deposit that covered the loose rock and the walls of the chamber" (MCKENZIE & PRUFER, 1967:130), the overall state of preservation can be considered good, and the original investigators considered the site to be mostly undisturbed. Thorough troweling of the chamber floor yielded no buried bones or evidence of deliberate burial, such as a vault or subsurface depression. Additionally, the bones were "scattered randomly" on the surface, indicating a secondary depositional context. The relatively small number of bones representing only a few individuals suggests a single or very limited number of interment episodes at this location.

Also located within chamber B is a hearth feature. Approximately 0.75 meter in diameter and about 1.75 meters from the perimeter of the central shaft, the shallow, circular depression contained charcoal and a few unburned human bones. What appears to be at least two charcoal smudge marks on the chamber wall were located by this author in 1996, suggesting that torches were used as light sources some time in the past. Similar marks have been identified in a small side passage in Indian Trails Caverns, as well as with remains of charred and uncharred torch fragments in so-called "footprint" caves in the eastern United States (WATSON, 1986:113).

In addition to the 1967 investigation, a small-scale excavation, directed in 1986 by Michael Pratt of Heidelberg College, Tiffin, Ohio, located one stone bead. No other materials were recovered.

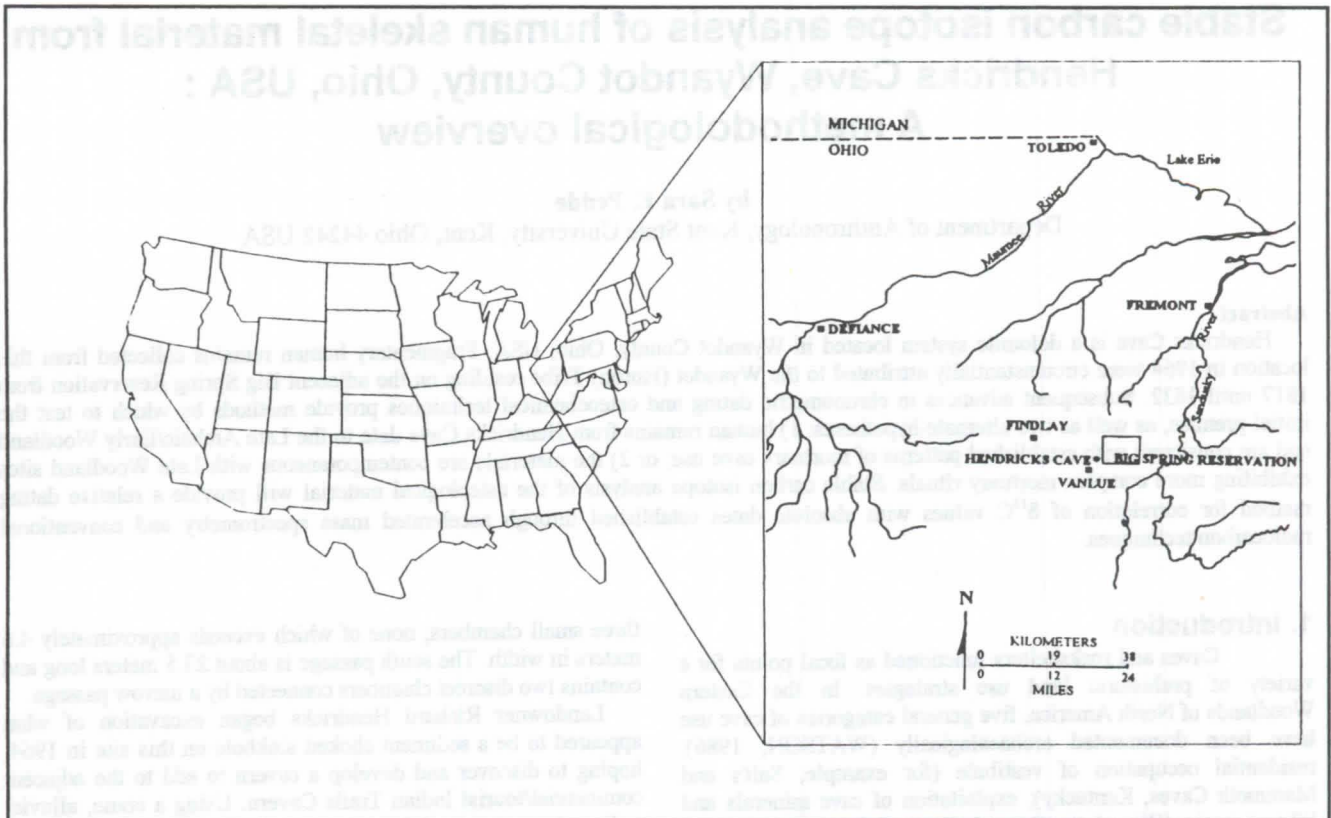


Fig. 1: Location of Hendricks cave (insert redrawn from MCKENZIE & PRUFER, 1967: 131)

Aside from the human skeletal material and a large amount of faunal material representing mostly small mammals (GUILDAY, 1965), only four artifacts have been recovered from Hendricks Cave: a stemmed biface (an "Adena" point; Richard Hendricks, personal communication); a fragment of elk antler, cut horizontally at one end (MCKENZIE & PRUFER, 1967); the stone bead mentioned above (Kenneth Tankersley, personal communication); and three modified human skull fragments. After calcareous deposits were removed from these fragments with dilute hydrochloric acid, possible cultural modification was evident in the form of 1) symmetrical removal of frontal bone "from the outer end of the orbits to the coronal suture...leaving two wide, semi-circular notches" (MCKENZIE & PRUFER, 1967:133), 2) shaping of an unidentified cranial fragment into an ovoid form, and 3) a "small excision on the right parietal...interpreted as a cutting mark" (1967:133). While natural taphonomic factors (i.e., rodent gnawing, erosion, natural fracturing) may be responsible for the abovementioned modification, human agency has not been eliminated as a possible explanation.

### 3. Age of Hendricks Cave human remains : three hypotheses

McKenzie and Prufer (1967) propose an historic affiliation between Hendricks Cave and the adjacent Big Spring Reservation. The Wyandot (Huron) Tribe occupied the reservation between 1817 and 1832, and are the most likely candidates, ethnographically, to have used the cave as a historic mortuary locality. When considering the modified human cranial fragments as deliberately fashioned artifacts, the possibility arises that Hendricks Cave represents a Huron "Feast of the Dead" - a ritual in which bodies are prepared for interment

through removal of soft tissue. While this tradition was uncommon among the Huron after A.D. 1650, it persisted into the 1940's among modern Iroquois tribes (HICKERSON, 1960). McKenzie and Prufer suggest that the cave was used as a "site of clandestine ceremonial burial" (1967:136), in efforts to preserve native religious practices against missionary opposition.

There are, however, two alternate hypotheses suggested by archaeological evidence from Hendricks Cave and the Eastern Woodlands region. While the "Feast of the Dead" did persist into the historic period, it is possible that the materials in question are Late Woodland in age (A.D. 800-1100) and represent a different and thoroughly aboriginal pattern of mortuary ceremonialism. The Young Tradition (A.D. 800-1400) is a burial complex identified archaeologically in southern Michigan. It is a practice of postmortem bone mutilation characterized by "perforated crania, cut sections of crania, and perforated long bones" (MCKENZIE & PRUFER, 1967:135). Hendricks Cave is not only in close geographic proximity to the region in which the Young Tradition is identified, but the three modified cranial fragments may represent artifacts consistent with that tradition.

Third, it is possible that Hendricks Cave represents an even earlier practice of cave interment - one that is well documented for the Late Archaic/Early Woodland of Ohio. Krill Cave, Wise Rockshelter, Raven Rocks, and the soon-to-be published Wheelabout Cave, are a few of the mortuary caves in Ohio containing highly fragmentary, secondary interments (Olaf H. Prufer, personal communication) - a pattern with which Hendricks Cave is consistent. This temporal position is potentially supported by an anecdotal report of a Late Archaic/Early Woodland stemmed biface recovered from the cave during the initial excavation of alluvium from the central shaft in 1964 (Richard Hendricks, personal communication). This artifact is not part of the Hendricks Cave curated collection, and so is unavailable for study.

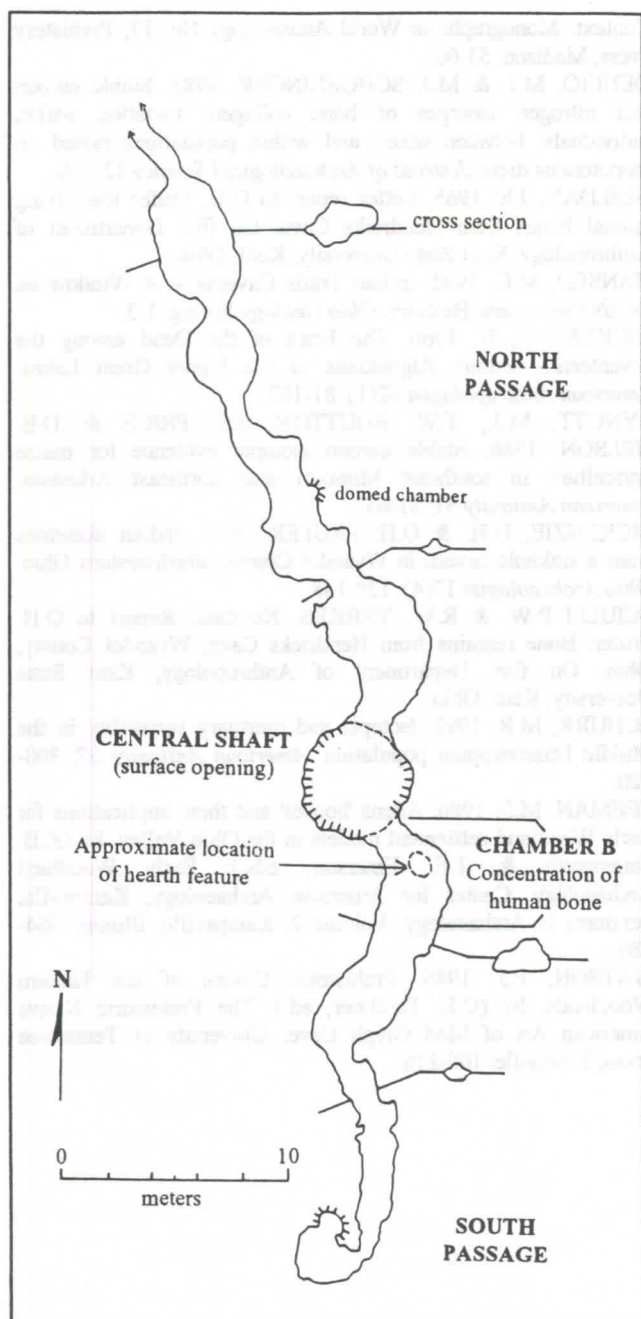


Fig. 2: Plan map of Hendricks Cave  
(courtesy Richard Hendricks)

#### 4. Methods for establishing age of Hendricks Cave human remains

Due to the numerous potential age determinations for the human skeletal materials collected from Hendricks Cave, several chronometric and osteochemical techniques have been selected for application, including conventional radiocarbon age determination, conventional stable carbon isotope analysis, and AMS stable carbon isotope analysis.

As indicated above, the hearth feature located in chamber B contained some unburned human bones; however, there is no positive indication that the hearth is contemporaneous with or played a role in interment of the skeletal material. Considering the archaeological evidence for exploration of caves in the Eastern Woodlands (WATSON, 1986), it is possible that the hearth and torch smudge marks represent a separate (earlier)

episode of cave exploration, and are not directly associated with the human skeletal materials. One 2.6-gram sample of wood charcoal extracted from the hearth feature and submitted to Brock University Earth Sciences Radiocarbon Laboratory will provide an age estimation for the hearth.

The utility of stable carbon isotope analysis in the reconstruction of paleodiet has been thoroughly demonstrated (AMBROSE & DENIRO, 1986; BUIKSTRA & MILNER, 1991; DENIRO & SCHOENINGER, 1983; LYNOTT *et al.*, 1986; SCHURR, 1992). This technique will be used to evaluate the degree of maize consumption exhibited by the Hendricks Cave materials, and establish a suite of relative dates for comparison with the radiocarbon date from the hearth feature. Stable carbon isotope analysis is based on the mass-dependent discrimination in uptake by organic tissues of two carbon isotopes,  $^{13}\text{C}$  and  $^{12}\text{C}$ . The isotopically heavier  $^{13}\text{C}$  is rejected in favor of  $^{12}\text{C}$  by plants employing the  $\text{C}_3$  (Calvin) photosynthetic pathway. The  $\text{C}_4$  (Hatch-Slack) pathway, however, allows plants to fix virtually all available atmospheric  $\text{CO}_2$ , resulting in higher concentrations of  $^{13}\text{C}$ . The standardized ratio between these two isotopes is expressed as a  $\delta^{13}\text{C}$  value.

Human dietary reconstructions employ stable carbon isotope analysis because collagen, the proteinaceous fraction of bone tissue, captures  $^{13}\text{C}$  during its formation. Thus, a  $\delta^{13}\text{C}$  value reflects the cumulative (i.e., lifetime) consumption profile of the individual from which the bone derives. A diet of  $\text{C}_3$  plants (e.g., temperate grasses, trees and shrubs, all fruits, nuts and cultivated roots and tubers) results in a lower  $\delta^{13}\text{C}$  value for body tissues than does one of tropical grasses such as *Zea mays*, a  $\text{C}_4$  plant. The occurrence of maize as a  $\text{C}_4$  plant has special significance for the archaeological record. Intensive cultivation of maize is a benchmark in the development of prehistoric population, accompanied by significant population growth and increasing social complexity. Assuming the ubiquity of maize agriculture in the Eastern Woodlands of North America at approximately A.D. 800,

then stable carbon isotope analysis may function as a relative dating technique. In the case of Hendricks Cave, samples dominated by low  $\delta^{13}\text{C}$  values, consistent with those of  $\text{C}_3$  plants, signify a hunter-gatherer subsistence mode and indicate a Late Archaic/Early Woodland association. Conversely,  $\delta^{13}\text{C}$  values indicating a preponderance of  $\text{C}_4$  plants depict a diet dominated by focal maize agriculture - one occurring after A.D. 800 (Late Woodland to Historic). A sample of 15 well-preserved bones or bone fragments drawn from those elements least likely to contribute further information (e.g., rib and phalange fragments) will be sufficient to determine the nonparametric sample variation in  $\delta^{13}\text{C}$  for the osteological remains.

While interpretation of  $\delta^{13}\text{C}$  ratios is fairly straightforward with reliable comparative data, Hendricks Cave could yield suspect results. Should the McKenzie and Prufer (1967) hypothesis prove correct, residence on a government reservation may have severely disrupted the assumed pattern of focal maize agriculture. In this case, the skeletal material may yield lower  $\delta^{13}\text{C}$  values and, therefore, result in an incorrect interpretation of greater antiquity for the remains. The potential for a "false-positive" result will be minimized through application of accelerated mass spectrometry. Both a stable carbon isotope ratio ( $^{13}\text{C}$  to  $^{12}\text{C}$ ) and a radiocarbon date ( $^{14}\text{C}$  to  $^{12}\text{C}$ ) will be generated from a single sample of amino acid from bone collagen.

AMS dating techniques isolate hydroxyproline, a collagen-specific amino acid occurring rarely outside of bone collagen (STAFFORD *et al.*, 1991). After pretreatment procedures to remove humate contaminants, accelerator dating directly counts the number of  $^{14}\text{C}$  atoms in the purified sample, resulting in an absolute age of the material based on the decay rate of  $^{14}\text{C}$  to  $^{12}\text{C}$ . A sample of human bone submitted to the University of Arizona, Tucson, NSF-AMS Facility should yield a relative  $\delta^{13}\text{C}$  value that falls within the range established by the conventional stable

carbon isotope samples, as well as an absolute age determination for the Hendricks Cave osteological collection.

## 5. Conclusion

Hendricks Cave is not unique in the sense that there are numerous curated archaeological collections that lack the benefit of current chronometric and osteochemical analyses. The combination of techniques described here may be applied easily, and with minimum cost, to materials from sites that have not been dated, or are insecurely dated due to speculative stratigraphic or artifactual associations.

Hendricks Cave, however, is unique in that it may shed light on a generally under-reported phenomenon - the interment of the dead in vertical cave environments in the Eastern Woodlands. It is generally assumed that bodies were disposed of by dropping them through the surface opening (CROTHERS & WATSON, 1993). However, the presence of undisturbed human bone in the side chamber (not at the base of the shaft), as well as a hearth in that chamber, controverts this line of reasoning. Hendricks Cave may represent a repository and possible mortuary processing locality similar to that described for Salt's Cave, Kentucky (SEEMAN, 1986). Regardless of the chronological outcome, Hendricks Cave represents an opportunity to design and test a methodology that is

scientifically stringent and comprehensive for the reconstruction of human diet and land use patterns in the Eastern Woodlands.

## References

- AMBROSE, S.H. & M.J. DENIRO. 1986. Reconstructions of African human diet using bone collagen carbon and nitrogen isotope ratios. *Nature* 319: 321-324.
- BUICKSTRA, J.E. & D.R. MILNER. 1991. Isotopic and archaeological interpretations of diet in the Central Mississippi Valley. *Journal of Archaeological Science* 18: 319-329.
- CROTHERS, G.M. & P.J. WATSON. 1993. Archaeological contexts in deep cave sites: Examples from the Eastern Woodlands of North America. In: (P. Goldberg, D.T. Nash & M.D. Petraglia, eds.): *Formation Processes in Archaeological*

Context. Monographs in World Archaeology No. 17, Prehistory Press, Madison: 53-60.

DENIRO, M.J. & M.J. SCHOENINGER. 1983. Stable carbon and nitrogen isotopes of bone collagen: variation within individuals, between sexes, and within populations raised on monotonous diets. *Journal of Archaeological Science* 12: 1-8.

GUILDAY, J.E. 1965. Letter report to O.H. Prufer identifying animal bones from Hendricks Cave. On file: Department of Anthropology, Kent State University, Kent, Ohio.

HANSEN, M.C. 1992. Indian Trails Caverns - A Window on Ohio's Pleistocene Bestiary. *Ohio Geology* Spring: 1-3.

HICKERSON, H. 1960. The Feast of the Dead among the seventeenth century Algonkians of the Upper Great Lakes. *American Anthropologist* 62(1): 81-107.

LYNOTT, M.J., T.W. BOUTTON, J.E. PRICE & D.E. NELSON. 1986. Stable carbon isotopic evidence for maize agriculture in southeast Missouri and northeast Arkansas. *American Antiquity* 51: 51-65.

MCKENZIE, D.H. & O.H. PRUFER. 1967. Indian skeletons from a sinkhole cavern in Wyandot County, northwestern Ohio. *Ohio Archaeologist* 17(4): 129-138.

SCIULLI P.W. & R.W. YERKES. No date. Report to O.H. Prufer: Bone remains from Hendricks Cave, Wyandot County, Ohio. On file: Department of Anthropology, Kent State University, Kent, Ohio.

SCHURR, M.R. 1992. Isotopic and mortuary variability in the Middle Mississippian population. *American Antiquity* 57: 300-320.

SEEMAN, M.F. 1986. Adena 'houses' and their implications for Early Woodland settlement models in the Ohio Valley. In: (K.B. Farnsworth & T.E. Emerson, eds.): *Early Woodland Archaeology*. Center for American Archaeology, Kampsville Seminars in Archaeology, Volume 2. Kampsville, Illinois: 564-580.

WATSON, P.J. 1986. Prehistoric Cavers of the Eastern Woodlands. In: (C.H. Faulkner, ed.): *The Prehistoric Native American Art of Mud Glyph Cave*. University of Tennessee Press, Knoxville: 109-116.

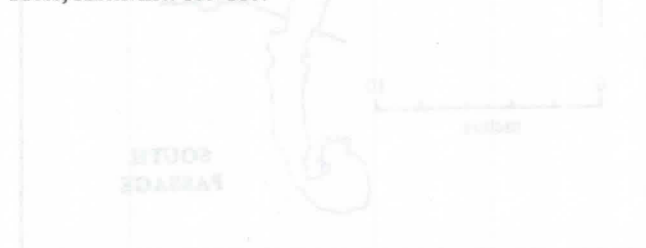


Fig. 1. Map of Ohio showing the location of Hendricks Cave.

## 4. Methods for establishing age of Hendricks Cave human remains

Four methods were used to establish the age of the human remains from Hendricks Cave. These methods were: (1) radiocarbon dating of bone collagen, (2) radiocarbon dating of charcoal from the same site, (3) thermoluminescence dating of pottery from the same site, and (4) stratigraphic dating of the site.

The radiocarbon dating of bone collagen was done using the accelerator mass spectrometry (AMS) technique. The radiocarbon dating of charcoal was done using the conventional radiocarbon dating technique. The thermoluminescence dating of pottery was done using the thermoluminescence dating technique. The stratigraphic dating of the site was done using the stratigraphic dating technique.

# La structure paléolithique de la grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne - France)

par François ROUZAUD <sup>(1)</sup>, Michel SOULIER <sup>(2)</sup>, Yves LIGNEREUX <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Service Régional de l'Archéologie - DRAC Midi-Pyrénées, 7, rue Chabanon, 31200 Toulouse (France)

<sup>(2)</sup> Société Spéléo-Archéologique de Caussade - 5 rue Bourdelle, 82100 Caussade (France)

<sup>(3)</sup> Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 23, chemin des Capelles - 31076 TOULOUSE cedex (France)

## Abstract

The Bruniquel cave was discovered in 1990. Of vast dimensions, it develops on approximately 500 m. The clayey soil is often covered by calcite. Wherever clay is visible on the ground, it is hollowed by tenths of bear pits.

At about half way, in the middle of a vast room, many broken concretions were put together to build a structure in the form of an irregular quadrilateral of about 4x5 m. They are embedded by calcite deposits. They are not natural breakings of speleothems, but instead organized concentrations of displaced elements. The function of this structure and the identity of its authors remain hypothetical : till today not the least sign of human frequentation has been observed within the cave, were the bears prove to have been omnipresent.

Embedded in the structure, a slightly burnt fragment of bear radius was discovered. Its <sup>14</sup>C datation (tandetron) is more than 47600 years old. This discovery makes older the first incursion of prehistoric human beings into the deep subterranean world of about fifteen thousands years.

## Résumé

La grotte de Bruniquel a été découverte en 1990. De vastes dimensions, elle se développe sur environ 500 m. Le sol argileux est souvent recouvert de calcite. Partout où l'argile est visible en surface, elle est creusée de dizaines de bauges à ours.

A mi-parcours de la grotte, au milieu d'une vaste salle, un grand nombre de concrétions brisées furent rassemblées pour former une structure ayant la forme d'un quadrilatère irrégulier d'environ 4 x 5 m. Elles sont scellées par un dépôt de calcite. Il ne s'agit pas d'un bris naturel de concrétions développées sur place, mais de la concentration organisée d'éléments déplacés. La fonction de cette structure et l'identité de ses auteurs demeurent énigmatiques. En effet, pas la moindre trace de fréquentation humaine n'a encore pu être relevée dans ce réseau où les preuves du séjour des ours sont omniprésentes.

Engagé dans la structure, un fragment de radius d'ours, légèrement brûlé, a été découvert. Sa datation C<sup>14</sup> (tandetron) est vieille de plus de 47600 ans. Cette découverte permet de repousser d'une quinzaine de millénaires les premiers incursions de l'homme préhistorique dans le monde souterrain profond.

## 1. La découverte

Depuis 1987, Bruno Kowalszewski (Société-Spéléo-Archéologique de Caussade) désobstrue un terrier de renard sur la commune de Bruniquel. Mais, ce n'est que le 27 février 1990, au delà d'une étroiture longue d'une vingtaine de mètres que le conduit s'agrandit. Antérieurement à la découverte, les spéléologues de la SSAC étaient parfaitement sensibilisés à la préhistoire souterraine et avaient déjà très activement participé à l'exploitation archéologique de deux de leurs principales découvertes, dans l'Igüe des Rameaux à Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne) qui contenait un remplissage du Pléistocène moyen (ROUZAUD *et al.*, 1990), et dans la grotte ornée paléolithique de la Magdeleine-des-Albis à Penne (Tarn) (ROUZAUD *et al.*, 1989). La progression des travaux de désobstruction entrepris par Bruno Kowalszewski était donc suivie par son club et le Service Régional de l'Archéologie (SRA). Aussi, lorsque la dernière chatière fut vaincue tous les intervenants étaient prêts.

Dès les premiers mètres de la galerie, les ossements, les bauges à ours et le riche concrétionnement montrent aux découvreurs l'essentiel des particularités de la cavité. Les réflexes ont parfaitement fonctionné : progression en empruntant un étroit itinéraire où le risque d'altération des sols est minimum, mais surtout recherche systématique de toutes les anomalies. Au terme de 250 mètres de progression parmi les innombrables traces d'ours, un assemblage de concrétions brisées et rassemblées au milieu d'une vaste salle, interpelle les inventeurs. Cette construction est scellée par un dépôt stalagmitique qui lui confère une certaine ancienneté.

Cette découverte est le soir même signalée au SRA.

(1) Il nous est agréable de remercier ici les propriétaires de la grotte de Bruniquel pour les facilités qu'ils nous accordent et l'intérêt qu'ils portent à nos travaux.

## 2. La cavité

La cavité <sup>(1)</sup> se développe entièrement dans les calcaires dolomités du Bajocien. Elle s'ouvre en rive gauche de l'Aveyron, à une cinquantaine de mètres au dessus du cours d'eau, quelques centaines de mètres en amont des célèbres abris magdaléniens du château de Bruniquel. La grotte est isolée de l'extérieur par un puissant éboulis, haut d'une quinzaine de mètres dont l'ancienneté de la mise en place est attestée par la présence de bauges à ours, entre les blocs, sur sa moitié inférieure. Le conduit très concrétionné, qui va se prolonger sur près de 500m, est désormais de vastes dimensions (L=10 à 15m, H= 4 à 7m) (figure 1). Le sol argileux est bien souvent recouvert d'une épaisse couche de calcite. Partout où l'argile est visible en surface, celle-ci est creusée de dizaines de bauges à ours, ou piétinée par ces mêmes animaux. Malheureusement, la fréquentation des ours fut telle que les sols sont damés et bien peu d'empreintes demeurent parfaitement lisibles. De nombreux stigmates de griffes permettent toutefois de les identifier avec certitude. Sur les parois les plus argileuses, de grandes quantités de griffades sont également visibles, dont certaines très spectaculaires.

Au-delà de la salle de la structure, après un rétrécissement, la galerie reprend ses dimensions et s'élargit même parfois à plus de 20 mètres. Le sol devient plus argileux et les zones concrétionnées sont moins importantes.

Dans la salle terminale, incomplètement topographiée, pour d'évidentes raisons de conservation, les remplissages argileux omniprésents sont recouverts de griffades d'origines diverses, mais où l'ours semble prédominant. La conservation de ces traces est excellente et des empreintes de poils sont parfaitement visibles.

### 3. Les travaux effectués

Les inventeurs ont levé le cheminement topographique, en n'utilisant que le sentier préalablement balisé, et réalisé la couverture photographique des parties accessibles de la grotte. Une opération de relevé détaillé (plan au 1/5<sup>ème</sup>) de la structure est engagée en association avec le SRA, dans le cadre d'une autorisation de relevés (figure 2). Le plan complet de la salle sera réalisé par la suite au 1/50<sup>ème</sup>. (figure 1). Les explorations spéléologiques sont suspendues, pour cause de surabondance de traces d'ours sur les sols de la partie terminale du réseau : conservation oblige...

Au cours du levé du plan de la structure, un fragment de radius d'ours partiellement brûlé est découvert engagé dans l'assemblage des concrétions, au milieu d'une zone riche en traces de feu (calcite rougie et fendue). L'origine anthropique de la structure est matériellement démontrée et l'os peut être daté. La répartition des traces de brûlures relevées sur cet os suggérait une combustion à l'état frais, encore abondamment pourvu de graisse, et rendent très peu probable la crémation accidentelle d'un os "fossile". Plusieurs autres zones chauffées sont repérées sur la structure.

Au cours de ces relevés topographiques détaillés, l'origine des concrétions utilisées pour la réalisation de la structure a pu être précisée. A proximité de celle-ci, les moignons de stalactites demeurent à la voûte, alors que les empreintes des racines des stalagmites arrachées sont encore visibles dans l'argile du sol. Une de ces empreintes est oblitérée par celle d'un ours.

Toujours dans cette même salle, des boulettes d'argile ont été projetées sur la paroi, leur oblitération par des griffades de chauve-souris, et un minuscule voile de calcite leur confèrent une grande ancienneté.

### 4. Les résultats obtenus

L'absence, dans l'ensemble de la cavité, de tout témoignage archéologique classique : silex, os travaillé, poterie, mouchage de torche... excluait, a priori, toute fréquentation humaine à la fin du paléolithique supérieur, ou plus récente ; de plus les passages des ours oblitéraient les zones de prélèvement des concrétions utilisées pour réaliser la structure. La datation à attendre devait donc se situer au delà de 20 ou 25 000 ans. Réalisée par les soins d'Hélène Valladas au Centre des Faibles Radioactivités (Laboratoire mixte CNRS/CEA de Gif-sur-Yvette), l'analyse par accélérateur a fourni une date supérieure à 47 600 ans (ROUZAUD *et al.*, 1995 ; BALTER 1996). Cette datation, qui demeure malgré tout à confirmer, est cohérente avec celles publiées pour le site ukrainien de Molodova (44 000 BP. et > à 45 600 BP.) où fut découverte une structure, identique en plan et en dimensions (5m x 8m), réalisée avec des ossements et défenses de mammoth (DAVID, FARIZY, 1988). Les éléments assemblés pour constituer ces deux structures sont de nature différente, mais leurs poids et volumes sont comparables. Il demeure que la distance entre ces deux sites et les grandes différences dans leurs environnements géologiques doivent toutefois inciter à la prudence.

### 5. L'étude des vestiges animaux

Dans les 100 premiers mètres de la grotte, l'éboulis et de nombreux blocs effondrés permettent le parcours de la galerie en contournant les sols argileux qui conservent en surface des bauges à ours, des empreintes et des ossements. Un inventaire exhaustif et l'étude de tous les témoignages fauniques de ce secteur de la cavité ont été réalisés dans le cadre d'une thèse de doctorat vétérinaire (LAFON, 1996). Tous les témoignages ont été relevés et la plupart des ossements ont été étudiés et sont conservés sur place. Les espèces présentes sont très variées : ours, loup, renard, panthère, renne, cerf, aurochs ou bison, bouquetin, chevreuil,... Quelques restes osseux (mouton, chèvre,

poulet, canard...) ont été récemment introduits dans la première partie de la grotte, probablement par des renards. Ceci permet de quantifier, et de dater approximativement, tous les passages dans la cavité depuis le départ des derniers ours.

Au cours de ce travail d'inventaire, un fragment de tibia de grand ongulé (aurochs ou bison) a été récolté dans la galerie. Cette pièce a été manifestement brisée et apportée par l'homme dans la cavité (communication de J.Ph. Brugal et Ph. Morel).

Dans les 80 premiers mètres de la galerie, près d'une centaine de bauges à ours ont été inventoriés et reportées sur plan. L'une d'entre-elles, qui conservait quelques ossements à sa surface, a été fouillée. Les restes appartiennent à un *Ursus Arctos* de forte taille. Est-il représentatif des ours qui ont creusé les centaines de bauges qui se répartissent régulièrement tout au long de la grotte où aucun reste osseux d'*Ursus spelaeus* n'a encore été remarqué ?

Actuellement, les travaux d'inventaire et de topographie détaillée se poursuivent dans la cavité. Ils sont retardés par la nécessité de mettre au point des procédures de détection et de relevé dans ces galeries de vastes dimensions, où sont conservées vierges de toute fréquentation moderne, des plages de plusieurs centaines de mètres carrés... Pour accéder à de telles surfaces, les techniques habituelles de progression au milieu des vestiges (escalade artificielle, passerelles...) sont ici insuffisantes. Avec l'aide de Georges Marbach (société Expé) des essais ont été réalisés avec des ballons captifs, lumineux, guidés par fil. L'éclairage des sols, obtenu par ce procédé permet leur parfaite lecture sans aucun risque de dégradation, soit directement, soit par des moniteurs vidéo grâce à des micro-caméras télécommandées. Le développement de ces techniques devrait, dans un avenir proche, permettre la réalisation de relevés à distance et l'examen détaillé de plusieurs fortes anomalies (excavations dans l'argile, traces à la voûte...) qui ont été localisées dans des zones argileuses vierges en divers endroits de la grotte.

A proximité immédiate du sentier emprunté pour circuler dans la cavité, les spéléologues ont remarqué une grosse stalagmite dont la partie supérieure évidée contient des traces noirâtres. L'analyse en cours du sédiment recueilli, montrera peut être s'il s'agit d'une lampe fixe.

Dans le même secteur, des stalactites se sont naturellement détachées du plafond. A deux endroits distants de quelques dizaines de mètres, au milieu de la galerie, et parfaitement visibles l'un de l'autre, deux concrétions effondrées semblent avoir été dressées retournées... l'une d'elles est scellée par le concrétionnement. S'agit-il de restes d'aménagements ?

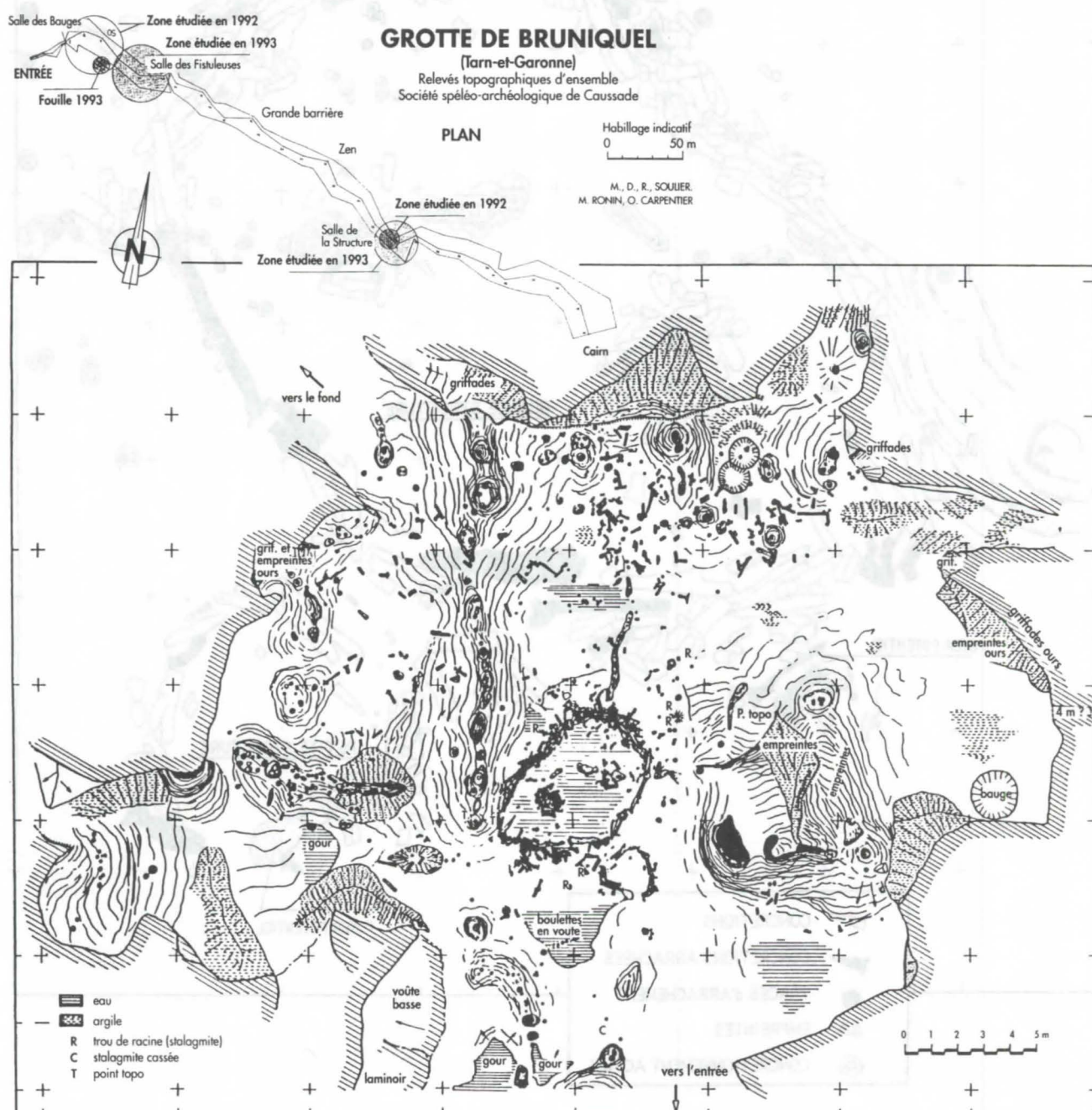
### Conclusion

La grotte de Bruniquel semble être, pour l'heure, la cavité profonde et obscure la plus anciennement aménagée par l'homme. Les travaux d'exploration et d'évaluation en cours vont préciser les potentialités du site. Les premiers résultats obtenus posent d'intéressantes interrogations : sommes-nous en présence, comme semble le prouver la datation, d'œuvres d'*Homo sapiens sapiens* ou d'*Homo sapiens neanderthalensis* ? Sommes-nous en présence, comme semble le montrer l'étude des restes osseux, d'*Ursus spelaeus* ou d'*Ursus arctos* ? Quelle est la fonction de la structure de concrétions ? Celle-ci pourrait être cultuelle, comme le suggère sa position au centre d'une vaste salle dans une grotte profonde, ou matérielle si on préfère la comparer aux habitations moustériennes d'Ukraine.

Sans une collaboration sans faille des spéléologues inventeurs, et sans une approche paléospéléologique de cette nouvelle grotte, toutes ces questions n'auraient même pas pu être posées. La poursuite de l'étude, dans ces mêmes principes, apporte à chaque sortie son nouveau lot d'observations et d'interrogations.

## Références

- BALTER M. 1996 - Cave structure boosts Neandertal image. *Science*, 271, p. 449.
- DAVID F., FARIZY C., 1988 - in : André LEROI-GOURHAN, *Dictionnaire de la Préhistoire*, PUF., Paris (p. 701).
- LAFON L., 1996 - *La grotte de Bruniquel (Tarn-et-Garonne) : inventaire au sol des vestiges fauniques*. Thèse doctorat vétérinaire, Toulouse, 162 p.
- ROUZAUD F., BISIO A., LAUTIER J., SOULIER M., 1989.- Grotte de la Magdeleine-des-Albis à Penne (Tarn)., Essai de synthèse à l'occasion de la découverte d'une nouvelle figure féminine., *Bull. Société Préhistorique de l'Ariège*, T. XLIV, p. 21-69.
- ROUZAUD F., SOULIER M., BRUGAL J.P., JAUBERT J., 1990.- l'Igüe des Rameaux (Saint-Antonin-Noble-Val, Tarn-et-Garonne). Un nouveau gisement du Pleistocène moyen. Premiers résultats. *"Paleo"* N° 2, Les Eyzies / SAMRA, p. 89-106.
- ROUZAUD F., SOULIER M., LIGNEREUX Y., 1996 - La grotte de Bruniquel. *Spelunca* 5<sup>e</sup> série n° 60, décembre 1995, p. 27-34.



**Figure 1 : Plan schématique de la grotte et plan détaillé de la salle de la structure de concrétions de la grotte de Bruniquel**  
Dessin Michel Soulier (Extrait de *Spelunca* n° 60)

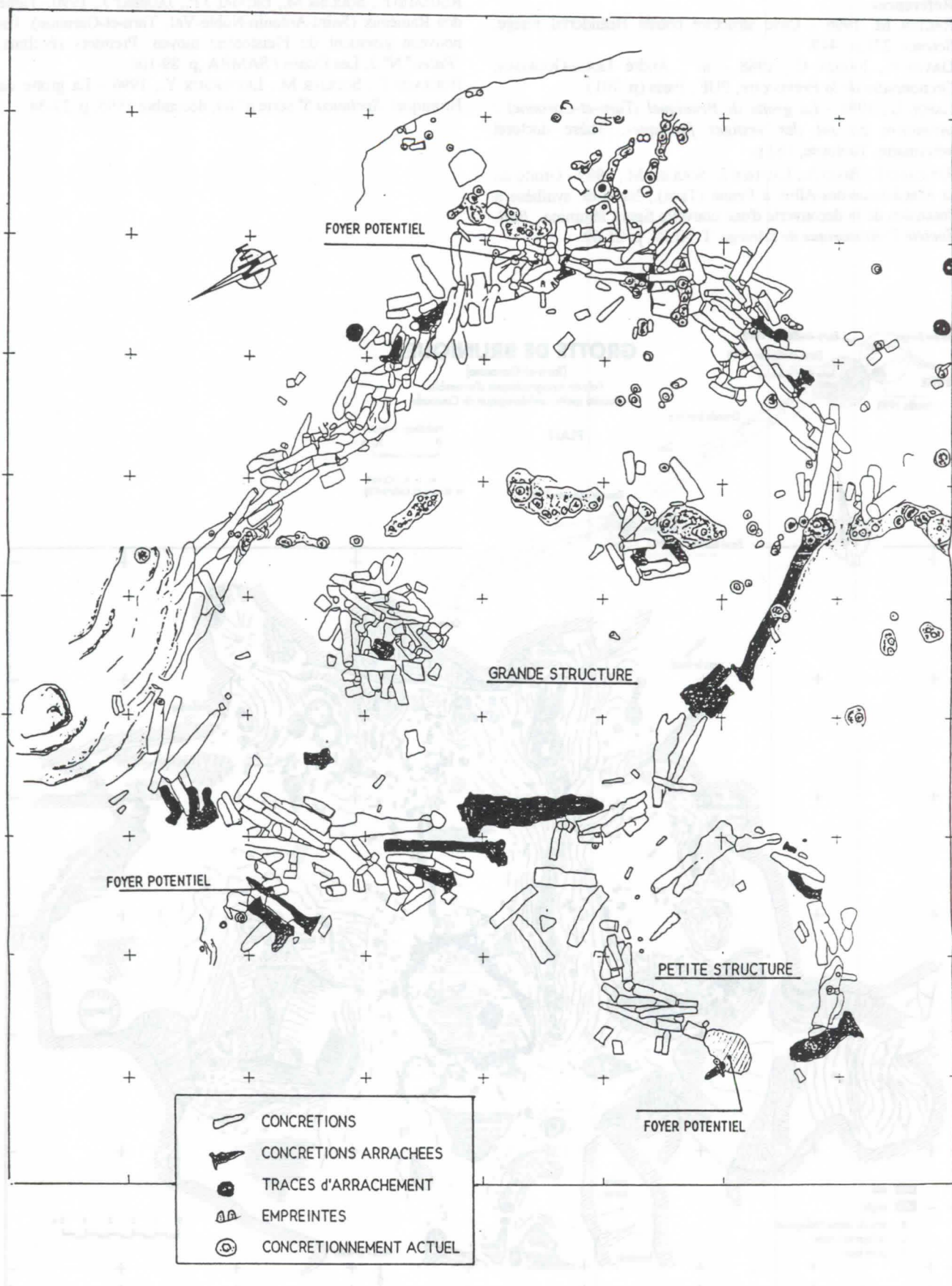


Figure 2 : Plan de la structure de concrétions de la grotte de Bruniquet. Dessin michel Soulier (Extrait de Spelunca n° 60)

# Archaeology of Sheriden Cave, Ohio, USA

Kenneth B. Tankersley

Department of Anthropology, Kent State University, Kent, Ohio, 44242, USA

## Abstract

Sheriden Cave is a deeply buried, stratified, and radiocarbon dated (ca. 11,500 radiocarbon years BP) late Pleistocene habitation site located in northwestern Wyandot County, Ohio, United States. Artifacts recovered from the cave include a side scraper manufactured from a bifacial thinning flake, a bifacial preform, chert debitage, a carved, incised, and beveled-based osseous point, and a large suite of cut and burned bone. Most of the toolstones are nonlocal cherts that outcrop between 140 and 400 km from the site. The assemblage is distinctive of the Early Paleoindian, Clovis Cultural Complex of North America.

## 1. Introduction

Around the world, caves have played an important role to further research into human origins, behavior, and survival. Caves are particularly significant archaeological sites because they are older and more stable geological features than most environmental settings (Farrand 1985). Their great antiquity is directly related to their unique lithology, formation, and slow degradation processes. Because of the long-term stability of caves, archaeological evidence for early human use remains relatively undisturbed (Straus 1990).

In the karstic regions of the Old World, Pleistocene-age cave sites are both abundant and widespread (Soffer 1987). The absence of comparable sites in the New World is an archaeological enigma because cave systems in eastern North America are among the largest in the world (Crothers and Watson 1993; Carstens and Watson 1996). It is quite possible, however, that our archaeological visibility is myopic. Pleistocene-age cave sites in eastern North America may be deeply buried under many meters of sediments (Collins 1991). The recent serendipitous discovery at Sheriden Cave suggests that this is indeed the case.

## 2. Site Description and History

Sheriden is a deeply buried and stratified cave site located in northwestern Wyandot County, Ohio (Bowen 1995). It is part of a cave system which includes Hendricks Cave and Indian Trail Caverns. The cave entrance is situated near the crest of a low ridge (17 m) of upthrown, Middle Silurian, Lockport Dolomite. The ridge is a resistant fossil reef, repeatedly scoured by Pleistocene glaciation, and covered by a thin veneer of diamicton (Hansen 1992a:1). While sinkholes and caves are abundant in the area, most are choked with Pleistocene and Holocene sediment.

Historically, the cave entrance appeared as an extensive, shallow, circular depression 11 m south of the commercial entrance to Indian Trail Caverns. Vegetation in the depression remained green despite summer heat and periods of drought, a trait common to sediment-choked cave entrances in the area. Richard Hendricks, the cave owner, saw this phenomenon year after year. He was also aware that a side passage in Indian Trail Caverns came very close to the depression. Hendricks believed that the commercialized portion of the cave system could be expanded by removing sediments from the sink.

In July 1990, Richard Hendricks employed a crane operator to excavate the unconsolidated deposits of the sink. Like nearby Hendricks Cave (McKinzie and Prufer 1967:129), the crane encountered alluvium rather than glacial drift. Excavations proceeded to a depth of more than 10 m and exposed a 4 m by 10 m, partially sediment-filled, cave passage on the west side of the sinkhole. A small bulldozer was lowered into the sink to further open the passage. Unlike the bright yellow-colored silt of the sink, the bulldozer came upon layers of greasy, dark-gray, organic-rich deposits in the cave. Concentrations of charcoal and bone were visible in the backdirt and along the cave walls.

A local caver, Jerry Longstone, began exploring the newly opened cave passage. Much to his surprise, he found a large (82 x 51 mm), flaked-stone side-scraper in the organic, bone-bearing deposit. The artifact is manufactured from a large bifacial-thinning flake of Wyandotte chert. The source area of this toolstone is located more than 400 km southwest of Sheriden Cave. Richard Hendricks brought this serendipitous discovery to the attention of Jonathan E. Bowen, an archaeologist with the Ohio Historical Society. After examining the artifact and its findspot, he notified H. Gregory McDonald, then curator of vertebrate paleontology of the Cincinnati Museum of Natural History.

McDonald visited the cave, examined the exposed fossils, and recognized its potential to greatly expand the Pleistocene bestiary of Ohio (McDonald 1994). He established a permanent datum in the cave and initiated a paleontological excavation. With the assistance of volunteers, McDonald began systematically to remove the fossiliferous deposit. All of the sediment was water-screened through a fine mesh. Over the next two years, McDonald recovered the remains of more than 60 species of large and small vertebrates including the extinct or extralimital stagmoose (*Cervalces scotti*), caribou (*Rangifer tarandus*), flat-headed peccary (*Platygonus compressus*), giant beaver (*Castoroides ohioensis*), short-faced bear (*Arctodus simus*), masked shrew (*Sorex cinereus*), pigmy shrew (*Sorex hoyi*), yellow-cheeked vole (*Microtis xanthognathus*), northern bog lemming (*Synaptomys borealis*), redback vole (*Clethrionomys graperi*), heather vole (*Phenacomys intermedius*), porcupine (*Erethizon dorsatum*), ermine (*Mustela erminea*), pine martin (*Martes americana*), and fisher (*Martes pennanti*) (Hansen 1992b).

McDonald's paleontological excavations at Sheriden Cave ceased in September 1992. However, they resumed the following summer and continued over the next three years under the direction of Kenneth Ford, a graduate student in geology at Michigan State University. On 16 July, 1995, Ford uncovered a carved, incised, and beveled osseous object (14 x 135 mm) in the fossiliferous Pleistocene deposits. This artifact is comparable to osseous objects recovered from Perigordian, Aurignacian, and Magdalenian sites in Eurasia, and North American Nenana sites in Alaska and Clovis sites in Washington, Wyoming, Arizona, New Mexico, and Florida.

Until the discovery of the osseous object, it was assumed that Sheriden Cave was not an archaeological site despite the fact cut and burned bone and chert debitage had been recovered from the water-screened sediment. Although most of the flaked-stone artifacts recovered from the excavations had been thrown away, five specimens were saved. They include a flake fragment and single piece of shatter manufactured from Wyandotte chert, a broken bifacial preform fabricated from Upper Mercer chert, and two bifacial thinning flakes made from Cedarville-Guelph chert. While Cedarville-Guelph is a local chert, Upper Mercer outcrops more than 140 km east of the cave. Paleontological excavations were terminated in April 1996.

### Archaeological Investigations

Two months after the termination of the paleontological excavations, I initiated an archaeological investigation of the cave. The remaining archaeological deposits were intact, well-preserved, and datable. However, they were also threatened by a number of natural and human forces. The cave sediments are drying out. As they dry, cave beetles and fungus feed on the organic material. These biological processes will eventually destroy all stratigraphic contexts in the cave. Additionally, local amateur paleontologists were digging holes along the cave walls in search of bones and artifacts. Despite locks and fences around the site, the contexts of the deposits were vulnerable. Consequently, there was an urgent need to collect and document detailed provenience data before it was rendered useless.

With the assistance of volunteers from Kent State University, the Cleveland Museum of Natural History, and Ohio Archaeological Society, I began an archaeological survey of the unconsolidated deposits within the cave. The cave was first cleaned of garbage and debris that had accumulated during the past six years. A transit and tape were then used to place a 1-by-1-m grid across the cave floor. The grid was oriented to the cardinal directions and tied to the permanent datum used in the paleontological excavations. A transit and stadia rod were used to map the cave and record the provenience of all visible artifacts, ecofacts, and previous disturbances exposed in the 1-by-1-m units.

Our investigations found cultural material in the same strata that contains concentrations of wood charcoal and the remains of large vertebrates. A flake manufactured from Cedarville-Guelph chert, a flake and shatter of Wyandotte chert, and cut and burned bone were documented in two layers of cave breccia (10 cm and 45 cm thick respectively). The layers of breccia are separated by a banded and heavily oxidized alluvium (variable in thickness, from 4 to 20 cm) containing krotovina (likely rodent burrows). Therefore, it is possible that artifacts in the lower breccia were redeposited from the upper stratum. The lower breccia is underlain by a culturally sterile dolomite rubble of undetermined thickness.

Five radiocarbon dates have been obtained from the breccia:  $11,060 \pm 60$  BP (CAMS-10349) on *Platygonus compressus* bone;  $11,480 \pm 60$  BP (CAMS-12837),  $11,570 \pm 70$  BP (CAMS-12839), and  $11,610 \pm 90$  BP (CAMS-12845) on *Arctodus simus* bone; and,  $11,710 \pm 220$  BP (PITT-0892) on bulk wood charcoal (McDonald 1994). Two radiocarbon dates were obtained on wood charcoal collected from the culturally sterile finely laminated alluvial silt that overlies the upper breccia:  $9,170 \pm 60$  BP (CAMS-24126); and,  $9,190 \pm 60$  BP (CAMS-24127).

### 3. Significance of the Site

Sheriden Cave is unprecedented, not only for Ohio, but all of eastern North America because it contains deep, well-defined, and datable stratigraphy, a rich deposit of vertebrate and botanical fossils, and an Early Paleoindian archaeological record. With the possible exceptions of Big Bone Lick, Kentucky and the Hiscock site, New York, there is not a single stratified locality in eastern North America that contains fauna, flora, and an Early Paleoindian artifact assemblage (Tankersley and Isaac 1990). Furthermore, the stratigraphic records of both Big Bone Lick and the Hiscock site are greatly disturbed (Laub et al. 1988; Tankersley 1996). While there are deeply stratified, late Paleoindian sites such as Dust Cave in Alabama (Goldman and Driskell 1996), earlier Paleoindian cave sites either have shallow contexts or are inundated. For example, the Dutchess Quarry Caves in New York and a suite of submerged caves and sinkholes in northern Florida contain Early Paleoindian artifacts, flora, and fauna, but either lack stratigraphic contexts, temporal control, or both (Dunbar 1991; Dunbar et al., 1991; Funk and Steadman 1994).

Like other Early Paleoindian sites, the archaeological stratigraphy of Sheriden Cave undoubtedly results from a

complex and dynamic system of cultural, biological, and sedimentary processes that are directly related to the formation of the surface landscape (after Todd et al. 1996). Cave deposits often provide more information on the formational history of the deposit than they define past human behavior. On the other hand, deeply buried sites such as Sheriden Cave are important because they provide opportunities to collect long sequences of geochronological and paleoenvironmental data. Previous temporal and environmental interpretations of the cave were either based on a single radiocarbon date obtained on bulk wood charcoal (c.f., McDonald 1994), or large mammal bones water-screened from a complex sequence of breccia and alluvium (c.f., Hansen 1992a, 1992b). Consequently, the exact relationships of the artifacts to the radiocarbon assays, stratigraphy, or late Pleistocene plant and animal fossils remain unknown.

### Discussion

While water screening is perfectly suited to the recovery of vertebrate fossils, it destroys fragile carbonized botanical specimens, microfossils, and organic tissues such as skin and hair (Watson 1974; Bonnicksen 1996). Remarkably, chitinous tissue and hair have already been recovered from the Pleistocene deposits of Sheriden Cave. Therefore, flotation has to be used to recover artifacts and plant and animal remains from the excavated sediment.

Given that the stratigraphy of the cave is well preserved, detailed temporal and environmental reconstructions are possible and the prehistoric human activity can be placed in the context of the late Pleistocene landscape (Waters 1990). In order to provide a temporal and environmental framework for the archaeological record of Sheriden Cave, it will be necessary to obtain a better understanding of the geological contexts of the artifacts, associated transformation processes, geochronology, and paleoenvironmental relationships. This approach will provide a more realistic view of the archaeological record, one that is empirical, paradigmatic, and permits re-evaluation and cross-cultural comparisons (after Todd 1987).

In order to distinguish between the human behavior that left behind artifacts and natural sedimentary and biological processes, will also be necessary to document microstratigraphic units within the cave (Waters 1992). Microstratigraphy needs to be defined as standardized lithostratigraphic and pedostratigraphic units based on the physical characteristics of the strata and contacts between them. Natural exposures, cores, and trenches examined in the area around the cave entrance will permit stratigraphic correlations, identification of facies relationships, and help determine the timing and duration of episodes of deposition, erosion, and stability inside the cave (Waters 1992).

The single most important aspect of a comprehensive geochronological approach is the detailed documentation of the geological and paleoenvironmental context and association of all radiocarbon samples (Taylor 1991). Radiocarbon dating has to be verified by a combination of proper stratigraphic control, repetition, and compatibility with the results of other disciplines such as paleobotany and vertebrate paleontology (Haynes, 1992). Therefore, sediment samples need to be extracted from each stratum and separated into three fractions: floral inclusions, faunal inclusions, and the sediment matrix. The degree of reworking and redeposition will be measured by comparing Accelerator Mass Spectrometry radiocarbon dates obtained for each fraction. A primary context should contain a suite of dates that show statistical contemporaneity (Long and Rippeteau 1974). A secondary context, on the other hand, should show statistical heterogeneity in the radiocarbon dated fractions.

### Conclusion

Recent paleontological excavations at Sheriden Cave in Wyandot County, Ohio, USA, exposed Early Paleoindian, Clovis Cultural Complex artifacts in a fossiliferous late Pleistocene breccia. A small suite of radiocarbon dates ( $n = 7$ ) suggest that the artifact-bearing deposit is ca. 11,500 radiocarbon years old.

Given that the cave is deeply stratified and contains a plethora of Pleistocene vertebrate fauna and flora, it offers an unique opportunity to chronometrically date an Early Paleoindian habitation in eastern North America and determine its relationship to the late Pleistocene environment.

Archaeologists do not have a tight chronological or environmental framework for late Pleistocene artifact assemblages in eastern North America. Archaeological sites that contain stratigraphy, paleoenvironmental data, and an archaeological record are virtually nonexistent in this region. Because of the extraordinary nature of its datable, organic-rich, and deep stratigraphy, Sheriden Cave, is an unprecedented Early Paleoindian, Clovis Complex site. Deeply stratified sites such as Sheriden Cave are invaluable to archaeologists because they provide opportunities to collect long sequences of geochronological and paleoenvironmental data.

Future archaeological work at Sheriden Cave will provide a temporal and environmental framework for the archaeological record, distinguish between natural sedimentary and biological processes and those that resulted from human behavior, and determine what human behavior left artifacts behind at the site. Sheriden Cave provides a unique opportunity to integrate late Pleistocene geochronological, paleoenvironmental, and archaeological data and evaluate one against the other.

## References

- BONNICHSEN, R. 1996 Breaking the Impasse on the Peopling of the Americas: Analytical Procedures and Using Ancient DNA. The Center for the Study of the First Americans, Corvallis.
- BOWEN, J.E. 1995 Terminal Pleistocene Fluted/KnifeSpearpoints from an 18,000 Square Kilometer Portion of North-Central and West Central Ohio: 9000 BC. Sandusky Valley Chapter, Archaeological Society of Ohio, Upper Sandusky.
- CARSTENS, K.C. AND P.J. WATSON 1996 Of Caves and Shell Mounds. The University of Alabama Press, Tuscaloosa.
- COLLINS, M.B. 1991 Rockshelters and the Archaeological Record. In: (D. Meltzer and T. Dillehay, eds.): The First Americans, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida: 157-184.
- CROTHERS, G.M. AND P.J. WATSON 1993 Archaeological Contexts in Deep Cave Sites: Examples from the Eastern Woodlands of North America. In: (P. Goldberg, D. Nash, M. Petraglia, eds.): Formation Processes in Archaeological Context. Monographs in Old World Archaeology No. 17, Prehistory Press, Madison: 53-60.
- DUNBAR, J.S. 1991 Resource Orientation of Clovis and Suwannee Age Paleoindian Sites in Florida. In: (R. Bonnichsen and K. L. Turnmire, eds.): Clovis Origins and Adaptations, Peopling of the Americas Publications, Corvallis: 185-213.
- DUNBAR, J.S., S.D. WEBB, M. FAUGHT 1991 Inundated Prehistoric Sites in Apalachee Bay, Florida, and the Search from the Clovis Shoreline. In: (L. Johnson and M. Stright, eds.): Paleoshorelines and Prehistory, CRC Press, Boca Raton, Florida: 117-146.
- FARRAND, W.F. 1985 Rockshelter and Cave Sediments. In: (J. Stein and W. Farrand, eds.): Archaeological Sediments in Context, Center for the Study of Early Man, Orono: 5-20.
- FUNK, R.E., AND D.W. STEADMAN 1994 Dutchess Quarry Caves. Persimmon Press, Buffalo, New York.
- GOLDMAN, N. S., AND B. N., DRISKELL 1994 Preliminary Archaeological Papers on Dust Cave, Northwest Alabama. *J. of Alabama Archaeol.* 40:1-255.
- HANSEN, M.C. 1992a Indian Trail Caverns—A Window on Ohio's Pleistocene Bestiary. *Ohio Geol.* (1992)1:1-3.
- HANSEN, M.C. (1992b) Bestiary of Pleistocene Vertebrates of Ohio. *Ohio Geol.* (1992) 2:1-6.
- HAYNES, C.V. 1992 Contributions of Radiocarbon Dating to the Geochronology of the Peopling of the New World. In: (R.E. Taylor, A. Long, and R. S. Kra, eds.): Radiocarbon Dating After Four Decades, Springer-Verlag, New York:355-374.
- LAUB, R.S., M.F. DEREMER, AND C.A. DUFORT 1988 The Hiscock Site: A Rich Late Quaternary Locality in Western New York State. In: (R. Laub, N. Miller, and D. Steadman, eds.): Late Pleistocene and Early Holocene Paleocology and Archaeology of the Eastern Great Lakes Region, Buffalo Society of Natural Sciences, Buffalo:67-81.
- LONG A. AND B. RIPPETEAU 1974 Testing Contemporaneity and Averaging Radiocarbon Dates. *Am. Antiq.* 39:205-215.
- MCDONALD, H.G. 1994 Late Pleistocene Vertebrate Fauna of Ohio: Coinhabitants with Ohio's Paleoindians. In: (W. S. Dancey, ed.): The First Discovery of America. The Ohio Archaeological Council, Columbus:23-42.
- MCKENZIE D.H. AND O.H. PRUFER 1967 Indian Skeletons from a Sinkhole Cavern in Wyandot County, Northwestern Ohio. *Ohio Archaeol.* 17:129-138.
- SOFFER, O. 1987 The Pleistocene Old World: Regional Perspectives. Plenum Press, New York.
- STRAUS, L.G. 1990 Underground Archaeology: Perspectives on Caves and Rockshelters. *Archaeol. Method and Theory* 2:255-304.
- TANKERSLEY, K.B. 1996 Ice Age Hunters and Gatherers. In: (R. Lewis, ed.): The Prehistory of Kentucky, University of Kentucky Press:21-38.
- TANKERSLEY, K. B., AND B. L. ISAAC 1990 Concluding Remarks on Paleocology and Paleoecology. In: (K.B. Tankersley and B.L. Isaac, eds.): Early Paleoindian Economies of Eastern North America. Research in Economic Anthropology, Supplement 5, JAI Press, Greenwich:337-355.
- TAYLOR, R. E. 1991 Frameworks for Dating the Late Pleistocene Peopling of the Americas. In: (T.D. Dillehay and D.J. Meltzer, ed.): The First Americans: Search and Research, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida:77-111.
- TODD, L.C. 1987 Analysis of Kill-Butchery Bonebeds and Interpretation of Paleoindian Hunting. In: (M. Nitecki and D. Nitecki, eds.): The Evolution of Human Hunting, Plenum Press, New York:225-266.
- TODD, L. C., D. RAPSON, AND J. HOFMAN 1996 Dentition Studies of Mill Iron and other Paleoindian Bison Bonebed Sites. In: (G. Frison, ed.): The Mill Iron Site, University of New Mexico Press, Albuquerque:145-177.
- WATERS, M.R. 1990 Late Quaternary Alluvial Stratigraphy and Early Holocene Archaeology of Whitewater Draw, Arizona. In: (N.P. Lasca and J. Donahue, eds.): Archaeological Geology of North America, Geological Society of America, Boulder:315-322.
- WATERS, M.R. 1992 Principles of Geoarchaeology. University of Arizona Press, Tucson.
- WATSON, P.J. 1974 Archeology of the Mammoth Cave Area. Academic Press, New York.

# The underground prison of the Solovki monastery (Russia)

by Stroutchkova Tatiana

Moscow State University, Moscow, 129278, Pavla Korchagina street, 11 - 219

## Abstract

The Solovki monastery is located on the Solovki islands not far from the Polar Circle, washed by the White Sea. The first monks landed on the Solovki and settled there in the first third of the 15th century.

From the 16th century the Solovki monastery served as a place for the imprisonment of state criminals, disgraced clergy and those against the Orthodox church: heretics, old believers, pagans, etc.

There were 2 kinds of prisons in the Solovki:

1. Cells inside towers and in a special building.
2. Underground cells, resembling the time of the Middle Ages inquisition.

We know of 5 underground prisons in the Solovki - under the towers: Korojnaya, Golovlenkova, Saltykova, Kelarskaya,

## 1. Introduction

The Solovki prison was the oldest in Russia, dating back to the 16th century. The form of underground prisons were used as the most severe punishment from the end of the 16th century, and were abandoned only in the 19th century. (FRUMENKOV, 1968). At the end of the 18th century, due to the Enlightenment in Russia, the government issued a special decree, proclaiming to abolish underground prisons (the ideas of the Enlightenment did not correspond with the terrible image of underground prisons). However, in spite of this decree, underground prisons in the Solovki remained to the middle of the 19th century.

During their existence underground prisons served as place of torture and death for many people.

## 2. The structure of the underground prison

The "typical" underground prisons in the Solovki were located under the towers, such as: Korojnaya, Golovlenkova, Saltykova, Kelarskaya, Preobrajenska, Nirolskaya. There were 7 underground prisons in all. (2 prisons under the Nikolskaya tower).

This kind of prison presented itself in the form of a pit, which was dug out, used for the most "serious criminals". The depth of a pit was about metres, the edges were covered by brick and a board served as a ceiling, on which earth was spread. A small door was cut through this board. When a tied prisoner was put into a pit, the door was locked after him. Usually, those who were under arrest in earthen cells didn't see the sun for a very long time. Very seldom was a prisoner lifted out from a pit to attend a church service. A meal was given to him through a small hole in the ceiling. Some prisoners were chained to the wall.

The floor of a pit was covered in straw, sometimes earthen cells contained a bench for sleeping. As for the dimensions of the cell, it had a different height (up to 2 metres), to 2,84 metres long and from 1 to 2,15 metres wide.

We do not know whether these prisons had stoves. The Russian writer Nemirovitch-Danchenko visited the Solovki in the 19th century and compared the monastery prison to a deep, cold and dark well (NEMIROVITCH-DANCHENKO, 1874).

Thus, the underground prison was a realm of darkness.

The underground prisons beneath the towers had a second higher level - in the bottom of the tower.

The dimensions of these cells were smaller. Often a man was not able to stand up to his whole height. A small window went through the tower but it had 3 lattices and 2 frames.

Therefore only on sunny days could prisoners read but with strained efforts.

Side by side with the "typical" underground prisons was another type - earthen prisons but of different construction existed. They were found under a porch of the Assumption Cathedral and under the Transfiguration Cathedral. The lower floors of practically all Solovki buildings were laid with large natural cobble-stones. Huge stones, weighing up to several tons, formed the foundation. They had mighty masonry.

The basements of the Solovki structures were also intended as prisons. You can see one of them in the photograph at the bottom of this page.

Furthermore, a fortress wall with a loop-hole for ground fighting was used in the 18th century, for holding arrested prisoners. The walls of the loop-holes were six metres thick.

Many rats inhabited underground prisons, they attacked defenceless tiedup prisoners. Sometimes, they even gnawed the noses and ears of the arrested. It was prohibited to give prisoners in a pit something to defend themselves with. One of the guards was beaten because he gave a stick to a prisoner to defend himself from the rats (PRUGAVIN, 1905).

There were a number of prisons in the Solovki islands (not only in the monastery). Generally speaking, in many monasteries in Russia this kind of prison existed.

The last governmental decree to imprison in the Solovki dates back to the year 1739. At the end of the 18th century (during the reign of the Russian Empress Catherine the Great) the Senate issued a decree to abandon underground prisons but the monks in the Solovki disobeyed this decree, and thus underground prisons remained to the middle of the 19th century (for the most dangerous criminals and revolutionaries).

One of the prisoners, a disgraced clergyman Serafim said to the monastery doctor: "If I die, tell the world about me. Let them know that inquisition still exists". During his imprisonment Serafim could no read neither write. He never went out, and when in 1884 he had been transferred to a new monastery and released from imprisonment, he left the church.

Another man, Adrian, after his release from the Solovki prison ended his life in a psychiatric hospital.

## References

- FRUMENKOV, 1968, Prisoners of the Solovki monastery.  
NEMIROVITCH-DANCHENKO, 1874, Solovki.  
PRUGAVIN, 1905, Monastery prisons struggle against sectarianism.

# La grotte chalcolithique de Foissac (Aveyron - France)

François ROUZAUD<sup>(1)</sup>, Serge COURS<sup>(2)</sup>, Henri DUDAY<sup>(3)</sup>, Alain DU FAYET DE LA TOUR<sup>(4)</sup>, Michel GARCIA<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Service Régional de l'Archéologie - DRAC Midi-Pyrénées, 7, rue Chabanon, 31200 Toulouse (France)

<sup>(2)</sup> Castagny - Gaillan - 33340 Lesparre-Médoc (France)

<sup>(3)</sup> Laboratoire d'Anthropologie de Bordeaux 1 - Avenue des Facultés 33405 Talence (France)

<sup>(4)</sup> Spéléo-club de Capdenac, et - SORES-Grotte de Foissac, 8 rue Aristide Briand, 12700 Capdenac (France)

<sup>(5)</sup> Collège de France Avenue Marcellin Berthelot 92190 Meudon (France)

## Abstract

The Foissac cave keeps Chalcolithic tombs, potteries, fire-places, prints, etc. The cave, perfectly fitted out by its discoverer speleologists, is opened to the public and it constitutes a remarkable natural underground museum.

The excellent conservation of the cave allowed to develop an important program of research of tracks and prints of human or animal origin. The excavations were restricted to the clearing of the vestiges which are presented on the spot. Subaquatic and subterranean excavations were performed in the stream bed, they delivered many wooden artefacts and structures.

The natural environment during the Copper Age has been reconstituted on the surface. Around a museographical area where are brought together the results of the research. This Chalcolithic Park is organized on the basis of discovery circuits, presenting plants, animals and geological resources which were exploited by the occupiers of the prehistoric cave.

## Résumé

La grotte de Foissac conserve des sépultures, des poteries, des foyers, des empreintes chalcolithiques. Cette cavité, parfaitement aménagée par les spéléologues inventeurs, est ouverte au public et constitue un remarquable musée naturel souterrain.

L'excellente conservation de la cavité a permis de développer une importante recherche des traces et empreintes humaines et animales. Les fouilles furent limitées au dégagement des vestiges qui sont présentés sur place. Des fouilles subaquatiques souterraines, exécutées dans lit du ruisseau, ont livré de nombreux restes d'objets et d'aménagements en bois.

Le milieu naturel de l'Âge du Cuivre a été reconstitué en surface. Autour d'un espace muséographique où sont regroupés les résultats des recherches, ce « Parc Chalcolithique », est organisé en circuits de découverte, qui présentent les plantes, les animaux et les ressources géologiques exploités par les occupants de la grotte préhistorique.

## 1. Historique

Les premiers travaux de désobstructions pour accéder au cours souterrain de la Jonquière remontent au mois d'août 1959. Ils furent effectués par de jeunes scouts qui ont fondé, à cette occasion, le Spéléo-Club de Capdenac. (DU FAYET DE LA TOUR 1987)

En 1960, avec l'aide des habitants du village de Foissac, un puits artificiel est creusé, il permet d'éviter les heures difficiles passées à ramper dans les boyaux du "Trou qui fume" primitif.

En 1965, près de 7 kilomètres de galeries sont explorées. Les efforts du Spéléo-Club de Capdenac se concentrent alors sur l'éboulis amont qu'ils parviennent à franchir en creusant un étroit tunnel, au travers de rochers instables. Au delà de cette ultime difficulté, 300 mètres de galeries magnifiquement concrétionnées s'offrent aux explorateurs. Ils remarquent tout de suite de très nombreux vestiges préhistoriques. Cette portion du réseau, isolée par de puissants éboulis, avait été occupée il y a près de 5 000 ans, par les hommes de l'Âge du cuivre. Les sépultures, les foyers, les poteries sont abondants aux abords de l'éboulis qui clôt l'entrée préhistorique. Dans les parties profondes, des empreintes humaines sont remarquées et protégées dès le premier jour.

Cette découverte est immédiatement signalée à la Direction des Antiquités préhistoriques de Midi-Pyrénées. Monsieur Georges Simonnet dresse un inventaire des vestiges apparents. Dès lors naissait l'idée d'un aménagement pour les visites touristiques. Aussi, fut-il décidé de conserver en place tous les témoignages archéologiques afin de faire de la grotte de Foissac un véritable musée naturel souterrain. Face aux difficultés d'accès au gisement préhistorique, il fut convenu de n'entreprendre son étude qu'au terme des travaux d'aménagements.

Les inventeurs fondent, avec quelques amis, la Société de Recherches et d'exploitations spéléologiques (S.O.R.E.S.), qui acquiert les terrains et réalise les travaux. La cavité accueille ses premiers visiteurs en 1973. Le 6 mars 1978, la grotte de Foissac est classée parmi les Monuments Historiques.

## 2. L'étude archéologique

L'étude archéologique s'est poursuivie dans la grotte de Foissac de 1977 à 1988. Elle fut conjointement dirigée par les auteurs de ces lignes. Près d'une centaine de fouilleurs ou/et de spécialistes de diverses disciplines se sont succédé dans la cavité au cours de ces douze années de recherches. Les travaux ont été essentiellement financés par le Ministère de la Culture (Sous-Direction de l'Archéologie), la SORES apportant de son côté une aide matérielle considérable. (GARCIA M. *et al* 1987)

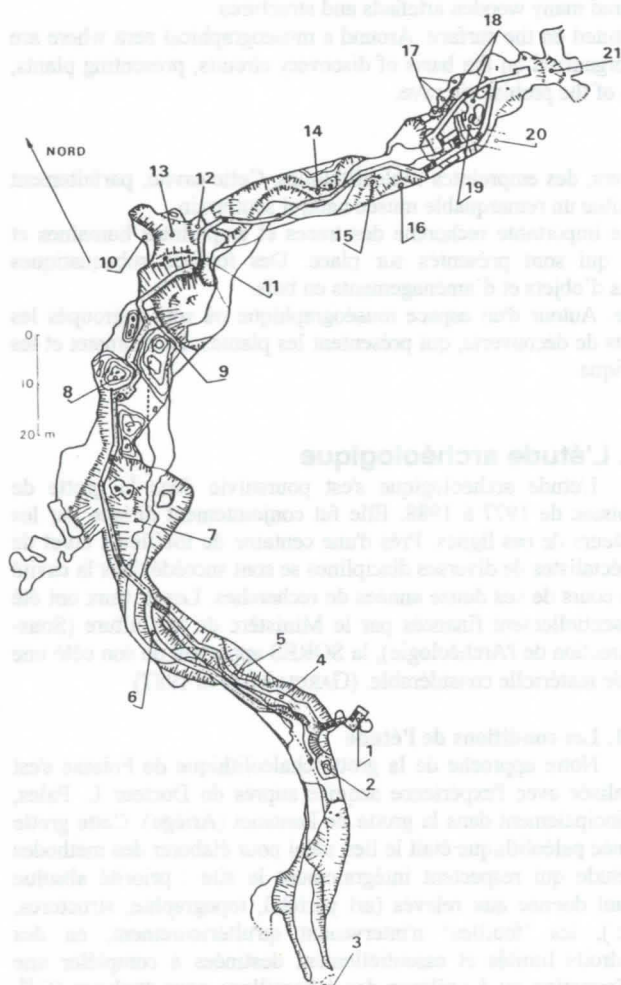
### 2.1. Les conditions de l'étude

Notre approche de la grotte chalcolithique de Foissac s'est réalisée avec l'expérience acquise auprès du Docteur L. Pales, principalement dans la grotte de Fontanet (Ariège). Cette grotte ornée paléolithique était le lieu idéal pour élaborer des méthodes d'étude qui respectent intégralement le site : priorité absolue étant donnée aux relevés (art pariétal, topographie, structures, etc.), les "fouilles" n'intervenant qu'ultérieurement, en des endroits limités et essentiellement destinées à compléter une information ou à prélever des échantillons pour analyses (C<sup>14</sup>, palynologie, anthracologie, microfaune, etc.). Les résultats de toutes les disciplines susceptibles d'intervenir dans l'étude (art pariétal, ichnologie, paléospéléologie, paléontologie, etc.) étaient confrontés en permanence sur le site même.

L'aménagement touristique réalisé dans la cavité, préalablement aux recherches par les spéléologues inventeurs, a été un facteur déterminant pour effectuer des travaux de qualité. Au lieu de longues reptations dans des chatières boueuses, nous avons pu circuler sur des passerelles confortables, qui ont servi de base à nos échafaudages d'études provisoires, garants du respect absolu de tous les sols meubles. Nous avons aussi disposé en permanence d'un éclairage parfait qui nous a conduit à de nombreuses découvertes de traces et d'empreintes. L'eau courante, disponible sur place, a autorisé le tamisage intégral (parfois jusqu'à une maille de 500 microns pour la récupération des graines) de tous les sédiments déplacés au cours de nos travaux.

## 2.2 La topographie

La première intervention archéologique, dans la grotte de Foissac, fut le levé d'une topographie détaillée de l'ensemble des galeries parcourues par les hommes de l'âge du cuivre. L'état des sols (calcite, sédiment meuble, surfaces inondables, etc.) fut reporté sur ce document, ainsi que toutes les traces archéologiques, afin de mieux appréhender les potentialités du site. Les inventeurs avaient remarqué et protégé de nombreux vestiges. Les prospections systématiques menées par les archéologues et les ichnologues ont apporté quelques découvertes nouvelles et surtout servi à définir quels types d'activités avaient conduit les hommes du chalcolithique dans les différentes parties de la cavité (zones d'exploration, zones de sépultures, zones d'extraction d'argile, zone assimilable à un habitat, etc.). Par la suite, chacun de ces types d'activité a fait l'objet d'études spécialisées.



### Plan du réseau préhistorique de la grotte de Foissac

(D'après topographie F. Rouzard et M. Sablayrolles)

- 1 - Accès actuel, 2 - Salle de l'obélisque, 3 - Eboulis aval,
- 4 - Cheminement aller, 5 - Empreintes de pieds humains,
- 6 - Cheminement retour, 7 - Salle Michel Roques, 8 - Tabernacle
- 9 - Grand Balcon, 10 - Squelette de lion des cavernes,
- 11 - Poteries et ossements humains, 12 - Ossements humains et animaux, 13 - Carrière du lion, 14 - Sépulture féminine,
- 15 "Arthur" sépulture masculine, 16 - Sépulture d'enfant,
- 17 - Carrières d'argile, 18 - Grandes poteries, 19 - Chaos de l'entrée, 20 - Arrivée de la jonquière, 21 - Eboulis (porche préhistorique).

## 2.3. Les datations

Une dizaine de dates ont été obtenues par la méthode du radiocarbone sur des charbons de bois prélevés dans la grotte.

Elles nous précisent l'occupation chalcolithique aux environs de 4700 ans B.P. Si des traces d'occupations antérieures sont démontrées par des vestiges retrouvés en position secondaire dans le lit de la Jonquière, aucun indice de passage humain, postérieurement au Chalcolithique n'a encore été décelé dans la grotte.

## 2.4. Les carrières d'argile

Les Chalcolithiques ont exploité l'argile de la cavité pour confectionner leurs poteries. Plusieurs véritables carrières d'argile ont été découvertes dans la grotte de Foissac et étudiées sous la direction de Michel Garcia. Ce type d'extraction n'avait jusqu'ici jamais été démontré dans une cavité naturelle obscure (CLOTES J. *et al.*, 1979, GARCIA M., DUDAY H., 1983). Les traces de cette activité sont parfaitement visibles sur les terrasses d'argile; en particulier aux abords de l'entrée préhistorique de la grotte, où les empreintes des doigts des mineurs demeurent intactes sur les fronts de taille. L'étude de ces traces permet de reconstituer les gestes exacts des potiers, lorsqu'ils venaient dans la grotte faire leur provision de matière première. Quand leurs mains ne suffisaient plus pour l'extraction de l'argile, ils ont eu recours à des concrétions prélevées sur place ou à des ossements d'animaux. Ces objets demeurent en place dans les carrières. Les traces d'outils d'extraction repérées sur les parois sont parfaitement conformes à celles susceptibles d'être laissées par de tels instruments. Les mineurs ont aussi utilisé de lourdes meules en granit ou en gneiss pour briser l'encroûtement de calcite, parfois épais de plusieurs centimètres, afin d'accéder à la couche d'argile qu'ils convoitaient.

La recherche de l'argile a conduit les Chalcolithiques à une exploration totale de la grotte, jusqu'à l'éboulis de l'aval, depuis longtemps impénétrable, où s'infiltre la Jonquière : il est situé à plus de trois cent mètres de l'entrée préhistorique.

Par la suite, certaines carrières d'argile ont été réutilisées pour établir des terrasses qui ont servi au dépôt de sépultures ou à l'édification de structures comme le montrent les nombreux trous de poteaux conservés dans l'argile.

## 2.5. Les sépultures

Dans la grotte, la Jonquière souterraine s'écoule entre de hautes plages d'argile. Celles-ci étaient, à l'origine, plus ou moins recouvertes de planchers stalagmitiques. Les Chalcolithiques les ont brisés, puis ont nivelé les terrasses sur lesquelles ils ont allumé de grands feux qui ont rubéfié l'argile. Ensuite, ils ont utilisé certaines de ces surfaces pour y déposer leurs morts. Ces sépultures individuelles ont été étudiées sur place, sous la direction de Henri Duday, après enlèvement du limon de crues qui les recouvrait. Elles sont désormais présentées au public telles qu'elles furent découvertes.

Les trois sépultures les mieux conservées présentent de grandes différences. Nous rencontrons sur la rive droite, à l'aval, les restes d'une femme âgée d'une quarantaine d'années. Elle est allongée sur le dos, la jambe gauche ramenée sous le genou droit et les bras croisés sur l'abdomen. Le mobilier funéraire conservé se résume à des offrandes carnées : un plat de côtes de suidé (porc ou sanglier), sur lequel s'appuie la jambe gauche de la femme, et une demi-tête également de jeune suidé située près du chef de la sépulture.

Les deux autres sépultures ne présentent pas d'offrande évidente. Vers l'amont, sur la rive gauche du ruisseau, nous observons la sépulture d'un enfant âgé de huit ou dix ans. Il avait été déposé, verticalement posé sur son séant et adossé à la paroi, bras et jambes ramenés sur la poitrine. Le pourrissement des liens (ou du sac) qui le contenaient fermement a entraîné sa chute dans la position où nous pouvons le voir actuellement.

Entre ces deux individus, également sur une terrasse aménagée de la rive gauche, se trouve "Arthur", sépulture masculine ainsi baptisée par les spéléologues inventeurs dès la découverte de la cavité. Cet homme, âgé d'une trentaine d'années, mesurait environ 1,65 m. Il a été déposé sur le côté

droit en position contractée, rappelant la position fœtale. Une crue de la rivière souterraine a emporté une partie de la terrasse d'argile où reposaient ses pieds.

Les restes, plus ou moins épars, d'une quinzaine d'autres individus, parmi lesquels de très jeunes enfants ont été répertoriés dans la grotte. Ces vestiges proviennent, pour partie de sépultures plus ou moins ruinées par les crues du ruisseau. D'autres ossements semblent correspondre à des cadavres, dont la position d'origine au milieu d'un chaos de gros blocs, évoque plutôt une mort (violente ?) sur place.

## 2.6. La fouille subaquatique

Comment les Chalcolithiques se déplaçaient-ils dans les parties de la cavité occupées par la rivière ? Avaient-ils aménagé des passerelles reliant les différentes terrasses d'argile où sont déposées les sépultures, ou bien circulaient-ils tout simplement à pied dans l'eau. C'est pour tenter de répondre à ces questions que nous avons décidé de fouiller le lit du ruisseau. Pour mener à bien cette recherche, il a fallu faire face à des impératifs techniques considérables. Une méthode de travail originale a été élaborée, car les difficultés d'une fouille subaquatique venaient s'ajouter à celles d'une fouille souterraine. Il s'agissait là d'une « première ».

Durant les périodes d'étiage, il était possible d'édifier des barrages d'argile en amont et en aval du secteur à explorer, avant de détourner le cours d'eau dans une conduite forcée. Il ne restait plus alors qu'à assécher le lit du ruisseau par pompage permanent, pour retrouver des conditions de fouilles à peu près normales. Durant dix années, grâce à des perfectionnements constants, la fouille a pu se dérouler selon les méthodes les plus modernes, sur près de 70 m<sup>2</sup> du lit du ruisseau. Tous les vestiges découverts ont été systématiquement dessinés et enregistrés.

D'énormes quantités de bois, apportées dans la grotte par les Chalcolithiques, ont été retrouvées conservées par les sédiments, constamment gorgés d'eau depuis près de cinq millénaires. Il s'agit des restes d'une vaste plate-forme bâtie au-dessus de l'eau qui se prolongeait probablement en amont et en aval de la zone étudiée. Sa surface totale devait dépasser plusieurs centaines de mètres carrés. Les bases d'une cinquantaine de poteaux de bois ont été dégagées, ce qui permet de reconstituer les grandes lignes de cette structure qui joignait les différentes terrasses d'argile aplanies par les Chalcolithiques. La contemporanéité du nivellement des terrasses et de la construction de la structure de bois qui couvrait la rivière a pu être démontrée. Les sépultures individuelles furent déposées sur les terrasses alors que la plate-forme demeurait fonctionnelle sur la rivière.

Parmi les poteaux, poutres, planches et très nombreux fragments de branches, quelques outils manufacturés en bois ont été découverts. Nous citerons un fragment d'arc en if, une hampe de flèche en épicéa et plusieurs manches d'outils indéterminés. Parmi ces derniers, une pièce de bois équarrie, longue de 1,30 m, est munie de crans sur l'une de ses faces ; une fourche a été aménagée à l'une de ses extrémités, l'autre étant taillée en manche ; il s'agit probablement d'une pièce de machine simple destinée à faciliter les travaux de levage. L'étude en cours de ces divers objets montre la maîtrise des Chalcolithiques dans le travail du bois, industrie jusqu'ici totalement inconnue dans nos régions.

À quoi pouvait servir la plate-forme bâtie sur la rivière ? Ceci demeure une énigme. Très peu d'objets archéologiques ont été découverts dans ce secteur, ce qui tranche avec l'abondance constatée sur le chaos. L'inventaire se résume à quelques poinçons en os, quelques armatures de flèches en silex et quelques petits vases. Cette plate-forme ne devait pas servir d'entrepôt pour des objets ou des denrées, comme nous le verrons pour celle du chaos. Ou bien, ce qui y fut éventuellement stocké a disparu sans laisser la moindre trace, comme du bétail par exemple. Il ne semble pas non plus que cet aménagement ait seulement servi à accéder aux terrasses d'argile aplanies : ses dimensions et sa résistance paraissent beaucoup trop importantes

pour une simple circulation humaine. Son existence atteste toutefois un aménagement total de la cavité par les Chalcolithiques. Cette entreprise de grande envergure a nécessité une mobilisation importante en moyens humains, ce qui sous-entend une organisation sociale élaborée.

## 2.7. L'étude du chaos

Des aménagements très importants ont également été réalisés par les chalcolithiques sur le chaos de blocs, situé à proximité de l'entrée préhistorique et qui surplombe la Jonquière souterraine. Une construction en bois, vaste de plusieurs dizaines de mètres carrés, a été édifiée. Son implantation débordait sur d'anciennes carrières d'argile, apparemment désaffectées. Les empreintes des poteaux plantés dans l'argile, entre les blocs, et les restes de poutres calcinées retrouvées sur le chaos montrent l'ampleur de cet aménagement qui fut détruit par un incendie. La fouille de cette structure a livré de nombreux objets. Ils furent trouvés plus ou moins groupés par types, ce qui laisse supposer leur rangement préalable sur des étagères, dans des paniers ou bien dans des sacs. Le bon état des vestiges découverts à la surface du chaos montre l'absence de fréquentation humaine après la destruction de la structure. L'incendie de cette construction correspond à l'abandon définitif de la grotte de Foissac par les hommes de l'Âge du Cuivre.

Parmi les objets découverts sur le chaos, on note la présence de poteries d'assez grande contenance, presque toujours supérieure à une dizaine de litres. Des grains de blé et d'orge, dont la carbonisation a permis la conservation, sont toujours présents à proximité immédiate. Des vases plus petits, d'une contenance de un à deux litres, ont été trouvés groupés, associés à des os de pattes de plusieurs suidés (porcs ou sangliers) (LIGNEREUX *et al.* 1994). Des outils et des armes ont également été retrouvés avec une relative abondance : poinçons en os, pointes de flèches et lames en silex... Certains de ces objets sont exceptionnels, à l'exemple d'une hache en cinérite, encore en place dans sa gaine en bois de cerf. Une grande variété de perles, fabriquées à partir de pierres ou de matières dures animales (bois ou os), clôt l'inventaire du mobilier chalcolithique récolté dans ce secteur.

L'abondance de denrées et d'objets apparemment précieux, conservés sur une petite surface, implique l'hypothèse d'un entrepôt souterrain. Il n'est toutefois pas possible de préciser, à l'heure actuelle, si ce dépôt avait un caractère rituel – offrandes aux morts déposés dans la grotte par exemple – ou bien des raisons pratiques, la grotte faisant dans ce cas office de cave naturelle ou de cachette, où auraient été entreposés des denrées alimentaires et des objets précieux. L'établissement principal était probablement situé à l'extérieur, dans le cloup ou à sa périphérie.

## 3. Les acquis de l'étude archéologique

La problématique initiale était "pourquoi et comment" les chalcolithiques sont-ils venus investir les berges de la Jonquière souterraine ? sa volontaire simplicité a laissé au site la faculté de révéler bien d'autres potentialités. L'extrême imbrication des traces et vestiges a conforté notre volonté de fusion des disciplines de terrain initialement prévues (anthropologie, ichnologie, paléopéléologie, karstologie, typologie céramique). Ceci nous a conduits à des découvertes originales à l'exemple des carrières d'argile ou d'une vaste structure en bois implantée par les chalcolithiques dans le lit même de la Jonquière souterraine. Mais au delà, c'est une véritable image des chalcolithiques évoluant dans la cavité qui se révèle peu à peu et suggère les fonctions de la partie souterraine de ce site chalcolithique. La grotte était une annexe de l'établissement de surface, utilisée successivement comme source de matière première (carrière d'argile), puis comme lieu de sépultures. Elle a enfin servi d'entrepôt de denrées et d'objets précieux avant de

finir probablement comme ultime refuge pour la population, victime d'agressions extérieures.

La grotte de Foissac occupe une place à part parmi les grottes préhistoriques ouvertes au public: ici, pas d'art pariétal paléolithique; cette tradition millénaire avait disparu depuis près de cent siècles lorsque les hommes de l'Âge du Cuivre sont venus s'installer dans la cavité. Les traces et les vestiges qu'ils nous ont laissés: empreintes, foyers, poteries, sépultures..., constituent un témoignage unique de leurs activités souterraines.

#### 4. Le "Terroir" chalcolithique de Foissac

Depuis de nombreuses années, la commune de Foissac souhaitait s'associer plus étroitement à l'exploitation touristique de la grotte préhistorique. Pour répondre à cette volonté, un projet de "Parc Préhistorique" fut imaginé afin de compléter la découverte des témoignages chalcolithiques conservés et présentés *in situ* dans la grotte aménagée pour le tourisme.

Cette présentation originale "d'un terroir chalcolithique" est implantée sur des terrains, attenants à la grotte, et dont la commune a acquis la maîtrise foncière. Sur cet espace, en partenariat avec les autres collectivités locales, la SORES, les archéologues chargés de l'étude du site et la Fédération Française de Spéléologie, la commune de Foissac reconstitue un espace naturel de découverte de la préhistoire récente où sont peu à peu reconstituées toutes les étapes qui séparent le "vestige archéologique" de son origine "vivante" dans la nature.

Résultat concret de longues années de recherches archéologiques conduites dans la grotte, cet espace Chalcolithique, implanté autour d'un centre d'information, est organisé en circuits de découverte qui présentent les ressources naturelles (plantes, animaux, géologie...) exploités par les occupants de la grotte préhistorique.

L'espace d'information présente successivement les explorations de la grotte, les méthodes et les techniques mises en oeuvre pour l'étude archéologique de la cavité, ainsi que les résultats obtenus: plans, relevés, objets ne pouvant être présentés dans la grotte. Enfin, des dioramas introduisent aux circuits de découverte.

Les circuits de découverte sont destinés à faciliter au visiteur la lecture, dans le paysage, des ressources naturelles exploitées par l'homme à l'époque chalcolithique.

L'environnement géologique de la grotte, situé à la confluence de deux terroirs: le Terrefort et le Causse est présenté dans le cadre d'un circuit de découverte du karst créé avec le concours de la Fédération Française de Spéléologie.

Le paysage du causse de Foissac a été assez peu modifié au cours des derniers millénaires, il est donc le cadre idéal pour présenter "vivantes" les espèces animales sauvages ou domestiques, dont les restes osseux ont été découverts dans la grotte. Il en est de même pour de nombreuses espèces végétales sauvages ou cultivées. Ainsi, un petit "champ chalcolithique" a été semé avec les variétés de blé, d'orge et de lin retrouvées dans la grotte.

Les présentations agro-pastorales sont l'objet d'animations ponctuelles (semailles, moissons...). Elles sont utilisées, tout au long de l'année, pour des animations et des travaux pédagogiques. Ces animations s'étendent à des ateliers de travaux artisanaux: taille de silex, poterie, tissage,

reconstitution de maisons... dont les produits contribuent à enrichir en permanence le parc.

L'ensemble Grotte / Parc / Ateliers artisanaux permet donc au visiteur d'évoluer autour d'un "objet" préhistorique depuis sa fabrication et son utilisation, jusqu'à sa découverte et sa reconstitution. Ainsi, par exemple, l'évocation des poteries commence et aboutit à la grotte: des carrières d'argile aux vases conservés dans la cavité. La fabrication et l'utilisation des vases sont présentées en vitrine; de même que toutes les phases de leur étude et de leur restauration.

Dans la cavité, le visiteur est mis en présence de sépultures individuelles chalcolithiques, contemporaines des inhumations collectives dans les dolmens conservés à la surface du causse. Un "circuit des mégalithes" permet de découvrir l'ensemble des dolmens conservés sur le territoire de la commune de Foissac.

#### 5. La gestion du réseau spéléologique de Foissac

Afin d'en assurer une gestion conforme à son éthique, la Fédération Française de Spéléologie va acquérir les terrains nécessaires à la création d'un accès permanent au réseau spéléologique.

Outre la pratique de la spéléologie d'exploration, la FFS envisage d'équiper cette rivière souterraine pour en faciliter l'étude et la connaissance. Les premières salles pourront être, à terme, utilisées pour réaliser un circuit de découverte du karst profond qui fera écho à celui (de surface) réalisé à l'intérieur du "Parc Chalcolithique".

#### Conclusion

Plus de 40 ans se sont écoulés depuis les premières explorations spéléologiques dans le karst de Foissac. Selon le souhait des inventeurs du réseau chalcolithique, une chaîne "exploration-étude-conservation-communication" s'est peu à peu mise en place. Les acquis exceptionnels obtenus dans tous ces domaines sont le résultat de la collaboration sans faille de tous les intervenants.

#### Références

- CLOTTES J., DUDAY H., GARCIA M., ROUZAUD F., 1979 - Les Carrières d'argile de la grotte de Foissac. *Bull. Soc. Préh. Fr.*, 76, 7, 71-74.  
DU FAYET DE LA TOUR A., 1987 - La grotte préhistorique de Foissac. 1 vol, 32 p.  
GARCIA M., DUDAY H., 1983 - A propos d'une découverte récente ou de l'ichnologie comme mode d'approche des structures en grotte. *Bull. Soc. Préh. Fr.*, 80, 6, 184-187.  
GARCIA M., COURS S., DUDAY H., DU FAYET DE LA TOUR A., ROUZAUD F., 1987 - Les Chalcolithiques de la Grotte de Foissac en Aveyron. *Objets et Mondes, La Revue du Musée de l'Homme*, Paris, T.25, fasc. 1-2, p. 3-12.  
LIGNEREUX Y., PETERS J., COURS S., DUDAY H., GARCIA M., DU FAYET DE LA TOUR A., ROUZAUD F., 1994 - L'occupation chalcolithique de la grotte de Foissac (Aveyron): les témoins archéozoologiques. *Rev.Méd. Vétérinaire*, 145, 5, 355-386

# Principales traditions d'art rupestre dans les grottes brésiliennes

par Guy-Christian Collet et Washington Simões  
Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE)

## Abstract

The caves in South America didn't have the same importance for the human being surviving as the European ones did.

These populations didn't have to fight periodically against the rude and wintry temperatures, neither to fight against the animals disputing the space in rocky shelters.

We also had neither pack of wolves to devour intire human groups nor the arm to arm with strong and ferocious animals as the aurochs, mammoth, wooly rhinoceros, bisons,...

Thus, a more favourable climate and a more generous nature gave to our prehistorical men a more tranquil life than the Cro-magnon men, Neanderthals and their successors. For that reason, they had more time to express their artistic and cultural gifts which we can find and admire on numerous cave's entrances.

## Résumé

Les cavernes en Amérique du Sud n'ont pas eu la même importance qu'en Europe pour la survivance de la race humaine. Ces populations n'avaient pas à se défendre périodiquement des rudes températures hivernales, ni d'animaux concurrents pour l'occupation spatiale des abris sous roche. Pas de hordes de loups pour décimer des groupes humaines entiers, pas de corps à corps avec du gibier féroce ou puissant comme l'auroch, le mammoth, le rhinocéros laineux, les bisons... Ainsi, un climat bien plus clément, une nature beaucoup plus généreuse ont fait que nos hommes préhistoriques ont eu une vie plus douce que les Néanderthals, Cro-magnons et leurs successeurs. Par conséquence ils ont eu plus de temps pour manifester leurs dons artistiques et culturels par le biais d'oeuvres qu'ils ont laissé dans les entrées de nombreuses cavernes.

## 1. Le concept de l'art rupestre

Nous rappelons que le terme ART dans "Art Rupestre" pour la majorité des archéologues Brésiliens n'a aucune connotation esthétique. Il est utilisé dans son acception première, dans le sens qu'il avait dans son origine latine, c'est à dire "applications des connaissances à la réalisation d'une conception, d'une tâche, ou d'une oeuvre". Pourtant, pour d'autres, "le but ultime de toute recherche dans ce domaine de l'archéologie est de discerner quel est le rôle joué par l'art à l'intérieur des sociétés qui l'ont inventé". Ici il y a probablement la perspective d'inclure l'expression artistique gratuite ("l'art pour l'art") et une marge esthétique.

De nombreux chercheurs pensent que l' "art rupestre" constituait pour les groupes qui l'on produit, un moyen d'expression probablement privilégié. Pourtant il apparaît, après tant d'années d'études, qu'il ne s'agit pas d'un "texte rupestre" qu'il faudrait déchiffrer, dont les signes peints ou gravés seraient des archives durables, cherchant la transmission d'un message graphique, dont il faudrait reconstituer le contenu avant d'en préciser la signification.

Si la simplification symbolique de la plupart des figurations schématiques risquent fort de ne jamais être connus, du moins pouvons nous essayer d'identifier le contenu figuratif d'une représentation en retrouvant le processus de schématisation progressif, depuis la figure directement identifiable jusqu'au motif abstrait. Ce qui ne veut pas dire que cette figure abstraite ait un sens différent de celle figurative, primitive, antérieure.

Quelques rares spécialistes, supposent que la composition et l'alternance des couleurs constituent probablement un élément significatif et déterminant de la valeur symboliques des figures! Pourtant rien de concret n'a été jusqu'à ce jour observé pour étayer cette supposition, et il n'y a pas de répétitions suffisantes pour valider cette hypothèse.

Il est possible dans certains cas que le rôle de ces motifs graphiques ne soit pas seulement esthétique, mais que quelques rares séries de figures, ponctuation ou ensemble de traits, pourraient être définis par un caractère non aléatoire, sorte d'aide mémoire. Mais quant à considérer cela comme un langage ou un système symbolique cohérent, il y a un monde.

Nous ne donnerons pas ici une définition du terme tradition car il y en a autant que d'auteurs d'articles sur ce sujet. Mais signalons, pour le moins, qu'ils sont en général d'accord pour y inclure que c'est un ensemble de caractéristiques que l'on retrouve dans plusieurs sites ou régions, associés de manières similaires, attribuant à chacune d'elles un sens ou une forme définie, partie du patrimoine culturel d'un groupe ethnique déterminé qui, à une époque donnée, les a transmis et dispersés, étant graduellement modifiées et transformées à travers le temps et l'espace.

Ceci s'applique à toute sorte de savoir faire ou à un signe notable et durable comme la manière de confectionner un outil, de dessiner les animaux, d'ensevelir ses morts, de préparer un foyer, de façonner une poterie ...

## 2. Les traditions d'art rupestre au Brésil

Entre les diverses classifications existantes traitant de l' art rupestre au Brésil, nous avons préféré celle du Prof. Dr. PROUS (1992).

Suit la description sommaire de quelques grandes traditions unanimement reconnues au Brésil.

### a ) TRADITION SÃO FRANCISCO

Son extension géographique va depuis le haut São Francisco (État du Minas Gerais) jusqu'à Caririnha, dans l'État de Bahia.

Il n'y a pas de superpositions de graphismes contemporains ni sur les plus anciens.

Ils sont caractérisés par de grandes cartouches rectangulaires, ovales et étroites, en séries, atteignant jusqu'à un mètre de long. La majorité se trouve à l'entrée des cavernes, plus fréquemment que pour les autres traditions. Cette tradition est définie également comme géométrique polychromique.

Sa principale voie d'expression est la vallée du Rio São Francisco traversant les états de Minas Gerais, Bahia et Sergipe, sans oublier certaines régions du Goiás et Mato Grosso. Probablement elle pénètre en Bolivie jusqu'au fleuve Moski.

Prédominant en général le rouge et le jaune. La polychromie est de règle dans les grands panneaux à cartouches géométriques. Sont remarquables dans cette tradition, certains

graphismes picotés caractéristiques notables et probablement fort anciens.

Les figures zoomorphes sont rares et constituées de poissons, serpents, crocodiles, et peut-être de tortues. Pas de cerfs comme dans toutes les autres traditions.

Principales manifestations en grottes: *Abrigo do Sol* (Iraquara - Bahia), *Lapa do Caboclo* (Itacarambi - Minas Gerais).

#### b) TRADITION PLANALTO

Représentée par plus d'une centaine de sites répertoriés, elle est d'une grande extension, qui va de l'État du Paraná, passant par l'État de São Paulo, jusqu'à l'État de Bahia. Mais son centre est certainement l'État de Minas Gerais, comme signalé plus haut.

La presque totalité des graphismes sont peints à l'ocre rouge, très rarement jaune ou blanc. Les figures zoomorphes sont prédominantes et monochromatiques. Les anthropomorphes sont présents en faible pourcentage; dans de nombreux sites on remarque des superpositions de signes paraissant intentionnelles.

Les quadrupèdes sont majoritaires surtout les cervidés, quelques poissons et des oiseaux.

Plusieurs influences externes se laissent sentir, surtout en périphérie et au Nord où l'on voit la bichromie apparaître venant de São Francisco.

Principales manifestations en cavernes: *Lapa da Cerca Grande* et *Gruta do Ballet* (Matozinhos - Minas Gerais), *Gruta do Rei do Mato* (Sete Lagoas - Minas Gerais), *Lagoa Santa* (Lagoa Santa - Minas Gerais).

#### c) TRADITION NORDESTE

Présente entre autres, dans les magnifiques sites du sud de l'État du Piauí (São Raimundo Nonato), elle s'étend aux États de Pernambuco, Rio Grande do Norte, à une partie importante de l'État de Bahia et de l'État du Ceará, et son influence s'est faite sentir jusqu'au Nord de Minas Gerais.

Les représentations sont principalement des scènes anthropomorphes très actives comme la chasse, la lutte, qui sont soit très réalistes, ou naturalistes. Les graphismes de cette tradition sont assez groupés et forment des scènes explicites comme des danses, des guerres, des copulations, des cérémonies ou des rites, etc.

Leurs couleurs basiques sont le rouge ocre, le jaune, le blanc et le noir.

La localisation de ces représentations sont d'une manière générale en entrées de cavernes ou abris non habités, comme si elles étaient réservées aux cérémonies ou aux manifestations artistiques.

Principales manifestations en cavernes: *Boqueirão da Pedra Furada*, *Sítio Paraguay* et *Caverna do Meio* (São Raimundo Nonato - Piauí).

#### d) TRADITION AGRESTE

Elle se localise au Nord du Brésil dans les États du Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco et Piauí. Elle se distingue des autres par des figures de grandes tailles, géométriques ou biomorphes. Peu de scènes, en générale seulement deux éléments chassant ou pêchant.

Plus de zoomorphes que l'anthropomorphes, quelques mains positives. Parmi les grandes figures apparaissent des Araras aux plumes démesurées...

Elle est très imbriquée avec les traditions Planalto, São Francisco et Nordeste, avec de grandes concentrations dans le haut et moyen fleuve São Francisco.

#### e) TRADITION AMAZONIE

Très peu connue pour être d'une extension territoriale incroyable, elle fut plus divulguée par les explorateurs étrangers

du 19<sup>e</sup> siècle que par nos contemporains.

Elle a, pour certains spécialistes, des ramifications certaines avec le Venezuela et les Guyanes.

Elle est caractérisée par des figures anthropomorphes extrêmement simplifiées, symétriques et assez géométriques. Des têtes radiantes sont fréquentes.

Principale manifestation en caverne: *Caverna da Pedra Pintada* (Monte Alegre - État du Amazonas).

#### f) TRADITION GEOMÉTRIQUE

Cette tradition englobe une superficie immense qui va des plateaux du Sud jusqu'au Nord-Est. Elle se manifeste principalement sous forme de gravures.

Elle comprend pour l'instant deux subdivisions, la partie méridionale et la partie centrale, incluant l'État de Santa Catarina, de Paraná, de São Paulo et du Mato Grosso, et la partie septentrionale avec les États de Ceará, Paraíba et une partie du Goiás.

Les gravures sont fréquemment polies avec une prédominance de cupules, de dépressions hémisphériques, de figures géométriques, de lignes de perforation et des tridactiles abondants, etc. Très peu de figures biomorphes. Quelques cas de retouches de gravures par des peintures.

#### g) TRADITION MERIDIONALE

Fait certainement partie des traditions argentines. Est une tradition avec gravures géométriques linéaires non figuratives et des tridactiles, qui sont encore plus fréquents au sud.

Nous n'avons pas d'informations de cavernes ou abris avec cette tradition, elle est figurées sur des blocs isolés.

#### h) TRADITION LITTORALE CATARINENSE

Elle est uniquement présente sur des panneaux gravés dans les îles qui sont jusqu'à 15 km de la côte, dans des endroits peu accessibles, souvent périlleux et toujours face au large.

Il existe aussi des gravures polies assez profondes sur granit, géométriques dans l'ensemble. Sans relation avec d'autres traditions, elle est probablement une création locale.

Nous n'avons pas d'informations de cavernes dans la région.

### 3. Régions particulièrement riches en manifestations rupestres en cavernes

Vu l'immensité du Brésil, certaines régions furent privilégiées par le choix et l'intérêt des chercheurs préhistoriens.

Quand l'étude des signes pariétaux se réduit aux entrées de cavernes, comme c'est le cas du présent travail, les zones connues les plus importantes et dignes d'attention, soit par leur originalité ou leur particularité, sont les suivantes:

#### a) REGION DE ANALÂNDIA - INTERIEUR DE L'ÉTAT DE SÃO PAULO

L'État de São Paulo est hélas peu représentatif dans le domaine de l'art rupestre. Pourtant quelques cavernes découvertes par le groupe BAGRUS et le "Departamento de Arqueologia" de la SBE ont eu la chance de découvrir plusieurs cavités exceptionnelles quant à la qualité des gravures, peintures, et même presque sculptures, tant les gravures sont profondes et accentuées. Dans l'abri de la *Bocaina* c'est effectivement des bas-reliefs qui sont creusés dans le sol, constitués d'une roche de grès friable. Ils se situent sur une plateforme légèrement inclinée où l'on peut s'asseoir et travailler confortablement, atteignent plus de 25 cm de profondeur, sans que l'on puisse y décrire un quelconque motif. Ces formes, en négatif, sont avec celles de la *Caverna da*

*Glória*, des gravures qui passent les limites qui normalement définissent ces manifestations culturelles. Nous n'avons pas pour l'instant connaissance d'autres endroits signalant la présence de telles sculptures. Une autre roche en grès tendre, profondément entaillée, se situe derrière la chapelle de la *Gruta da Santa*; elle peut très bien être aussi le fruit ou résultat de nombreux polissoirs, vu que d'autres très bien conservés se trouvent à moins de 3 mètres plus près de la lumière. Mais la profondeur (jusqu'à 10 cm) et les innombrables recoupements de ces entailles, et aussi les positions verticales, obliques, au raz du sol, au fait de la roche, etc... font de cet ensemble une oeuvre d'art dont beaucoup de nos artistes abstraits pourraient être fiers.

Les sites archéologiques avec présence d'art rupestre se situent presque tous dans les provinces géomorphologiques III et IV, c'est-à-dire dans la dépression périphérique et celle des *cuestas basálticas*, pratiquement Nord/Sud dans l'Etat de São Paulo.

Les datations les plus anciennes de São Paulo proviennent de la "Provincia Costeira" (II) au sud de ces deux provinces rupestres (10.000 - 11.000 BP), dans des sites à amas coquilliers.

#### **b) REGION DE SÃO RAIMUNDO NONATO - ÉTAT DU PIAUÍ**

Le *Boqueirão da Pedra Furada* (Serra da Capivara) où se trouve un important ensemble de peintures rupestres, n'est pas spécifiquement une caverne, c'est un abri profond sans zone apotique mais qui réunit en un seul endroit un grand nombre de graphismes qui sont représentés dans diverses véritables cavernes de la région dans les mêmes styles, couleurs et motifs. Pour des raisons de compréhension principalement, nous avons préféré documenter cette zone immense semi-aride par cet abri très décoré et représentatif. Cette expédition a été effectuée en fév/mars 1993 par nous-mêmes. Cette région est constituée d'un sous-sol calcaire précambrien dans certaines plaines, et de grandes "cuestas" de plus de 100 m de haut très découpées par des "canyons" qui entaillent les agglomérats gréseux dévoniens, zone où se trouvent les abris profonds magnifiquement décorés. Les réseaux karstiques sont à 95% colmatés par ces sédiments de sable et galets qui, à des époques géologiquement récentes, ont remplis les galeries, de ce fait impénétrables. Un centre de recherches archéologiques à São Raimundo Nonato fait des fouilles depuis plus de 15 ans dans cette région riche en art rupestre, mais ses propositions de datations très anciennes sont polémiques et sujettes à réserves. Pourtant c'est vraisemblablement un des rares endroits où l'homme à la fin du pléistocène a dû sentir la fin, ou retraite des derniers représentants d'une faune archaïque aujourd'hui disparue (camélidé, équidé,...).

Les peintures pariétales sont extrêmement bien conservées du fait d'une grande sécheresse et pour l'instant du peu de visiteurs. Mais pour combien de temps encore?

#### **c) AMAZONIE - MI-CHEMIN ENTRE L'EMBOUCHURE DU FLEUVE AMAZONAS ET MANAUS**

*Pedra Pintada* dans le massif du Monte Alegre en Amazonie brésilienne (confluent avec le rio Tapajós) est connue pour ses peintures rupestres voilà longtemps. C'est en 1849 qu'un Américain Alfred Russel Wallace les décrit pour la première fois signalant également d'autres cavités ornées comme la caverne *Itatupaoca*, grote *Miritipé*, *Arapuá*, *15 de Março*, *Labirinto*,...

Site paléindien, sa datation est de l'ordre de 11.200 ans BP. Il n'est pas très grand mais il est relativement bien conservé et non perturbé. Il est donc par ses datations antérieur à l'holocène (10.000 BP) ce qui remet en cause les dates du peuplement du continent sud-américain. A cette époque, la région devait être un ensemble d'immenses savanes avec de grandes forêts tropicales humides le long des fleuves (type forêt galerie).

Le graphisme est intéressant du fait de son âge reculé pour la région, se détachant empreintes de mains, cercles concentriques

de diverses tonalités de rouge, signes géométriques, et une figure anthropomorphe à tête circulaire de la première période d'occupation (11.200 - 10.000). Apparition de la céramique vers  $\pm 7.500$  et de l'agriculture vers 3.600 BP. Abandon définitif vers le XVIème siècle à l'arrivée des Européens.

Ces cavernes recèlent des restes de faune disparue en association avec des vestiges archéologiques datés, ce qui renforce encore l'intérêt porté sur ces cavités d'accès difficile.

#### **d) ÉTAT DE BAHIA - MUNICIPE DE CENTRAL**

Diverses cavernes, spéléologiquement petites, mais archéologiquement de très grand intérêt, se situent à l'intérieur de l'immense Etat de Bahia. Ces manifestations culturelles sont connues depuis longtemps, mais n'avaient pas été ni relevées, ni étudiées comme ces années passées. Là aussi probablement plusieurs traditions se chevauchent et il est assez difficile de démarquer et d'attribuer à chacune d'elles ses graphismes respectifs. L'archéologue brésilienne Maria Beltrão voit et tente de prouver dans la majeure partie des peintures une tradition astronomique, allant jusqu'à publier qu'un ensemble de points, traits, batonnets représente le ciel de l'hémisphère sud en février à 20 heures! (*Toca dos Búzios* - Central). Datation probable: 11.000 BP. Sans trop s'attarder sur ces interprétations, il est indéniable que les peintures de ces cavités sont exceptionnelles, variées et très bien conservées.

Certains ensembles de peintures prouvent, selon Maria Beltrão, que l'homme préhistorique local connaissait le mois lunaire, le mois solaire, marquait dans la grotte le point exact de la position du soleil aux solstices (*Toca do Cosmos* - Central), la position relative de certaines constellations (*Toca do Chico Eduardo* - Central), fragment de la Voie Lactée, à une époque donnée, calendrier, etc... C'est probablement attribuer à ces hommes préhistoriques des facultés d'observations, de déduction et une intelligence qu'ils ne possédaient certainement pas.

#### **e) NORD DE L'ÉTAT DE MINAS GERAIS**

Dès les années 70 l'art rupestre de Minas Gerais a été systématiquement étudié. D'abord la zone karstique de Lagoa Santa suivie en suite des municipes de Pedro Leopoldo et Matozinhos.

Mais aujourd'hui la principale et fascinante région de prospection et d'étude de l'art rupestre est située sur le moyen cours du fleuve São Francisco, à l'extrême nord de l'état, comprenant les communes de Januária et Itacarambi (dénommée "Vallée du Peruaçu", du nom de la rivière affluente qui coupe le Sud de cette zone), et les environs des villages de Manga et Montalvânia, limitrophes avec l'Etat de Bahia.

Nous sommes ici au confluent de trois traditions fortes: Planalto, São Francisco et Nordeste qui sont représentées par des formes isolées, imbriquées ou superposées. Ce sont des dizaines de cavernes riches en décorations préhistoriques où s'accumulent figures zoomorphes, anthropomorphes et phytomorphes, agrémentées de magnifiques et souvent grandioses figures polychromes géométriques.

Certaines cavités du Peruaçu se distinguent par la beauté des représentations ainsi que par leur parfaite conservation, suivies par d'autre, tout aussi remarquables, contenant une profusion de signes comme dans la *Gruta de Índio*, *Janelão* (gigantesque), *Boquete*, *Caboclo*, *Rezar*, *Desenhos*, *Piolho do Urubu* ... A la périphérie de Montalvânia sont remarquables les cavernes *Lapa do Dragão* et *Lapa do Gigante*.

#### **f) SUD-OUEST DE L'ÉTAT DU MATO GROSSO**

Même si l'on connaît la présence de grottes ornées dans cette région voilà plus de 200 ans, ce n'est que ces dernières années (13 ans) que commencent leur étude, principalement dans le municipe de Rondonópolis (210 km au Sudeste de Cuiabá) et de Rosário do Oeste (à peu près à 160 km au Nord-Ouest de la capitale de l'état).

Aux environs de Rondonópolis près du Rio São Lourenço, se situe un gigantesque abri (*Abrigo Ferraz Egreja*), où se trouvent plus de 300 dessins ou motifs peints dont 200 bien caractérisés et une dizaine de représentations piquetées. Il fut habité et décoré durant plus de trois millénaires.

La caverne de *Santa Elina*, à Rosário do Oeste, abrite des motifs merveilleux polychromes de tapir, d'oiseaux aux ailes déployées ... Des datations effectuées par une équipe franco-brésilienne, sous la conduite de l'archéologue brésilienne Águeda Vilhena Vialou, qui fit des fouilles dans plusieurs cavités, ont donné 27.000 ans pour la présence humaine, et pour des niveaux à pierres peintes à l'hématite dans des niveaux à 7.000 ans BP.

C'est sans aucun doute une région préhistorique riche de promesses.

## Conclusion

Nous pouvons conclure par l'affirmation suivante: il reste beaucoup à faire dans le domaine de l'art rupestre au Brésil, principalement dans celui en relation avec les cavernes et abris sous roche.

Les dimensions du pays, l'absence de prospection dans certaines zones de faible densité de population et d'accès difficile, ajoutés au manque de spécialistes, font que les perspectives sont encourageantes et attrayantes.

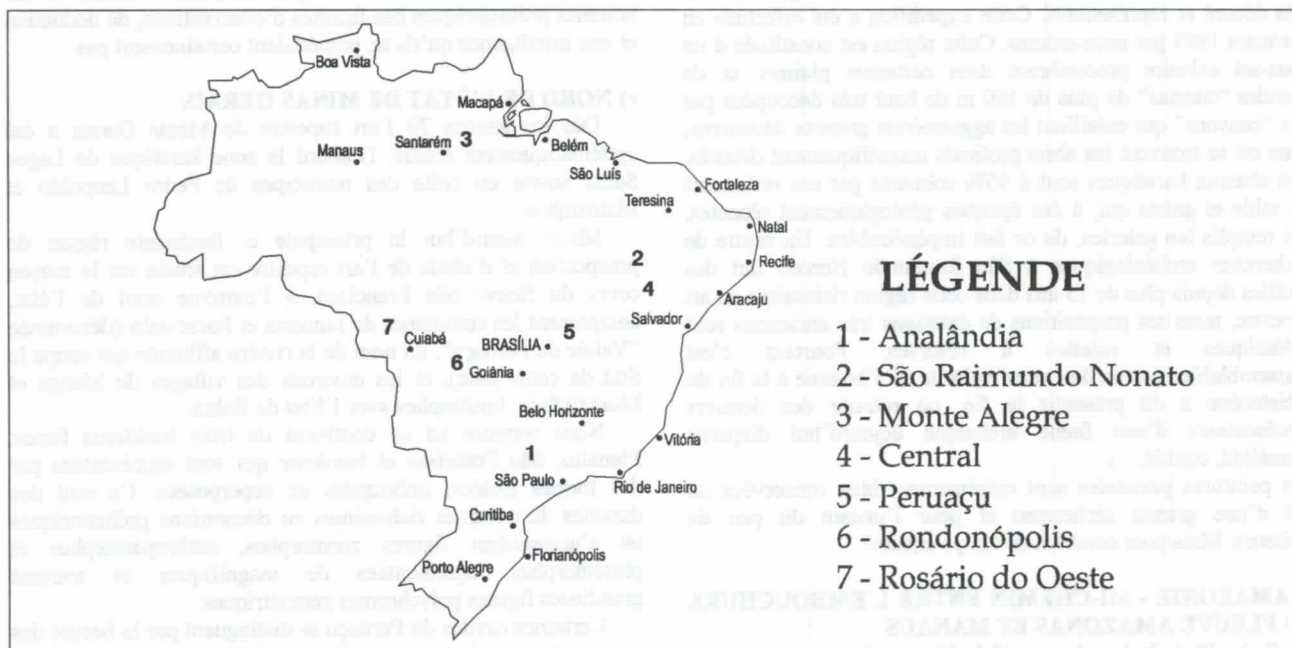
Il serait aussi souhaitable que la spéléologie et l'archéologie aient des relations plus étroites. De notre côté, nous recommandons à nos collègues spéléo qu'ils prêtent plus

d'attention aux entrées des grottes, dans le but de ne pas laisser échapper des pétroglyphes souvent discrets mais de grande importance. Les archéologues gagneront de ce fait une collaboration utile et efficace.

## Bibliographie

- PROUS, A. 1992: Arqueologia brasileira. Editora UNB, Brasília, 605 p.  
 PALLESTRINI, L. 1969: Pinturas rupestres brasileiras. Editora Paestum, 23 p.  
 CALDERÓN, V. 1970. Nota prévia sobre três fases da arte rupestre no Estado da Bahia. *Universitas* 5 (1970): 5-17  
 GUIDON, N. 1975. Peintures rupestres de Varzea Grande - Piauí, Brésil. *Cahiers d'Archéologie d'Amerique du Sud* 3 (1975), 175 p.  
 BELTRÃO, M.C.M.C.; ZARONI, L. Região arqueológica de Central, Bahia (Brasil). N° 1. Abrigo da Lesma: os artefatos líticos. *Clio* 8 (1992): 7-33

(Il existe un certain nombre d'autres articles ou travaux sur les diverses traditions et cavernes citées, lesquels n'ont pu être relatés par manque de place, mais qui peuvent être obtenus auprès des auteurs. Il suffit de se communiquer par e-mail à l'adresse suivante: [wsimoes@divino.com.br](mailto:wsimoes@divino.com.br) ou par courrier auprès de Guy Collet - Rua Flórida, 235 - CEP 04565-000 São Paulo - SP - Brésil.)



**Brésil : régions riches en art rupestre en cavernes.**

# Cave drawings in Bosnia : one possible reading

Jasminko Mulaomerovic

Speleological Association of Bosnia and Herzegovina, S.Tomica 3, 71000 Sarajevo

## Abstract

Although are known from the end of XIX century the cave drawings in Bosnia have turned the subject of the scientific interest after discovery of palaeolithic engravings in the cave Badanj in 1976. The scientists looks like by then deliberately have avoided that began working at the problem of significance and time of originating, respectively, cultural appartenance of the cave drawings from the Cave in Brateljevici, Ledenjaca cave, cave in "Kozlogradske stijene" (= rocks) or Zljeb. The first attempt giving at least an answer at the numerous questions which are putting with this drawings did BASLER (1980). Other explorers have been rather far from solution which was satisfying (KAJMAKOVIC, HADZIJAHC). Later explorations (BASLER & MULAOMEROVIC, 1984) have showed complexity of the compositions especially in the Brateljevici cave. New explorations, especially in the cave Ledenjaca show completely new contents of the drawing. Shown is that in the cave Ledenjaca is not engraved phalli than the human figures, probably from early iron age. And for the others localities (besides the cave "pod lipom") are suggested otherwise possibilities of reading and meaning.

In the area of the Southwest Balkan are known ten localities with cave drawings (in this number are included and drawings and engravings on the rocks). Seven localities are in Bosnia and three are in the south. There are localities: "Spile" near village Tren in the east Albanie (KORKUTI, 1971), the hill "Vezirova brada" near town Gusunje in Montenegro (VASIC, 1974) and near village Lipci near town Risan Montenegro (PUSIC, 1966).

## The finds in Bosnia

### The cave Badanj

The cave Badanj is located about seven kilometres of the town Stolac, in the gorge of the river Bregava. At the entrance of cave, on the stone plate which fell from the ceiling, were discovered engravings in the year 1976. In the picture, to which atmospherics were destroyed more than half, can be recognize back-side of an animal, probably the horse, how concluded researcher of this archaeological find (BASLER, 1974). According to me is possible that decision is more result of numbers of the pictures with motif of horse in the paleolithic art (24 %) in comparison with the whole number of motifs of animals according to Leroi-Gourhan (BASLER, 1985) than the visible part of drawing. Besides these recognizable part of engravings there are also several lines but it's hard to imagine a picture with sense.

The engraving belong to young palaeolithic art. Its author is surely one gifted hunter of epigravettian's population who are in this area had own expansion from about 13.000 till 10.000 years B.C. The motif of horse is being explained as the symbol of manliness. The woman motif are arows or sores on the body of animal. There are several such arows on the picture from Badanj cave. The palaeolithic arts accepted that pictures in caves are strictly iconographic composed magic world to which "manly" and "female" symbols have entirely definite organization. Just for this fact it is necessary to remark that in the cave Badanj, from others pieces of arts, there are most numerous necklaces which surely have magical character. Appenages of necklaces are largely made of the toths of deer. A few of the toths of deer have additional adornment. For that reasons I think is necessary to leave the question open whether is on the engraving from the cave Badanj depicted horse or deer.

### Kozlogradske stijene

The Kozlogradske stijene (=rocks) located south of town Foca, in the enough inaccessible area not far off village Kunovo. In the cliff long about 40 m there are several small caves. On the walls are depicted different motifs in red color. It is possible to recognize a human head presented with mouth, eyes and one line as forehead, spirals and stalk with branchlet which on the

ends have by one flower. On the bottom of stalk there is circle with petals as like the sunflower (or the sun?). It is necessary to mention one small artificial recess without the traces of drawings.

The drawings from the Kozlogradske stijene can't be dated because they are the only which are on that way done in the area of the south-west Balkan. There are the similar motifs in the wide span of time. Spirals founded on the jewels from prehistory but this time for the drawings from the Kozlogradske stijene is some incredibly. To them are much near the motif of spirals from the "stecak", tombstones of the members of the heretic "Bosnian church". The simple motif of human head founded on the "stecak", too. For the motif of stalk with branchlet D. BASLER\* (1980, 1985) has found nearest parallel in the picture of stalks and flowers which founded as the \*ornaments on the carving trunks from Bosnia from the XVIII and XIX century.

Two fact it is necessary to remark about this locality. The first is existence of small artificial recess, and the second is proximity of the village Kunovo.

From the village Kunovo comes known "Kunovski zapis" (=record) (HADZIJAHC, 1974), which remained from "kriptobogumils" (name which used HadzijaHC) who practised a form of the cult of the heretic "Bosnian church" up to later middle age\*\*. On the base of all this facts Basler concluded that the drawings from the Kozlogradske stijene dated in rather long period (XVI-XIX century) during the Ottoman administration in Bosnia (BASLER, 1980).

There are similar recesses in the cave Sehova tekija near town Vares (M.HJ., 1982), Cell in village Rataji near Miljevina (/COKIC/, 1889) and "Katakombe" in Jajce (TRUHELKA, 1892). Their purpose has been for keeping books or as osarium (place for keeping the bones of saints). HADZIJAHC (M.HJ., 1982) thinks that in the recesses could hold candles. The first and second places are connected with the members of "Bosnian church" as its their "hize", that is one kind of holy place. "Katakombe" in Jajce has been made for the great Bosnian duke Hrvoja who has been member of the heretic "Bosnian church". Because of that is still possible with reason in the one of the caves in the "Kozlogradske stijene" situate one "hiza", which is, in the changed conditions, and more years after acceptance of Islam by the members of "Bosnian church", has had own function.

\* Only explorer of this locality.

\*\* The remains of "cryptobogumils" existed in the area of river Dreznica still on the end of XIX century at Bosnian Muslims people.

However, remains open question whether artificial recess and drawings originated from the some period, respectively, whether are drawings one form of iconostasis of this holy place, or drawings originate later, when place got second form of holies for which has been necessary adaptation of ambience. Usage of red color in the earlier periods of human history has magican and later, for example, in the early Christianity, and religious signification. And in the cave in the "Kozlogradske stijene" red color has the same character.

### Stijena pod pismom (= Rock under letter)

This locality is situated in nearby village Zlijeb not far from town Visegrad (East Bosnia). It is still known in the literature from the end of XIX century (STRATIMIROVIC, 1891) who only warned on it and gave one photograph. On the vertical rock with white color were drawn a few different signs: the swastikas, two horsemen and birds with broadened wings. In the article he mentions still one locality with similar motifs but about this he didn't told anything. Neither of later explorers, BASLER (1980, 1985) and GARASANIN\* haven't been on the face of the place, but they explored drawings from the photograph.

The form of the birds refereed to time of migration of people, because similar decorations have been found on the jugs from Panonia, which dated in VII century, but horsemen are nearer to middle age, particularly some Cyrillic letters which led D. BASLER (1980) to dated that drawings in middle age. In the second article BASLER (1985) decided for otherwise dating induced by white encrustation with what have filled engravings and similarity of this technology with technology of decoration of vessels which made in the time Vucedol's culture in the period of later eneolith (about 1800 B. C.).

Without engaging in the problem of dating, I think that the drawings in which Basler recognized birds can be seen as simplified human figure, maybe in position of ritual dance (shaman?). On this refers me one group (signed with A, fig. 1) where are depicted two figures who held their hands (the process of initiation or maybe introduction in a condition?).

### The cave Vjetrenica

On the Vjetrenica cave (East Herzegovina), on the right side of entrance, are situated engravings which depicted two scenes: the knives tournament and the hunt. Similar scenes there are on the numerous "stecak" - tombstones of the members of "Bosnian church", and so the dating isn't problem. Much more dilemmas exists about the question of purpose this engravings just on this place, because this motifs are only founded on the tombstones.

WENZEL (1961) thinks that this motifs are in relation with the medieval comprehension of cave as an entrance in the underground. I think that is possible in this case to claim that the cave Vjetrenica, respectively the cave entrance, is used as the holy place (=hiza) of the members of the "Bosnian church". That prove the remains of walls which have been visible still toward the end of the XIX century (MIHAJLOVIC, 1889), and which entirely close place about the natural entrance (and engravings) of the cave Vjetrenica. As I told earlier "hize" are existing there in the caves near towns Vares, Foca and Miljevina, and there is one in the artificial cave near Konjic. According to testimony St. Jakov of Marka, the members of the "Bosnian church" rejected possibility that God stayed in the church which is made of the human hand. The members of the "Bosnian church" cited for that the Apostles' deed (7: 48-50). If it is still took into consideration that they taught that the human spirit after dead moved to the Moon and farther in the places of lights (BASLER, 1976), then isn't acceptable idea of M. Wenzel that two so holy motifs as are "the fight of the good and the bad"

(the scene of tournament) and "the dispensation of sins" (the scene of hunt) there are on the entrance of underground. I think that they have been the part of holy place.

### The cave near village Brateljevici

And this cave is known in the literature still from the end of XIX century (LILEK, 1899) but the attention of scientific circles turned HADZIJAHIC (M.HJ. & H.H.S., 1979) with own interpretation of engravings. The cave is situated west of town Kladanj (East Bosnia) near village Brateljevici. The cave has big entrance and on the both side there are engravings. The right side covered with moss, while left side is free and there situated engravings about which is word. There are more groups of engravings in total length about ten meters. Depicted the horsemen, the deer, the men, the women and different symbols. Some drawings are engraved one over the other, and some drawings are damaged by later visitors because the cave is in use as the cult place of Bosnian Muslims until nowadays.

Hadziahic showed from the cave near Brateljevici three groups drawings: the horsemen, the framed fields with dots and sword and shield (fig. 2), and "the man on the long hors". He dated it in the middle age - XIV-XV century. BASLER (1980), prompted with the drawing of sword which published Hadziahic, accepted this dating but the fields with dots dated in VII-VIII century. In the second article in which wrote about the cave near Brateljevici HADZIJAHIC (M.HJ., 1981) the drawing of sword brought in the relationship with the story about St. Grail.

The later investigations (BASLER & MULAOMEROVIC, 1984) proved that Hadziahic's "sword" is man (fig. 3) what has still several. The fields with dots as and the deer (fig. 4) dated in the bronze age, and question of dating of the separate horsemen remains open. The total composition with very similar motifs which there are on the mediaeval tombstones is from the middle age, but manner of depicting of the horsemen refers on the earlier dating

I should like to turn attention on the group of horsemen (fig. 5). The difference is visible in the manner of depicting the bodies of horses and the bodies of horsemen. It seems that this isn't done by the same hand. It is possible that the horses are from the one period (earlier), and that they are later as a favorable used for the new composition. I haven't at hand comparative literature but I should like to warn that the drowing of horses from the cave near village Brateljevici is hardly identical as the drawing of the horses from the cave near village Vaidei (Gorj) in Romania (fig. 6) which dated in paleolithic age (ANON., 1982).

### The cave Ledenjaca

The cave is situated near village Budanj (commune Miljevina, East Bosnia). On the entrance, on the booth walls there are engravings. The space with drawings has surface about 10 m<sup>2</sup>. There dominate the framed fields with dots and different symbols (the arrows, the Sun). According to modest archaeological remains which are found in the sondes unearthed under engravings and engravings dated in the bronze age (KAJMAKOVIC, 1976; COVIC, 1978).

The explorers of this engravings (KAJMAKOVIC, 1976; BASLER, 1980, 1985) are considering the fields with dots and shapes which depicted on the fig. 7. Kajmakovic thinks that it are the tools, one form of chisel. Basler thinks that are it the phalli and on the basis of those drawings concluded that the cave Ledenjaca used for the one forms of ceremonies bound for the magic of fertility.

My explorations in this cave confirmed that "phalli" and "tools" are the human shapes. Mostly they depicted very simply, but on some were marked main shapes of face (eyes, mouth). Mainly there are depicted front, but there are also shapes depicted profile (the "A" shape, fig. 8). On some marked clothes, one form of cover with which they had covered or had wrapped.

\* Refer to photocopy of article " Neue prähistorische Felsbilder an der adriatischen Küste der Crna Gora (Montenegro). *Germania*, 46, 2: 213-224.

It refer to some cold period in the history, maybe the beginning of the iron age (BASLER, 1985).

Because of limited space I am giving just shot new reading of cave drawings in Bosnia. I hope that would inspired the future explorers.

#### References

- ANON. 1982. New cancellations from Romania. *Speleo stamp collector*, 7: 10-11.
- BASLER, D. 1974. Paleolitsko prebivaliste Badanj kod Stoca. *Glasnik Zemaljskog muzeja, Arheologija, Nova serija*, XXIX: 5-13.
- BASLER, D. 1976. Orficki elementi u simbolici stecaka. *Nova et vetera*, XXVI: 79-96.
- BASLER, D. 1980. Pecinski crtezi u istocnoj Bosni. *Nas krs*, VI, 8: 65-76.
- BASLER, D. 1985. Pecinski crtezi u Bosni i Hercegovini. *Radio Sarajevo - Treci program*, XIII, 50: 413-419.
- BASLER, D. 1985. Klimatske prilike na krsu pocetkom zeljeznog doba. *Nas krs*, XI, 18-19: 133-135.
- BASLER, D. & MULAOMEROVIC, J. 1984. Pecinski crtezi u Brateljevicima kod Kladnja. *Clanci i grada za kulturnu istoriju istocne Bosne*, XV: 5-11.
- /COKIC, J.J., 1889. Celija u selu Rataji. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, I, 3: 75-77.
- COVIC, B. 1978. Izvjestaj o sondaznim iskopavanjima na ulazu u "Ledenjacu". In: *Gornje Podrinje u doba Kosaca*. Vol. 5, Sarajevo: 49-53.
- GARASANIN, M. 1967.
- HADZIJAHIC, M. 1974. O jednom manje poznatom vrelu za proucavanje Crkve bosanske. *Prilozi Instituta za istoriju BiH*, 10: 55-109.
- KAJMAKOVIC, Z. 1976. Praistorijski crtezi ispred pecine Ledenjace. In: *Gornje Podrinje u doba Kosaca*. Vol. 3, Sarajevo: 23-34.
- KORKUTI, M. 1971. *Squiperia arkeologjike*, Tirana: fig. 28-29.
- KUJUNDZIC, Z. 1989. Gravure na stijeni i gravirani ukrasi na upotrebnim predmetima - Badanj i Pecina pod lipom. *Glasnik Zemaljskog muzeja, Arheologija, Nova serija*, 44: 2-38.
- LILEK, E. 1899. Etnoloski pabirci po Bosni i Hercegovini. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, XI: 708-709.
- M.Hj. i H.H.S. (HADZIJAHIC, M. & SULJKIC, H.) 1979. Pecina u Brateljevicima kod Kladnja kao kultno mjesto. *Glasnik VIS-a*, XLII, 5: 473-490.
- M.Hj. (HADZIJAHIC, M.) 1981. Jos jedno bogumilsko-islamsko kultno mjesto. *Glasnik VIS-a*, XLIV, 3: 257-274.
- MIHAJLOVIC, H. 1889. Vjetrenica - pecina u Zavalu. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, I, 4: 18-21.
- PUSIC, I. 1966. Preistorijski crtezi na stijeni u Lipcima. *Godisnjak ANUBIH*, IV, 2: 187-191.
- STRATIMIROVIC, D. 1891. Arheoloski prilozi. II. "Stijena pod pismom" kod Zlijeba. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, III: 285-286.
- TRUHELKA, C. 1892. Katakombe u Jajcu. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, IV, 1: 57-68.
- VASIC, R. 1974. Crtezi na steni kod Gusinja. *Starinar*, XXIII/1972: 131-135.
- WENZEL, M. 1961. Some Reliefs outside the Vjetrenica Cave at Zavala. *Starinar, N.S.*, XII: 21-34.

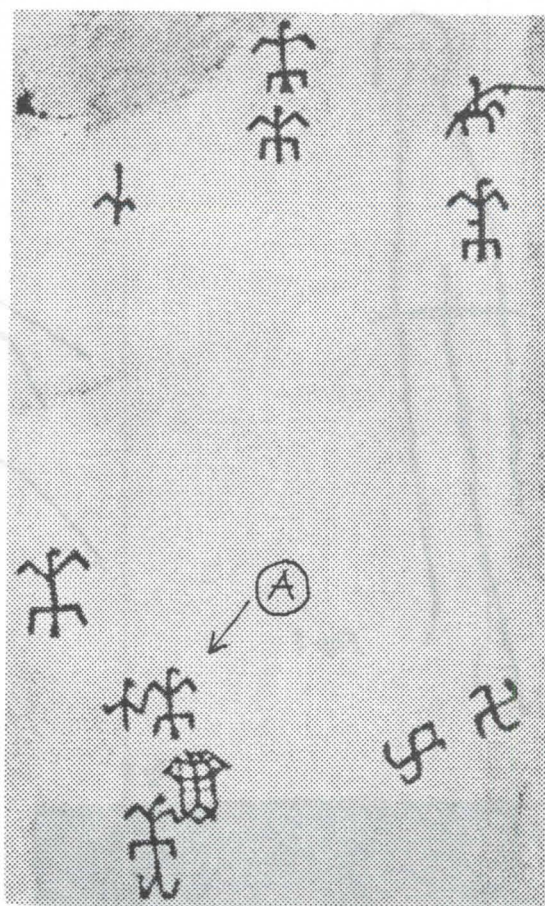


Fig. 1

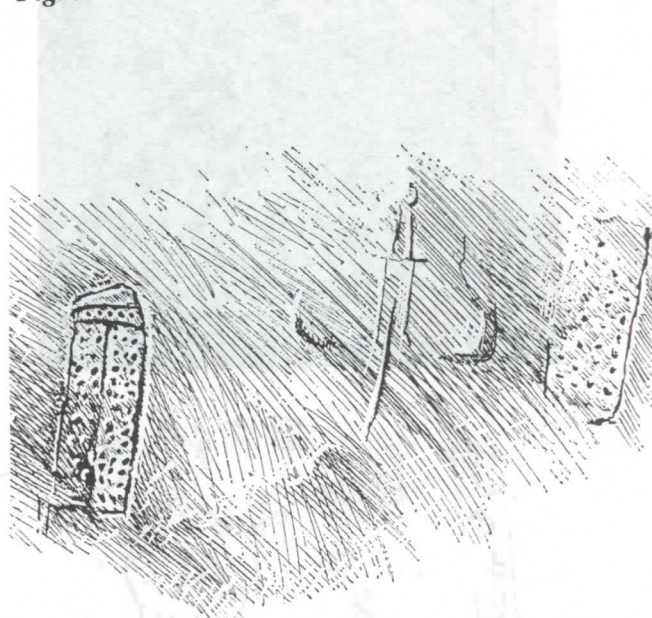


Fig. 2

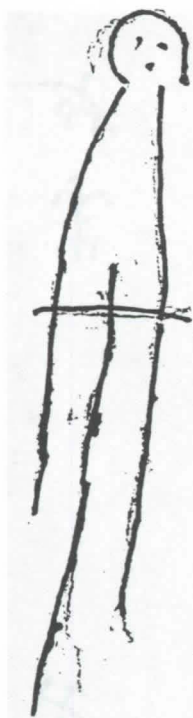


Fig. 3

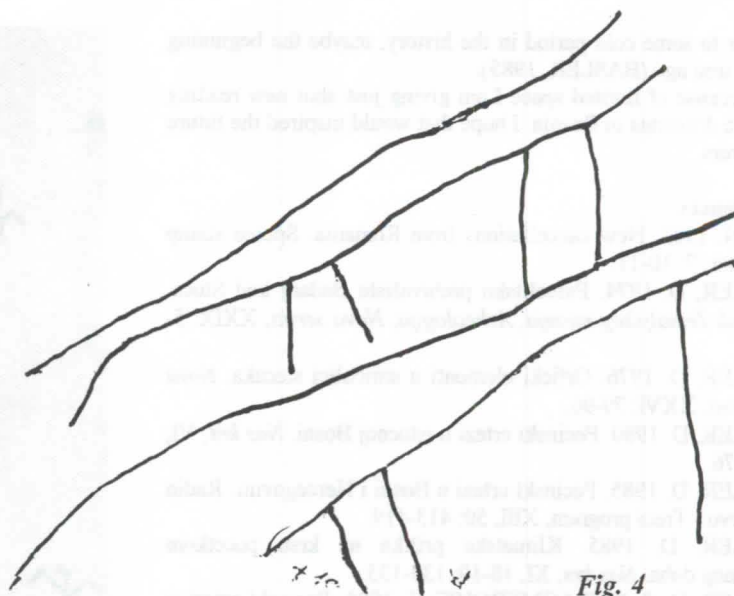


Fig. 4



Fig 5



Fig. 6

DESEN RUPESTRU  
DIN PALEOLITIC  
DESCOPERIT ÎN  
PESTERA OILOR  
VAIDEI - GORJ



Fig.7

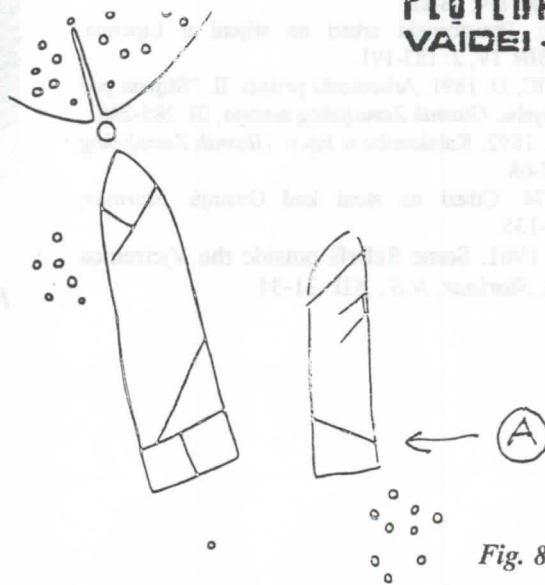


Fig. 8

# Nouveaux arguments en faveur de la "vision polaire" au Paléolithique supérieur

François ROUZAUD<sup>(1)</sup>, Jean-Noël ROUZAUD<sup>(2)</sup>, Frédéric DECREAU<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Service Régional de l'Archéologie - DRAC Midi-Pyrénées, 7, rue Chabanon, 31200 Toulouse, France

<sup>(2)</sup> Centre de recherche sur la matière divisée - CNRS/Uni. d'Orléans, 1b, rue de la Férollerie - 45071 ORLEANS Cedex 2, France

## Abstract

The animal parietal works of art from Upper Paleolithic show, according to the conventional rules of the perspective, deformations which are usually attributed to the awkwardness of the artists. However, these deformations are (almost) always translated by a space curvature similar to that obtained with a "Fish Eye" photographic objective lens.

With the help of home-written image analysis software, a mathematical operation, named polar restitution, can be applied to these animals. This restitution leads to a better anatomical representation. The same software permits experiments which give images characterized by deformations similar to those observed on the paleolithic works of art. Consequently, to translate the volumes in planes, this study suggests the use, by the paleolithic human beings, of a general mode of representation, assimilable to a polar projection (curvilinear perspective). New data obtained from the analysis of animals segments permit us to strengthen this hypothesis and to revisit the interpretation of such works of art.

## Résumé

Les œuvres pariétales animalières du Paléolithique supérieur montrent, par rapport aux règles conventionnelles de la perspective, des déformations qui sont généralement attribuées à la maladresse de l'artiste. Cependant, ces déformations se traduisent (presque) toujours par une courbure de l'espace comparable à celle que procure un objectif photographique "grand angle".

A l'aide d'un logiciel de traitement d'image, une opération mathématique dite de restitution polaire, peut être appliquée à ces animaux. Cette restitution donne lieu à une meilleure représentation anatomique. Le même logiciel permet des expérimentations qui à proposent des images, dont les déformations sont analogues à celles constatées sur les œuvres paléolithiques. Pour traduire les volumes en plan, il est donc probable que les hommes du Paléolithique supérieur aient eu recours à un système général de représentation, assimilable à une projection polaire (perspective curviligne). Des nouvelles données issues de l'analyse de segments animaux nous permettent de renforcer cette hypothèse et de proposer de nouvelles interprétations de ces œuvres.

## Introduction

L'ensemble des figures animalières paléolithiques présente des caractéristiques communes. Les animaux représentés sont vus de profil, soit dans leur totalité, soit pour partie à l'exemple des cas de "perspective tordue". Ces déformations sont communément attribuées à la maladresse des artistes préhistoriques. Dans de précédentes publications (Rouzaud et al., 1992 a et b), nous avons proposé l'hypothèse selon laquelle ces déformations pourraient résulter de l'utilisation - intuitive ou délibérée - d'un autre mode de perspective : la perspective curviligne. Cette hypothèse conduit à une relecture originale des œuvres préhistoriques basée sur des données quantitatives issues de l'analyse d'image assistée par ordinateur. L'étude d'œuvres apparemment incomplètes (segments animaux) nous permet de faire progresser la discussion sur l'usage de la perspective curviligne au Paléolithique supérieur.

## 1. De la déformation des figures animalières préhistoriques

Les silhouettes animales paléolithiques sont presque toujours massives. Les membres, généralement raccourcis, sont souvent reportés sous l'animal. Les extrémités des membres sont, dans bien des cas, absentes ou figurées par un simple trait. Les têtes sont, dans leur majorité, soit trop grandes, soit trop petites. Enfin, certains segments anatomiques présentent des exagérations répétitives à l'image des bosses des bisons ou des cornes des bouquetins.

L'appréciation globale de l'ensemble de ces caractéristiques fait que tout un chacun, s'il est un tant soit peu familiarisé avec les œuvres préhistoriques, les reconnaît comme telles instantanément. Les préhistoriens ont toujours cherché, en partant de ces anomalies récurrentes, à définir des styles

susceptibles d'être caractéristiques d'une région ou d'une subdivision du Paléolithique supérieur. Sauf exception (PALES, TASSIN DE SAINT PEREUSE, 1981), ces démarches ne se sont pas appuyées sur des données quantitatives (rapports de proportion par exemple), et les découvertes récentes des grottes Cosquer et Chauvet remettent en cause les attributions chrono-stylistiques antérieures.

A l'occasion d'un travail de révision de la décoration pariétale de la Grotte de la Magdeleine-des-Albis, à Penne (Tarn), une grande ressemblance a été constatée entre le cheval gravé dans la grotte et l'image d'un cheval actuel vu de profil, obtenue par photographie réalisée à l'aide d'un objectif très grand angulaire (type Fish Eye) (ROUZAUD *et al.*, 1989). Ceci avait conduit à proposer l'hypothèse que les animaux figurés au Paléolithique ne seraient pas "mal dessinés" mais produits à l'aide d'un système de projection différent de celui couramment utilisé depuis la Renaissance: la perspective conventionnelle établie au début du XVI<sup>e</sup> siècle par A. DÜRER (1525). Dans ce système de projection actuellement utilisé, deux règles importantes découlent du modèle mathématique : les lignes horizontales et verticales parallèles à la scène sont représentées comme des lignes horizontales et verticales ; des distances égales sur ces lignes sont représentées comme des distances égales.

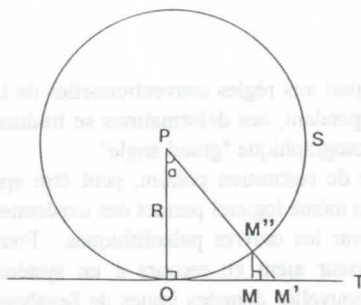
## 2. Le traitement des images préhistoriques

### 2.1. le procédé

Pour obtenir des déformations semblables à celle que donne un objectif photographique très grand angulaire, il faut appliquer une règle de perspective curviligne, ce qui signifie un mode de représentation où ce sont les angles qui sont conservés.

Le mode de représentation utilisé peut être décrit par deux opérations trigonométriques successives, d'abord une projection polaire de l'objet à représenter, qui est ramené fictivement d'un plan (silhouette de l'objet) à une sphère, puis une projection orthogonale de la sphère sur le plan de l'objet (figure 1). Ces opérations ont été détaillées (ROUZAUD *et al.*, 1992 a et b).

Considérons les effets de cette transformation géométrique sur un objet simple tel qu'un réseau régulier à mailles carrées (figures 2 et 3). La distorsion des mailles due à la transformation est d'autant plus intense que l'on s'éloigne du point invariant O, c'est-à-dire de la projection P du centre de la sphère (pôle). L'augmentation de la taille de la sphère a, au contraire, pour effet de diminuer l'intensité des déformations. Lorsque la distance dépasse deux fois la plus grande dimension du sujet, les déformations deviennent vite négligeables. Les paramètres de la transformation sont donc au nombre de deux : la position du point invariant (projection du "pôle") et la distance, R, du centre de la sphère au plan de l'objet ou "distance focale".



**Figure 1 : schéma de principe de la restitution polaire. Mode supposé de la représentation utilisée par les hommes du Paléolithique supérieur consistant à passer d'un point M' de la silhouette d'un animal à sa représentation M sur l'œuvre.**

Les images utilisées pour l'expérimentation proviennent de relevés d'œuvres pariétales et de calques de photographies d'animaux actuels vus de profil. Ces images, ramenées à une même échelle, sont numérisées et l'opération appliquée point par point grâce à un logiciel de traitement d'image écrit par E. Lemaire (ROUZAUD *et al.*, 1992 a et b), puis développé par F. Décréau.

## 2.2. Résultats obtenus, l'exemple des chevaux

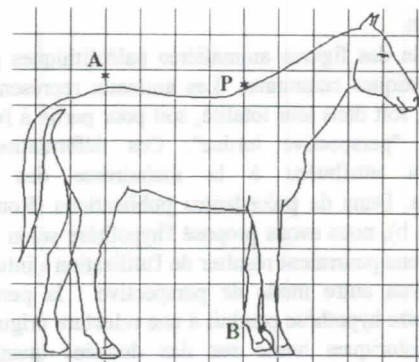
Nous avons superposé une grille et un cheval "standard", pour lequel les proportions anatomiques sont respectées (figure 2). Dans la figure 3, l'image curviligne a été calculée pour R égal à la longueur du corps de l'animal, la position de la projection normale du pôle sur le plan de l'image est placée au garrot de l'animal. Après transformation, on observe d'une part une diminution de la taille des pattes et de la tête de l'animal, et, d'autre part, une courbure des pattes initialement parallèles entraînant un rapprochement des sabots antérieurs et postérieurs. Globalement, cette opération donne lieu à des distorsions comparables à celles rencontrées sur les œuvres du Paléolithique supérieur.

L'opération, dite de restitution polaire, a été validée sur un échantillonnage de chevaux paléolithiques (ROUZAUD *et al.*, 1992a). Les chevaux traités montrent dans l'ensemble des améliorations sensibles. Ils se rapprochent tous de la réalité anatomique, ce qui peut se vérifier en utilisant les rapports de proportions définis par L. Pales (ROUZAUD *et al.*, 1992b). Point remarquable, la distance focale est presque toujours la même, elle est sensiblement égale à la longueur du corps de l'animal. La position optimale du point invariant est également répétitive

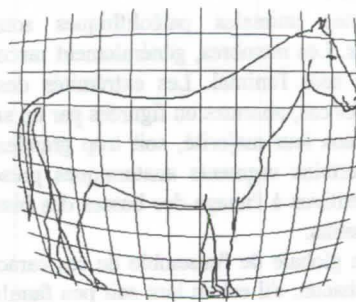
elle est située au voisinage de la base du garrot. La position du pôle (position du point invariant et distance focale) correspond à la position supposée de l'œil de l'artiste.

## 3. Champs et limites actuels de la méthode

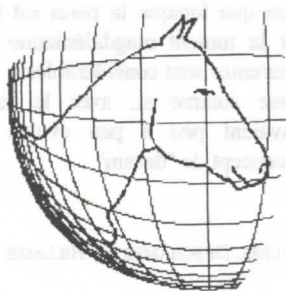
L'opération réciproque appliquée à une figure transformée selon cette règle permet théoriquement de restituer l'image avant transformation. Pour l'heure, notre méthode autorise néanmoins de nombreuses expérimentations qui nous permettent de reproduire à volonté un échantillon, de plus en plus vaste d'œuvres paléolithiques. Il est probable que des progrès significatifs pourront être enregistrés en effectuant les transformations, non pas d'après un relevé graphique, mais en utilisant les coordonnées tridimensionnelles de chaque point de l'œuvre. Cependant, outre des problèmes de relevé, il est important de noter que l'usage de la perspective curviligne, soit par le biais d'images calculées par ordinateur, soit lors d'une utilisation intuitive ou délibérée par un être humain, peut conduire à des images qui peuvent apparaître tronquées et/ou aberrantes. C'est le cas lorsque la distance du pôle à l'objet devient très petite, ou, d'une façon plus générale, lorsque la dimension de l'objet est très grande par rapport à la distance pôle objet (cas où l'œil de l'artiste ne peut plus embrasser la totalité de l'objet, ou choix délibéré de se focaliser sur une partie de celui-ci). Comme attendu, l'application de l'opération mathématique se traduit par une image tronquée (figure 4) où seule une partie de l'objet apparaît. Il est remarquable que les informations issues du reste de l'objet sont alors perdues : les points correspondants disparaissent de la mémoire de l'ordinateur ... comme de celle de l'observateur, et seule une image amputée pourra être observée.



**Figure 2 : Cheval de référence, superposé à un réseau à mailles carrées, vu en perspective conique. Positions du pôle : P : standard, A : pour obtenir la figure 6 (bas), B : pour obtenir la figure 7 (gauche).**



**Fig. 3 : résultat obtenu par l'application de la perspective curviligne à la figure 2. (Pôle=P de la fig. 1, focale=L. corps)**

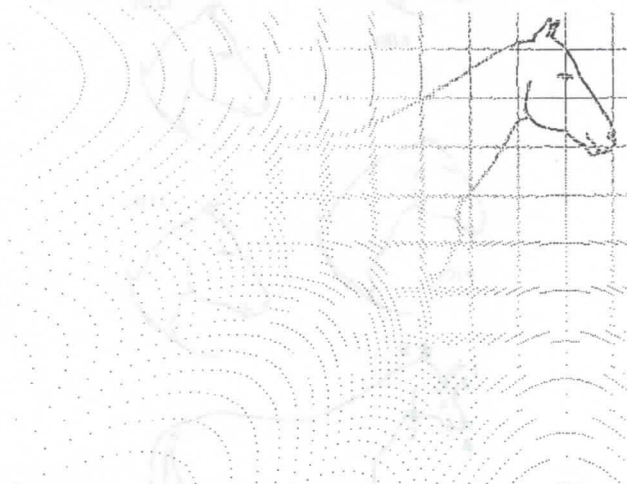


**Figure 4 : Résultat de l'application de la perspective curviligne appliquée sur la figure 2 en plaçant le pôle sur l'œil avec une distance focale équivalente à la longueur du segment choisi.**

**(F = longueur de la tête) Disparition du reste de l'animal.**

C'est la conséquence directe du recours à la perspective curviligne. Bien évidemment, lors de l'opération inverse dite de restitution, seule une fraction de l'objet de départ ne pourra être obtenue (figure 5). Elle correspond à la portion de l'animal sur laquelle l'artiste (ou l'ordinateur s'est focalisé). Lors de la transformation d'une silhouette en perspective curviligne, un certain nombre de points peuvent donc se trouver confondus en un même lieu. L'opération de restitution ne peut pas les individualiser pour les replacer exactement en leur position d'origine. Cette imprécision augmente, proportionnellement à la réduction de la distance focale et, dès que l'on s'éloigne du point d'application du pôle (figure 5).

En conséquence, si l'opération de restitution permet d'améliorer, dans presque tous les cas, les proportions de l'animal, et de rendre la démarche totalement crédible, elle ne permettra jamais de restaurer les parties qui ont "fusionné" lors de la réalisation de l'œuvre. Il en résulte une image incomplète qui ne saurait satisfaire notre œil, mais qui pourrait traduire une information scientifique essentielle : la preuve du recours à une perspective curviligne.



**Figure 5 : Restitution du cheval de la figure 4. Les parties éliminées lors de la transformation en perspective curviligne (passage de la fig. 2 à la fig. 4) ne peuvent plus être restituées.**

#### 4. Les "segments animaux isolés" dans l'art paléolithique.

A la lumière de l'hypothèse de la vision polaire, nous avons analysé des segments animaux. En effet, dans de très nombreuses œuvres paléolithiques, seul un segment de l'animal est figuré (corps ou tête ou membre). En partant d'un cheval

complet il est facile d'obtenir, par simple projection en perspective curviligne, l'apparence de ce segment isolé. Il suffit d'appliquer la transformation en plaçant le pôle au centre de la tête en appliquant une distance focale équivalente à la grandeur de celle-ci (figure 4). Il est tout aussi facile de ne conserver que le corps, en supprimant tête et membres (figure 6).

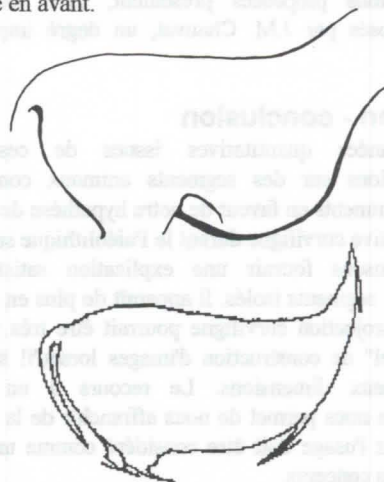
Ces "amputations" requièrent une distance focale égale ou légèrement inférieure à la longueur du segment que l'on souhaite représenter. Cette grandeur est proportionnellement identique à celle mise en œuvre pour représenter l'animal complet (pour mémoire : environ les 2/3 de la plus grande dimension de la figure complète soit à peu près la longueur du corps, considéré isolément).

Les déformations deviennent intolérables dès que l'on s'approche de la périphérie, ou diamètre apparent, de la sphère que l'on peut assimiler à un "horizon curviligne" (zone qu'il est impossible de restituer comme le montre la figure 5 qui est la restitution de la figure 4)

#### 5. Application de la perspective curviligne pour la compréhension des segments isolés

Maintenant que nous sommes en mesure de produire à volonté des segments isolés, il devient intéressant de réaliser expérimentalement des "clones" d'œuvres réelles.

La jument acéphale de la grotte de Bédeilhac (diverticule aux modelages) peut être obtenue très simplement à l'aide du cheval de référence (figure 6) en plaçant le pôle en haut de la croupe et en utilisant une focale égale à la hauteur du corps : tête et membres antérieurs disparaissent totalement et la cuisse est projetée en avant.



**Figure 6 - en haut, relevé d'après photo de la figure originale de Bédeilhac, - en bas le résultat de la transformation, le pôle est situé en A (figure 2), focale = 1/3 longueur corps.**

Nous avons ensuite choisi de reproduire la série de quatre têtes de chevaux, groupées sur un même panneau de la grotte Chauvet. (CHAUVET et al., 1995, pl. 51, p. 60-61, Pour des raisons indépendantes de notre volonté, il n'est pas possible actuellement de publier des photographies de cette cavité).

Si l'on applique la perspective curviligne à un cheval, en utilisant une distance focale fixe égale à la longueur de la tête, on obtient, suivant le point d'application du pôle, des déformations considérables. Les résultats "aberrants" obtenus (figures 7, 8, 9) montrent la puissance du procédé et l'importance induite par un petit déplacement du pôle.

Par tâtonnements successifs dans l'implantation du pôle, mais en conservant une focale identique (égale à la longueur de la tête), il est possible d'obtenir une copie fidèle des quatre chevaux paléolithiques. Chacune des transformations (figures

10, 11, 12, 13) montre de très grandes analogies avec les dessins originaux.

La première transformation (figure 10) a été réalisée en plaçant le pôle devant l'œil du cheval : le chanfrein devient concave et le museau pointu. La quatrième transformation (figure 13) a été réalisée en plaçant le pôle au centre de l'œil du cheval. La tête apparaît très raccourcie comme sur l'image paléolithique.

Les deuxième et troisième transformations (figures 11 et 12) sont obtenues en plaçant respectivement le pôle, juste devant, puis sur le front de l'animal. Les résultats sont là encore très proches de l'original. On note la variation de l'allongement de l'œil, comme sur la peinture pariétale.

Le seul changement, entre ces 4 transformations expérimentales est le déplacement du pôle sur une ligne aboutissant à l'œil, ou y trouvant son origine (figure 14, points 1 à 4). La relation entre ces animaux, qui paraissait évidente sur la paroi, peut ainsi être démontrée et nous pouvons avancer l'hypothèse d'être en présence d'un seul et même animal (complet ?) vu successivement de différents points, apparemment alignés, de l'espace.

Comme le montrent les différences importantes constatées sur les photographies publiées (figures 46 à 49 de CHAUVET et al.) l'utilisation des volumes naturels, sur ce panneau, est considérable. Les rapports de proportions, à l'intérieur de chaque tête, varient d'un cliché à l'autre. Il faudra donc attendre un relevé des œuvres originales pour affiner les positions successives du pôle et retrouver les proportions exactes de chaque tête. Pour l'heure, constatons simplement que les expérimentations proposées présentent, avec les différents clichés proposés par J.M. Chauvet, un degré impressionnant d'analogie.

## Discussion - conclusion

Les données quantitatives issues de ces quelques expérimentations sur des segments animaux constituent de nouveaux arguments en faveur de notre hypothèse de l'utilisation de la perspective curviligne durant le Paléolithique supérieur.

Nous pensons fournir une explication satisfaisante au problème des segments isolés. Il apparaît de plus en plus que ce système de projection curviligne pourrait être très proche d'un mode "naturel" de construction d'images lorsqu'il s'agit de les réduire à deux dimensions. Le recours à un traitement mathématique nous permet de nous affranchir de la perspective cavalière dont l'usage doit être considéré comme un acquis de l'évolution des concepts.

La présence de tels fragments, excessivement déformés tendent en faveur d'une intention délibérée de se focaliser - et donc d'attirer l'attention - sur une partie de l'animal. En l'absence de toute trace d'effacement, loin d'être des aberrations, ils sont la preuve d'un mode de projection curviligne, qui seul peut expliquer de telles œuvres.

Les hypothèses que nous développons sont en bon accord avec la présence fréquente de superpositions de dessins et/ou de signes, comme dans de très nombreuses grottes ornées paléolithiques. Ces séries traduisent-elles une recherche de mouvement ou une démarche pour reconstituer des volumes ? Des approches analogues sont utilisées pour les bandes dessinées, dans les lanternes magiques... Ceci dépasse le cadre de cette étude quantitative, mais ouvre de nouveaux horizons.

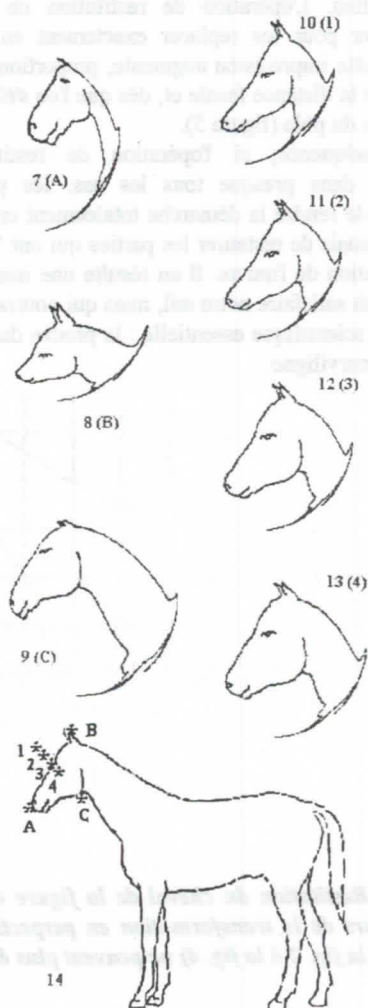
Pour résoudre leurs problèmes de perspective, les hommes du Paléolithique supérieur ont très souvent utilisé les modelés naturels. On constate que c'est précisément dans les cavités les plus anciennement décorées que l'utilisation des reliefs naturels de la roche est globalement poussée à son maximum. On

observe également que lorsque la paroi est très plane, comme c'est le cas pour la jument magdalénienne de Bedeilhac, les déformations apparentes sont considérables.

Tout se passe comme si, avec le temps, les auteurs paléolithiques avaient peu à peu évolué d'un concept de "sculpture" à un concept de "dessin".

## Références

- CHAUVET J.M., BRUNEL DESCHAMPS E., HILLAIRE C., 1995 - *La grotte Chauvet*, Seuil éd.  
A. DÜRER, 1525. - *Underweysung der Messung*, liv. IV, Nürembergpaléo, rééd. 1538.  
L. PALES ET M. TASSIN DE SAINT-PEREUSE, 1981 - *Les Gravures de la Marche*. III. Équidés et Bovidés, Ophrys éd.  
F. ROUZAUD, A. BISIO, J. LAUTIER, M. SOULIER, 1989 - Grotte de la Magdeleine-des-Albis à Penne (Tarn), Essai de synthèse à l'occasion de la découverte d'une nouvelle figure féminine., Bull. Soc. Préhist. Ariège-Pyrénées, XLIV, p. 21-69.  
F. ROUZAUD, J.-N. ROUZAUD, E. LEMAIRE, 1992 (A). Quelle perspective utilisèrent les hommes du Paléolithique supérieur ? *C.R.Acad.Sci.Paris*, T. 314, série II, p. 209-216.  
F. ROUZAUD, J.-N. ROUZAUD, E. LEMAIRE, 1992 (B) La "vision polaire" ou la transcription graphique bidimensionnelle des volumes au Paléolithique supérieur, *Paléo* n°4, p. 195-212.



Figures 7 à 13 : Résultats de la perspective curviligne appliquée au cheval de la figure 14. Les différences obtenues entre ces images sont uniquement dues à la variation de la position du pôle (localisées sur la figure 14). Les figures obtenues, 10 à 13 sont très proches de la série des 4 têtes de cheval de la grotte Chauvet (Chauvet et al, planche 51).

# Research on Drawings Representing Celestial Phenomena and Cosmological Elements from Cave Sanctuary from the Neolithic

Alexey Stoev

Astronomical Observatory and Planetarium, 62 Tsar Ivan Shishman Str., 6000 Stara Zagora, Bulgaria

Penka Muglova

Solar-Terrestrial Influences Laboratory, 6000 Stara Zagora, Bulgaria

Mina Stoeva

Sarnena Gora Touristic Society, 6000 Stara Zagora, Bulgaria

## Abstract

Neolithic drawings cut into a separate rock near the wall of the Topchika cave main gallery, Dobrostan karst region, are studied. The whole drawing structure and its separate elements are analysed. The basic types of symbolic signs are classified as follows:

- real elements which are repetition (copying, imitation) of the terrestrial and heavenly world;
- optical illusions and style considerations that are part of the symbolism existing as a fact in human's senses and consciousness.

An attempt to interpret the main subject of the drawings as a beginning of the nascent primitive cosmogony of that time has been made.

For the ancient individual all alive consists of strongly measured proportion of fire, water, heat and fresh humidity. Rivers, rains, sun, moon lightnings, forest fires and dryness, all of them were accepted from the ancient people as a concrete display of cosmic elements that form the universe as a whole (ELIADE, 1987).

Many of the drawings (as graphic symbols) are cut into the rocks in caves and rocky niches. The place on which they are situated is usually connected with the ancient people's mode of life as well as with different cult rituals of their time. One of the most interesting places with such drawings is in the Topchika cave, near the village of Mostovo, Plovdiv district. It is formed in the marbles of the Dobrostan karst massif along the Sushitsa river. The cave entrance is south oriented and it has two floors at about 120m above the local erosion basis. The upper part of the cave is nearly horizontal (figure 1), (PETROV, 1977). A separate rock with an irregular form at 1.3m length and 1.5m height is placed 200m after the entrance on the left side of the second floor. Later this rock was connected with the cave foundation by calcite crust. There are two groups of graffiti cut into it and two inscriptions dated back to the period of Bulgarian national revival just next to the rock as well as at the entrance. Close to the rock along the cave longitudinal axis there is a constant water source - sinter lake - supplied with dropping from the ceiling water all the year. This place is a convenient source of drinking water that is very important for this waterless karst region nowadays and in the past.

All the epigraphic material is in U-shape grooves of the lines with well-preserved edges. All the 14 graffiti has V-shape grooves and considerably weathered edges. This is a reason to separate the epigraphic material from the images, taking into account the epoch and the method of work. In 1969 drilling studying of the deposits was made (PEIKOV, 1971). Findings found are dated back to the Middle Palaeolithic (35÷33000 BC). Their existence does not mean that the drawings and the oldest findings in the cave are from one and the same period.

The south-east wall of the rock contains most of the images. Its north-west edge is covered with thick calcite crust which probably covered part of the graffiti. The crust is dated back to 5-6000 BC.

On the south-east wall of the rock is placed the biggest group of the graffiti (N1). It consists of four astronomical symbolic signs and one of them is solar sign (STOYTCHEV, 1991). Unfortunately, it is destroyed. One could see comparatively well preserved three stars cut into the rock in different way, probably in accordance with their brightness on the celestial sphere. There

is a zoomorphic figure in the upper right part of the wall. Its typical that the animal drawn is without head. Maybe it's a way to present a sacrificial animal. There are other zoomorphic figures some of which are well preserved at the bottom of the south-east wall.

On the wall perpendicular to the south-east one there are four zoomorphic images one of which is partly preserved and one situated at the upper right edge presented as sacrificial animal again - without head (N2). All the zoomorphic figures, from the two walls of the rock, have an upward march and Π-shape bodies. Besides, animals without heads are situated highest in comparison with all the rest zoomorphic graffiti.

There are two inscriptions and two zoomorphic figures (N3) dated back to later epoch near the separate rock, on the gallery's wall. They are cut into the rock in different way, the figures have leftward march and the style is different. An astronomical symbolic sign is situated on the left side of the inscriptions. Its centre is an irregular pit and rays with different length go out of the pit.

It is most likely that primitive cosmological concepts by mythological ideas are involved in the images (KALCHEV, 1988). In the image symbolism itself the notions of the human being of that epoch for the real world are revealed. The idea of vertical world structure - in this case of three parts - is sketchily involved in the depiction of the world elements. Probably the sky and the stars were perceived as divinities and animals and plants were offered as a sacrifice to them. That is the reason to find animals without heads closest to the star images. The middle part is occupied by the animals. The person did not depict himself probably observing some taboo. The bottom part of the rock passes to the ground as receptacle of all alive and dead in nature. The rock was identified with mountain, inhabited of animals covered with the vault of heaven. The local microrelief on the floor around the rock resembles mountainous relief forms with water in them and specific sinter forms. The rocky floor gradually led to the dark underground world - the third cave level, through the big precipice (more than 60 meters).

If we make a supposition that all the images are cut into the rock in comparatively short historical period we could find logical connection between the two scenes. We presume the possibility to personify day and night that are inextricably bound up and periodically replaced parts of the surrounding world (TOPOROV, 1982). If one stand on the one side of the rock (where the astronomical symbols are depicted) he/she will see part of the day's shining but if stand on the other side he/she will not see the day light. The fact itself that the scenes

described are not placed at the cave entrance but far inside the cave, underground, shows that people attached special importance to it. Probably it is a cave - sanctuary that had ritual and adoration meaning.

The multistage universe is represented as complicate, constituted of different world systems. These worlds are separated and in the same time are mutually connected and influence each other.

In conclusion we should say that even if astralo-zoological associations are an accidental coincidence they show:

- stimulated interest to the sky and heavenly phenomena which played an important role in the social life of the people by means of different cult scenes and images;
- graphic fixation of natural facts with particular meaning for the daily round of the people of that epoch.

## References

- ELIADE, M. 1987. *Cosmos and History*. Progres, Moskva
- KALCHEV, P. & A. STOEV. 1988. Primitive cosmology in mythology of the ancient agricultural - stock-breeding tribes during the Neolithic and Chalkolithic in the District of Stara Zagora. In: *First National Symposium on Archaeoastronomy*, Tolbuchin'88, II - BAS, 15: 59-60.
- PEYKOV, A. 1971. Some previous results from excavations in the Topchika cave during 1969. In: *Annual edition of Plovdiv people's archaeological museum*. VII: 7 - 37.
- PETROV, I. 1977. *Sky of stone*, M & F, Sofia: 8-9.
- STOYTCHEV, T.; STOEV, A. & P. MUGLOVA. 1991. Graphic and Statistical analysis of astronomical symbols applied in the analysis of arhaeoastromical images. In: *Interdisciplinary studies - BAS*. Sofia: XVIII: 183 - 193.
- TOPOROV, V. 1982. Primitive concepts about the world, In: *Ocherki istorii estestveno - nauchnih znaniy v drevnosti*, Nauka, Moskva: 34 - 46.

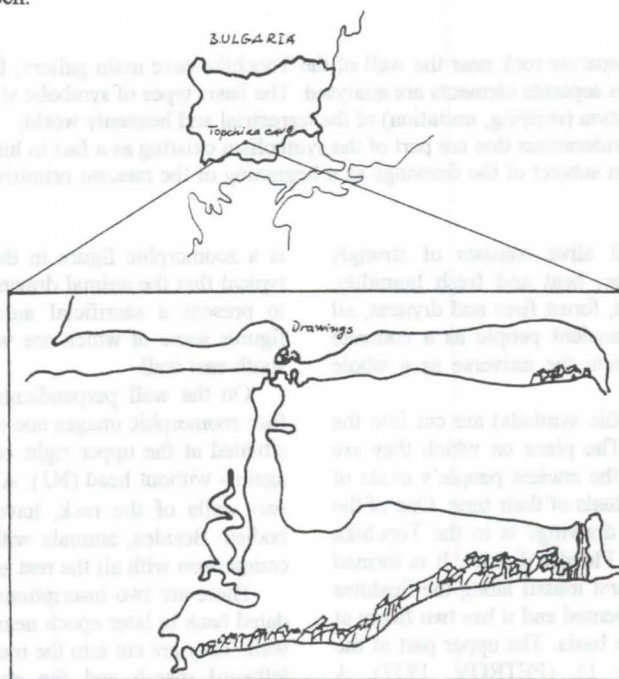


Figure 1 : Map of the Topchika cave and some of the graffiti from group N2.

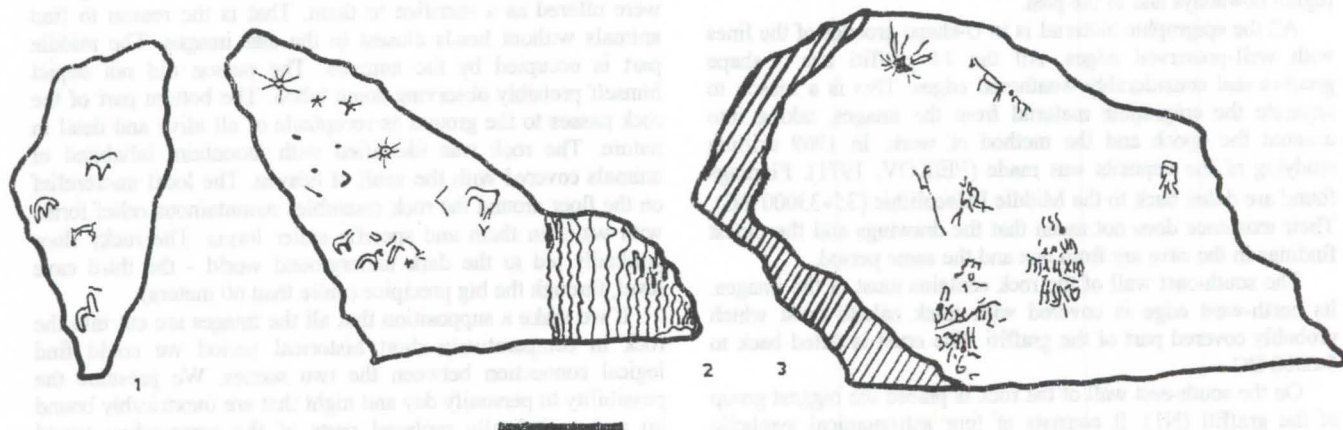


Figure 2 : The three groups of graffiti - N1, N2, and N3, as in the text.

# La grotte ornée paléolithique des Mayrières à Bruniquel (Tarn-et-Garonne - France) ou la gestion d'une erreur...

par François ROUZAUD

Service Régional de l'Archéologie - DRAC Midi-Pyrénées, 7, rue Chabanon, 31200 Toulouse (France)

## Abstract

Two bisons, painted on the wall of the cave of Mayrières, were discovered in 1952. Thirty years later, during an improvised cleaning intervention, the only two paleolithic paintings of the cave were badly severed by the untimely brushing of graffiti, with which they had been confused...

In order to lessen the risk of accidents of this kind, the French ministry of Culture and the Fédération Française de Spéléologie are engaged in a close collaboration. One of the first realisations was the construction of protections around what was left of the bisons, leaving a free access to the cave. Informative papers, films, teaching manuals... were realized in common by both institutions. A double net of correspondents as been set up within each karstic region in order to improve the circulation of informations. Regular high level contacts are taken, between F.F.S. and the Sous-Direction de l'Archéologie.

All this has lead to new topics of linked researches between speleology and archeology ; they have started in the cave of Mayrières for the first time.

## Résumé

Deux bisons, peints sur la paroi de la grotte des Mayrières, ont été découverts en 1952. Trente ans plus tard, au cours d'une intervention de dépollution improvisée, les deux seules œuvres paléolithiques de la cavité sont gravement endommagées durant le brossage intempestif de graffiti, avec lesquels ils avaient été confondus...

Pour diminuer le risque d'accidents similaires, le Ministère de la Culture et la Fédération Française de Spéléologie se sont engagés dans une étroite collaboration. L'une des premières réalisations fut la mise en place de protections autour de ce qui restait des bisons, tout en laissant le libre accès à la grotte. Des articles, films, notices, manuels de formation... ont été réalisés en commun par les deux institutions. Un double réseau de correspondants est mis en place dans chaque région karstique afin de favoriser la circulation de l'information. Des contacts réguliers ont lieu périodiquement, au plus haut niveau, entre la FFS et la Sous-Direction de l'archéologie.

De tout ceci émergent de nouveaux thèmes de recherche entre la spéléologie et l'archéologie; il ont été appliqués en tout premier lieu dans la grotte des Mayrières.

## Introduction

Seuls témoignages paléolithiques connus dans la grotte des Mayrières <sup>(1)</sup>, les deux bisons ont été dessinés à une cinquantaine de mètres de l'entrée, en paroi gauche, près de la voûte, au-dessus d'une banquette rocheuse (figure 1). Le panneau orné mesure un peu moins de deux mètres de long. Par leurs particularités stylistiques (pauvreté des détails anatomiques au niveau des pattes, cornes vues de face, profil massif de l'avant-train...), les bisons des Mayrières présentent plus d'affinités avec une phase ancienne de la chronologie relative (style III) qu'ils n'obéissent aux canons de l'art magdalénien (CLOTES, GUICHARNAUD 1977).

La grotte de Mayrières est l'une des trois cavités ornées par les hommes du Paléolithique supérieur actuellement connues dans la vallée de l'Aveyron. Les deux autres sont celles de la Magdeleine-des-Albis et du Travers-de-Janoye, s'ouvrant toutes deux sur la commune de Penne (Tarn).

## 1. Historique de la découverte des Bisons des Mayrières, et leurs dégradations successives

Le 10 août 1952, André Jarlan, du Spéléo-Club Albigeois, identifie deux peintures de bisons et les signale immédiatement. L'abbé Breuil authentifie la découverte lors de sa visite, le 30 octobre 1952 (JARLAN, 1952). Dès cette époque "Les parois de cette grotte étant littéralement couvertes de graffitis de toute nature, c'est par miracle que ces deux dessins ont été épargnés par les nombreux visiteurs qui pénètrent chaque année dans cette cavité. Il est à regretter néanmoins que la partie inférieure des pattes arrières du premier animal et les pattes avant du deuxième aient été effacées par une de ces inscriptions."

La publication de cette découverte dans le Bulletin Périodique du Comité National de Spéléologie suscite, dès le 3

novembre 1952, une lettre de mise au point de Monsieur Charles Boudou (Correspondant du Ministère de l'Education Nationale, section préhistoire) à la Société Archéologique de Tarn-et-Garonne : "Contrairement à une information parue dernièrement dans la presse régionale, la découverte de dessins préhistoriques dans la grotte des Mayrières (T et G) n'est pas récente. En août 1927, ces peintures avaient été reconnues par Messieurs : Chaillot, ex-conservateur du Musée d'Histoire Naturelle de Montauban ; Couderc gardien du Musée ; Vieles, ex-secrétaire de la Société d'Archéologie du T & G ; Bergère, artiste-peintre de Montauban ; Boudou, ex-membre de la Société d'Archéologie."

Non communiquée aux autorités compétentes, cette découverte fut rapidement oubliée. Aussi, André Jarlan, qui a "rendu compte", demeure le seul "inventeur" même s'il n'est que le second "découvreur".

Le 22 novembre 1953, MM. Cavaillé, Darasse et Destruel effectuent une première fouille à l'entrée de la cavité (CAVAILLE, DOMONT, GALAN 1954). Leurs travaux seront poursuivis le 30 novembre en compagnie de M. Harris. Ils constatent, ce jour-là, des dégradations sur les bisons : "Nous nous rendons compte que quelqu'un a essayé de gratter le petit bison et que l'on a tenté d'effacer le grand bison, M. Darasse doit écrire à l'Abbé Breuil pour le lui signaler".

Il faudra attendre le mois d'octobre 1976 pour qu'un relevé des bisons, par calque direct, soit effectué et publié (CLOTES, GUICHARNAUD 1977).

Le 15 mars 1992, les bisons furent gravement mutilés au cours d'une opération de "nettoyage" de la cavité, effectuée par de jeunes éclaireurs, encadrés par des membres du Spéléo-Club Albigeois. Cette opération de "dépollution" fut conduite sans

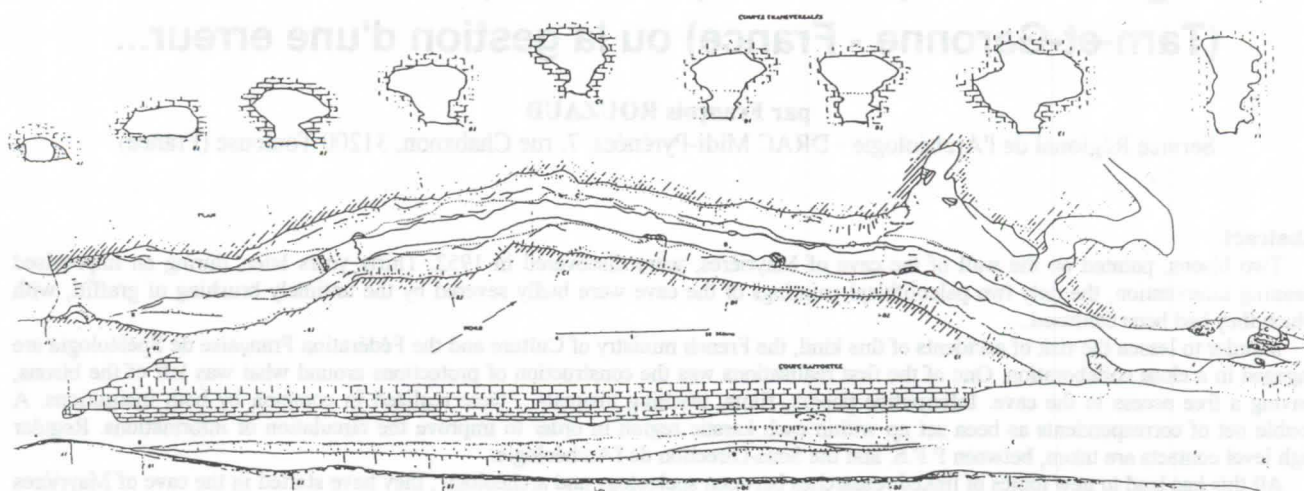


Figure 1 : Plans et coupes de la première partie de la cavité (Topo SSAC et F.Rouzaud)

concertation, ni avec les services archéologiques, ni même avec les spéléologues de Tarn-et-Garonne. Elle eût pour conséquence la dégradation des deux bisons et l'effacement de plusieurs tracés. Sur le premier animal, celui de gauche, la ligne de ventre et les membres postérieurs ont pratiquement disparu. Du second bison, il ne subsiste que la queue et les membres postérieurs, la ligne cervico-dorsale ne se devine plus que par une trace blanche striée, consécutive au brossage qui suit minutieusement le tracé d'origine. Les traces de ce "nettoyage", bien marquées, dénotent une ferme intention de faire disparaître toute trace de peinture, vraisemblablement confondue, par les auteurs de la dégradation, avec du "noir de fumée". Le reste des bisons a été soumis à des frottements plus légers qui ont néanmoins déstabilisé la partie superficielle de la roche, support de la couche picturale. Le retour à l'équilibre naturel de la paroi se poursuit lentement avec la disparition de particules de roche et de pigment. Les médias du monde entier se sont fait l'écho de cette catastrophique méprise.

## 2. Les mesures antérieures de protection

Cette grotte, isolée, à flanc de coteau a été fréquentée par des générations d'amateurs de curiosités souterraines et demeure, par son développement, une des plus vastes cavités du département. Mais, surtout, l'absence de difficulté majeure et un réseau spéléologique intéressant en font un site particulièrement prisé pour l'initiation à cette discipline.

L'expérience avait largement démontré qu'une telle localisation, loin de toute habitation et de toute voie de communication, rendait bien peu probable le maintien en place de clôtures économiquement viables. Le balisage des bisons avait également été envisagé : il revenait "à s'en remettre au bon vouloir des visiteurs, [et] comporte le risque d'attirer l'attention sur les peintures à protéger, alors qu'elles sont situées en dehors du lieu de passage habituel des visiteurs, qui pour la plupart, les ignorent" (CLOTES, GUICHARNAUD 1977).

Conscients des limites d'un tel choix (celui de laisser en l'état la grotte), J. Clottes et R. Guicharnaud prononçaient un pronostic pessimiste : "Les bisons des Mayrières supérieure sont donc menacés gravement, à plus ou moins long terme, et c'est pourquoi nous avons décidé d'en faire le relevé exhaustif que

nous publions ici, estimant qu'il s'agit avant tout d'une sorte de "sauvetage".

Depuis leur identification, des dégradations mineures ont été constatées à plusieurs reprises sur les bisons des Mayrières. Ces atteintes n'étaient pas, jusqu'à présent, de nature à remettre en cause les dispositions retenues pour assurer leur conservation.

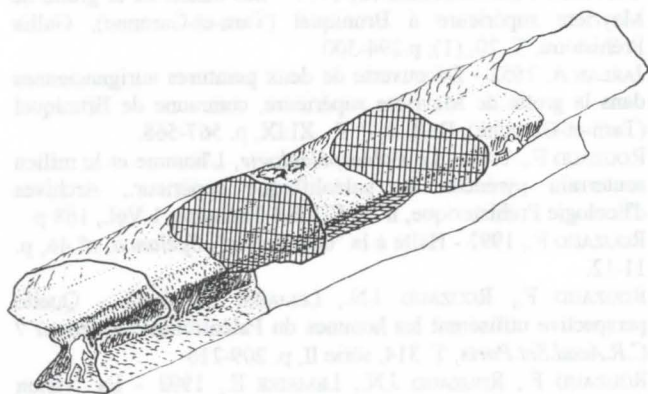
Parmi les grottes ornées paléolithiques, eu égard au nombre restreint d'œuvres conservées - et indépendamment de leur indéniable intérêt scientifique - celle des Mayrières n'apparaissait pas prioritaire dans le programme de protection juridique d'une région qui compte 45 grottes ornées. Par ailleurs, l'expérience enseigne que la protection juridique des cavités, si elle est souvent indispensable, n'a jamais été une garantie absolue contre des actes incontrôlés ou de vandalisme. Aussi, le Service Régional de l'Archéologie et, avant lui, la Direction des Antiquités Préhistoriques, se sont-ils orientés vers une politique de sensibilisation et de collaboration avec la Fédération Française de Spéléologie, de même qu'avec ses instances locales : Comité Spéléologique Régional Midi-Pyrénées et Comités départementaux de Spéléologie. Ces dernières sont régulièrement informées, voire consultées, sur les questions relatives à la conservation du patrimoine souterrain. Rappelons que les spéléologues sont, par définition, à l'origine de l'immense majorité des découvertes archéologiques dans les grottes et, que dans les cavités profondes, là où ils sont pratiquement les seuls à avoir accès, nos interventions ne peuvent être réalisées qu'avec leur actif concours (ROUZAUD 1992).

## 3. La protection réalisée

Après les dégradations de 1992, un ensemble de mesures de protection juridiques (inscription à l'inventaire supplémentaire des Monuments Historiques en date du 8 février 1993) et physiques (mise en place de grilles) ont été prises par le Ministère de la Culture (SRA/DRAC Midi-Pyrénées) en étroite collaboration avec la Fédération Française de Spéléologie (Comité Départemental de Spéléologie de Tarn-et-Garonne) et le concours financier du Conseil Général de Tarn-et-Garonne.

La clôture de la cavité apparaissait comme la solution la plus simple et la moins onéreuse à court terme. Elle se heurtait toutefois, comme par le passé, à plusieurs contraintes. La situation isolée de la cavité ne permettait pas le maintien à

moyen terme d'une telle fermeture dans des conditions économiques admissibles. En effet, pour éviter de coûteuses et nombreuses réfections de la clôture, la présence d'un gardien ou d'un responsable apparaissait comme le gage d'une certaine efficacité. Pour assurer une meilleure "survie" de la porte, un système de "prêt de clef" pour des visites "libres" aurait pu être instauré. Il aurait permis un certain contrôle - a posteriori - des visiteurs. Mais, il était impossible d'éviter la duplication rapide des clefs. Enfin, la fréquentation, ainsi réduite, de la grotte des Mayrières se serait inmanquablement reportée sur d'autres cavités, encore peu fréquentées de la vallée de l'Aveyron, elles aussi susceptibles de conserver des traces archéologiques.



**Figure 2 : Le dispositif de protection des bisons.**  
(Dessin G. Tosello)

Le dispositif retenu (figure 2) concilie le libre accès à la cavité et l'isolement des bisons. Il avait été également envisagé en 1976, mais le souci de ne pas signaler les peintures à des visiteurs indécents avait fait abandonner cette option qui semble désormais la seule possible. Cette protection rapprochée <sup>(2)</sup> est réalisée suivant les normes de résistance établies sur la base de l'expérience acquise lors de la fermeture d'autres sites archéologiques. Ainsi, toutes les pièces constitutives de la grille ont un diamètre minimal de 20 mm. Les barreaux sont reliés par des lisses de 50x10 mm, espacées de 0,50 m.

Le matériau retenu est l'acier inoxydable ZGCN d'une résistance de 80 kg/mm<sup>2</sup>. Il présente, en outre, l'avantage de ne nécessiter aucun entretien. L'expérience montrant, là-encore, que l'aspect de la clôture est aussi un gage de sécurité.

En raison de la fragilité des parois, l'ancrage des grilles est repoussé à plusieurs mètres du panneau orné. Ces grilles permettent, dans les meilleures conditions possibles, l'observation des peintures paléolithiques. La disposition transversale des barreaux, au-dessus du passage répond à cette prescription.

En utilisant la morphologie de la galerie, une zone neutralisée est créée à proximité des œuvres. Le dispositif consiste en la mise en place de grilles, à quelques mètres avant et après la zone ornée. La circulation s'effectue sous une grille horizontale qui rejoint les deux précédentes. Afin de pouvoir accomplir périodiquement les tâches d'entretien et de surveillance du panneau orné, une trappe de visite est prévue.

A l'extérieur de la grotte, aucun signallement n'est envisagé afin de ne pas augmenter le nombre de visiteurs. En revanche, un panneau d'information en matériau inaltérable est apposé derrière la grille. Il comprend un relevé des œuvres, dans leur état de 1976, ainsi que quelques informations sur les bisons.

L'examen des œuvres s'effectue donc librement depuis l'extérieur de la clôture. La position d'observation depuis le sentier est vraisemblablement très proche de celle utilisée par les hommes du Paléolithique.

## 4. Nouvelles données archéologiques sur la grotte des Mayrières

L'évaluation précise des destructions de 1992 et le projet d'implantation des grilles sont à l'origine d'un complément d'étude de la cavité et de sa décoration pariétale. L'exhaustivité de la publication et la qualité des relevés de J. Clottes et R. Guicharnaud de 1976, comparés à l'état actuel des bisons nous ont conduit à privilégier d'autres approches, peu ou pas exploitées par nos prédécesseurs. Ces recherches ont été menées, en étroite collaboration la Société Spéléo-Archéologique de Caussade <sup>(3)</sup>.

### 4.1. Analyse topographique de la cavité.

Un plan et une série de coupes ont été levés à l'échelle du 1/50<sup>e</sup>. L'on constate que la situation du panneau orné n'a pas été choisie au hasard dans la cavité. Les études précédentes avaient déjà précisé que les bisons étaient situés dans l'obscurité, à l'extrême point de la galerie, d'où l'on peut percevoir la clarté extérieure. C'est généralement en ce lieu caractéristique que la stabilité des conditions climatiques internes devient prédominante. Dans la majorité des grottes ornées paléolithiques dont le porche, et par delà l'éclairage, ont peu évolué depuis la fin des temps glaciaires, des œuvres pariétales sont connues à proximité de ce "Point de jour" (ROUZAUD 1978).

Quelques mètres après les bisons, la banquette rocheuse sous-jacente est notablement élargie. Le sol, peu déclive est encombré de sable fin. Il est malheureusement remanié depuis fort longtemps. Cette surface de 15 à 20 mètres carrés est parfaitement apte au séjour de quelques individus. La concavité de la voûte, distante de 3 à 4 mètres la rend très facile à éclairer. Un seul endroit de la cavité présente des caractéristiques identiques, c'est le terminus de l'étage inférieur, situé à 280 mètres de l'orifice. (actuellement, ces deux emplacements, et eux seuls, servent bien trop souvent à des "bivouacs")

Les banquettes rocheuses qui bordent le couloir d'accès sont rarement d'un accès aisé. Les deux points, sur 50 mètres de galerie, où l'escalade est la plus facile, se situent immédiatement avant et après les bisons. Ces banquettes sont presque toujours fortement déclives. La portion surplombée par les bisons est l'une des rares qui présente des parties relativement planes permettant une station suffisamment confortable pour exécuter des dessins. La conjonction entre un accès aisé et une position confortable, n'est réalisée depuis l'entrée, que sous les bisons.

Sur les 50 premiers mètres de la galerie, la voûte est parfaitement lisse et aucun concrétionnement ne témoigne d'une quelconque arrivée d'eau. Les premiers massifs stalagmitiques actifs se rencontrent à une dizaine de mètres avant les bisons. Ce point qui marque le début d'une zone d'infiltration est remarquable : la cavité s'ouvre sur le bord d'une vallée sèche et toute autre possibilité de ressource en eau se situe à environ 1/4 d'heure de marche.

Nous n'avons pu malheureusement relever aucune preuve matérielle d'un séjour paléolithique de quelque importance en ce lieu (sauf pour la réalisation et l'utilisation de la décoration pariétale). Mais notre étude topographique montre que le potentiel maximum de confort et de ressources, fourni par la grotte, était concentré aux abords immédiats du panneau orné.

### 4.2. Analyse micromorphologique du panneau orné

Les spécialistes de l'art pariétal ont de tout temps noté l'abondante utilisation, par les artistes préhistoriques, des reliefs ou anomalies naturelles du support. Dans de récents travaux (ROUZAUD, ROUZAUD, LEMAIRE 1990 et 1991), une explication de la recherche des parois, concaves ou convexes, par les artistes, a été proposée. Au cours du premier examen du panneau orné, nous avons remarqué que la bosse et le poitrail du premier bison s'inscrivaient exactement dans une légère concavité de la paroi. La tête et l'arrière-train de l'animal occupent deux convexités du support. Afin de quantifier

l'utilisation éventuelle de la micromorphologie de la roche, nous avons fait réaliser une restitution photogrammétrique de la paroi<sup>(4)</sup>.

Les bisons étant dessinés à la voûte, il existe ni "horizon", ni "verticale" pour ce panneau. Aussi, nous avons choisi arbitrairement un plan de référence pour la restitution. Nous avons retenu le "plan moyen" des bords de la concavité où s'inscrit la bosse et le poitrail du premier animal. Il est évident que le choix d'un autre plan de référence aurait modifié la hiérarchie des valeurs, mais il n'aurait rien changé dans la mise en évidence du modelé naturel de la paroi. La restitution, en courbes de niveau, fût réalisée selon une équidistance de 5 millimètres, elle révèle nettement le "volume" des bisons naturellement inscrit dans la roche. Pour aller plus avant dans le détail, nous avons rapporté le relevé par calque direct, sur la restitution. La parfaite superposition des fissures de la paroi, relevées par les deux méthodes, confirme l'excellence du travail de 1976, et autorise une analyse plus détaillée des relations physiques entre l'œuvre et son support.

Il est surprenant de constater que tous les détails anatomiques sont préexistants et qu'ils ont été simplement surlignés par l'artiste. Ainsi, par exemple, sur le premier bison, la corne droite s'inscrit exactement sur l'axe d'une dépression alors que la gauche s'inscrit, tout aussi parfaitement sur l'axe d'un relief. Il en est de même pour les pattes des deux individus : celles situées du côté de l'observateur sont placées sur des micro reliefs, celles éloignées s'inscrivent sur de petites dépressions. Des observations similaires peuvent être réalisées sur tous les tracés. Elles démontrent la parfaite adéquation entre les volumes naturels de la roche et la création de l'artiste.

<sup>(1)</sup> Il nous est agréable de remercier ici, pour leur aide et leur compréhension, Mme et Mr Barret, propriétaires de la cavité.

<sup>(2)</sup> Le dispositif de protection a été conçu et réalisé en collaboration avec le CDS 82 et l'entreprise Llabarrena.

<sup>(3)</sup> En particulier Denise, Michel et Rémi Soulier.

<sup>(4)</sup> Travail confié à Monsieur Ch. Rives Géomètre.

## Références

CAVILLE A., DOMONT C., GALAN A., 1954 - Sur quelques grottes du causse de Limogne et sur leur signification morphologique, *Annales de Spéléologie*, IX (3), p. 144-168.

CLOTTES J., GUICHARNAUD R., 1977 - Les bisons de la grotte de Mayrière supérieure à Bruniquel (Tarn-et-Garonne), *Gallia Préhistoire*, T. 20, (1), p.294-300.

JARLAN A. 1952 - Découverte de deux peintures aurignaciennes dans la grotte de Mayrière supérieure, commune de Bruniquel (Tarn-et-Garonne), *Bull. S. P. F.*, XLIX, p. 567-568.

ROUZAUD F., 1978 - *La Paléospéléologie*, L'homme et le milieu souterrain pyrénéen au paléolithique supérieur., *Archives d'Ecologie Préhistorique*, n° 3, EHESS-Toulouse, 1 Vol., 168 p.

ROUZAUD F., 1992 - Halte à la "dépollution", *Spelunca*, n° 46, p. 11-12.

ROUZAUD F., ROUZAUD J.N., LEMAIRE E., 1992 - Quelle perspective utilisèrent les hommes du Paléolithique supérieur ? *C.R.Acad.Sci.Paris*, T. 314, série II, p. 209-216

ROUZAUD F., ROUZAUD J.N., LEMAIRE E., 1992 - La "vision polaire" ou la transcription graphique bidimensionnelle des volumes au paléolithique supérieur, *Paléo* n°4, p. 195-212



**Fig. 3 : Superposition du relevé par calque (J. Clottes, R. Guicharnaud, 1976) avec la restitution photogrammétrique de la paroi.**  
L'espacement des courbes de niveau est de 5 mm, la maille du carroyage est de XXX cm.

# Découverte des premières grottes peintes de Bornéo (Kalimantan)

Jean Michel Chazine

Centre de Recherche et de Documentation sur l'Océanie (CREDO CNRS-UMR 151) et Laboratoire d'Ethnologie, Rue de la Charité, 13002 Marseille, France

Luc-Henri Fage

Éditions Spéléo, BP114, 20 rue de l'Amphithéâtre, 84404 Apt Cedex.

## Abstract

The fortuitous discovery by caving trekkers in 1988 of an ornated cave, right in the "heart of Borneo," in its Indonesian western province induced one of its member L.H. Fage to organize, 1992, a new expedition including an ethno-archaeologist.

This cave called Liang Kaung, apart of showing original charcoal drawings, has provided no but on surface of surrounding caves and rock shelters, a display of paddle impressed ceramic sherds associated with bones and lithic flakes. Charcoals datations could attest the abandonment of the site 3.000 years ago. During the following year, 1993, the visit of numerous caves and shelters upon the upper-Mahakam, on the eastern side has confirmed the generalized occupation of natural hollows at least during the early neolithic and completed the ceramic and lithic materials pre-serials, up to 5300 B.P. Next year, 1994, a long trekking and speleological survey of the eastern Mangkalihat Peninsula whose shores along the Makassar Strait corresponding partially to the Wallace Line, have not changed at least since Pleistocene periods let discover many other karstic outcrops.

This zone is a very remarkable one for speleological inasmuch as archaeological points of view and not surprisingly, a very important discovery has been made in that eastern area : walls of cave with real red brown paintings has been found; the very first one until now for the whole Borneo island. Apart displaying animal and symbolic features, 4,5m above the ground, they have the particularity of presenting a frieze about 8m long with at least 11 hand-stencils. Altogether in that cave called Gua Mardua, 40 hand prints were counted all around the walls and even on the ceiling, 7m high.

Two following expeditions, 95 and 96, into the neighboring 50km karst outcrops, have confirmed the regular use of remote caves and galleries witnessing Rock Art and ritual practices. Until now, 5 other caves with more or less decayed remains of paintings have been yet surveyed. The closest analogy with other sites concerning iconography or archaeological materials, is with Southwest Sulawesi (Celebes Islds), on the eastern side of Wallace Line. Based until now upon the Rock Art's blank over the whole Borneo, one of the most admitted hypothesis proposed by prehistorians about the different phases of South East Asia settlement, is describing a sequence of move, around the so-called Mesolithic period from Sahul Shelf (i.e. N. Guinea and Australia), all along the Nusantaraian Bow (i.e. East Indonesia) which explicitly should have stopped in Sulawesi.

Our recent discoveries would argue for changing the current questions into : has this new coming Rock Art and its associated culture and rituals to be linked with the latest western remains before crossing Wallace Line eastward or would it be the most westward and recent point reached by some eastern drift? As it is commonly accepted that 'Mesolithic' settlers would have spent some thousands years there in the Sunda land complex, approximately between 12.000 and 5.000 years B.P., awaited datations could probably be much older and will determine clearly the direction of the move.

This example is a particularly good one for feeding the questions of synergetic alliance especially for karstic area, between speleology and archaeology inasmuch as the interest of studying the extreme variety in the use of caves and rock shelters in South East Asia.

## 1. Introduction

La reconstitution du processus de peuplement du gigantesque ensemble que constitue l'aire Pacifique continue d'être d'actualité. Même si la carte de ses différents sites archéologiques se densifie régulièrement, de nombreuses lacunes, non seulement au Pléistocène mais jusqu'à l'Holocène même récent, y subsistent. L'intervisibilité des îles, les capacités techniques mises au jour ou attestées, la disparité des typologies céramiques ou de l'outillage lithique, la variabilité de leur dispersion même, sont autant de paramètres qui sont loin de se combiner entre eux.

L'origine, l'expansion et les processus d'occupation de l'espace mis en œuvre par les Austronésiens soulèvent toujours autant de questions. Celle posée par la culture "Lapita", quels que soient les apports indiscutables que l'interdisciplinarité ait fournis, restent controversées. C'est justement là, aux marges de ce qui a été autrefois défini et réduit par la Géographie, que de nouvelles données peuvent être apportées.

En particulier, les travaux qui se développent depuis ces dernières années dans la Wallacea, sur ses multiples archipels ininterrompus : Bornéo, Célèbes, Moluques ou Timor, reconstituent une des transitions entre l'Asie du Sud Est continentale et son expansion dans le Pacifique de l'Ouest.

Les récentes découvertes faites à Kalimantan dans l'île de Bornéo : céramiques, industries lithiques et peintures rupestres notamment, en se plaçant justement dans cette phase, y ont déjà notablement contribué.

## 2. Début de l'archéologie préhistorique à l'Est de Bornéo

En découvrant en 1988, lors de la traversée à pied de Bornéo, au centre de l'île (voir carte), une paroi ornée de dessins "primitifs" dans l'abri sous roche appelé Liang Kaung, un groupe de randonneurs spéléologues français ne se doutaient pas qu'ils venaient de commencer à soulever un morceau d'un très

important voile qui masquait une partie de la préhistoire du Sud Est Asiatique insulaire.

Il fallut ensuite l'obstination de Luc-Henri Fage pour organiser en 1992 avec un ethno-archéologue, une expédition de repérage et d'évaluation qui fit découvrir que Kalimantan, la partie indonésienne (530 000 km<sup>2</sup>) de Bornéo, troisième île au monde par sa taille (730 000 km<sup>2</sup>), n'avait jamais été prospectée, échappant ainsi à toute observation en archéologie préhistorique.

Dans des galeries peu accessibles, mais proches de la paroi décorée, des vestiges comprenant des déchets de taille en silex, des fragments d'os et de céramique décorée constituaient un sol d'habitat dont l'abandon pu être daté de 3000 ans environ (3030 BP±180, ANU8570).

Un autre niveau superficiel, dans une autre grotte à quelques journées de marche et de pirogue, confirma une occupation des cavités au Néolithique et justifia l'élaboration d'un projet combinant prospections spéléologiques et pré repérages archéologiques.

L'année suivante, en 1993, la visite de nombreuses grottes et abris dans des pitons isolés de la Haute Mahakam et de ses affluents, sur le versant ouest des monts Müller, a confirmé l'occupation généralisée des cavernes dès le début du Néolithique et complété des préséries de céramiques décorées et d'industrie lithique.

Jusqu'à présent, on ne connaissait le passé de Bornéo que d'après les observations et travaux réalisés uniquement au Nord-Ouest, à Brunei et dans les provinces de Sarawak et Sabah rattachées à la Malaisie. Il s'agissait, en particulier, de la Grande Grotte de Niah avec des restes humains datés d'environ 30.000 ans, sans peintures rupestres.

## 3. Découverte de peintures rupestres

En 1994, profitant des indications fournies par les expéditions spéléos françaises de 1982, 83 et 86, la prospection concerna les puissantes formations karstiques de la péninsule de

Mangkalihat, à l'est de Bornéo, là où la Ligne de Wallace longe au plus près un rivage inchangé depuis le Pléistocène.

C'est là qu'une très importante découverte a été faite : la première grotte avec des peintures de couleur rouge brun. Si l'on considère l'île de Bornéo dans son entier, c'est même la première véritable grotte ornée !

De nombreuses mains en négatif, des représentations d'animaux et quelques signes non figuratifs furent découverts dans le double porche d'entrée d'une grotte (Gua Mardua) à plus de 4 mètres de hauteur.

Ces peintures rouges, dont l'analyse par le Laboratoire des Musées de France a confirmé qu'elles étaient en hématite pure, donc non datables directement, comprennent notamment une frise d'empreintes juxtaposées, longue d'environ 7 m à l'origine.

Leur particularité est qu'elles présentent presque toutes les mêmes traces triangulaires sur le dessus, ce qui pourrait correspondre à l'empreinte de la main droite superposée à la paume de la main gauche.

Des observations plus affinées en 1995 ont porté le total des empreintes de mains à 40 et fait ressortir d'autres signes : silhouettes d'animaux et glyphes arachnéides à contours fermés.

Il est apparu ainsi, malgré une très forte érosion par desquamation de la couche calcifiée superficielle qui sert de support aux peintures, que la plupart des surfaces planes disponibles, y compris les plafonds, parfois à plus de 7 mètres du sol, avaient été porteurs de peintures.

De même, quatre autres grottes, situées dans un impressionnant karst en pains de sucre à plusieurs jours de marche à l'ouest de la précédente, ont également livré des séries d'empreintes de mains dont beaucoup présentant des traces identiques à celles de Gua Mardua, d'autres avec des stigmates évoquant des tatouages (taches en pointillés et lignes minces notamment) et des silhouettes assez caractéristiques de gibier (sanglier, cerf, singe, panthère...), en particulier à Gua Payau et Liang Sara.

La prospection de 1996 a porté sur des massifs karstiques à 50 km au nord de Gua Mardua. Là aussi, par deux fois, des traces de peinture rouge identique dans des grottes comprenant du matériel lithique, ont révélé que cette pratique semble généralisée, sans que l'on puisse discerner un réel motif, du fait de la dégradation des peintures et du support calcifié.

#### 4. Occupation des grottes depuis l'arrivée de la céramique

Les grottes haut perchées dans des pitons à fort indice de creusement, occupant des niveaux supérieurs fossiles, sont assez difficiles d'accès et ne laissent quasiment pas apparaître de vestiges archéologiques en surface, à la différence de Gua Mardua et des cavités situées en "rez-de-chaussée".

Ces dernières ont manifestement été occupées de manière plus permanente, au moins depuis l'arrivée de la céramique. Cependant, en l'absence actuelle de tout repère typologique comparatif, la seule observation de surface des tessons, aussi bien que des déchets de taille lithique, ne permet pas encore de différencier avec certitude la période d'occupation correspondante.

L'emploi de termes classificatoires comme Néolithique, Méso- ou Paléolithique ne pourra éventuellement s'appliquer qu'après que des ensembles distincts aient pu être d'abord mis en évidence et analysés. D'après des observations et datations en couche superficielle déjà obtenues dans des cavités voisines de Gua Mardua, la céramique semble apparaître entre 5000 et 3800 BP (3800 BP $\pm$ 230, ANU9873 et 5240 $\pm$ 270, ANU9876).

#### 5. Les influences culturelles

En ce qui concerne les peintures rupestres, quelques éléments de comparaison, en dehors des innombrables peintures d'Australie, ont été trouvés depuis plusieurs décennies dans toute la Wallacea, le long de l'Arc insulindien, mais pas au delà du

centre sud de Sulawesi (sites de Leang Burung 2 notamment). Les analogies formelles et stylistiques des différents ensembles de peintures observées à l'époque avaient incité les préhistoriens ayant travaillé dans cette partie de l'Insulinde à invoquer l'hypothèse d'une influence culturelle - sinon démographique - se propageant avant la fin du Pléistocène, du nord-ouest de l'Australie jusqu'aux Célèbes.

La découverte de ces peintures rupestres, "en amont" de la ligne de Wallace, permet de reposer la question autrement. L'influence est-elle venue de l'Australie septentrionale jusqu'à l'extrémité orientale de Bornéo ? Ou, au contraire, part-elle de - ou au travers - de Bornéo, puis de la Wallacea, vers l'Australie ? Il faudra à tout le moins plusieurs autres découvertes et investigations pour sinon répondre à ces questions, du moins les poser différemment. C'est la contrepartie obligatoire des recherches entreprises dans des "terrae incognitae" archéologiques. Les raccords avec les données environnantes sont parfois perturbants et obligent à la patience.

#### 6. L'avenir du site et des recherches

Cette découverte ne manquera pas de susciter des préoccupations non seulement sur l'étude et la mise en valeur du site mais, surtout, au sujet de sa protection. Une étude concernant l'éventuelle construction d'une cimenterie s'alimentant directement sur le karst serait en cours, posant la question de la conservation à terme de ce site encore unique pour tout l'ensemble de Bornéo.

L'île de Bornéo semblait former un tout homogène avec les découvertes déjà anciennes de la seule grotte de Niah à Sarawak, puis celles essentiellement lithiques de Tingkayu à Sabah.

La mise au jour successive de céramiques, d'outillages lithiques ainsi que de peintures rupestres, qui varient d'une zone à une autre, laisse penser que d'autres découvertes sont à attendre de nouvelles prospections. Les corrélations entre Bornéo et ses voisins insulaires depuis le Pléistocène restent encore à être précisées.

#### Bibliographie

- Fage L.-H.. *Les dessins pariétaux de Gua Kao* (Liang Kaung). Spelunca n° 34, 31-35, 1989
- Robert G., *Huit années de pérégrinations spéléologiques à Kalimantan et à Java*, Indonésie, ESFIK, 1990.
- Fage L.-H.. *Les Dayaks se cachent pour mourir*. Spéléo n° 7, 1-2, 1994.
- Chazine J.-M. *New archaeological perspectives for Borneo-Kalimantan*. Comm. 14th IPPA Congress, 1994, Chiang Mai (IPPA Bull. n° 16 à paraître en 1997)
- Chazine J.-M. *And for some more caves: archaeological discoveries in Borneo-Kalimantan*. Comm. 3rd World Archaeological Congress, 1994, New Delhi, 1994
- Chazine J.-M. *Et pour quelques grottes de plus*. Diagonal (CEDUST, Jakarta) n° 5, 27-32, 1995
- Chazine J.-M. *Découvertes spéléo-archéologiques à Bornéo*. CNRS-Info n° 308 (Juin), 13-16, 1995
- Chazine J.-M. *Découvertes spéléologiques et archéologiques à Kalimantan*. Les Nouvelles de l'Archéologie n° 61, 30-32, 1995
- Chazine J.-M. *Nouvelles perspectives archéologiques à Bornéo-Kalimantan*. L'Anthropologie 9 (n° 4), 667-670, 1993/95
- Chazine J.-M. *Nouvelles peintures rupestres à Bornéo*. L'Archéologue n° 16 (déc.), 23, 1995
- Chazine J.-M. *Nouvelles découvertes archéologiques à Bornéo*. Archéologia, n° 322 (avril), 7, 1996
- Chazine J.-M. *Découvertes des premières grottes peintes de Bornéo*. INORA (International News on Rock Art), n° 14, Foix (sous presse)
- Chazine J.-M. *New approach in Kalimantan Rock Art and Prehistory*. Comm 4th BRC Conference, Brunei, 1996.

# Les spéléologues, découvreurs de grottes ornées

Par Jean Clottes

Comité International d'art rupestre, 11. Rue du Fourcat, 09000 Foix, France

Presque toujours, les grottes ornées paléolithiques sont découvertes par des spéléologues, soit fortuitement, soit le plus souvent à la suite de recherches systématiques, de désobstructions ou de franchissement de siphons (Réseau Clastres dans l'Ariège, Erberlua dans les Pyrénées-Atlantiques). Le moment de la découverte et ceux qui suivent sont toujours les plus dangereux, car deux précautions majeures doivent être prises si l'on veut éviter les dégâts. Il faut être particulièrement attentif à la protection des sols, qui peuvent garder des traces de présence humaine (feux, vestiges abandonnés, traces de pas ou d'activités diverses) et/ou animale (empreintes, bauges, ossements). En outre, il faut prévenir les autorités archéologiques immédiatement et éviter une publicité prématurée. D'excellents exemples, parfois anciens (Fontanet en Ariège), parfois récents (Chauvet dans l'Ardèche) montrent tout l'intérêt, pour les spéléologues comme pour les préhistoriens, de la prudence à observer et des collaborations des uns et des autres.

## **The speleologists, discoverers of decorated caves**

Palaeolithic decorated caves have nearly always been discovered by cavers, either by accident, systematic research, excavation or through diving underground rivers (the Clastres System in the Ariège, Erberua in the Atlantic Pyrenees). The site is particularly vulnerable to destruction the moment it has been discovered, so two major precautions must be taken in to consideration : the cave floor may show traces of human presence (fire, relics, traces or remnants from different activities) and/or animals (footprints, bones or lairs). An archaeological authority must be immediately notified and no form of publicity should be undertaken after any such discovery. Excellent examples of decorated caves, sometimes ancient (Fontanet in Ariège) or recent discoveries (Chauvet in Ardèche) show cavers and archaeologists the need to be cautious and to collaborate with each other.

## **Die Höhlenforscher, entdeckter von bemalten Höhlen**

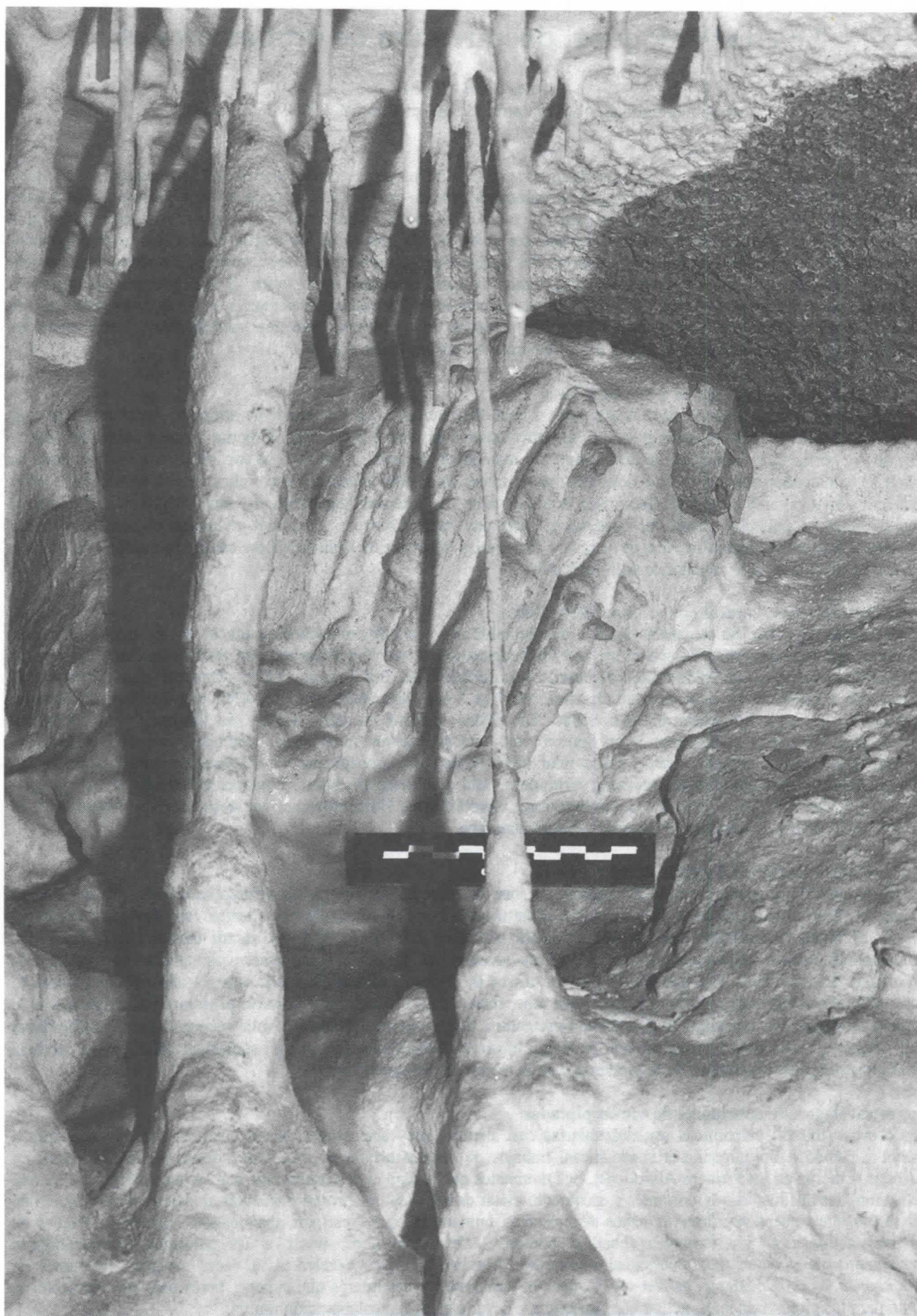
Fast immer werden die bemalten Höhlen des Paläolithikum von Höhlenforschern entdeckt, sei es zufällig, oder als Ergebnis von systematischen Forschungen, von Grabungsaktionen und Durchtauchen von Siphons (Réseau Clastres in der Ariège, Erberua in den Atlantischen Pyrenäen). Der Zeitpunkt der Entdeckung und die Momente gleich danach sind immer die heikelsten, es müssen nämlich zwei wichtige Vorsichtsmassnahmen getroffen werden, um Schäden zu verhindern. Es muss besonders auf den Schutz der Böden geachtet werden, welche die Überreste von Menschen (Feuerstelle, Überreste, Trittspuren oder Spuren von verschiedensten Aktivitäten) und/oder von Tieren (Spuren, Knochen) aufweisen können. Ferner, sollte man unverzüglich die archäologischen Fachstellen darauf aufmerksam machen und eine übereilte Bekanntmachung verhindern. Sehr gute Beispiele, ältere (Fontanet in der Ariège), wie jüngere (Chauvet in der Ardèche) zeigen das Gesamtinteresse, sowohl für die Höhlenforscher wie auch für die Prähistoriker, an der nötigen Vorsicht und an der gegenseitige Zusammenarbeit.

## **Gli speleologi, scopritori di grotte decorate**

Quasi sempre, le grotte decorate del Paleolitico sono scoperte da speleologi, sia fortuitamente, sia, più sovente, in seguito a ricerche sistematiche, a disostruzioni o all'attraversamento di sifoni (Réseau Clastres nell'Ariège, Erberua nei Pirenei atlantici). Il momento della scoperta e quelli successivi sono i più rischiosi, infatti devono essere prese due fondamentali misure di precauzione, se si vogliono evitare dei danni. Bisogna essere particolarmente attenti alla protezione dei pavimenti, che possono conservare tracce di presenza umana (focolari, vestigia abbandonate, tracce di passi o di attività diverse) e/o animale (impronte, tane, reperti ossei). Inoltre, è necessario prevenire immediatamente le autorità archeologiche ed evitare una pubblicità prematura. Degli esempi eccellenti, a volte risalenti al passato (Fontanet nell'Ariège), a volte recenti (Chauvet nell'Ardèche) mostrano tutto l'interesse, per gli speleologi come per gli studiosi della preistoria, nell'osservanza della prudenza e nella reciproca collaborazione.

## **Los espeleólogos, descubridores de cuevas pintadas**

Las cuevas pintadas paleolíticas son descubiertas casi siempre por espeleólogos, sea de manera fortuita, sea, más a menudo, debido a investigaciones sistemáticas, trabajos de desobstrucción o pasajes de sifones (Réseau Clastres en l'Ariège, Erberua en los Pirineos Atlánticos). Los momentos que rodean el descubrimiento son los más peligrosos, ya que deben tomarse dos medidas importantes si se quieren evitar daños. Hay que prestar particular atención a la protección de los suelos, pues pueden conservar restos de presencia humana (fuegos, vestigios abandonados, pisadas o señales de diversas actividades) y/o animales (huellas, huesos). Además se debe avisar a las autoridades arqueológicas inmediatamente y evitar una publicidad prematura. Algunas ejemplos excelentes, a veces antiguos (Fontanet en l'Ariège), a veces recientes (Chauvet en l'Ardèche), dan muestra del interés que supone, tanto para los espeleólogos como para los prehistoriadores, actuar con prudencia y llevar a cabo una colaboración mutua.



*Griffade d'ours des cavernes, grotte de Montespan, Haute-Garonne, France • Scratching mark of a cave bear, grotte de Montespan, Haute-Garonne, France • Kratzspur eines Höhlenbären, grotte de Montespan, Haute-Garonne, France (photo: Philippe Morel)*

# La faune du Pléistocène moyen récent de la grotte d'Azé (Saône-et-Loire, France)

par Alain Argant

A.R.P.A., Centre des Sciences de la Terre, Université Claude Bernard, 27-43 Bd du 11 novembre 1918, F- 69622 Villeurbanne Cédex, France.

## Abstract

The Azé cave (Saône-et-Loire, France) is an exceptional archeological and paleontological site in which every period is represented since mid Quaternary. In particular, numerous bones of large Carnivora have been discovered in the upper cave and scientifically excavated. The filling of the cave can be explained by detailed study of the bone repartition and sedimentological observations. Only paleontological study enables dating. The animals lived in this upper gallery, which means that it was then out of water. But the terminal room was filled with sediments carried along by the floods. The bones were quickly covered. The floods are also likely to be responsible for the death of the bears (*Ursus spelaeus deningeroides*) which were taken by surprise while hibernating. An undamaged skull of a cave-lion (*Panthera spelaea*) and its tooth marks on a bear's tibia show that this animal probably came to feed on bear at the bottom of the cave.

## Résumé

Le site d'Azé (Saône-et-Loire, France) correspond à un ensemble archéologique et paléontologique remarquable où, depuis le Quaternaire moyen, toutes les périodes sont représentées. En particulier, la grotte supérieure livre dans la salle terminale une grande concentration d'ossements de grands Carnivores du Quaternaire moyen, qui a fait l'objet d'une fouille scientifique. L'étude précise de la répartition des vestiges dans la salle, les observations sédimentologiques, permettent de mieux comprendre la mise en place du remplissage de la grotte et la paléontologie apporte les seuls éléments de datation possibles. L'occupation de la grotte par les animaux traduit un réseau souterrain supérieur devenu non actif, mais des crues ont permis la mise en place du remplissage comblant la salle terminale. Le sédiment a recouvert rapidement les ossements regroupés entre la paroi et un pointement rocheux. Il est possible également que les crues soient la cause de la mortalité des ours (*Ursus spelaeus deningeroides*) en piégeant par leur rapidité des animaux hibernant dans la salle. La présence d'un lion des cavernes (*Panthera spelaea*) représenté en particulier par un magnifique crâne, s'explique vraisemblablement par la recherche de nourriture, des traces de ses dents ayant été retrouvées sur un tibia d'ours.

## 1- Le site

Le site de Rizerolles à Azé (15 km au nord de Mâcon, Saône-et-Loire, France) présente un ensemble archéologique remarquable, où toutes les périodes sont représentées depuis le Pléistocène moyen. La grotte supérieure dite "préhistorique" (fig.1) qui nous intéresse plus spécialement, livre des traces du Paléolithique inférieur, du Magdalénien, du Châtelpérien, de la période des Champs d'Urnes, de la Tène III et en plusieurs

points de la cavité, des vestiges paléontologiques, mis au jour au cours des travaux d'aménagement successifs de la grotte touristique. Deux zones de la grotte ont cependant pu être fouillées de façon scientifique :

- la salle d'entrée (Azé-1). Fouilles de Jean COMBIER en 1968 et 1970 sur 25 m<sup>2</sup>
- la salle terminale actuelle (Azé I-3). Fouilles de Alain et Jacqueline ARGANT de 1982 à 1985 sur 19 m<sup>2</sup>, avec moulage.

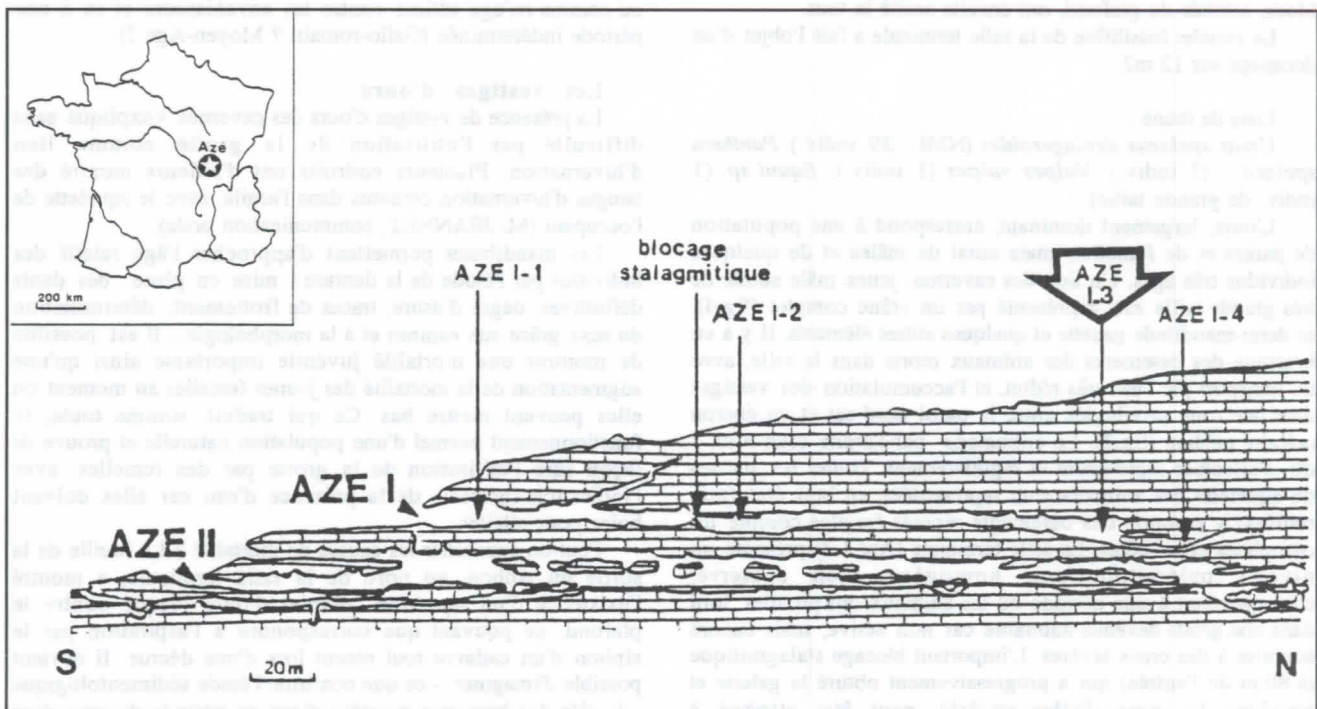


Figure 1 : Schéma du réseau karstique des grottes d'Azé. Localisation des sites paléontologiques (d'après M. BONNEFOY).

## 2- Le contexte paléontologique

### La salle d'entrée.

Tout à fait à la base du remplissage, elle a livré deux couches à ossements d'ours dominants et une industrie clactonienne sur éclats, très primitive (COMBIER, 1976).

Liste de faune (ARGANT, 1991) : *Vulpes vulpes* (1 individu), *Ursus deningeri* (NMI : 4 indiv.), *Felis silvestris* (1 indiv.), *Panthera spelaea* (1 indiv.), *Dicerorhinus hemitoechus* (1 indiv.), *Equus sp.* de grande taille (1 indiv.).

L'industrie particulièrement fruste et la présence d'*Ursus deningeri*, forme ancienne de l'ours des cavernes, indiquent l'appartenance probable d'Azé I-1 à un Pléistocène relativement ancien. C'est le plus ancien de l'ensemble d'Azé et la plus ancienne industrie humaine connue en Bourgogne.

### La salle terminale actuelle

De modestes dimensions (environ 20 m de long, 8 m de large, plus de 8 m de haut), elle se situe à 180-200 m de l'entrée. Elle se prolonge à son extrémité nord par une galerie à voûte basse formant siphon. Une phase non datée, mais très ancienne du fonctionnement actif de la grotte a permis le creusement d'une profonde entaille dans le calcaire du plancher (Bajocien moyen), et le façonnement de marmites tourbillonnantes dans les parois latérales au débouché de ce siphon. Le comblement a commencé, bien après, avec des graviers et des sables grossiers triasiques, originaires du bassin d'alimentation local. L'argile sableuse brun-roux qui achève le remplissage du siphon et constitue la partie inférieure du colmatage de la salle, traduit un débit plus faible, mais existent encore des passées sableuses grossières et des preuves de ravinement indiquant un débit irrégulier, assez fort occasionnellement. C'est dans cette couche que commencent à se rencontrer des ossements d'ours. Les décapages ont prouvé l'existence de petits chenaux d'écoulement de l'eau se retirant après la crue, vers le nord, en sens contraire de l'écoulement général de la grotte, vers le point bas du siphon où devait exister un soutirage important. Le reste du remplissage (plusieurs mètres d'épaisseur) correspond à une argile brune plus pure arrivant par un conduit étroit situé tout au sommet de la salle et ne traduit plus que l'existence d'exutoires de crues occasionnelles, sans présence d'ossements fossiles. De gros blocs, tombés du plafond, ont ensuite scellé le tout.

La couche fossilifère de la salle terminale a fait l'objet d'un décapage sur 12 m<sup>2</sup>.

### Liste de faune :

*Ursus spelaeus deningeroides* (NMI : 39 indiv.) *Panthera spelaea* (1 indiv.), *Vulpes vulpes* (1 indiv.), *Equi sp.* (1 indiv. de grande taille).

L'ours, largement dominant, correspond à une population de jeunes et de femelles, mais aussi de mâles et de quelques individus très âgés. Un lion des cavernes, jeune mâle adulte de très grande taille est représenté par un crâne complet (fig.4), sa demi-mandibule gauche et quelques autres éléments. Il y a eu brassage des ossements des animaux morts dans la salle, avec un transport par l'eau très réduit, et l'accumulation des vestiges dans une zone privilégiée entre la paroi nord-est et un éperon calcaire médian (fig.2). Le colmatage par l'argile brun-roux a dû s'effectuer rapidement et régulièrement. Toutes les parties du squelette des animaux sont représentées, en bon état (non roulées) y compris des ossements réputés fragiles comme les omoplates et les côtes. La salle terminale (Azé I-3) présente un niveau paléontologique homogène bien conservé, correspondant à une période où les animaux ont pu aller loin dans une grotte devenue habitable car non active, mais encore soumise à des crues sévères. L'important blocage stalagmitique (à 80 m de l'entrée) qui a progressivement obturé la galerie et empêché les ours d'aller au-delà, peut être attribué à l'Interglaciaire Eémien ("Riss-Würm"). La partie inférieure du

remplissage d'Azé I-3 renfermant seule des vestiges paléontologiques, est donc anté-éémienne, ce que confirment les datations biochronologiques des vestiges d'ours et de lion des cavernes (ARGANT, 1991). L'ours se rapproche par certains côtés de la forme *Ursus deningeri*, sans s'éloigner considérablement d'*Ursus spelaeus*. Il se situe vraisemblablement dans la lignée évolutive *Ursus deningeri* -> *Ursus spelaeus* tout au début de la forme speléenne. Or cette transition se situe classiquement à la fin du Pléistocène moyen récent, âge que l'on peut raisonnablement attribuer aux ours d'Azé I-3.

## 3- Pourquoi cette fréquentation du milieu souterrain d'Azé ?

Les grottes possèdent des conditions d'humidité et de température stables, les rendant agréables à fréquenter été comme hiver.

### Les traces humaines anciennes

La présence d'une industrie humaine - très ancienne - dans la salle d'entrée, alternant avec deux couches à ours, correspond manifestement à l'utilisation intentionnelle mais temporaire par des hommes du Paléolithique inférieur cherchant un refuge et un abri dans une zone de la grotte encore plus protégée que maintenant, le porche actuel ayant manifestement reculé de façon importante depuis cette époque. Entre temps, les ours devaient reprendre leur occupation hivernale de la grotte et y laisser parfois leurs vestiges. Les autres restes de faune pourraient indiquer des activités de chasse (chat sauvage, rhinocéros, cheval) mais des plus occasionnelles. En tout cas la pénétration de la grotte s'est limitée pour cette période à la partie antérieure.

### Les traces humaines plus récentes

L'occupation au Magdalénien, puis au Chalcolithique, Champs d'Urnes, Tène III, Gallo-romain, Moyen-Age, montrent encore l'intérêt porté par les hommes au milieu souterrain, mais plus loin dans la grotte, fermée alors par le blocage stalagmitique des 80 mètres. Un reste de mur, dit "mur romain", actuellement perché dans la paroi (à cause du déblayage), traduit une utilisation de la grotte comme bergerie ou comme refuge ultime contre les envahisseurs et ce à une période indéterminée (Gallo-romain ? Moyen-Age ?).

### Les vestiges d'ours

La présence de vestiges d'ours des cavernes s'explique sans difficulté par l'utilisation de la grotte comme lieu d'hivernation. Plusieurs endroits ont d'ailleurs montré des baux d'hivernation creusées dans l'argile, avec le squelette de l'occupant (M. JEANNET, communication orale).

Les mandibules permettent d'approcher l'âge relatif des individus par l'étude de la denture : mise en place des dents définitives, degré d'usure, traces de frottement, détermination du sexe grâce aux canines et à la morphologie... Il est possible de montrer une mortalité juvénile importante ainsi qu'une augmentation de la mortalité des jeunes femelles au moment où elles peuvent mettre bas. Ce qui traduit, somme toute, le fonctionnement normal d'une population naturelle et prouve de façon sûre l'utilisation de la grotte par des femelles, avec l'indication indirecte de la présence d'eau car elles doivent boire pour allaiter.

Peut-on approcher les causes de mortalité ? La fouille de la sortie du siphon, au nord de la salle terminale, a montré l'existence d'un squelette complet d'ours plaqué contre le plafond, ne pouvant que correspondre à l'aspiration par le siphon d'un cadavre tout récent lors d'une décrue. Il devient possible d'imaginer - ce que confirme l'étude sédimentologique - le rôle des brusques montées d'eau en période de crue dans cette salle terminale devenant un piège mortel pour les ours y

hibernant, sans oublier le caractère exceptionnel et épisodique de tels événements. Mais ceci est de nature à expliquer la richesse paléontologique de la salle terminale, son

comblement n'ayant pu s'effectuer que rapidement à l'échelle géologique, mais toutefois sur de nombreux millénaires.

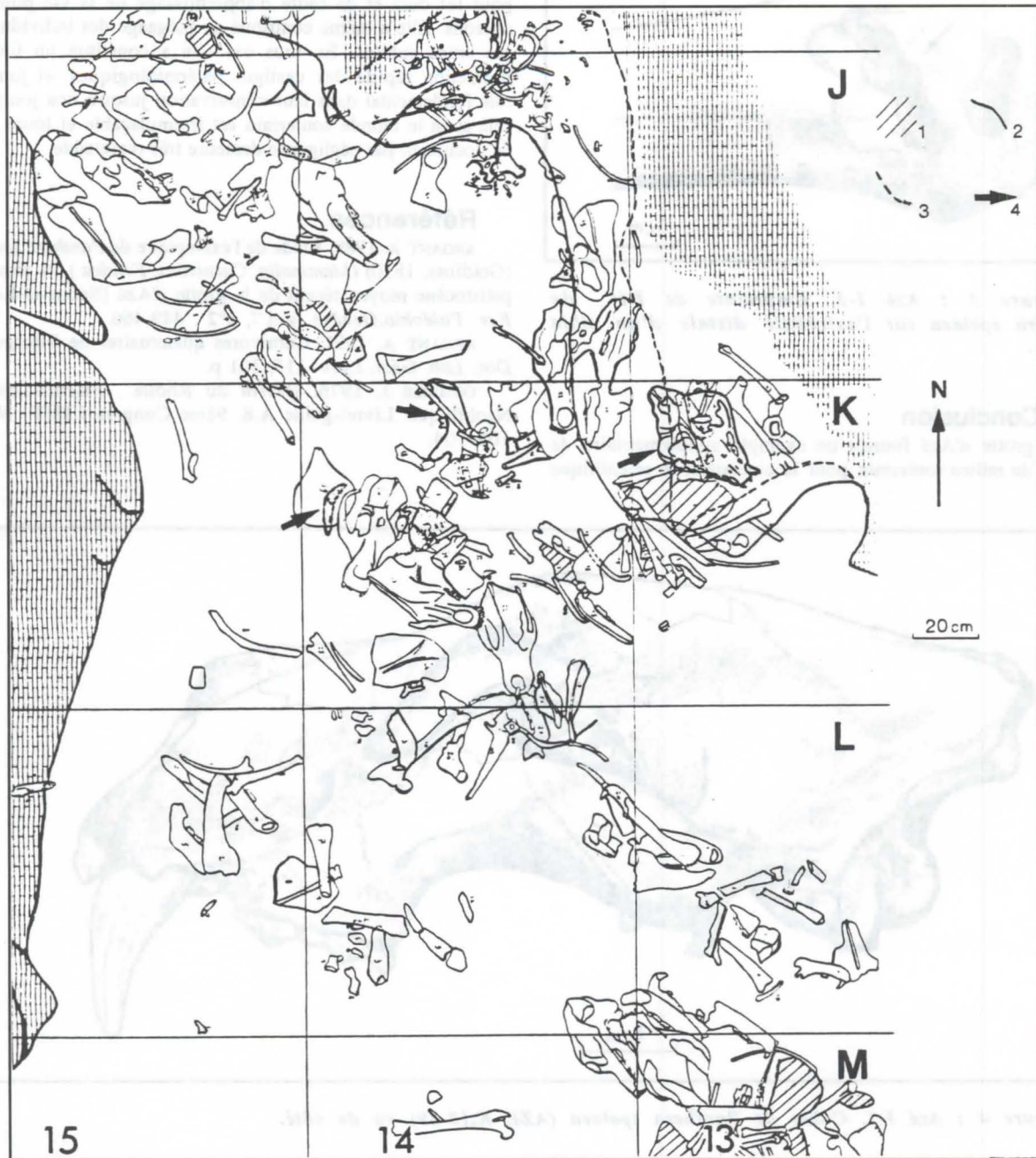


Figure 2 : Azé I-3, répartition des vestiges osseux d'*Ursus spelaeus deningeroides*. 1, rocher ; 2, paroi rocheuse ; 3, limite de la paroi au niveau des os ; 4, mandibule, crâne et canine de *Panthera spelaea*.

#### Les vestiges de lion

Si la présence des ours des cavernes reste classique dans le milieu souterrain, que venait faire par contre, dans cette salle terminale, dans l'obscurité la plus totale, à plus de 200 m de l'entrée, le lion des cavernes, jeune mâle adulte de très grande taille (estimation : 1,30m au garrot, plus de 3 m de longueur avec la queue et masse de 300 kg environ (ARGANT, 1988)) ? De nombreuses hypothèses peuvent être avancées. La fouille d'Azé I-3 apporte un élément de réponse dans un domaine où ils sont rares.

Le lion est venu très probablement au fond de la grotte poussé par la faim et attiré par les cadavres d'ours morts en cours d'hivernation. La preuve en est donnée par des traces de

dents particulièrement nettes sur un tibia de jeune ours permettant de reconnaître l'empreinte caractéristique du paracône et du métacône d'une 4ème prémolaire supérieure droite de *Panthera spelaea* (fig.4).

En période de disette les lions actuels se nourrissent bien de cadavres et l'odorat joue un rôle important dans leur quête du gibier, les carnivores pouvant être attirés par l'odeur d'un cadavre à plusieurs kilomètres de distance. Il est donc permis de supposer qu'il en était de même pour *Panthera spelaea*.

Il est malheureusement impossible de savoir avec certitude si la morsure s'est produite ou non du vivant du jeune ours. On ne saura donc jamais la cause précise de la mort du grand lion des cavernes d'Azé : combat avec le jeune, ou plus probable

avec sa mère, ou simplement animal égaré mort d'épuisement, ou piégé lui aussi par une crue subite...

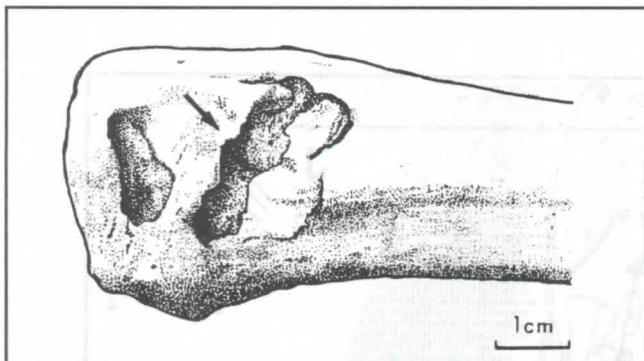


Figure 3 : Azé I-3. Empreinte de P4/ de *Panthera spelaea* sur l'extrémité distale d'un tibia d'ours.

#### 4-Conclusion

La grotte d'Azé fournit un exemple supplémentaire de l'intérêt du milieu souterrain pour la connaissance scientifique

rigoureuse du passé de l'homme et des animaux dont certaines espèces disparues depuis longtemps de la surface de la Terre.

A la fois abri contre les intempéries et le froid, refuge contre les dangers extérieurs, elle a aussi servi régulièrement sur une longue période de lieu d'hivernation et de naissance pour les ours et de cadre d'apprentissage de la vie pour les ours. Elle a même contribué au piégeage des individus par ses crues subites. En tous cas elle a constitué un lieu de protection rapide des vestiges paléontologiques, et joué un rôle fondamental dans leur conservation jusqu'à nos jours. En cela aussi le monde souterrain est irremplaçable et toute perte de document par négligence demeure très regrettable.

#### Références

- ARGANT A. 1988. Etude de l'exemplaire de *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) (*Mammalia, Carnivora, Felidea*) du gisement pléistocène moyen récent de la grotte d'Azé (Saône-et-Loire). *Rev. Paléobio. Genève*, Vol.7, n°2 : 449-466.
- ARGANT A. 1991. Carnivores quaternaires de Bourgogne. *Doc. Lab. Géol. Lyon* 115, 301 p.
- COMBIER J. 1976. Bassin du Rhône. Paléolithique et Néolithique. Livret-guide A.8. 9ème Congrès UISPP. Nice : 103-104.

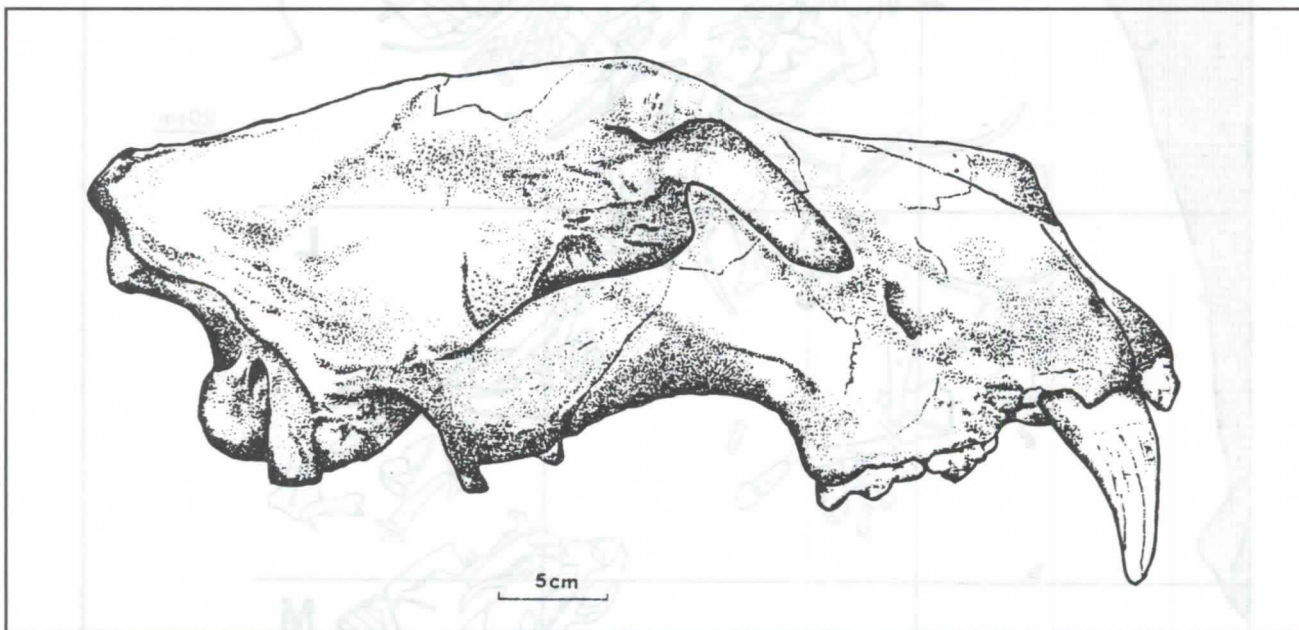


Figure 4 : Azé I-3. Crâne de *Panthera spelaea* (AZE K.13-29) vu de côté.

# Contribution à l'étude des grottes à ours : les données de la grotte Bourgeois-Delaunay (Charente, France)

par D. Armand

Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire, U.M.R. 9933, Av. des Facultés, F33405 TALENCE

## Résumé

La grotte Bourgeois-Delaunay (Charente, France) appartient à un ensemble de sites connus sous le nom de gisement de la Chaise. Les niveaux auxquels nous nous sommes intéressés se sont déposés lors d'une oscillation froide du stade isotopique 5 (BLACKWELL, SCHWARCZ, DEBENATH, 1983 ; ARMAND, à paraître). Ils contiennent à la fois des traces d'activités de l'Homme préhistorique, mais aussi des traces du passage de l'Hyène et de l'Ours des Cavernes. Essayant de comprendre les interactions possibles entre ces différents intervenants, nous avons particulièrement étudié le cas de l'Ours des Cavernes qui, dans plusieurs niveaux, est l'espèce la mieux représentée. En vue de l'établissement d'une courbe de composition de la population, nous avons été amené à établir un référentiel concernant les classes d'âge, à partir du matériel fossile de Bourgeois-Delaunay, et de données actuelles concernant l'Ours brun. Des données concernant la taphonomie des restes d'Ours ont également été obtenues.

## Abstract

Bourgeois-Delaunay Cave (Charente, France) is part of sites known as La Chaise deposit. Studied levels have been deposited during a cold oscillation of isotopic stage 5 (BLACKWELL, SCHWARCZ, DEBENATH, 1983 ; ARMAND, à paraître). They contain anthropic activity action marks and also *Hyaena* and cave bears occupation marks. In order to understand possible interactions between these different groups, we focussed on cave bear case which, in several levels, is the best represented species. To provide a composition curve of the population, we had to establish a reference on age classes, based on Bourgeois-Delaunay fossil remains and on actual data on brown bear. Data on bears remains taphonomy have also been obtained.

## 1. Introduction

L'étude des éléments du squelette post-cranien, ainsi que celle du matériel dentaire des ours de Bourgeois-Delaunay ont donné des résultats concordants. L'Ours de Bourgeois-Delaunay, d'une part se différencie de l'Ours brun et d'autre part est plus

proche de l'Ours des cavernes que de l'Ours de Deninger. L'Ours est présent dans tous les niveaux, mais la proportion de ses restes, relativement à la quantité de restes déterminés, est variable selon les niveaux :

|   | couche 8 | couche 8' | couche 9 | couche 9' | couche 10 |
|---|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| % | 48       | 17,8      | 21       | 62,9      | 60,6      |

La présence des ours dans la grotte peut s'expliquer de deux manières : ils sont morts en utilisant la grotte comme lieu d'hibernation ou bien ils ont été chassés. Si nous n'avons pas trouvé de traces anthropiques sur ces ossements, en revanche, il existe des traces laissées par la Hyène sur des extrémités de fragments de diaphyse d'os longs d'ours adultes (sur 1 humérus, 3 radius, 2 ulna et une fibula). Aucune trace de digestion n'a été observée, ni aucun cylindre d'os (portion de diaphyse d'os long dont les épiphyses ont été rongées).

En ce qui concerne les stades de développement dentaire nous avons remarqué que les D3 et les D4 (supérieures et inférieures) ont toutes des racines très développées, ce qui signifie qu'elles étaient encore en place dans l'os quand les oursons sont morts dans la grotte. Les D3 tombent quand les oursons ont entre 7 et 9 mois, les D4 quand ils ont entre 6 à 8 mois. C'est à dire pour une période de temps comprise, au moins entre juin et août, voire entre juin et octobre, si l'on tient compte d'un possible étalement des dates de naissance. Les ours étaient donc absents de la grotte au moins pendant ce laps de temps. D'après ces différentes données, il semble que les ours aient séjourné dans la grotte pour hiberner. Les Hyènes les auraient parfois attaqués, mais ces attaques semblent avoir été épisodiques et de faible intensité.

Une fois acquises ces informations, il nous a paru intéressant d'étudier la population des ours de Bourgeois-Delaunay, tant d'un point de vue de sa composition en âge, que de la répartition anatomique des restes. En effet dans la littérature, les référentiels précis concernant les grottes à Ours sont rares.

## 2. Structure de la population ursine

Pour caractériser la population des ours de Bourgeois-Delaunay nous avons travaillé à partir des canines qui sont les éléments les plus représentés. Cette dent ayant été peu utilisée

par les auteurs qui nous ont précédé, nous avons été amenés à établir un référentiel en tenant compte de l'état de développement et de l'usure des couronnes :

- le stade I regroupe les canines lactéales non encore tombées, dont les racines sont bien développées (figure 1). La canine définitive est simplement représentée par un cône creux de faible épaisseur inclus dans le maxillaire ou dans la mandibule. La i3 est en place

- dans le stade II, on trouve les canines lactéales à racines résorbées sur plus des 2/3 de la longueur (figure 2). Elles sont tombées ou sur le point de l'être.

La canine définitive est en train de sortir : sa couronne s'est épaissie, vers le sommet l'émail a commencé à changer de couleur, mais sa racine n'est pas formée (figure 3).

- le stade III est caractérisé par des canines définitives à racine presque complètement formée, mais dans laquelle il subsiste une cavité (figure 4, à droite). Ces canines ont fini leur éruption, leur couronne n'est pas du tout usée ou présente une usure légère.

- le stade IV regroupe les canines moyennement usées (figure 4, au centre)

- le stade V réunit celles qui sont très usées (figure 4, à gauche.)

Pour associer ces différents stades à des tranches d'âge, nous avons utilisé des données fournies par la littérature au sujet des éruptions dentaires de l'Ours brun. Dans ce domaine, L. DITTRICH (1959) a obtenu des résultats précis en travaillant sur des ours bruns nés en captivité au zoo de Leipzig.

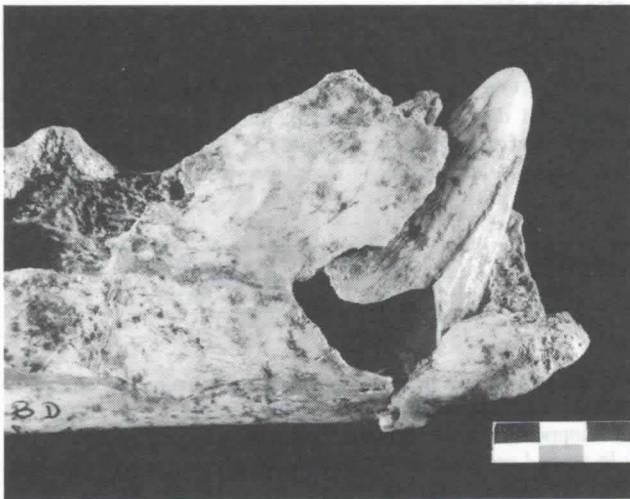
Le stade I, durant lequel les canines lactéales sont encore en place, tant sur la mandibule que sur le maxillaire, se situe entre 2 mois (moment du début de poussée des canines lactéales) et 15 mois (moment où elles tombent). La troisième incisive est également présente, sachant qu'elle tombe au plus tard à 8 mois, le stade I correspond à des oursons dont l'âge est compris entre 2 et 8 mois.



**figure 1 : mandibule avec i3, c, d3, d4 et M1 (incluse)**



**figure 2 : c à racines résorbées**



**figure 3 : C en éruption**



**figure 4 : C à racines formées  
à gauche : couronne non usée  
au centre : usure moyenne  
à droite : très usée**

Pour le stade II, la canine définitive a commencé à sortir. Ceci nous place aux environs de 10 mois. La canine lactéale est tombée ou sur le point de l'être ce qui se passe au plus tard à 15 mois. Donc le stade II regrouperait les ours âgés de 10 à 15 mois.

A partir du stade III, c'est uniquement le degré d'usure qui nous a permis de séparer les canines (cf *supra*). Nous pouvons simplement dire que le stade III correspond à des adultes jeunes, le stade IV à des adultes d'âge moyen et le stade V à de vieux adultes.

Ainsi analysée la population des ours de Bourgeois-Delaunay a été comparée à celle étudiée par R. H. GARGETT (1994). Cet auteur a utilisé une méthodologie mise au point par B. KURTEN (1958) basée sur les stades d'usure dentaire des dents définitives, mais il n'a utilisé que les résultats obtenus à partir des M2 supérieures. Il met en évidence pour la couche 17 de la grotte de Pod Hradem (République tchèque) une courbe de mortalité en U, avec une abondance des jeunes, en particulier

des individus de moins de 10 mois et un pic sur les adultes les plus âgés. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par B. KURTEN (*op. cit.*) pour une grotte située près d'Odessa en Ukraine. D'après R. H. GARGETT (*op. cit.*) ce serait le schéma classique des courbes de mortalité des grottes à Ours, puisque ce sont les individus les plus faibles qui meurent les premiers au cours de l'hibernation.

La courbe de mortalité obtenue à Bourgeois-Delaunay (figure 5) est différente de celle obtenue à Pod Hradem : il existe aussi une abondance des individus jeunes, mais ce sont ceux de 10 à 15 mois qui dominent et au sein des stades représentant les adultes, les "vieux adultes" ne sont pas les mieux représentés. En ce qui concerne ce dernier point, la différence est peut-être à mettre sur le compte d'un problème de méthodologie. Le dernier stade de B. KURTEN regroupe tous les ours au delà de 5,4 ans, alors que notre stade ultime (stade V) inclut seulement les ours très âgés.

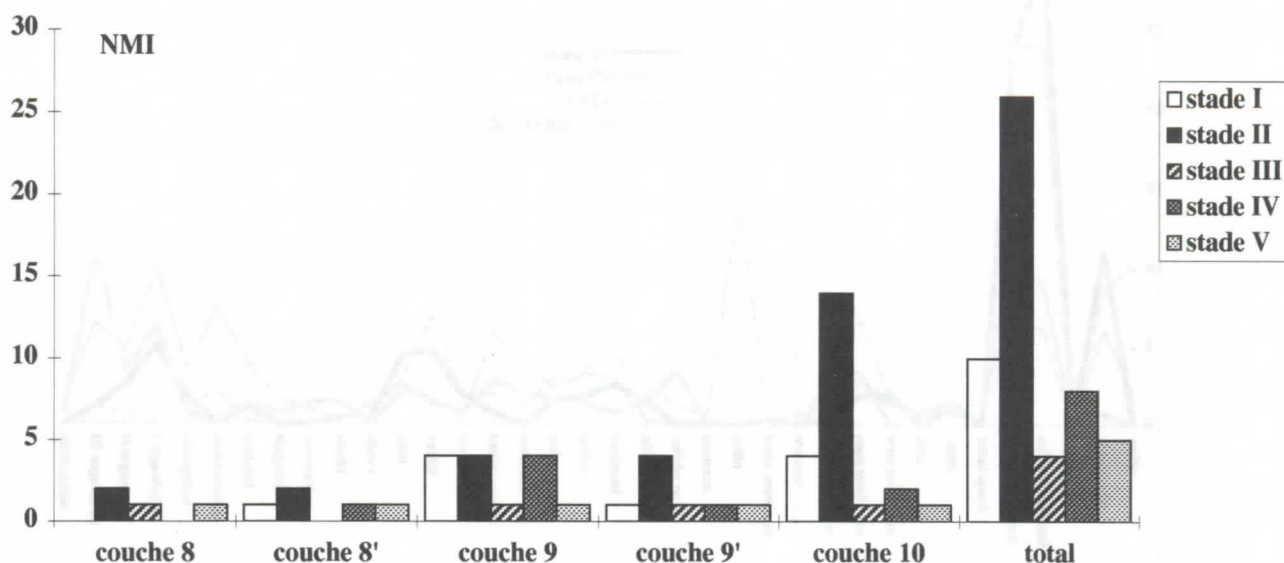


Figure 5 : répartition des classes d'âge de la population d'*Ursus spelaeus* de Bourgeois-Delaunay.

Nos résultats sont en revanche assez proches de ceux obtenus à partir du matériel des grottes de Mixnitz où "les individus âgés d'un an environ sont nettement les plus nombreux, les nouveau-nés et les individus âgés de deux à trois mois le sont beaucoup moins, tandis que les autres âges sont quasi exceptionnels" (EHRENBERG in JEQUIER, 1975).

P. FOSSE (1994) remarquant des variations dans la composition des populations d'Hyène des Cavernes a fait le rapprochement avec ce qui avait déjà été observé dans les grottes à Ours. Certains auteurs ont pensé que certains paramètres pourraient être à l'origine de ces variations :

- la localisation à l'intérieur de la grotte : J.-P. JEQUIER (*op. cit.*) a trouvé dans la grotte de Gondenans plus de jeunes dans la partie profonde que vers l'entrée.

- la présence d'eau dans le karst était probablement une nécessité pour les femelles qui allaitaient (PRAT et THIBAULT, 1976)

- la taille de la cavité : les femelles occupant surtout les petites cavités (KURTEN, 1958).

### 3. Fréquence des éléments squelettiques

Dans le cadre de cette analyse, après avoir vérifié que les fréquences des éléments squelettiques ne variaient pas d'une couche à l'autre, nous avons traité ensemble les couches 8 à 10 de Bourgeois-Delaunay. Ces données ont été comparées (figure 6) à celles de la grotte d'Azé (Saône-et-Loire) étudiée par A. ARGANT (1989) et à celles de la grotte de Pod Hradem (GARGETT, 1994).

Les restes crâniens qui sont très abondants à Bourgeois-Delaunay, le sont un peu moins à Pod Hradem et encore moins à Azé. A Bourgeois-Delaunay, cette abondance est en partie artificielle : les crânes d'ours sont fragmentés, ce qui multiplie le nombre de pièces.

Les éléments du squelette post-crânien sont moins bien représentés à Bourgeois-Delaunay qu'à Azé et qu'à Pod Hradem. La répartition selon les éléments est assez comparable d'un site à l'autre, excepté en ce qui concerne les côtes (qui sont absentes à Azé et présentes dans les deux autres sites) et les métatarsiens (peu représentés à Bourgeois-Delaunay, ils le sont beaucoup plus à Pod Hradem et à Azé).

Mais des différences plus significatives apparaissent si l'on sépare les jeunes et les adultes. Pour Pod Hradem, H.P. GARGETT (*op. cit.*) signale que tous les éléments sont représentés pour les adultes tandis qu'il y a des lacunes de représentation pour les juvéniles. A Bourgeois-Delaunay, des lacunes existent aussi bien pour les jeunes que pour les adultes : les crânes et les éléments provenant du haut des membres (humérus, radius et ulna ; fémur, tibia et fibula) sont abondants pour les jeunes alors que ce sont les os des extrémité des membres qui sont mieux représentés pour les adultes. EHRENBERG (*in* JEQUIER, 1975) avait noté le même genre de distribution des éléments de jeunes dans la grotte de Salzofen : "les restes de très jeunes ours ne renferment pratiquement que des éléments du crâne et des os longs".

Donc Bourgeois-Delaunay se distingue des sites auxquels nous l'avons comparé notamment parce que les os longs d'ours adultes y sont rares. Ces différences existent aussi bien avec un site où des Carnivores sont intervenus (Pod Hradem) que dans un site où il n'y a pas eu intervention de Carnivores (Azé). En conséquence les prédateurs ne semblent pas devoir être mis en cause pour expliquer les caractéristiques de l'assemblage de Bourgeois-Delaunay, d'autant qu'il n'y a aucune logique à ce qu'ils aient fait disparaître d'abord les os longs d'adultes, plutôt que ceux des jeunes.

Des problèmes taphonomiques pourraient être envisagés, mais cette explication ne convient pas non plus, puisque les os longs de jeunes (y compris de foetus) se sont mieux conservés que ceux des adultes.

Il reste alors la possibilité d'un tri horizontal. La quantité d'ossements d'Ours recueillis à Bourgeois-Delaunay ne donne qu'une faible idée du nombre réel d'individus qui se sont succédé dans cette grotte au cours des hivers. Tous ces animaux ont du provoquer des perturbations importantes, qu'il est difficile de qualifier, mais il est certain que l'organisation des dépôts a pu être modifiée par les passages répétés. L'accumulation d'ossements le long des parois a été fréquemment décrite dans les grottes à Ours (JEQUIER, *op. cit.*). Or la zone fouillée à Bourgeois-Delaunay est restée circonscrite à la partie centrale de la grande salle de la grotte et n'atteint pas les parois.

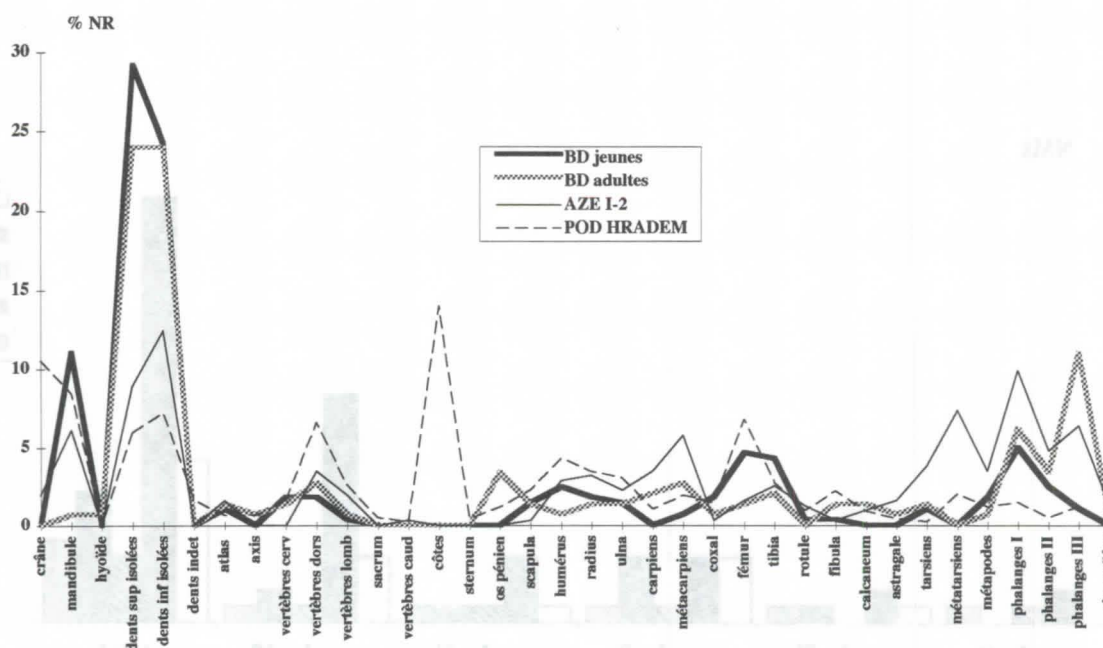


Figure 6 : comparaison de la fréquence des éléments anatomiques à Bourgeois-Delaunay, Azé I-2 (d'après ARGANT, 1989) et Pod Hradem (d'après GARGETT, 1994)

#### 4. Le charriage à sec

Les ossements d'Herbivores découverts à Bourgeois-Delaunay présentent presque tous un aspect émoussé. De plus, la plupart des dents d'Herbivores sont isolées et il n'y a pas de fragments de mandibule et de maxillaire, ce qui a été signalé par R. G. KLEIN et K. CRUZ-URIBE (1984) comme le résultat de dommages post-dépositionnels.

Dans un premier temps la tentation est forte de faire le lien entre ces dommages et la présence des ours dans la grotte. En effet, le phénomène du charriage à sec dans les grottes à Ours a depuis longtemps été mis en évidence, en particulier par F. KOBY (1943). Mais à Bourgeois-Delaunay, l'émoussé est différent selon les espèces : la plupart des ossements d'Herbivore sont très roulés alors que les ossements d'Ours le sont beaucoup moins et sont même parfois remarquablement conservés (des os de fœtus ont par exemple subsistés). Ces différences nous conduisent à penser qu'une partie du matériel a peut être subi un transport à l'intérieur de la grotte. Cette hypothèse n'est pas vérifiable à l'aide des données fournies par notre discipline, de plus la méthode de prise de coordonnées choisie au moment de la fouille ne permet pas d'étudier l'orientation des objets. Cette observation incite à la prudence en ce qui concerne le phénomène de charriage à sec. Il existe probablement des convergences de signature avec d'autres phénomènes de transport de matériel en grotte.

Le matériel trouvé dans la grotte de Bourgeois-Delaunay nous a permis d'établir un référentiel pour les classes d'âge, à partir de l'éruption et de l'usure des canines lactéales et définitives. L'étude de population qui a suivi nous permet de penser, à la suite d'autres auteurs, que la composition des populations d'ours en hibernation ne suit pas forcément une courbe type. L'absence de certaines parties anatomiques à Bourgeois-Delaunay, alors que les ours sont morts en hibernation, ne semble pouvoir être expliqué par un problème de conservation différentielle, ni même par l'activité des Carnivores ou de l'Homme. Le fait que la grotte n'ait pas été fouillée de manière exhaustive est peut être à l'origine de cette anomalie au niveau des fréquences des éléments anatomiques. Cette étude nous a aussi montré que le charriage à sec est encore un phénomène mal connu pour lequel il faudra dégager des critères d'identification.

#### Références

- ARGANT, A. 1989. Carnivores quaternaires de Bourgogne. Thèse de Doctorat de l'Université de Lyon I, 338 p.
- ARMAND, D. à paraître. Etude de la faune des grands Mammifères. In : (A. Debénath ed.) : La Chaise de Vouthon (Charente) Abris Bourgeois-Delaunay et Suard. Géologie, paléontologie animale. Suppl. à Gallia Préhistoire.
- BLACKWELL, B.; SCHWARCZ, H. P. & A. DEBENATH. 1983. Absolute Dating of Hominids and Paleolithic Artifacts of the cave of La Chaise-de-Vouthon (Charente), France. *Journal of Archaeological Science*. 10 : 493-513.
- DITTRICH, L. 1961. Milchbeissentwicklung und Zahnwechsel beim Braunbären (*Ursus arctos* L.) und anderen Ursiden. In Becher H. und Hertwig G. : *Gegenbaurs morphologisches Jahrbuch* : 1-141.
- FOSSE, P. 1994. Taphonomie paléolithique : les grands Mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel 1 (Hérault). Thèse de Doctorat de l'Université de Provence, Aix en Provence, 257 p.
- GARGETT, R. H. 1994. Taphonomy and Spatial Analysis of a Cave Bear (*Ursus spelaeus*) Fauna from Pod Hradem Cave, Czech Republic : Implications for the Archaeology of Modern Human Origins. Thèse d'Anthropologie, Université de Berkeley (Californie), 329 p.
- JEQUIER, J.-P. 1975. Le Moustérien alpin. Révision critique. Yverdon (Suisse), Eburodonum II, Cahiers d'Archéologie romande n°2, Institut d'archéologie yverdonnoise, 106 p.
- KLEIN, R.-G. & CRUZ-URIBE K. 1984. The Analysis of Animal Bones from Archeological Sites. Prehistoric Archeology and Ecology Series. The University of Chicago Press, 266 p.
- KOBY, F.-E. 1943. Les soi-disant instruments osseux du paléolithique alpin et le charriage à sec des os d'ours des cavernes, *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, Vol. LIV : 59-95.
- KOBY, F.-E. 1953. Modifications que les ours des cavernes ont fait subir à leur habitat. In Premier congrès international de spéléologie, Paris, t. IV, section 4 : 15-27.
- KURTEN, B. 1958. Life and death of the Pleistocene Cave Bear. A study in Paleocology. *Acta zoologica fennica*, 95 : 4-59.
- PRAT, F. & C. THIBAUT. 1976. Le gisement de La Romieu (Gers). Fouilles de 1967 à 1973. Nauterie I, *Mémoires du Museum National d'Histoire naturelle*, Nvelle série, série C, t. XXXV, 79 p.

# L'ours dans le département de l'Ain (France) Évocations historiques et recensement des cavités ayant livré des vestiges

par Philippe DROUIN<sup>1</sup> et Michel PHILIPPE<sup>2</sup>

1. Chavannes, F 38390 Bouvesse-Quirieu.

2. Conservateur Sciences de la Terre au Muséum d'Histoire naturelle, 28 boulevard des Belges, F 69006 Lyon.

## Abstract

In Ain, a region at the southern end of the Jura Mountains, brown bear or cave bear bones were mentioned in caves as soon as 1901. Brown bears lived and were seen in the department in the 19th century. Among the 2,000 caves known in Ain, about twenty have names recalling the bear, but actually, among them, only five sites contained bear bones. Now, 27 sites have bear bones of *Ursus spelaeus* or *Ursus arctos*, but only a few have been studied. The authors present the research on the subject and its bibliography.

## Résumé

Des ossements d'ours bruns (*Ursus arctos*) et d'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*) ont été signalés dès 1901 dans des cavités de cette région qui constitue la terminaison méridionale du Jura. L'ours brun a vécu et a été signalé dans le département avec certitude jusqu'au siècle dernier. Parmi les quelque 2 000 cavités recensées dans l'Ain, une vingtaine ont des noms évoquant l'ours mais, parmi celles-ci, seulement cinq ont effectivement donné des vestiges. Actuellement, 27 sites ont livré des ossements appartenant à l'une ou l'autre espèce d'ours mais quelques-uns seulement ont été vraiment étudiés. Nous faisons le point sur ces recherches et indiquons la bibliographie correspondante.

## 1. Introduction

Au moment où l'on vient de procéder au renforcement de la population ursine dans le massif des Pyrénées par la réintroduction d'ours slovènes afin d'essayer d'éviter que disparaisse définitivement de France le plus grand mais aussi le plus prestigieux des carnivores européens, de nombreux travaux ont été consacrés à l'éradication de l'ours des Alpes et des Préalpes françaises.

Il est bien plus rarement question de la disparition de cet animal dans le Jura.

Or, comme l'a récemment rappelé Roger EXCOFFIER (1996) ; il n'y a encore pas si longtemps, l'ours brun (*Ursus arctos*) vivait dans les forêts du Bugey.

En dehors des écrits historiques et de la toponymie qui apportent déjà de nombreux témoignages, ce sont surtout les grottes et autres cavités qui authentifient réellement la présence des ursidés, grâce à la découverte d'éléments osseux. Mais les restes d'ours découverts dans les grottes ne sont pas forcément ceux d'ours brun. Il s'agit fréquemment de l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*), associé parfois à de l'ours brun fossile, les deux espèces ayant coexisté pendant une bonne partie du Quaternaire.

Plusieurs découvertes relativement récentes et l'opportunité de pouvoir réexaminer les restes osseux recueillis jadis dans de nombreuses cavités du département de l'Ain nous incitent à entreprendre une étude approfondie sur le sujet. Le présent travail ne constitue en fait qu'un premier recensement des cavités ayant livré des restes d'ours.

Toute information complémentaire (cavité à restes d'ours non encore recensée, vestiges osseux pouvant être mis à disposition...) sera d'ailleurs la bienvenue et sera reçue avec enthousiasme.

## 2. Évocations de l'ours dans le département de l'Ain

Plus on remonte dans le temps, plus il est évident que les archives vont accréditer la présence de l'ours dans nos contrées. Aussi, on se contentera de signaler quelques références plus particulièrement significatives.

Dans les comptes d'Aymonet Rigaud, réalisés par les châtelains à la demande des comtes de Savoie et de la Cour des Comtes, faits sur "parchemins roulés, bies escriptis, réglés et cousus", on trouve les condamnations prononcées par le châtelain, parmi lesquelles : "15 deniers; à un nommé Billiet pour avoir tué un ours sur la montagne de Ravière". En note, on signale: "Petits ours bruns, friands des fruits et de miel des forêts, autrefois très communs dans nos montagnes et retirés aujourd'hui dans les Alpes". Ces comptes datent de 1381 (CALLET, 1895, p.53-54).

Le 10 janvier 1717, trois jeunes gens périssent par asphyxie alors "qu'ils essayaient de forcer un ours en faisant brûler des bottes de paille dans une caverne au lieu-dit Bovâté, sur le territoire de la paroisse de Napt (Sonthonnax-la-Montagne)" ; il s'agit vraisemblablement de la grotte de la Tovire ou Tovièr (relation du drame conservée dans le registre paroissial reproduit in CHAVEYRON, 1972, p.16 à 19), mais B. CHIROL (1991, p.75) mentionne la date du lundi 8 janvier 1717 et pense qu'il s'agit d'une cavité s'ouvrant sur le rocher de Vers à Nurieux-Volognat.

En 1767, un ours fait des ravages parmi le bétail en montagne de Lavans. Il fut tué en 1768 au Mont de la Bauce, près de Ravilloles (Jura). Le 28 décembre 1787, un ours dévore deux génisses en forêt de Charix, près d'Apremont. François Mercier s'enfonce dans la grotte et débusque l'animal qui est tué par Claude Mercier (EXCOFFIER, 1996, p.8). Peut-être s'agit-il de la caverne à l'Ours, à Nantua ?

Un article signé J.G. (1972, p.27) indique que "Vers 1801, on le chassait au mont Nivigne où une grotte a conservé son nom". Il s'agit de la Borne à l'Ours, à Chavannes-sur-Suran (CATTIN, 1974, p.8 ; 1982, p.24).

En 1904, J. CORCELLE mentionne: "1808. - On a vu des ours approcher quelquefois jusqu'à un kilomètre de Bourg; les poursuites les ont forcés à se retirer et à regagner la montagne. Il y en a très souvent près de Corveissiat. En 1805, le maire organise une chasse contre trois d'entre eux". Cet épisode a été rapporté par Paul CARRU en 1908 et mérite d'être reproduit: "Tous les voyageurs épris de beaux sites, connaissent le petit village de Corveissiat avec sa grotte à l'entrée majestueuse, creusée dans les flancs d'une miniature de cirque pyrénéen..."

C'est donc dans le voisinage de cette grotte où l'eau qui ruisselle de toutes parts communique une fraîcheur délicieuse et fait de cet endroit une véritable oasis, que des ours, comme des écoliers ou des citadins surmenés, venaient passer la canicule.

Ils ne pouvaient guère rêver un séjour plus charmant mais l'essentiel leur manquait: ils n'avaient pas de vivres sous la main, si nous osons parler ainsi. Pour se les procurer, ils quittaient nuitamment leur retraite, pénétraient dans les vignes et les champs de blé de Turquie, se gorgeaient de raisins et d'épis de maïs, dont ils sont très friands, paraît-il, puis regagnaient leur tanière avant le jour.

Au mois de septembre 1805, ils commirent de tels ravages que les pauvres cultivateurs de Corveissiat vinrent se plaindre à leur maire. Celui-ci crut d'abord avoir affaire à des blaireaux mais, ayant ordonné quelques reconnaissances, il acquit bien vite la certitude que trois ours, dont une énorme femelle, étaient les auteurs des méfaits dont se plaignaient les administrés. Il résolut donc d'organiser une battue.

Au jour fixé, chasseurs et traqueurs furent exacts au rendez-vous. Le pâtre communal, soufflant dans son cornet à bouquin, sonna le rassemblement et la chasse commença. Les ours furent bientôt lancés et, dès les premiers coups de feu, la femelle reçut une grave blessure. Rendue furieuse, elle se précipita sur un jeune homme d'une vingtaine d'années, très vigoureux qui, se voyant en mauvaise posture, saisit l'ours à bras-le-corps, et roula avec lui au fond d'un ravin. L'ours se mettait bravement à dévorer son adversaire, étourdi par le choc, quand les compagnons du jeune homme, accourant à la hâte, achevèrent compère Martin. Le traqueur en fut quitte pour avoir une partie du cuir chevelu enlevée et le mollet partagé d'un coup de griffe.

Il paraît que cette leçon profita aux ours car ils ne revinrent jamais plus dans la région et c'est la dernière fois qu'on en entendit parler." (CARRU, 1908, p.57-58). La commune de Corveissiat était déjà signalée comme repaire d'ours, ainsi que le signale le préfet BOSSI en 1808 (p.70) : "Cette commune qui n'est éloignée de Bourg que de deux myriamètres environ est fréquentée par des ours qui s'y rendent toutes les années du Jura et de la Suisse, notamment sur la fin de l'été." Le même auteur relate également la chasse de 1805, décidément demeurée célèbre (p.555).

P. LACROIX (1967) atteste encore la présence de l'ours vers 1870 dans la région de Châtillon-en-Michaille.

Il est encore question d'ours au début du siècle : "Il est vrai que les sangliers deviennent nombreux, et que certains chasseurs (1902) prétendent avoir vu un ours dans les forêts qui avoisinent Thézillieu" (CORCELLE, 1904, p.124).

En 1909, J. HANNEZO écrit : "On retrouve cependant la trace de l'ours qui s'était implanté principalement dans les forêts d'Hauteville et de Gerveils; cet animal avait encore il y a peu d'années quelques représentants sur les hauteurs de Cormaranche; citons dans ces parages Orset, Biorset (chemin de l'ours), Bief Orset, ruisseau de l'ours, Granges Orset, Col de Valorse (vallée de l'ours)." (HANNEZO, 1909, p.42).

La présence de l'ours des cavernes, en dehors des découvertes d'ossements, a été attestée par d'autres traces. Ainsi en 1924, J. TOURNIER signale des griffades d'ours dans la grotte des Hoteaux: "En compagnie de notre ami, M. l'abbé Breuil, l'explorateur heureux des gravures et des peintures pariétales du Midi de la France et de l'Espagne qu'il a admirablement interprétées et vulgarisées, nous avons visité les excavations et les couloirs de la grotte des Hoteaux. Nous n'y avons trouvé, en fait de gravures rupestres, que des rainures gravées par les ours qui venaient aiguïser leurs griffes contre les stalagmites des parois" (TOURNIER, 1923, p.140 et 1924, p.22).

### 3. L'ours dans la toponymie et le nom des grottes

La toponymie offre de nombreux noms de lieux liés à l'ours : les Orcières, Orsière, l'Orcet, les Ursulières, le col de Valorse et bien d'autres (EXCOFFIER, 1996, p.7), ou encore la ferme des Ours sur le plateau de Chamoise (CHANEL, 1901, p.22).

En se limitant aux cavités, voici les noms de grottes qui évoquent l'ours dans le département de l'Ain (par ordre alphabétique des communes) :

- grotte de la Cage à l'Ours, à Boyeux-Saint-Jérôme (CHIROL, 1985, p.98 ; EXCOFFIER, 1996, p.7),
- grotte à l'Ours ou de Roche Samuel, ou encore trou à l'Ours, à Brénod (CHIROL, 1985, p.106 ; EXCOFFIER, 1996, p.7),
- **puits aux Ours**, à Brénod (CHIROL, 1985, p.106),
- grotte à l'Ours ou Borne à l'Ours, à Chavannes-sur-Suran (J.G., 1972, p.27 ; CHIROL, 1985, p.150),
- Gave aux Ours ou grotte des Blonnières, à Conand (CHIROL, 1985, p.162),
- grotte aux Ours et Renards ou grotte de l'Ours, à Corcelles (CHIROL, 1985, p.171 ; EXCOFFIER, 1996, p.7),
- **grotte de l'Ours ou de Montoiseau**, à Crozet (CHIROL, 1985, p.182),
- abri de l'Ours ou grotte de l'Ours, à Divonne (ROTH, 1958, p.45 ; CHIROL, 1985, p.189),
- Gouille à l'Ours, à Farges (CHIROL, 1985, p.203 ; EXCOFFIER, 1996, p.7),
- **Tanne à l'Ours ou trou à l'Ours**, à Jasseron (EXCOFFIER, 1996, p.7),
- caverne à l'Ours, à Nantua (CHANEL, 1901, p.22),
- **grotte du Crâne de l'ours ou trou de l'Ours**, à Péron (RAGON, 1995 a et b),
- Fosses à Ours, à Poncin,
- grotte de l'Ours, à Rossillon (CHIROL, 1985, p.332 ; EXCOFFIER, 1996, p.7),
- grotte de l'Ours ou à l'Ours, à Sonthonnax-la-Montagne (CHAVEYRON, 1972, p.16 à 18 ; CHIROL, 1985, p.368),
- Gave aux Ours, à Tenay (CHIROL, 1985, p.379),
- **grotte des Ours ou de la Doua**, à Saint-Rambert-en-Bugey (COMBIER, 1980, p.479),
- grotte à l'Ours, à Vaux-en-Bugey (PERCEVEAUX, 1977, p.2),
- **grotte de l'Ours**, à Villebois (CHIROL, 1985, p.411 ; EXCOFFIER, 1996, p.7),
- grotte et gouffre des Oursières, à Virignin (ABDILLA, 1992, p.74-75).

P. SUCHEL (1959, p.9) signale aussi une grotte de l'Ours à Cuisiat, qui pourrait être une synonymie de la Borne à l'Ours de Chavannes-sur-Suran. R. EXCOFFIER (1996, p.7) évoque également une grotte de l'Ours à Matafelon-Granges.

Ceci représente une vingtaine d'appellations dont six seulement se réfèrent à des sites ayant effectivement donné des ossements d'ours (en gras dans le texte), ce qui tendrait à prouver qu'il y a certainement encore des possibilités de découvrir de tels vestiges, car il est probable que, la plupart du temps, c'est la découverte d'ossements d'ours qui a incité à la reprise du terme ours dans la dénomination. Mais plusieurs autres cavités ont effectivement livré des restes d'ours ; en voici un premier recensement.

#### 4. Recensement des cavités de l'Ain ayant livré des restes d'ours

Sans doute aurait-il été plus logique de présenter deux listes de cavités : celles ayant livré des ossements fossiles (*Ursus spelaeus* et/ou *Ursus arctos*), et celles recelant des vestiges subactuels d'ours brun (*Ursus arctos*). Mais, tout le matériel mentionné n'ayant pas encore été retrouvé et la révision systématique n'étant que commencée, la liste qui suit a été établie par ordre alphabétique des appellations.

1. **Grotte de l'Âne** (Oncieu): *Ursus spelaeus* (MERCIER, 1952 ; VILAIN, 1956 ; BOURDIER, 1961, p.275 ; GUICHARD in DROUIN, 1977, p.11 ; EXCOFFIER, 1996, p.7). Étude détaillée en cours.
2. **Trou des Bleus** (Thoiry): *Ursus arctos* (FLECQ, 1993, p.73 ; MEYSSONNIER, BALLESSIO ET PHILIPPE, 1993, p.158).
3. **Aven du Berger** (Saint-Jean-de-Gonville): *Ursus arctos* (A.A., 1950 a et b ; A.A., 1951, p.13).
4. **Grotte des Bornets** (Courmangoux): *Ursus spelaeus* probablement (PIQUET, 1909, p.46).
5. **Gouffre de Bouclaz ou du Bouclaz** (Hauteville-Lompnès): *Ursus arctos* (EXCOFFIER, 1977, p.9 ; CHIROL, 1985, p.23 ; EXCOFFIER, 1996, p.8) ou *Ursus spelaeus* (Ibid, p.216-218). Voir aussi SOLEILHAC (1951, p.51-52).
6. **Grotte du Burlandier** (Lalleyriat): *Ursus spelaeus* (CHIROL, 1985, p.23 ; EXCOFFIER, 1996, p.7).
7. **Grotte du Carnassier** (Anglefort): *Ursus* indéterminé (GALLICE, 1991, p.21 ; VALTON, communication personnelle).
8. **Gouffre du Chemin neuf** (Hauteville-Lompnès, hameau de Lacoux): *Ursus arctos* (EXCOFFIER, 1977, p.9 ; EXCOFFIER, 1996, p.8).
9. **Grotte de la Chênélaz** (Hostias): *Ursus spelaeus* (CARTONNET, 1992, p.27 ; 1993, p.36 ; 1994, p.40 ; 1995, p.33 ; 1996, p.15-17 ; EXCOFFIER, 1996, p.7).
10. **Grotte des Cinq** (Torcieu): *Ursus spelaeus* (COMBIER, 1980, p.479 ; CHIROL, 1985, p.23 ; MEYSSONNIER, BALLESSIO ET PHILIPPE, 1993, p.156 ; EXCOFFIER, 1996, p.7).
11. **Grotte du Crâne de l'ours ou trou de l'Ours** (Péron): *Ursus* indéterminé (RAGON, 1995 a, p.26, et b, p.19).
12. **Grotte du Crochet** (Torcieu): *Ursus spelaeus* (DROUIN, BALLESSIO ET PHILIPPE, 1983 ; CHIROL, 1985, p.23 ; MEYSSONNIER, BALLESSIO ET PHILIPPE, 1993, p.157 ; EXCOFFIER, 1996, p.7).
13. **Abri de la Croze** (Saint-Martin-du-Mont): *Ursus* indéterminé (le préhistorien René Desbrosse aurait recueilli des ossements d'ours ?).
14. **Grotte de la Doua ou de la Doye, ou des Ours** (Saint-Rambert-en-Bugey): *Ursus spelaeus* (LETRONE ET BOUILLOUX, 1951, p.67-68 ; COMBIER, 1980, p.479 ; CHIROL, 1985, p.23 ; EXCOFFIER, 1996, p.7).
15. **Grotte vers la Ferme Guichard** (Cormaranche-en-Bugey): *Ursus arctos* (CHIROL, 1985, p.23 et 175 ; EXCOFFIER, 1996, p.8).
16. **Abri de la Genière** (Serrières-sur-Ain): *Ursus arctos* (J.G., 1972, p.21).
17. **Grotte du Gardon** (Ambérieu-en-Bugey): *Ursus spelaeus* (sic) : une vertèbre (STABILE, 1961, p.10-11).
18. **Grotte de Montoiseau ou de l'Ours** (Crozet): *Ursus arctos* (CHIROL, 1985, p.23, 182, 185).
19. **Grotte de l'Ours ou à l'Ours** (Villebois): *Ursus arctos* (EXCOFFIER, 1996, p.8).
20. **Puits aux Ours ou trou à l'Ours** (Brénod): *Ursus arctos* (CHIROL, 1979, p.8 ; 1980, p.23 ; 1985, p.23, 106-107 ; MEYSSONNIER, BALLESSIO ET PHILIPPE, 1993, p.157 ; EXCOFFIER, 1996, p.8).
21. **Trou à l'Ours** (Jasseron): *Ursus* indéterminé (CHIROL, 1987, p.71).
22. **Tovière du Pilet** (Seillonnaz): *Ursus spelaeus* (DROUIN, ROBIN ET VARREL, 1995).
23. **Grotte du Pissoir** (Torcieu): *Ursus spelaeus* (TOURNIER, 1909, p.9 ; BALLIOT, 1958, p.28 et 1959 ; A.A., 1962 ; COMBIER, 1980, p.479 ; CHIROL, 1985, p.23 ; MEYSSONNIER, BALLESSIO ET PHILIPPE, 1993, p.158 ; EXCOFFIER, 1996, p.7).
24. **Balme à Roland** (Lompnas): *Ursus spelaeus* et peut-être *Ursus arctos* (COMBIER, 1959, p.115-116 ; DESBROSSE *et al.*, 1959, p.31 et 52 ; EXCOFFIER, 1996, p.8).
25. **Grotte de Sézuet** (Thoiry): *Ursus spelaeus* (JAYET, 1942, p.6 et 8).
26. **Abri de Sous-Balme** (Culoz): *Ursus arctos* (COMBIER ET GENET-VARCIN, 1959 ; J.G., 1972, p.21).
27. **Balmes de Villereversure** (Villereversure): *Ursus* (*Ursus spelaeus* (sic) signalé in BÉROUD, 1901, p.40 ; MAYET ET MAZENOT, 1913, p.20 ; MARTIN, 1968, p.39-45 : confirmation d'*Ursus spelaeus* mais présence probable de quelques dents d'*Ursus arctos* ; GRESSE, MEYSSONNIER ET KRIEG-JACQUIER, 1981).

#### Bibliographie

- A.A. 1950 a. Intéressante découverte de spéléologues genevois dans le Jura (aven du Berger). *Echo montagnard* (Genève), 13/10/1950, 1 p. (Baron n°874).
- A.A. 1950 b. Exploration de l'aven du Berger (Ain, France). *Echo montagnard* (Genève), 08/12/1950, 1 p. (Baron n°877).
- A.A. 1951. Expédition au gouffre du Berger. *Stalactite* (Genève), bulletin de la Société suisse de spéléologie, 1951 (3), p.13 (Baron n°926).
- A.A. 1962. Les explorations connues du 4ème trimestre 1961. *Première feuille d'information du Spéléo-club de l'Ain* (Bourg-en-Bresse), 1962, n.p. (4 p.).
- ABDILLA, B. 1992. A.F.E.S.S. Association formalienne d'exploration spéléologique et sportive. *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 1992 (15), p.71-86 (p.74-75).
- BALLIOT, M. 1958. Spéléo-club de Lutèce - Paris. Activités 1956-1957. *Bulletin du Comité national de spéléologie*, 1958, p.27-28.
- BALLIOT, M. 1959. Récolte paléontologique dans une grotte du Bugey. Grotte du Pissoir (ou aux Ours) à Torcieu (Ain). *Annales de spéléologie*, 1959 (1-2), p.238-239.
- BÉROUD, J.-M. 1901. Excursion géologique dans la vallée du Suran. *Bulletin de la Société des sciences naturelles et d'archéologie de l'Ain* (Bourg-en-Bresse), 1901 (25), 4e trimestre 1901, p.25-40 (pagination spéciale) (p.40).
- BOSSI 1808. Statistique générale de la France, département de l'Ain. Paris, 1808 (non consulté ; p.70, 555).
- BOURDIER, F. 1961-1962. *Le bassin du Rhône au Quaternaire. Géologie et préhistoire*. Éditions du Centre national de la recherche scientifique (Paris), t.I (1961), 364 p. (p.275) ; t.II (1962), 295 p.
- CALLET, A. 1895. Virieu le Grand. Son château, ses seigneurs. *Annales de la Société d'émulation (agriculture, sciences, lettres et arts) de l'Ain* (Bourg-en-Bresse), 28e année, 1895, p.5-65.
- CARRU, P. 1908. Les ours et les loups aux portes de Bourg et dans les environs. *Bulletin de la Société des naturalistes de l'Ain*, 1908, n°23, 2ème bulletin de 1908, p.56-60.
- CARTONNET, M. 1992. Hostias. La grotte de Chênélaz. *Bilan scientifique Rhône-Alpes*, publication de la Direction régionale des affaires culturelles Rhône-Alpes, 1992, p.27.
- CARTONNET, M. 1993. Hostias. La grotte de la Chênélaz. *Bilan scientifique Rhône-Alpes*, publication de la Direction régionale des affaires culturelles Rhône-Alpes, 1993, p.36.

- CARTONNET, M. 1994. Hostiaz. Grotte de la Chênélaz. *Bilan scientifique Rhône-Alpes*, publication de la Direction régionale des affaires culturelles Rhône-Alpes, 1994, p.40.
- CARTONNET, M. 1995. Hostiaz. Grotte de la Chênélaz. *Bilan scientifique Rhône-Alpes*, publication de la Direction régionale des affaires culturelles Rhône-Alpes, 1995, p.33.
- CARTONNET, M. 1996. Activités archéologiques 1995. La grotte de la Chênélaz à Hostiaz (Ain).- *Les Cahiers du Dreffia*, publication du canton d'Hauteville-Lompnès, 1996 (3), p.15-17.
- CATTIN, P. 1974. Itinéraire touristique dans le Revermont. Deuxième étape : des Conches à Chavannes. *Visages de l'Ain*, 1974 (134), p.2-19 [article attribué par erreur à J.-P. Clappaz et P. Guichard] (p.8).
- CATTIN, P. 1982. La vallée du Suran des origines à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (histoire, art et vie rurale). Atelier graphique bressan (Bourg-en-Bresse), 1982, 303 p. (p.24).
- CHANEL, E. 1901. Grottes, gouffres, abîmes, puits ou tombarettas, abris du département de l'Ain (suite). *Bulletin de la Société des naturalistes de l'Ain* (Bourg-en-Bresse), 1901 (8), p.22-25.
- CHAVEYRON, L. 1972. Un accident de chasse en 1717.-*Visages de l'Ain*, 1972 (123), p.16-19.
- CHIROL, B. 1979. *Spéléologie dans l'Ain*. Publication de l'auteur (Vénissieux), 1979 (3), 66 p. (p.8).
- CHIROL, B. 1980. *Spéléologie dans l'Ain*. Publication de l'auteur (Vénissieux), 1980 (5), 65 p. (p.23).
- CHIROL, B. 1985. Contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ain. Jura méridional. *Spéléo 01*, numéro spécial du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 426 p.
- CHIROL, B. 1987. Inventaire spéléologique (suite). *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, n°11, p.51-86 (p.71).
- CHIROL, B. 1991. Inventaire spéléologique (suite).- *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, n°14, p.55-81 (p.75).
- COMBIER, J. 1959. Informations archéologiques, circonscription de Lyon.-*Gallia préhistoire* (Paris), 1959, t.II, p.109-133.
- COMBIER, J. 1980. Informations archéologiques. Circonscription Rhône-Alpes.-*Gallia préhistoire* (Paris), 1980, t.XXIII, fasc. 2, p.473-524, 35 figures (p.479).
- COMBIER, J. et GENET-VARCIN, E. 1959. L'homme mésolithique de Culoz et son gisement. *Annales de paléontologie* (Paris), t.XLV, 1959, p.141-174.
- CORCELLE, J. 1904. *Les pays de l'Ain. Agriculture, industrie, commerce*. Librairie Genin (Bourg), 278 p.
- DESBROSSE, R. ; PARIAT, H. et PERRAUD, R. 1959. La Balme à Roland, grotte refuge du Jura méridional. *La Physiophile* (Montceau-les-Mines), 1959 (50), p.23-58.
- DROUIN, P. 1977. Archives de Mr Jean Guichard (SALERS) de 1932 à 1954 concernant le département de l'Ain. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse Spéléo, 1977 (14), p.7-16 (p.11).
- DROUIN, P. ; BALLELIO, R. et PHILIPPE, M. 1983. Découverte d'ossements d'ours dans la grotte du Crochet à Dorvan, commune de Torcieu, Ain. *Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon*, fasc.21, supplément, p.31-36, 4 figures.
- DROUIN, P. ; ROBIN, Y. et VARREL, E. 1995. La Tovièrre du Pilet (Seillonaz, Ain, France). Une nouvelle cavité majeure du Jura méridional. *Actes du Congrès suisse de spéléologie*, 1995. À paraître.
- EXCOFFIER, R. 1977. Spéléologie dans le canton d'Hauteville. *Visages de l'Ain*, 1977 (151), p.8-10, 8 photographies (p.9).
- EXCOFFIER, R. 1996. L'ours en Bugey et chez les voisins. *Les Cahiers du Dreffia*, publication du canton d'Hauteville-Lompnès, 1996 (3), p.7-8.
- FLECQ, F. 1993. Spéléo-club "Les Lézards". Trou des Bleus. *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 1993 (16), p.73-75.
- GALLICE, M. 1991. Rapid' info. Activités du Spéléo-club M.J.C. Bellegarde dans l'Ain. 1989 et 1990. *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 1991 (14), p.21-25.
- GRESSE, A. ; MEYSSONNIER, M. et KRIEG-JACQUIER, R. 1981. In *S.C.V. Activités* (Villeurbanne), bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1981 (42).
- HANNEZO, J. 1909. Les forêts de l'Ain. Etude de géographie linguistique. Aperçu sur l'histoire, la topographie ancienne et moderne et l'origine onomastique des bois et forêts de la Bresse, des Dombes, du Bugey et du Pays de Gex. *Bulletin de la Société des naturalistes de l'Ain*, 1909, n°24, 1<sup>er</sup> bulletin de 1909, p.1-84 (pagination séparée).
- JAYET, A. 1942. Le paléolithique de la région de Genève. *Le Globe* (Genève), p.1-71 (Baron n°723).
- J.G. 1972. Regards sur la chasse. Première partie. *Visages de l'Ain*, 1972 (122), p.20-34 (p.21, 27 et 28).
- LACROIX, P. 1967. Du XVIII<sup>e</sup> siècle : le dernier cerf de Châtillon. *Visages de l'Ain*, 1967 (90), p.35-37.
- LETRONE, M. et BOUILLOUX, G. 1951. Expédition du 15-05-51 à la grotte de la Doua (...). *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, (1981), n°42, p.67-68.
- MARTIN, R. 1968. Les mammifères fossiles du gisement quaternaire de Villereversure (Ain) ; étude des carnivores, des cervidés et des équidés.-*Document du laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Lyon*, n°27, 153 p., 41 figures, 36 tableaux (Ursidés, p.39-45).
- MAYET, L. et MAZENOT, J. 1913. *Le Four de la Baume, grotte préhistorique découverte à Brancion (Saône-et-Loire)*. A. Poinat, éditeur (Paris), 68 p. (p.20).
- MERCIER, G. 1952. Le groupe spéléo du Camping Club de France démontre que les émotions de l'exploration souterraine sont à la portée de nombreux campeurs. *Camping Plein Air* (Paris), 30<sup>e</sup> année, septembre 1952, p.25-27 (p.25).
- MEYSSONNIER, M. ; BALLÉSIO, R. et PHILIPPE, M. 1993. État des récoltes ostéologiques et paléontologiques effectuées par les spéléologues de la région Rhône-Alpes (de 1980 à 1992). *Spéléo-Dossiers*, bulletin du Comité départemental de spéléologie du Rhône, n°23, p.155-171.
- PERCEVEAUX, P. 1977. Sous le ciel de Vaux-en-Bugey avec Louis Charpy. *Visages de l'Ain*, 1977 (149), p.2-12 [recension de l'ouvrage, sous le même titre, de L. Charpy, 1977, 336 p.].
- PIQUET, P. 1909. Rapport sur les fouilles de la grotte des "Bornets" exécutées par m. Pierre Piquet et le Docteur Saint-Pierre. De la Société des Sciences Naturelles et Archéologiques de l'Ain. *Bulletin de la Société des sciences naturelles et d'archéologie de l'Ain* (Bourg-en-Bresse), 4<sup>e</sup> trimestre 1909 (57), p.40-47.
- RAGON, I. 1995 a. Rapid'infos. Activités du Spéléo-club M.J.C. de Bellegarde dans l'Ain en 1994. *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 1995 (18), p.26-28 (p.26).
- RAGON, I. 1995 b. Compte rendu assemblée générale 1995 le 9 décembre 1995. Bilan moral.-*Spéléo M.J.C. info*, bulletin de liaison du Spéléo-club de la Maison des jeunes et de la culture de Bellegarde-sur-Valserine, 1995, 44, p.19-20.
- ROTH, C.-H. 1958. La grotte de Divonne. *Visages de l'Ain*, 1958 (41), p.45-47 (p.45).
- SOLEILHAC, A. 1951. Compte rendu de l'activité du Groupe spéléologique d'Hauteville-Lompnès. *Bulletin de la Société des naturalistes d'Oyonnax* (Oyonnax), 1951 (5), p.50-52 (p.51-52).
- STABILE, H. 1961. Aux origines du Bugey. *Cahiers René de Lucinge*. Bulletin de l'Association "Les Amis du château des Allymes" et bulletin d'information archéologique et historique des Pays de l'Ain, plus spécialement consacré au XVI<sup>e</sup> siècle.- Publication de l'Association "Les Amis du château des Allymes" (Paris), 1961 (1), p.10-11.
- SUCHEL, P. 1959. Au pied du Revermont. *Visages de l'Ain*, 1959 (48), p.4-18 (p.9).
- TOURNIER, J. 1909. Les premiers habitants du Bugey. 1<sup>ère</sup> époque paléolithique. *Le Bugey* (Belley), 1909 (1-2), p.6-15.
- TOURNIER, J. 1923. La grotte des Hoteaux. Étude complète et définitive.-*Le Bugey* (Belley), 1923 (17), p.124-142.
- TOURNIER, J. 1924. *La grotte des Hoteaux (Ain). Âge du renne*.- A. Chaduc éditeur (Belley), 84 p., 10 planches.
- VILAIN, R. 1956. Grotte d'Evoiges. Rapport de la sortie du 1-2/12/1956.- Archives du Spéléo-club de Villeurbanne, 2 p., inédit.

## Remerciements

Nous devons beaucoup aux personnes qui ont bien voulu nous transmettre des renseignements sur des découvertes, comme Marcel Balliot (Montmorency), Roger Excoffier et Bruno Hugon (Hauteville-Lompnès). Même chose pour les personnes qui nous ont aidés à regrouper la bibliographie, comme Bertrand Valton (Bellegarde), Pierre-Jean Baron (Lausanne) ou Marcel Meyssonnier (Villeurbanne), sans oublier Jacques Chabert pour la traduction en anglais.

# Étude d'une grotte à Ours du Pléistocène moyen en Dordogne (France) : la Grotte XIV

par Jean-Luc Guadelli

Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire, UMR 9933 du CNRS,  
Avenue des facultés, F-33405 Talence cedex, France

## Résumé

La Grotte XIV (Dordogne, France) a livré des restes attribuables à des espèces d'âge pléistocène moyen ancien: *Dinobatis*, *Panthera gombaszoegensis*, *Panthera*, *Felis* (de grande taille) ou *Lynx* (de petite taille), *Ursus* cf. *deningeri*, *Canis* cf. *etruscus*, *Hemitragus*, *Cervus*, *Capreolus*, *Dicerorhinus*. Les restes d'Ours présentent des caractères très primitifs (entoconide des MI très simple, faible torsion de l'articulation distale des tibias.) ce qui pose la question de l'identification précise d'une forme qui appartient pourtant incontestablement à la lignée spéléenne. Quelques artefacts ont été découverts dans les niveaux supérieurs. Un âge U/Th d'environ 390.000 ans pour le milieu de la séquence, situerait tout ou partie de la faune dans le stade 11 de la courbe isotopique.

## Abstract

In Cave XIV (Dordogne, France) we found faunal remains aged from lower middle pleistocene: *Dinobatis*, *Panthera gombaszoegensis*, *Panthera*, *Felis* (big size) or *Lynx* (small size), *Ursus* cf. *deningeri*, *Canis* cf. *etruscus*, *Hemitragus*, *Cervus*, *Capreolus*, *Dicerorhinus*. Bears remains offer a lot of very primitive characters (MI with very simple entoconid, slight twisting of the distal articulation of the tibia, .) what set to us the problem of the exact identification of a bear which, however, belong to the Cave Bear family. Some artefact were found in the upper layers. A radiometric date (U/Th), about 390,000 years, set the middle layers in the stade 11 of the isotopic curve.

## 1. Introduction

Au sud du plateau sarladais, entre les villages de la Roque-Gageac et Beynac, la Dordogne reçoit sur sa rive gauche le Céou, une petite rivière qui coule à son débouché entre deux massifs calcaires: à l'Est le plateau de Veyrines et à l'Ouest le massif du Conte (figure 1). Ce massif, sensiblement incliné vers l'Est, mesure près de 2 km dans l'axe Nord-Sud, 1,5 km dans l'axe Est-Ouest. Il est constitué à la base d'une importante assise de calcaires turoniens surmontée d'un entablement de calcaires coniaciens dont la partie inférieure est fortement karstifiée. Sur une longueur de 1,5 km l'abrupt rocheux domine la vallée de plus de 150 m. Parmi les 22 cavités inventoriées par J. LACHASTRE (1968), auxquelles nous devons ajouter 2 grottes visitées au cours de prospections, plusieurs ont livré des restes de faunes et/ou des artefacts:

- Grotte (impossible à localiser): Paléontologique, Pléistocène moyen (HARLE et STEHLIN, 1913). Ces auteurs ont été les premiers à signaler la présence de *Thar* (*Hemitragus*) jusque là inconnu dans la faune quaternaire du Périgord.
- Grotte IV (grotte noire): Pléistocène supérieur, Paléolithiques moyen et supérieur (LAPEYRE et NOUEL, 1934; RIGAUD, 1982),
- Grotte VI: Holocène, Chalcolithique ? (LACHASTRE, 1968),
- Grotte VIII (grotte du Collier): Holocène, Chasséen (CAUVIN, 1971),
- Grotte XIII (grotte de l'Église): Paléontologique, Pléistocène moyen (LAVILLE, PRAT et THIBAUT, 1972),
- Grotte XIV: Paléontologique, Pléistocène moyen (GUADELLI, 1994).
- Grotte XV (grotte Vaufray): Pléistocène supérieur, Paléolithique moyen (RIGAUD dir., 1989),
- Grotte XVI (grotte des poteries): Pléistocène supérieur, Paléolithiques moyen et supérieur (RIGAUD, 1994).

La grotte XIV se compose d'une salle à peu de chose près orientée Ouest-Sud-Ouest (entrée)/Est-Nord-Est (figure 1); largement ouverte vers l'extérieur, elle mesure une quinzaine de mètres de long et environ 8m dans sa plus grande largeur. Dans le fond de la grotte, s'ouvre une galerie en partie colmatée (locus 2) orientée Nord-Nord-Est/Sud-Sud-Ouest dont les dimensions actuelles sont les suivantes: 5,60m de long, 2,20m de large et 1,20m de hauteur maximale. Enfin, à l'entrée de la grotte se situe un couloir grossièrement orienté Nord-Sud d'environ 5m de long

et 2m de large qui se termine, vers l'Ouest, par une ouverture dominant la vallée. Celle-ci constituait l'entrée originelle de la grotte, l'accès actuel ne résultant que de l'effondrement de la paroi Ouest du couloir, à une époque que nous ne pouvons encore estimer avec précision mais qui ne semble pas être antérieure au dernier interglaciaire.

## 2. La stratigraphie et les datations

La stratigraphie se compose de haut en bas, d'un plancher stalagmitique très épais par endroit, d'un ensemble de niveaux bréchifiés (Br. I à IV) et leur équivalent non bréchifiés (F, G, H) et enfin d'une succession de 16 couches (c.6 à c.21). L'étude géologique menée par Jean-Pierre TEXIER a permis d'identifier 3 ensembles sédimentaires caractéristiques par leur dynamique de mise en place (inférieur, moyen et supérieur) mais par commodité nous continuerons aussi à utiliser la numérotation des "couches" que nous avons arbitrairement choisie depuis le début de la fouille.

Trois échantillons ont été datés par Yves QUINIF (CERAK, Liège) par la méthode Uranium/Thorium et le tableau ci-dessous résume les données relatives à la stratigraphie et aux datations.

|                    |                             |   |
|--------------------|-----------------------------|---|
| Ensemble supérieur | plancher stalagmitique      | 99.500 +8.800 / -8.100<br>124.500 +7.600 / -7.100 |
| Ensemble moyen     | Brèches I à IV et c.F, G, H | 387800 +inf. / -171.000                           |

## 3. Étude palynologique

L'étude palynologique menée par D. VIVENT est en cours et les résultats préliminaires sont les suivants:

Les niveaux inférieurs de la Grotte XIV ne se prêtent pas à une étude sporo-pollinique.

Un niveau bréchifié de l'ensembles moyen a livré un cortège sporopollinique tempéré traduisant un couvert forestier important correspondant à une chênaie qui s'est développée sous un climat frais (Pin sylvestre, Bouleau, Armoise et Centaurée) et humide (Graminées, Cyperacées, Plantain et Aulne).

## 4. Étude paléontologique

La faune identifiée dans le locus I (couches 7 à 15, F, G, H et Brèches I à IV) et dans le locus 2 (couche H) se répartit comme suit dans la stratigraphie:

|  | ENS.             | MOYEN             | ENSEMBLE INFÉRIEUR |      |      |      |      |      |      |       |
|--|------------------|-------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
|  | couches<br>F à H | Brèches<br>I à IV | c.7                | c.10 | c.11 | c.12 | c.13 | c.14 | c.15 | c.15A |
| <i>Lynx</i> sp.                            | X                |                   |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Dinobastis</i> sp.                      | X                |                   |                    |      |      | X    |      |      |      | X     |
| <i>Panthera gombaszoegensis</i>            | X                |                   |                    |      |      | X    |      | X    | X    |       |
| <i>Panthera spelaea</i>                    | X                | X                 |                    |      |      | X    |      |      |      |       |
| <i>Panthera</i> (taille Panthère)          | X                |                   |                    |      |      | X    |      |      |      |       |
| <i>Crocota</i> sp.                         |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Mustela putorius</i>                    |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Meles meles</i> cf. <i>atavus</i>       |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Canis</i> cf. <i>etruscus</i>           | X                | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Vulpes</i> cf. <i>praeglacialis</i>     |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Ursus</i> cf. <i>deningeri</i>          | X                | X                 | X                  | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X     |
| <i>Cervus</i> cf. <i>simplicidens</i>      | X                | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Capreolus capreolus</i>                 |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Hemitragus</i> sp.                      | X                | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Bovinae</i> ind.                        | X                | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Bison</i> sp.                           |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Dicerorhinus</i> cf. <i>hemitoechus</i> | X                | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Oryctolagus cuniculus</i>               | X                | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Castor fiber</i>                        | X                |                   |                    |      |      |      |      |      |      |       |
| Chauve-souris                              |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      | X    |       |
| Avifaune                                   |                  | X                 |                    |      |      |      |      |      |      |       |

Nous n'allons pas dans le cadre de cet article, traiter de la totalité de la faune pour n'insister que sur quelques taxons particulièrement significatifs.

#### 4.1. *Lynx* sp.

Ce taxon est représenté par une portion proximale de fémur droit (locus 2, 95-133, c.H) et un tibia gauche (locus 2, 95-132, c.H) qui ont pu appartenir à un seul individu. En ce qui concerne le fémur, le grand trochanter ne dépasse pas en hauteur la tête articulaire et le deuxième trochanter est bien indiqué comme chez *Lynx pardina*. Les dimensions de ces deux pièces sont plus faibles que celles des os homologues du *Lynx* de l'Escale et se rapprochent de celle du *Lynx* d'Espagne. Malheureusement le *Lynx* du Pléistocène moyen est relativement mal connu et il est difficile de se faire une idée précise de la position taxinomique des 2 restes de *Lynx* de la Grotte XIV. Nous nous bornerons donc à ne les déterminer qu'au niveau du genre tout en remarquant qu'il s'agit d'une forme plus petite que celle de la grotte de l'Escale. Nous mentionnerons enfin l'opinion d'A. ARGANT (1991) selon laquelle le félin de taille intermédiaire entre un *Felis silvestris* de très grande taille et un petit *Lynx* (*Lynx pardina*), déjà été signalé par quelques auteurs, doit être rapproché d'un Chat sauvage de très grandes dimensions.

#### 4.2. *Dinobastis* sp.

Nous attribuons à cette forme "machairodonte" une P4 droite (B2- 142 c. 12), une I3 gauche (A1-207 c.15A) et un talus gauche (E2-14 c.F). Malheureusement cet animal, peu décrit en Europe du fait de sa rareté, est très mal connu.

#### 4.3. *Panthera gombaszoegensis*.

Ce félin décrit par M. KRETZOÏ (1938), considéré à tort comme rare dans nos régions, est représenté par une quinzaine de restes représentant à peu près tout le squelette. Nous noterons la découverte de 2 mandibules à peu près complètes très caractéristiques de ce félin à museau court.

#### 4.4. *Panthera* (taille Panthère)

La Panthère est une forme rare dans le Pléistocène moyen d'Europe et la Panthère *stricto sensu* n'apparaît qu'au Riss. En se

fondant sur le matériel de Lunel-Viel M.-F. BONIFAY (1971) a créé une nouvelle espèce *Felis* (*Panthera* ?) *lunellensis* qui ne serait qu'une grosse Panthère. En attendant que la question taxinomique soit résolue nous rapportons pour l'instant à *Panthera* cf. *pardus* un scapholunaire gauche (E0-94-l c.H) et un calcanéum droit (F0-156 c.H).

#### 4.5. *Canis* cf. *etruscus*

Provenant uniquement de l'ensemble moyen, les restes attribuables à ce petit représentant du genre *Canis*, au nombre d'une dizaine, représente tout le squelette et sont rapportables à au moins 3 individus adultes dont 2 jeunes et un sujet plus âgé.

Les dimensions des dents et des os sont proche de la limite inférieures ou même plus petites que les dimensions fossiles homologues provenant de la grotte de l'Escale étudiés par M.-F. BONIFAY (1971).

En conclusion il ne semble pas faire de doute que nous ayons affaire ici à des restes d'un Canidé proche de *Canis etruscus* et nous ne rentrerons pas, dans le cadre de cette note, dans la "querelle" taxinomique entre les tenants de *Canis etruscus*, de *Canis mosbachensis* et de *Canis etruscus mosbachensis* pour retenir que cet animal est un excellent marqueur chronologique puisqu'il disparaît avant le Mindel/Riss et qu'à la Romieu il est signalé par F. PRAT (PRAT et THIBAUT, 1976) dans le Pléistocène moyen ancien.

#### 4.6. *Ursus* cf. *deningeri*.

L'Ours est le taxon le mieux représenté à la grotte XIV avec plus de 95 % des 6900 restes cotés.

##### 4.6.1. Le crâne et les dents jugales supérieures

La couche 14 a livré un crâne d'Ours mâle si on en croit le développement de sa crête frontale. De taille modeste, il possède une relativement faible courbure fronto-nasale pour un Ours de la lignée "spéléenne". Il est intéressant de constater que les autres crânes ou fragments crâniens déjà découverts présentent les mêmes particularités.

Les portions pétreuses de temporal (rocher) présentent une face médiale allongée dans le sens crânio-ventral/caudodorsal. Le méat auditif est étroit dans le sens dorso-ventral et allongé dans

le sens crânio-caudal. La fosse cérébelleuse est profonde et à peu près circulaire. Ventralement au méat auditif interne nous trouvons une dépression en demi-cercle où s'ouvre l'orifice de l'aqueduc du limaçon. L'apex postéro-supérieur souvent malheureusement endommagé paraît assez court. Enfin, en vue inférieure, la face médiale du rocher est à peu près plane. Ces rochers diffèrent très sensiblement des rochers d'*Ursus spelaeus* notamment dépourvus de la dépression en demi-cercle où débouche l'aqueduc du limaçon. Il faut noter également que les rochers découverts dans la grotte XIV ne sont pas strictement identiques à ceux d'*Ursus deningeri* de Nauterie à La Romieu. Par manque de matériel de comparaison, principalement pour l'Ours brun, nous en sommes réduit à ne les attribuer à *Ursus deningeri* qu'avec les plus grandes réserves.

Sur trois portions de maxillaires on constate la présence de trois alvéoles devant la quatrième prémolaire. D'arrière en avant, le premier, situé immédiatement en avant de la P<sup>4</sup>, ovale et légèrement oblique vers l'extérieur, correspond selon toute vraisemblance à l'emplacement de la P<sup>3</sup>. Le second, à peu près circulaire, est situé à une distance de 4 à 8 mm du précédent selon les sujets. L'orientation de la cavité indique que la dent, qui malheureusement fait chaque fois défaut, était dirigée vers l'avant. Il ne peut s'agir de l'emplacement de la canine de lait car cette dent possède son propre alvéole à 2,0 mm du précédent. Si cette dent antérieure est une p<sup>1</sup> on est en droit de se poser la question de l'identification précise d'une forme qui par ailleurs présente tous les traits d'un vrai *Ursus deningeri*.

Si on en juge par les nombreux fragments crâniens présentant un alvéole pour une P<sup>3</sup> et les abondantes 3<sup>ème</sup> prémolaires supérieures isolées indique que cette dent n'était pas rare dans la population d'Ours de la Grotte X4. Sur les P<sup>4</sup> la crête du paracône et celle du métacône font un angle obtus entre 145 et 150°. Le deutérocone est nettement séparé des cuspides vestibulaires par un sillon étroit et profond. Il existe quelquefois du côté vestibulaire un épaississement de la base du paracône au

dessus du collet. Les Premières molaires présentent un parastyle et le mésostyle peu développés. On note la présence d'un petit tubercule souvent bas et mal individualisé entre le paracône et l'hypocône. Enfin, la région située entre le métacône et l'hypocône et en arrière de ces deux cuspides n'est pratiquement pas granuleuse. L'axe mésio-distal des M<sup>2</sup> est rectiligne. Le flanc vestibulaire ne présente que rarement de concavité. La face occlusale de la dent est peu granuleuse.

#### 4.6.2. Les mandibules et les dents inférieures

Le bord inférieur de l'os mandibulaire est chaque fois à peu près rectiligne et non convexe vers le bas comme chez *Ursus spelaeus*. Certaines mandibules telle que le spécimen n°AI-172 c.15 portent, en plus de l'alvéole de P<sub>3</sub>, un alvéole orienté vers l'avant pour une dent antérieure qui ne peut être celui de la canine de lait. Cette disposition n'est pas sans rappeler ce que nous avons observé sur des portions de maxillaire (cf. *supra*).

La P<sub>4</sub> pratiquement monocuspide avec quelques fois un protoconide flanqué d'un petit denticule du côté lingal, d'une petite cuspide mésiale et d'un simili de talonide. En revanche certaines P<sub>4</sub> ne possèdent même pas ce petit denticule accessoire. Contrairement aux autres dents, les P<sub>4</sub> découvertes dans l'ensemble moyen présente une morphologie légèrement plus évoluée avec le développement de nets denticules accessoires sur un peu moins de 39% des pièces (n=18) et sur la présence de 3 quatrièmes prémolaires intérieures (16,7%) à racines soudées (n=18).

L'axe du paraconide des M<sub>1</sub> est le plus souvent sub-vertical et non incliné vers l'avant comme chez *Ursus spelaeus*. L'entoconide montre une morphologie allant de la forme typique *Ursus deningeri* à 3 cuspides, à une forme très primitive «étruscoïde» monocuspide. Actuellement la proportion de chaque type calculée pour les ensembles inférieur et moyen montre que le type «Deningeri» à entoconide formé de 3 denticules de taille décroissante n'est pas majoritaire:

|                       | A | B     | C     | D     | E     | F    |
|-----------------------|---|-------|-------|-------|-------|------|
| Ens. moyen (n=15)     | 0 | 33,3% | 46,7% | 20,0% |       |      |
| Ens. inférieur (n=22) | 0 | 27,3% | 18,2% | 31,8% | 18,2% | 4,5% |

A: deux denticules sub-égaux précédés de 1 ou 2 (voire plus) denticules accessoires (type « Spelaeus »),

B: trois denticules de taille décroissante d'arrière vers l'avant,

C: un denticule principal présentant une ébauche de bipartition précédée d'un (ou deux) minuscule denticule,

D: deux denticules de taille décroissante d'arrière vers l'avant,

E: entoconide monocuspide avec une ébauche de denticule en position mésiale, F: entoconide monocuspide.

La constriction vestibulo-linguale des M<sub>2</sub> est peu importante, le diamètre transversal du lobe mésial est plus faible que celui du lobe distal. Le protoconide et le métaconide se rejoignent pour former une crête aiguë.

Les M<sub>3</sub> présentent une ornementation peu importante, une face occlusale qui se rétrécit régulièrement vers l'arrière et, lorsqu'elle existe, l'inflexion de la partie distale du flanc vestibulaire est peu accusée.

#### 4.6.3 Le squelette post-crânien

Ici encore nous n'avons pas traité de tous les os du squelette pour nous limiter à certains qui présentent des particularités remarquables. Notons par exemple la gracilité des radius (ex: B 1-375 c.15: IR=9,37, Lg=320mm).

De même nous pouvons évoquer la morphologie indiscutablement de type *deningeri* mais très primitive des scapholunaires: sur les spécimens CI-148 (c.12) et 92-81 (Br.IV), la face articulaire proximale qui répond au radius s'inscrit dans un trapèze et sa moitié médiale est creusée d'une légère dépression transversale disposition qu'on rencontre chez *Ursus araos*. Sur la face distale, la facette répondant au trapézoïde n'atteint pas le bord médial de celle en contact avec le radius. La

cavité qui reçoit la partie palmaire du trapèze est assez profonde et la fossette qui répond au grand os, très étroite transversalement, possède un sillon dans sa partie dorsale mais pas dans sa partie palmaire; son bord débordait légèrement du côté dorsal. La partie palmaire située entre les facettes répondant au grand os et au pyramidal est peu développée transversalement sur le scapholunaire 92-81 (Br.IV) alors qu'elle l'est un peu plus sur le spécimen CI-148 (c.12).

Nous ferons une mention particulière pour le scapholunaire C2-105 (c.12) qui montre une morphologie de type « arctoïde »: la face articulaire proximale qui répond au radius se rétrécit quelques peu dans sa partie interne et sa moitié médiale est creusée d'une large mais peu profonde dépression transversale. La facette articulaire qui répond au trapézoïde ne rejoint pas la face articulaire en relation avec le radius, disposition très affirmée chez l'Ours brun. Le rapport du diamètre proximo-distal au diamètre transversal total (67,60) est très proche de la moyenne de ce rapport chez *Ursus arctos* (66,26 n=7) alors que chez *Ursus deningeri* (La Romieu, c.11-8) et chez *Ursus spelaeus* (Plo Del May) le rapport moyen est respectivement de 60,22±1,10 (n=35) et 57,67±1,34 (n=17). D'autre part la cavité qui reçoit la partie palmaire du trapèze est très profonde comme

chez l'Ours brun mais il existe une ébauche de sillon dans la partie palmaire de la fossette qui reçoit l'uncifforme (grand os) alors que ce sillon fait défaut chez *Ursus arctos*. Comme chez les Ours de la lignée speléenne cette fossette débord dorsalement ce qui permet une plantigradie mieux réalisée que chez l'Ours brun. En revanche la partie palmaire située entre la facette qui répond au pyramidal et celle qui répond au grand os est très peu développée transversalement. Nous nous trouvons donc devant un scapholunaire qui présente une morphologie qui, par certains aspects, rappelle sinon l'Ours brun du moins une forme très primitive. Nous l'avons attribué à *Ursus deningeri* faute de mieux mais, en fonction de ce que nous venons d'écrire, nous serons peut-être amené à réviser notre détermination.

Nous pouvons enfin évoquer le tibia complet n°E2-70 (c.12). Os de taille modeste (Hauteur=281mm), relativement gracile (IR=10,1), il possède une articulation distale dont l'angle de torsion n'est que de 35gr. Or on sait que dans la lignée de l'Ours des cavernes l'angle de torsion de l'articulation distale est d'autant plus fort que la forme est récente ce qui est à mettre en relation avec l'accentuation de la marche en varus au fur et à mesure que le phylum a évolué.

D'autre part la partie postéro-latérale de la gorge talienne interne n'est pas développée vers l'arrière contrairement à ce qu'on observe chez *Ursus deningeri* «classique» ou *Ursus spelaeus*. Il en résulte qu'en vue inférieure le bord postérieur de l'articulation est à peu près rectiligne. On remarquera toutefois que l'articulation distale de ce tibia est étirée dans le sens transversal ce qui indique que nous n'avons pas affaire à un tibia d'Ours brun.

Pour conclure sur cette pièce il est évident qu'elle présente une allure très primitive. Bien sûr nous pouvons nous trouver en présence d'un tibia d'une femelle car le dimorphisme sexuel est relativement fort chez l'Ours mais cette pièce s'ajoute aux nombreuses autres qui, de taille réduite, présentent de nombreux caractères archaïques.

#### 4.7. Traces d'activités anthropiques

Mis à part le chopper découvert après une fouille clandestine en 1984 et qui provient probablement de la couche 12 (ensemble inférieur) seul l'ensemble moyen (Brèche IV et couche H) a livré quelques artefacts.

Nous avons aussi trouvé dans la Brèche IV une portion proximale de métacarpe de Chevreuil (GRXIV-93, 93-I, Br IV) portant des traces qui, de par leur position, ne peuvent pas être fortuites mais traduisent le travail de désarticulation. Les traces sont situées sur la face médiale du fragment en position médio-dorsale (=antéro-interne). Deux traces sont orientées transversalement à la diaphyse en position médiale. Deux autres, plus discrètes, obliques, en position dorsale sont situées à 5mm au dessus des premières. Bien que les traces soient en position plutôt dorsale, elles peuvent résulter, au moins pour les deux plus nettes, de la coupure du tendon superficiel et du tendon profond du muscle fléchisseur superficiel des doigts (= *M. Flexordigitorum superficialis* ou muscle Perforé) avant qu'ils ne fusionnent en un tendon unique vers la moitié du métacarpe et/ou de la coupure du tendon profond du muscle fléchisseur profond des doigts (= *M. Flexor digitorum profundus* ou muscle Perforant).

#### 5. Conclusion

D'un point de vue chronologique la faune de la Grotte XIV se place dans Pléistocène moyen, plus précisément avant le stade 6 de la courbe isotopique (Riss III) puisque le Thar disparaît de Dordogne avant le début de ce stade. De plus la présence de *Canis cf. etruscus* donne à penser que l'âge des niveaux de l'ensemble moyen (Brèches I à IV et couches F, G, H) datent d'une période antérieure au stade 9 (Mindel/Riss) car selon M.-F. Bonifay, à cette époque vivait déjà un vrai loup *Canis lupus lunellensis*. Enfin le caractère nettement tempéré de cette faune,

perceptible aussi dans le spectre pollinique de l'échantillon qui provient de la Brèche, exclu les stades froids 12, 14, 16 de la courbe isotopique. La faune de la Grotte XIV se situe donc semble-t-il dans l'un des stades 11, 13, 15 ou 17 et la date d'environ 390.000 ans obtenu dans la partie médiane de l'ensemble moyen indiquerait le stade 11 pour ces niveaux.

#### Références

- ARGANT, A. 1991. Les carnivores quaternaires de Bourgogne. *Documents des laboratoires de géologie de Lyon, Université Claude Bernard Lyon*. n°1 15, 301p., 39 fig., 89 tab., 9 pl.
- BONIFAY, M.-F. 1971. Carnivores quaternaire du Sud-Est de la France. *Mémoire du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris*, nlle série, (C), t.XXI, fasc.2 et dernier, 377p., 76 fig., 109 tab., 27 pl.
- CAWIN, M.-C. (1971) - *Les industries post-glaciaires du Périgord*. Paris, librairie d'Amérique et d'Orient, Maisonneuve, 476 p., ill. (Publication du Centre de Recherches d'Écologie et de Préhistoire Saint-André de Couzières; II).
- GADELLE, J.-L. 1994. Grotte XIV, Cénac et Saint-Julien. *Bilan Scientifique de la Région Aquitaine, Direction Régionale des Affaires Culturelles Aquitaine, Service Régional de l'Archéologie, Bordeaux*. : 23-24.
- HARLÉ, E.; STEHLIN H.-G. 1913. Un Capridé quaternaire de la Dordogne voisin du Thar actuel de l'Himalaya. *Bull. Soc. géol. France*, t.13, (4), 1913.: 422-431, 4 fig.
- KRETZOI, M. 1938. Die Raubtiere vom Gombaszog nebst einer Übersicht der Gesamtfaua. Ein Beitrag zur Stratigraphie des Altquartars. *Ann. Mus. Hungar., Budapest*, n°31
- LACHASTRE, J. 1968. Les Grottes du Conte - Dordogne (communes de Castelnau et de Cénac-et-St-Julien). *SpéleoDordogne*, n° 28, 1968.: 171-176.
- LAPEYRE, M.; NOUËL, abbé A. (1934). - La Grotte des Fours (Grotte Noire) à Castelnau (Dordogne). In: *Congrès préhistorique de France, compte-rendu de la XIème session, Périgueux 1934*: 471-477, 2 fig.
- LAVILLE, H.; PRAT, F.; THIBAUT, Cl. 1972. Un gisement à faune du Pléistocène moyen: la grotte de l'Église à Cénac-et-St-Julien (Dordogne). *Quaternaria, Rome*, XIV, 1972.: 71-119.
- PRAT, F. & THIBAUT, Cl. 1976. Le gisement de Nauterie à la Romieu (Gers). Fouilles de 1967 à 1973. Nauterie 1. *Mémoire du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris*, nlle série, (C), t.LXXXV, 82p., 35 fig., 43 tab., 7 pl.
- RIGAUD, J.-Ph. 1982. *Le Paléolithique en Périgord: les données du Sud-Ouest sarladais et leurs implications*. Thèse de Doctorat ès-Sci. Univ. Bordeaux I n°737, 2 t., 493p., fig. tab.
- RIGAUD, J.-Ph. dir. 1989. « La grotte Vaufray: Paléoenvironnements, chronologie, activités humaines ». *Mém. S.P.F., Pans*, n°XIX, 616p.
- RIGAUD, J.-Ph. 1994. Grotte XVI, Cénac et Saint-Julien. *Bilan Scientifique de la Région Aquitaine, Direction Régionale des Affaires Culturelles Aquitaine, Service Régional de l'Archéologie, Bordeaux*: 24-25.

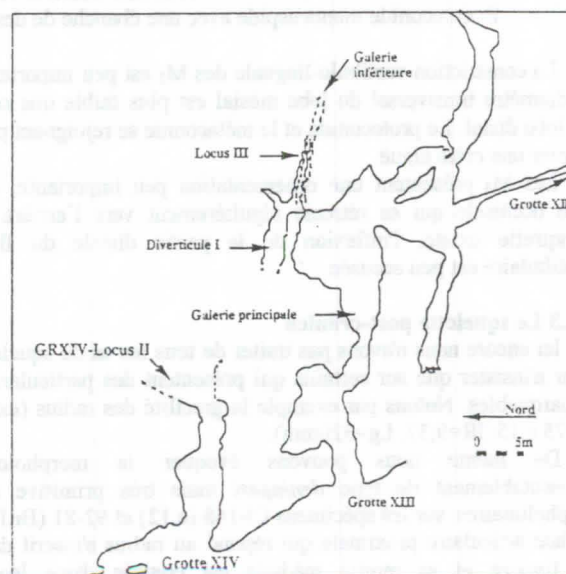


Figure 1 : Plan des grottes XIII et XIV

# Settlement intensity of hominids during the Middle and Upper Pleistocene in Vindija cave, northwestern Croatia

Goran Guzvica<sup>1</sup> & Biserka Radanovic-Guzvica<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of biology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Croatia

<sup>2</sup>Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10000 Zagreb, Croatia

## Abstract

The study of palaeoecological relationships of large fossil carnivores and of the possible human influence on the structure of their populations include the analysis of burnt bones frequency in the stratigraphy of Vindija cave. The purpose of this investigation was the confirmation of the thesis of a continuous hominid settlement in Vindija cave during all the climatic phases of the middle and upper Pleistocene, and the possibility of further investigations on the problem of settlement intensity. Frequency analysis of burnt bones was made, assuming that the quantitative variability of burnt bones was related to the intensity of human settlement. Higher percentages of burnt bones are registered in warmer stages and lower percentages in colder stages, according the climatic scheme known today. The settlement intensity of hominids in Vindija cave was the highest during the sedimentation of layers "G", "H" and "I", e.g. from Würm 1/2 to Würm 2/3, where the skeletal remains of neanderthals were found.

## Zusammenfassung

Im Rahmen der Erforschung der paläoökologischen Verhältnisse großer fossiler Raubtiere und des eventuellen Einflusses des Menschen auf die Bildung ihrer Populationen, wurde eine Analyse der Verkohlungsstellen an Tierknochen durchgeführt. Ziele der Untersuchung waren die These einer kontinuierlichen Besiedlung der Höhle Vindija durch den Menschen während aller Klimaphasen des mittleren und oberen Pleistozäns und eine eventuelle Ergänzung durch die Beobachtung der Besiedlungsdichte. Die Analyse der Häufigkeit der verkohlten Knochen wurde unter der Voraussetzung durchgeführt, daß die quantitative Variabilität der verkohlten Knochen eine direkte Folge der Besiedlungsdichte fossiler Hominiden ist. Höchstmengen der verkohlten Knochen befinden sich in den wärmeren Phasen des bis jetzt bekannten Klimaschemas, Mindestmengen während der kälteren Phasen. Die Besiedlungsdichte der Höhle Vindija durch den Menschen war am höchsten während der Periode der Sedimentation der Schichten "G", "H" und "I" d. h. vom Würm 1/2 bis Würm 2/3, wo auch die fossilen Überreste des Neandertalers gefunden wurden.

## 1. Introduction

The study of paleoecological relationships of large fossil carnivores and of the possible human influence on the structure of their populations include the analysis of human activity marks on skeletal remains. Except rare bone artefacts and tool marks on bones, large numbers of burnt bones have been observed. They are the subject of this study. The aim of these investigations was to confirm the hypotheses of a continuous settlement in Vindija cave during all the climatic phases of the Middle and Upper Pleistocene (MALEZ, 1979) and to investigate further on the settlement intensity.

The fossil material used in this paper is a complete collection of cranial and postcranial parts of large carnivores skeletons from Vindija cave. It contains 95% of all findings from that cave. Only a part of this collection, recovered by VUKOVIJ (1949, 1954), is stored at the Archaeological Department of the Museum of Vara'din, the greater part being deposited at the Institute of Palaeontology and Quaternary Geology, Croatian Academy of Sciences and Arts in Zagreb.

## 2. Geographic position and stratigraphic features of Vindija cave

The Vindija cave is situated 9.5 kms northwest of Ivanec, at an altitude of 275 meters. The sediments of Vindija cave are divided in 13 layers, labeled "A" to "M". The oldest stratigraphic horizons in Vindija cave belong to the Mindel-Riss interglacial, followed by continuous sedimentation up to the Holocene (MALEZ et al., 1984). Cryoturbation has also been observed in Vindija cave (MALEZ & RUKAVINA, 1975).

## 3. Results

In Vindija cave, the burn marks on bones are not rare. The taxonomic analysis showed that these bones belong to following species: *Ursus spelaeus*, *Ursus arctos*, *Panthera spelaea*, *Canis lupus* and *Cuon alpinus* (Tab. 1). According to the frequency of burnt bones in the sediments of Vindija cave, it is possible to differentiate two groups of large fossil carnivore taxa. In the first group are taxa with burnt bones appearing in almost every layer of the cave and in the second group, taxa with burnt bones are found only in some layers (Tab. 1). Bone collections of cave bear, cave lion and wolf display the highest percentage of burnt bones (Fig. 1). Fossil remains of brown bear also show high percentages of burnt bones (Fig. 1), although, remains of this species are relatively rare (Tab. 1). Percentage of burnt bones of fossil dhole is considerably lower.

Table 1. Presence of fossil remains of large carnivores and burnt bones in the stratigraphy of Vindija cave

(+) = presence of burnt bones

(-) = presence without burning marks

(0) = absence of fossil

| Layer | <i>Ursus spelaeus</i> | <i>Ursus arctos</i> | <i>Panthera spelaea</i> | <i>Panthera pardus</i> | <i>Canis lupus</i> | <i>Cuon alpinus</i> | <i>Crocota spelaea</i> |
|-------|-----------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| D     | +                     | 0                   | -                       | 0                      | +                  | -                   | -                      |
| E/F   | +                     | +                   | +                       | -                      | +                  | 0                   | 0                      |
| F     | +                     | -                   | +                       | 0                      | +                  | +                   | 0                      |
| G     | +                     | +                   | +                       | 0                      | +                  | -                   | -                      |
| H     | +                     | +                   | +                       | 0                      | +                  | 0                   | 0                      |
| I     | +                     | -                   | +                       | 0                      | +                  | 0                   | 0                      |
| J     | +                     | 0                   | +                       | 0                      | +                  | +                   | 0                      |
| K     | +                     | 0                   | +                       | 0                      | +                  | -                   | 0                      |
| L     | +                     | 0                   | +                       | 0                      | +                  | -                   | 0                      |
| M     | +                     | 0                   | -                       | 0                      | +                  | -                   | 0                      |

The analysis of all burnt bones of large carnivore taxa according to their stratigraphic position show a high variability of percentages. In the layers "M", "L" and "F", the percentage is lower than 10%, but in the layers "I", "H" and "G" it is higher than 25% (Fig. 2). In general, the number of burnt bones increases from the oldest stratigraphic layers "M" and "L" to layer "I", and then decreases slowly in layers "H" and "G" and rapidly to layer "F" (Fig. 2).

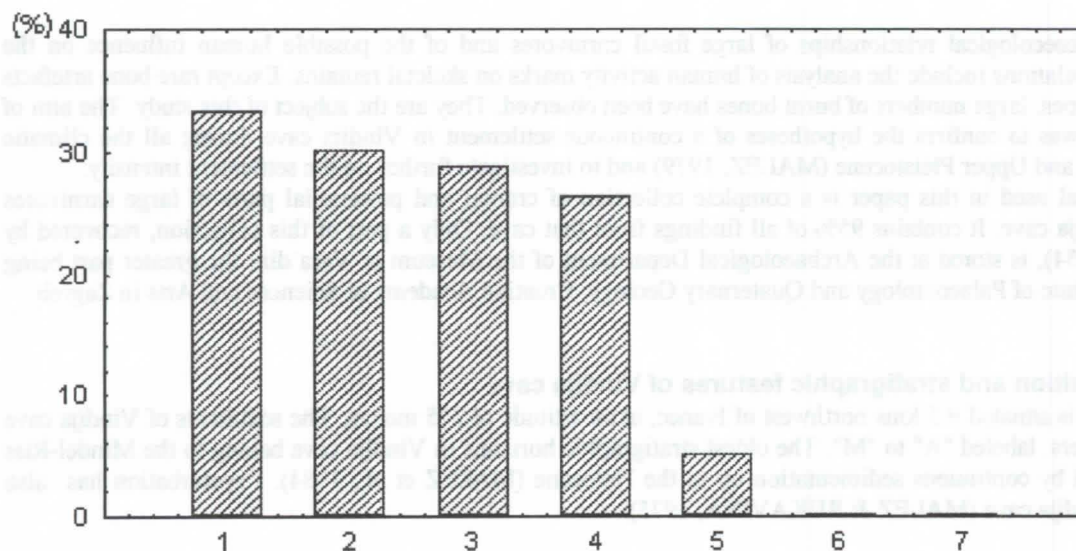


Figure 1. Percentage of burnt bones of certain species in Vindija cave.

- 1 - *Ursus arctos*, 2 - *Ursus spelaeus*, 3 - *Panthera spelaea*,
- 4 - *Canis lupus*, 5 - *Cuon alpinus*, 6 - *Crocota spelaea*,
- 7 - *Panthera pardus*

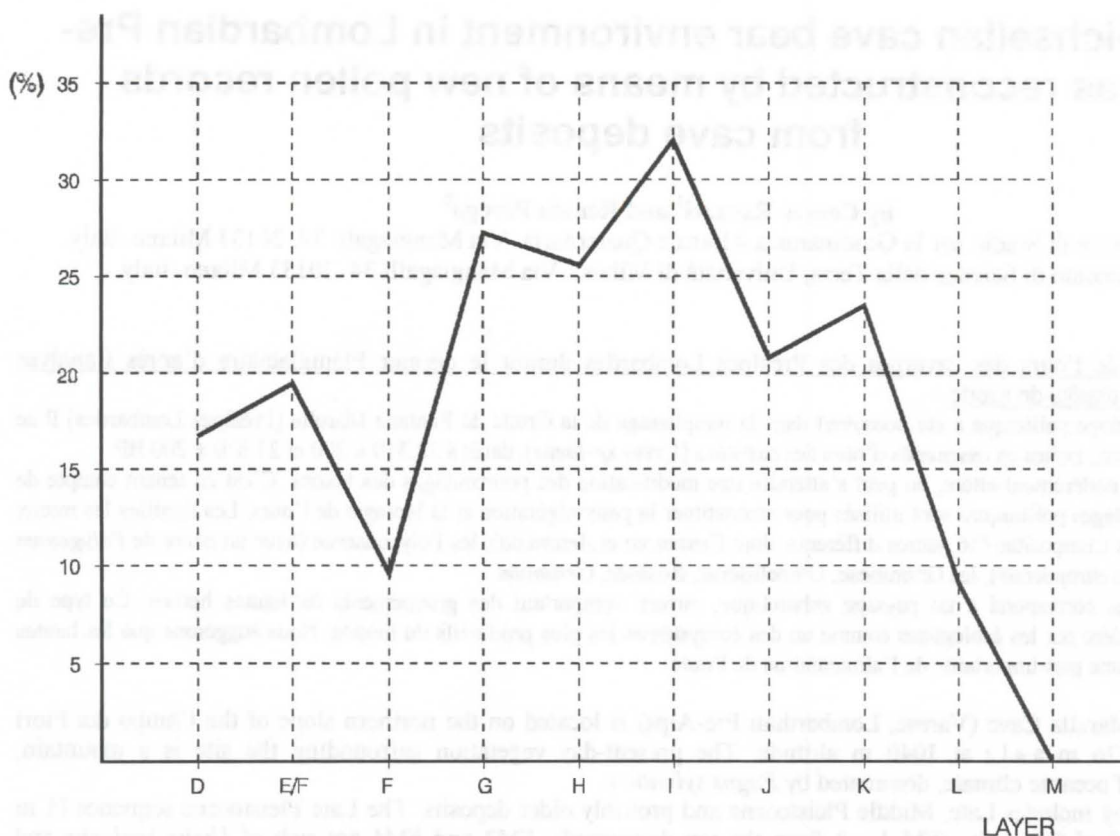


Figure 2. Frequency of burnt bones in the different layers in Vindija cave

#### 4. Discussion and conclusions

Frequency analysis of burnt bones was made, assuming that the proportion of burnt bones in an assemblage was related to the intensity of human settlement. The frequency diagram of burnt bones (Fig. 2) shows that the maximal values correspond to warmer climatic stages, according to the climatic evolution known today (MALEZ et al., 1984). The human settlement intensity in Vindija cave was highest during the sedimentation of layers "G", "H" and "I" (Fig. 2), e.g. from Würm 1/2 to Würm 2/3, where skeletal remains of neanderthals were found. Since all fossil finds in Vindija cave contain 95% of large carnivores, the analysis of burnt bones of other taxonomic groups (Bovidae, Cervidae etc.) could not have influenced much the general trend of burnt bones frequency. Analysis of human settlement can be completed by methods of taphonomic analysis like those suggested by GAMBLE (1986) and MIRACLE (1991). However, remaining questions concerning the human influence in the structuration of these fossil assemblages prevent any definitive conclusion.

#### References

- GAMBLE, C.S. (1986): *The Paleolithic Settlement of Europe*. Cambridge University Press.
- MALEZ, M. (1979): Nalazita paleolitskog i mezolitskog doba u Hrvatskoj.- *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, I, Paleolitsko i mezolitsko doba, "Svjetlost" i Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, 227-295, Sarajevo.
- MALEZ, M. & RUKAVINA, D. (1975): Krioturbijske pojave u gornjo-pleistocenskim naslagama peine Vindije kod Donje Voe u sjeverozapadnoj Hrvatskoj.- *Rad JAZU*, 371, Razr. prir. znan., 17, 245-265.
- MALEZ, M., SIMUNIC, AN. & SIMUNIC, AL. (1984): Geoloki, sedimentoloki i paleoklimatski odnosi spilje Vindije i blize okolice.- *Rad JAZU*, 411, Razr. prir. znan., 20, 231-264.
- MIRACLE, P.T. (1991): Carnivore Dens or Carnivore Hunts? - A review of Upper Pleistocene mammalian assemblages in Croatia and Slovenia.- *Rad HAZU*, 458, Razr. prir. znan., 25, 193-219.
- VUKOVIC, S. (1949): Prethistorijsko nalaziste spilje Vindije.- *Hist. zbornik*, 2, 243-249.
- VUKOVIC, S. (1954): Istrazivanje pretpecinskog terena Vindije.- *Speleolog*, 2/1, 23-29.

# Late Weichselian cave bear environment in Lombardian Pre-Alps as reconstructed by means of new pollen records from cave deposits

by Cesare Ravazzi<sup>1</sup> and Renata Perego<sup>2</sup>

1. C.N.R. - Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria, Via Mangiagalli 34. 20133 Milano. Italy.

2. Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano. Via Mangiagalli 34. 20133 Milano. Italy.

## Résumé

L'environnement de l'ours des cavernes des Préalpes Lombardes durant le dernier Pléniglaciaire d'après l'analyse palynologique des dépôts de grotte

Un riche assemblage pollinique a été découvert dans le remplissage de la Grotte de Fontana Marella (Préalpes Lombardes) Il se divise en deux niveaux, riches en ossements d'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*), datés à  $22.310 \pm 200$  et  $21.810 \pm 200$  BP.

Le pollen étant modérément altéré, on peut s'attendre une modification des pourcentages des taxons. C'est en tenant compte de cela que ces assemblages polliniques sont utilisés pour reconstituer la paléovégétation et la biologie de l'ours. Les familles les mieux représentées sont les Compositae (16 genres différents, dont *Centaurea* et *Artemisia*), les Polygonaceae (avec un genre de *Polygonum* inconnu pour la flore européenne), les Gramineae, Umbelliferae, Rosaceae, *Geranium*.

Cette assemblage correspond à un paysage subarctique, ouvert, comportant des groupements de hautes herbes. Ce type de végétation est considéré par les écologistes comme un des écosystèmes les plus productifs du monde. Nous suggérons que les hautes herbes constituaient une part importante de l'alimentation de l'ours.

The Fontana Marella Cave (Varese, Lombardian Pre-Alps) is located on the northern slope of the Campo dei Fiori Massif (top at 1226 m a.s.l.) at 1040 m altitude. The present-day vegetation surrounding the site is a mountain, deciduous forest of oceanic climate, dominated by *Fagus sylvatica*.

The stratigraphy includes Late, Middle Pleistocene and probably older deposits. The Late Pleistocene sequence (1 m thick) is composed of four units (FM 1 - 4 from the top downward): FM2 and FM4 are rich of *Ursus spelaeus* and micromammal remains, <sup>14</sup>C dated back to  $21.810 \pm 200$  (UZ-2512 / ETH-5198) and  $22.310 \pm 200$  BP (UZ-2513 / ETH-5199), respectively.

The pollen analysis has been carried out on the entire sequence, but the lower levels provided a low pollen concentration (10-40 grains/g), and high deteriorated assemblages, not suitable to produce pollen spectra. The upper units FM1 and FM2 are rich in pollen (13.000 grains/g), but grains show a moderate degree of deterioration, suggesting biased % values (Cichorioideae over-representation). However, the floral composition provides a significant insight on plant communities and cave bear biology. We discuss here the palaeoecological interpretation only in floristic terms. The nomenclature is according to LEEUWEN VAN *et al.*, 1988; MOORE *et al.*, 1991; PUNT, 1984 and STIX, 1960. The most important families are: Compositae (16 different types, including many *Centaurea*: *C. nervosa* type, *C. scabiosa* type, *C. cyanus* type, *Echinops* type, *Aster* type, *Anthemis* type and *Artemisia*), Polygonaceae, Gramineae, Umbelliferae (at least 5 types: *Petroselinum* type, *Eryngium* type, *Pimpinella* type, *Anthriscus-Chaerophyllum* type), Rosaceae, *Geranium*, *Valeriana*, *Knautia*, *Cornus sanguinea* type, *Berberis*. The Fontana Marella palynoflora completely lacks plants now widespread in the Campo dei Fiori vegetation - like beech and chestnut - and is mainly composed by taxa disappeared from its present-day flora (*Artemisia* spp., *Ephedra*, *Polygonum* type *oxyspermum*). We therefore exclude recent contamination by infiltration by dripping water.

This flora is noteworthy rich in herbs which presently constitute high perennial stands in subarctic landscapes (WALTER, 1985). Although the mechanisms of pollen dispersal in caves are difficult to investigate (COLES *et al.*, 1989), and Compositae are normally over-represented (BOTTEMA, 1975), one have to explain how it is possible to concentrate so many different pollen types among few families in the same spectrum. The pollen assemblages from Fontana Marella are remarkably linked to the cave bear-bone-rich beds, i.e. beds without bones (FM 3) are even poor in pollen. This suggests that cave bear was responsible of the pollen dispersal through the cave. A direct transport by cave bear can be understood considering the behaviour of the present-day Siberian bears to sleep in high perennial stands near rivers, and use this vegetation as silage (HULTEN, 1932). High perennials provide one of the highest primary production ecosystem of the word (WALTER, 1985) and might have played an important role in the extinction of cave bear during the Last Glacial Maximum.

## Bibliography

- BOTTEMA, S. 1975. The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to Liguliflorae). *Paleohistoria* 17: 17-35.
- COLES, G.M., GILBERTSON, D.D., HUNT, C.O. AND JENKINSON, R.D.S. 1989. Taphonomy and the palynology of cave deposits. *Cave Science* 16 (3): 83-89.
- HULTEN, E. 1932. Süd-Kamtschatka. Vegetationsbilder, 23. Jena, Reihe, 2 voll.
- LEEUEWEN VAN, P., PUNT, P. and HOEN, P.P. 1988. Polygonaceae. *Rev. Paleobot. Palynol.* 57: 81-151.
- MOORE, P.D., WEBB, J.A. and COLLINSON, M.E. 1991. Pollen analysis. Second Edition. Oxford, Blackwell, 216 p.
- PUNT, W. 1984. Umbelliferae. *The Northwest European Pollen Flora* 37: 155-363.
- STIX, E. 1960. Pollenmorphologische untersuchungen an compositen. *Grana Palyn.* 2(2): 41-128.
- WALTER, H. 1985. Vegetation of the Earth. Springer, Berlin, 318 p.

# La très longue fréquentation de la Balme à Collomb (Entremont-le-Vieux, massif de Chartreuse, Savoie) par l'ours des cavernes

par Michel PHILIPPE

Conservateur Sciences de la Terre au Muséum d'Histoire naturelle  
28 Boulevard des Belges, F-69006 LYON, France

## Abstract

It is well known that Cave bears (*Ursus spelaeus*) have frequently used caves to hibernate. Some of these "hibernation caves" contain large amounts of bones and tracks (claw marks, wallows,...), but it is usually difficult to tell whether this is due to massive use (many animals hibernating at the same time) or to long use (over a long period of time).

The "archeological-type" excavations made in Balme à Collomb Cave from 1989 to 1994 have brought very interesting answers. Carbon datings (with the use of a particle accelerator) show that the cave was used as a hibernating site for a period of time exceeding 21 000 years.

It can be easily understood why the cave contains several thousands of skeletons of Cave bears. If, on average, one animal died in the cave during its hibernation every four years, the cave contains the remains of over 5 000 bears !

## Résumé

Il est bien connu que l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*) a souvent utilisé les grottes pour hiverner. Certaines "grottes à hibernation" recèlent même de grandes quantités d'ossements et de traces (griffades, bauges...) mais il est généralement bien difficile de dire si cela est dû à une fréquentation massive (nombreux animaux hivernant en même temps) ou à une longue fréquentation (échelonnée dans le temps).

Les fouilles de type "archéologique" effectuées dans la Balme à Collomb (commune d'Entremont-le-Vieux, massif de Chartreuse, Savoie) de 1989 à 1994 ont apporté des éléments de réponse fort intéressants à ce sujet puisque des datations absolues par le carbone 14 avec accélérateur de particules indiquent que le laps de temps pendant lequel la cavité a servi de "grotte à hibernation" dépasse les 21 000 ans.

On comprendra alors mieux pourquoi cette cavité renferme des restes osseux de certainement plusieurs milliers d'ours des cavernes. Il suffit qu'en moyenne un seul animal soit mort pendant son hibernation tous les quatre ans pour que la grotte recèle des vestiges de plus de 5 000 ours !

## INTRODUCTION

Parmi les vestiges osseux rencontrés dans les remplissages de grottes, ceux d'ours des cavernes (*Ursus spelaeus* Rosenmüller et Heinrich, 1794) sont incontestablement les plus abondants. Il est bien connu en effet que ces énormes plantigrades avaient une attirance particulière pour les cavités qu'ils utilisaient pour passer, chaque année, les longs mois d'hiver en état de semi-hibernation.

Il serait trop long et fastidieux de donner une liste, même limitée aux "grottes à hibernation" les plus importantes ; c'est par dizaines qu'on les compte dans certaines régions : Pyrénées, Vercors et autres massifs pré-alpins, Jura français mais aussi en Suisse, en Italie, en Autriche...

Et la plupart de ces "grottes à ours" comme on les appelle aussi parfois ne livrent pas seulement quelques vestiges mais recèlent, au contraire, de grandes quantités d'ossements souvent associés à des traces d'activité biologique : griffades, parois polies, bauges... (Koby, 1961 ; Lequatre, 1966 ; Kurtén, 1976 ; Barthe, 1984 ; Rabeder, 1991 ; Bednarik, 1994). A tel point que cela surprend systématiquement les spéléologues qui découvrent fortuitement de telles "grottes à hibernation". Et c'est ce qui continue d'étonner les archéologues ou les paléontologues qui, comme moi, ont eu l'opportunité de fouiller de tels gisements. On

en vient forcément à se demander si cela est dû à une fréquentation massive (nombreux animaux hivernant en même temps) ou tout simplement à une longue fréquentation (échelonnée dans le temps).

A cet égard, la Balme à Collomb constitue incontestablement un excellent exemple et permet d'apporter d'intéressants éléments de réponse.

## L'EXEMPLE DE LA BALME A COLLOMB

La Balme à Collomb s'ouvre au pied de l'imposante falaise urgonienne du Granier dans le Massif de la Chartreuse (fig.1), à 1 700 m d'altitude, au-dessus du village d'Entremont-le-Vieux (Savoie).

Cette grotte, avec ses deux grands porches d'entrée, est connue depuis des temps immémoriaux par les habitants de la vallée des Entremonts. Elle laissait supposer aux spéléologues d'importantes prolongations car c'est à la même altitude et au sein des mêmes formations géologiques que se trouvent les plus grandes cavités naturelles de la région : grotte du Biolet, Trou du Glas, etc... Déjà minutieusement explorée dans les années 1960 par le Spéleo-

Club de Savoie, la cavité n'avait jamais livré son secret jusqu'au jour où, en Novembre 1988, Pierre GUICHEBARON et Marc PAPET parvenaient à débayer une petite galerie encombrée par une trémie instable et découvraient de vastes salles et galeries dont les 300 premiers mètres étaient jonchés d'ossements (fig.2). Ils venaient de découvrir l'une des grottes à hibernation d'ours des cavernes parmi les plus vastes et les plus intéressantes que l'on connaisse à ce jour (PAPET *et al.*, 1991).

### Importance du gisement

Plusieurs éléments font de cette cavité un gisement exceptionnel :

jusqu'à sa découverte il est resté inviolé, tel que les derniers ours l'ont quitté, il y a environ 24 000 ans ;

apparemment fréquenté uniquement par l'ours des cavernes, le gisement renferme une population homogène et très importante (plusieurs milliers d'individus dont les ossements sont répartis sur plus de 3 000 m<sup>2</sup> et peuvent être enfouis dans le sédiment sur une épaisseur de 50 à 80 cm, selon les secteurs) ;

des squelettes pratiquement complets ont été exhumés, ce qui est excessivement rare.

### Des fouilles difficiles mais minutieuses

D'un point de vue scientifique, une telle découverte est enthousiasmante car elle peut permettre de mieux connaître l'ours des cavernes et, surtout, son comportement au cours de sa semi-hibernation. C'est pourquoi, malgré des conditions particulièrement difficiles (1 h à 1 h 30 de marche, chaque jour, pour y accéder,

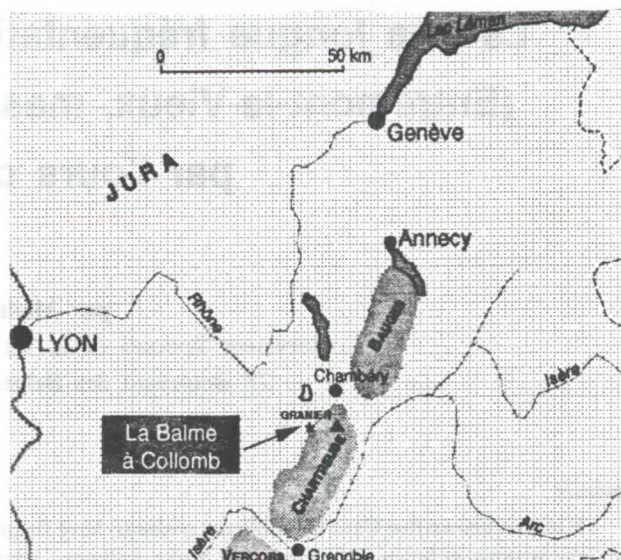


Figure 1 : Situation géographique de la Balme à Colomb.

avec 630 m de dénivelé ; 1,5° C de température dans la grotte, au plus gros de l'été, dans une atmosphère avoisinant 90% d'humidité ambiante...) une équipe pluridisciplinaire s'est rapidement constituée pour fouiller ce gisement, en accord avec les spéléos inventeurs du site, avec la Municipalité à qui appartient la grotte et avec le Service Régional de l'Archéologie.

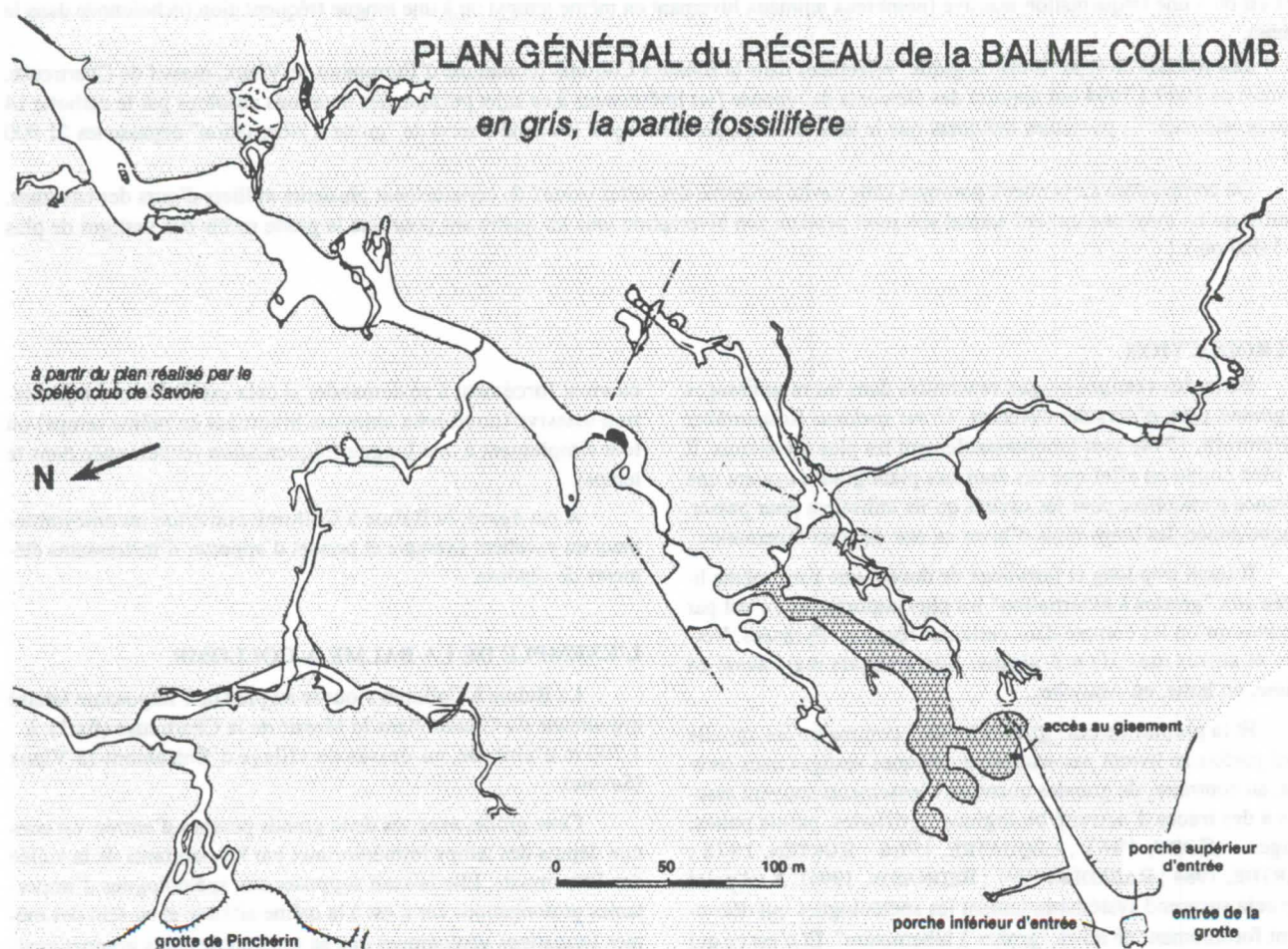


Figure 2 : Plan général du réseau de la Balme à Colomb montrant la partie constituant le gisement paléontologique (en sombre).

Pendant six étés consécutifs, de 1989 à 1994, des fouilles se sont développées dans plusieurs secteurs de la grotte, avec repérage systématique de chaque ossement sur toute la surface exploitée, avec la réalisation de plusieurs grands sondages de reconnaissance stratigraphique (fig.3). La partie fouillée ne représente qu'environ le huitième de la surface totale du gisement. L'objectif était de préserver soigneusement le reste pour permettre ultérieurement d'autres recherches. Malheureusement, par la suite, plusieurs pénétrations clandestines dans la cavité, après effraction de la porte blindée, avec divers actes de vandalisme, ont quelque peu endommagé le gisement.

Les rapports annuels de fouilles ont permis de montrer le développement des travaux sur le terrain et des recherches en laboratoire. Bien que l'étude du matériel paléontologique soit encore loin d'être achevée (une monographie est en préparation) plusieurs notes ont déjà fait état de résultats préliminaires concernant notamment la paléontologie, la taphonomie ou la faune d'accompagnement... (PHILIPPE, 1992 ; PHILIPPE, 1993 ; BALLELIO et PHILIPPE, 1995 ; ARGANT, 1995).

Dans le cadre de ce 1<sup>er</sup> Symposium International d'Archéologie et de Paléontologie en grotte consacré aux "Inursions humaines et animales dans le milieu souterrain" il m'a paru intéressant d'aborder plus particulièrement l'un de ces aspects : celui qui concerne la durée d'occupation de la Balme à Collomb par l'ours des cavernes.

## UNE TRÈS LONGUE FRÉQUENTATION

Il paraît bien évident qu'une telle accumulation d'ossements n'a pas pu se faire du jour au lendemain et tous les quaternaristes s'accordent à admettre que "les grottes à ours" furent généralement occupées pendant de longues périodes. Cependant, il est le plus souvent bien difficile de connaître, avec preuves à l'appui, l'ampleur d'un tel phénomène car les datations absolues obtenues sur de tels vestiges restent encore rares.

### Les aléas d'une chronologie

A la Balme à Collomb, également, nous nous sommes heurtés à bien des difficultés pour obtenir des données chronologiques fiables. Mais l'obstination de l'équipe scientifique a permis d'apporter des résultats déterminants. Qu'en on juge !

A la fin de la première campagne de fouille (1989), deux échantillons osseux avaient été transmis, pour datation par le carbone 14, au "Centre d'Analyses Isotopiques de l'Université de Lyon I". Ils correspondaient à deux prélèvements effectués strictement en surface. Mais la quantité de collagène s'est révélée trop faible pour obtenir des résultats : chacun de ces échantillons n'a fourni, en effet, que 2,5 gr de collagène pour un poids d'ossements respectif de 788 et de 937 gr.

Aussi, au cours des fouilles de 1990, avons-nous effectué un prélèvement plus important et, surtout, correspondant à des esquilles osseuses indéterminables ostéologiquement mais conservées dans la masse argileuse de la couche fossilifère. Nous avons pensé que le collagène aurait ainsi mieux résisté au "lessivage" dû aux ruissellements superficiels. Toutes ces esquilles, (représentant un poids de 850 grammes), provenaient de la couche 1 du sondage du secteur XX (carrés P4, Q4, et R4).

L'analyse de cet échantillon se révéla difficile car sa teneur résiduelle en collagène était très faible. On a pu tout de même mesurer sa teneur carbone qui a été trouvée aussi très basse, voire même nulle, puisqu'en tout cas inférieure à 1,5% de la teneur actuelle : cela a conduit à attribuer à ces ossements un âge minimal :

LY 5373 = supérieur ou égal à 33 000 BP



**Figure 3 : Vue générale d'un sondage de reconnaissance stratigraphique (secteur XX). On notera l'accumulation des ossements d'ours dans la couche fossilifère.**  
(photo M. Philippe)

Ce résultat confirme ce que laissait déjà supposer la faible teneur en collagène, à savoir un très long séjour dans la cavité. D'autant plus que, s'agissant d'un lot d'esquilles recueillies dans toute l'épaisseur de la couche fossilifère, la datation obtenue correspond en fait à un âge moyen de la faune.

Puisque la méthode classique de datation par le carbone 14 n'était pas suffisante, il convenait d'utiliser la méthode plus performante dite "avec accélérateur de particules".

Un ossement provenant de la partie la plus superficielle (-5 cm) du sondage profond effectué en 1991 dans le secteur XVIII (carré W4) fut donc transmis au "Research Laboratory for Archaeology and History of Art" de l'Université d'Oxford (Angleterre).

Quelques mois plus tard nous parvenait ce résultat qui ne semblait pas conforme à celui obtenu précédemment :

LYON 3/OXA 3946 = 24160 ± 370 BP

Dès lors, il était tentant de chercher à obtenir la datation d'un échantillon prélevé vers la base du remplissage fossilifère car, si le résultat était positif, cela permettrait d'avoir une estimation de la durée pendant laquelle les ours des cavernes ont fréquenté cette grotte.

### Un résultat inespéré

Aussi, dès l'année suivante, un autre ossement provenant du même sondage profond (secteur XVIII, carré W4) mais de la base de la couche à ossements (à 75 cm de profondeur) fut donc soumis pour analyse au même laboratoire. Le résultat fut le suivant :

LYON 32/0XA 4576 = supérieur à 45200 BP

Alors que la stratigraphie est très homogène, témoignant d'une hibernation sans discontinuité importante, les deux échantillons soumis à l'analyse (provenant respectivement du niveau le plus inférieur et du niveau le plus récent ; fig.4) indiquent donc que le laps de temps pendant lequel la Balme à Collomb a servi de grotte à hibernation dépasse les 21 000 ans, ce qui ne peut laisser que rêveur. On comprendra alors mieux pourquoi cette grotte renferme des restes osseux de certainement plusieurs milliers d'ours des cavernes. Il suffit qu'en moyenne un seul animal soit mort pendant son hibernation tous les quatre ans pour que la cavité recèle des vestiges de plus de 5 000 animaux !

Certes, il serait bon de pouvoir procéder encore à quelques analyses complémentaires, concernant notamment la "grande salle d'entrée", la "salle de l'ourson" et les niveaux inférieur et supérieur de l'autre grand sondage de reconnaissance stratigraphique (secteur XX). Il est possible d'espérer que cela confirmerait ces premiers résultats ou élargirait encore la longue période pendant

laquelle la Balme à Collomb a été régulièrement fréquentée par l'ours des cavernes.

On peut aussi souhaiter que des investigations effectuées dans d'autres "grottes à hibernation" donnent également des résultats positifs permettant ainsi de savoir si la Balme à Collomb constitue un cas exceptionnel ou si d'autres cavités ont également servi pendant d'aussi longues périodes.

## Références bibliographiques

ARGANT A. 1995 - Un essai de brionchronologie à partir de l'évolution dentaire de l'ours des cavernes ; datation du site de la Balme à Collomb (Entremont-le-Vieux, Savoie, France), *quaternaire*, 6, (3-4) : p. 139-149, 6 fig., 7 tabl.

BALLESIO R. et PHILIPPE M. 1995 - Les Canidés pléistocènes de la Balme à Collomb (commune d'Entremont-le-Vieux, Savoie). *Nouv. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon*, fasc. 33 : p. 45-65, 6 fig., 4 tabl., 3 pl.

BARTHE J.-M. 1984 - L'ours des cavernes, ce familier méconnu. *Spelunca*, 16 : p. 25-28.

BEDNARIK R.G. 1994 - Wall markings of the Cave bear. *Studies in Speleology*, Newburg, 9 : p. 51-70, 4 fig., 4 ph.

KOBY F.E. 1961 - Ce qu'on sait actuellement de l'ours des cavernes, à propos d'une reconstitution plastique en grandeur nature. *Actes de la Soc. jurassienne d'Emulation*, Porrentruy, 2e sér., 64 : p. 199-224.

KURTEN B. 1976 - The Cave bear Story : Life and Death of a Vanished Animal. *Columbia University Press*, New-York, 163 p., 45 fig.

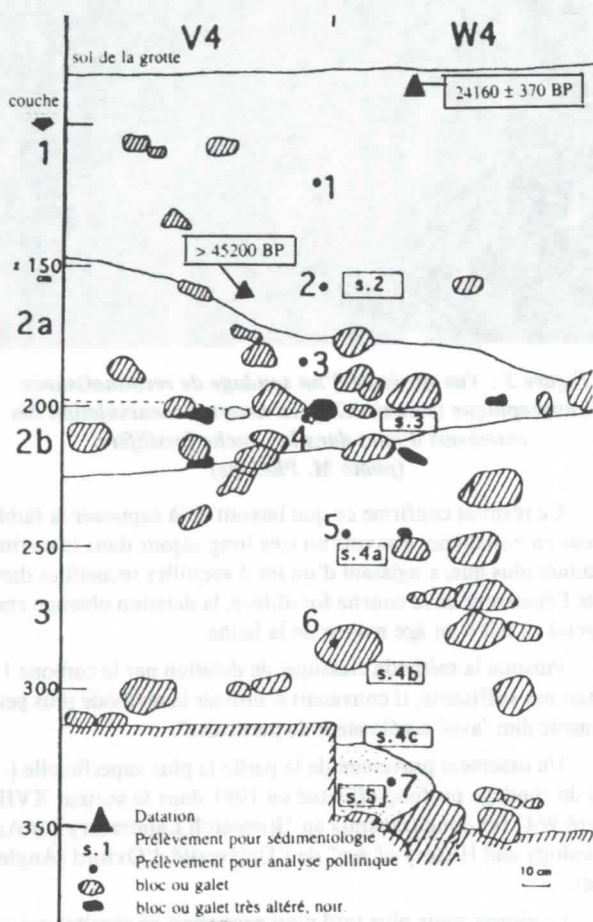
LEQUATRE P. 1996 - La grotte de Prélétang (commune de Presles, Isère). *Gallia-Préhistoire*, IX, (1) : p. 1-83, 49 fig.

PAPET M., GUICHEBARON P., PHILIPPE M. et DECOCK H. 1991 - La Balme à Collomb (commune d'Entremont-le-Vieux, Savoie). *Spelunca*, 42 : p. 13-22.

PHILIPPE M. 1992 - Fouille d'une grotte à hibernation d'ours des cavernes en Chartreuse (Savoie). *Journal Assoc. Paléont. Fr.*, 25 : p. 14-17.

PHILIPPE M. 1993 - L'ours des cavernes de la Balme à Collomb, l'un des plus fabuleux animaux contemporains de l'homme préhistorique. in : *La Savoie avant l'Histoire. Mém. docum. Soc. savoisienne Hist. Archéol.*, 95 : p. 85-94.

RABEDER G. 1991 - Die Höhlenbären der Conturines. *Verlagsanstalt Athesia*, Bozen : 124 p., 29 fig.



Couche 1 : beige clair, argile et cailloutis anguleux à légèrement arrondis ; quelques petits blocs ; couche paléontologique.

Couche 2a : brun plus rouge dans la partie supérieure ; gros galets et petits graviers ; stérile.

Couche 2b : moins rouge que 2a, plus sableux ; petits galets de taille homogène ; stérile.

Couche 3 : beige, avec galets et graviers très serrés, peu de sable. Galets brun noir, certains friables ; passée sableuse importante ; stérile.

**Figure 4 : La coupe du sondage de reconnaissance stratigraphique du secteur XVIII avec positionnement des deux échantillons osseux datés par le radiocarbone.**

# Symmetrische Paarbildungen und Reartikulationen an den Extremitätenknochen des Höhlenbären (*Ursus spelaeus*)

Christian Reisinger,

Institut für Paläontologie, Universität Wien, Althanstr.14, A-1090 Wien, Austria

## Zusammenfassung

Eine große Anzahl von Extremitätenknochen aus der Conturineshöhle ermöglicht die Rekonstruktion von Teilen der Vorder- und Hintergliedmaßen des Höhlenbären. Die Wiederherstellung der ursprünglich in verstreuter Lage befindlichen Elemente ist einerseits durch Reartikulation der Gelenkverbände, andererseits durch Zusammenbringen von paarig vorhandenen Skelettelementen möglich. Verbandfunde lassen sich nicht nur in einer eindeutigen "in situ"-Situation erfassen. Unter dem Begriff Reartikulation wird das Zusammensetzen von dislozierten oder isolierten, jedoch zusammengehörenden Elementen von Knochenverbänden durch Gelenkschluß verstanden. Die Rekonstruktion der Gelenkverbindungen zeigt einen unterschiedlichen Grad an Zuverlässigkeit und Exaktheit.

## Summary

A big number of limb bones from the Conturines cave allows the reconstruction of parts of the fore and hind limbs of the cave bear. The restoration of elements of former scattered situation is possible on the one hand of doing rearticulation of articulated connections, on the other hand of bringing together matched specimen. Associated finds are included in unclear "in situ" situation as well. Therefore, the term rearticulation interpretes the putting together of dislinked or isolated but matched elements of bones by articulated connection. The reconstruction of articulated connections shows a different extent of reliability and precision.

## 1. Einleitung

Die Reartikulation, also das neuerliche Zusammenfügen anatomisch zusammengehörender, jedoch sich nicht mehr im Verband befindlicher Knochenelemente bzw. Knochenfragmente, hat insbesondere in der Archäozoologie große Bedeutung. Das gilt auch für die Befunde von symmetrischen Paaren (engl.: "matched specimen"; frz. "appariements").

Symmetrische Paarbildungen und Reartikulationen ermöglichen taphonomische Aussagen zu einer Fundstelle. Zum Beispiel über die Art der Verlagerung von Sedimenten und/oder der Verteilung von Knochenresten. Auch sind Befunde über die räumliche Verteilung von Knochenresten mit Hilfe von zusammengehörigen Gelenkverbindungen in einer Sedimentabfolge möglich. So weist BECKER (1980:38) darauf hin, daß die Ulna und der Radius des Schweines eine "... Aussage erlauben, wie weit eine "Streuung" von Knochen gelegentlich sein kann...".

Ein anderer Ansatz liegt in der Rekonstruktion über den Modus prähistorischer Schlachtmethode an Tieren, wie zum Beispiel von Moschusochsen (MÜNZEL 1987:22-25). In diesem Fall war es interessant zu erfahren, ob das Gelenk bereits kurz nach der Tötung des Tieres getrennt wurde oder erst später.

Bei der Reartikulation von ganzen Skeletten kann auch das Fehlen von gewissen Skelettpartien zu Aussagen über die Taphonomie und menschliche Betätigungen herangezogen werden (VILLA, HELMER & COURTIN 1985).

Eine wesentliche Voraussetzung für eine korrekte Reartikulation ist ein Verbandfund. Er dient als Vorlage und ist für die Interpretation einer reartikulierten Gelenkverbindung durch direkten Vergleich bedeutsam. Es gilt also zusammen mit dieser Vorlage die feinmorphologischen Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede an den Skelettelementen herauszuarbeiten.

Skelettelemente oder -verbände, die einem Individuum zugeordnet werden können, sind auch durch andere Fundumstände belegbar. Es gibt folgende Möglichkeiten der Zuordnung von zusammengehörenden Knochenelementen in verstreuter Lagerung (KUNST 1992:364, 1993):

- Zusammenfügen von zusammenpassenden Knochenfragmenten

- Zusammenfügen fragmentarischer Knochenartefakte (Schnitt- und Schlagspuren)

- Übereinstimmen bei gleich stark ausgebildeten Abkautungsgrad an Zähnen

- Zusammenfügen von zusammenpassenden Epi- und Diaphysen juveniler Knochen

Und schließlich die beiden erwähnten Möglichkeiten:

- Gelenkschluß zusammengehörender Gelenke (Reartikulation)

- Zusammenführen von paarigen Skelettelementen (symmetrische Paarbildung)

## 2. Material

Die untersuchten Stylo- und Zeugopodien des Höhlenbären stammen aus der Conturineshöhle. Die Fundstelle befindet sich in den Südtiroler Dolomiten in Norditalien und ist derzeit die höchstgelegene Fundstelle von Fossilresten des Höhlenbären in den Alpen (2775 m Seehöhe). Das Höhlenbärenmaterial ist ungewöhnlich gut erhalten (RABEDER 1991). Sehr viele vollständige, und kaum abgerollte Stücke aller Altersstadien sind vorhanden. Das Material aus der Conturineshöhle wird vom Südtiroler Denkmalamt in Bozen (Italien) aufbewahrt. Zusätzlich wurden zu Vergleichszwecken Verbandfunde aus der Herdengelhöhle (RABEDER & MAIS 1985) und der Salzofenhöhle (EHRENBERG 1942) herangezogen. Diese befinden sich in den Nördlichen Kalkalpen in Österreich. Das Höhlenbärenmaterial aus beiden Höhlen wird am Institut für Paläontologie der Universität Wien aufbewahrt.

## 3. Zusammenführen von symmetrischen Paaren

Die Zusammenführung von paarigen Elementen ist eine Angelegenheit, die durch Übereinstimmung der metrischen und feinmorphologischen Eigenschaften (KUNST 1992) durchgeführt wird. Dies läßt sich mit einem relativ hohem Maß an Sicherheit erreichen. Durch idente Merkmale an den Knochenoberflächen läßt sich relativ leicht das diametrale Gegenstück ermitteln.

Die zugrunde liegende Arbeit geht entsprechend ins Detail (REISINGER 1995). Die nachfolgende Auflistung stellt einen



**Abb. 1: Symmetrische Paare von Radii und Ulnae**

Überblick über das Ausmaß der symmetrischen Paarbildungen des Höhlenbärenmaterials dar. Es wurde neben der Anzahl der symmetrischen Paare auch der relative Prozentanteil (in Klammer) an der Gesamtmenge des jeweiligen Skelettelements angeführt:

- 2 Humerus-Paare (17 % der vorliegenden adulten Humeri)
- 4 Radius-Paare (24 %; siehe Abb. 1)
- 6 Ulna-Paare (34 %; siehe Abb. 1)
- 6 Scapholunatum-Paare (28 %)
- 3 Femur-Paare (18 %)
- 5 Tibia-Paare (22 %)
- 3 Fibula-Paare (15 %)
- 6 Astragalus-Paare (24 %)
- 4 Calcaneus-Paare (28 %)

Die relativ hohen Prozentanteile (15 bis 34 %) der oben angeführten Paare lassen auf einen nur geringen Transport der Elemente schließen. Sie wären sonst zu stark verstreut worden und hätten nicht mehr in diesem Ausmaß zusammengeführt werden können.

#### **4. Reartikulation von Gelenkverbindungen**

Über die allgemeinen Aspekte der Arthrologie und die Kinematik von Gelenkverbindungen geben zahlreiche Arbeiten aus der Veterinärmedizin (z.B.: NICKEL, SCHUMMER & SEIFERLE 1992) und der Humanmedizin (z.B.: BENNINGHOFF 1985) Auskunft. Mit der Biomechanik und der Funktionalität der Femora fossiler Ursiden beschäftigte sich auch KUNST (Referat anlässlich der Höhlenbärentagung in Alta Badia 1994; eine Arbeit zu diesem Thema befindet im Druck; siehe Literatur).

Gelenkverbindungen lassen sich unterschiedlich zuverlässig zusammensetzen. Manche Verbindungen sind aufgrund ihrer

exakten Paßform, ihres relativ guten Erhaltungszustandes und ihrer diversen gemeinsamen feinmorphologischen Übereinstimmungen relativ leicht zusammenzufügen. Bei anderen wiederum ist dies schwierig bis unmöglich. In diesen Zusammenhang ist die Arbeit von MÜNZEL (1987:23) zu erwähnen, die anhand von archäologische Skelettfunden von Schweinen und Ungulaten feststellt, daß... "Inkongruente Gelenke mit knorpeligen Zwischenscheiben wie das Kniegelenk und das Kiefergelenk, knorpelige Verbindungen wie Schwanzwirbel und Zungenbein, oder Kugelgelenke wie Schulter- und Hüftgelenk können nicht zusammengepaßt werden." Wie aus den nachfolgenden Beispielen ersichtlich lassen sich bei den Ursiden das Kniegelenk und das Hüftgelenk wenn auch mit Schwierigkeiten sehr wohl zusammenpassen.

Weiters ist anzumerken, daß es von Nutzen ist nach den durchgeführten Reartikulationen zusammen mit einem Mitarbeiter das Ergebnis zu begutachten und zu diskutieren. Eine gemeinsame Überprüfung der zusammengeführten Stücke verringert Fehler durch "Betriebsblindheit" und führt zu einer größeren Genauigkeit der Arbeit. Darüber hinaus ist es ratsam, eine erfolgte Reartikulation eine Zeit "ruhen" zu lassen, um danach mit einem weniger belastetem und freierem Auge das bisherige Resultat zu prüfen.

An den Elementen der Vorderextremität konnten 14, an denen der Hinterextremität sogar 52 Verbände reartikuliert werden (REISINGER 1995). Teilweise konnten sie durch entsprechende symmetrische Paarbildungen ergänzt werden. Als Vorlagen dienten Verbandfunde aus der Herdengel- und der Salzofenhöhle. Aber auch aus der Conturineshöhle (Abb.2) liegt ein Verbandfund vor. Die nachfolgende Liste soll einen Eindruck vom Umfang und der Zusammensetzung des reartikulierten Materials liefern:

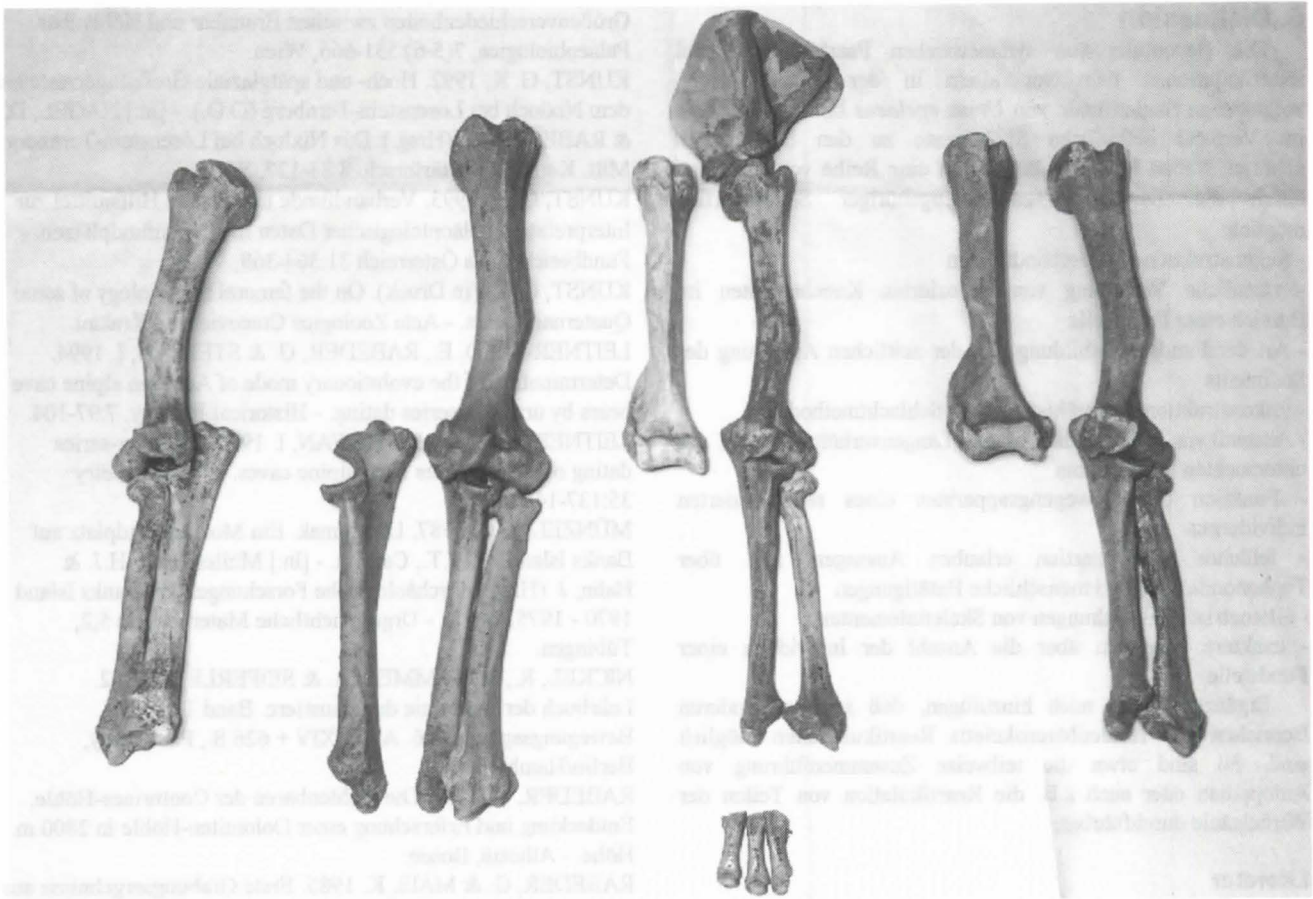


Abb. 2: Vier Humerus-Ulna-Radius-Verbindungen (der zweite von rechts ist ein „in-situ“-Verband)

- 1 Humerus-Ulna-Radius-Scapholunatum-Verband
- 1 Ulna-Radius-Scapholunatum-Verband
- 1 Scapula-Humerus-Ulna-Radius-Metacarpalia-Verband
- (Abb. 2; „in situ“-Verband aus der Conturineshöhle)
- 3 Humerus-Ulna-Radius-Verbindungen (Abb. 2)
- 8 Ulna-Radius-Verbindungen
- 2 Femur-Tibia-Verbindungen
- 1 Pelvis-Femur-Tibia-Astragalus-Verband
- 7 Pelvis-Femur-Verbindungen
- 1 Pelvis-Femur-Tibia-Astragalus-Verband
- 1 Pelvis-Femur-Tibia-Verband
- 1 Pelvis-Femur-Tibia-Fibula-Verband
- 1 Femur-Tibia-Fibula-Astragalus-Verband
- 1 Femur-Tibia-Fibula-Verband
- 4 Femur-Tibia-Astragalus-Verbindungen
- 14 Femur-Tibia-Verbindungen
- 6 Tibia-Fibula-Verbindungen
- 13 Tibia-Astragalus-Verbindungen

Die unterschiedliche Zuverlässigkeit der Reartikulationen an Höhlenbärenknochen soll in der nachfolgenden Übersicht dargestellt werden. Eine eindeutige Bewertung ist schwierig. Man kann sich mit einer relativen Reihenfolge mit abnehmender Zuverlässigkeit der Reartikulation (MÜNZEL 1987:25) behelfen. Die Skelettelemente können auch nach ihrem "Reartikulationspotential" einem der drei folgenden Gruppen zugeteilt werden. Es werden die vom Autor untersuchten Elemente angeführt.

#### Leicht oder gut reartikulierbare Gelenkverbindungen:

- Radius und Ulna (proximales und distales Radius-Ulnar-Gelenk)
- Tibia und Fibula (proximales und distales Tibio-Fibular-Gelenk)
- Tibia und Astragalus (oberes Sprunggelenk)

#### Schwer reartikulierbare Gelenkverbindungen:

- Humerus, Ulna und Radius (vollständiges Ellbogengelenk)
- Pelvis und Femur (Hüftgelenk)
- Femur und Tibia (Kniegelenk)

#### Nicht oder sehr schwer reartikulierbare Gelenkverbindungen:

- Scapula und Humerus (Schultergelenk)
- Humerus und Ulna (unvollständiges Ellbogengelenk)
- Humerus und Radius (unvollständiges Ellbogengelenk)
- Radius und Scapholunatum (oberes Handwurzelgelenk)
- Astragalus und Calcaneus (unteres Sprunggelenk)

Zu der Gruppe der nicht oder nur sehr schwer reartikulierbaren Gelenke wäre anzumerken, daß sie auf der Grundlage von Vorlagen („in situ“-Verbandfunde) nach rein metrischen Gesichtspunkten zusammengeführt werden könnten. Es kann also eine Scapula mit einem ihrem Größenverhältnis entsprechenden Humerus verbunden werden. Diese Vorgangsweise ist jedoch nur bei der reinen Rekonstruktion von Skelettpartien oder auch ganzen Skeletten zu wählen. Rückschlüsse auf taphonomische Verhältnisse lassen sich auf diese Art nicht ziehen. Es handelt sich in diesem Fall um keine „echte“ Reartikulation eines Verbandes.

## 5. Diskussion

Die Bedeutung von symmetrischen Paarbildungen und Reartikulationen liegt vor allem in der Tatsache, daß vollständige Skelettfunde von *Ursus spelaeus* bzw. größtenteils im Verband befindliche Skelettreste zu den Seltenheiten gehören. Neben Rekonstruktionen ist eine Reihe von Aussagen durch die Zuordnung zusammengehöriger Skelettpartien möglich:

- Rekonstruktion von Verbandfunden
- räumliche Verteilung von dislozierten Knochenresten im Bereich einer Fundstelle
- Art der Fundschichtbildung und der zeitlichen Auflösung des Sediments
- Rekonstruktion von prähistorischen Schlachtmethode
- Ausmaß von Körpergröße, Masse, Längenverhältnisse, etc. des untersuchten Individuums
- Funktion des Bewegungsapparates eines rekonstruierten Individuums
- fehlende Skelettpartien erlauben Aussagen: z.B. über Taphonomie oder/und menschliche Betätigungen
- allometrische Beziehungen von Skelettelementen
- exaktere Aussagen über die Anzahl der Individuen einer Fundstelle

Ergänzend wäre noch hinzufügen, daß auch an anderen Bereichen des Höhlenbärenskeletts Reartikulationen möglich sind. So sind etwa die teilweise Zusammenführung von Autopodien oder auch z.B. die Reartikulation von Teilen der Wirbelsäule durchführbar.

## Literatur

BECKER, C. 1980. Untersuchungen an Skelettresten von Haus- und Wildschweinen aus Haithabu. Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu. - 15:1-94, Neumünster.  
BENNINGHOFF, A. 1985. Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen 1. - 14. Aufl., 629 S., München/Wien/Baltimore.  
EHRENBERG, K. 1942. Berichte über Ausgrabungen in der Salzofenhöhle im Toten Gebirge. II. Untersuchungen über umfassende Skelettfunde als Beitrag zur Frage der Form- und

Größenverschiedenheiten zwischen Braunbär und Höhlenbär. - *Palaeobiologica*, 7(5-6):531-666, Wien.

KUNST, G. K. 1992. Hoch- und spätglaziale Großsäugerreste aus dem Nixloch bei Losenstein-Ternberg (O.Ö.). - [In:] NAGEL, D. & RABEDER, G. (Hrsg.): Das Nixloch bei Losenstein-Ternberg. - Mitt. Komm. Quartärforsch. 8:83-127, Wien.

KUNST, G. K. 1993. Verbandfunde und andere Hilfsmittel zur Interpretation paläontologischer Daten in Höhlenfundplätzen. - Fundberichte aus Österreich 31:364-369, Wien.

KUNST, G. K. (in Druck). On the femoral morphology of some Quaternary bears. - *Acta Zoologica Cracoviensia*, Krakau.

LEITNER-WILD, E., RABEDER, G. & STEFFAN, I. 1994. Determination of the evolutionary mode of Austrian alpine cave bears by uranium series dating. - *Historical Biology*, 7:97-104.

LEITNER-WILD, E. & STEFFAN, I. 1993. Uranium-series dating of fossils bones from alpine caves. - *Archaeometry* 35:137-146.

MÜNZEL, S. C. 1987. Umingmak. Ein Moschusjagdplatz auf Banks Island, N.W.T., Canada. - [In:] Müller-Beck, H.J. & Hahn, J. (Hrsg.). Archäologische Forschungen auf Banks Island 1970 - 1975. Teil 2. - Urgeschichtliche Materialhefte 5,2, Tübingen.

NICKEL, R., SCHUMMER, A. & SEIFERLE, E. 1992.

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 1.

Bewegungsapparat. - 6. Aufl., XIV + 626 S., Paul Parey, Berlin/Hamburg.

RABEDER, G. 1991. Die Höhlenbären der Conturines-Höhle. Entdeckung und Erforschung einer Dolomiten-Höhle in 2800 m Höhe. - Athesia, Bozen.

RABEDER, G. & MAIS, K. 1985. Erste Grabungsergebnisse aus der Herdengelhöhle bei Lunz am See (Niederösterreich). - Die Höhle, 36(2):35-41, Wien.

REISINGER, C. 1995. Untersuchungen am Stylo- und Zygopodium vom Höhlenbären (*Ursus spelaeus*, Carnivora, Mammalia). - unveröffentlichte Diplomarbeit, Univ. Wien.

VILLA, P., HELMER, D. & COURTIN, J. 1985. Restes osseux et structures d'habitat en grotte: L'apport des remontages dans la Baume Fontbrégoua. - *B.S.P.F.* 82(10-12):389-412.

# Sur les relations entre l'homme et l'ours des cavernes dans les grottes de Roumanie

Iosif Viehmann

Speological Institute "Emil Racovita" Clinicilor 5, 3400 Cluj, Romania

## Résumé

Le présent article traite du rapport entre les traces de l'ours des cavernes *Ursus spelaeus* et l'homme paléolithique. En s'appuyant sur le matériel examiné, les références concernant la cohabitation homme-ours, on discute le problème de l'éventuelle extinction de l'ours par la chasse et enfin on commente le culte des communautés primitives à l'égard de l'ours des cavernes.

## 1. L'ours des cavernes et l'homme paléolithique

Notre attention a été orientée sur la présence de l'ours des cavernes pendant la période des années 1966-1996 dans 37 grottes du karst roumain; de ce total ont été retenues 12 sites, considérés comme importants pour cette étude.

L'ours des cavernes se répartit dans 7 zones karstiques principales. Énumérées du sud vers le nord, elles sont les suivantes:

- I. La Dobroudja, représenté par la grotte "La Adam";
- II. Le Banat, avec la grotte de Comarnic;
- III. Les monts Capatanii, avec la grotte "Pestera Muierii";
- IV. Les montagnes du Hateg, avec la grotte de Cioclovina;
- V. Les monts Bucegi, avec la grotte de Ialomita;
- VI. Les monts Apuseni, avec la grotte Ursilor de Chiscau;
- VII. Les monts Rodnei, avec la grotte de Tausoare.

Les grottes sélectionnées pour le présent article sont les suivantes :

1. Pojarul Politei, du plateau karstique de Scarisoara, située à 1010 m d'altitude, dans les monts du Bihor;
2. Igrita, à 300 m d'altitude, dans les monts de Padurea Craiului;
3. Magura, à 500 m d'altitude, dans la vallée du Sighistel (monts du Bihor);
4. Intorsuri, Damis, à 700 m d'altitude, dans les monts de Padurea Craiului;
5. Onceasa, à 1000 m d'altitude, dans les monts du Bihor;
6. Ialomitei, à 1500 m d'altitude, dans les monts Bucegi;
7. Comarnic, à 400 m d'altitude, dans les monts du Banat;
8. Tausoare, à 950 m d'altitude, dans les monts Rodnei;
9. Ciur-Izbuc, à 650 m d'altitude, dans les monts de Padurea Craiului;
10. Ursilor, à 500 m d'altitude, dans les monts du Bihor;
11. Coiba Mare, à 800 m d'altitude, dans les monts du Bihor;
12. Ghetarul de la Vartop, à 950 m d'altitude, dans les monts du Bihor.

Certaines altitudes mentionnées sont des cotes approximatives.

La Roumanie aurait à présent un inventaire de 12.600 grottes enregistrées. DE celles-ci, un nombre d'environ 200 ont été décrites comme ayant des gisements et des traces de l'ours des cavernes. Dans leur majorité, ces grottes ont été étudiées par Motil (1950), Bombita (1951), Samson & Radulescu (1963), Terzea (1966, 1973), Jurcsak (1980) Frunzescu *et al.* (1988), Viehmann (1976, 1986), Lascu *et al.* (1996) et d'autres. On estime que le nombre possible des grottes à gisements d'*Ursus spelaeus* en Roumanie serait de plus de 1000.

Nous soulignons le fait qu'à peine quarante de ces grottes environ auraient été visitées ou habitées par l'homme paléolithique. Parmi celles-ci, on peut signaler: La Adam, Astileu, Bordu Mare-Ohaba, Ceorei-Borosteni, Cetateaua Mare,

Cheia, Cioclovina, Climate I et II, Cuciulat-Letca, Gura Cheii-Rasnov, Gura dobrogei-Lilieilor, Hotilor-Herculane, Igrita, Izbucul Toplitei, Lorau-Bratca, Meziad, Moanei, MoeciumMare, Muierii-Baia de Fier, Nandru-Curata, Nandru-Spurcata, Ohaba-Ponor, Rosia-Ciur Izbuc, Targusor-Bursucilor, Topalu-Dobrogea, Vartop-Ghetar et Veteranilor-Dubova.

Un analyse numérique des données présentées permet une conclusion importante: le karst de Roumanie comprend un nombre de 12.600 grottes enregistrées, dont environ 1000 possèdent des gisements d'ours des cavernes tandis que le nombre des grottes dans lesquelles on a prouvé la présence de l'homme contemporain de cet ours est très petit, c'est-à-dire de 28. Autrement dit, les grottes dont on pourrait envisager une cohabitation homme-ours ou la présence avoisinante de l'homme paléolithique, seraient une rareté. Il y a l'opinion selon laquelle le nombre des ours des cavernes aurait été toujours plus grand que celui des hommes de ce temps-là (Weber & Argant, 1993).

Dans le karst du nord de la Grèce on signale la grotte de Petralona (Rabeder & Soukala, 1990) dans laquelle, en plus des ossements d'ours, on a été découvert un crâne d'homme daté de 200.000 ans. En Suisse (Koby & Schaefer, 1961) on connaissait jusque en 1960 une seule grotte à cohabitation homme-ours: Saint Brais II (dans le Jura). En Roumanie cette chose a été prouvée dans peu de grottes, tel que: Igrita, Ialomitei, Ghetarul de la Vartop, Ciur-Izbuc et d'autres. Nous envisageons particulièrement les deux dernières grottes. Dans la grotte Ghetarul de la Vartop des monts du Bihor ont été découvertes trois traces plantaires datées par radiométrie à 26.000 ans (Viehmann *et al.*, 1996). Dans un endroit terminal de la grotte, on a trouvé des ossements de l'ours des cavernes. Dans le cas de la grotte Ciur-Izbuc, dans l'endroit nommé "Sala Pasilor" ont été découvertes plus de 200 traces plantaires humaines imprimées dans le sol argileux de la grotte. On a trouvé dans le même endroit dix empreintes de pas de l'ours des cavernes ainsi que six empreintes "réciproquement chevauchées". Au fond d'un court diverticule de cette salle qui se termine par un colmatage argileux, ont été découvertes d'admirables griffades ainsi que des "boulettes de creusement" formées par l'ours. Après des examens répétés faits dans la même salle, prises de moulages, de mensurations biométriques et de photos (Viehmann, 1987) on n'a trouvé aucune trace d'agression qui aurait été manifestée entre les deux différents occupants de la grotte. Certains auteurs ont exclu une cohabitation homme-ours dans une même grotte (Weber & Argant, 1993).

## 2. Le matériel ostéologique étudié

La grotte la plus étudiée concernant les gisements à ours des cavernes est Pestera Ursilor de Chiscau. Trois découvertes essentielles y ont été faites : sur le bord droit du cours souterrain, on a trouvé un squelette d'*Ursus spelaeus* en connexion anatomique, découverte unique dans le karst roumain. Les os du crâne sont partiellement décomposés par décalcification. On connaît en Europe à peine quelques dizaines

de tels squelettes. Le plancher de cette galerie conserve de splendides griffades qui, par leur perfection, laissent la conviction qu'elles ont été faites tout récemment. Dans l'étage supérieur qui représente d'ailleurs la partie touristique de la grotte, même à l'entrée de la grotte, se trouve la "Galerie des Ours" dans laquelle le sol est départagé entre le chemin touristique en béton et le dépôt d'ossements. Les os ont été apportés et agglomérés ici par le cours d'eau qui sortait jadis de la grotte par cet endroit. La plupart sont concrétionnés dans le sol argileux de la grotte. Jurcsak *et al.* (1980) ont creusé une série de tranchées de sondage stratigraphique ayant pour but de trouver quelques traces de l'homme paléolithique, en vain. Aucun des os examinés (Jurcsak 206 et nous 36 + 7 crânes) n'a présenté de trace d'agression. La présence des divers traces et ossements de l'ours permet de départager ces dépôts en trois périodes:

- le dépôt d'ossements situé dans l'étage de la grotte, le plus ancien;
  - le squelette en connexion anatomique, plus récent;
  - les griffades de la galerie du cours souterrain, les plus récentes.
- L'ours qui a laissé les griffades a pu quitter définitivement la grotte par l'ouverture suivie à présent par la résurgence du cours d'eau.

Dans la grotte de Magura, *Ursus spelaeus* se sentait tout à fait libre et à son aise; il était le maître de la cavité et n'était pas importuné par l'homme. Le toboggan sur lequel se sont amusés les jeunes oursons, ainsi que les traces de fourrures laissées dans le relief argileux de la grotte le prouvent (Viehmänn, 1973). Dans la vallée du Sighistel, où se trouve parmi 7 autres grottes, la grotte Magura, on ne trouve aucune trace qui pourrait témoigner l'influence de l'homme, malgré l'importance des dépôts et des traces d'ours.

La grotte Coiba Mare de Casa de Piatra possède une imposante entrée, qui avec ses galeries secondaires, fossiles et sèches, pourraient constituer un excellent abri pour l'homme préhistoriques. Dans les galeries fossiles ont été découvertes des dépôts d'ossements de l'ours des cavernes en désordre, ainsi qu'un squelette en connexion anatomique (communication verbale de Valenas, 1986). Mais les visites non contrôlées dans la grotte ont complètement effacé toute trace de ce squelette ou perturbé la situation initiale.

Nous envisageons nos observations en liaison avec les remarques et les conseils de Koby (1951, 1961) en tenant compte des actions naturelles qui a travers le temps ont marqué les divers ossements de l'ours des cavernes sans aucune influence humaine.

### 3. La chasse de l'ours des cavernes?

Cette question constitue l'objet principal de cet article. Nous poursuivons les traces de l'ours des cavernes depuis plus de 30 ans et nous les avons retrouvées dans environ une centaine de grottes. Nous nous sommes demandé dès le début comment l'homme contemporain de l'ours aurait-il osé s'attaquer à cet animal quand, dans les temps actuels, sans être muni d'une arme à feu ça lui serait impossible? Il faut voir beaucoup de grottes à ossements d'ours et s'agenouiller souvent pour les examiner en détail. Il faut connaître aussi "l'ours vivant" c'est à dire l'ours brun, *Ursus arctos*, de nos Carpates. On peut comprendre de cette façon que l'homme paléolithique n'aurait pas osé s'attaquer à l'ours des cavernes. Il y a une très riche collection (plus de vingt théories!) pour expliquer l'extinction de ce mammifère, sans être obligé de recourir à la chasse.

Que disait Couturier (Koby, 1961), ce grand connaisseur de l'ours brun?

- il aurait entendu d'un seul cas réussi de capture d'un ours au filet, en 1818;
- la croyance que l'ours des cavernes aurait pu être capturé par des trous-pièges est difficile à admettre, parce que dans les massifs calcaires, on ne peut pas creuser de trou dans le roc.

On analysera par la suite les arguments pro et contra.

### Les représentations pariétales

Celles-ci représentent occasionnellement l'ours des cavernes (Koby & Schaefer, 1961): parmi les 100 dessins, à peine cinq représentent un ours abattu par des flèches. Il faut également reconnaître que l'ours brun présent dans les peintures rupestres est difficile à distinguer de l'ours des cavernes. Ces faits nous mènent à penser que l'ours des cavernes n'a guère été chassé.

### Arguments en faveur de la chasse à l'ours

Il y a un schéma logique toléré d'une façon unanime: des Néandertaliens munis de grosses pierres et de sagaies pourvues de pointes de silex... assommant un colosse beaucoup plus grand qu'un ours des Carpates! Certains auteurs se sont ralliés à cette hypothèse: Abrahamczik (1954), Sleknar (1973), Frunzescu *et al.*, (1988), Lascu *et al.* (1996) et d'autres. Ces auteurs de prestige apportent en faveur de la thèse d'une chasse à l'ours la présence de culture moustérienne dans le voisinage des ossements d'ours et la découverte de quelques traumatismes sure des crânes. Mais la présence de vestiges moustériens associées à des ossements d'ours des cavernes n'implique pas de confrontation directe (Samson & Radulescu, 1963). Lascu & Gligan (1996) insistent sur la validité de la chasse à l'ours des cavernes par l'homme. Cet auteur affirme que les Néandertaliens étaient déjà droitiers, parce que 80% des traumatismes produits se trouvent sur la partie gauche de la tête de l'ours. Le même auteur envisage que les manifestations de culte de l'ours étaient en fait un "rituel de paix" pratiqué par l'homme préhistorique après la mise à mort de l'animal. Leroi-Gourhan (Clot, 1986) attire l'attention sur le fait que cette hâte à vouloir impliquer l'homme dans trop de situations archéologiques observées risque, en suscitant un rejet systématique, de faire mal interpréter une éventuelle découverte où l'homme serait réellement impliqué.

Certains auteurs manifestent leurs doutes à l'égard de l'hypothèse d'une chasse à l'ours des cavernes comme par exemple Terzea (1973) et Ciampoletti (1988).

### L'ours des cavernes ne pouvait-il pas être chassé ?

Auf der Maur & Morel (1995) pensent que les hommes préhistoriques ne chassaient qu'occasionnellement l'ours brun lui-même. Pour les importants dépôts d'ossements d'ours des cavernes découverts dans la grotte de La Balme-à-Colomb (Granier, France), les paléontologistes Weber & Argant (1993) n'acceptent pas l'idée d'une chasse. Un autre érudit, Ehrenberg (Viehmänn, 1973), était également opposé à l'hypothèse qui expliquerait la disparition de l'ours des cavernes par sa chasse. Des observations faites sur les gisements d'ours des cavernes dans les grottes d'Italie ont amené Bani (1988) à rejeter l'extinction de l'ours par la chasse. Chaline (1972) s'oppose à l'hypothèse des "stations alpines des chasse" proposées pour les grottes des Alpes. Barthe (1984) estime qu'il est difficile de croire que les Néandertaliens auraient possédé la technique requise pour une chasse si risquée. L'opinion des autres auteurs tel que Maniu (1951), Koby & Schäffer (1961), Papet & Comas (1993) est aussi contraire à la chasse. Clot (1986) remarque que les fouilles et les recherches effectuées dans la période 1950-1966 n'ont pas conduit à la découverte de témoignages en faveur de l'idée d'une chasse à l'ours.

Un important groupe de chercheurs associent le soi-disant "culte de l'ours des cavernes" à sa chasse.

### 4. Le culte de l'ours des cavernes

Qu'il ait existé ou non, on a attribué à ce culte certaines dénominations: "Höhlenbärenkult" (Woldstedt, 1958), "le culte des crânes" (Chaline, 1972), "le culte des chasseurs moustériens" (Sleknar, 1973) ou, tout simplement "le culte de l'ours" (Lascu *et al.*, 1994, 1996).

L'hypothèse d'un culte pratiqué par les hommes du paléolithique à l'égard de l'ours des cavernes s'est concrétisé après la découverte d'une célèbre fosse-sépulture dans la grotte de Régourdon (Dordogne, au sud de la France). On y a trouvé quelques crânes dans des structures de pierres aménagées. Un autre cas de crânes accumulés se rapporte à 6 crânes trouvés en désordre, découverts dans la grotte d'Erpfingen en Allemagne. La série d'observations dont nous avons fait référence dans l'introduction de cet article nous a souvent donné la possibilité de trouver dans divers endroits un nombre beaucoup plus élevé de crânes par rapport aux squelettes avoisinants. Dans d'autres endroits de la même grotte, il y avait des zones où les crânes manquaient.

Conclusion: les eaux qui ont déplacé et transporté les ossements de l'ours ont agité d'une façon semblable au phénomène de "sélection granulométrique". Les eaux à vitesse faible ont laissé sur place les crânes et le terrain accidenté a pu provoquer leur blocage et leur accumulation.

Lascu *et al.* (1994, 1996) signalent une importante découverte faite en 1987 dans les monts du Bihor dans la grotte Rece: au delà d'un tronçon parcouru en plongée, on a découvert une galerie contenant des débris d'ours des cavernes. Parmi ces débris se trouvaient 4 crânes concrétionnés disposés dans le sol de la grotte. Cette découverte, ajoutée aux autres, a conduit Lascu à faire toute une série de suppositions: "La Croix de Crânes" constituerait une indubitable preuve en faveur du culte. Le culte de l'ours a été déjà envisagé par Eliade, le philosophe de la religion. Il est possible (Lascu *et al.*, 1996) que l'ours des cavernes aurait été leur premier dieu. En admettant une telle interprétation du "culte de l'ours", on peut supposer que les grottes aient été en premier lieu un sanctuaire et seulement bien plus tard utilisées comme abri par les hommes paléolithiques. En retenant les précautions et les réserves exprimées par Koby, Clot et Ehrenberg, qui sont des spécialistes de l'étude de l'ours des cavernes, nous réaffirmons que les accumulations de crânes et d'ossements, avec les marques qu'ils portent, sont des phénomènes naturels; ceux-ci doivent être bien définis avant d'aborder la préhistoire des grottes.

## 5. Conclusions

L'extinction de l'ours des cavernes n'a pas été provoquée par sa chasse; l'homme paléolithique n'était pas capable et n'avait pas besoin d'abattre un tel animal. "Le culte de l'ours", mythologie ou réalité, a pu bien exister et existe encore chez certains peuples actuels. Cette chose ne doit pas être envisagée comme argument en faveur de la chasse à l'ours des cavernes.

## Bibliographie

- ABRAHAMCZIK, W. 1954. Einst-der-Hohlenbar. *Karst und Höhlenkunde* : 83-87.  
 AUF DER MAUR, F., MOREL, P. 1995. Der Braunbär (*Ursus arctos* L.) im Muotatal (SZ). *Stalactite* 45 (2): 130-136.  
 BANI, M. 1988. L'orso delle caverne. *Speleo Club Firenze* 19: 13.  
 BARTHE, J. M. 1984. L'ours des cavernes. *Spelunca* 16: 25.  
 BOMBITA, G. 1951. Mamiferele din glaciariul pesterilor de la Baia de Fier. *Bul. Inst. St. Biol.* VI: 253-299.  
 CHALINE, J. 1972. *Quaternaire*. Doin, Paris. 232 pp.

- CIAMPOLETTI DI, R. 1988. Il cimitero degli orsi. *Speleo Club Firenze* 19: 12.  
 CLOT, A. 1986. Sur les traces des ours anciens. *Acta biol. Montana* 6: 182-206.  
 EHRENBURG, K. 1967. Zum heutigen Stand des Problems intentioneller Deposition eiszeitlicher Bärenlager. *Quartär* 18: 179.  
 FRUNZESCU, D., NICOLAU, A., BACARAN, V. 1988. Consideratii paleontologice asupra *Ursus spelaeus* din peștera Ialomitei. *Buletinul Clubului de Speologie Hades* 1: 15.  
 JURCSAK, T., POLIS, R., IGNAT, D., SERBAN, M., POPA, E. 1980-1981. Date privind fauna fosila a pesterii Ursilor (Muntii Bihor). *Nymphaea* VIII-IX: 161-257.  
 KOBY, F. E. 1951. L'ours des cavernes et les paléolithiques. *L'Antropologie* 55: 3-4.  
 KOBY, F. E., SCHAEFER, R. 1961. Der Hohlenbär. *Veroffent. aus dem Naturhist. Museum Basel* 2: 1-22.  
 LASCU, C., BACIU, F., GLIGAN, M., SARBU, S. 1994. Cave bear worship site in Peștera Rece, Bihor Mountains, Romania. *Theor. Appl. Karstol* 7: 163-172.  
 LASCU, C., GLIGAN, M., Eds. 1996. *Piatra Altarului*. Grafica Goriziana, Gorizia. 76 pp.  
 MANIU, C. 1951. *Ursidele disparute din Transilvania*. B.Sc. Thesis. Babes-Bolyai University. 58 pp.  
 MOTTI, M. 1950. Palaontologische und archaologische Untersuchungen in der Höhlen von Siebenburgen. *Jahrb. ung. geol.* II.  
 PAPET, M., COMAS, F. 1993. L'ours des cavernes. *Bibl. de Travail* 1046: 9-23.  
 RABEDER, G., SOUKALA, E. T. 1990. Morphodynamic analysis of some cave-bear teeth from Petralon Cave (North Greece). *Beitr. paläontol. v. österreich* 16: 103.  
 SAMSON, P., RADULESCU, C. 1963. Cercetari paleontologice in pesterile din Valea Tatarului. *Ocotirea Naturii* 7: 73-83.  
 SKLENAR, K. 1973. Paläolitische und mesolitische Besiedlung der Höhlen des Bohemischen Karstes. *Act. VI Int. Cong. Speleol., Oloumouc*, 1973 VI: 71-76.  
 TERZEA, E. 1966. Particularitatile morfologice ale ursului de peștera și raspândirea sa pe teritoriul României. *Lucr. Inst. de speol. "Emil Racovita"* V: 195-231.  
 TERZEA, E. 1973. La faune quaternaire de la grotte Tibocoia, Bihor. *Trav. Inst. Speol. "Emile Racovita"* XII: 181-189.  
 VIEHMANN, I. 1973. Les traces de vie de l'ours des cavernes dans les grottes des Roumanie. *Livre du cinquanteaire* : 451-461.  
 VIEHMANN, I. 1986. Prehistoric human footprints in the Romanian's caves. *Proceedings of the 9th International Congress of Speleology*, Barcelona I: 99.  
 VIEHMANN, I. 1987. Traces of the cave bear's life. *Trav. Inst. Speol. "Emile Racovita"* XXVI: 73-79.  
 VIEHMANN, I., LAURITZEN, S. E., ONAC, B. P. 1996. The Vartop footprint and his radiometric age. *Karst waters Inst. Spec. Publ.* 2: 170-172.  
 VIEHMANN, I., RACOVITA, G., RISCUTIA, C. 1970. Découvertes tracéologiques concernant la présence de l'homme et de l'ours des cavernes dans la grotte "Ciurului Izbuç" (Roumanie). *Livre du centenaire* : 521-527.  
 WEBER, J., ARGANT, A. 1993. L'ours des cavernes. *Ecol. moderne* 1046: 1-33.

# A biometric comparative study between cave bears from Italian and French caves

by Renata Perego<sup>1</sup> & Michel Philippe<sup>2</sup>

1. Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano. Via Mangiagalli 34. 20133 Milano. Italy.

2. Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon, Bd. des Belges 28. 69008 Lyon. France.

## Résumé

*Etude biométrique comparative de quelques populations d'ours des cavernes des Préalpes Italiennes et Françaises.*

L'histoire évolutive de l'ours des cavernes pendant la dernière glaciation dans les Alpes peut être tracée si l'on considère les différents gisements datés par <sup>14</sup>C. On a effectué un étude biométrique comparative entre différentes populations des Préalpes Françaises et Italiennes, datées entre 22 et 24 ka. Plus de 5000 ossements et dents ont été mesurés et décrits. Dans l'élaboration des données on a tenu compte des unités stratigraphiques. En outre, d'autres gisements, déjà étudiés dans les Alpes (Grotte Generosa, Lombardie; Grottes Fate et Basura, Ligurie; Grotte du Broion, Veneto, etc.), vont être comparés.

Cette présentation concerne surtout l'analyse des variations de la taille des animaux en rapport avec l'âge, la position géographique et l'altitude des gisements. Les différences significatives ont été interprétées comme le résultat de facteurs écologiques contrôlés par les variations du climat au Pléistocène supérieur.

Karstic caves are among the most favourable continental depositional environments to preserve fossil mammal assemblages. In Europe several fossiliferous caves, dating back to the Late Pleistocene, are known. The most abundant species collected from these deposits is cave bear (*Ursus spelaeus*) which has been under study since the last century.

Cave bears were widespread during Late Pleistocene and adapted to mountain environments, reaching also high altitudes. In fact caves with *Ursus spelaeus* remains are known till an altitude of 2800 m a.s.l., e.g. Conturines cave, (Dolomiti, Italy). In the Lombardian Pre-Alps (Northern Italy) 15 fossiliferous caves have been excavated since the last century. The University of Milano has undertaken the study of 4 recently discovered caves. The excavations have been carried out respecting the exact stratigraphical position of any single remain. A multidisciplinary approach (mineralogical composition; pollen analysis; micromammals screening; large mammals biometry, paleopathology, ontogenetic development) has been adopted in order to provide a wide range of informations useful for the paleoenvironmental reconstruction of the surrounding areas.

The evolution history of cave bears during the last glaciation in the Alps can be outlined by comparing <sup>14</sup>C dated cave assemblages from different regions. We present here two mostly coeval paleontological deposits from French and Italian Pre-Alps, located at 1700 and 1040 a.s.l. respectively. At the French site (Balme à Collomb Cave, Savoie), only the uppermost unit (15-25 cm thick) has been excavated, although the fossiliferous deposits are about 1 m thick. The Italian site (Fontana Marella Cave, Varese) is characterized by several stratigraphical fossiliferous levels which allowed the comparison in time of bear populations living in the same region. The material studied is dated back between 22 and 24 ka. More than 5000 bones and teeth have been measured and described; measurements were taken according to Von der Driesch (1976) instructions. The 4 assemblages have been distinguished according to their stratigraphical position. They have been kept distinct during the statistical treatment of the data and the biometric comparison of assemblages.

The material used for this study is recorded in the collections of the *Museum d'Histoire Naturelle*, Lyon (France) and *Museo civico di Storia Naturale di Induno Olona*, Varese (Italy).

The present work focuses mainly on the analysis of body size variations in relation to age, geographic location and altitude of the assemblages. Previous studies (Kurtén, 1965) indicated that changes in body size of large mammals are primary governed by Bergman's Rule; size will increase as the climate becomes colder to compensate body heat-loss. Significant differences can be interpreted as a function of the ecological factors controlled by climate change during the Late Pleistocene.

Next step of this investigation will be a synthesis with data from other caves overall the Alpine chain (Generosa Cave, Lombardy; Fate and Basura Caves, Liguria; Broion Cave, Veneto, etc.), in order to evaluate the impact of Late Pleistocene climate deterioration on the evolution of this species and to contribute through paleontological studies to the reconstruction of the environmental evolution of the Alps.

## Bibliography

- DRIESCH, VON DER A. 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Mus. Bull.* 1. Harvard University, 136 p.  
KURTÉN, B. 1965. The Carnivora of the Palestine Caves. *Acta Zool. Fennica* 107: 1-74.

# Homme et ours des cavernes (*Ursus spelaeus*) au Pléistocène supérieur dans les grottes de l'Arc jurassien de Suisse occidentale: bilan et nouvelles données chronologiques

Philippe Morel

Chemin de Maujobia 8, CH-2000 Neuchâtel, Suisse

François Schifferdecker

Office du Patrimoine historique, Section d'archéologie, Case Postale 64, CH- 2900 Porrentruy 2, Suisse

## Résumé

Les faunes spéléennes du Pléistocène supérieur antérieures au dernier pléniglaciaire et provenant de l'Arc jurassien sont nettement dominées par l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*). Dans certains de ces sites, on relève aussi une présence humaine, signalée par des industries lithiques en général assez pauvres et fortement concassées, moustériennes. Cette contribution a pour but de faire un bilan des sites à ours des cavernes et des gisements archéologiques contemporains connus à ce jour, et de présenter toutes les datations, en partie inédites, les concernant. Les sites à ours jurassiens se placent globalement entre 25 et 40 ka, soit entre les deux derniers pléniglaciaires du Würm.

## Abstract

Upper Pleistocene cave faunas predating the last glacial maximum from sites situated in the Jura mountains are generally dominated by cave bear (*Ursus spelaeus*) remains. Traces of human occupation have been observed in some of these sites, but only in the form of a rather poor and trampled mousterian lithic industry. The aim of this paper is to sum up our knowledge of these palaeontological and contemporaneous archaeological assemblages and to present all relevant dates, most of which have not been published until now. These cave bear sites situated in the western part of the Swiss Jura all seem to date between 25 and 40 ka, i.e. between the two most recent pleniglacial phases of the Würm.

## Introduction

La présence de l'homme et de l'ours des cavernes est bien connue depuis la fin du siècle dernier dans diverses cavités de l'Arc jurassien, et les gisements paléontologiques à ours des cavernes en particulier furent l'objet de nombreuses fouilles, non systématiques et non scientifiques pour la plupart. Si certains gisements sont bien étudiés, la plupart n'avaient jamais été datés. Pour le Paléolithique moyen, les sites archéologiques de l'Arc jurassien et des Alpes se trouvent souvent dans des grottes à ours des cavernes. La présente contribution a pour but d'établir un bref bilan des datations à disposition effectuées récemment sur tous les sites à ours des cavernes du Jura suisse, de discuter la répartition des gisements à ours et des sites paléolithiques, et de leur éventuel lien.

## Datations (voir tableau 1)

Sur les treize datations présentées dans cet article, seules les trois de Cotencher et les deux de Saint-Brais sont publiées (voir texte); les sept autres sont inédites et ont été effectuées sur l'initiative des auteurs et de M. Egloff, archéologue cantonal de Neuchâtel. Les datations conventionnelles (labellées B-) ont été effectuées au laboratoire de l'Institut de physique de l'Université de Berne et celles par AMS (Accelerated Mass Spectrometry, labellées ETH) par G. Bonani à l'Institut de physique des particules de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich.

## Les sites

Tous les sites archéologiques ou paléontologiques présentés sont limités, pour le Jura suisse, aux cantons de Neuchâtel et du Jura. Le Jura vaudois et genevois n'a fourni aucun gisement à ce jour, malgré une intense recherche spéléologique.

### Grotte de l'Ubena

Commune de St.-Sulpice NE, altitude 940 m.

La grotte de l'Ubena se trouve dans la partie supérieure du cours de l'Areuse, à quelque 200 m au-dessus de son cours, dans un petit cirque rocheux. Sur tout son parcours, la grotte est de petites dimensions, et son développement total est d'environ 125 m (GIGON 1976). A diverses profondeurs dans la grotte,

quelques os d'ours des cavernes (aucune autre espèce à signaler pour le Pléistocène) ont été découverts dans le remplissage rocaillieux en 1977 et 1996 (Ph. Morel; Ph. L'Epplatenier). De toute évidence, il n'existe aucune couche d'occupation d'ours des cavernes proprement dite, et on peut penser que la fréquentation de la grotte par cette espèce n'était que sporadique et sans doute rare. La stratigraphie du remplissage est inconnue; les os se trouvaient pratiquement en surface, et aucun indice de présence humaine n'est à signaler (la grotte est sans doute trop petite pour un habitat humain). La datation (inédite) effectuée sur un os d'ours récolté en surface en 1995 a donné un âge de  $33\,030 \pm 420$  années BP.

### Grottes des Plaints

Commune de Couvet NE, altitude 1120 m.

La grotte se trouve dans une petite combe au nord du village de Couvet et s'ouvre à environ 400 m au-dessus du fond de la vallée principale (Val-de-Travers). Elle est facilement accessible depuis le nord, par le plateau de la Brévine. Il s'agit d'une petite cavité de 32 m de développement constituée d'un seul couloir, de dimensions assez importantes, de 3-5 m de largeur pour 2-5 m de hauteur (GIGON 1976). Le gisement est constitué de deux couches ou faciès fossilifères et est scellé par une couche concrétionnée; il s'étend probablement dans toute la grotte, mais n'a été sondé que par une tranchée. Seize pièces lithiques fortement concassées ont été découvertes; elles se rattachent au Moustérien. La faune est principalement constituée d'ours des cavernes, mais neuf autres espèces de grands mammifères pléistocènes et holocènes lui sont associées (JEQUIER 1957, 1975). La datation ( $27\,190 \pm 250$  BP, inédite) a été effectuée sur un os d'ours récolté lors des fouilles que J.-P. Jéquier fit entre 1952 et 1962.

### Grotte de Cotencher

Commune de Rochefort NE, altitude 665 m.

La cavité s'ouvre face au soleil de midi, sur le flanc nord des gorges de l'Areuse, au sud du village de Rochefort. La rivière coule 150 m en contrebas et est difficilement accessible. On accède aujourd'hui à la grotte par le sentier conduisant de la gare

de Chambrelieu à Champ du Moulin. Cette dernière est plus précisément un abri sous roche large de 13 m, profond de 7, donnant accès à une courte galerie large de 11 m en son maximum (GIGON 1976). La stratigraphie correspond à un remplissage de plus de 4 m mis en place à partir du Pléistocène supérieur. Il comporte d'une part, entre 2 et 3 m de profondeur, une couche riche en éléments calcaires altérés et en galets de nature cristalline (couche dite "à galets"); les charbons de bois récoltés dans cette couche ont donné les datations de  $40980 \pm 1150$  BP et  $39720 \pm 1230$  BP. D'autre part, ce remplissage renferme entre environ 3 et 4 m une couche riche en éléments calcaires très altérés et encroûtés de phosphate et de manganèse (couche dite "brune"), dont un charbon a fourni la date de  $43200 \pm 1080$  BP (DUBOIS & STEHLIN 1933; ADATTE et al. 1992). Ces deux couches correspondent à un important habitat hivernal d'ours des cavernes, avec des milliers d'ossements. En outre, une faune pléistocène très diversifiée comptant plus de 60 espèces de vertébrés (DUBOIS & STEHLIN 1933) fait de cette cavité le site paléontologique le plus riche du flanc sud du Jura. En 1964, un fragment de maxillaire humain a été découvert fortuitement dans la couche inférieure (MOLL 1977) et attribué à l'homme de Néandertal (sujet vraisemblablement féminin, de type microdonte) par R. BAY (1981). Le mobilier archéologique, comportant environ 419 pièces lithiques fortement concassées, est rattaché par J.-M. LE TENSORER (1993a) à un Moustérien de type Quina oriental de la basse vallée du Rhône et du Languedoc. Les datations disponibles ayant été effectuées sur des charbons de bois, elles concernent plutôt les occupations humaines que celles de l'ours.

#### Grotte de la Toffière

Commune des Brenets NE, altitude 750 m

La grotte se trouve sur la rive droite du lac des Brenets, au pied d'une falaise. Elle est facilement accessible par le plateau de

Morteau (Doubs, France). L'entrée est un porche de 10 m de hauteur pour environ 15 m de largeur. La grotte est constituée d'un couloir principal généralement large de 3 à 5 m, avec des passages plus étroits, se développant, avec un diverticule, sur quelque 160 m (GIGON 1976; nouvelle topographie de P.-Y. Jeannin en 1985, inédite). C'est sur les premiers 100 m que se trouve le gisement paléontologique connu actuellement; il correspond à une couche argilo-sableuse avec galets, de quelque 70 cm d'épaisseur, recouverte d'une couche d'argile de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur. La faune découverte est composée presque exclusivement d'ours des cavernes, très abondant (ORLANDINI 1971). La grotte de la Toffière est un important habitat d'ours des cavernes, sans doute fréquenté pendant des millénaires. Aucun indice de présence humaine pendant le Pléistocène n'a été observé à ce jour. Deux datations ont été effectuées, l'une conventionnelle sur un kilogramme d'ossements disparates récoltés jusqu'en 1976, qui a produit la date de  $28900 \pm 900$ , et l'autre par AMS, sur un fragment unique récolté dans les déblais en 1994, dont a résulté la date de  $32400 \pm 400$  BP (toutes deux sont inédites).

#### Grottes de Saint-Brais (I et II)

Commune de Glovelier JU, altitude 960 m

Ces cavités, souvent situées à tort sur la commune de Saint-Brais, s'ouvrent au pied des falaises marquant l'extrémité orientale du plateau des Franches-Montagnes. On y accède aussi bien par ce plateau que depuis la vallée de Delémont.

L'entrée inférieure de Saint-Brais I, orientée vers le sud, donne accès à une galerie principale, spacieuse (environ 20 m de longueur par 4-8 m de largeur), d'où partent plusieurs diverticules peu développés (GIGON & WENGER 1986). C'est dans la galerie principale que se trouve un important remplissage de 1,6 m de hauteur comportant 4 couches dont la troisième, principalement, a livré un important matériel paléontologique, relativement

| Cavité                  | Commune         | Altitude | Numéro    | Date | Résultat          | Méthode | Matériel daté   |
|-------------------------|-----------------|----------|-----------|------|-------------------|---------|---|
| Grotte de l'Ubena       | St. Sulpice NE  | 940 m    | ETH-16310 | 1996 | $33030 \pm 420$   | AMS     | Fragment de diaphyse de fémur d'ours des cavernes                   |
| Grotte des Plaints      | Couvet NE       | 1120 m   | ETH-16880 | 1997 | $27190 \pm 250$   | AMS     | Métapode d'ours des cavernes  |
| Grotte de Cotencher     | Rochefort NE    | 665 m    | ETH-4505  | 1989 | $40980 \pm 1150$  | AMS     | Charbon de bois, à -226 cm  |
|                         |                 |          | ETH-4506  | 1989 | $39720 \pm 1230$  | AMS     | Charbon de bois, à -251 cm  |
|                         |                 |          | ETH-4507  | 1989 | $43200 \pm 1080$  | AMS     | Charbon de bois, à -316 cm  |
| Grotte de la Toffière   | Les Brenets NE  | 750 m    | B-2966    | 1977 | $28900 \pm 500$   | conv.   | Environ 1 kg d'ossements de fouilles antérieures                    |
|                         |                 |          | ETH-16311 | 1996 | $32400 \pm 400$   | AMS     | Fragment de diaphyse de fémur d'ours des cavernes                   |
| Grottes de Saint-Brais  | Glovelier JU    | 960 m    | B-837     | 1967 | $30600 \pm 900$   | conv.   | 2848 g d'os de diverses fouilles, de -155 à -185 cm                 |
|                         |                 |          | B-838     | 1967 | $33400 \pm 1700$  | conv.   | 2300 g d'os, -210 à -270 cm   |
| Grotte Cracus           | Undervelier JU  | 780 m    | ETH-14199 | 1995 | $35570 \pm 650$   | AMS     | Fragment de radius, ours des cavernes juvénile                      |
| Bâme aux Pirotas        | Bressaucourt JU | 680 m    | ETH-16879 | 1997 | $24170 \pm 230$   | AMS     | Fragment de métapode d'ours des cavernes                            |
| Bâme de Courtemaiche    | Courtemaiche JU | 403 m    | ETH-15727 | 1996 | $> 36000 \pm 380$ | AMS     | Fragment d'os long de grand herbivore (proie de hyène des cavernes) |
| Bâme de la Roche Tiilôd | Buix JU         | 485 m    | ETH-14919 | 1995 | $26980 \pm 260$   | AMS     | Fragment d'ulna d'ours des cavernes adulte                          |

Tableau 1: liste des sites avec les datations correspondantes et le matériel sur lequel elles sont basées

diversifié mais dominé par l'ours des cavernes, et une maigre industrie lithique fortement concassée, rattachée au Moustérien (Koby 1938; Schmid 1958; Morel 1986). L'ours des cavernes a en outre laissé des traces de lustrage sur certaines parois. Aucun mobilier de cette cavité n'a été daté à ce jour.

L'orifice de Saint-Brais II est orienté, lui, vers l'est et présente un porche de 6 m par 2 m, assez bas et donnant accès à une galerie d'une dizaine de mètres de profondeur et d'environ 7 m de largeur, laquelle se poursuit par un couloir d'une cinquantaine de mètres de longueur. Les fouilles ont surtout été pratiquées dans la galerie principale (Gigon & Wenger 1986). Le remplissage, d'une puissance d'au moins trois mètres, n'a pas été étudié de manière détaillée. Le mobilier paléontologique, peu diversifié, est également très riche en ossements d'ours des cavernes, et compte en particulier une incisive humaine attribuée par F.-Ed. Koby (1956) à l'homme de Néandertal. Six éclats de silex et un racloir forment l'ensemble de l'outillage moustérien. Deux datations conventionnelles ont été effectuées sur des lots d'ossements d'ours provenant de -155 à 185 cm et de -210 à -270 cm de profondeur, la dent, elle, a été trouvée à -2,90 m; elles ont produit les dates de  $30600 \pm 900$  et  $33400 \pm 1700$  BP (Reusser 1967).

#### Grotte Cracus

Commune d'Undervelier JU, altitude 780 m

La grotte Cracus, découverte en 1995 par le Spéléo-Club-Jura (D. Linder et O. Geiser), s'ouvre au sommet d'une falaise située sur les hauts du flanc ouest des gorges du Pichoux, à quelque 250 m au-dessus du fond de la vallée. Elle n'était autrefois accessible aux animaux que par le haut, en passant par une vire aujourd'hui pratiquement disparue, à partir de la bordure nord-est du plateau des Franches-Montagnes. La grotte, non encore complètement topographiée, se développe sur environ 250 m; son couloir d'entrée, de 3-6 m environ de largeur, aboutit après 50 m à une salle, dans laquelle le gisement paléontologique a été découvert (Linder 1987). Celui-ci correspond à une couche sableuse pratiquement superficielle, recouverte d'un éboulis grossier. Elle mesure au moins 1 m d'épaisseur. En 1996, elle fut l'objet d'un sondage (Spéléo-Club-Jura, Ph. Morel, inédit), lequel permit de reconnaître qu'il s'agit sans doute d'un habitat d'ours des cavernes important, avec de nombreux individus. Aucune présence humaine pléistocène n'a été relevée jusqu'à présent dans cette cavité. Une datation (inédite) a été effectuée sur un os d'ours découvert en 1995, et a donné un âge de  $35570 \pm 650$  années BP.

#### Bâme aux Pirotas

Bressaucourt JU, altitude 680 m

La Bâme aux Pirotas s'ouvre dans un banc rocheux sur le côté ouest de la cluse de Vaberbin, à une cinquantaine de mètres au dessus du fond de la combe de Calabri. Elle est facilement accessible depuis l'Ajoie. Il s'agit d'un couloir généralement bas, d'une largeur de 5 m, interrompu en son milieu par un étranglement d'environ 1 m (Gigon & Wenger 1986). Il semble que le gisement à ours des cavernes se soit trouvé dans les sables sous-jacents au plancher stalagmitique de surface, uniquement sur les quelques mètres précédant cet étranglement. Les quelques os découverts pourraient correspondre à une présence anecdotique de l'ours; aucune véritable couche à ossements ne semble exister et aucune autre espèce n'a été relevée pour le Pléistocène (Morel 1986; Kaenel et al. 1987), mais les observations stratigraphiques sont problématiques dans cette cavité largement fréquentée par les blaireaux durant l'Holocène. L'homme ne semble pas avoir fréquenté la grotte, d'ailleurs peu propice, durant le Pléistocène. La datation de  $24170 \pm 230$  années BP a

été tirée d'un os issu des fouilles anciennes de Perronne, de 1923 ou 1924, et le fait qu'il s'agit de la plus récente incite à penser que l'échantillon pourrait avoir été contaminé. Une autre datation avait été effectuée auparavant sur un os d'ours des cavernes des fouilles de P. Bigler des années 1970, elle a produit un âge de  $3605 \pm 60$  (ETH-16312); l'os en question était manifestement contaminé, probablement par imprégnation d'un produit de traitement.

#### Bâme de Courtemaîche

Commune de Courtemaîche JU, altitude 403 m

La Bâme de Courtemaîche est une petite cavité située en rive gauche de l'Allaine, en aval de Porrentruy, et s'ouvrant dans une petite falaise en bordure de la rivière. Il s'agit principalement d'une galerie basse d'environ 5 m de largeur de laquelle partent deux diverticules; son orifice est orienté à l'est (Gigon & Wenger 1976). Le remplissage de cette grotte, de 50 à 60 cm d'épaisseur en moyenne, exploré surtout dans le couloir d'entrée, comporte à sa base une petite strate pléistocène reposant sur le socle calcaire et surmontée d'un limon holocène. Il s'agit d'un repaire de hyènes des cavernes, comme l'indiquent des ossements de ce carnassier et des os rognés et digérés de grands ongulés. La faune est peu diversifiée et correspond au moins en partie aux proies des hyènes (cheval, rhinocéros laineux). Une seule dent d'ours, apparemment spéléen, a été découverte (Morel & Schifferdecker 1987). La date (inédite) de  $>36000 \pm 380$  BP a été obtenue à partir d'un fragment d'os long rogné par la hyène, appartenant à un grand herbivore. La position chronologique de la dent d'ours n'est pas établie avec précision. A ce jour, aucun indice de présence humaine n'a pu être attribué avec certitude au Pléistocène.

#### Bâme de la Roche-Tailô

Commune de Buix JU, altitude 485 m.

Cette cavité s'ouvre sur le flanc gauche (nord-ouest) d'une combe de faible pente. S'ouvrant au sud, le porche de 15 m de largeur par 3 m de hauteur donne sur un vaste abri de forme triangulaire d'une dizaine de mètres de longueur (Gigon & Wenger 1986). Celui-ci se poursuit par un couloir, dégagé en 1994-1995 par le Spéléo-Club Jura (P. Vouillamoz). C'est lors de ces travaux de désobstruction que sont apparus divers ossements d'ours des cavernes et de grands bovidés. Le gisement se trouvait près de l'entrée, dans un éboulis à matrice argilo-terreuse, partiellement humique, et ne semble correspondre qu'à une faible occupation de l'ours des cavernes. Une datation (inédite) a été effectuée sur un os d'ours et a produit un âge de  $26980 \pm 260$  années BP.

#### Critique des données

Il est probable qu'au moins pour les sites où les os dénotent la présence de plusieurs individus, la présence de carnivores, qu'il s'agisse d'ours ou de hyène, s'est étalée sur plusieurs milliers ou dizaines de milliers d'années. Il est donc à souligner que les datations présentées ne sont pas en nombre suffisant, surtout en tenant compte du risque de distorsion des résultats, d'autant plus amplifié que le matériel est ancien et que de surcroît, son âge s'approche de la limite de la méthode du radiocarbone. Pour les datations sur os se pose de plus le problème de la fiabilité des datations sur collagène, qui sont toujours sujettes à caution en raison d'une part de l'impossibilité d'effectuer un traitement chimique destiné à purifier l'échantillon, comme ceux faits sur les charbons, et d'autre part à cause de la nature même de l'os, sujet à des modifications de composition des isotopes qu'il renferme, pour des raisons physiologiques et sans doutes taphonomiques (Taylor 1980). Il est en outre important de

mentionner que le cheminement des échantillons entre le lieu et le moment de la découverte et ceux du traitement pour datation n'a pas toujours pu être maîtrisé entièrement, et il apparaît que les datations aux résultats les plus récents font partie de celles pour lesquelles le temps écoulé entre le prélèvement sur le terrain et l'envoi au laboratoire était le plus long (Plaints, Roche Tiilôd, Pirotas). Si un lien existe entre ces deux faits, la cause exacte de contamination n'est, en l'absence de tout traitement par imprégnation, pas établie, d'autant plus que l'os sec devrait être stable; s'agit-il simplement de contaminations dues aux manipulations? Pour les trois datations conventionnelles, le fait qu'elles ont toutes dû être effectuées sur un grand nombre d'ossements leur confère un caractère de moyenne, plus ou moins représentative selon le degré de perturbation de l'endroit de prélèvement ou de l'épaisseur de la couche échantillonnée. Elles n'ont donc pas la même valeur que celles effectuées par accélérateur, toujours basées sur un seul os. Pour résumer, on peut donc souligner que ces données ne sont à considérer que comme des indications permettant de situer grossièrement la présence de l'ours des cavernes dans l'Arc jurassien de Suisse occidentale, et qu'il sera nécessaire de les affiner par un plus grand nombre de dates.

## Conclusion

Cet ensemble de dates se situe donc grossièrement entre les deux derniers pléniglaciaires du Würm, vers 60000 ans et vers 20000 ans (LE TENSORER 1993b). On sait que l'homme a bien fréquenté la bordure nord du Jura, puisqu'il s'est établi dans d'importants sites de débitage de plein air, comme Pré Monsieur (Alle JU) et Löwenburg (Pleigne JU), vers 60000-70000 ans (DETREY & STAHL GRETSCH 1993; JAGHER & JAGHER 1987), mais, à l'exception peut-être de Cotencher, aucune grotte n'a livré de vestiges archéologiques rapportables à cette période. A Saint-Brais I et II comme à la grotte des Plaints, en raison des perturbations dues aux ours (creusement de bauges) la relation chronologique et stratigraphique entre silex et ossements d'ours datés par le radio-carbone n'est pas établie. Il faut en passant rappeler que la présence de l'homme dans des grottes à ours ne constitue aucunement un indice de rencontre ou de confrontation entre homme et ours, ni de chasse; il est beaucoup plus raisonnable de supposer une présence dans les grottes alternée selon les saisons, l'homme en été et l'ours en hiver.

Si l'on considère la répartition des sites connus, la pénétration de l'ours des cavernes dans l'Arc jurassien s'est effectuée depuis le nord, où les sites sont beaucoup plus nombreux, et est restée limitée à la grande interruption de la chaîne jurassienne que constitue la trouée de Bourgogne (vallée de l'Areuse), à la vallée du Doubs et à la bordure sud de l'Ajoie. Si les sites adéquats existent, il est vraisemblable que des indices d'une pénétration par la vallée de l'Orbe, autre interruption de la chaîne montagneuse, puissent aussi être relevés un jour. Dans la partie est du Jura suisse, les quelques sites à ours des cavernes de la vallée de la Birse (Kohlerhöhle, Liesbergmühle-untere Höhle; Liesberghöhle; Schalberg Höhle 4, voir MOREL 1996), dont aucun n'est daté par le radiocarbone, semblent confirmer l'hypothèse d'une pénétration par les vallées. Quant à l'homme, il semble avoir suivi le même cheminement, et s'être installé dans les sites les plus favorables, généralement peu de temps, sauf à la grotte de Cotencher qui pourrait avoir été plus régulièrement visitée.

## Bibliographie

ADATTE, T., RENTZEL, P. & KÜBLER, B. 1991. Etude minéralogique et sédimentologique du remplissage karstique de

la grotte de Cotencher (Jura neuchâtelois, Suisse). *Eclog. Geol. Helv.*, 84 (3): 671-688.

BAY, R. 1981. Der menschliche Oberkiefer aus der Grotte de Cotencher (Rochefort, Neuchâtel, Suisse). *Arch. Suisses d'Anthrop. Gén.*, 45 (1): 57-101.

DETREY, J. & STAHL GRETSCH, L.-I. (1993): Ateliers de taille de silex moustériens à Alle, Pré Monsieur (JU). *Ann. Soc. Suisse Préhist. Archéol.*, 76: 135-140.

DUBOIS, A. & STEHLIN, H.G. 1933. La grotte de Cotencher, station moustérienne. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, 52-53: 1-292.

GIGON, R. 1976. Inventaire spéléologique de la Suisse I. Canton de Neuchâtel. Commission de Spéléologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, Neuchâtel, 224 pages.

GIGON, R. & WENGER, R. 1986. Inventaire spéléologique de la Suisse II. Canton du Jura. Commission de Spéléologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, Porrentruy, 291 p.

JAGHER, E. & JAGHER, R. (1987): Les gisements paléolithiques de la Löwenburg, commune de Pleigne. *Archéol. Suisse*, 10: 43-52.

JEQUIER, J.-P. 1957. La grotte du Plain. Travail de concours non publié, Gymnase cantonal, Neuchâtel, 84 pages.

JEQUIER, J.-P. 1975. Le Moustérien alpin, révision critique. Eburodunum II, Cah. Archéol. Romande N°2, Yverdon, 126 p.

KAENEL, G., MOREL, P., MÜLLER, F. & SCHIFFERDECKER, F. 1987. Au pied du Lomont, la Bâme aux Pirotas et la grotte de Vabernin. *Archéol. Suisse*, 10 (2): 61-66.

KOBY, F.-E. 1938. Une nouvelle station préhistorique (paléolithique, néolithique, âge du bronze): les cavernes de St-Brais (Jura bernois). *Verhandl. Naturf. Ges. Basel*, 49: 138-196.

LE TENSORER, J.-M. 1993a. Méthodologie et chronologie. In: La Suisse du Paléolithique à l'aube du Moyen Age. Vol. 1: Paléolithique et Mésolithique. Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 15-38.

LE TENSORER, J.-M. 1993b. Le Paléolithique ancien et moyen. In: La Suisse du Paléolithique à l'aube du Moyen Age. Vol. 1: Paléolithique et Mésolithique. Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 119-149.

LINDER, D. 1997. Découverte de la grotte "Cracus" dans le Pichoux. *Stalactite*, Supplément 14: à paraître.

MOLL, H.F. 1977. Découverte d'un maxillaire supérieur humain à la grotte de Cotencher (commune de Rochefort, canton de Neuchâtel, Suisse). *Bull. Soc. Etudes Rech. Préhist. Les Eyzies*, 26: 123-137.

MOREL, P. 1986. Paléontologie et recherches ostéologiques. In: GIGON, R. & WENGER, R.: Inventaire spéléologique de la Suisse II: Canton du Jura. Commission de Spéléologie de la Société helvétique des Sciences naturelles, Neuchâtel, 26-31.

MOREL, P. 1996. Paläontologie, Archäozoologie und Wirbeltierbiologie. In: BITTERLI, T.: Speläologisches Inventar der Schweiz, Band III: Die Höhlen der Region Basel-Laufen. Speläologische Kommission des Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, Basel, 51-58.

MOREL, P. & SCHIFFERDECKER, F. 1987. La Bâme de Courtemaiche. Etude archéologique et paléontologique. *Archéol. Suisse*, 10 (2): 53-60.

ORLANDINI, O. 1971. Découverte d'ossements d'*Ursus spelaeus* et travaux spéléologiques à la grotte de la Toffière. *Cavernes*, 3/1971: 82-84.

REUSSER, P. 1967. Essai de datation de la couche à ours de la caverne de Saint-Brais II par la méthode du radiocarbone (C14). *Actes Soc. Jur. Emul.*, 70: 181-193.

SCHMID, E. 1958. Höhlenforschung und Sedimentanalyse, ein Beitrag zur Datierung des Alpinen Paläolithikums. Institut für Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, Basel, 218 pages.

TAYLOR, R. 1980. Radiocarbon dating of pleistocene bone: toward criteria for the selection of samples. *Radiocarbon*, 22 (3): 969-979.

# Small mammal faunas from karstic fissure fillings

by Thomas Bolliger

Paleontological Institute and Museum of Zurich University, Karl Schmid - Str. 4, CH-8006 Zürich, Switzerland

## Abstract

Karstic sites present the best opportunity of receiving huge amounts of well preserved fossil mammal bones, jaws and teeth to work out statistically the variability of a population concerning e.g. tooth size and morphology. Some troubles may be arising in referring postcranial elements to the tooth-determined species.

There is a danger to use those isolated faunas for stratigraphic purposes as a fissure filling is a lithostratigraphically isolated structure. Furthermore, reworking and infill over a larger period is more common than often believed.

Two different examples of karstic small mammal sites shall be given: first the unusually complex situation in miocene karst of Petersbuch (Fränkische Alb, Bavaria, Germany), second the less problematic case of the pliocene fissure filling of Vue-des-Alpes in the Swiss Jura mountains. Use and "abuse" of karstic faunas are discussed.

## Zusammenfassung

Karstfundstellen bieten die beste Gelegenheit um grosse Mengen gut erhaltener fossiler Säugerknochen, Kiefer und Zähne zu bergen, womit sich statistisch die Variabilität einer Population betreffend Zahngrösse und -morphologie ermitteln lässt. Probleme stellen sich bei der Zuordnung von postcranialen Skelettelementen zu den durch Gebissresten definierten Säugerarten.

Es besteht die gefährliche Versuchung, die isolierten Spaltenfaunen für stratigraphische Zwecke zu verwenden, obwohl Karstspalten lithostratigraphisch isolierte Strukturen darstellen. Zudem sind Prozesse wie Aufarbeitung und Verfüllungen über längere Zeiträume häufigere Phänomene als gemeinhin angenommen wird.

Zwei unterschiedliche Beispiele fossiler Karstfaunen werden präsentiert: zunächst die speziell komplexe Situation in Petersbuch (Frankenalb, Bayern, Deutschland), sodann der diesbezüglich weniger problematische Fall einer pliozänen Karstfauna im Strassentunnel der Vue-des-Alpes im westschweizer Jura. Verwendung und "Missbrauch" von Karstfaunen werden diskutiert.

## 1. Introduction

In the last century researchers of vertebrate paleontology were frequently referring to karstic material, because it was easy to get. Karst localities like Quercy/F (FILHOL, 1882), La Grive/F (DÉPERET, 1887; GAILLARD, 1899), Egerkingen/CH (RÜTIMEYER, 1891; STEHLIN, 1903) or Eichstätt/D (SCHLOSSER, 1902) were already well known at the end of the 19th and beginning of the 20th century. Washing and sieving of sediments were not common methods at the time and the study of very small objects around 1mm size was not easy because microscopes were expensive and rare tools. Therefore, preferably large mammal remains were studied. During the 20th century, paleontologists got more and more interested in fossil small mammals, recognizing their abundance and significance. Methods like chemical treatments and sieving were and still are being developed to get large numbers of small mammal fossils (LEIGGI & MAY, 1994). Karstic faunas turned out to be of a best quality for fossil bones concerning substance preservation and completeness (figure 1), although skeletons are completely disarticulated. Usually, compaction is very low comparing with other fossil sites. Together with the dense fossil accumulations karstic faunas were and are an el dorado for fossil bone hunters and researchers.

For mere morphological descriptions no problems are to be found. But trying to figure out secure data concerning age and homogeneity of faunal assemblages, much care is needed due to the complex generic processes. Karst occurs in limestone areas exposed to weathering. For generation and preservation of infills and fossils, many other factors are needed to be in a suitable range. Famous areas for fossil mammals from fissure fillings in Europe were recently and still are under intense research as shall be mentioned with a short selection: Baixas/F (FAILLAT et al., 1990), Quercy/F (SIGÉ et al., 1991; HAAS, 1995), Vieux Collonges/F (MEIN, 1958; MEIN & FREUDENTHAL, 1981), Wintershof-West/D (DEHM, 1950), Neudorf/CZ (SCHAUB & ZAPFE, 1953), Gargano/I (FREUDENTHAL, 1971) and many other more.

## 2. Generation and infill of karstic fissures

Areas of long exposure without bigger changes in uplift are having the best conditions for karstification, and connected to

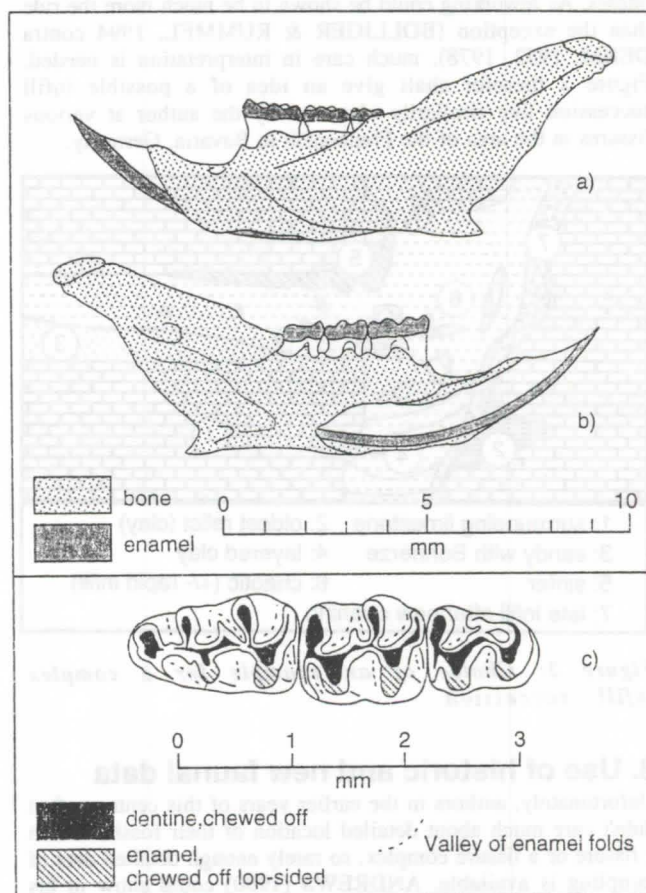


figure 1: Example of a small mammal fossil in a fissure filling: Lower left jaw of a small hamster (cricetid) *Megacricetodon similis* with the incisor and its three molars. Upper miocene (MN8-9) Petersbuch 10 locality; a) labial view, b) lingual view, c) occlusal view.

PIMUZ A/V 2925, paleontological Institute and Museum of Zurich University

this, for preservation of fossil bones in karst fissures. Climatical circumstances are of importance as well, as they strongly influence karstic activity, clay generation and the occurrence of potential fossil fauna. Other factors are soil formation and plant cover. Original layering and structure of the karstified limestone is additionally important, and also tectonic influence such as formation of cracks along which limestone dissolution may occur more rapidly has to be considered. Uplift with forthcoming erosion would lead to destruction of previously formed deposits, thus an inverse uplift after a certain time period (and additionally an eventual sediment cover) may be helpful for a better conservation. But even areas with long permanent exposure could maintain faunas during almost the entire exposed time, as dense clay formations may protect perfectly from oxygen access and penetration of other aggressive substances. Sediment infill occurred in a number of different ways. Although a rapid infill seems to be quite common, it is equally common to have several reworking events afterwards. DEHM (1935) recognized different colours of karst sediment to be referable to different geological periods of infill. His observation was basically true, but unfortunately the situation is much more complex. First of all, the clays represent residual substance of limestone dissolution and in minor quantities of aeolian input and other origin. Due to climatic factors, new substance may additionally form, such as bohrerze (ironhydroxide nodules), different clay minerals, sinter formations, phosphate and silica crusts. There are bohrerzclays, red clays, brown clays, yellow clays, gray clays, sands and all combinations of those phases. As reworking could be shown to be much more the rule than the exception (BOLLIGER & RUMMEL, 1994 contra DEHM, 1952, 1978), much care in interpretation is needed. Figure 2 therefor shall give an idea of a possible infill succession like similarly observed by the author at various fissures in the area of the Frankenalb in Bavaria, Germany.

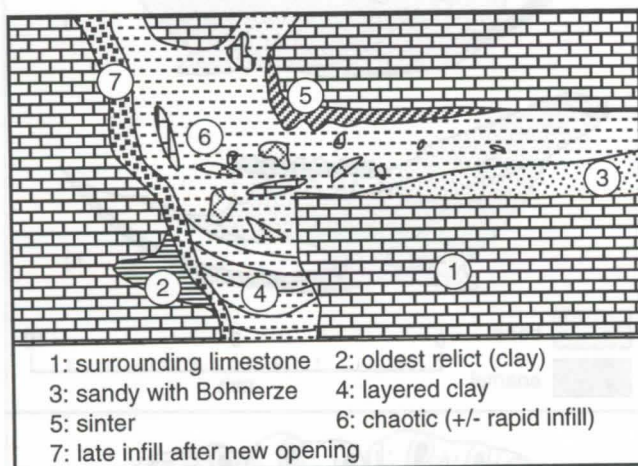


Figure 2: Choice of an example for a complex infill succession

### 3. Use of historic and new faunal data

Unfortunately, authors in the earlier years of this century often didn't care much about detailed location of their fossils within a fissure or a fissure complex, so rarely enough detailed data of sampling is available. ANDREWS (1990) could show in his work about a pleistocene faunal complex, that even if in this case all faunal elements were of pleistocene age, they represent different times even within different climatic and ecologic periods. This problem was also the cause for the fight of MAYO (1987) and VIANEY-LIAUD & LEGENDRE (1986), one blaming another concerning their attitude towards a possible faunal inhomogeneity of the Quercy localities. Much care is really needed. Although often strange foreign elements can be found within a well defined karstic faunal complex, I would not

say, therefore the fauna to be invaluable as some "purists" will suggest. But for more security, I would strongly recommend to avoid use of any really rare elements regarding stratigraphy, as will be shown in the examples of Petersbuch. New collections should be studied always with adequate additional information such as drawing of the situation, detailed mapping, fotos, further geological data etc.

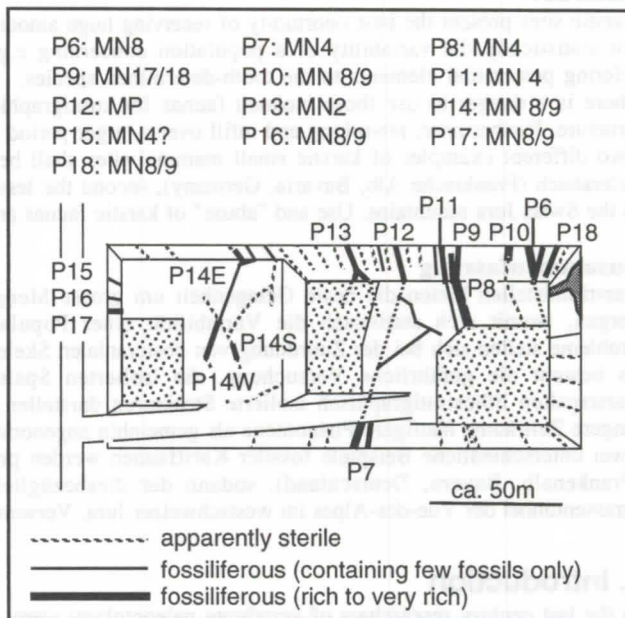


figure 3: Density and age of some fissures in Petersbuch (Frankenalb, Bavaria). Modified after BOLLIGER & RUMMEL (1994).

### 4. The example of miocene karstic faunas in Petersbuch, Bavaria

The region of the Fränkische Alb between Eichstätt and Weissenburg (figure 4), situated in Upper Jurassic white limestone (Malm  $\delta$ ) is one of the richest in fossiliferous fissure fillings. Due to immense activities of quarries ("Treuchtlinger Marmor", "Frankenschotter"), a large area is well searched for fissure fillings. Those data have been published in many papers (e.g. DEHM, 1978; HEISSIG, 1978). Recent quarries near Petersbuch revealed a density of fossiliferous fissures like never seen before. Not only their huge number was uncommon, but also the fact, that lower oligocene, lowest, lower, middle and upper miocene as well as pleistocene faunas are represented (figure 3). Sometimes there was even a succession (with huge hiatus) within one single fissure. As could be stated by BOLLIGER & RUMMEL (1994), many of those faunal complexes, even when carefully sampled, showed a slight mixing of faunal elements. Further on, a significant change in faunal distribution within a different place of sampling in far less than one meters distance was found.

Severe problems occur in cases of slight age differences of mixed faunas. Usually in such a situation, separation will not be done, so the assemblage will be treated as one single faunal complex and thus leading to wrong conclusions.

### 5. The example of pliocene karstic fauna of Vue-des-Alpes, Swiss Jura mountains

It was mere luck to discover the pliocene fauna in the pilot tunnel of Vue-des-Alpes in western Switzerland (figure 4), as described in BOLLIGER et al. (1993). Although the density of fossils was rather weak and only a small amount of sediment could be recovered, a fauna of about 200 small mammal teeth

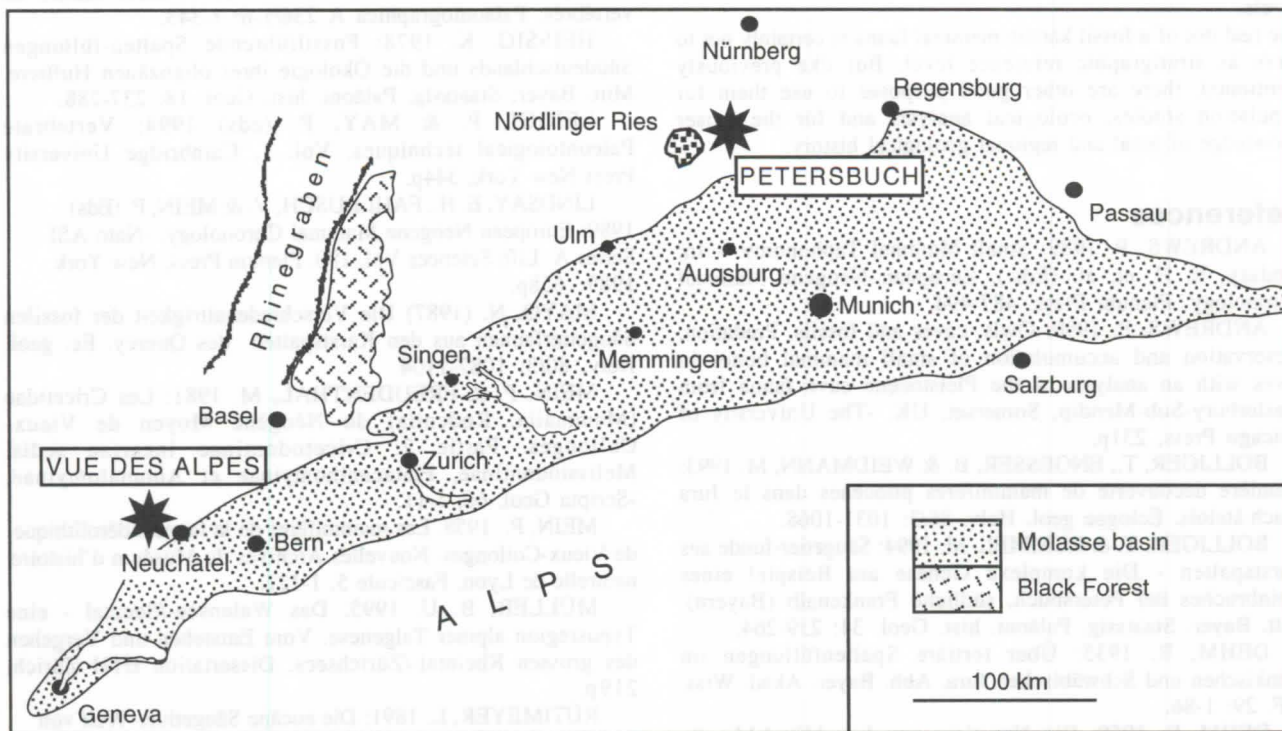


figure 4: Location of the two discussed examples of fissure fillings (Petersbuch and Vue des Alpes)

and a few bone and jaw fragments finally could be studied. The location of the outcrop in the tunnel of Vue-des-Alpes was situated 310m from the south portal, where a sediment cover of about 100m of Upper Jurassic limestone is present. Even so this fauna had been transported quite deep inside the mountain, no obvious inhomogeneity could be found. This deep position of the fauna is probably the cause for sorting of the material causing a lack of remains bigger than some millimeters. There were further fissures found in the profile of the tunnel, but they yielded completely different sediments and no fossils at all, so this discovery stayed unique. No karstic fauna had been reported from this area before and no one of pliocene age like this one had been discovered even in a larger area around, or anywhere else in Switzerland. But some relictic sediments at the surface in the area nearby are supposed to have a pliocene age according to LINIGER (1967). Another possibly pliocene karstic system has been recently described from the Walensee-area in Switzerland by MÜLLER (1995), but no faunal remains could prove this suggestion so far. The fauna of Vue-des-Alpes thus fills a gap of knowledge of small mammal development in Central Europe in pliocene times, where findings are relatively scarce. No more conclusions concerning paleoecology other than the guess of a supposedly woody or bushy landscape can be done. According to the global climatic record, there were slightly warmer conditions comparing to nowadays. If the small mammals are not in a reworked position, they indicate a post-tectonic age of Jura mountain folding. This folding event thus must have occurred between 10 and 3 Million years (BOLLIGER et al. 1993).

## 6. Scientific potential of karstic faunas

Detailed studies of fossil small mammal assemblages in karstic caves and fissures allow to reconstruct to a certain extent the circumstances that lead to the accumulation. Special care about geological conditions and knowledge of the three-dimensional shape of the karstic structure are enormously helpful to come closer to a very probable explanation and interpretation of the situation found. ANDREWS (1989, 1990) showed how to differentiate weathering damage from predator modifications.

Sometimes, a certain ecological interpretation will be possible, when it may be concluded that predators were not just causing a selection of the existing total living stock. The distribution of age in fossil populations may give answers to such questions of natural distribution or not. Further remains like those of lizards, snakes, fishes, invertebrates (mollusks, insects) or even seeds of plants can give additional information as well. It is important to try to keep in mind all helpful methods, often leading to interdisciplinary work, as it was the case in the study of the karst in Vue-des-Alpes. For morphological analysis of the variety from populations of definite species, karstic faunas give a good opportunity. Dating of a karstic fossil assemblage, although difficult, may help to view the story of karstification, infill, and even tectonic events in a closer time frame.

## 7. Conclusions

Sedimentary infill processes are often much more complex than believed. Karstic faunas can offer several informations concerning cave formation processes, climatic conditions, age, geographic faunal distribution and in situ living faunas (predators, bats etc.). Much care has to be taken when coming to an interpretation; but even doubtful hints are allowed to be mentioned as long as they are clearly stated as being doubtful. We should be very careful and better avoid the use of karstic faunas as (local or regional) time-reference levels, as we will almost never have a proper time control in karst situations. Reference faunas always should be considered in profiles as we find them for instance in the Molasse basin. Even there we should see to choose the ones in good profiles with the possibility of receiving geomagnetic, radiometric and other data as well, and rather avoid those from an isolated situation as it is e.g. often the case in many localities from pits, especially in the bavarian Molasse. Thus reference-levels like those for the European paleogene mammal faunal zone MP14: Egerkingen (SCHMIDT-KITTLER, 1987) or the European neogene mammal faunal zone MN3: Wintershof-West (LINDSAY et al., 1989) should be replaced by stratified sites as

soon as we have knowledge of adequate ones of these time-levels.

The real use of a fossil karstic mammal fauna is certainly not to serve as stratigraphic reference level. But like previously mentioned, there are other good purposes to use them for population studies, ecological analysis and for the closer knowledge of local and regional geological history.

## References

- ANDREWS, P. 1989: Small Mammal Taphonomy. - In: Lindsay, E. H. et. al. (Eds.). *European Neogene Mammal Chronology*. Plenum Press. 487-494.
- ANDREWS, P. 1990: Owls, caves and fossils. Predation, preservation and accumulation of small mammal bones in caves with an analysis of the Pleistocene cave fauna from Westbury-Sub-Mendip, Somerset, UK. -The University of Chicago Press, 231p.
- BOLLIGER, T., ENGESSER, B. & WEIDMANN, M. 1993: Première découverte de mammifères pliocènes dans le Jura neuchâtelois. *Eclogae geol. Helv.* 86/3: 1031-1068.
- BOLLIGER, T. & RUMMEL, M. 1994: Säugetier-funde aus Karstspalten - Die komplexe Genese am Beispiel eines Steinbruches bei Petersbuch, südliche Frankenalb (Bayern). *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 34: 239-264.
- DEHM, R. 1935: Über tertiäre Spaltenfüllungen im Fränkischen und Schwäbischen Jura. *Abh. Bayer. Akad. Wiss. N.F.* 29: 1-86.
- DEHM, R. 1950: Die Nagetiere aus dem Mittel-Miocän (Burdigalium) von Wintershof-West bei Eichstätt in Bayern. *N. Jb. f. Min., Geol. u. Paläont. Abh.* 91 B, 321-428.
- DEHM, R. 1952: Spaltenfüllungen als Lagerstätten fossiler Landwirbeltiere. *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges.* 103: 101-102.
- DEHM, R. 1978: Neue tertiäre Spaltenfüllungen im süddeutschen Jura. *Mitt. Bayer. Staatsslg. hist. Geol.* 18: 289-313.
- DÉPERET, Ch. 1887: Mammifères miocènes de la Grive-Saint-Alban. *Arch. du Mus. de Lyon* 6, 64-68.
- FAILLAT, J.-P., AGUILAR, J.-P., CALVET, M. & MICHAUX, J. 1990: Les fissures à remplissages fossilifères néogènes du plateau de Baixas (Pyrénées-Orientales, France), témoins de la distension oligo-miocène. *C. R. Acad. Sci. Paris, Tome 311, Série II*, 205-212.
- FILHOL, H. 1882: Mémoires sur quelques mammifères des phosphorites du Quercy. *Ann. Soc. phys. et nat. Toulouse*.
- FREUDENTHAL, M. 1971: Neogene vertebrates from the Gargano Peninsula, Italy. *Scripta Geologica* 3, 1-10.
- GAILLARD, C. 1899: Mammifères miocènes nouveaux ou peu connus de la Grive-Saint-Alban (Isère). *Arch. Mus. sci. nat. Lyon* 7b, 1-79.
- HAAS, W. (Ed.) 1995: Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de vertébrés. *Paläontographica A* 236/1-6: 1-343.
- HEISSIG, K. 1978: Fossilführende Spalten-füllungen Süddeutschlands und die Ökologie ihrer oligozänen Huftiere. *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 18: 237-288.
- LEIGGI, P. & MAY, P. (eds) 1994: *Vertebrate Paleontological techniques*. Vol. 1. Cambridge University Press New York, 344p.
- LINDSAY, E. H., FAHLBUSCH, V. & MEIN, P. (Eds) 1989: *European Neogene Mammal Chronology*. -Nato ASI Series A: Life Sciences Vol. 180. Plenum Press, New York 1989. 658p.
- MAYO, N. (1987) Die Verschiedenartigkeit der fossilen Säugetierfaunen aus den Karstspalten des Quercy. *Ec. geol. Helv.* 80/3: 1087-1104.
- MEIN, P. & FREUDENTHAL, M. 1981: Les Cricetidae (Mammalia, Rodentia) du Néogène Moyen de Vieux-Collonges. *Partie 2: Cricetodontinae incertae sedis, Melissiodontinae, Platacanthomyinae et Anomalomyinae*. -*Scripta Geol.* 60, 1-11.
- MEIN, P. 1958. Les mammifères de la faune sidérolithique de Vieux-Collonges. *Nouvelles Archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon, Fascicule 5*, 1-122.
- MÜLLER, B. U. 1995: Das Walensee-/Seeztal - eine Typusregion alpiner Talgenese. Vom Entstehen und Vergehen des grossen Rheintal-/Zürichsees. *Dissertation ETH Zürich*, 219p.
- RÜTIMEYER, L. 1891: Die eocäne Säugethier-Welt von Egerkingen. *Abh. der schweiz. Pal. Ges.* 18: 1-153.
- SCHAUB, S. & ZAPFE, H. 1953: Die Fauna der miozänen Spaltenfüllungen von Neudorf an der March (CSR). *Simplicidentata. -Sitzungsberichte Österreich. Akad. d. Wiss.* 1, Abh. 162/3, 181-215.
- SCHLOSSER, M. 1902: Beiträge zur Kenntnis der Säugetierreste aus den süddeutschen Bohnerzen. *Geol. u. Pal. Abh.* 5/3: 117-144.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (ed.) 1987: *Int. Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleoecology of the European Paleogene - Mainz, February 1987*. *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen München* 10, 312p
- SIGÉ, B.; AGUILAR, J.-P.; MARANDAT, B. & ASTRUC, J.-G. 1991: Extension au miocène inférieur des remplissages phosphatés du Quercy. La Faune de vertébrés de Crémat (Lot, France). *Geobios* 24/4: 497-502.
- STEHLIN, H. G. 1903: Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. *Critischer Catalog der Materialien. Erster Teil: Die Fundorte, Die Sammlungen. Chasmothorium. Lophiodon*. *Abh. der schweiz. Pal. Ges.* 30: 1-445.
- VIANEY-LIAUD, M. & LEGENDRE, S. (1986): Les faunes des phosphorites du Quercy: Principes méthodologiques en paléontologie des mammifères; homogénéité chronologique des gisements des mammifères fossiles. *Eclogae geol. Helv.* 79/3: 917-944.

# Reconstructing the chronology of White Rocks Cave using fluorine dating: a methodological overview

by Terence Dante Capellini

Department of Anthropology, Kent State University, Kent, Ohio 44242-0001 USA

## Abstract

White Rocks is a stratified multicomponent cave site in Ohio with a large white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) assemblage. This assemblage has been chosen to examine diachronic changes in morphology using biometric data. Like most cave sites, the stratigraphy is broken and nonuniform. This paper provides a method to reconstruct the chronology of White Rocks Cave using fluorine dating of deer bone. Once the chronology is established, subsequent studies can be undertaken. A consideration of the diagenetic factors affecting fluorine content is also provided. These techniques can be applied to similar conditioned cave sites.

## 1. Introduction

Cave sites yield paleontological and archaeological fauna that can be utilized in human and animal paleoecological studies. White Rocks is a stratified multicomponent cave site in Monroe County, Ohio. Currently, a North American white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) skeletal assemblage from the cave is being studied using morphometric methods in order to discern clinal variation in body size and morphological evolution for the species. However, reevaluation of the site has shown several problems pertaining to site stratigraphy and chronology, rendering White Rocks virtually useless in such an analysis. This paper explores these taphonic and taphonomic problems. The relative dating method - fluorine analysis by ion selective electrode - will be used to reconstruct site stratigraphy and chronology. Included in this study is the identification of diagenetic factors affecting skeletal part representation and fluorine levels in recovered bone. Understanding the nature of the white-tailed deer bone assemblages at White Rocks through such a taphonomic perspective allows for its facilitation in paleoecological studies. Furthermore, the methods to be presented are applicable to any archaeological cave site where stratigraphy and chronology are poorly discernable.

## 2. Background on White Rocks Cave

White Rocks Cave is located 4.83 km south of the town of Beallsville in Monroe County, southeastern Ohio. It is situated on an eastern fork of Piney Fork, a Sunfish River tributary, that eventually flows into the Ohio River (Figure 1.) Tributaries such as these twine through the entire region producing an upland with sharp, deep and steep topography. This environmental setting is in marked contrast to the smoother, lower relief terrain of most other regions within Ohio. The cave faces southwest and has dimensions of 27 m in length by 14 m in width at its largest expanses. Cave depth is undetermined because excavations never reached bedrock material (ORMEROD 1983).

Geographically, the site is found in the heavily wooded, deeply dissected Unglaciated Appalachian Plateau approximately 305 m above sea level. The surrounding hilly terrain reaches approximately 366 m in elevation. Geologically, White Rocks is part of the Washington Formation outcrop in the Dunkirk Group of the Permian system (BOWNAKER 1981). The unit is characterized by a sequence of sandstone and siltstone, with smaller quantities of limestone, shale, coal, and clay (ORMEROD 1983:5). White Rocks is dissected from the prevalent white sandstone level occurring between two layers of coal giving the site its name (ANDREWS 1874). Sedimentologically, the major constituents of the site matrix are those typifying the surrounding stratigraphic sequence with variable rates of sediment deposition.

The site was originally excavated in 1974 by Kent State University archaeologists Olaf Prufer and Orrin C. Shane.

Excavations had two objectives: (1) to assemble a chronological sequence for southeastern Ohio; and, (2) to obtain materials that were penecontemporaneous with a nearby site called Raven Rocks.

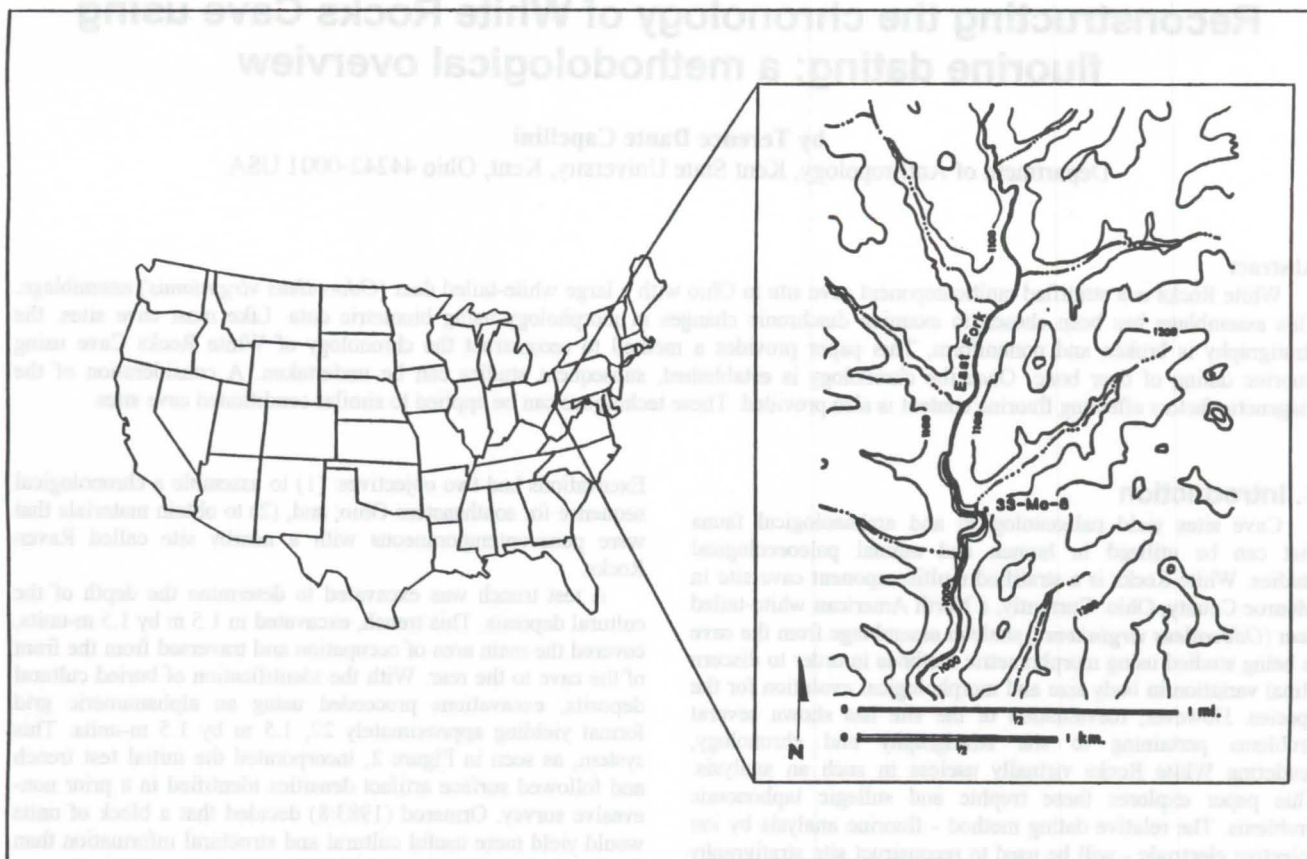
A test trench was excavated to determine the depth of the cultural deposits. This trench, excavated in 1.5 m by 1.5 m-units, covered the main area of occupation and traversed from the front of the cave to the rear. With the identification of buried cultural deposits, excavations proceeded using an alphanumeric grid format yielding approximately 27, 1.5 m by 1.5 m-units. This system, as seen in Figure 2, incorporated the initial test trench and followed surface artifact densities identified in a prior non-invasive survey. Ormerod (1983:8) decided that a block of units would yield more useful cultural and structural information than would a series of random test squares.

Excavations in the test trench and in several block units revealed nonuniform and broken stratigraphy throughout the entire site. Ormerod (1983:10) suggested that the disturbance was due to the nature of historic and prehistoric occupations. Thus, stratigraphy could not easily be discerned and excavation followed arbitrary 10 cm levels. A delineation between heavy and light density cultural fractions was the only discernable stratigraphic change in the deposits (except within features). This change appeared to mark the interface between a loose upper midden composed of sand and clay and a subordinate compact stratum. Excavation in most units terminated at this boundary at a depth between 61 and 71 cm. All artifacts penecontemporaneous with Raven Rocks were subsumed in the overlying midden. Ormerod (1983:10) found

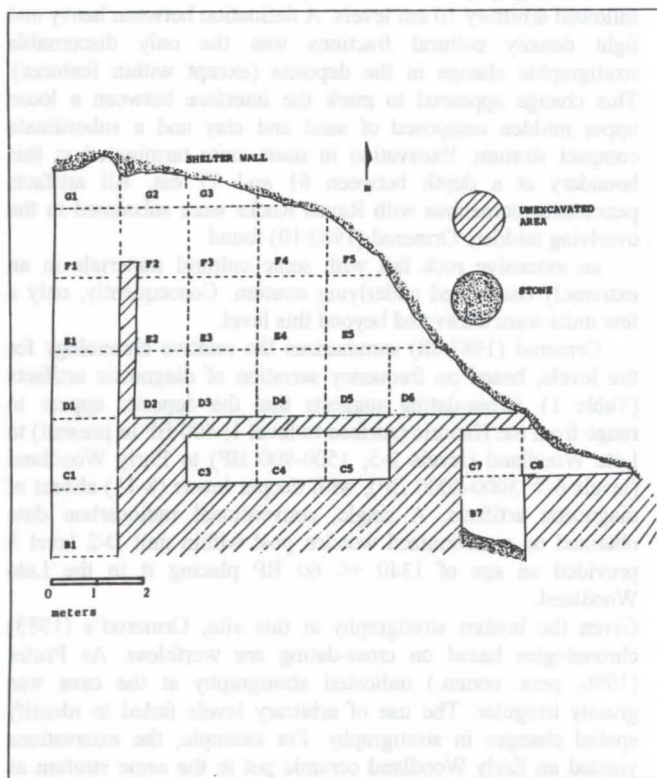
an extensive rock fall with some cultural materials in an extremely compacted underlying stratum. Consequently, only a few units were excavated beyond this level.

Ormerod (1983:88) summarizes the relative chronology for the levels, based on frequency seriation of diagnostic artifacts (Table 1). Cross-dating suggests that the deposits appear to range from the Historic (surface to level 1; 400 BP to present) to Late Woodland (levels 2-5; 1500-900 BP) to Early Woodland (levels 6-7; 3000-2000 BP), with deeper levels (8-15) absent of diagnostic artifacts. A single, conventional radiocarbon date obtained on a carbonized wooden post within unit D-2 level 3 provided an age of 1340 +/- 60 BP placing it in the Late Woodland.

Given the broken stratigraphy at this site, Ormerod's (1983) chronologies based on cross-dating are worthless. As Prufer (1996, pers. comm.) indicated stratigraphy at the cave was grossly irregular. The use of arbitrary levels failed to identify spatial changes in stratigraphy. For example, the excavations yielded an Early Woodland ceramic pot in the same stratum as Late Prehistoric and Historic artifacts. Therefore, a frequency seriation of the artifacts is not representative of cultural change through time. In order to interpret the white-tailed deer remains from White Rocks cave the stratigraphy and geochronology must be reconstructed.



**Figure 1. Location of White Rocks Cave (33-Mo-8) in the continental United States. Taken from Ormerod (1983:4).**



**Figure 2. Excavation units at White Rocks Cave. Taken from Ormerod (1983:9).**

| Artifact Type          | Arbitrary Levels |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                        | 0                | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| Triangular points      | 2                | 9  | 6  | 1  | 0  | 1  | 2  | 0  |
| Shell-tempered sherds  | 19               | 31 | 25 | 6  | 3  | 2  | 2  | 0  |
| Peters Cordmarked rims | 8                | 10 | 11 | 22 | 20 | 14 | 2  | 1  |
| Jack's Reef points     | 0                | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| Chesser Notched points | 0                | 2  | 6  | 5  | 4  | 2  | 3  | 1  |
| Prismatic blades       | 1                | 3  | 1  | 2  | 0  | 4  | 11 | 1  |
| Middle Woodland points | 1                | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 1  |
| Thick pottery          | 0                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 16 |

**Table 1. Frequency of diagnostic artifacts by level at White Rocks Cave. Modified from Ormerod (1983:88).**

### 3. Methods

Fluorine ion selective electrode analysis of bone can be used to establish relative chronologies for cave sites where chronometric dating proves inadequate in any one of four situations: (1) when datable samples are lacking; (2) when chronometric techniques produce results that are not consistently fine-grained; (3) when dates prove unreliable due to sample contamination; and, (4) when chronometric techniques are too costly (SCHURR 1989).

Fluorine dating is based on the principle that fluoride levels in buried prehistoric bone increase through time. Specifically, as bones remain buried, fluoride ions, from the surrounding soil matrix integrate with bone mineral hydroxyapatite to form a more stable configuration of apatite called fluorapatite. The stability of fluorapatite lends itself from an exchange of hydroxide ions with fluoride ions at a rate dependent upon the relative and absolute concentrations of fluoride and preserved hydroxyapatite in soil and bone respectively, and the duration of exposure of bone to environmental levels of fluoride. Since the hydroxyapatite to fluorapatite transformation is stable, chemical reversal is unlikely, and thus, fluoride levels in bone increase through time. As an example, Schurr (1989) has ascertained, using an inexpensive technique called ion selective electrode, the occupational chronology of the Angel Mound site by measuring fluoride content in superimposed human burials. This technique, as applied to White Rocks fauna, will be discussed below.

White Rocks cave has provided a plethora of white-tailed deer bone that can be utilized in fluorine dating. White-tailed deer comprise approximately 74% of all identified vertebrate fauna (NISP = 5,181; MNI = 57) and are ubiquitous across the site. The single, most abundant identifiable skeletal element for this species is the astragalus ( $n=50$ ). This bone should be chosen because the astragalus is homogenous in mineral density, eliminating possible effects of variation in fluoride content that can occur between different skeletal elements.

Astragali should first be sagittally sectioned and 5 gram cortical bone samples should be dissected from the halved element. This process controls for the differential uptake of fluoride by cortical and cancellous bone, two distinct biologically active types of skeletal tissues. Following Schurr's methodology (1989), the samples should be cleaned using deionized water, set to dry at approximately 70°C for 48 hours, then ground to fine powder using agate mortar and pestle and homogenized (100 mesh). This procedure reduces sample variation. A five milligram sample should be extracted from the powder and dissolved in 60  $\mu$ l of 0.5 M perchloric acid. This amalgam should then be weakened with 120  $\mu$ l of deionized water and 120  $\mu$ l of TISAB II buffer solution. TISAB II solution bonds with phosphates and aluminum ions preventing each from forming bonds with fluoride ions (discussed below).

A fluoride selective electrode should then be inserted into the solution to measure the voltage (electrode) potential (difference) occurring between this solution of unknown ionic activity and a constant ionic active source of fluorine within the electrode. This potential difference occurs because opposite charges migrate through a glass membrane to and from the ion selective electrode, producing charge polarity, and as a result voltage differences between the unknown solution and electrode develop (FRENZEL & BRATTER 1986; SCHURR 1989; TZIMOU-TSITOURIDOU et al. 1985). This voltage difference should be measured at 2 minutes and is an estimation of fluoride activity (charge activity) of the bone solution which can then be compared to a calibration curve prepared for standard fluoride solutions. To determine the percent fluoride of the sample, the mass of fluoride needed to produce the observed activity should then be divided by the mass of the dissolved bone powder and multiplied by 100.

Through time, as bones acquire more fluoride, the

concentration of fluorapatite increases and thus solutions prepared from older samples will have higher ionic activity. Potentials will, in turn, be higher for such samples not only because there are absolutely more ionic particles in solution but from elevated activity rates resulting from enhanced initial disequilibrium.

Measuring potentials from several sub-samples should provide multiple estimations of percent fluoride for one 5 gram sample. These estimations should be averaged and the standard error of the mean should then be calculated. Numerous samples from various spatial and vertical units from White Rocks, or any site, should give relative estimations of fluoride content for specific proveniences which should then be examined for spatial continuity and temporal changes. Specifically, one should expect homogeneity in fluorine concentrations across a single cultural level and spatial heterogeneity in the arbitrary levels created by Ormerod. Similarly, one should also expect concentrations of fluorine to increase directionally with increasing depth. However, to accomplish the latter, cultural levels must be reconstructed using levels from units that are homogeneous with respect to fluorine concentrations.

It is pertinent that this potentiometric method first be tested on paired superimposed specimens to understand whether this pattern of behavior is occurring at White Rocks. Statistical analysis, by means of a one-way analysis of variance using the Tukey test, should demonstrate whether statistically significant differences exist in fluoride content between paired specimens. This addresses the applicability of fluorine dating to the reconstruction of chronology at White Rocks or any site where this is employed. After which, specimens should then be analyzed spatially and temporally for the reconstruction of chronology (SCHURR 1989).

Finally, relative chronologies should be analyzed with the radiometric date obtained from chronometric dating. In this case involving White Rocks Cave, an astragalus found in unit D-2, level 3, the level possessing a radiocarbon date will allow for a starting point to generate relative spatial and stratigraphic dating sequences.

There are various factors that alter fluoride concentrations and affect the activity of fluoride in prepared solutions and ion selective electrodes. These should be considered before any analyses are considered. Schurr (1989) indicates that naturally occurring phosphates, aluminum, and iron can form compounds with fluoride either in solution or in soil matrices and thus lower the absolute quantity of dissolved ions affecting this relative dating measure. This reduces the amount of free fluoride in solution. However, this can be corrected by maintaining approximately equal samples and using buffers (e.g. TISAB II) to bind with these blocking agents. Other chemical factors which should be considered include controlling for, impurities in electrode membranes (glass), hygroscopicity of membrane surfaces, asymmetry potentials, alkaline errors, variation in junction potentials, etc. Diagenetic factors affecting the nature of fluorapatite in cortical bone includes any process that differentially weathers, bleaches, or chemically modifies bone. However, a taphonomic analysis of bone condition should be conducted in order to discern bone preservation. In addition, only those bones that are chemically and mechanically unmodified should be used. This has already been accomplished for White Rocks.

### 4. Conclusions

The utilization of past archaeological cave sites in zooarchaeological analyses proves useful when sites are intact with detailed stratigraphy and chronology. However, when sites are lacking in such, their incorporation into analyses will be erroneous if they are required to perform a dominant role. In this instance, White Rocks has been chosen in analyses exploring diachronic changes in white-tailed deer body size. Unfortunately,

## References

ANDREWS, E.B. 1874. Report on the geology of Monroe County. *Geological Survey of Ohio, Report* 2(1):570-587.

BOWNAKER, J.A. 1981. Geological map of Ohio. Department of Natural Resources, Division of Geological Survey.

FRENZEL, W. & P. BRATTER. 1986. Fluoride ion-selective electrode in flow injection analysis, part 2. Interference studies. *Analytica Chimica Acta*. 187:1-16.

ORMEROD, D.E. 1983. White Rocks: A Woodland rockshelter in Monroe County, Ohio. Kent State Research Papers in Archaeology, Kent State University Press: 4:1-95.

SCHURR, M.R. 1986. Fluoride dating of prehistoric bones by ion selective electrode. *Journal of Archaeological Science*. 16:265-270.

TZIMOU-TSITOURIDOU, R; KABASAKALIS, B.; & C.A. ALEXAIDES. 1985. A new TISAB with aluminum for fluoride determination in water with ion selective electrode. *Microchemical Journal*. 32:373-382.

# Les repaires d'hyène des cavernes (*Crocota crocuta spelaea* Gold.) : Répartition géo-chronologique et remarques taphonomiques sur les assemblages osseux

Philippe Fosse

URA 164 CNRS, L.A.P.M.O., 29 av. R. Schuman, 13621 Aix-en-Provence, France.

## Résumé

Durant le Quaternaire, les grottes ont non seulement abrité des groupes humains mais aussi d'importantes populations de carnivores dont l'hyène des cavernes (*Crocota crocuta spelaea* Gold.). Les grandes quantités d'ossements apportées par ces carnivores dans les grottes sont souvent mélangées au matériel abandonné par les hommes. Dans cette étude sont présentées les principales caractéristiques des repaires d'hyène pléistocène fondées sur la répartition géo-chronologique de cette espèce animale ainsi que sur des observations taphonomiques de ses assemblages osseux (fréquence et âge et des hyènes, fréquence des différents éléments squelettiques, séquences de destruction des os).

## Abstract

During Quaternary, caves were not only inhabited by human groups but also by numerous carnivore populations and especially by cave hyaena (*Crocota crocuta spelaea* Exrl.). Large quantities of bones that have been brought by these carnivores in caves are often mixed with material left by humans. In this study are presented the main characteristics of pleistocene hyaena dens based on geo-chronological distribution of this species and on taphonomic observations made on bone assemblages (frequency and age of hyaenas, frequency of different skeletal elements, sequences of bone destruction by hyaenas).

## Introduction

Parmi les carnivores quaternaires, deux espèces sont très fréquemment citées dans les listes fauniques : l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus* Rosenmüller et Heinroth, 1794) et l'hyène des cavernes (*Crocota crocuta spelaea*, Goldfuss, 1832). La découverte d'abondants ossements de ces deux espèces dans les remplissages en grotte a suscité, pour diverses raisons depuis plus d'un siècle, d'importantes recherches en paléontologie et archéologie préhistorique.

Si certains traits de l'histoire paléontologique de ces deux carnivores peuvent être mis en parallèle (présence / absence dans certaines régions d'Europe à certaines périodes du Quaternaire), leur éthologie, au contraire, les sépare radicalement : à l'ours des cavernes, « le moins carnivore des carnivores et le plus ours des ours » (GAUDRY, in KOBY, 1951) s'oppose l'hyène des cavernes dont les moeurs « lui faisaient rechercher des antres obscurs où elle élisait domicile [pour y dévorer les carcasses de ses proies. [Les] os ont été rongés et triturés par les puissantes mâchoires des hyènes ; ce que ne font pas les ours » (FRAIPONT, 1896).

Les sites ayant livré des vestiges osseux d'hyène sont particulièrement nombreux en Europe. Les ossements ont été retrouvés dans des repaires (cas le plus fréquent), dans des sites archéologiques, généralement en grotte, ainsi que dans des gisements paléontologiques (le plus souvent des avens qui ont piégé des herbivores dont les carcasses ont attiré les prédateurs).

La famille des *Hyaenidae* Gray 1869, est aujourd'hui représentée par deux genres, vivant surtout en Afrique : le genre *Hyaena*, qui réunit les espèces *Hyaena brunnea*, l'hyène brune et *Hyaena hyaena*, l'hyène rayée (également appelée *Hyaena striata*, l'hyène striée) et le genre *Crocota*, qui ne comprend que l'hyène tachetée, *Crocota crocuta*.

Les hyènes du Quaternaire européen peuvent être rangées dans trois genres : le genre *Hyaena*, représenté par l'espèce *Hyaena prisca* (l'hyène striée antique) ; le genre *Pachycrocota*, auquel sont rattachées les formes *Pachycrocota perrieri* (l'hyène de Perrier) et *Pachycrocota brevirostris* (l'hyène à museau court ou grande hyène) ; le genre *Crocota*,

qui est représenté par *Crocota crocuta praespelaea* (l'hyène pré-spéléenne), *Crocota crocuta intermedia* (l'hyène « mixte » ou « intermédiaire »), *Crocota crocuta spelaea* (l'hyène des cavernes type). Seule l'hyène des cavernes est ici considérée, soit sous sa forme « type », très courante, soit sous sa forme « mixte », moins fréquente, car cette espèce, qui a vécu du Pléistocène moyen moyen à la fin du Pléistocène supérieur (soit entre 350 000 ans et 10 000 ans B.P.), a souvent fréquenté les mêmes grottes que les groupes humains préhistoriques et a, elle aussi, laissé de nombreux témoignages de son passage. Quelques critères ont, depuis plus d'un siècle, été mis en évidence sur les grottes-repaires (abondance des vestiges osseux d'hyènes adultes et non adultes, de coprolithes, d'os rongés ... in FOSSE, 1995). La confrontation des données provenant de l'Actuel avec les collections paléontologiques apporte de nouvelles informations qui complètent les connaissances sur l'éthologie supposée des hyènes des cavernes acquises depuis 150 ans.

## 1. Répartition géo-chronologique des grottes à hyènes

En raison de l'absence de données radiométriques (sauf exceptions), la répartition géo-chronologique des grottes à hyènes des cavernes proposée ici repose sur les associations animales et sur les contextes culturels paléolithiques.

Les vestiges osseux d'hyène se retrouvent bien évidemment en plus grand nombre dans les pays et régions possédant des reliefs que dans les plaines. L'hyène des cavernes apparaît sur plus de 200 listes fauniques pléistocènes d'Europe.

Les plus anciens repaires d'hyènes des cavernes connus à ce jour datent du Pléistocène moyen moyen (Lunel-Viel, France, env. 350 000 ans, FOSSE, 1996). Ils sont plus nombreux durant le Riss en Europe continentale (Gerde, France, CLOT, 1987 ; Lindental, Allemagne, SOERGEL, 1937) et au Riss-Würm (Ipswichien) en Grande-Bretagne (Kirkdale, Tornewton, TURNER, 1981) et sont particulièrement abondants durant les deux-tiers du Pléistocène supérieur (soit stages 5e-3, 118-32 000 ans), c'est-à-dire durant le Würm ancien. Cette période marque l'extension maximale de l'aire de répartition de l'hyène : ses

ossements ont été retrouvés dans d'innombrables cavités depuis le Portugal (Fontainhas, CARDOSO, 1992) jusqu'en Crimée (assemblages de Prolome II (STEPANCHUK, 1993), Koch-Koba et de Tchokourtcha (BARYCHNIKOV et al., 1994) dans lesquels l'action de l'hyène sur les os est évidente). Les repaires sont nombreux en Europe occidentale : France (Camiaç, GUADELLI, 1989 ; Conives, GUADELLI & FOSSE, inédit ; Morancourt, FOSSE, inédit ; Peyre, BRUGAL et al., sous presse), Grande-Bretagne (Coygan, Joint Mitnor cave, Sandford, TURNER, 1981), Espagne (Cova del Gegant, VIÑAS & de VILLALTA, 1975 ; Cueva de Las Hienas, FOSSE, inédit), Autriche (Teufelslucken, EHRENBURG, 1966) et Italie (Buca della Iena, PITTI et TOZZI, 1971). Dans les sites archéologiques qui ont manifestement fonctionné comme repaires à certains moments, la présence de l'hyène est toujours forte soit dans des niveaux moustériens «tardifs» (Arcy/Cure, France, LEROI-GOURHAN, 1955 ; Kent's Cavern, Pin Hole, Wookey Hole, Grande-Bretagne, TURNER, 1981 ; Bockstein et Weinberghöhle, Allemagne, WEBB, 1988 ; Mollet I, Espagne, MIR & SALAS, 1976 ; Guattari, Italie, PIPERNO & GIACOBINI, 1990-91 ; STINER, 1991) soit dans des niveaux du Paléolithique supérieur ancien, châtelperroniens (Fouvent, FOSSE, inédit) ou aurignaciens.

Cette répartition particulière tient en partie aux données archéologiques (les sites en grotte connus, sont nombreux pour les périodes les plus récentes) et paléontologiques (apparition, disparition des grands carnassiers). GAMBLE (1986) rapporte en effet que l'hyène est très abondante dans les sites archéologiques du début du Pléistocène supérieur puis sa fréquence décroît avec constance pour être presque nulle entre 20 et 10 000 ans, au moment où s'épanouissent les célèbres cultures du Paléolithique supérieur (Figure 1).

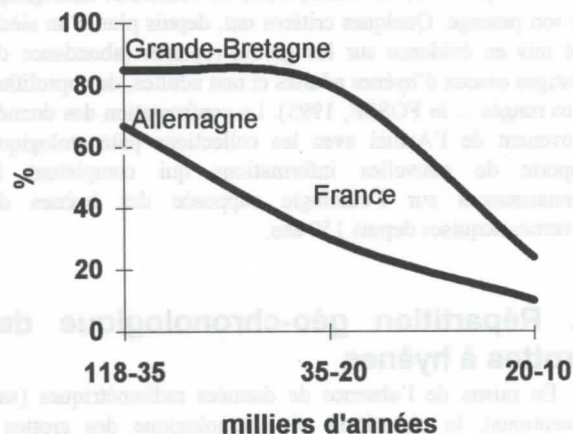


Figure 1 : Fréquence relative de l'hyène des cavernes dans les gisements d'Allemagne, de France et de Grande-Bretagne durant le Pléistocène supérieur (d'après GAMBLE, 1986, modifié).

## 2. Caractérisation d'un repaire d'hyènes des cavernes

Trois ensembles de données permettent de mettre en évidence les caractéristiques des repaires d'hyènes : l'état du matériel, la variété des taxons et les traces laissées par les dents des hyènes. Aucune de ces données ne peut à elle seule suffire à

prouver qu'une grotte a réellement servi de repaire mais c'est la combinaison de plusieurs critères qui aboutit à cette conclusion.

Dans un repaire, le matériel est, comparativement à un site anthropique, peu fragmenté et une très grande majorité des os peuvent être déterminés au niveau de l'espèce.

La liste faunique relevée est à chaque fois variée et comprend un grand nombre d'espèces parmi lesquelles les ongulés de taille moyenne dominant. L'hyène est abondante, tant en nombre de restes qu'en individus (Tableau 1). Les repaires renferment des populations quantitativement importantes (souvent plus de 30 individus).

| Age           | Pays       | Grotte        | NR<br>hyène | NMI<br>hyène |
|---------------|------------|---------------|-------------|--------------|
| «Mindel-Riss» | France     | Lunel-Viel 1  | 785         | 48           |
| «Riss final»  | France     | Gerde         | 415         | 30           |
| «Riss-Würm»   | Angleterre | Tornewton     | 2063        | 117          |
|               | Angleterre | Kirkdale      | 703         |              |
|               | Angleterre | Joint Mitnor  | 444         |              |
| Würm          | Angleterre | Kent's Cavern | 1492        |              |
|               | Espagne    | Cueva Hienas  | 1128        | 47           |
|               | Angleterre | Uphill        | 1126        |              |
|               | Angleterre | Pinhole       | 1061        | ± 60         |
|               | Angleterre | Coygan        | 917         |              |
|               | Autriche   | Teufelslucken | 696         | 67           |
|               | Angleterre | Wookey Hole   | 460         |              |
|               | Allemagne  | Stadel        | 434         |              |
|               | France     | Fouvent       | 424         | 49           |
|               | Crimée     | Prolom II     | 391         | 44           |
|               | Angleterre | Sandford      | 356         |              |
|               | France     | Pair-non-Pair | 333         |              |
|               | Espagne    | Mollet I      | 271         |              |
|               | Allemagne  | Weinberghöhle | 220         | 33           |
|               | Angleterre | Church Hole   | 116         |              |

Tableau 1 : Fréquence de l'hyène, en nombre de restes (NR) et nombre d'individus (NMI), dans quelques repaires pléistocènes.

Un repaire est enfin caractérisé par les marques laissées par les hyènes. Ce sont en premier lieu les coprolithes, souvent abondants tout comme le nombre de jeunes (Figure 2). Dans les repaires, les ongulés de petite taille sont surtout représentés par le squelette crânien (principalement maxillaires et mandibules) au contraire des ongulés de plus grande taille, représentés très majoritairement par le squelette appendiculaire (seules quelques parties des carcasses sont transportées au repaire, le reste -crâne, colonne vertébrale, côtes- étant abandonné sur le lieu d'abattage).

Les grands types de destructions observables sur les os sont : la fracturation des os longs par les puissantes prémolaires des hyènes (adultes), le mâchonnement des zones compactes des os essentiellement produit par les incisives (des hyénons), l'évidement des os spongieux et la digestion partielle des os. Les extrémités des os longs sont souvent incomplètes et les diaphyses en cylindre creux d'espèces robustes (équidés, grands bovidés, rhinocéros, mammouth) sont abondantes (25% à Camiaç, 30% à Fouvent). En revanche, les métapodes, pauvres en viande, sont souvent entiers, dédaignés par les hyènes (15% à Lunel-Viel).

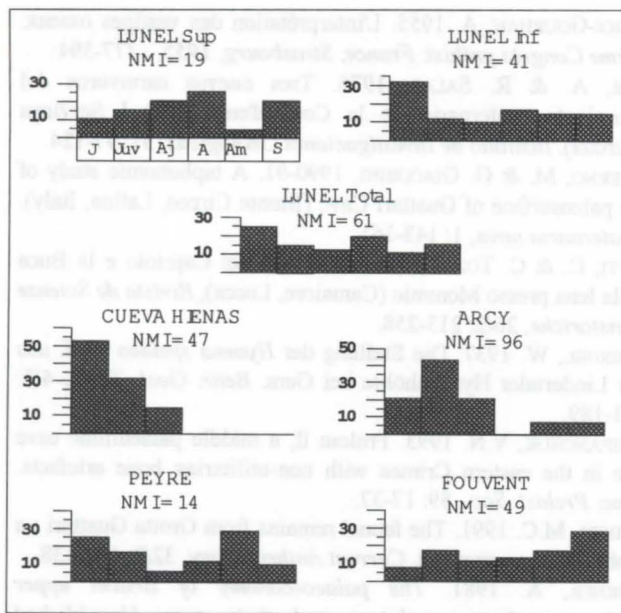


Figure 2 : Structures d'âge de quelques populations d'hyène des cavernes (en % NMI). J = jeunes ; Juv = juvéniles ; Aj = adultes jeunes ; A = adultes ; Am = adultes moyens ; S = séniles.

### 3. Ethologie de l'hyène des cavernes

Les recherches pluridisciplinaires (biologie et éthologie de l'hyène tachetée actuelle, paléontologie, taphonomie, paléobiogéographie, topographie des cavités) engagées sur des assemblages osseux provenant de repaires actuels africains et fossiles permettent d'esquisser certaines composantes de l'éthologie des hyènes des cavernes.

Les hyènes sont abondantes dans les repaires des périodes tempérées, où les associations d'herbivores témoignent d'un paysage ouvert sous forme de prairie, comme à Tornewton (93 %NR), à Kirkdale (62 %NR), ou encore à Mollet I (45 %NR). Lorsque ces associations d'herbivores traduisent un paysage à couvert forestier développé, les restes d'hyènes sont moins nombreux (29 %NR à Peyre, 22 %NR à Buca della Iena, 16 %NR à Gerde). Durant les périodes plus froides, les paysages prennent l'allure de prairie-steppe ou de toundra et les restes d'hyène dans les repaires se rencontrent dans des proportions variables, oscillant entre 7 %NR à Camiac à 73 %NR à Uphill (Tableau 2).

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour tenter d'expliquer cela :

- les modalités climatiques : les milieux boisés rendent difficile la chasse pour des carnivores sociaux comme les hyènes et engendrent un fort taux de charognage des carcasses et une mortalité jeune des carnivores. Au contraire, durant le Wurm, les paysages ouverts favorisent la chasse par les prédateurs collectifs comme les hyènes (TURNER, 1981). Lorsque le cerf est l'herbivore le plus abondant, les hyènes représentent entre 7 à 29 %NR de l'ensemble de la faune, contre 16 à 45 %NR lorsque le cheval domine et de 16 à 93 %NR pour les faunes à grands bovidés. Il semble donc y avoir un lien entre la taille de l'herbivore dominant et le nombre de restes d'hyènes.
- les modalités biologiques : la taille d'une population d'hyènes des cavernes dépend, tout comme celle des hyènes actuelles, du nombre de proies susceptibles d'être attrapées et dévorées, du

nombre de carnivores pouvant chasser et de la présence de concurrents. Ces modalités biologiques fluctuent selon les saisons en raison de la quantité et de la qualité de nourriture disponibles (pénuries alimentaires / abondance des proies) et se répercutent sur le taux de reproduction de l'espèce (nombre de jeunes / période d'élevage, etc).

- les modalités «archéologiques» : la fréquence des ossements d'hyène et de leurs proies dans les cavités est étroitement liée aux zones prospectées : à l'entrée sont accumulés les résidus alimentaires et les coprolithes et dans le fond de diverticules étroits ou de petites niches, sont concentrés les vestiges osseux des hyénons, comme à Fouvent (Figure 3).

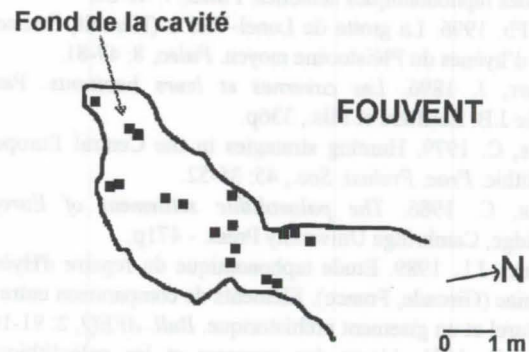


Figure 3 : Grotte-repaire de Fouvent : distribution spatiale des carnassières lactéales des hyènes (carrés noirs).

L'étude sur les repaires occupe aujourd'hui une place prépondérante dans les recherches archéologiques préhistoriques car elle permet de répondre à d'importantes questions (origine des accumulations d'ossements, ordre de fréquentation des cavités ...). Dans cette optique, les études taphonomiques ont pour but de dégager les caractéristiques des repaires afin de souligner les composantes éthologiques des hyènes des cavernes. Ces modèles, qui sont progressivement mis en évidence, apportent d'indispensables informations sur les relations Homme / Animal durant la Préhistoire.

### Bibliographie

- BARYCHNIKOV, G., KASPAROV, A. & A. TIKHONOV. 1994. Les chasses paléolithiques à la saïga en Crimée. *L'Anthropologie* (Paris), 98/2-3: 454-471.
- BRUGAL J.P.; FOSSE Ph. & J.L. GUADELLI. sous presse : Comparative study of bone assemblages made by recent and Plio-pleistocene Hyaenids (*Hyaena*, *Crocuta*). Eight Meeting of Working Group 1 on Bone Modification, Hot Springs, South Dakota (U.S.A.), Septembre 1993.

CARDOSO, J.L. 1992. *Contribuição para o conhecimento dos grandes mamíferos do Plistocénico superior de Portugal*. Nova de Lisboa, Fac.de Ciencias e Tecnologia, 485 p.

CLOT, A. (Ed.). 1987. *La grotte de Gerde (Hautes Pyrénées) ; site préhistorique et paléontologique*. Bagnères-de-Bigorre (FR), Société Ramond, 210 p.

EHRENBERG, K. (Ed.). 1966. *Die Teufels- oder Fuchsenlucken bei Eggenburg (N.O.)*. Wien, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Denkschriften, Vol. 112, 158p.

FOSSE, Ph. 1995. Le rôle de l'hyène dans la formation des assemblages osseux : 150 ans de controverses. L'apport des anciens textes de Préhistoire et de Paléontologie du Quaternaire aux études taphonomiques actuelles. *Paleo*, 7: 49-84.

FOSSE, Ph. 1996. La grotte de Lunel-Viel 1 (Hérault, France) : repaire d'hyènes du Pléistocène moyen. *Paleo*, 8: 47-81.

FRAIPONT, J. 1896. *Les cavernes et leurs habitants*. Paris, Librairie J.B. Baillière et Fils., 336p.

GAMBLE, C. 1979. Hunting strategies in the Central European Palaeolithic. *Proc. Prehist. Soc.*, 45: 35-52.

GAMBLE, C. 1986. *The palaeolithic settlement of Europe*. Cambridge, Cambridge University Press. - 471p.

GUADALLI, J.L. 1989. Etude taphonomique du repaire d'Hyènes de Camiac (Gironde, France). Eléments de comparaison entre un site naturel et un gisement préhistorique. *Bull. AFEQ*, 2: 91-100.

KOBY, F.E. 1951. L'ours des cavernes et les paléolithiques. *L'Anthropologie* (Paris), 55/3-4: 304-308.

LEROI-GOURHAN, A. 1955. L'interprétation des vestiges osseux. *16ème Congrès préhist. France, Strasbourg, 1955*, : 377-394.

MIR, A. & R. SALAS. 1976. Tres nuevos carnívoros del yacimiento cuaternario de la Cova d'en Mollet I Servinyà (Gerona). *Instituto de Investigaciones Geológicas*, 31: 97-124.

PIPERNO, M. & G. GIACOBINI. 1990-91. A taphonomic study of the paleosurface of Guattari Cave (Monte Circeo, Latina, Italy). *Quaternaria nova*, 1: 143-161.

PITTI, C. & C. TOZZI. 1971. La Grotta del Capriolo e la Buca della Iena presso Mommio (Camaione, Lucca), *Rivista di Scienze Preistoriche*, 26/2: 213-258.

SOERGEL, W. 1937. Die Stellung der *Hyaena spelaea* Gldf. aus der Lindertaler Hyänenhöhle bei Gera. *Beitr. Geol. Thür.*, 4/5: 171-189.

STEPANCHUK, V.N. 1993. Prolom II, a middle palaeolithic cave site in the eastern Crimea with non-utilitarian bone artefacts. *Proc. Prehist. Soc.*, 59: 17-37.

STINER, M.C. 1991. The faunal remains from Grotta Guattari : a taphonomic perspective. *Current Anthropology*, 32/2: 103-138.

TURNER, A. 1981. *The palaeoeconomy of British upper Pleistocene large predators and their prey*. Unpublished Ph.Dissertation, Sheffield (UK).

VIÑAS, R. & J.F. de VILLALTA. 1975. El depósito cuaternario de la "Cova del Gegant". *Speleon*, Monografia I: 19-33.

WEBB, E. 1988. Interpreting the faunal debris found in Central European sites occupied by Neandertals. In: WEBB, R.E. (Ed.), *Recent developments in environmental analysis in Old and New world archaeology*: 79-104. Cambridge (UK): B.A.R. (I.S., 416).

| Grotte            | Taille              | Climat      | Paysage<br>(%NR herbivores)              | Taille<br>herbivores | %NR hyènes<br>/ NR Total | NMI jeunes /<br>NMI hyènes T |
|-------------------|---------------------|-------------|--|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| Buca Iena c.D     | ?                   | tempéré     | prairie (51) / forêt (35)                | CC + BB              | 22                       | ?                            |
| Gerde             | "petite"            | tempéré     | prairie (64) / forêt (26)                | DD                   | 16                       | 5/30                         |
| Kirkdale          | "petite"            | tempéré     | prairie (91)                             | DD                   | 62                       | ?                            |
| Lunel-Viel sup.   | 2800 m <sup>2</sup> | tempéré     | forêt (51) / savane (31)                 | BB + DD              | 17                       | 5/19                         |
| Lunel-Viel inf.   | 2800 m <sup>2</sup> | tempéré     | forêt (67) / savane (22)                 | BB + DD              | 12                       | 18/41                        |
| Mollet I          | ?                   | tempéré     | prairie (39) / forêt (26)<br>savane (16) | CC                   | 45                       | J + Ad.                      |
| Peyre             | petite              | tempéré     | forêt (44) / prairie (30)                | BB + DD              | 29                       | 9/14                         |
| Tornewton         |                     | tempéré     | "ouvert"                                 | DD                   | 93                       | 41/76                        |
| Camiac            | ?                   | frais/froid | prairie (59) / steppe (31)               | BB = DD              | 7                        | 4/9                          |
| Fouvent           | 25 m <sup>2</sup>   | frais/froid | prairie (65) / steppe (29)               | CC + EE              | 25                       | 15/49                        |
| Kent's cavern     |                     | frais/froid | prairie (40) / steppe (30)               | CC + EE              | 29                       | ?                            |
| Pair non Pair FF' |                     | frais/froid | prairie (76) / toundra (15)              | CC + DD              | 23                       | J + Ad.                      |
| Pin Hole          | ?                   | frais/froid | toundra (69) / steppe (16)               | BB                   | 17                       | ?                            |
| Roche Loup        | petite              | frais/froid | prairie (58) / toundra (22)              | CC + BB              | 16                       | 3/9                          |
| Sandford          | ?                   | frais/froid | toundra (91)                             | BB                   | 25                       | ?                            |
| Teufelslucken     | grande              | frais/froid | prairie / steppe                         | CC ?                 | ?                        | 45/67                        |
| Uphill            | ?                   | frais/froid | prairie (79) / steppe (14)               | CC                   | 73                       | ?                            |
| Wookey Hole       | ?                   | frais/froid | prairie (55) / steppe (26)               | CC + DD              | 31                       | ?                            |

Tableau 2 : Données paléobiogéographiques des repaires pléistocènes.

AA = herbivores 0-100 Kg ; B = 100-300 Kg ; CC = 300-500 Kg ; DD = 500-1000 Kg ; EE = > 1000 Kg

# Fossilführende Spaltenfüllungen im Muschelkalk-Karst von Baden-Württemberg, Deutschland

von Thomas Rathgeber

Staatliches Museum für Naturkunde, Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart

## Zusammenfassung

Fossilfunde aus den Karsthohlformen der Muschelkalk-Gebiete Südwestdeutschlands wurden bisher nur wenig beachtet. Viele gehören – wie in anderen Karstgebieten – ins Jungpleistozän bzw. in die Würm-Eiszeit. Weitere stammen aber auch aus Tertiär, Altpleistozän oder Mittelpleistozän. Die Literatur darüber ist weit verstreut, meist liegen nur unbedeutende Berichte vor, die noch keine systematische Auswertung erfahren haben. Von etlichen älteren Fundstellen befindet sich Material in der Sammlung des Staatlichen Museums für Naturkunde in Stuttgart. In neuerer Zeit sind einige weitere Fundstellen dazu gekommen. In Ergänzung zum „Höhlenkataster Südwestdeutschland“ werden die fossilführenden Karsthohlformen Baden-Württembergs systematisch erfasst. Bei der Bedeutung, die in anderen Karstgebieten der Datierung von fossilen Faunen zukommt, wird aus der Auswertung der Fundstellen im Muschelkalk noch manche Erkenntnis über seine bisher erst ansatzweise bekannte Verkarstungsgeschichte zu erzielen sein.

## Abstract

*Fissure deposits with fossils in the Muschelkalk karst areas of Baden-Württemberg, Germany.* Fossils from karst features in the Muschelkalk areas of Southwestern Germany did not find much attention so far. As in other karst areas many belong to Upper Pleistocene or Würm-Glacial respectively. Further fossils date from Tertiary, Lower or Middle Pleistocene. The literature is wide spreaded. Material from some former localities is located in the collection of Staatl. Museum für Naturkunde Stuttgart. In recent times some more localities were found. In addition to the caves register „Höhlenkataster Südwestdeutschland“ karst features with fossils from Baden-Württemberg are recorded systematically.

## 1. Spaltenfüllungen im Muschelkalk-Karst

In verkarsteten Gebieten gibt es verbreitet Entstehungsbedingungen für Ablagerungen jüngerer Alters, die in anderen Landschaften nur in geringem Mass gegeben sind: die Einlagerung in ober- und unterirdische Hohlformen, speziell in Karstspalten, Dolinen und Höhlen. Gelegentlich führen solche nur punktuell vorkommenden Ablagerungen auch Reste von Lebewesen, deren Untersuchung und Bestimmung Angaben über das geologische Alter oder über das Klima zur Entstehungszeit gestatten.

Spaltenfüllungen gibt es in den Muschelkalk-Gebieten Südwestdeutschlands in grosser Zahl. In der Regel sind sie an tektonisch bedingte Strukturen gebunden und häufig auch direkt auf Verkarstungsvorgänge zurückzuführen. Die Spaltensedimente entstammen jedoch nur zu geringen Teilen dem Muschelkalk selbst, meist überwiegen eingestürzte oder eingeschwemmte Komponenten des überlagernden Lettenkeupers oder noch jüngerer, in der Regel quartärer Deckschichten. Als Bildung aus dem Tertiär wird das in den weit im Westen liegenden Spalten verbreitete Bohnerz gewertet. Dazu kommen noch an Ort und Stelle gewachsene Sinterschichten, die beträchtliche Dimensionen aufweisen können.

Fast alle Spaltenfüllungen wurden beim kommerziellen Gesteinsabbau sowie beim Strassen- und Eisenbahnbau angeschnitten. Sie wurden meist innerhalb kurzer Zeit völlig zerstört. Die besonderen Aufschlussverhältnisse bringen es mit sich, dass in der Regel nur ein Schnitt durch die Spalte und ihre Sedimente beobachtet und untersucht werden kann, der keine erschöpfende Auskunft über die Art des Hohlraums und den Mechanismus seiner Verfüllung zu geben vermag. Am Anschnitt allein lässt sich nämlich nicht unterscheiden, ob ein völlig verfülltes horizontales Höhlengerinne oder eine sackartige Ausbuchtung einer von der Erdoberfläche hinabgreifenden Doline oder Schachthöhle vorliegt. Es hat sich deshalb bewährt, alle derartigen mit geologisch-paläontologischen Methoden auswertbaren Füllungen als „Spaltenfüllungen“ gemeinsam zu

behandeln und lediglich den mit archäologischen Methoden erforschbaren Höhlensedimenten gegenüberzustellen.

## 2. Die Lokalitäten

Die Spaltenfüllungen werden in der Reihenfolge der amtlichen Topographischen Karten 1:25.000 von Norden nach Süden behandelt. Nicht in jedem Fall können alle verfügbaren bzw. ermittelten Daten dargestellt werden. Obligatorisch werden die Arten angeführt, entweder aufgrund einer Literaturangabe oder aufgrund der gesichteten, bisher unveröffentlichten Belege in der Quartärsammlung des Staatlichen Museums für Naturkunde in Stuttgart (SMNS). Die zeitliche Einstufung erfolgt ebenfalls entweder nach der Literatur oder – sofern aussagekräftig – nach dem Artenbestand. Es findet die in Südwestdeutschland übliche Gliederung des Quartärs in Ältest-, Alt-, Mittel- und Jungpleistozän sowie Holozän Verwendung (GEYER & GWINNER 1991).

Die nördlichste der Spaltenfüllungen wurde 1953 bei **Krenshiem** (TK 6324) bekannt. Gefunden wurde nach A.A. (Koll.) 1956 ein Knochen vom Wildrind (*Bison* vel *Bos*). Die genaue Zeitstellung ist unbekannt, sicher aber jüngerer Quartär.

Wenige hundert Meter jenseits der Landesgrenze von Baden-Württemberg liegt im bayerischen Regierungsbezirk Unterfranken bei **Buch** (TK 6426) ein Muschelkalksteinbruch, in dem ein mit Keuperletten und -geröllen verfülltes, horizontal verlaufendes Karstgerinne angeschnitten wurde. Aus einer sandigen Lage der Füllung stammen Schädelrest und Skelettteile des Bibers (*Castor fiber*), die in die Tübinger Universitätsammlung gelangten. E. HENNIG postulierte aufgrund der Höhenlage von 40-50 m über der Talsohle tertiäres Alter, wahrscheinlicher ist Altpleistozän. Nach G. WAGNER entstanden die Ablagerungen in einer Zeit, in der der Keuperrand noch wesentlich weiter im Westen verlaufen ist (Literatur bei RATHGEBER 1994).

Im Unteren Muschelkalk bei **Eberstadt** (TK 6522) wurde im Jahr 1982 eine stellenweise fast 3 m breite, tiefreichende Lehmospalte angeschnitten. Aus der Füllung, ca. 12 m unter der Oberfläche, barg K. TÜRSCHEL, Osterburken, Bruchstücke eines

starken „Steppenelefanten“. Die Backenzähne wurden von mir vorläufig als *Mammuthus trogontherii/primigenius* bestimmt, die Füllung stammt vermutlich aus dem Rissglazial.

Nur beiläufig erwähnte FREUDENBERG (1911) den Fund eines Dinotherium-Zahns der „Eppelsheimer Stufe“, also des Miozäns, aus einer Spalte im Muschelkalk bei **Leimen** (TK 6618).

Im Oberen Muschelkalk bei **Eschelbronn** (TK 6619) konnte HELLER (1937) aus einer Spalte eine Fauna mit Schlangenschwänzen sowie Nager- und Huftierzähnen gewinnen. Näher bestimmbar waren nur *Apodemus* sp. und *Dolomys episcopalis*. Diese Art indiziert Altpleistozän. Bereits früher soll dort ein Zahn eines Waldelefanten (*Elephas antiquus*) gefunden worden sein.

1933 wurden bei **Jagsthausen** (TK 6622) in einer lehmigen Füllung 1-2 m unter dem die Oberfläche bildenden verstrühten Muschelkalk zahlreiche Raubtierreste entdeckt (HORNUNG 1936). Es handelte sich um eine völlig verfüllte „Raubtierhöhle“ mit den altpleistozänen Formen *Canis lupus mosbachensis*, *Ursus deningeri suevicus* und *Panthera leo fossilis*.

In geringer Entfernung, jedoch auf Gemarkung **Berlichingen** (TK 6622), fand K. TÜRSCHEL in einer mächtigen Dolinenfüllung zahlreiche Säugetierreste. Eine Untersuchung im Jahr 1986 ergab, dass die im Anschnitt etwa 15 m breite Doline mit steilen, fast senkrechten Wänden über 9 m in den Muschelkalk eingetieft war. Die Füllung bestand aus unterschiedlich gefärbten Lehmlagen. In der oberen, 0,6 m mächtigen graublauen Schicht wurden zahlreiche Schnecken gewonnen, die H. J. NIEDERHÖFER, Stuttgart, als *Perforatella rubiginosa* und *Succinea oblonga* bestimmt hat. Einschlüsse von Vivianit deuten auf Sauerstoffmangel infolge fehlender Durchlüftung bei der Sedimentation hin. Die mit Wildpferd (*Equus* sp.), Nashorn (vermutlich *Coelodonta antiquitatis*), Ren (*Rangifer tarandus*), Rothirsch (*Cervus elaphus*) und Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*) eher kaltzeitliche Fauna vom Grund der vermutlich durch Einbruch entstandenen Doline stammt möglicherweise vom Ende des Rissglazials. Die weitere Füllung könnte während des Eeminterglazials in einem den Hohlraum ausfüllenden, tümpelartigen Gewässer erfolgt sein, wie es sie heute noch in der Umgebung von Berlichingen auf der Hochfläche zwischen Kocher und Jagst gibt. Im Würmglazial wurde dann die Dolinenfüllung samt der benachbarten Muschelkalkfläche gleichmässig von Löss überdeckt, von dem trotz Hanglage noch 3-4 m als Lösslehm erhalten sind.

In einer mit Lehm gefüllten Spalte im Steinbruch bei **Hassmersheim** (TK 6720) fand A. LEHMKUHL 1991 einen isolierten Wildrind-Backenzahn (*Bison* vel *Bos*).

In den bei Schwäbisch Hall sehr zahlreichen Karsthohlformen wurden mehrfach pleistozäne Säugetiere gefunden. Von **Gottwollshausen** (TK 6824) erwähnen BRUNNER & HAGDORN (1985) Mammut-Reste aus einer Doline. Von **Wittighausen** (TK 6824) nennt HAGDORN (1990) ebenfalls Mammut-Reste. Im Hällisch-Fränkischen Museum in Schwäbisch Hall ist ferner eine Nashorn-Tibia von dort ausgestellt. Nachsuche in der mächtigen Dolinenfüllung im Steinbruch der Hohenloher Schotterwerke ergab eine graue, Vivianit-führende Tonlage mit Pflanzenresten, vergleichbar den Verhältnissen in Berlichingen.

Eine Spalte im Steinbruch bei **Reinsberg** (TK 6825), Gemeinde Wolpertshausen, lieferte laut Inventarbuch des SMNS (Nr. 14.721) einen Mammut-Backenzahn (*Mammuthus primigenius*). Der Fund selbst wird vermisst.

Anlässlich der Entdeckung einer kaltzeitlichen, wohl würmglazialen Fauna mit Mammut, Wildpferd, Fellnashorn und Rothirsch am Stengelberg bei **Neidenfels** (TK 6826) stellte ich einige weitere Spaltenfunde aus der Umgebung von Satteldorf

zusammen (RATHGEBER 1988). Bemerkenswert sind Gebissreste von *Stephanorhinus kirchbergensis* aus einer Spalte bei **Lobenhäusen** (TK 6826), das unweit von Kirchberg an der Jagst liegt, der namengebenden Typuslokalität des für pleistozäne Warmzeiten charakteristischen Waldnashorns. Wichtig sind ferner kaltzeitliche Funde aus einer lehmigen Dolinenfüllung an der **Heldenmühle** (TK 6826) bei Crailsheim, nämlich Reste von Mammut, Wildpferd, Fellnashorn, Ren und Wildrind.

Eine Spalte bei **Bretten** (TK 6918) lieferte eine bemerkenswert artenreiche Fauna. FREUDENBERG (1923) nennt neben 3 Tieren des Waldnashorns (*Stephanorhinus kirchbergensis*) noch Frosch, Igel, Zwergspitzmaus, *Ursus arctos*, Dachs, Panther und Waldmaus. Zeitlich ist nur eine Festlegung auf eine der Warmzeiten von Alt- bis Jungpleistozän möglich.

Ein Unterkiefer vom Fellnashorn (*Coelodonta antiquitatis*) von **Neckarwestheim** (TK 6921) gehört zu den bisher unbeachteten Funden im SMNS.

In einer Spalte im Steinbruch bei **Rosswag** (TK 7019) lagen frei auf der Sedimentoberfläche Reste eines Wildpferds (*Equus* sp.). Sie wurden vom Finder 1985 dem SMNS überlassen.

Eine gesichert altpleistozäne Fauna stammt aus Spalten am **Husarenhof** (TK 7020) bei Besigheim. Die ältesten Funde kamen 1898 zutage, die jüngsten 1949. Die reiche Kleinsäugerfauna von 1948/49 wertete KOENIGSWALD (1973) aus. Folgende Arten sind vertreten: *Sorex minutissimus*, *Sorex minutus*, *Sorex cf. runtonensis*, *Sorex cf. kennardi*, *Sorex savini*, *Talpa minor*, *Petauria* sp., *Apodemus* sp., *Lemmus* vel *Myopus*, *Microtus arvalis/agrestis* und *Clethrionomys glareolus*. Ferner wurden gefunden *Lepus* sp., *Equus* sp., *Stephanorhinus* sp. (bei STAESCHE 1941 *Dicerorhinus merckii*), *Capreolus* sp., *Cervus* sp. Besonders bemerkenswert sind die Reste von Riesenflughörnchen der Gattung *Petauria*, die bisher nur im älteren Pleistozän gefunden wurden.

Im Zeitraum von 1921-1930 lieferte der sogenannte Reichsbahnbruch bei **Erdmannshausen** (TK 7021) eine Spaltenfauna mit Hyäne, Mammut, Wildpferd, Fellnashorn, Hirsch und Wildrind. Die Hyänenreste sind bemerkenswert gross und können nicht zu *Crocota spelaea* gestellt werden; das Mammut ist eine ältere Form, wohl *Mammuthus primigenius fraasi*; die Pferde- reste hat F. BERCKHEMER mit *Equus mosbachensis* verglichen – insgesamt Hinweise auf ein höheres, vermutlich risszeitliches Alter.

In einem Steinbruch bei **Hessigheim** (TK 7021) fand 1949 K. KRAUSS Reste von Braunbären (*Ursus arctos*), und zwar von 2 Individuen. Die bisher nicht ausgewerteten „Begleitfunde“ enthielten, neben unbestimmbarem Vogel und Nagetier, Dachs (*Meles meles*) und Reh (*Capreolus capreolus*) auch Knochen eines ganz jungen, neugeborenen Braunbären. Die Fauna ist nach der Erhaltung der Knochen und nach der Zusammensetzung sicher holozän.

Aus dem Steinbruch der Firma K. EPPLE bei **Mundelsheim** (TK 7021) stammen einige Mammutreste, die in der dortigen Schule verwahrt sind. Es handelt sich um Funde aus Dolinen und Karstspalten, wie sie beim Gesteinabbau immer wieder angeschnitten worden sind.

Bei **Backnang** (TK 7022) konnte G. F. OERTLE im Frühjahr 1927 aus einer sandig lehmigen, mit Sandsteinbrocken vermengten Spaltenfüllung eine kaltzeitliche Fauna bergen. Dominierend war mit 16 Backenzähnen von Tieren unterschiedlichen Lebensalters das Mammut. Ferner waren Wildpferd, Fellnashorn, Edelhirsch und eine kleine Wühlmaus vertreten, die F. HELLER als *Microtus anglicus* bestimmt hat (OERTLE 1932).

In einer Spalte im Muschelkalk-Steinbruch bei **Heimsheim** (TK 7119) barg Anfang der sechziger Jahre B. KELLER einige Tierreste. Neben dem Rothirsch (*Cervus elaphus*) sind sehr zahl-

reich unbestimmte Kleinsäuger (Spitzmaus, Maulwurf, Wühlmäuse), aber auch Raubtier- sowie Vogel- und Schneckenreste vertreten.

Aus Spalten am Ölberg bei **Ditzingen** (TK 7120) stammen Reste von Wildpferd, (Fell-) Nashorn und Steppenbison (*Bison priscus*). F. BERCKHEMER in KRANZ (1942) datierte die Funde als würmzeitlich, höchstens späte Risseiszeit. Ein weiterer Fund tief unten im Muschelkalk stammt von *Equus steinheimensis* und gehört in die frühe Risseiszeit.

Im Steinbruch am **Schönbühlhof** (TK 7120) bei Markgröningen wurden in ein und derselben „Spalte“ Faunen unterschiedlichen Alters gefunden, zunächst 1980 durch G. ACKERMANN etwa 6 m unter Gelände Mammut, Wildpferd, Fellnashorn, Riesenhirsch und Wildrind. 1982 fand W. MANHARDT in tieferer Position Kieferreste eines Wildpferds und seit 1993 meldet H. DONA immer wieder Tierknochen aus einem Niveau von rund 20 m unter der Oberfläche. Als bedeutendste Stücke konnten Reste von Dachs (*Meles meles*), Steppenelfant (*Mammuthus cf. trogontherii*), Wildpferd und Wildrind geborgen werden.

Am Zuckerberg zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und **Hofen** (TK 7121) gibt es Spaltenfüllungen von zwei Lokalitäten. Im Steinbruch KÖNIGER fand man 1934 Skelettreste eines Mammuts (*Mammuthus primigenius*), von denen allerdings nur Kiefer- und Zahnreste aufbewahrt wurden. Bereits 1932 kamen dort Reste von Mammut und Wildpferd zutage. In einem benachbarten Bruch wurden zwischen 1937 und 1943 Teile von Ziesel (*Citellus* sp.), Löwe (*Panthera leo* – etwa 40 Reste eines Individuums, kleine Form), Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*) und Rothirsch (*Cervus elaphus*) gefunden. Das Alter ist in beiden Fällen vermutlich frühes Würmglazial.

Über eine ziemlich aus dem Rahmen fallende Spaltenfüllung im ehemaligen Steinbruch SCHMID in Stuttgart-Bad Cannstatt (TK 7121) berichtete BÖTTCHER (1994). Bereits 1879 barg dort O. FRAAS ein Handstück aus scharfkantigen, mit Kalkkrusten verkitteten Gesteinsbrocken, zwischen denen „Froschknochen“ und Schnecken eingelagert waren. Die Funde wurden zwischen Lehm und „abgescheuerten“ Köpfen des Hauptmuschelkalks gemacht, also wohl in auskorrodierten, karrenartigen Kluftspalten. Dominierend unter den Tierresten waren solche von Froschlurchen, nämlich von Schlammtaucher, Wechselkröte und Grasfrosch. Wenige Funde stammen von Kriechtieren, Kleinsäufern und Schnecken. Die Wirbeltiere, so bedeutend das erstmals nachgewiesene Vorkommen Schlammtauchers in Deutschland auch sein mag, ermöglichen keine Aussage zum Alter der Fauna oder Füllung. Die Schnecke *Cochlostoma* sp. fordert jedoch die Stellung in eine voreemzeitliche Warmzeit, so dass wegen des verbreitet festgestellten Vorkommens im benachbarten holsteinzeitlichen Travertin Holsteininterglazial angenommen werden kann.

Vom Kapf bei **Egenhausen** (TK 7417) gab DEHM (1961) einige pliozäne Tierreste bekannt, die aus einer breiten, auf über 15 m Länge verfolgbaren Kluft im Oberen Muschelkalk kamen (nicht „Unterer“, wie irrtümlich angegeben). Die Stücke stammen aus den Jahren 1938 (unbestimmbar) sowie 1949 und 1950 (Bakkenzahnreste von einem Mastodonten, hirschgrosse Antilope). Neuere Funde im SMNS von 1990 sind Zähne eines Siebenschläfers (*Glis glis*) und Fragmente eines Proboscidierr-Stossezahns.

Funde vom Eisenbahnbau bei **Nagold** (TK 7418) aus den Jahren 1872/73 stammen nach Sediment und Erhaltung aus einer Karstspalte. Es handelt sich um den sehr grossen fossilen Braunbären (*Ursus arctos prisus*), Wildpferd (*Equus* sp.), Fellnashorn (*Coelodonta antiquitatis*) und um ein grosses Wildrind (*Bison vel Bos*).

1936 wurden im Gemeindesteinbruch von **Hochdorf** (TK 7518) bei Nagold Reste von einem adulten und einen ganz jungen Braunbären (*Ursus arctos*), von einem jungen Dachs (*Meles meles*) und einem Hausschaf (*Ovis ammon „familiaris“*) gefunden. Es ist eine der wenigen holozänen Spaltenfüllungen. Jahre zuvor lieferten ein anderer Bruch und ausserdem beim Eisenbahnbau im Jahr 1872 angeschnittene Spalten Mammut, Wildpferd, Fellnashorn und Ren.

In einer Füllung im Trigonodusdolomit nahe **Eckenweiler** (TK 7518) bei Rottenburg sammelte HORNING 1922 Reste von Mammut und Wildpferd.

Aus einer Spaltenfüllung auf der intensiv verkarsteten Muschelkalkhochfläche bei **Waldmössingen** (TK 7716) wurden 1925 Backenzahnlamellen eines Mammuts (*Mammuthus primigenius*) geborgen.

Problematische Funde stammen aus einem benachbarten Steinbruch, dem HANGSTschen Bruch östlich von **Seedorf** (TK 7717). 1932 wurde dort in etwa 5 m Tiefe in einer mit Lehm, Bohnerz und Geröll verfüllten Spalte des Trochitenkalks ein 60 cm langer Stossezahn gefunden. Zunächst als Mammut angesprochen fand er Eingang in die Literatur als *Mastodon*-Stossezahn (HENNIG 1932). Einer Abbildung bei ILG (1933) ist allerdings zu entnehmen, dass der Zahn von einem Vertreter aus der Steppenelfanten-Reihe (Gattung *Mammuthus*) stammt. 1933 an derselben Stelle geborgene Backenzahnbruchstücke von „*Elephas*“ deuteten bereits damals an, dass entweder tertiäre oder pleistozäne Tiere zusammen eingelagert wurden oder die Bestimmung des Stossezahns zu korrigieren ist. Später konnten die Backenzahnbruchstücke von K. D. ADAM als Südelefant (*Mammuthus meridionalis*) bestimmt werden (SCHINDEWOLF 1958), woraus ein altpleistozänes Alter der Spaltenfüllung zu folgern ist.

Über eine grössere Zahl von Backenzähnen eines pliozänen Mastodonts aus dem Muschelkalk vom Krottling bei **Emmendingen** (TK 7813) berichtet DEECKE (1931). Vom Rand des Oberrheingrabens kennt man weitere Spaltenfunde von pliozänen Mastodonten, allerdings nicht aus dem Muschelkalk, sondern aus Jurakalken.

Im „Rieggerschen Bruch“ bei **Klengen** (TK 7916) wurde in einer Karstschlotte ein Zahn eines nicht näher bestimmbar grossen Boviden gefunden, der jüngstpliozänes Alter haben soll (PAUL 1971). Der Hohlraum im Oberen Muschelkalk war mit Geröllen, Bohnerzen und Sanden sowie Gelb- und Rotlehm gefüllt.

Eine lehmige Muschelkalk-Spaltenfüllung am Stettenbuck bei **Hüfingen** (TK 8016) lieferte in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts Reste eines jungen Mammuts (DEECKE 1932).

In Deckschichten über dem Muschelkalk bei **Lörrach** (TK 8312) fanden sich 1930 Reste eines zertrümmerten Elefantenschädels, wohl eines Mammuts, und ein Rest vom Wildpferd (DEECKE 1931). Diese südlichste Muschelkalk-Spaltenfüllung Baden-Württembergs zeigt die Probleme bei der Deutung derartiger Ablagerungen auf: entweder Einlagerung in Löss oder Lehm und nachträgliches Einbrechen der Schichten in eine subkutan entstandene Doline oder direkte Einbettung in einer Doline. Dass die Funde stark zerbrochen sind, wertet DEECKE als Hinweis auf die erste Möglichkeit.

### 3. Zeitliche Stellung

Die ältesten Muschelkalk-Spaltenfüllungen haben tertiäres Alter. Sie kommen am Rand des Oberrheingrabens vor (Miozän – Leimen, Pliozän – Emmendingen) und im Schichtstufenland zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alb (Pliozän – Egenhausen, Klengen). Sicher altpleistozäne, jedoch meist nicht näher datierbare Faunen sind bekannt von Eschelbronn,

Jagsthausen, Besigheim, Markgröningen und Seedorf. Als mittelpleistozän (Holstein) darf die Fundstelle Cannstatt – Steinbruch SCHMID gewertet werden. Eine Vielzahl von Spaltenfüllungen mit warmzeitlicher Fauna kann nur dem Zeitraum von Alt- bis Jungpleistozän zugeordnet werden, bei kaltzeitlichen ist in der Regel der Zeitraum auf Mittel- bis Jungpleistozän einzuengen, wahrscheinlicher ist für die meisten

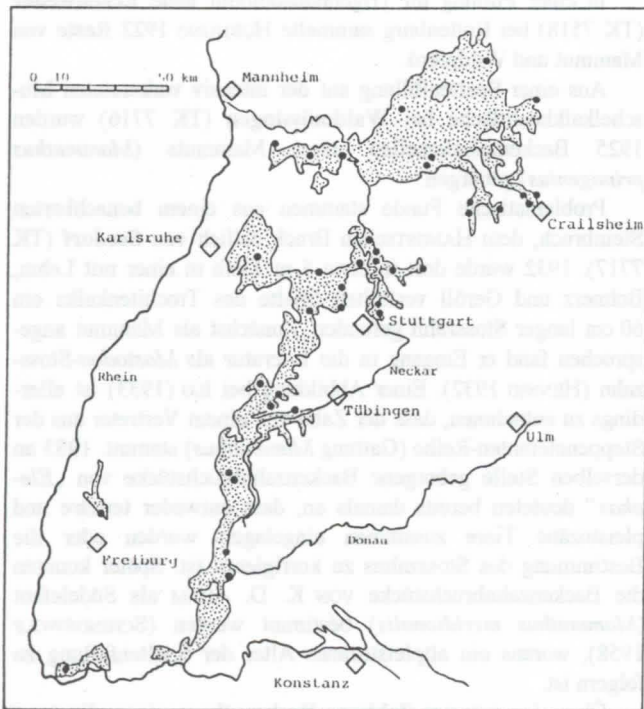


Abb. 1: Fossilführende Spaltenfüllungen im südwestdeutschen Muschelkalk-Karst.

Würmglazial, doch kann für manche mit ungestörter Löss-Überdeckung Rissglazial geltend gemacht werden.

Nur wenige Spaltenfüllungen wurden im Holozän (Hessigheim, Hochdorf) gebildet, was mit an der geringen Zeitdauer dieses jüngsten Abschnitts der Erdgeschichte liegen dürfte. Es sind in den Resten von ganz jungen Individuen, die in älteren Fundstellen schon längst vergangen sind, deutliche Hinweise darauf zu finden, dass die Einlagerung von Tierresten auch in Spaltenfüllungen oft auf Lebensvorgänge zurückzuführen ist und nicht nur – wie meist generell angenommen wird – auf katastrophenartige geologische Ereignisse.

Auffallend viele der pleistozänen Spaltenfaunen deuten auf glaziale Verhältnisse hin. Zwar ist anzunehmen, dass unter hochglazialen Verhältnissen das Verkarstungsgeschehen weitgehend ruhte. In den langen, mehr steppenartigen Phasen des frühen Würmglazials allerdings ist mit hoher Intensität der Verkarstung zu rechnen, was sicher eine Entsprechung in der Bildung von Kalktuffen und Travertinen finden dürfte. Bereits gegen Ende des Eiszeitalters bzw. des Würmglazials kam es, wie an Dolinenfüllungen über Gipskeuper nachgewiesen ist, wieder zu einer Belebung des Verkarstungsgeschehens, das bis heute anhält.

#### Nachweise

A.A. (Koll.) (1956): Fundschau 1952-1953. – Badische Fundberichte, Jg. 20 (1956), S. 171-287, Abb. 9-16, Taf. 27-62, 1 Faltaf.; Freiburg im Breisgau und Karlsruhe.  
BÖTTCHER, R. (1994): Niedere Wirbeltiere (Fische, Amphibien, Reptilien) aus dem Quartär von Stuttgart. – Stuttgarter Beiträge

zur Naturkunde, Serie B, Nr. 215, S. 1-75, 11 Abb., 1 Tab., 6 Taf.; Stuttgart.

BRUNNER, H. & HAGDORN, H. (1985): Stratigraphie, Fazies und Palökologie des Oberen Muschelkalks und des Unterkeupers (Exkursion B). – In A.A.: Geologie und Paläontologie im Hohenloher Land. S. 33-60, Abb. 14-38; [Künzelsau].

DEECKE, W. (1931): Die Vorkommen diluvialer Säugetiere in Baden südlich der Murg [Teil 1]. – Beiträge zur naturwissenschaftlichen Erforschung Badens, Nr. 8, S. 126-136; Freiburg im Breisgau.

– (1932): Die Vorkommen diluvialer Säugetiere in Baden südlich der Murg [Teil 2]. – Beiträge zur naturwissenschaftlichen Erforschung Badens, Nr. 9, S. 137-144; Freiburg im Breisgau.

DEHM, R. (1961): Über neue tertiäre Spaltenfüllungen des süd-deutschen Jura- und Muschelkalk-Gebietes. – Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und histor. Geologie, Bd. 1, S. 27-56; München.

FREUDENBERG, W. (1911): Beiträge zur Gliederung des Quartärs von Weinheim an der Bergstrasse, Mauer bei Heidelberg, Jockgrim in der Pfalz... – Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Grossh. Geologischen Landesanstalt zu Darmstadt, IV. Folge, Nr. 32, S. 76-149, 9 Abb., Taf. II-IV; Darmstadt.

– (1923): Funde von Mammut im jüngeren Löss und von *Rhinoceros mercki* im Lehm einer Spalte im Muschelkalk bei Bretten und ihre geologische Bedeutung. – Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe, Bd. 29 (1922/23), S. 71-74; Karlsruhe.

GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg. – 4. Aufl. 482 S., 255 Abb., 28 Tab.; Stuttgart

HAGDORN (1990): Führer zur Abteilung Geologie. – 55 S., 63 Abb.; Schwäbisch Hall.

HELLER, F. (1937): Über fossilführende Spaltenausfüllungen im Muschelkalk von Eschelbronn (Kraichgau). – Badische Geologische Abhandlungen, Bd. 9, S. 75-77; Karlsruhe.

HENNIG, E. (1932): Bericht des Geologisch-paläontologischen Universitäts-Instituts Tübingen. – Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, Jg. 88, S. XXVIII; Stuttgart.

HORNUNG, H. (1936): Eine Fundstelle diluvialer Raubtierreste bei Jagsthausen (Württ.). – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberhessischen geologischen Vereines, N.F., Bd. 25, S. 76-80, 2 Abb.; Stuttgart.

ILG, A. (1933): Zu dem Fund eines Mastodon(?) -Stoßzahnes bei Seedorf, OA. Oberndorf. – Heimatblätter vom oberen Neckar, Nr. 115, S. 1643-1645, 2 Abb.; Oberndorf am Neckar.

KOENIGSWALD, W. v. (1973): Husarenhof 4, eine alt- bis mittelpleistozäne Kleinsäugerfauna aus Württemberg mit *Petauria*. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, Bd. 143, Nr. 1, S. 23-38, 10 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.

KRANZ, W. (1942): Erläuterungen zu Blatt Leonberg (Nr. 7120). Geologische Karte des Deutschen Reiches 1:25.000. – 167 S., 31 Abb., zahlr. Tab.; Stuttgart.

OERTLE, G. F. (1932): Erd- und Landschaftsgeschichte des Murr-gaus (Aus Vergangenheit und Gegenwart des oberen Murr-gaus. Heimatbuch des Oberamts Backnang. 3. Teil). – 128 S., zahlr. Abb.; Backnang.

PAUL, W. (1971): Von der spätjurassischen (frühkretazischen?) Landwerdung bis zur Gegenwart: Portlandium (Valendis?) bis Holozän. – In A.A.(Koll.): Die Wutach. Naturkundliche Monographie einer Flusslandschaft. S. 135-194, Abb. 37-40, Taf. 5-10 (davon 2 Faltaf.); Freiburg im Breisgau.

RATHGEBER, T. (1988): Jungpleistozäne Säugetiere aus Karsthohlformen im Muschelkalk bei Satteldorf. – In A.A.(Koll.): Neue Forschungen zur Erdgeschichte von Crailsheim. S. 226-240, 6 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.

– (1994): Karstkundliche Exkursion in Nordost-Hohenlohe und Taubgrund mit weiteren natur- und landeskundlichen Besonderheiten. – Beiträge zur Höhlen- und Karstkunde in Südwestdeutschland, Nr. 37, S. 37-55, Abb. 17-27; Stuttgart.

SCHINDEWOLF, O. H. (1958): Bericht des Museums für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen für die Jahre 1956 und 1957. – Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, Jg. 113, S. 60-62; Stuttgart.

STAESCHE, K. (1941): Nashörner der Gattung *Dicerorhinus* aus dem Diluvium Württembergs. – Abhandlungen der Reichsstelle für Bodenforschung, N.F., Nr. 200, S. 1-148, 2 Abb., 14 Taf.; Berlin.

# Review of Upper Pleistocene mammalian assemblages in Croatian caves

by Nevenka Krklec & Gordana Jambrešić

Institute of Paleontology and Geology of Quaternary, Croatian Academy of Sciences and Arts,  
10000 Zagreb, A. Kovača 5, Croatia

## Abstract

Data base collected from the published literature shows that the main character of Upper Pleistocene mammalian assemblages found in Croatian caves is common presence of large carnivore taxa and overwhelming abundance of cave bears. The paleoecological interpretation of these assemblages yielded a conclusion that the conditions were more severe during the Early Upper Palaeolithic, and that several taxa can not be used as environmental indicators. At the same time, the frequency of archaeological assemblages dominated by cave bear can be used as a measure of intensity of human settlement: bear dominated assemblages are most common during the Early Upper Palaeolithic and human occupation in the area was relatively scarce. Unfortunately, faunal data is greatly reduced in value due to the absence of taphonomic information, and most of the Palaeolithic sites need to be reanalysed.

## Zusammenfassung

Die in der Literatur veröffentlichten Daten zeigen, daß das Hauptmerkmal der Gemeinschaften der Säugetiere des Oberen Pleistozäns, die in der kroatischen Höhlen gefunden wurden, sehr große Anzahl von Carnivoren und das Überwiegen des Höhlenbären, bzw. seiner Fossilien sind. Die paläoökologische Interpretation der Gemeinschaften läßt darauf schließen, daß die Bedingungen während der EUP (des älteren Paläolithikums) verschieden waren, so daß die verschiedenen Arten als Umweltindikatoren nicht verwendet werden können. Gleichzeitig kann die Häufigkeit der paläontologischen Gemeinschaften, in denen der Höhlenbär vorherrscht, als Maßstab der Intensität der menschlichen Ansiedlung verwendet werden: die Bärengemeinschaften sind während der EUP am häufigsten und dieses Gebiet wurde von Menschen sehr dünn angesiedelt. Leider sind die Faunadaten hauptsächlich infolge der fehlenden taphonomischen Informationen vermindert und der Großteil der paläolithischen Fundorte sollte noch einmal analysiert werden.

## 1. Introduction

Specific geological framework of Croatian land, which includes about 75% of carbonate rocks, has been the reason for development of underground karst morphology, like caves, shafts and pits. Based on many years of exploration, more than 3500 speleological objects have been registered. About 80 localities have been investigated, with testing sondes and preliminary analysis of fauna. Excavation and paleontological and chronostratigraphical elaboration of the site has been carried out at seven localities (Velika peina, Vindija, Veternica, Cerovake peine, Kupii peina, Šandalja and Kopaina) (Figure 1). Fossil assemblages associated with archaeological findings have been assigned to the different four chronological periods (after Gamble, 1986) : middle Palaeolithic (MP, cca 35000-50000), early upper Palaeolithic (EUP, cca 35000-20000), late upper Palaeolithic (LUP, cca 20000-10000) and Mesolithic (MES, cca 10000-7000) (Table 1).

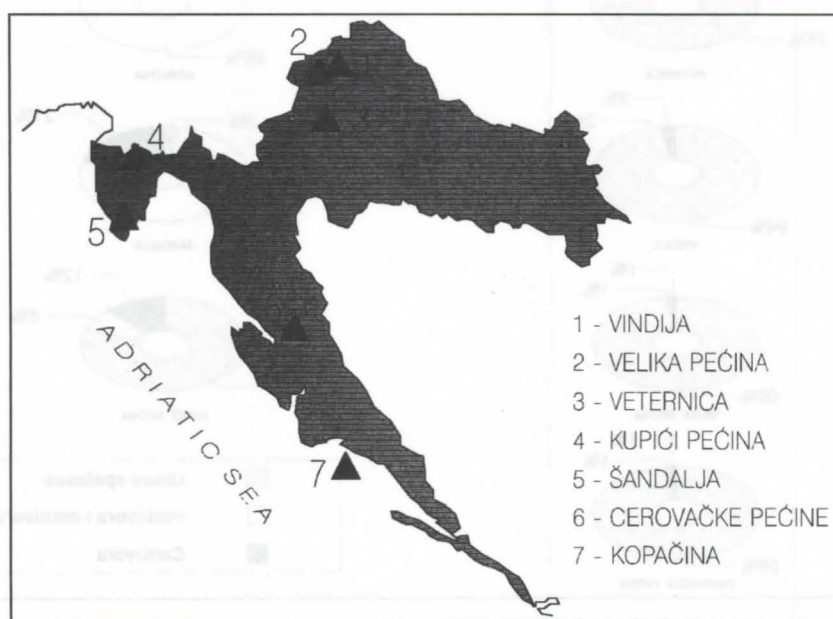


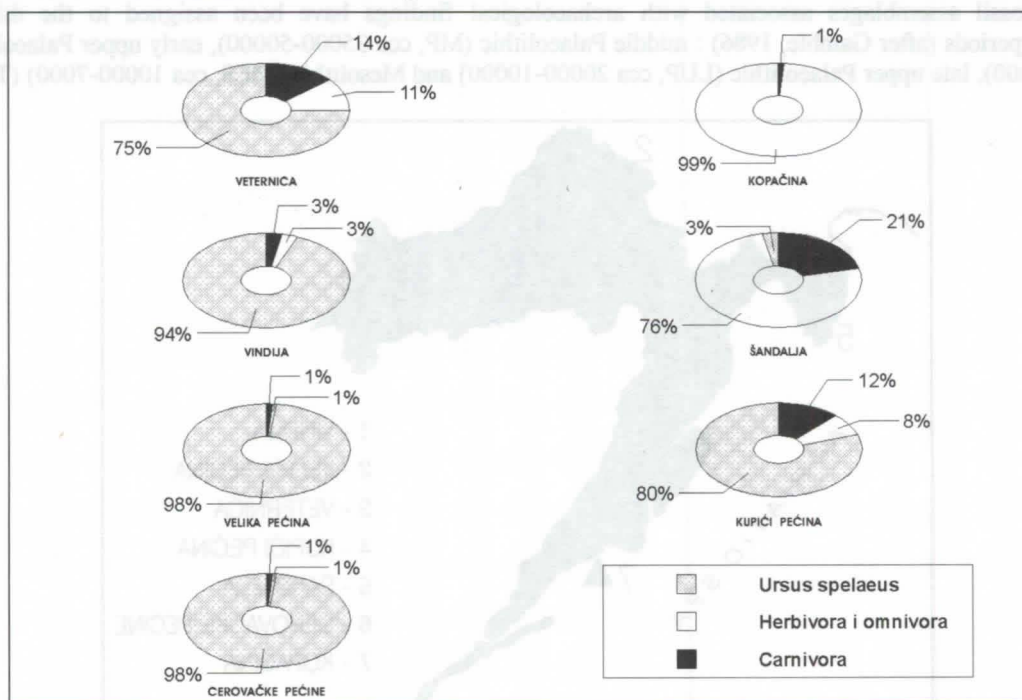
Figure 1 : Location map of sites with Upper Pleistocene mammalian assemblages

| SITE           | m/sl | COORDINATES                | CHRONOLOGY          | LEVEL                                  | DATE  | PERIOD              | REF.No |
|----------------|------|----------------------------|---------------------|--|---|---------------------|--------|
| VINDIJA        | 275  | 46°19' 12"N<br>16°44' 38"E | RISS - HOLOCEN      | E<br>Fd<br>Fd/d<br>G1<br>G3<br>K       | 18 500 ±300<br>26 600 ±900<br>26 970 ±623<br>33 000 ±400<br>42 400 ±430<br>~ 114 100  | MP, EUP,<br>LUP,MES | 1      |
| VELIKA PEINA   | 428  | 46°17'10"N<br>16°02'22"E   | RISS/WÜRM - HOLOCEN | e<br>g<br>i                            | 26 450 ±<br>31 168 ±<br>33 850 ±  | MP, EUP, LUP        | 2      |
| VETERNICA      | 306  | 45°50'36"N<br>16°32'34"E   | RISS - HOLOCEN      | e<br>i<br>j                            | 13 660 ±<br>>43 200<br>100-80 000   | MP, EUP             | 3      |
| CEROVAKE PEINE | 1404 | 44°16'24"N<br>16°53'48"E   | WÜRM - HOLOCEN      | c                                      | >40 000   | EUP                 | 4, 5   |
| KUPII PEINA    | 865  | 45°12'12"N<br>14°10'22"E   | WÜRM?               |  |   |                     | 6      |
| ŠANDALJA       | 72   | 44°52'37"N<br>13°53'48"E   | WÜRM - HOLOCEN      | B/g<br>B/s<br>B/d<br>B/C<br>C/s<br>C/d | 10 830 ±50<br>12 320 ±100<br>10 500 ±100<br>13 070 ±230<br>13 130 ±230<br>20 750 ±400 | EUP, LUP, MES       | 7      |
| KOPAINA        | 280  | 43°22'N<br>16°32'E         | WÜRM - HOLOCEN      | C1-A D1-C1                             | 11 850 ±220<br>12 935 ±250  | LUP                 | 7      |

**Tabele 1 : Upper Pleistocene localities in Croatia**

## 2. Upper Pleistocene mammalian assemblages

Collected fauna is grouped according to the way of nourishment (Carnivora, Herbivora and Omnivora) and the frequency of their appearance is shown for each group. Cave bear were excluded because they are either predominant at some localities or completely absent at other. Figure 2. shows that at the localities Vindija, Velika peina and Cerovake peina the frequency of cave bear is over 90%; at Veternica and Kupii peina is over 75%; at Šandalja only 3% while in Kopaina the bears were not found. Analogically, herbivore and omnivore are more frequent in Šandalja and Kopaina, while carnivora remains do not exceed 20% of total fossil remains at any locality. The reasons for such distribution of fossil remains should be considered in several aspects.



**Figure 2 : Frequency (%) of faunal assemblages from Veternica, Vindija, Velika pećina, Cerovačke pećine, Kupiči pećina, Kopačina and Šandalja.**

From the geographical aspects, localities can be grouped into three types. Vindija, Velika peina and Veternica would belong to hill type habitat; Cerovake and Kupii peina are mountain habitat; and Šandalja and Kopaina belong to coastal type of habitat.

The hill-type habitat was inhabited bear by the whole upper Pleistocene. According to the model of origin for cave assemblage with predominating bear remains on a large carnivora, these habitats correspond to the criteria for cave lairs. In archaeological assemblages cave bear domination can show the significance of Palaeolithic human presence in there areas. We, therefore assume that Vindija, Veternica and Velika peina were used by Palaeolithic hunters in periods of bears absence.

In mountain-type habitats cave bear population differs from the typical representatives. Although they are 50 000 years old, dental analysis demonstrate similarity with middle Pleistocene bears from Vindija. This difference can be explained by geographical position with different paleoclimatic and paleovegetational conditions. Lower winter temperatures and more snow provoked growth of different types of vegetation (pine forests with oak forests refuges) as bear nutriment which probably affected the evolution of bears teeth, and resulted with uncompleted molarisation of premolars. Human presence has been documented with one tibia and with few stone artifacts. These caves were only hunter stations, not a permanent residence of upper Pleistocene hunters (Malez, 1975).

A minimal frequency of cave bears at coastal type localities means that caves were not used as lairs. Therefore, omnivores and herbivores could find shelters in such caves, as well as Palaeolithic humans. The most frequent animals were deer's, does, bulls and horses.

It has to be pointed out that many species, especially chamois and ibex which were found in all strata at all sites and of different periods, are not good climatic and ecological indicators, so their presence in strata does not necessarily indicate bad climatic conditions. Numerous proves of continuous colonization by Palaeolithic hunters have been found. Beside the human bone remains, numerous bone and stone artifacts were found, nice formed fire-places and broken Pleistocene animal bones. Human presence lead to the conclusion

that humans were responsible for animal remains in habitats, but we could not be sure how great is their impact on the composition of found assemblages.

Paleontological investigation of those localities in Croatia show big diversity in presence frequency of mammal. The reason could be in different ages of upper Pleistocene layers and different climatic and vegetational conditions, but an answer to such a serious question can not be based only on the described taxa. It is necessary to apply taphonomical analysis and to extend research on dynamical processes which participate in the origin of paleontological and archaeological assemblages. Such methods must be applied to all localities in Croatia.

## References

- GAMBLE, C. S., 1986. The Palaeolithic Settlement of Europe. Cambridge: Cambridge University Press.
- MALEZ, M., 1959. Prilog poznavanju peinskih medvjedaarije u Istri. Geol. vjesnik 12: 95-113. (6)
- MALEZ, M., 1965. Cerovake peine. Speleol. društvo Hrvatske, pp 1-41. (4)
- MALEZ, M., 1975. Tragovi paleolitika u Lici i susjednim oblastima. Izd. Hrv. Arheol. društva 1: 9-18. (5)
- MALEZ, M., 1986. Kvarterni sisavci (Mammalia) iz Velike peine na Ravnoj Gori (SR Hrvatska, Jugoslavija). Radovi Zavoda za znan. rad JAZU 1: 33-139. (2)
- MIRACLE, P., 1991. Carnivore Dens or Carnivore Hunts? - A review of Upper Pleistocene mammalian assemblages in Croatia and Slovenia. Rad HAZU 458: 193-218.
- MIRACLE, P., 1996. Diversification in Epipaleolithic subsistence strategies along the eastern Adriatic coast: a simulation approach applied to zooarchaeological assemblages. Atti. Soc. Preist. Friuli-V.G. 9 (1994-1995): 33-62. (7)
- MIRACLE, P., and BRAJKOVI, D., 1992. Revision of the Ungulate Fauna and Upper Pleistocene Stratigraphy of Veternica Cave (Zagreb, Croatia). Geol. Croatica 45: 1-14. (3)
- PAUNOVI, M., 1988. Morphometrische und morphogenetische Untersuchungen der Ursidenzähne aus den Höhlen Nordwestkroatiens. Paleont. Jugoslav. 36:1-40.. (1)

# Biochronology of the cave lion. An attempt to date the *Panthera spelaea* of the Azé cave (Saône-et-Loire, France)

par Alain Argant

A.R.P.A., Centre des Sciences de la Terre, Université Claude Bernard, 27-43 Bd du 11 novembre 1918,  
F- 69622 Villeurbanne Cédex, France.

## Résumé

L'évolution du lion des cavernes n'est pas souvent utilisée comme moyen de datation. A cela plusieurs obstacles : la grande homogénéité ostéologique et dentaire des félins et la faiblesse - le plus souvent - du matériel récolté.

Le matériel dentaire se prête mieux que les ossements à un essai de biochronologie, mais les canines ne sont que rarement utilisées. Elles apportent peu d'informations morphologiques, par contre enregistrent bien la taille des individus et évidemment le dimorphisme sexuel. Il devient possible - dans les cas favorables où le sexe des individus est connu - de situer chronologiquement le matériel paléontologique ou, inversement de déterminer le sexe probable si la période chronologique est connue.

Le crâne complet de lion des cavernes recueilli dans la grotte d'Azé (fouilles A.J. Argant) appartient à la forme ancienne de *Panthera spelaea* attribuable au Pléistocène moyen récent.

The evolution of the cave lion is not often used for dating. The obstacles that confirm that : the great homogeneity of bones and teeth in the Felines and - very often - the weakness of the material that is generally found. However it seems possible to rely on two widely admitted facts :

- the most ancient kinds, *Panthera (Leo) mosbachensis* Dietrich, 1962, are the biggest and very robust. They date from the Early Middle Pleistocene (Biharian, Cromerian, Mindel...).
- the more recent forms of true cave lion, *Panthera (Leo) spelaea* (Golfuss, 1810), are similar in size and strength and sometimes weaker than the lions of today.

Although the general tendency is for them to be smaller, the trend is not regular. In paleontology this criteria must be considered with caution especially in the case of cave lions where there are a few examples.

However, between the two extremes the situation becomes less confused. Thanks to more recent discoveries, more definitive data is available.

The teeth provide better dating indications than the bones. It is the teeth that have given the greatest number of case studies.

The characters of the P4/ and the M/1 remain indispensable for confirming the indications given by the size of the animals. In the past, the canines were rarely used. They carry morphological indicators but on the contrary, accurately record the size of the individuals and obviously their sexual dimorphism. It becomes possible to use the canines as a method of dating if the sex is known or conversely to determine the sex if the paleontological material is well dated.

In this context, good cave lion material from the Azé cave (Saône-et-Loire, France) (Azé I-3, fouilles A.J. Argant), in particular the complete young adult male skull with its lower left jaw, permitted the testing of the dating method by using the size of the canines.

| Measurement in mm                   | Length (L) | Width (l) | Crown height (HC) | Total height (HT) | Neck perimeter (PC) |
|-------------------------------------|------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Right upper canine (skull K13-29)   | 32,0       | 25,4      | >63,0             | -                 | 96,6                |
| Left isolated upper canine (K14-88) | 31,6       | 25,5      | >58,9             | >138,5            | 96,5                |
| Left lower canine (mandible K14-6)  | 29,6       | 23,1      | 50,4              | -                 | 84,2                |

Table 1 : Canine tooth of Azé *Panthera spelaea* (K13-29)

The cave-lion of Azé (Azé I-3) relates to the diagram concerning *Panthera spelaea* ancient form and it is a male (what the skull shows also). If we try to compare the Azé I-3 cave-lion upper canines teeth with those of *Panthera (Leo) spelaea*, it also appears to belong to the ancient form (2).

## Conclusion

The diagram and the principal components analysis show that the cave-lion of Azé I-3 is sure to be the ancient form of *Panthera (Leo) spelaea* which covers the chronological period going from the Late Middle Pleistocene to the Eemian Interglacial (Biozones 23-24-25 NMQ) ; this is confirmed by the dental studies of P4/ and M/1 (Argant, 1988), the stratigraphy and the degree of evolution of the cave-bear (*Ursus spelaeus deningeroides*, Argant, 1991) with which it is associated.

# Découverte de restes d'un «bébé» mammoth dans une nouvelle cavité du Causse de Martel : l'Igue Faurel, commune de Cuzance (Lot, France)

par Michel PHILIPPE

Conservateur Sciences de la Terre au Muséum d'Histoire naturelle

28 boulevard des Belges, F-69006 LYON, France

## Abstract

In the spring of 1995, Spéléo-Club de Souillac (Lot) cavers explored a small karst fissure at Cuzance, Causse de Martel, Lot, opened by farming. They discovered fossil bones as well as a prehistoric flint. A visit was organized with the discoverers and other specialists in June 1995.

The cave contains not only bones. Claw marks can be seen on the clay walls. The most interesting was unquestionably the discovery of mammoth remains, including two semimandibles of a very young individual, at the most a few weeks of age. Official excavations are being considered.

## Résumé

Au printemps 1995, des membres du Spéléo-Club de Souillac entreprenaient l'exploration d'une petite fissure karstique ouverte sur le territoire de la commune de Cuzance (causse de Martel, Lot) à la faveur de travaux agricoles. Ils mettaient rapidement au jour des ossements fossiles ainsi qu'un silex retouché. Une visite fut organisée, avec les inventeurs et d'autres spécialistes, en juin 1995.

La grotte ne renferme pas seulement des ossements. Les parois argileuses présentent aussi des griffades. La découverte la plus intéressante est incontestablement celle de restes de mammoth dont les deux hémimandibules d'un tout jeune individu, tout au plus âgé de quelques semaines au moment de sa mort. Des fouilles officielles sont envisagées.

## LA DÉCOUVERTE

Fin février 1995, ayant appris l'ouverture d'une petite fissure verticale repérée fortuitement par un chasseur à la suite de travaux agricoles, le Spéléo-Club de Souillac entreprenait l'exploration de cette nouvelle cavité.

Le mardi 28 février 1995 en effet, deux membres de ce club équipent la fissure et descendent au fond d'un puits d'une dizaine de mètres. Pressés par le temps et conscients des difficultés pour ressortir de la cavité vu l'exiguïté de l'orifice, ils ne visiteront ce jour là que la petite salle située au bas du puits et une galerie d'une dizaine de mètres de longueur.

Une nouvelle séance d'exploration est effectuée le jeudi 2 mars par les deux mêmes spéléologues qui agrandissent quelque peu le passage étroit du sommet du puits et qui visitent la galerie descendante formant un méandre boueux, assez rapidement obstrué par une coulée stalagmitique.

Quelques jours plus tard, le dimanche 5 mars, une plus importante équipe se retrouve sur place mais, vu l'exiguïté de l'entrée, ils ne seront guère que trois à s'enfoncer sous terre pour continuer la prospection. C'est au cours de cette nouvelle visite que les premiers ossements fossiles sont découverts et remontés à la surface.

## UN RAPIDE DIAGNOSTIC ET LES DISPOSITIONS PRISES

Le soir même de la découverte, l'un des spéléologues -qui m'accompagnait lors des "expéditions scientifiques" de Padirac (1984, 1985 et 1989)- prend contact avec moi pour m'informer de

la découverte et pour me prévenir qu'il m'expédie une mandibule. En ouvrant le colis, il est aisé de reconnaître qu'il s'agit d'une hémimandibule de mammoth, mais extrêmement jeune comme nous allons le démontrer ci-après. J'invite donc aussitôt le milieu spéléologique à prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas endommager ce nouveau gisement paléontologique, dans l'attente d'une évaluation plus détaillée du site.

Retournant dans la cavité pour en dresser la topographie, un silex retouché fut recueilli, le 7 mars, sur le même éboulis que celui ayant livré les restes de mammoth. Un échantillon de microfaune fut également prélevé ce jour là.

Le Service Régional de l'Archéologie (Midi-Pyrénées) est rapidement prévenu de la découverte par les spéléologues qui prennent également contact avec la famille FAUREL, propriétaire des terrains sous lesquels se situe la cavité. L'orifice du puits est fermé par une trappe installée, le 22 mai, toujours par des membres du Spélo-Club de Souillac, avec l'autorisation du propriétaire.

D'un commun accord avec toutes les parties concernées, il est décidé d'organiser, le plus rapidement possible, une visite de la cavité.

## LA VISITE D'ÉVALUATION

C'est le mardi 13 juin 1995 qu'a lieu cette visite à laquelle participent plusieurs membres du Spéléo-club de Souillac, F. ROUZAUD, Conservateur au S.R.A., F. DURANTON, Conservateur Sciences de la Terre au Muséum d'Histoire naturelle de Tou-

louse, Y. LIGNEREUX, enseignant-chercheur à l'Ecole nationale Vétérinaire de Toulouse et moi-même.

Nous nous intéressons d'abord à la partie de la cavité dans laquelle les vestiges paléontologiques ont été trouvés. Il est nécessaire de prendre des précautions car l'endroit, un peu surélevé et formant un talus d'éboulis non stabilisé formé à la faveur d'une fissure remontante, est relativement exigü. Nous remarquons encore, en surface, quelques ossements (notamment de cheval) et nous repérons également pas mal de microfaune. Mais il sera difficile de dire si cette microfaune est contemporaine des ossements de mammoth ou s'il s'agit de dépôts plus récents. Surtout, nous devisons sur la façon d'entreprendre ici, ultérieurement, des travaux de fouille. Mais, pour l'instant, nous ne touchons absolument pas au remplissage, nous contentant seulement de sortir les quelques gros ossements qui reposent encore sur l'éboulis fossilifère.

Nous prospectons ensuite le reste des galeries et découvrons, ça et là, d'autres vestiges osseux apparemment plus récents et, surtout, d'assez nombreuses griffades sur les parois argileuses (certainement d'ours et d'oursins vu la taille de certaines d'entre elles mais aussi, peut-être, d'un félin). Il semble donc évident que l'étude scientifique de la cavité doit être envisagée dans son ensemble puisque la grotte n'a pas seulement été en partie colmatée par un éboulis fossilifère mais qu'elle a également hébergé des animaux vivants.

## DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA CAVITÉ

Le plan de la cavité donne une bonne idée générale du site (fig.1).

Malgré les travaux d'élargissement, l'entrée de cette igue

reste bien étroite sur 1 à 2 mètres. Ensuite le puits s'élargit nettement. Au bas du puits, l'échelle souple ne repose pas sur un fond plat mais sur un chaos rocheux formant, vers l'Ouest, une sorte de redan et il convient de faire attention à ne pas se laisser glisser sur une coulée stalagmitique qui descend encore de plusieurs mètres pour rejoindre la galerie principale que l'on peut considérer comme la partie aval du réseau.

Il faut faire une petite escalade pour se hisser dans la partie amont qui comprend une petite galerie d'une dizaine de mètres de longueur, sensiblement en direction de l'Est, et une salle assez vaste mais à la voûte peu élevée dont le sol est encombré d'un éboulis provenant d'une fissure (ou d'une cheminée comme indiqué sur la topographie) située au Nord. Un petit diverticule de cet éboulis se prolonge vers l'Est.

La petite galerie amont présente, sur sa paroi nord, quelques griffades faites peut-être par un félin puisqu'il semble que ce soient des traces laissées par des griffes rétractiles. Sur le sol, vers le début de la galerie, reposent des ossements éparpillés et légèrement calcifiés d'un lagomorphe, ce qui témoigne d'une relative ancienneté. Un peu plus loin, sur un fond sableux, ce sont des ossements d'oiseaux qui ont été repérés.

La salle correspond au gisement paléontologique à proprement parler puisque c'est là, éparés sur l'éboulis, qu'ont été découverts les restes de "bébé" mammoth ainsi que des ossements d'un cheval juvénile. L'échantillon de microfaune et le silex proviennent également de cet endroit.

La galerie aval, relativement étroite, est sinueuse au départ puis devient rectiligne, sans doute formée à la faveur d'une diaclase. C'est une galerie pentue, très boueuse, avec plusieurs res-

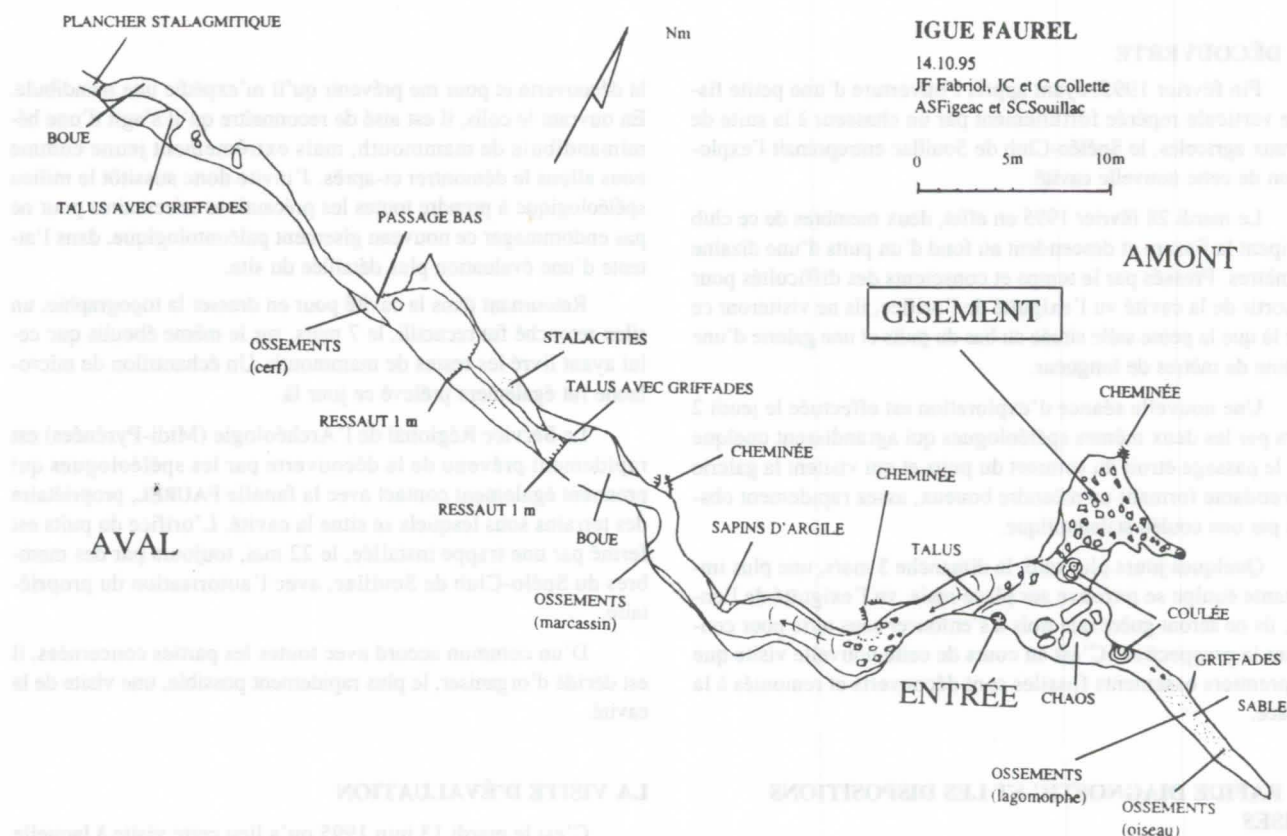


Figure 1 : Plan général de la cavité indiquant les principaux points particuliers.

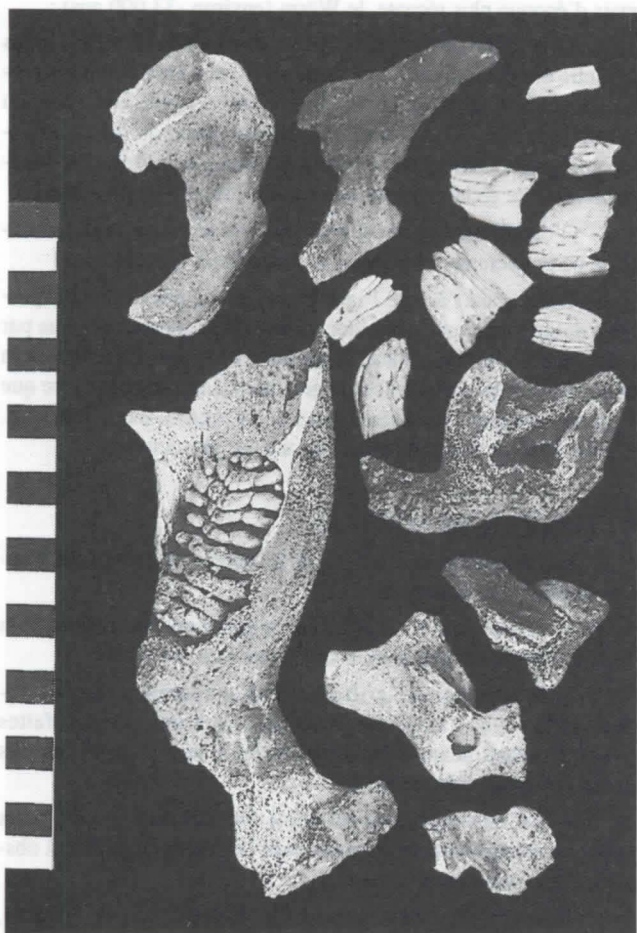


Figure 2 : L'hémimandibule droite du "bébé" mammoth, telle qu'elle est parvenue au Muséum de Lyon, (après un simple nettoyage à l'eau). Échelle centimétrique.

sauts successifs. Deux petits conduits sont visibles au plafond, dans la moitié la plus proche du puits d'entrée. On notera d'ailleurs qu'au moins l'un de ces conduits remonte vraisemblablement jusqu'à la surface, puisque des morceaux de bois ont été remarqués à son aplomb.

Sur le sol de cette galerie ont été remarqués, en plusieurs points, des éléments de squelettes assez bien regroupés, correspondant vraisemblablement à des animaux morts à ces endroits là. C'est notamment le cas d'ossements d'un marcassin et, une vingtaine de mètres plus loin, d'un jeune cervidé. Un peu partout et principalement dans les parties les plus étroites ou les plus pentues on peut observer des griffades sur les parois qui sont, la plupart du temps, recouvertes de coulées argileuses formant, à la base, de véritables talus d'argile. Certaines de ces traces sont de toute petites tailles et pourraient être celles laissées par de jeunes ours.

Comme on peut donc le constater, les indices sont nombreux et variés, nécessitant en outre beaucoup de précautions pour ne pas être irrémédiablement endommagés. Ce n'est pas seulement le gisement paléontologique à proprement parler mais l'ensemble de la cavité qui présente un intérêt certain.

#### PREMIÈRES DONNÉES PALÉONTOLOGIQUES

Elles sont forcément limitées car basées uniquement sur les quelques éléments osseux recueillis en surface, sur l'éboulis fossilifère.

Le mammoth (*Mammuthus primigenius*) est incontestablement la découverte la plus intéressante. Ce n'est pas spé-

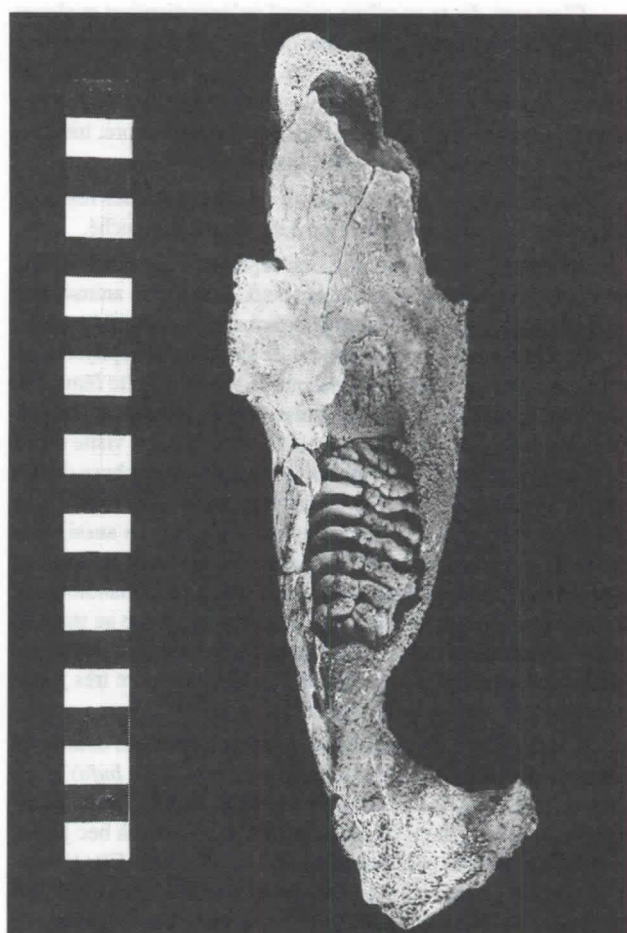


Figure 3 : L'hémimandibule droite du "bébé" mammoth une fois reconstituée et consolidée. Échelle centimétrique. (photos J. Camaret)

cialement à cause de sa rareté car cette espèce a déjà été découverte dans plusieurs gisements de ce causse de Martel. Non ! L'intérêt majeur réside dans le fait que nous sommes ici en présence d'un tout jeune mammoth.

En effet, à ce jour et, rappelons-le, sans le moindre "gratage" effectué dans l'éboulis fossilifère, ont déjà été recueillis plusieurs vestiges et en particulier : 2 hémimandibules, 2 dents et des lamelles dentaires isolées. Ces deux hémimandibules sont celles d'un même animal ; elles étaient séparées dès la formation du gisement puisque leurs cassures sont recouvertes d'un dépôt calcitique qui adhère fortement à l'os. L'hémimandibule droite est plus complète que la gauche mais elle m'est parvenue avec de nombreuses esquilles fraîchement cassées et qu'il n'a pas toujours été évident de recoller (fig.2 et 3). Il s'agit d'un éléphantéau qui possédait encore la seule dent de lait que les Proboscidiens (actuels) ont à leur naissance : la D2. Sur l'hémimandibule gauche, l'alvéole de cette dent de lait est vide alors que la D2 est encore en place sur l'hémimandibule droite. Il doit donc rester, dans l'éboulis, la D2 gauche manquante. La D3 est présente, aussi bien à droite qu'à gauche mais, comme l'os encaissant a été ébréché, il est difficile de dire si cette dent était déjà sortie ou si elle était encore dans la gensitive. Quoi qu'il en soit, ces D3 ne présentent aucune trace d'abrasion. Les D4 sont encore sous forme de lamelles plaquées les unes contre les autres mais celles situées le plus loin en arrière non encore tenues par du ciment ; elles étaient situées dans la branche montante de la mandibule mais se sont détachées pendant le transport. Tout ceci indique que cet animal était très jeune ; peut-être âgé seulement de quelques semaines si ce n'est de quelques jours. Aussi parlerons-nous d'un "bébé" mammoth.

C'est sans doute au même animal qu'appartiennent quelques petits fragments de crâne dont une dent de lait (D3 sup ?) et une D2 un peu plus large que l'inférieure. Comme autres vestiges de Proboscidiens nous avons encore plusieurs éléments osseux (5 au total), non épiphysés, d'un même bassin. Il s'agit encore, très certainement de vestiges de ce "bébé" mammoth.

Le même éboulis fossilifère a livré aussi quelques restes de cheval, un peu de microfaune et un éclat de silex retouché.

Le cheval (*Equus caballus*) est représenté par plusieurs ossements qui semblent être également ceux d'un même animal, très jeune car les épiphyses ne sont absolument pas calcifiées. A ce jour, ont été recueillis : un fragment de sacrum, la diaphyse d'un fémur droit presque complète ainsi que sa tête articulaire fémorale, la diaphyse d'un tibia recouverte presque intégralement d'une pellicule de calcite. Enfin, pour compléter, lors de notre visite du 13 juin nous avons trouvé, sur une surface réduite, l'épiphysse distale d'un tibia droit qui s'accorde parfaitement avec l'astragale et le calcaneum ; il manque le scaphoïde mais nous avons aussi récupéré un grand cunéiforme droit, vraisemblablement de la même patte arrière. Si nous avions retrouvé le crâne ou la mandibule, il aurait été possible de préciser l'âge de ce poulain grâce au stade de la mise en place des dents. Avec les seuls éléments en notre possession, nous pouvons seulement dire qu'il était encore très jeune, sans doute pas plus de trois à quatre mois.

L'échantillon de microfaune comprend quelques ossements de batraciens (sans doute de crapaud commun, *Bufo bufo*), d'oiseaux (la moitié proximale d'un tibiotarse, la moitié d'un tarsométatarsien et un fragment de métacarpien de chocard à bec jaune, *Pyrhocorax graculus* [détermination de C. MOURER-CHAUVIRÉ, Université de Lyon]) ainsi que des restes parmi lesquels P. MEIN (également de l'Université de Lyon) a reconnu des fragments de crânes, des mandibules ou des dents isolées de campagnol des champs, (*Microtus arvalis*), de grand campagnol (*Arvicola terrestris*), de campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*) et de mulot (*Apodemus cf. sylvaticus*).

## CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La faune recueillie dans ce nouveau gisement du causse de Martel n'est pas rare en soi. Toutes les espèces reconnues à ce jour ont déjà été trouvées dans d'autres sites du même causse de Martel. Car, même si cela n'a pas encore été évoqué, de nombreux gisements paléontologiques de l'époque quaternaire étaient déjà connus avant la découverte de l'igüe Faurel. Ce n'est pas moins de 16 autres cavités qui étaient recensées et ont été exploitées (GUÉRIN et PHILIPPE, 1971 ; PHILIPPE *et al.*, 1980 ; PHILIPPE, 1983) parmi lesquelles trois sont de première importance et ont donné lieu à d'importantes fouilles paléontologiques faites par le Muséum d'Histoire naturelle et l'Université de Lyon :

— le gouffre de la Fage, à Noailles (Corrèze), de 1963 à 1968, qui a livré une faune très abondante et extrêmement variée, datant du Riss (environ -250 000 ans) et qui a été l'objet d'une monographie ;

— la grotte de Jaurens, à Nespouls (Corrèze), de 1968 à 1971, qui a également fourni une faune très riche et diversifiée

## Références bibliographiques

GUÉRIN C. et PHILIPPE M. 1971 - Les gisements de vertébrés pléistocènes du causse de Martel. *Bull. Soc. sci. hist. et archéol. Corrèze*, Brive, 93 : p. 31-46, 4 fig.

PHILIPPE M., MOURER-CHAUVIRÉ C. et EVIN J. 1980 - Les gisements paléontologiques quaternaires des causses de Martel et

mais d'époque plus récente, le Würm (environ -33 000 ans) ;

— la grotte de Siréjol, à Gignac (Lot), de 1971 à 1975, dans laquelle ont été exhumés des vestiges osseux appartenant essentiellement au cheval, au bison et au renne et datant, eux aussi, du Würm (environ -30 000 ans). Indépendamment du gisement paléontologique, cette grotte recelait également, dans une salle supérieure, un site archéologique intéressant (grotte à inhumations).

C'est dire si la nouvelle découverte se place dans un contexte particulièrement favorable et prometteur.

Concernant l'âge de l'igüe Faurel, il n'a pas encore été possible de soumettre un échantillon en vue de sa datation absolue par le radiocarbone. Cependant, la présence conjointe du mammoth et du chocard pourrait placer le gisement, compte tenu de ce que l'on connaît dans les autres sites de la région, dans le Würm. L'éclat de silex pourrait même être encore plus ancien.

## DES PROJETS DE FOUILLES

Indépendamment de l'âge du gisement, de nombreuses autres questions se posent encore :

— le gisement s'est-il formé uniquement à la faveur de la fissure remontante que nous avons remarquée sur place ?

— la présence de "griffades" indique forcément une communication avec l'extérieur, mais ces traces ont-elles été faites avant, pendant ou après la formation du gisement contenant les restes de "bébé" mammoth ?

— par quel animal ou par quels animaux ont-elles été faites et par où pénétraient ces animaux dans la galerie aujourd'hui obscurcie à toutes ses extrémités ?

— si certaines de ces traces ont été laissées par des ours, était-ce pendant leur hibernation ?

— mais alors, pourquoi n'avons-nous pas décelé le moindre reste osseux de ces grands animaux qui ont laissé les traces de leur passage sur les parois ?

— le gisement à proprement parler est-il superficiel ou se développe-t-il sur une plus grande épaisseur ?

— pourra-t-on retrouver les autres éléments du squelette de ce fameux "bébé" mammoth ?

— Y a-t-il eu présence humaine ou le silex recueilli sur l'éboulis fossilifère est-il en position secondaire ?

— dans cette dernière éventualité, y a-t-il alors, aux abords immédiats de l'entrée, un gisement préhistorique ?

Et bien d'autres questions encore.

Pour tenter de répondre à ces interrogations et pour avoir une vision plus complète de la faune et peut-être aussi, des manifestations anthropiques du gisement, il paraît nécessaire d'envisager des recherches plus méthodiques dans cette cavité : d'abord sous la forme d'un sondage de reconnaissance stratigraphique ou d'une opération de type "évaluation" afin de mieux connaître la potentialité du site puis, si les besoins s'en font sentir, des fouilles programmées.

de Gramat (Corrèze et Lot) : faunes et chronologie. *Nouv. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon*, 18 (suppl.) : p. 57-67, 1 fig.

PHILIPPE M. (1983) - Vingt années de recherches paléontologiques dans les remplissages karstiques du causse de Martel. *Bull. Soc. sci., hist. et archéol. Corrèze*, Brive, t. 105 : p. 13-24.

# Les critères de prédation sur les assemblages fossiles en milieu karstique : Application aux Phosphorites du Quercy (France)

par Frédéric Laudet, Christiane Denys & Yolanda Fernandez-Jalvo

F. Laudet : Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, laboratoire de Paléontologie, Université Montpellier II, Place Eugène Bataillon, F-34095 Montpellier-cédex 05, Montpellier, France. C. Denys: Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire des Mammifères et oiseaux, 55, rue Buffon, F-75005 Paris, France. Y. Fernandez-Jalvo: Museo Nacional de Ciencias Naturales, Jose Gutierrez Abascal 2, E-28006 Madrid, Espagne.

## Abstract

Predation has been evoked to explain the high concentrations of Eo-Oligocene mammals from the karstic localities of the Phosphorites of Quercy, but it has never been demonstrated. The taphonomical study upon these sites in progress have been displayed the part of predators for the first time in the accumulation of small mammals. This paper deals with the different criteria of predation, from the surface modifications of bones and teeth (fragmentation, digestion, toothmarks) to the composition of the fossil assemblages, face to the post mortem taphonomical destructive agents.

## Résumé

La prédation a souvent été évoquée pour expliquer les grandes concentrations de mammifères Éo-Oligocènes des cavités karstiques des Phosphorites du Quercy, mais elle n'avait jamais été démontrée. L'étude taphonomique en cours sur ces gisements a permis de mettre en évidence pour la première fois l'action des prédateurs dans l'accumulation des petits mammifères. Cet article fait l'inventaire des différents critères de reconnaissance de la prédation relatifs aux modifications des surfaces (fragmentation, digestion, morsures) et à la composition des assemblages, notamment face à la surimposition d'agents taphonomiques post mortem destructeurs (transport, remaniement, compaction etc...).

## 1. Introduction

En milieu continental, les paléokarsts forment des sites privilégiés pour l'accumulation et la concentration d'ossements fossiles (SEILACHER *et al.*, 1985). Ces faunes, enfouies dans le sédiment des fissures ou des grottes, sont pourtant essentiellement constituées d'animaux non cavernicoles. Parmi les différents agents responsables de telles concentrations, la prédation joue un rôle primordial : d'une part parce qu'elle est considérée comme la source principale de mortalité chez les vertébrés, et d'autre part parce que les cavités naturelles d'un environnement karstique forment des abris de choix pour les prédateurs. Les restes de proies peuvent alors s'accumuler et donner d'importants assemblages (ANDREWS, 1990; ANDREWS & NESBIT-EVAN, 1983; BRAIN, 1981; HAYNES, 1980).

C'est donc en toute logique que la prédation a été évoquée pour expliquer en partie les accumulations Eo-Oligocènes des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne) (LEGENDRE & MARANDAT, 1986; VIANEY-LIAUD, 1980), mais sans que cette affirmation ne fût démontrée et l'impact paléontologique de ce processus discuté. En effet, l'importante somme de travaux paléontologiques entamée voici plus d'un siècle s'est essentiellement concentrée sur des problématiques d'ordre taxinomique et paléoécologique (VIANEY-LIAUD & LEGENDRE, 1986). La récente multiplication des études taphonomiques relatives à la composition des restes issus de déjections des prédateurs a démontré que l'enregistrement des messages écologiques pouvait être biaisé par la prédation. Pour des raisons de sélectivité dans le choix des proies et dans la destruction des éléments squelettiques, une biocénose est ainsi plus ou moins déformée dans un assemblage formé par un prédateur (voir synthèse dans ANDREWS, 1990). Ces études, associées aux données étho-écologiques, ont permis l'établissement de critères d'identification des prédateurs à travers un assemblage osseux. Ils sont notamment basés sur la fragmentation, les taux de représentativité des différentes parties squelettiques et les modifications de la surface des tissus par la digestion (FERNANDEZ-JALVO & ANDREWS, 1992). Utilisés avec succès

dans les sites archéologiques (SANCHEZ *et al.*, sous presse; FERNANDEZ-JALVO & ANDREWS, 1992; ANDREWS, 1990), l'application de ces critères élaborés à partir de thanatocénoses complètes est plus délicate sur les associations quercynaises, car peu de localités semblent offrir des thanatocénoses peu modifiées et homogènes. Les remplissages sont pour la grande majorité des formations argilo-sableuses de surface transportées et piégées au fond de fissures héritées d'un important paléoréseau plusieurs fois réactivé (BILLAUD, 1982; SIMON-COINÇON & ASTRUC, 1991). Ainsi, comparés aux assemblages protégés par une calcification rapide du sédiment, les fossiles du Quercy peuvent subir l'action des agents taphonomiques destructeurs post-enfouissement (remaniement, compaction), lesquels ont été effectivement détectés par les premières observations taphonomiques. De plus, une stratification est très rarement présente et une hétérogénéité des restes est souvent constatée (mélange de la macrofaune et de la microfaune) : l'attribution des populations taphonomiques à chaque prédateur pose de ce fait plus de problèmes que dans un gisement archéologique classique. Cet article tente de proposer des critères pour améliorer la méthode de reconnaissance des différents types de prédateurs dans des gisements hétérogènes.

## 2. Critères de prédation liés à la morphologie des sites et à la composition globale des paléofaunes

### Composition globale des paléofaunes

Les assemblages fossiles paléogènes du Quercy ont la caractéristique d'être essentiellement constitués de petits vertébrés (rongeurs, chiroptères, marsupiaux, insectivores, primates, amphibiens, serpents, ongulés et carnivores). Si des phénomènes de tri mécanique dus aux transport (VOORHIES, 1969; KORTH, 1979) peuvent être parfois évoqués, la faible représentation de la macrofaune et de la "spéléofaune" peut aussi s'expliquer par le contexte géomorphologique global des sites

d'accumulation qui favorise l'accès aux petits prédateurs, et donc le dépôt de leurs proies.

A cause de l'érosion, la morphologie initiale de la partie supérieure de chaque fissure à l'époque de son remplissage a disparue : communiquaient-elles directement avec la surface ou bien par l'intermédiaire de galeries horizontales? Dans l'état actuel des connaissances, seul le site de Crégols, brèche à chiroptères de l'Eocène supérieur (VIANEY-LIAUD, 1980), est compatible avec un dépôt de grotte. Les autres cavités karstiques se présentent comme des fissures ou des gouffres (BILLAUD, 1982). Les conséquences sont importantes sur la composition d'un assemblage, car de telles ouvertures dans le karst réduit considérablement la susceptibilité des grands prédateurs à venir s'y installer, et d'y laisser par la même occasion des proies de grande taille comme on peut l'observer dans de nombreuses cavernes africaines (BRAIN, 1981; VRBA, 1980; HAYNES, 1980). Par contre, des petits prédateurs ou des prédateurs aviens peuvent y trouver plus facilement leur compte (pour des raisons de taille et/ou de type de locomotion) et y accumuler ainsi les restes de petits vertébrés en grande quantité, par l'intermédiaire de leurs excréments pour les premiers (ANDREWS & NESBIT-EVANS 1983; MELLET, 1974) et des pelotes de régurgitation pour les seconds (LEVINSON, 1982; BRAIN, 1981; DODSON & WEXLAR, 1979). Les plus grands vertébrés peuvent quant à eux s'accumuler par chute accidentelle dans les avens (e.g. BRUGAL & AUBERT, 1991), ce qui explique leur présence aléatoire dans les gisements (RÉMY *et al.*, 1989). Signalons également qu'à ces restes peuvent s'ajouter ceux d'animaux de toute taille, transportés directement dans les cavités depuis la surface par les phénomènes de ruissellement.

#### **Autres critères de prédation relatifs à la composition de l'assemblage**

Les proportions en individus juvéniles ou séniles (communauté attritionnelle) dans un assemblage fossile s'avère être un indice intéressant de prédation (PALMQVIST & NAVARRO, 1995; VRBA, 1980) car ils forment les proies les plus vulnérables d'une communauté. Les données sont délicates à utiliser chez les petits mammifères, notamment pour des raisons écologiques (périodes de reproduction, nombre de portées) ou éthologiques (attitude des adultes par rapport aux jeunes) qui font varier ces proportions d'une saison à l'autre, d'un environnement à l'autre, d'une espèce à l'autre et d'un prédateur à l'autre (e.g. ANDREWARTHA, 1970). Néanmoins un fort taux de jeunes chez des espèces de taille voisine au sein d'un même assemblage, donc susceptibles d'appartenir au tableau de chasse d'un même prédateur, suggère l'hypothèse qu'ils représentent au moins en partie les restes de proies : ainsi, un assemblage oligocène quercynois en cours d'étude (non publié) dont les représentants les plus gros sont ceux de petits ongulés, et dont près de 50% des individus sont juvéniles, peut illustrer ce phénomène.

### **3. Critères physiques de prédation**

#### **fragmentation et représentation squelettique**

Les études quantitatives sur la fragmentation et la représentation des éléments squelettiques issus de pelotes de rapace et de féces de carnivores sont maintenant assez nombreuses (e.g. : DENYS *et al.*, 1996a; DODSON & WEXLAR, 1979; DENYS & MAHBOUBI, 1992; DENYS *et al.*, 1992; ANDREWS, 1990; HOFFMAN, 1988; ANDREWS & NESBIT-EVANS, 1983; LEVINSON, 1982) pour que des grandes caractéristiques puissent en être tirées. Il existe en effet des différences significatives de fragmentation et de représentation des éléments osseux suivant les différents prédateurs actuels. La plupart des rapaces nocturnes

modernes, du fait de leur mode d'ingurgitation (proies consommées entières) et de la faible action de leur sucs gastriques, rendent presque complets les squelettes de leur proies par l'intermédiaire des pelotes de régurgitation (ANDREWS, 1990). Au contraire, les petits prédateurs donnent des restes très fragmentés et très abîmés par la digestion. Cependant, les modifications post-prédation viennent altérer ces proportions : les phénomènes d'exposition aérienne prolongée, le piétinement, de corrosion chimique par le sédiment, les charognards, le transport, ainsi que la diagenèse qui peut fragiliser les os. De plus, il a été montré que des phénomènes de conservation différentielle interviennent dès la prédation et provoque une meilleure conservation des éléments osseux les plus robustes (DENYS *et al.*, 1996a). Les critères de fragmentation ne sont donc pas les plus adaptés pour déterminer le type de prédation dans un assemblage fossile très modifié (e.g. Pech crabit, LAUDET *et al.*, 1997, sous presse). Tout au plus, peuvent-ils donner des indications dans le cas d'un assemblage peu modifié et on peut alors supposer l'intervention de rapaces nocturnes quand le taux d'éléments squelettiques intacts de petits vertébrés est estimé avoir été important au moment de l'enfouissement (e.g. site d'Itardies, LAUDET & DENYS, 1997, ce volume). L'aspect physique des cassures peut néanmoins se révéler très utile pour détecter la nature des phases d'altérations post-prédation, et estimer ainsi la fragmentation d'origine.

#### **Digestion**

L'action des sucs digestifs et du pH lors de la digestion des restes sont visibles sur les restes squelettiques (DENYS *et al.*, 1996b; RENSBERGER & KRENTZ, 1988; DENYS, 1985; MAYHEW, 1977; MELLET, 1974; RACZYNSKI & RUPRECHT, 1974). Différentes catégories de prédateurs peuvent être ainsi classées en fonction de l'intensité de la digestion et la fréquence des éléments affectés, essentiellement dentaires (FERNANDEZ-JALVO & ANDREWS, 1992; ANDREWS, 1990). Ces modifications se distinguent surtout par une attaque préférentielle de l'émail par rapport à la dentine. Les mêmes schémas découverts sur des sites archéologiques ont permis ainsi de déterminer non seulement le rôle de la prédation mais aussi le signataire de cette prédation (SANCHEZ *et al.*, sous presse, FERNANDEZ-JALVO & ANDREWS, 1992; ANDREWS, 1990). Dans le Quercy, ces mêmes caractères ont été constaté à Pech Crabit (LAUDET, 1995), où des dents de rongeurs montrent de fortes traces de digestion (fig.1) telles qu'on les rencontre actuellement sur les restes de rapaces diurnes et les petits carnivores. Leur faible fréquence par rapport à l'ensemble du matériel (10-15%), suggère l'intervention complémentaire d'autres prédateurs beaucoup moins destructeurs comme agents d'accumulation (e.g. des rapaces nocturnes) (LAUDET *et al.*, 1996).

Cette méthode permet de reconnaître qualitativement la présence du ou des prédateurs à l'origine de la digestion (rapaces nocturnes/diurnes et tous les petits mammifères). Cependant, certains rapaces de catégorie 1 (ANDREWS, 1990) peuvent ne donner aucune dent digérée. L'absence de traces de digestion sur une grande quantité de dents d'un même assemblage ne semble pas exclure une absence de prédation pour autant. Ainsi, quelques sites dont l'excellente conservation des restes suggère l'action d'un rapace nocturne, ne montrent pas de figure de digestion (e.g. : Itardies). De plus, il a été récemment montré par l'analyse taphonomique que 40 niveaux fossilifères à micromammifères ont comme origine la prédation (DENYS *et al.*, 1997, sous presse).

De plus, comme pour la fragmentation, les agents tardifs de destruction et les mélanges de plusieurs taphocénoses peuvent fausser le rapport dents digérées/non digérées, et leurs actions se superposer aux traces de prédation pour brouiller la reconnaissance de la digestion à la surface des os et dents.

### Traces de morsures

Les os grands mammifères sont évidemment les plus touchés par ces marques à cause de leur taille et le mode d'ingurgition de leur prédateur (SHIPMAN, 1983; VRBA, 1980; BRAIN 1980). Chez les carnivores modernes, seuls les canidés laissent fréquemment des traces de dents sur les os de leurs proies, plus occasionnellement les félidés et mustélidés (ANDREWS, 1990). La prédation n'entraîne donc pas forcément la présence de ces traces particulières, et ceci est d'autant plus valable en ce qui concerne les Phosphorites pour les raisons précédemment évoquées. Ainsi, sur les milliers d'échantillons observés sur les restes osseux issus de plusieurs sites oligocènes du Quercy, seuls quelques uns montrent des marques pouvant être attribuées de façon certaine à celles laissées par les carnassières ou les canines de petits mammifères carnivores (figure 2).

### 4. Conclusion

La prédation est l'un des premiers maillons potentiels d'une longue chaîne d'événements permettant le passage d'une biocénose à l'état d'assemblage fossile. Le contexte géologique des paléokarsts quercynois ne semble pas favoriser la minimisation de ces événements post-prédation, qui peuvent modifier, par destruction ou tri, la configuration d'un assemblage au cours du temps quelque soit l'origine de la thanatocénose. Avant le développement des études taphonomiques originales sur les assemblages de microvertébrés, y démontrer l'intervention de prédateurs et définir ces derniers pouvait paraître délicat, voire impossible. Aujourd'hui, les toutes premières séries d'études taphonomiques démontrent le contraire, y compris sur des assemblages montrant des signes évidents de remaniement. La précision de ces critères est malgré tout loin d'être parfaite, et l'identification des prédateurs reste encore délicate. Les études effectuées sur des assemblages modernes manquent encore, tout comme celles liées à l'évolution des assemblages sous l'action des agents taphonomiques post-mortem. Dans le cas des associations quercynaises, ces derniers ont joué un rôle particulièrement important au cours du temps et leur évaluation préalable constitue un passage indispensable avant toute interprétation relative à la reconstitution des thanatocénoses d'origines, aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif.

Définir l'influence de la prédation pour améliorer les interprétations paléocéologiques constitue la deuxième étape du travail à venir : un travail énorme reste à effectuer pour tester l'utilisation de ces paléofaunes avec les outils habituellement utilisés en paléontologie des vertébrés. L'intérêt de cette approche est d'autant plus intéressante que la région du Quercy a connu un important renouvellement faunique au cours de sa longue histoire, qui a concerné aussi bien les communautés de prédateurs que celles de leurs proies potentielles (RÉMY *et al.*, 1987) : quelles sont les influences de ces changements paléocéologiques sur la constitution des assemblages et sur leurs interprétations?

Toutes ces considérations liées à la prédation permettent d'observer les assemblages fossiles sous un angle encore inédit. Elles ne peuvent que renforcer l'intérêt scientifique de cet ensemble exceptionnel de gisements fossilifères que constituent les Phosphorites du Quercy.

### Remerciements

Les dessins ont été réalisés par Laurence Meslin (Institut des Sciences de l'évolution de Montpellier)

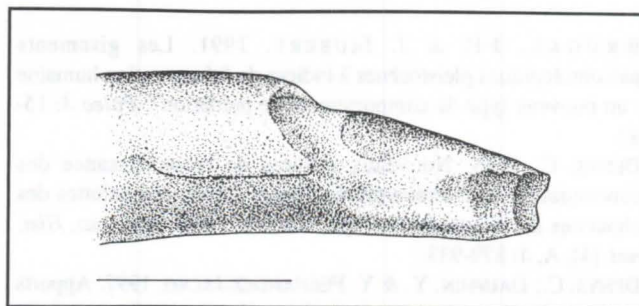


Figure 1 : incisive de rongeur montrant un grade de digestion modéré, caractérisé par la disparition de l'émail à son extrémité (Oligocène inférieur, niveau repère MP 23). Le trait représente 1 mm.

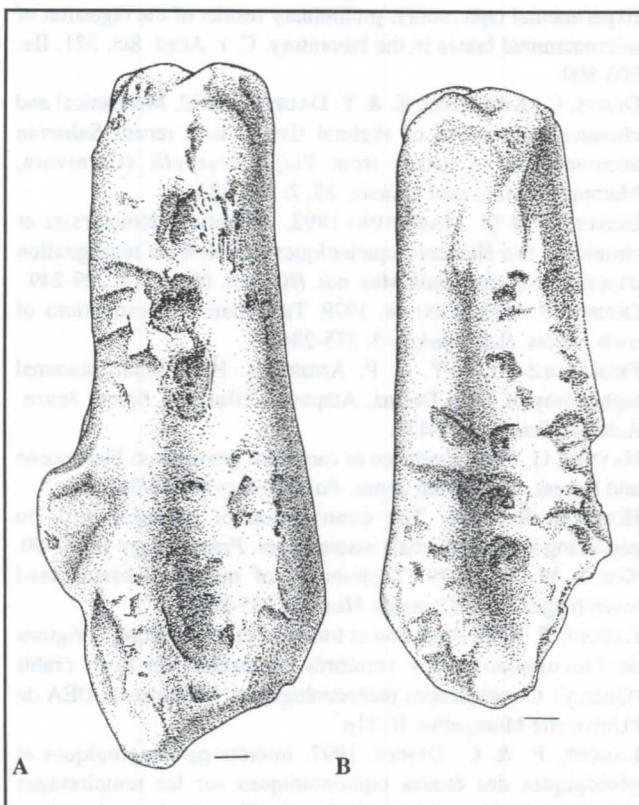


Figure 2 : cupules laissées par les dents de petits carnivores à la surface de caclaneums d'ongulés (A: MP 23, B : MP 22). le trait représente 1 mm.

### Références

- ANDREWS, P. 1990. Owls, caves and fossils. British Museum National History Publications, London, 231 p.
- ANDREWS, P & E. NESBIT-EVANS. 1983. Small mammal bone accumulation produced by mammalian carnivore. *Paleobiology* 9:289-307.
- ANDREWARTHA, H. G. 1970. Introduction to the study of animal populations. Methuen & Co. 283p.
- BILLAUD, Y. 1982. Les paragenèses phosphatées du paléokarst des Phosphorites du Quercy. Thèse de troisième cycle, Université Claude Bernard, Lyon. 135 p., Inédit.
- BRAIN, C. K. 1981. The hunter or the hunted? University of Chicago press. 365 p.

- BRUGAL, J.-P. & J. JAUBERT. 1991. Les gisements paléontologiques pleistocènes à indices de fréquentation humaine : un nouveau type de comportement de prédation?. *Paleo* 3: 15-41.
- DENYS, C. 1985. Nouveaux critères de reconnaissance des concentrations de microvertébrés d'après l'étude des pelottes des chouettes du Bostwana (Afrique australe). *Bull. Mus. nat. Hist. nat.* (4), A, 4: 879-933.
- DENYS, C.; DAUPHIN, Y. & Y. FERNANDEZ-JALVO. 1997. Apports biostratigraphiques et paléoécologiques de l'étude taphonomique des assemblages de micromammifères. Bilan et perspectives. *Géobios*, mém. spéc. 20. (sous presse).
- DENYS, C.; DAUPHIN, Y.; RZEBIK-KOWALSKA, B., & K. KOWALSKI. 1996a. Taphonomic study of Algerian owl pellet assemblages and differential preservation of some rodent paleontological implications. *Acta zool. cracov.* 39,(1): 103-116.
- DENYS, C.; FERNANDEZ-JALVO, Y. & Y. DAUPHIN 1996b. Experimental taphonomy: preliminary results of the digestion of micromammal bones in the laboratory. *C. r. Acad. Sci.* 321, IIa: 803-809.
- DENYS, C.; KOWALSKI, K. & Y. DAUPHIN. 1992. Mechanical and chemical alterations of skeletal tissues in a recent Saharian accumulation of faeces from *Vulpes ruepelli* (Carnivora, Mammalia). *Acta zool. cracov.* 35, 2: 265-283.
- DENYS, C. & M. MAHBOUBI 1992. Altérations structurales et chimiques des éléments squelettiques de pelote de régurgitation d'un rapace diurne. *Bull. Mus. nat. Hist. nat.* (4), A, 14: 229-249.
- DODSON P. & D. WEXLAR. 1979. Taphonomic investigations of owls pellets. *Paleobiology* 5: 275-284.
- FERNANDEZ-JALVO Y. & P. ANDREWS. 1992. Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *Journ. Archaeol. Sci.* 19: 407-428.
- HAYNES, G. 1980. Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and Recent mammalian bones. *Paleobiology* 6: 341-351.
- HOFFMAN R. 1988. The contribution of raptorial birds to patterning in small mammals assemblages. *Paleobiology* 14: 81-90.
- KORTH W. W. 1979. Taphonomy of microvertebrate fossil assemblages. *Ann. Carnegie Mus.* 48: 235-285.
- LAUDET, F. 1995. Prédation et transport et fossilisation : origines de l'accumulation des vertébrés oligocènes de Pech crabit (Quercy). Conséquences paléoécologiques. Mémoire de DEA de l'Université Montpellier II. 31p.
- LAUDET, F. & C. DENYS. 1997. intérêts paléontologiques et géologiques des études taphonomiques sur les remplissages karstiques des Phosphorites du Quercy (France). Actes du 12ème Congrès international de spéléologie, vol. 3. (résumé).
- LAUDET, F.; DENYS, C. & Y. FERNANDEZ-JALVO. 1997. Taphonomie des vertébrés oligocènes de Pech Crabit (Lot, Phosphorites du Quercy) : implications géodynamiques et paléoécologiques des remaniements post-mortem. *Géobios*, mém. spéc. 20. (sous presse).
- LAUDET, F.; DENYS, C. & Y. FERNANDEZ-JALVO. 1996. Predation and transport at the origin of the Oligocene karstic fissure of Pech Crabit (Quercy, Southern France) : palaeoenvironmental consequences. In : II Reunion de Taphonomia y fosilizacion (13 al 15 junio de 1996): 147-154. Institucion "Fernando el Catolico".
- LEGENDRE, S. & B. MARANDAT. 1986. Les phosphorites du Quercy: l'histoire des faunes fossiles de mammifères. In : Rassemblement national spéléologique, Cahors, 1984. Recherches sur les karsts du Quercy et du Sud-Ouest de la France: 53-60. Commission scientifique Midi-Pyrénées, Comité de spéléologie régionale (F.F.S.), Cahors.
- LEVINSON, M. 1982. Taphonomy of microvertebrates from owl pellets to cave breccia. *Ann. Trans. Mus.* 33: 115-121.
- MAYHEW, D. F. 1997. Avian predators as accumulators of fossil mammals. *Boreas* 6: 25-31.
- MELLETT, J.S. 1974. Scatological origins of microvertebrate fossil accumulations. *Science* 185: 349-350.
- PALMQVIST, P. & B. MARTINEZ-NAVARRO. 1996. Un modelo para diferenciar asociaciones de macromamíferos generadas por mortalidad gradual y catastrófica: aplicación al yacimiento de venta micena. In : II Reunion de Taphonomia y fosilizacion (13 al 15 junio de 1996): 287-298. Institucion "Fernando el Catolico".
- RACZYNSKI, J. & A. C. RUPPRECHT. 1974. The effects of digestion on the osteological composition of owl pellets. *Acta Ornithol.* 14: 1-12.
- RÉMY, J.-A.; CROCHET, J.-Y.; SIGÉ, B.; SUDRE, J.; BONIS, L. DE; VIANEY-LIAUD, M.; GODINOT, M.; HARTENBERGER, J.-L.; LANGE-BADRÉ, B. & B. COMTE. 1987 Biochronologie des phosphorites du Quercy : Mise à jour des listes fauniques et nouveaux gisements de mammifères fossiles. *Münch. Geowiss. Abh.* 10, (A): 169-188.
- RENSBERGER, J. M. & H. B. KRENTZ. 1988. Microscopic effects of predator digestion on the surfaces of bone and teeth. *Scanning Microscopy* 2: 1541-1551.
- SANCHEZ, V.; DENYS, C. & Y. FERNANDEZ-JALVO. Sous presse. Origine et formation des microvertébrés de la couche 1a de Monte di Tuda (Corse, Holocène). Contribution à l'étude taphonomique des micromammifères. *Geodiversitas* 19, 1.
- SEILACHER, A.; REILF, W.-E. & F. WESPHAL. 1985. Sedimentological, ecological & temporal patterns of fossil lagerstätten. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 311: 5-23.
- SHIPMAN, P. 1983. Life history of a Fossil. Harvard University press, Cambridge. 222p.
- SIMON-COINÇON, R. & J.-G. ASTRUC. 1991. Les pièges karstiques en Quercy: rôle et signification dans l'évolution des paysages. *Bull. Soc. Géol. France* 162, (3): 595-605.
- VIANEY-LIAUD, M. 1980. La paléontologie du Quercy : les phosphorites. *Quercy-Recherches* 34: 24-42.
- VIANEY-LIAUD, M. & S. LEGENDRE. 1986. Les faunes des Phosphorites du Quercy: principes méthodologiques en paléontologie des mammifères; homogénéité chronologique des gisements de mammifères fossiles. *Ecl. géol. Helv.* 79: 917-944.
- VRBA, S. E. 1980. The significance of bovid remains as indicators of environment and predation patterns. In : Fossils in the making: 247-271. A. K. Behrensmeyer & A. P. Hill eds., Plenum Press, New York.
- VOORHIES, M. 1969. Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. University of Wyoming Press. *Contribution to Geology Special Paper* 1: 1-69.

# Paleontological discoveries in caves of Siberia by Y. Cherskis

by Erikas Laiconas,

Speleo-Info-Center "Styx", P.O.Box 203, LT-3000 Kauna, Lithuania

## Abstract

Yonas Cherskis - Jonas Cerskis - (1845-1892), traveller, paleontologist, geologist and geographer, was the first lithuanian speleologist. In 1871, he discovered paleolithic anthropological remains and mobiliary art in Irkutsk (Russia). In 1875, in the Nizhneudinskaya Cave, situated in the Eastern Sayan Mountains, he discovered and described frozen pleistocene fauna, a new species of rodent of the genus *Myodes*, and a new extinct mammal, *Cuon nishneudensis*. In 1876, he investigated the Balaganskaya Cave on the Angara river. He discovered the palaeolithic artistic figuration of a "running deer" in the Bogatirskaya Cave. For his discoveries during 1875-1876, Cherskis, the first investigator of the Siberian Palaeolithic, was decorated with the little silver medal of the Russian Geographical Society.

## 1. Introduction

Yonas Cherskis (1845-1892), the famous lithuanian traveller, paleontologist, geologist and geographer, was one of the most outstanding explorers of Siberia in the second half of the 19th Century. He is regarded by his successors as being, together with the American geologist W.M. Davis, the creator of the bases of theoretical geomorphology.

Y. Cherskis was born on May 15, 1845 in the settlement of Svolna in Vitebsk region (now Belorussia). He received his secondary education in Vilnius (Lithuania), where he joined the insurgent soldiers in the 1863 uprising. Captured after a battle with Russian troops, he was tried by a tsarist court and sentenced to detention in a punitive battalion stationed at Omsk in Western Siberia. With the help of some political prisoners, he started, selftaught, his geological career.

In 1869, Cherskis was released from the punitive battalion under an amnesty for political prisoners. At Omsk, he contrived to earn a living and at the same time, singlehanded, he continued his anthropological and paleontological investigations. In 1870, he left for Irkutsk, arrived there at the end of January, 1871, and some time later, he obtained permission to settle there. Working first on a voluntary basis, then as a custodian (1873-1876), he was employed at the Siberian Section of the Russian Geographical Society Museum. He studied geology, paleontology, chemistry and botany (ILGUNAS, 1983).

## 2. Activity in Siberia

In the autumn of 1871 he began the study of fossil remains at the archaeological site in Irkutsk. During the construction of the new military hospital at Irkutsk on the right bank of Ushakovka river (tributary of Angara), some caves with anthropological remains were discovered. Cherskis was invited to explore the site. The following year, the exploration continued and its results were published (CHERSKIY, 1872). The cultural layer of this excavation was 0.4 m thick, at a depth of 2.1 m. Among the cultural remains, various remains of mammoth, rhinoceros, bovids and snails were found. The most important consumed species were horse, bison, and birds. The most significant finds were flint implements, remains of flint knapping and other items of bone, stone and clay. However, the most sensational finds were engraved mammoth tusks and antlers. There were small cylindrical pillars, engraved balls, grinded rings and bracelets. These first discoveries of Paleolithic art in Siberia made a great impression on European archaeologists and paleontologists (LARICHEV, 1990).

The year 1875 was marked by some sensational paleontological discoveries in the Nizhneudinskaya Cave (about 500 km west of Irkutsk). Earlier, Cherskis had expressed his interest in investigating these caves, thinking that they could contain archaeological and paleontological remains. The Irkutsk section of the Geographical Society received information about the find of mammoth remains in the valley of Biriusa river as well as animal bones in caves of Uda river's valley. Cherskis'

task was to investigate them. After a brief examination of the Biriusa district and its caves at the end of July, he arrived in Nizhneudinsk. He left for the Sayan mountains along the Uda valley. After 30 km, he stopped in Soloncy village (350 inhabitants at this time). He hired the brothers Nikolay and Konstantin Shurtov as guides and the three of them started to the south-east. After 32 km, they stopped on the right bank of Uda, 200 m above the entrance of the cave. It was the beginning of an exhausting 45 day long underground expedition.

Cherskis worked in two caves at this place. The Small Nizhneudinskaya Cave, 160 m long, consisting of a 107 m long ice-covered dome with a long passage, 0.60-0.75 m wide and 53 m high. A second cave, the Big Nizhneudinskaya cave, is 550 m long with some low passages and large 1-3 m high domes. The air of the Big Nizhneudinskaya Cave was particularly dry and stagnant. There was a constant negative temperature in both caves: between -4.8°C and -0.2°C on August 22, 1875. The two caves were connected by a passage, now collapsed. For that reason, they can be considered as one cave (VOINOGORSKIY, 1913).

Cherskis excavated and analyzed frozen quaternary mammal remains: the most important of them were goat horns, limb bones of ruminants (*Cavicornia*) with muscles and sinews, remains of antelopes, and of various carvivores like bears. The fossil remains were abundant and more than 20 species could be identified. There were no other excavations in Siberian caves during the 19th century. However, the most significant achievement of Cherskis in the Nizhneudinskaya Cave was the discovery of a new species of an extinct mammal - the dog of Nizhneudinsk, *Cuon nishneudensis* (WOJCIK, 1986).

The following year 1876 was the second and last year of Cherskis underground investigations. He left Irkutsk in June and went boating down the Angara river, to make new explorations. He stopped 10 km south-west from Balagansk on the left bank of Angara, attempting to find a similar site in the Balaganskaya Cave. The 1200 m long cave had four levels, developed in gypsum and anhydrite. By a temperature between -1°C and -4°C, Cherskis was surprised at the absence of frozen remains, but he found a lot of interesting pleistocene (wolf, cervids, bovids, horse, rhinoceros and mammoth) and holocene (bear, horse, cervids, human, snake, fish and snails) bones. During this two-month expedition, Cherskis carried out geological, archaeological and ethnographical investigations, surveying the caves (WOJCIK, 1986).

Cherskis also discovered paleolithic rock art. He described a "running deer" on the ceiling of some dome in the Bogatirskaya Cave (East Sayan mountains). Unfortunately the passage to this dome remains unknown at present (LAICONAS, 1995).

For his discoveries during 1875-1876, Cherskis was decorated with the little silver medal of the Russian Geographical Society. Results of investigations in caves of the Uda and Angara district by Cherskis showed the bond between deposits of caves and sites in valleys. On the other hand, many caves are also situated in the Kultuk region and in the mountains

around the Baikal lake. Their study could help understanding its geological structure. Thus, Cherskis offered the Russian Academy of Sciences to begin an investigation in the caves near to the Baikal lake. But the authorities of the Irkutsk Section of the Geographical Society took no interest in these studies. Instead they asked the detainee to proceed with a geological survey of along the shores of the Baikal lake (CHERSKIY, 1956).

### 3. Conclusions

Cherskis was the first Lithuanian scientific speleologist and one of the most outstanding explorers of Siberia in the second half of the 19th century. He made the first investigations on Siberian Paleolithic. His discoveries of paleolithic mobiliary art in Irkutsk in 1871 and of the "Running deer" on the walls of the Bogatirskaya Cave were the first in Siberia and made a strong impression on European archaeologists. They contributed to the acknowledgment of the existence of paleolithic art.

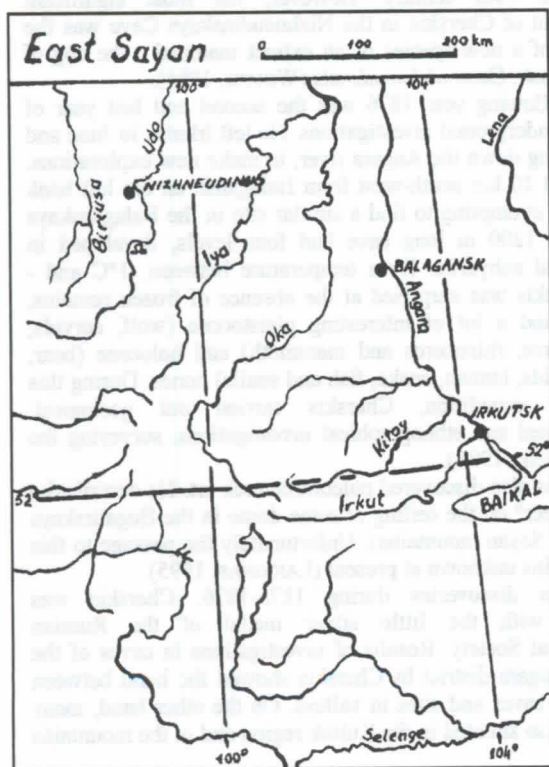
The sensational paleontological discovery of frozen quaternary faunal remains in the Nizhneudinskaya Cave in 1875 was of world-wide importance. The discovery of *Cuon nishneudensis*, a new extinct canid species, in 1875, was the most important result of Cherskis' speleological investigations.

### References

- CHERSKIY, Y.D. 1872 : Neskolko slov o vyrytyh v Irkutске izdeliah kamennogo perioda. Irkutsk.  
CHERSKIY, Y.D. 1956 : Neopublikovannye stati, pisma i dnevniki. Irkutsk. 49: 55-56.  
ILGUNAS, G. 1985 : Jonas Cerskis. Vilnius: 51-63.  
LAICONAS, E. 1995 : Cerskis ir urvai. *Science and Life ("Mokslas ir gyvenimas")* 4 (449), Vilnius: 14-15.  
LARICHEV, V.E. 1990 : Proznreniye. Moscow: 102-103.  
VOLNOGORSKIY, P. 1913 : V nedrah zemli. Moscow: 111-150.  
WOJCIK, Z. 1986 : Jan Czerski. Lublin: 85-87 & 128-158.

### Important dates of Cherskis life and work

1845.05.15 : birth in Vitebsk region (now Belorussia).  
1859 - 1863 : studies in Vilnius institute of the nobility (Lithuania).  
1865 - 1883 : exile to Siberia for the participation in the uprising against Russian tzar.  
1871 - 1882 : stay in Irkutsk (Russia).  
1871 : discovery of paleolithic mobiliary art in Irkutsk.  
1873 : 1st expedition (East Sayan).  
1874 : 2nd expedition (East Sayan).  
1875 : 3rd expedition (Nizhneudinskaya Cave, East Sayan); discovery of quaternary frozen remains and of *Cuon nishneudensis*.  
1876 : 4th expedition (Balaganskaya Cave).  
1877 : 5th expedition (South-east coast of Baikal).  
1878 : 6th expedition (North-west and north-east coasts of Baikal).  
1879 : 7th expedition (South-west coast of Baikal).  
1880 : 8th expedition (North-west coast of Baikal).  
1881 : 9th expedition (North-east coast of Baikal).  
1885 - 1890 : stay in Petersburg (Russia).  
1886 - 1890 : work in the Russian Academy of Sciences.  
1891 - 1892 : 10th expedition (Yakutja).  
1892.07.07 : death on a boat during the Kolyma river expedition and burial in the settlement of Kolymskoye.



Working area of Yonas Cherskis in Siberia

# Amphibian Taphonomy and its Application to Cave Fossil Remains

by Ana C. Pinto

Area de Prehistoria, Universidad de Oviedo, Campus Milán 33007 Oviedo, Spain

## Abstract

Modern amphibian bones were exposed to several experiments to determine how taphonomic processes affect to them: weathering in different climates and for different lengths of time; water transport with sediments ranging from fine and coarse sand to gravel and middle-sized pebbles. In addition to these experiments, fresh scats and pellets of known predators and trajectories were searched for amphibian bones and the alterations present in them were qualitatively and quantitatively analysed, allowing to assign categories to predators according to their effect on their prey. Done this, we analysed amphibian remains from two cave sites, aiming to understand the formation and trajectories of these fossil assemblages. Predator action as main cause of the accumulations is assessed and the concrete identification of the predator is discussed.

## Resumen

Se han realizado diversos experimentos sobre restos actuales de anfibios para determinar cómo resultan afectados por procesos tafonómicos: exposición a los elementos en distintos climas y durante diferentes lapsos de tiempo; transporte por agua con sedimentos que van desde arena fina y gruesa hasta grava o piedras de mediano tamaño. Además se han estudiado excrementos y egagrópias actuales de diversos predadores identificados, separando los huesos de anfibio para su análisis. Las alteraciones presentes en esos restos han sido analizadas tanto cualitativa como cuantitativamente, permitiendo asignar categorías a los predadores de acuerdo con el efecto producido en sus presas. Hecho esto, comenzamos a analizar restos fósiles de anfibios procedentes de dos yacimientos en cueva, intentando explicar la formación y trayectoria de esos conjuntos fósiles. La acción de predadores aparece como la causa principal de las acumulaciones estudiadas; se intenta una aproximación a la identificación concreta de los predadores.

## 1. Introduction and objectives

This work is a contribution to the taphonomic researches leading to clarify the origin and trajectories of amphibian fossil assemblages. Many taphonomic studies refer to great and small mammals; however the lower vertebrates did not receive parallel attention (LYMAN, 1994). Amphibian remains are abundant and easily identifiable in many cave sediments, but did those amphibian live inside the cave, or were they brought into them by other factors?. As a significant body of taphonomic alterations on amphibian remains did not exist, we had to produce it. We have used different approaches. ANDREWS (1990) proved that predator species can be identified basing on the alterations which they produce mainly on micro-mammal teeth. Amphibians have no teeth in the way small mammals do, and therefore the methodology had to be accordingly modified.

## 2. Amphibian Taphonomy

We analysed a collection of modern scats and pellets of diverse known predators containing amphibian remains: diurnal and nocturnal birds of prey, and mammalian carnivores. Table 1 shows the predators analysed and their amphibian prey.

The alterations and breakage present in the bones digested by each one of them were recorded, and then a set of categories was produced. Figures 1 and 2 show amphibian bones modified by cause of predation and digestion; Figure 3 shows how these modifications appear for two predators: *Tyto alba* (Barn Owl) and *Meles meles* (Badger). These categories work as an analytical tool to be applied to the fossil record. Figure 4 shows a bivariate plot of predator effects and Table 2 displays the analysed predators and their digestion and breakage categories according to their effect on amphibian remains.

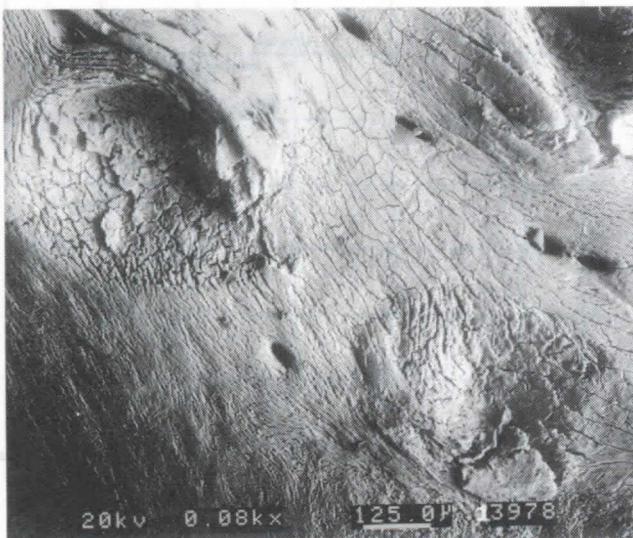


Fig. 1. *Rana temporaria*. Ilion digested by *Putorius putorius*. Digested tooth punctures

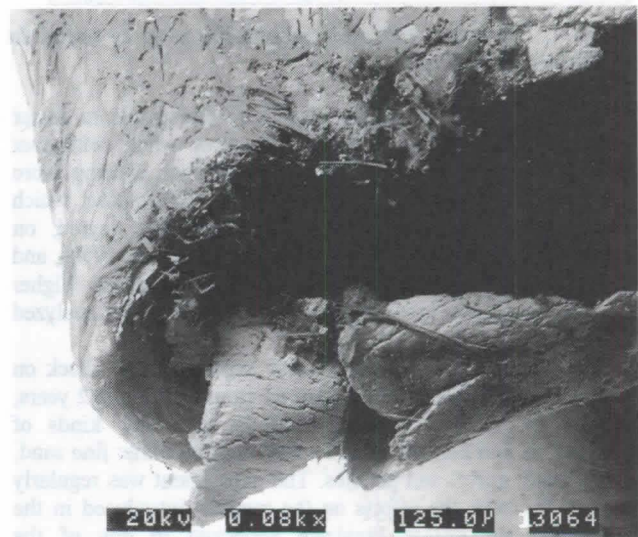


Fig. 2. *Rana cf. arvalis* femur digested by *Bubo bubo*. Intense curving due to biologic acids

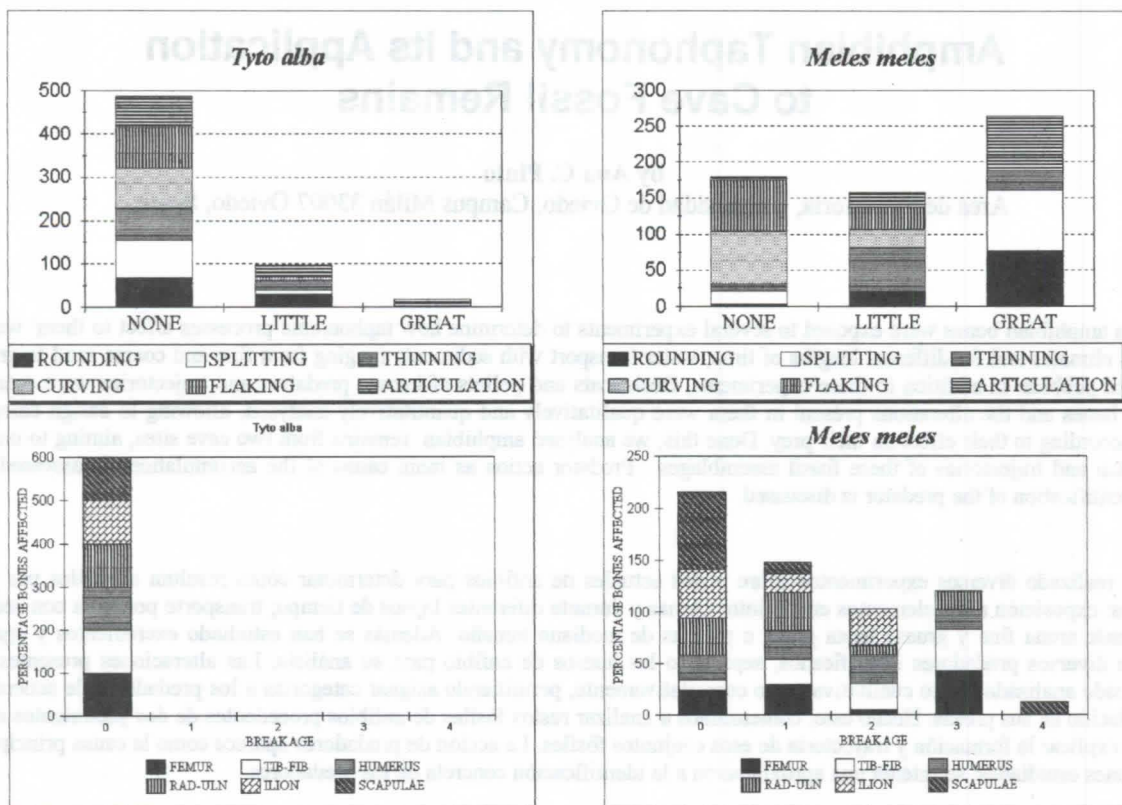


Fig. 3 Alterations caused by predation on amphibian remains by *Tyto alba* and *Meles meles*. Top: digestion effects; bottom breakage caused by predation

| Predator                 | Prey   |
|--------------------------|--|
| <i>Tyto alba</i>         | <i>Rana temporaria</i>   |
| <i>Strix aluco</i>       | <i>Rana temporaria</i>   |
| <i>Asio flammeus</i>     | <i>Rana temporaria</i> , <i>Rana sp.</i>   |
| <i>Bubo bubo</i>         | <i>Rana arvalis</i> , <i>Rana sp.</i> , Anuro undet.                               |
| <i>Mustela lutreola</i>  | <i>Rana temporaria</i>   |
| <i>Putorius putorius</i> | <i>Rana temporaria</i>   |
| <i>Genetta sp.</i>       | <i>Xenopus laevis</i> , <i>Rana cf. tomopterna cf. cryptotis</i> , <i>Rana sp.</i> |
| <i>Lutra lutra</i>       | <i>Rana temporaria</i>   |
| <i>Meles meles</i>       | <i>Alytes obstetricans</i> , <i>Bufo bufo</i>                                      |

Table 1. Predators and their amphibian prey as found in recent pellets and scats

In most predators, higher digestion corresponds to lesser breakage: avian predators ingest their prey whole whenever possible, whereas mammals chew them before, causing more breakage. Two cases to point out are those of *Tyto alba*, which produces the minimum alteration and breakage degree, on amphibians as well as on micromammals (ANDREWS, 1990), and *Meles meles*, with an omnivorous diet, produces higher digestion and lesser breakage than any other carnivore analyzed here.

We have also carried out several experiments to check on weathering on warm and cold open environments along 2 years; and on the effects of water transport with four kinds of sediment in four containers and a tumbling machine: fine sand, coarse sand, gravel and pebbles. The experiment was regularly stopped to check the effects on the remains introduced in the containers. No further breakage happened in any of the sediments; even with the middle sized pebbles, but an intense wear and rounding and uniform polishing was evident. Provided with this understanding, then we analysed amphibian remains

proceeding from two fossil sites: Draycott Cave, in Cheddar (England) with a Holocene chronology, and the Middle Pleistocene cave site of Dolina (Atapuerca, Spain). Taking into account the effects of sediment motion and water currents, the results showed that those remains entered in the cave as scats of a small carnivore and therefore, these amphibians did not live in these caves, but where brought into them as carnivore scats.

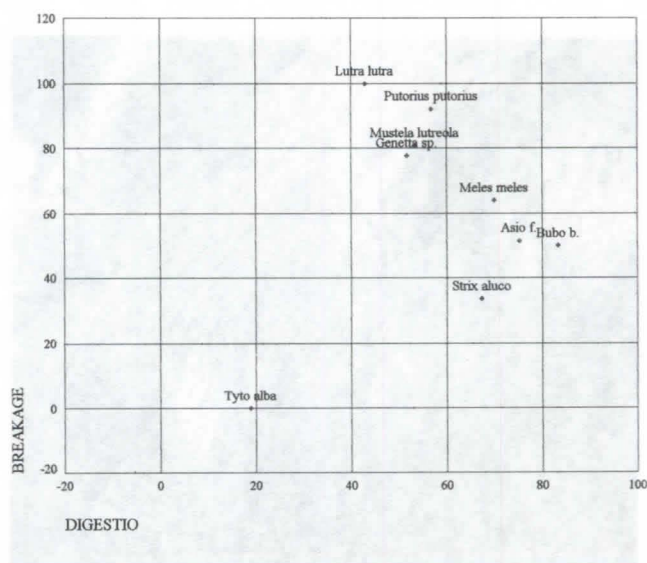


Fig. 4. Bivariate plot of predator effects: digestion and breakage.

| Predator                 | Digestion cat. | Breakage cat. |
|--------------------------|----------------|---------------|
| <i>Tyto alba</i>         | 1              | 1             |
| <i>Strix aluco</i>       | 4              | 2             |
| <i>Asio flammeus</i>     | 4              | 3             |
| <i>Bubo bubo</i>         | 5              | 3             |
| <i>Mustela lutreola</i>  | 3              | 5             |
| <i>Putorius putorius</i> | 3              | 5             |
| <i>Genetta sp.</i>       | 3              | 4             |
| <i>Lutra lutra</i>       | 3              | 5             |
| <i>Meles meles</i>       | 4              | 4             |

**Table 2. Predator categories according to their effect on amphibian skeletal remains**

### 3. Draycott Cave Amphibian Taphonomy

Draycott Cave is placed in the Mendip Hills. The altitude of the cave is 790 m. O.D. The cave is partly filled by a reddish glutinous clay lying on sandy fill. The cave averages just over 1m in height and nearly as wide (BARRINGTON & STANTON, 1976).

The entrance system of the cave slopes gently downwards from sites 1-2 at the opening to sites 9-12 at the lowest point in the cave and to site 21 at the furthest extent to which we were able to penetrate.

Mammal species represented are all Holocene (ANDREWS, 1990; PINTO & ANDREWS 1996). This assemblage includes extremely rich remains of amphibian bones in addition to large and small mammals.

Collections of matrix were made at recorded horizontal intervals. Bones are found throughout the cave system. All parts of the skeleton are preserved. Animal species identified are listed in Table 3.

We selected seven samples throughout the cave; these seven samples proved to have almost identical patterns of alteration, from the cave entrance through to the deepest part, pointing to a single accumulating agent for the whole amphibian assemblage.

There is a high degree of rounding on the ends of the bones, with 60% of the bones heavily rounded. Curving is almost non-existent and there is also little flaking, and this by itself excludes the action of avian predators as accumulators of the Draycott assemblage. Modifications of the articular surfaces are very strong and in addition, there are many puncture and tooth pressure marks on the surfaces of the bones. Breakage is very great with few intact bones in any of the assemblages.

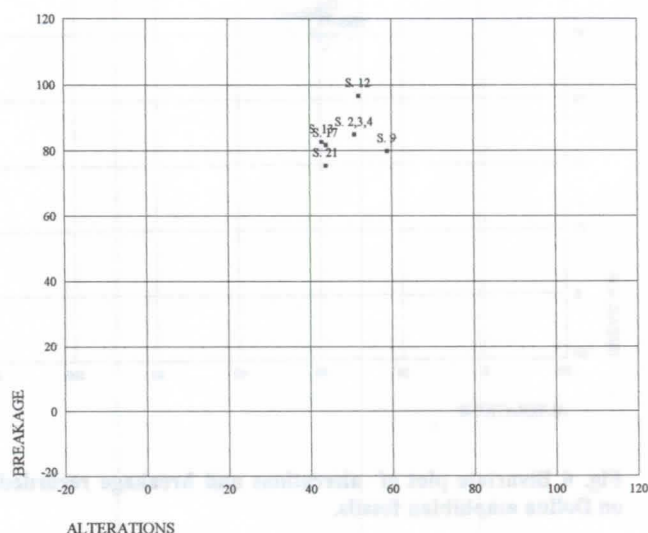
| MAMMALS                        | AMPHIBIANS                | REPTILS                |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>Vulpes vulpes</i>           | <i>Bufo bufo</i>          | <i>Anguis fragilis</i> |
| <i>Meles meles</i>             | <i>Rana temporaria</i>    | Colubrid snake         |
| <i>Microtus agrestis</i>       | <i>Triturus cristatus</i> |                        |
| <i>Clethrionomys glareolus</i> |                           |                        |
| <i>Apodemus sylvaticus</i>     |                           |                        |
| <i>Arvicola terrestris</i>     |                           |                        |

**Table 3. Animal species identified in Draycott cave**

### Discussion

The alteration pattern described here for the Draycott assemblage has been compared with a variety of predator assemblages of amphibian bones. It matches the pattern recorded in mustelid prey assemblages, like those of badger, with high proportions of rounding and splitting of bones and articulations similarly affected in the Draycott assemblage. Badger digestion was found to be stronger than was seen in Draycott; however, *Bufo bufo* are the most frequent amphibians in Draycott. It has a poisonous skin supposed to act as a predator-repellent. Out of our predator scat and pellet sample, Badger appears as an usual eater of *Bufo bufo*. If well any of the smaller mustelids could have accumulated the Draycott

amphibian assemblage, it seems likely that the assemblage derives from the mixture of badger-digested bones and unmodified bones from animals that died natural deaths in the cave (ANDREWS, 1990). Figure 5 is a bivariate plot of the breakage and alterations present in Draycott.



**Fig. 5 Bivariate plot of alterations and breakage present in Draycott Cave amphibian remains**

### 4. Dolina (Atapuerca) amphibian taphonomy

The Sierra de Atapuerca is a karst system in central Spain. Numerous caves were infilled with sediments during the Middle to late Pleistocene (AGUIRRE et al., 1987); this study is concerned with amphibian fossils collected from one of these caves: Dolina (TD). There are 11 levels numbered from the bottom, TD1 to TD11. TD4-6 and TD10-11 have yielded lithic industry and fauna in varying degrees. A preliminary study of amphibian species found in Dolina was carried out by SANCHIZ (1987). Micro mammal taphonomy out of the same levels was studied by FERNÁNDEZ JALVO & ANDREWS (1992), that concluded that the small mammal remains found at these levels were dropped into the cave as avian predator pellets, probably those of *Strix aluco*.

TD3, at the base of the sequence has a small sample of amphibian remains too scarce to allow the application of quantitative criteria. Amphibian remains from TD4 are lightly digested for the most part, with 36-38% bones affected. This is similar to the patterns seen in mammalian carnivore prey assemblages. The largest sample of amphibians came from TD5. Due to the thickness of this level, it was sampled divided into 7 subunits. Once analysed, the general pattern of alteration in amphibian fossils is almost identical throughout all the Dolina sequence and small differences were probably caused by slight variations in the ever low water energy. Figure 6 is a bivariate plot of alterations present in Dolina.

### Discussion

According to the homogeneous pattern obtained throughout all the Dolina sequence, amphibian remains were brought into the cave as scats of one of the smaller mammal predators, probably mustelids regularly occupying the cave from the bottom of TD4 to the top of TD5, whereas small mammal remains were dropped as pellets by avian predators, possibly *Strix aluco* dwelling in the top of the cave or its entrance as assessed by FERNÁNDEZ JALVO & ANDREWS (1992). Figure 6 is a bivariate plot of the alterations and breakage recorded in Dolina cave. The analysis of the alterations present in Dolina amphibian fossil remains are consistent with the presence of a small mammalian carnivore.

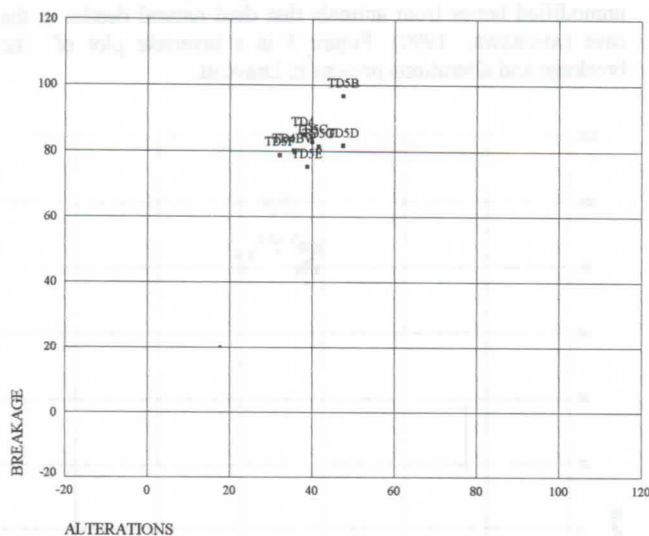


Fig. 6 Bivariate plot of alterations and breakage recorded on Dolina amphibian fossils.

It is surprising the great homogeneity in the alterations present in all the levels sampled. No evidence was found of weathering on the fossil amphibians, but evidence of abrasion by water and/or sediment was found indicating low energy conditions, with slight changes in the different strata, during the time of accumulation.

## 5. Conclusion

The analysis of taphonomic alterations suffered by fossil amphibian remains yields an independent evidence that should not be dismissed when approaching the palaeo-ecological reconstruction of a site. Amphibian remains appear frequently in many archaeological and palaeontological sites, and the parts of their skeleton are easily identifiable.

More analysis of scats and pellets of identified predators are needed to cover as far as possible the range of predators; however the results obtained so far in the analysis of modern predator action as well as in the application to remains of unknown trajectories proved to be encouragingly consistent.

## Acknowledgements

This research was partly carried out thanks to the contribution of the L.S.B. Leakey Foundation. It would never have been possible without the guidance of Dr. P. Andrews. Thanks must also be given to L. Andrews and to G. Cuenca who effected the samplings; to Dr. N. Arnold and Dr. B. Sanchiz for contributing with the taxonomic attribution of amphibian specimens.

## References

- AGUIRRE, E.; ARSUAGA, J.L., BERMÚDEZ DE CASTRO, J.M.; CARBONELL, E., CEBALLOS, M.; DÍEZ, C.; ENAMORADO, J.; FERNÁNDEZ Y., GIL, E.; MARTÍN NÁJERA, A., MARTÍNEZ, I.; ROSAS, A.; SANCHEZ, A.; SANCHEZ, B. 1987. Occupations humaines au Pléistocène Moyen dans la Sierra d'Atapuerca (Ibeas, Burgos, Espagne). *L'Anthropologie* 91 (1): 29-44
- ANDREWS, P. 1990. Owls, caves and fossils, Natural History Museum Publications, London, 231 p.
- BARRINGTON, N. & STANTON, W. 1976. Mendip. The complete caves and a view of the hills. Ed. Barton productions & Cheddar Valley Press, Somerset, UK.
- FERNÁNDEZ JALVO, Y. & ANDREWS, P. 1992. Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos) Spain. *Journal of Archaeological Science*, 19: 402-428
- LYMAN, R.L. 1994. Vertebrate taphonomy. Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University, 524 p.
- PINTO, A. & ANDREWS P. 1996. Amphibian taphonomy from cave deposits in England. In: (Ed. Fernando el Católico CSIC) II Reunión de Tafonomía y Fossilización. Zaragoza: 327-330
- SANCHIZ, B. 1987. Nota preliminar sobre ictiofauna y herpetofauna del Pleistoceno de Atapuerca (Burgos). In: (E. Aguirre, E. Carbonell & J.M. Bermúdez de Castro, eds.) El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca. Consejería de Cultura, Junta de Castilla y León, Valladolid: 61-65

| ALTERATIONS | BREAKAGE | ALTERATIONS | BREAKAGE |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 0           | 0        | 0           | 0        |
| 20          | 20       | 20          | 20       |
| 40          | 40       | 40          | 40       |
| 60          | 60       | 60          | 60       |
| 80          | 80       | 80          | 80       |
| 100         | 100      | 100         | 100      |
| 120         | 120      | 120         | 120      |

# Vertebrate paleontological cave resources in Virginia, USA

David A. Hubbard, Jr.

Virginia Division of Mineral Resources, P.O. Box 3667, Charlottesville, VA 22903, USA

Frederick Grady

Dept. of Paleobiology, MRC 121 NHB, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20560, USA

## Abstract

Virginia caves contain fossils of the Cambrian, Ordovician, Silurian, Devonian, Mississippian, and Quaternary periods. To date, the only vertebrate fossils are of the Quaternary period. Pleistocene vertebrate taxa are known from 24 Commonwealth caves and represent owl roost, alluvial wash-in, pit-fall, hibernation, woodrat midden, possibly carnivore lair, and combined depositional environments. Extinct fauna include: *Megalonyx jeffersonii*, *Dasyurus bellus*, *Canis dirus*, *Arctodus simus*, *Mammuth americanum*, *Mammuthus primigenius*, *Platygonyx compressus*, *Platygonyx vetus*, ?*Sangamon fugitiva*. Extirpated fauna now found elsewhere include: *Sorex arcticus*, *Ochotona* sp., *Spermophilus tridecemlineatus*, *Microtus xanthognathus*, *Synaptomys borealis*, *Rangifer tarandus*.

## 1. Introduction

There are more than 3400 caves known in the Commonwealth of Virginia. The majority of these caves are solutional in origin and have formed in the Paleozoic carbonate rocks of the Appalachian Valley and Ridge physiographic province. Speleogenic processes have exposed invertebrate fossils of Cambrian, Ordovician, Silurian, Devonian, and Mississippian periods in the host rocks within various Virginia caves. To date, no vertebrate fossil exposures from these periods are known within Virginia caves.

Vertebrate remains and fossils of Quaternary-age are known from the sediments of only 43 of the Commonwealth's caves. In their inventory of 77 Quaternary vertebrate localities, ESHELMAN & GRADY (1986) listed 39 cave sites. Only 22 of these cave sites contain Pleistocene vertebrate taxa, evidence of mid-Pleistocene fauna are known from three of these caves. The Pleistocene faunal remains were deposited in no less than three depositional environments: by predatory birds, woodrat contributions, and wash-ins. However, the depositional environments of several sites are unresolved and may involve pit-falls and carnivore lairs. Few of the Pleistocene sites have been studied in detail or published.

A few new finds have recently provided impetus for a survey of additional cave paleontological sites in Virginia. As with other cave resources, paleontological materials occurring in caves are provided legal protection by the Virginia Cave Protection Act (VCPA). Important lines of communication with cavers are being established to convey information about new exposures of potentially significant cave deposits. The permit required for collection and study of these materials from cave deposits is difficult to obtain.

## 2. Published sites

Although they are believed to represent twilight zone depositional environments, the late Pleistocene Natural Chimneys and Clarks Cave sites and the middle Pleistocene Jasper Saltpetre Cave deposit are significant. All were probably owl or other predatory bird roost depositional sites with additional larger bones probably contributed by woodrats in the Natural Chimneys and Clarks deposits. The Natural Chimneys site consists of Browns Cave and Cave of the Wooden Steps. These two caves were worked in 1949 by Theodore Ruhoff and again in the early 1960s by the Carnegie Museum of Natural History, yielding large numbers of birds, reptiles, amphibians, and fish (GUILDAY, 1962a; WETMORE, 1962; FAY, 1984). This site produced the first Virginia record of the extinct giant beaver *Castoroides ohioensis* and remains of the extirpated yellow-cheeked vole *Microtus xanthognathus*, a species now living in western Canada and Alaska (GUILDAY & BENDER,

1960). The Clarks Cave deposit was discovered in 1972 and yield the remains of approximately 4,984 individual vertebrates representing 163 species (GUILDAY et al., 1977; FAY, 1988). This site has produced the only Virginia record of the extinct dire wolf *Canis dirus* and the remains of 511 extirpated yellow-cheeked voles *Microtus xanthognathus*. The Jasper Saltpetre Cave deposit yielded Virginia's only record of a pika *Ochotona* sp. (GUILDAY, 1979). Although *Ochotona* remains from New Trout Cave, in adjacent West Virginia, extend into late Pleistocene deposits, pika remains in other eastern U.S. sites are generally believed to be of middle Pleistocene age (MEAD & GRADY, 1996).

Earlys Cave was one of the first paleontological sites studied in Virginia. Naturalist Edward Drinker Cope identified extinct species of ground sloth, bear, horse, and peccary from this site (COPE, 1869; GUILDAY, 1962b). The depositional environment of this cave breccia deposit is not known today. It may have been a wash-in, pit-fall deposit, or possibly a carnivore lair.

Lane Cave is remarkable, despite yielded only the partial remains of a single animal. Yet to be fully described, the remains were of the extinct ground sloth *Megalonyx jeffersoni* and include the skull and jaws, cervical vertebrae, and an articulated partial front foot (HOLSINGER, 1967). The deposit was discovered and excavated by cavers from a mud bank alongside the main cave stream. Parts of the skeleton were encased in travertine. Just upstream from the site two cave streams apparently join, one under the direct influence of surface waters emerges under a waterfall, the second is a travertine depositing stream of probable diffuse origin which cascades over a travertine buildup. The sloth probably entered or was washed-in through a no longer accessible sinkhole entrance upstream of the junction.

## 3. New Virginia cave sites

Renewed interest in the paleontological resources of Virginia caves was kindled by the discovery of bear remains in Island Ford Cave in Alleghany County. Local high school students had encountered the remains in 1991 while digging open a passage approximately 220 m beyond the entrance. Subsequent excavations, under permit, yielded the partial remains of the extinct short-faced bear *Arctodus simus* (Figure). The remains were of a relatively small, but mature, adult and probably a female specimen (GRADY, 1996). The individual may have died, possibly by drowning, during hibernation. Remains of *A. simus* are very rarely found in caves, suggesting that these bears rarely used caves or that perhaps they were not true hibernators. Besides representing the first record of the species in Virginia, it appears to be the most complete specimen yet found.

While the excavations in Island Ford Cave were underway, a team of cavers made a discovery in an obnoxiously restrictive cave in Giles County. Their find was a fragmental tooth of the extinct american mastodon *Mammuth americanum* in Prince Albert Cave. The tooth was a lower third molar and was found in a fill of sandstone cobbles deposited by a sinking surface stream. The postmortem abrasion and damage to the tooth is significant and precludes a tooth-wear assessment of the age of the Mastodon at the time of death.

Remains of the extinct flat-headed peccary *Platygonus compressus* were found by the authors in Ruffners Cave No. 1 in Page County in January 1996. A lower left canine was found approximately 30 m from the shallower of the two pit entrances to the cave, a metacarpal fragment was found at the base of the debris cone beneath the deeper entrance. The canine root was rodent-gnawed, which may indicate transport of the tooth. The canine and metacarpal are believed to represent two different individual victims of the pit-fall entrances. The cave is closed and the owner presently has declined to allow further studies at the site.

During July of 1996, a mammoth tooth was observed by cavers in a remote passage of Endless Caverns in Rockingham County. Subsequent investigations revealed that the tooth was of the extinct woolly mammoth *Mammuthus primigenius* and was deposited by a debris flow through a former opening. The tooth evidenced only minor postmortem damage. The wear pattern indicates that this lower third permanent molar was partially erupted and suggests that the individual was in excess of 30 years in age at the time of death. The presence of the tooth at this site, along the flank of Massanutten Mountain, suggests that the cave was probably overlain by a grassland or prairie. Although other records are known for Mammoths in Virginia, this is the first cave record in the Virginias.

Previous to the discovery of the Endless tooth, bone fragments were discovered around 1989 during trail modifications elsewhere in Endless Caverns. These remains were examined during the preparation of this manuscript and identified as the right humerus of a flat-headed peccary *Platygonus compressus*. The remains were in sediment fills of old rimstone dams located approximately 110 m ESE from the historic entrance or approximately 85 m WNW from the former woolly mammoth entrance. Future field work may reveal if this location is the final resting place of a lost peccary or possibly a carnivore liar.

#### 4. Cave resource and protection

An initiative is underway to further document the paleontological resources of Virginia caves. The present level of knowledge about the paleontological resources within the caves of the Commonwealth is certainly trivial with respect to the existing resources. Communication is being established through county cave survey groups to locate cave sites where potentially significant paleontological deposits have been exposed through erosion or caver activities.

An important aspect of the paleontological materials that have been deposited within caves, especially those on or within secondary deposits such as sediment fills, is their interrelationship with other cave resources. Significant historical and prehistorical resources may be in context with or overlay paleontologically significant materials. The sediments themselves may contain significant materials suitable for paleoclimatic and age interpretations in addition to the depositional evidence important to the hydrological and geological understanding of cave genesis. Sediments and paleontological materials may comprise important biological habitat within unique cave ecosystems.

The scientific study of cave resources is one situation where the limited understanding of scientific disciplines outside of a researchers field of study may be problematical. The

disturbances of a researcher engaged in an otherwise appropriate methodology may be disruptive to a cave resource of greater overall scientific or resource value than the resource under study.

The Virginia Cave Protection Act (VCPA) provides for the legal protection of cave resources within the Commonwealth. The law also provides for the issuance of permits for the scientific study of cave resources; however, bureaucratic intrigues involved in permit issuance can be formidable. Within the Commonwealth, approximately ninety-five percent of the caves are privately owned and cave owners are excluded from the protective restrictions of the VCPA. Ironically, this extension of landowner rights, at the expense of resource preservation, beneficially served the authors at two of the above new sites where cave owners legally removed paleontologically significant vertebrate remains, under scientific scrutiny, during a nine month delay in permit issuance.

#### 5. Discussion and conclusions

Only limited study has been made of the collections from the previously known Pleistocene cave deposits of Virginia. Finds of extinct Pleistocene taxa in four additional Virginia caves have spurred the initiation of a survey of paleontological cave resources. Three of these new sites contained fauna that may have used caves. Modern peccaries sometimes use caves for shelter. The remains of *Platygonus compressus* are a component of many Pleistocene cave sites, often occurring in large numbers (KURTEN & ANDERSON, 1980). Though all the Virginia records, including the two recent finds noted in this paper, consist of a single or at most a few elements, Grady (1988) noted that more than 20 individuals were represented in an obvious natural trap in Patton Cave in Monroe County, West Virginia. The remains in Ruffners Cave No. 1 appear to be pit-fall victims, however the Endless site will require addition study to determine if this peccary was a victim of a predator or may have voluntarily visited the site. The *Arctodus simus* record is an exciting find of an animal that visited or used the cave.

The previous documentation of paleontological cave resources in Virginia was concentrated during the latter 1800s and the mid-1950s through the early 1970s. Yet the extent of our knowledge of these resources is limited to less than two percent of the known caves. The increasing popularity of caving and the cumulative effects of visitation to cave resources clearly indicate the need to aggressively find and sample exposed deposits before they undergo further degradation and loss. These caves are significant repositories of the paleontological record of the ancient life of the region.

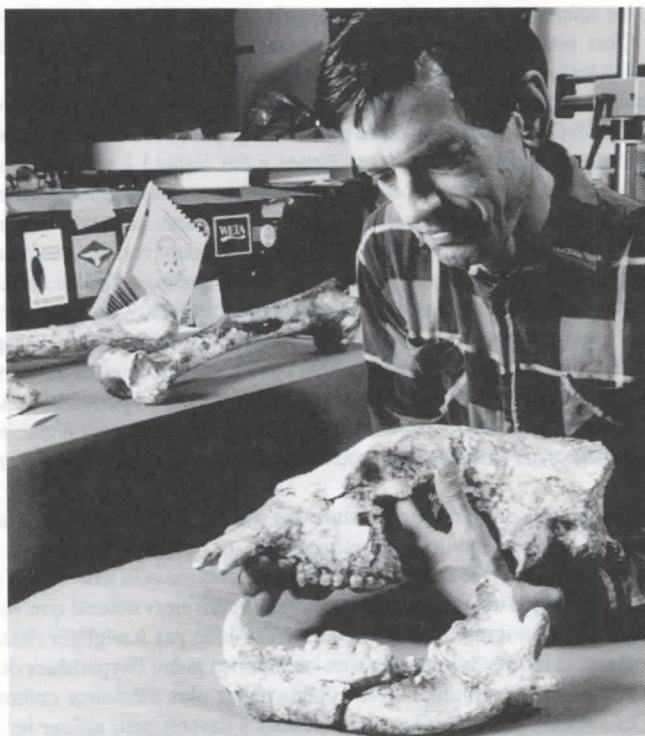
#### Acknowledgements

Our thanks to Tom Spina and Russ Carter for the initial reporting of the Island Ford Cave site; to Mike and Andrea Futrell for locating and recovering the Prince Albert Cave tooth; to Wade Berdeaux for reporting his discoveries at Endless Caverns. Excavation support was provided by: Dave Collins, Russ Carter, Mary Sue Socky, Pauline Apling, Linda Kingery, and many other cavers at Island Ford Cave; Wade Berdeaux, Chris Printz, and Gary Berdeaux provided assistance at Endless Caverns; John Graves, Jim Logan, and Scott Hesson assisted in the collection at Ruffner Cave No. 1.

#### References

- COPE, E.D. 1869a. Synopsis of the extinct mammalia of the cave formations in the United States with observations on some Myriapoda found in and near the same, and on some extinct mammals of the caves of Antigua, W.I., and of other localities. Proc. of the Am. Phil. Soc. 11: 171-192.
- ESHELMAN, R. & F. GRADY. 1986. Quaternary vertebrate localities of Virginia and their avian and mammalian fauna. Virginia Div. of Mineral Resources Pub. 75: 43-70.

- FAY, L.P. 1984. Mid-Wisconsinan and mid-Holocene herpetofaunas of eastern North America: A study in minimal contrasts. In (H.H. Genoways & M.R. Dawson, eds.). Contributions in Quaternary vertebrate paleontology: a volume in memorial to John E. Guilday. Carnegie Museum of Natural History, Special Publication 8: 14-19.
- FAY, L.P.. 1988. Late Wisconsinan Appalachian herpetofaunas: stability in the midst of change. *Annals of Carnegie Museum* 57: 189-220.
- GRADY, Frederick. 1988. A preliminary account of the Pleistocene mammals from Patton Cave, Monroe County, West Virginia. *NSS Bull.* 50: 9-16.
- GRADY, F. 1996. The first record of *Arctodus simus* from Virginia. *Jour. Caves and Karst Stud.* 58(1).
- GUILDAY, J.E. 1962a. The Pleistocene local fauna of the Natural Chimneys, Augusta County, Virginia. *Annual Carnegie Museum* 36(9): 87-122.
- GUILDAY, J.E. 1962b. Notes on Pleistocene vertebrates from Wythe County, Virginia. *Annals of Carnegie Museum* 36: 77-86.
- GUILDAY, J.E. 1979. Eastern North America Pleistocene *Ochotona* (Lagomorpha: Mammalia). *Annals of Carnegie Museum* 48 (24): 435-444.
- GUILDAY, J.E. & M.S. BENDER. 1960. Late Pleistocene records of the yellow-checked vole, *Microtus xanthognathus* (Leach). *Annals of the Carnegie Museum* 35: 315-330.
- GUILDAY, J.E., PARMALEE, P.W. & H.W. HAMILTON. 1977. The Clark's Cave bone deposit and the late Pleistocene paleoecology of the central Appalachian Mountains of Virginia. *Bull. Carnegie Museum of Natural History* 2, 87 p.
- HOLSINGER, J.R. 1967. Some bones and shields from a cave in SW Virginia. *NSS News* 25: 198-201.
- KURTEN, B. & E. ANDERSON. 1980. Pleistocene mammals of North America. Columbia University Press, 442 p.
- MEAD, J.I. & Frederick GRADY. 1996. *Ochotona* (Lagomorpha) from late Quaternary cave deposits in eastern North America. *Quaternary Research* 45: 93-101.
- WETMORE, A. 1962. Birds. In (J.E. Guilday, ed.). The Pleistocene local fauna of the Natural Chimneys, Augusta County, Virginia. *Annual Carnegie Museum* 36(9): 87-122.



**Fred Grady with skull and left mandible of *Arctodus simus*; two humerae on shelf in left background. Ph. by Chip Clark.**

# Intérêts des études taphonomiques sur les remplissages karstiques paléogènes des Phosphorites du Quercy (France)

par Frédéric Laudet & Christiane Denys

F. Laudet : Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, laboratoire de Paléontologie, Université Montpellier II, Place Eugène Bataillon, F-34095 Montpellier-cédex 05, Montpellier, France. C. Denys: Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire des Mammifères et oiseaux, 55, rue Buffon, F-75005 Paris, France.

## Abstract

Despite an intensive paleontological exploitation, the origin of the karstic fillings of the Quercy Phosphorites (Southwestern France) is still bad known. Indeed, taphonomical studies of the recorded fossil assemblages aims to answer to the problematic of their dynamic of these accumulations. The first results upon localities from the Lower Oligocene display the part of predation and reworking patterns. This allows to establish different scenarii to explain these accumulations. The paleoecological and geodynamical inferences of these observations are discussed.

## Résumé

Les remplissages karstiques des Phosphorites du Quercy (Sud-Ouest de la France) ont donné à ce jour plus d'une centaine de gisements fossilifères chronologiquement homogènes. Ils recouvrent au total une période s'étalant de la fin de l'Eocène Inférieur au début du Miocène. Jusqu'à présent, les scénarios d'accumulation proposés ne répondaient pas de façon satisfaisante au problème de la dynamique de ces remplissages. C'est pourquoi l'approche taphonomique sur ces gisements, en alliant à la fois les données paléontologiques et géologiques, doit théoriquement permettre de retracer son histoire.

La taphonomie de deux assemblages de même âge (Oligocène Inférieur, -32 Ma) mais très différents par l'état de conservation de leur faune, a déjà permis de reconsidérer des informations d'ordre paléoécologiques, biochronologiques et géodynamiques.

-Pech Crabit (Lot) : Un scénario d'accumulation à plusieurs étapes a été élaboré à partir de l'observation de plusieurs milliers d'échantillons récoltés *in situ*. 1) Dépôts de plusieurs thanatocénoses dans différents sites, grace notamment à la prédation par des petits carnivores et rapaces nocturnes. 2) Transport et rassemblement des pièces par le réseau karstique souterrain vers une cavité principale et ouverte en surface. 3) Remobilisation en une ou plusieurs fois de l'ensemble précédent vers le fond du réseau ennoyé, évitant ainsi toute pollution par remaniement superficiel du gisement éocène de La Bouffie, situé à quelques dizaine de mètres.

-Itardies (Tarn-et-Garonne) : Cette faune est l'une des plus remarquable du Quercy de par la présence d'éléments en connexion anatomique et de crânes de rongeurs quasi-complets. La composition relative des petites espèces témoigne par ailleurs d'un milieu fermé alors que l'ensemble de la faune montre un environnement ouvert, comme tous les autres sites de cette période. L'approche taphonomique favorise l'intervention d'un rapace chassant dans un milieu fermé ou à sa périphérie, mais nichant dans (ou près d') une fissure située dans un milieu ouvert. Cette hypothèse permet ainsi d'expliquer l'enregistrement d'une faune qualitativement semblable à celle d'un milieu ouvert dans un assemblage sous l'influence plus ou moins direct d'un milieu plutôt fermé.

L'image d'une paléobiocénose est en partie contrôlée par la nature des sources d'accumulation. Beaucoup de prédateurs aviens, par exemple, chassent plutôt en milieu ouvert : dans un environnement mosaïque, ces milieux auront alors plus de chance d'être enregistrés par les petits vertébrés d'un assemblage quelque soit le milieu de nidification, comme cela peut être le cas dans le Quercy à l'Oligocène d'après ces premières observations. La présence d'un environnement fermé ne sera alors détecté que *via* des gisements exceptionnels. La détermination de la variété de prédateur(s) à l'origine d'un assemblage n'est donc pas à négliger dans l'interprétation paléoécologique relative aux petits mammifères. Par conte, la morphologie des sites ne favorise guère l'hypothèses de la prédation en ce qui concerne les plus grands vertébrés (voir LAUDET *et al.*, ce volume) et des phénomènes plus aléatoires comme des chutes expliquent le plus parcimonieusement leur présence. Ces considérations méritent d'être testées à l'avenir pour affiner les scénogrammes (si un filtrage des espèces est prouvée), notamment dans l'Oligocène inférieur et moyen, où l'ouverture et l'aridité générale constatée du milieu peut être nuancée.

L'homogénéité biochronologique des associations a été démontrée grace à la méthode des lignées évolutives. Un karst est néanmoins une entité géologique instable dont la réactivation est contrôlée par les phénomènes climatiques et tectoniques. L'étude taphonomique de Pech Crabit a montré qu'une partie des éléments squelettiques avaient subi un transport hydraulique avant de se retrouver mêler à d'autres apparemment plus autochtones : de tels phénomènes peuvent favoriser la présence d'ossements issus d'un assemblage ancien remanié pendant les premières étapes de formation dans l'épikarst, ou bien d'éléments issus d'un assemblage plus récent si le transport est postérieur au remplissage principal. Ce type d'assemblage, contrairement à celui ne montrant aucun remaniement, est donc à examiner de plus près. L'homogénéité chronologique des espèces d'une association peut être confirmée par la similitude de leurs déformations taphonomiques, en comparant notamment celles liées au transport ('roulage' et fragmentation) à celles liées à l'autochtonie (faible fragmentation, connexions anatomiques).

Ces quelques exemples ne donnent qu'un aperçu de la multidisciplinarité des informations délivrées par la taphonomie. Cette nouvelle approche ne fait que démarrer dans le Quercy, et nul doute que les aspect qui viennent d'être traités s'enrichiront de nouvelles données qui contribueront à la compréhension de l'évolution de la faune et des paysages quercynois, ainsi que des phénomènes géologiques ayant permis de donner aux paléontologues cet outil d'étude expectionnel que forme l'ensemble du paléokarst.

# Un cas peu commun de conservation de certains tétrapodes dans le système karstique de Cerbului (Roumanie)

par Vlad Codrea\* et Gheorghe Fratila\*\*

\*Université Babes-Bolyai Cluj-Napoca, Faculté de Biologie-Géologie, Département de Géologie, Rue Kogalniceanu 1, RO-3400 Cluj-Napoca, Roumanie

\*\* Spéléoclub de Politehnica, Calea Floresti 69, RO-3400 Cluj-Napoca, Roumanie

## Abstract.

The Cerbului Karstic System, composed by Pesteră Cerbului and Avenul cu Vaca, is situated in the Western Carpathians (Apuseni Mountains), on the NE edge of Onceasa Plateau. An extremely high interest for the speleology is represented by the existence inside one of the passages of the system, of a lot of mummified corpses of tetrapods. Among the mummified animals, one can notice the domination of mustelids belonging to *Martes* and bats. The thanatocenosis is completed by other taxons as amphibians (frogs), rodents, insectivores, poorer represented than the first ones. The galleries with mummified corpses offer an interesting opportunity for studying the mechanism of such a preservation. Inhabitant of woody areas, the marten has an imperfect known history during the Quaternary. The age of these corpses remains a subject of debate.

## Résumé

Le système karstique de Cerbului, constitué par Pesteră Cerbului et Avenul cu Vaca, est localisé dans les Monts Apuseni (ouest de la Roumanie), vers la marge NE de Poiana Onceasa. Un intérêt particulier pour le domaine spéléologique réside dans l'existence à l'intérieur d'une galerie du système de plusieurs cadavres de tétrapodes momifiés. Parmi les bêtes ainsi conservées, on remarque la dominance des mustélidés appartenant au genre *Martes*, ainsi que des chiroptères. La thanatocénose est complétée par d'autres taxons, dont les restes sont moins nombreux: des amphibiens (grenouilles), rongeurs, insectivores. La galerie à momies est donc particulièrement intéressante par les processus qui ont permis une telle conservation des cadavres. Habitante des zones boisées, la martre est une bête dont l'histoire est peu connue pendant le Quaternaire. L'âge de ces cadavres est un sujet à clarifier.

## 1. Introduction

En Transylvanie, dans les Monts Apuseni, est développé un karst qui est devenu déjà bien connu, à partir des descriptions d'Émile Racovitza, le fondateur de la spéléologie roumaine. Dans ce karst, les grottes de la zone d'Ic-Ponor peuvent être facilement remarquées, d'un part par le développement impressionnant du cavernement et de l'autre, par l'extrême richesse des spéléothèmes. A ces caractéristiques, on peut parfois ajouter des contenus paléontologiques intéressants pour la glaciation würmienne (e.g. Pesteră Zmeilor - La grotte des dragons d'Onceasa). Dans les avens "Vartop" et "cu Vaca", on peut aussi mentionner l'existence des glaciers souterrains permanents.

L'objet de cette note concerne le système Cerbului, localisé sur la marge nordique des Monts de Bihor. Ce système comprend Pesteră Cerbului et Avenul cu Vaca. L'entrée de Pesteră Cerbului se trouve dans le versant gauche, vers les sources de la vallée Alunului Mare, affluent de gauche de Somesul Cald. L'entrée de Avenul cu Vaca est positionnée sur la marge ouest du plateau d'Onceasa.

## 2. Cadre géologique

Les roches karstifiables qui abritent les grottes de cette zone sont représentées par des calcaires mésozoïques, dont l'âge est compris entre le Trias et le Crétacé inférieur (Barrémien-Aptien inférieur). Structuralement, tous ces calcaires appartiennent à l'unité de Bihor, nommée aussi "autochtone" (SANDULESCU, 1984). A côté des roches calcaires on y trouve aussi des roches non karstifiables appartenant tant à l'autochtone qu'au système des nappes de Codru. Toutes ces roches se trouvent dans la structure du Graben de Somesul Cald, délimité par la Faille de Somes et par les Magmatites Iaramiques de Vlădeasa (MANTEA, 1985). La partie de la grotte qui nous intéresse est développée dans des calcaires fortement fracturés, couverts par les dépôts détritiques (Trias inférieur) de la nappe composite de Finis-Garda.

## 3. Bref aperçu historique

Pesteră Cerbului a été découverte pendant l'été de l'année 1988 par une équipe de spéléologues du Club Politehnica Cluj, dirigée par l'un de nous (G.F.). Entre 1988-1993, elles ont été explorées et on a dressé des cartes pour plusieurs secteurs, le développement de la grotte atteignant ainsi 5094 m. Suite à une collaboration fructueuse avec les spéléologues de G.S.M.

Fontaine Grenoble, pendant l'automne 1994 on a réussi la jonction avec Avenul cu Vaca et découvert le secteur localisé en amont du siphon terminal. A cette occasion, on signale déjà l'existence d'un carnivore momifié, dans le niveau fossile, supérieur, de la portion fraîchement découverte. Les topographies qui ont succédé ont indiqué les dimensions suivantes: développement 6212 m; dénivellation -123 m; extension 1103 m.

## 4. Morphogenèse

Le système s'est formé par l'action des eaux qui se perdent sur le plateau d'Onceasa et qui forment une rivière souterraine avec un débit normal d'environ 8 l/s, dont l'émergence se trouve dans le lit de la vallée d'Alunului Mare, vis-à-vis de la grotte Izbucul Alunului Mare. La grotte se développe sur trois niveaux, un actif et deux fossiles, dont l'aspect est labyrinthique (FRATILA, 1994). Une grande partie de la grotte se développe le long d'une grande faille (Fig. 1), le reste étant contrôlé soit par les surfaces des couches, soit par les failles secondaires.

## 5. Thanatocénose

La particularité la plus importante de la grotte est l'existence de plusieurs cadavres de tétrapodes conservés par momification. La faune ainsi conservée dans le vide souterrain a été rencontrée exclusivement sur un segment d'environ 150 m de galerie, indiquée dans la Fig. 2. Tout ce secteur appartient au domaine profond de la grotte, caractérisé par un climat extrêmement stable. A l'exception de deux cadavres de grenouilles, les mammifères dominent la thanatocénose. Il s'agit particulièrement de chiroptères, insectivores, rongeurs et mustélidés. Si l'existence des chiroptères, appartenant à l'espèce *Plecotus auritus* n'est pas du tout surprenante, leur présence étant habituelle dans un tel endroit, le grand nombre de cadavres de martres retient l'attention. C'est cette abondance qui a donné son nom à la galerie "Galeria Jderilor" (Galerie des Martres). On y a compte dix-huit cadavres de tels mustélidés. Bien qu'on s'attendait à ce qu'ils appartiennent à la fouine (*Martes foina*), on a constaté qu'il s'agissait de la martre (*Martes martes*), une espèce dont l'habitat spéléen n'est pas habituel. La martre préfère la vie arboricole, en s'installant d'habitude dans les creux des arbres, dans les nids abandonnés par les oiseaux ou dans les refuges abandonnés des écureuils (BOURLIERE, 1955). Très rarement et totalement atypique, cette espèce cherche des abris

dans les crevasses des roches. La situation est bien plus intéressante si on tient compte de la profondeur où se trouve localisée la galerie, la dénivellation par rapport à la surface étant de 65 m. Une telle dénivellation nous a déterminés à estimer les modalités d'accès des martres jusqu'à cet endroit. Il existe, selon notre avis, deux variantes. La première suppose un accès par le segment de galerie qui liait directement l'ouverture de Avenul cu Vaca au secteur présenté dans la fig. 1. La deuxième serait un accès par des fissures très étroites, difficiles à observer, étant donné l'agilité de cette bête qui peut pénétrer de petits conduits.

Il n'y a aucun argument topographique ou d'autre sorte qui nous déterminerait à supposer l'existence d'un "piège naturel", dans le sens précisé par BRUGAL & JAUBERT (1991). Il serait aussi très difficile d'accepter une fermeture accidentelle définitive de la grotte, ayant comme conséquence l'emprisonnement des martres. On peut supposer quand même, qu'ici aussi, l'accès dans la grotte a pu être de temps en temps, fermé. Le glacier localisé à la bouche de l'aven, dont les dimensions ont pu augmenter pendant les intervalles de froid maximum et obturant, de cette manière, l'entrée. Mais dans ce cas, il s'agirait d'une croissance qui se produisait très lentement et qui n'a pas pu mettre en danger les martres.

Selon le nombre des cadavres, et selon la grande quantité d'excréments conservés, on peut supposer une communauté de martres ayant habité la grotte assez longtemps, pendant plusieurs générations. Il est intéressant de remarquer la disposition des cadavres sur le sol, plusieurs cadavres étant positionnés en couples mâle-femelle. Il s'agit de cinq couples (1-2, 7-8, 10-11, 12-13, 14-15 dans la fig. 1), le reste des cadavres étant isolés et mal conservés.

Tous les cadavres sont conservés par déshydratation. Ce type de momification est connu depuis longtemps en paléontologie, le phénomène étant fréquent dans les milieux arides. Mais une telle conservation n'est pas très caractéristique dans les grottes, où l'humidité est d'habitude élevée. On doit donc accepter l'existence de certaines conditions favorables qui ont permis cette fossilisation. Il s'agit d'un endroit très sec, dépourvu d'humidité. L'absence de cette humidité peut être expliquée par la situation géologique très particulière de cette galerie: au-dessus des calcaires de l'autochtone de Bihor, où la Galeria Iderilor s'est développée, on trouve les dépôts imperméables du système des nappes de Codru, représenté ici par la nappe de Finis-Garda (la digitation de Sebisel). Lithologiquement, ces dépôts imperméables sont représentés par des épicastites cimentés dont l'âge est werfenien, très compactes, qui empêchent le passage des eaux d'infiltration. Suite à cette situation, sur la surface correspondante du plateau d'Onceasa, on peut observer des zones marécageuses, positionnées exactement au-dessus de ces formations de la nappe, tandis que les points de pertes souterraines se trouvent toujours et seulement dans les endroits où les calcaires de l'autochtone affleurent. Morphologiquement,

ces points sont marqués par un exokarst avec des dolines et pertes. Conséquence de l'absence de l'eau dans ce secteur de galerie on constate l'absence presque totale des spéléothèmes, dans les conditions d'une morphologie dépourvue d'écoulements. Les seuls qui existent sont représentés par des croûtes et des filaments de gypse. Leur genèse n'implique une circulation des solutions dans les fissures, le processus se déroulant seulement dans les pores des roches.

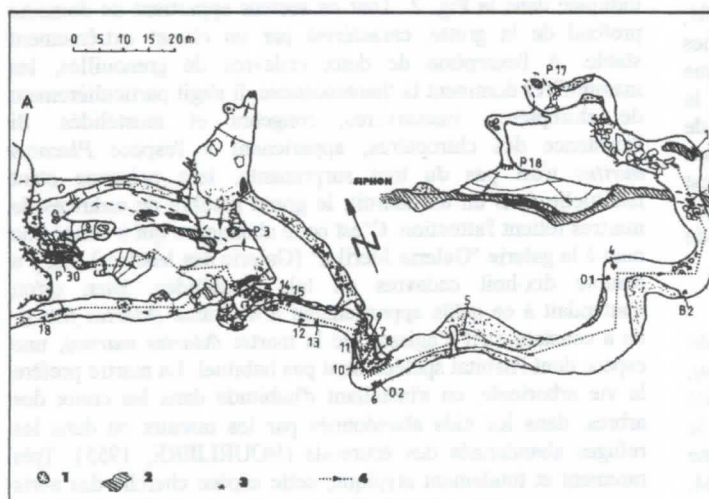
L'existence de faibles courants d'air sec, d'une intensité réduite mais qui agissent en permanence, a favorisée et accélérée la déshydratation. En même temps, il faut supposer des conditions défavorables pour le développement de la faune de troglobiontes, qui habituellement dans les grottes de cette région, dégradent les cadavres dans un temps très court. Les observations des biospéléologues roumains obtenues dans la région indiquent qu'habituellement, les insectes troglobiontes de ce type préfèrent des basses températures, les augmentations même sensibles les éloignant (Oana Moldovan, communication personnelle). Dans le secteur de la galerie où se trouvent les cadavres, la moyenne des températures mesurées par nous est d'environ 4.2 °C.

A ce jour manque tout indice concernant l'ancienneté de ces cadavres. On peut quand même supposer que cette ancienneté n'est pas très grande et qu'il s'agit de restes récents ou sub-récents.

Des restes de martres ont été signalés dans d'autres grottes de la Roumanie, sans qu'une étude particulière leur soit consacrée. GASPAR & KESSLER (1990) font mention de la fouine dans le matériel ostéologique estimé comme sub-fossile récolté dans les grottes I et II de Dealul Dumbravii (Vallée de Misid, les Monts Padurea Craiului). Un matériel très riche, comprenant des restes de plusieurs individus, provient de la grotte Ghetarul de la Scarisoara (le Glacier de Scarisoara), pas encore étudiés. Leur âge est encore un sujet à débattre. En tout cas, il faut mentionner que le matériel paléontologique laissé par la martre dans le Quaternaire roumain est tellement pauvre, qu'on apprécie d'autant plus ces découvertes.

## Références

- BOURLIERE, F. 1955. Ordre des Fissipèdes. Systématique. In: (P.-P. Grassé, éd.): *Traité de Zoologie*. Masson et Cie, Paris: 215-278.  
BRUGAL J.-P. & JAUBERT, J. 1991. Les gisements paléontologiques pléistocènes à indices de fréquentation humaine: un nouveau type de comportement de prédation? *Paléo*, 3: 15-41.  
FRATILA, GH. 1994. Pestera Cerbului, nota preliminară. *Ardealul Speologic*, 4:  
GASPAR, T. & KESSLER, E. 1990. Consideratii morfologice-paleontologice asupra Pesterilor I si II din Dealul Dumbravii. *Pestera*, 3: 104-109.  
MANTEA, GH. 1985. Geological studies in the Upper Basin of Someșul Cald Valley and Valea Seaca Region (Bihor- Vlădeasa Mountains). *An. Inst. Geol. Geofiz. Bucuresti*, 66: 1-91.  
SANDULESCU, M. 1984. *Geotectonics of Romania*. Ed. Tehnica, Bucuresti, 336 p.



**Fig. 1: Localisation des cadavres sur le plan de la Galeria Iderilor. 1-18 - martres; 01- rongeur; 02 - insectivore; B - Grenouilles. Légende séparée: 1 - puits; 2 - galerie active; 3 symbole pour la localisation des cadavres; 4 - tracé supposé pour l'accès des animaux.**

# Kleinsäuger und Fundschichtbildung: taphonomische und taxonomische Betrachtungen anhand von Material aus der Tunnelhöhle (Steiermark)

Reiner Gerhard

Universität Wien, Institut für Paläontologie, Althanstraße 14, A-1090 Wien

## Abstract

Small mammal remains from the Tunnelhöhle (stratigraphic units A, B, C, D) have been investigated. The numbers of species and skeletal elements is low, therefore taxonomical and taphonomical interpretations are limited. There is a faunal representation bias, a bone representation bias and a bone fragmentation bias. Nevertheless, obtaining usable results in combination with other research fields (sedimentology, archeology, malacology) is possible.

## Zusammenfassung

Kleinsäugerreste aus der Tunnelhöhle werden taxonomisch und taphonomisch beleuchtet. Durch die geringe Anzahl der Skelettelemente und Arten muß die Interpretation und Aussagekraft der einzelnen Fundkomplexe (A, B, C, D) kritisch betrachtet werden. Die Tierreste stammen wahrscheinlich von Canivoren. In Kombination mit anderen Untersuchungsmethoden (Sedimentologie, Archäologie, Malakologie) ergeben sich aber durchaus verwertbare Ergebnisse.

## 1. Einleitung

Der zur Verkarstung neigende Schöckelkalk des Grazer Paläozoikums im mittleren Mürztal weist zahlreiche Höhlenfundplätze auf. Die dokumentierte Grabungsgeschichte dieses Gebiets reicht bis in das Jahr 1837 (Unger 1838) zurück und weist neben archäologischen zahlreiche paläontologische Funde (Kusch 1996) auf. Die Grabungen in der Tunnelhöhle (Abb. 1, 15°20'17" E, 47°13'29" N) erfolgten in den Jahren 1988-1990. Es handelt sich um einen interdisziplinären Ansatz, der stratigraphische, archäologische, paläontologische und sedimentologische Fragestellungen im Zusammenhang mit der Fundschichtbildung und den damit in Verbindung stehenden möglichen paläoökologischen, paläoklimatischen, faunistischen Aussagen klären soll.



Abb. 1. Lage der Tunnelhöhle

## 2. Material und Methoden

Nach Fuchs (1994) können in der Tunnelhöhle folgende stratigraphischen Schichtkomplexe (Abb. 2.) unterschieden werden: eine rezente Planierschicht mit Material von Altgrabungen (a), neuzeitliche, mittelalterliche und römische Einheiten mit reichhaltigem archäologischen Fundmaterial und künstlichen Gruben (A), wenig verfestigte, fossilarme Sande (B), verfestigte olivgrüne und braune, fossilreiche Sande (C) und verfestigte Lehmschichten (D). Die Ermittlung der Skelettelementfrequenzen erfolgte nach Andrews (1990) und Lyman (1994).

## 3. Ergebnisse

Die Sedimentproben (Rollinger 1992, Tu-44 bis Tu-50, Abb. 2) zeigen einen niedrigen Karbonatgehalt (8,9 - 16 % Gesamtkarbonatgehalt), einen geringen organischen Anteil (0,8 - 4,18 % Glühverlust) und sind schlecht sortiert (1,037 - 2,301 phi). Sie enthalten einen meist hohen Prozentanteil an Sand, wobei die Anteile der Sand-, Silt- und Tonfraktion variieren. Die Komplexe C und D beinhalten Bruchschutt.

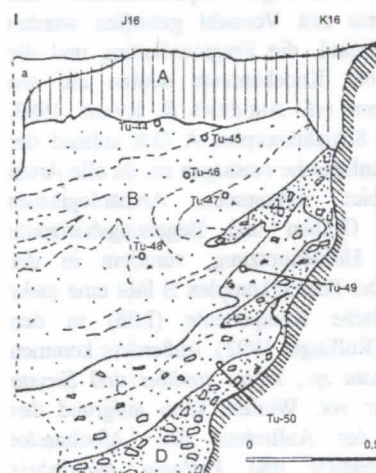
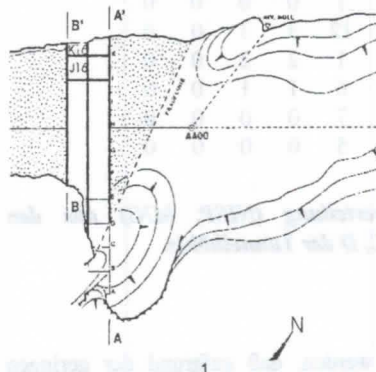


Abb. 2. Grundriss (1) und Profil (2) der Tunnelhöhle. A, B, C, D Schichtkomplexe; a rezenter Abraum; Tu-44 bis Tu-50 Sedimentproben.

Die Kleinsäugerreste sind meist graubraun gefärbt und zeigen deutliche Korrosionsspuren, jedoch keine Verwitterungsspuren. Die postkranialen Elemente treten im Vergleich zu den kranialen in den Hintergrund (Tab. 1.) und sind stark fragmentiert. Es gibt im gesamten Material nur drei Humeri, die fast ganz erhalten sind. Die MNE (Tab. 1) und die MNI (Abb. 3), besonders in den Komplexen A, C (Radiocarbonatum von Höhlenbärenresten 38 800  $\pm$  0,7 a BP, ETH-9657, Fladerer 1995) und D sind gering. Im Schichtkomplex B treten neben Vogel- (MNI 8) Fisch- (MNI 1), Anuren- (MNI 2) und Squamatenresten (MNI 4) auch Gastropoden auf. Der größte Teil der fossilen Reste stammt von Microtinen, hier sind hauptsächlich Molaren erhalten. *Chionomys nivalis* weist einen hohen Anteil am Morphotyp *oeconomus* (40%) auf. Bei *Microtus* treten neben den Hauptmorphen *arvalis/agrestis* noch *gregalis* und Morphen, die die Untergattung *Terricola* charakterisieren, auf (Erklärung der Morphotypen siehe Reiner 1994/95). Ein Radiocarbonatum von postkranialen Elementen von *Marmota* sp. ergab ein Alter von 18 100  $\pm$  0,1 a BP (ETH-11570, Fladerer 1995).

|            | A    |     | B    |     | C    |     | D    |     |
|------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
|            | NISP | MNE | NISP | MNE | NISP | MNE | NISP | MNE |
| Molares    | 0    | 0   | 185  | 181 | 116  | 115 | 2    | 2   |
| Mandibulae | 2    | 2   | 44   | 43  | 7    | 7   | 3    | 3   |
| Crania     | 0    | 0   | 10   | 8   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| Femura     | 2    | 2   | 19   | 15  | 5    | 5   | 1    | 1   |
| Tibiae     | 1    | 1   | 16   | 11  | 1    | 1   | 0    | 0   |
| Pelvices   | 0    | 0   | 2    | 2   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| Calcanei   | 0    | 0   | 2    | 2   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| Astragali  | 0    | 0   | 4    | 4   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| Humeri     | 3    | 3   | 33   | 27  | 12   | 11  | 1    | 1   |
| Radii      | 0    | 0   | 1    | 1   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| Ulnae      | 0    | 0   | 12   | 12  | 3    | 3   | 0    | 0   |
| Scapulae   | 0    | 0   | 1    | 1   | 2    | 2   | 0    | 0   |
| Vertebrae  | 0    | 0   | 6    | 6   | 1    | 1   | 0    | 0   |
| Metapodia  | 1    | 1   | 7    | 7   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| Phalanges  | 0    | 0   | 5    | 5   | 0    | 0   | 0    | 0   |

Tab. 1. Skelettelementverteilung (NISP, MNI) aus den Schichtkomplexen A, B, C, D der Tunnelhöhle.

#### 4. Diskussion

Generell muß gesagt werden, daß aufgrund der geringen MNI und MNE der Kleinsäuger taphonomische und taxonomische Aussagen nur mit Vorsicht getroffen werden können. Der Erhaltungszustand, die Fragmentierung und die Skelettelementverteilung der Knochenreste deuten auf ein Einbringen durch Carnivora (cf. ANDREWS & EVANS 1983, ANDREWS 1990) hin. Der Schichtkomplex A läßt anhand der Kleinsäuger nur geringe ökologische Aussagen zu, da alle Arten rezent in diesem Gebiet vorkommen. Archäologisches Fundmaterial, künstliche Gruben und Begehungshorizonte zeigen eine wiederholte Höhlennutzung, vorallem in der Römerzeit (Fuchs 1993). Der Schichtkomplex B läßt eine mehr oder weniger hohe äolische Komponente (Löß) in den Feinsedimenten vermuten (Rollinger 1992). Außerdem kommen *Chionomys nivalis*, *Marmota* sp., *Lepus timidus* und *Sicista betulina* heute nicht mehr vor. Weiters kann aufgrund des Radiocarbonatums und des Auftretens der Lößschnecke *Succinella oblongata elongata* und *Vallonia tenuilabris* (Fladerer & Frank, im Druck) von Hochglazialen Bedingungen gesprochen werden. Das Auftreten der *Chionomys nivalis* im Schichtkomplex C weist auf eine offene Vegetation, ohne eine

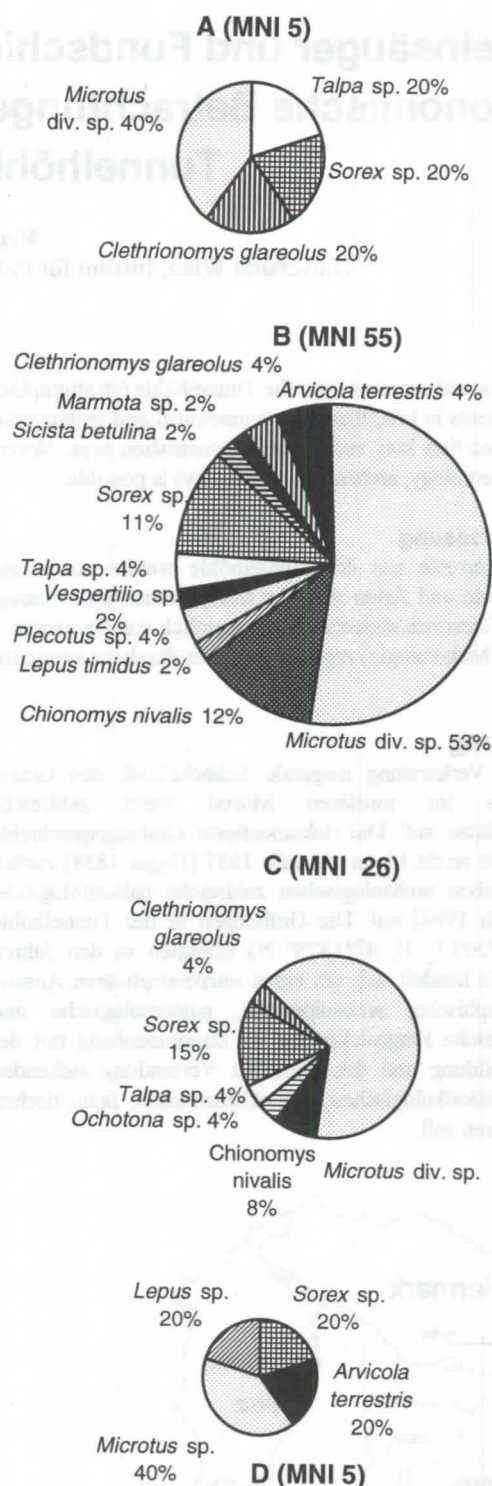


Abb. 3. Prozentuelle und absolute Häufigkeit (MNI Basierend auf MNE) der Taxa aus den vier Schichtkomplexen der Tunnelhöhle.

geschlossene Vegetationsdecke (Krystufek & Kovacic 1989), hin. Ebenso kommt *Ochotona* sp. nicht in Waldgebieten vor (Ognev 1966).

Aufgrund der Korrosion treten Probleme bei der Zuordnung der Microtinenarten auf. Genauere metrische Untersuchungen werden dadurch unmöglich. *Microtus arvalis*, *M. agrestis* (Tullberg 1899) und *Chionomys nivalis* (Nadachowski 1991) weisen auch rezent eine große Formenvielfalt auf.

## 5. Schlußfolgerungen

Kleinsäugertaxonomie und -taphonomie kann in Zusammenhang mit anderen Untersuchungen (Sedimentologie, Malakologie etc.) auch bei geringer Stückzahl die Ergebnisse durchaus ergänzen und zu einem ganzheitlichen Bild abrunden. Weitere taphonomische (Mikrostruktur, Färbungsunterschiede etc.) und taxonomische (speziell bei Microtinen) Forschungen sind notwendig, um in Zukunft bessere und genauere Resultate zu erreichen.

Diese Studie erfolgte im Rahmen des FWF Projekts P8246.

## Literatur

- Andrews, P. 1990. Owls, caves and fossils. 231p. Chicago (University of Chicago Press).
- Andrews, P. & Nesbit Evans, E. M. 1983. Small mammal bone accumulations produced by mammalian carnivores. *Paleobiology*, 9(3):289-307.
- Fladerer, F.A. 1993. Neue Daten von jung- und mittelpleistozänen Höhlensedimenten im Raum Peggau-Deutschfeistritz, Steiermark. *Fundber. aus Österr.*, 31:369-374. Wien
- Fladerer, F. A. 1995. Zur Frage des Aussterbens des Höhlenbären in der Steiermark, Südost-Österreich. In: (Rabeder, G. & Withalm, G., Hrsg.): Internationales Höhlenbärensymposium in Lunz am See, Niederösterreich. Zusammenfassungen der Vorträge, Exkursionsführer, 1-3. Wien.
- Fladerer, F. A. & Frank, C. im Druck. Tunnelhöhle. In: (Rabeder, G. & Döppes, D., Hrsg.): Pliozäne und Pleistozäne Faunen von Österreich. *Catalogus faunae austriacae*. Österr. Akad. d. Wissensch.
- Fuchs, G. 1993. Zur Nutzung der Steirischen Höhlen in der Römerzeit. *Fundberichte aus Österreich*, 31, 1992, Wie, 1993, 374-379.
- Fuchs, G. 1994. Tunnelhöhle (=Kugelsteinhöhle III) (2784/2). *Stratigraphie*. Unpubl. Manuskript, 1-14.
- Kusch, H. 1996. Zur kulturgeschichtlichen Bedeutung der Höhlenfundplätze entlang des mittleren Murtales (Steiermark). 307p. Frankfurt am Main.
- Lyman, R. L., 1994. Relative Abundances of Skeletal Specimens and Taphonomic Analysis of Vertebrate Remains. *Palaaios*, 9:288-298
- Krystufek, B. & Kovacic, D., 1989. Vertical distribution of the Snow vole *Microtus nivalis* (Martins, 1842) in Northwestern Yugoslavia. *Z. Säugetierk.*, 54:153-156.
- Nadachovski, A., 1991. Systematics, geographic variation, and evolution of snow voles (*Chionomys*) based on dental characters. *Acta Ther.*, 36(1-2):1-45.
- Ognev, S. I. 1966. Mammals of the U.S.S.R. and Adjacent Countries. Rodents (IV):2-90. Jerusalem (Israel Program for Scientific Translations).
- Reiner, G. 1994/95. Eine spätglaziale Mikrovertebratenfauna aus der Großen Badlhöhle bei Peggau, Steiermark. *Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum*, 52/53: 135-192. Graz.
- Rollinger, A. 1992 (unpubliziert). Höhlensedimente im Grazer Bergland. Sedimentanalytische und magnetische Untersuchungen. 45 p. Inst. F. Geol. u. Pal, Graz
- Tullberg, T. 1899. Ueber das System der Nagethiere, eine phylogenetische Studie. *Nova Acta R. Soc. Scient. Upsaliensis*, Ser. 3, 18:1-514.
- Unger, F. 1838. Geognostische Bemerkungen über die Badelhöhle bei Peggau. *Steierm. Zeitschrift*, N.F. 5(2):5-16, Grätz



Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Speleology

Volume 3

Symposium 3

**Speleology and Mines**

La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 10-17.08.1997



# Bref historique de la spéléologie minière en Alsace

par Pierre Fluck

Président de la Fédération Patrimoine Minier

Université de Haute-Alsace, 10 rue des Frères Lumière, F 68093 MULHOUSE CEDEX

## Résumé

L'histoire de la spéléologie minière dans le massif vosgien est dictée par le "modèle sainte-marien", qui voit la succession chronologique de quatre époques : 1960-70, une phase exploratoire lente; 1970-80, une phase exploratoire inflationnaire; 1980-90 une spéléologie fondue dans une archéologie totale; après 1990, une archéologie souterraine en perte de vitesse. Les causes, les caractéristiques et les aboutissements de chacune de ces phases évolutives sont discutées.

## Abstract

The history of speleology in old mines follows the "Sainte-Marie" pattern, which consists of four chronological periods: 1960-70 a slow exploration phase, 1970-80 an intensive exploration phase, 1980-90 the merging of speleology into global archaeology, since 1990 a reduced interest in mining archaeology. The causes, the features and the results of each of these periods are here discussed.

## Introduction

Les anciennes exploitations minières ont fait l'objet, presque de tous temps, de visites à des fins de prospection, d'incursions de gosses en escapade (BERRET, 1983) ou de recherches minéralogiques. Certaines ont même été le théâtre de découvertes de témoins techniques du passé (outils ou ustensiles de mineurs, installations d'exhaure...) sur lesquels des archéologues du XIXe siècle se sont penchés (DAUBREE, 1881). Mais la véritable investigation des mines anciennes dans un *esprit de découverte*, qui donne toute sa dimension à la spéléologie minière, est un fait récent. Il fallait pour cela, au départ, souscrire à la condition que les mines en question soient suffisamment *anciennes* pour que puisse s'élaborer le concept de *première*. Celui-ci exige que le milieu à découvrir soit du domaine de l'inconnu, ou tout au plus que l'autre moyen d'investigation de ce milieu – les textes et les plans d'archives – n'y découvre que très faiblement le voile. Alors, le fait d'être les premiers depuis deux, quatre ou huit siècles à éclairer ces lieux revêt toute la dimension de la *première* en spéléologie.

Mais il y a plus. Lorsqu'on le pénètre, cet univers nous interpelle en même temps dans un domaine technique (par exemple : quel est l'outil qui sculpta la roche...) et un domaine social (qui donc étaient ceux qui, avant nous, fréquentaient ces lieux...) : cette spéléologie est donc en même temps une fantastique "première" dans la défloration de pans entiers de l'histoire des techniques et de l'histoire d'une société bien spécifique.

Cette spéléologie minière paraît avoir pris son essor avant tout dans le massif des Vosges – ce qui n'exclut pas d'autres actions, moins structurées ou moins documentées, dans d'autres régions de l'Europe –. Nous aborderons donc le développement de cette discipline dans les mines vosgiennes qui l'ont engendrée. Ce faisant, nous analyserons l'évolution, ou la déviation, de la discipline, vers les tendances qui la façonnent à l'heure actuelle.

## 1. La spéléologie minière dans le massif des Vosges

Les mines qui vont voir la naissance de la spéléologie minière, autour de Sainte-Marie-aux-Mines, sont d'anciennes mines d'argent de la Renaissance, en partie seulement reprises aux XVIIIe et XIXe siècles. La quasi-totalité des accès étaient bouchés par l'effondrement de leurs entrées, en ce début des années soixante. Quelques porches cependant restaient ouverts depuis la dernière exploitation, au début du siècle. C'était le cas notamment de la mine *Gabe-Gottes*, qui constituait une "classique" pour les rendez-vous des curieux en quête d'aventure. Parmi ces précurseurs, et aux côtés de prospecteurs du B.R.G.M. en mission, figurent les pasteurs Ochsenbein et Trautmann, dès la fin des années cinquante. François Lehmann ensuite, appuyé par des universitaires strasbourgeois motivés tant par la recherche dans le domaine de la minéralogie que par celle d'un site destiné à devenir une base géophysique souterraine, met sur pied un *Groupe d'Etude des Anciennes Mines* (plus tard *Amis des Anciennes Mines*). Les diverses galeries alors accessibles, si on les plaçait bout-à-bout, totalisaient près de neuf kilomètres.

Sous l'impulsion de François Lehmann, le groupe s'attaque à la réouverture des porches éboulés. C'est la lecture du paysage qui guide leur recherche : les haldes ou tas de stériles sont leur signature en surface. C'est ensuite une affaire de "creuserie" souvent dévoreuse de temps et d'énergie. Si l'enthousiasme était au rendez-vous, les débuts furent lents (Saint-Guillaume en 1962, Vieille Galerie des Halles en 1963, Couronne d'Or et Homme Mort en 1964). Et très vite, on se rendit compte que les *premières* ainsi offertes étaient autant de déflorations d'un milieu insolite qui avait été livré au cours des siècles à une véritable "vie minérale". Nous voulons dire par là qu'en ces lieux, la Nature avait tissé sa dentelle de néoformations (arséniates dans les filons arséniés, calcite et aragonite dans les filons à gangues carbonatées) qui leur donnait un cachet quelque peu féérique.

Les motivations de ces pionniers étaient éclectiques : l'aventure en tout premier lieu – plus que l'exploit sportif –, la découverte de l'inconnu dont on n'avait gardé que le souvenir d'une histoire empreinte de prestige; l'attrait des minéraux enfin, car il faut reconnaître que la fragilité des sites n'émouvait pas encore l'opinion. Des rudiments de topographies étaient effectués afin de comprendre l'organisation de ce sous-sol.

Bien vite, on s'aperçut que pour aller plus loin, il convenait d'explorer les verticales. Les premières descentes de puits (Giftgrube, 1963) étaient plus que rustiques : on se laissait descendre, puis se faisait tracter (!) au bout d'une corde en chanvre... Dès 1966, on acquit des échelles spéléo, sur lesquelles on évoluait en se faisant assurer par l'équipier resté en haut.

1970 inaugurait l'ère des grandes découvertes, marquée par un effort sans précédent dans les chantiers de réouvertures de porches éboulés. Des mines de grande renommée historique sont ainsi explorées méthodiquement, dans la fièvre qu'on imagine : Saint-Nicolas (5.09.1970), La Treille (22.01.1971), Saint-Louis-Eisenthür (9.10.1971), Engelsbourg (17.06.1972), cette dernière recelant la plus ample cavité vosgienne, un chantier d'exploitation exploré sur une verticale de cent mètres. Et bien d'autres...

1971 marque également l'apparition d'autres clubs en Alsace : le *Club de Géologie et d'Archéologie* de Barr (qui explore conjointement l'Engelsbourg en 1972), la *M.J.C.* de Villé qui pratique des réouvertures dans sa vallée, la *M.J.C.* de Colmar qui s'attache d'abord au district de Steinbach dans le Sud des Vosges.

Les techniques de la spéléologie alpine, mises en oeuvre à Sainte-Marie à partir de 1974 (méthode descendeur-bloqueur; le jumarc n'est universellement pratiqué qu'à partir de 1980), jointes à une expérience accrue du milieu souterrain, et surtout à un acharnement à passer les éboulements intérieurs, accentuent ce boom, qui fait passer le développement total des réseaux à vingt, puis trente, puis quarante kilomètres (chiffre atteint fin 1979). Leur topographie systématique aboutit à la première *carte souterraine du Neuenberg* (un des trois grands systèmes du district minier de Sainte-Marie-aux-Mines) (FLUCK, 1975). La fin des années 70 marque en même temps la fin de cette ère faste, suivie par des temps difficiles qu'allait catalyser une interdiction du maire de pénétrer sous terre, et malgré l'intervention d'autres clubs : la *M.J.C.* de Villé qui ouvre une dizaine de mines au Bois de Saint-Pierremont, l'*Association Strasbourgeoise des Amis de la Minéralogie* qui atteint - 143 dans Giftgrube (hiver 1975-76), le *Centre Géologique du Val de Marne* qui tente désespérément de désobstruer le fond d'un puits, le *Groupe Jean Kattler* dès 1979 qui pratique une *spéléologie sportive* dans des réseaux déjà reconnus, édite un bulletin et inaugure des opérations de nettoyage de débris accumulés par usagers peu scrupuleux.

Dès 1972 s'inscrivent les redécouvertes de divers autres districts miniers d'Alsace. Celle des mines d'antimoine du Silberwald tient du conte de fées. La galerie la plus basse de ce minuscule secteur, situé au flanc du Hohneck, donne accès à un conduit incliné dans lequel bouillonne la "grande cascade" (1972). Plus haut est ouverte en 1976 une galerie médiévale en forme de colimaçon (!). Tout en haut du système, en 1980, est débouché de haut en bas, du fond d'un entonnoir médiéval, un superbe réseau de galeries superposées XVI<sup>e</sup> s. au plancher duquel se perd le ruisseau qui resurgit plus bas dans la Grande Cascade.

Divers clubs émergent, certains éphémères, d'autres qui perdurent encore. Un de ces groupes allait trouver une vocation régionale, voire interrégionale par la diversité de ses cibles géographiques (de 1975 à 1982): le *C.A.E.S. du C.N.R.S.* de Strasbourg. Celui-ci trouve un terrain d'élection dans le double district des mines de cuivre du Thillot et de Château-Lambert, dans les Vosges méridionales, qu'il topographie méticuleusement au 1/500<sup>e</sup>. Il édite aussi une revue, *Pierres et Terre*, dont la lecture permet un suivi presque au jour le jour, depuis 1975, de toutes les "bonnes explorations"... Sa Section de la région de Sultz-Guebwiller, les *Trolls*, allait par la suite devenir le club le plus influent d'Alsace du Sud.

Mais l'exploration des grands réseaux de Sainte-Marie, même dotée de moyens accrus comme le pompage des puits inondés, allait bientôt approcher ses limites, ou en tous cas marquer le pas pour des raisons diverses que nous expliciterons. A ce stade, un seul moyen pour aller plus loin: le relai est pris par l'étude des *documents d'archives*. Les plus prisés, pour le spéléologue qui se colore ainsi d'une teinte d'historien, sont les procès-verbaux de visites faits par les "ingénieurs" de la Renaissance pour les concessionnaires, ou pour les seigneuries. Ces textes, souvent suffisamment précis pour se représenter de fabuleux réseaux de rêve, constituent en quelque sorte une "spéléologie de l'histoire". Voilà une autre spécificité remarquable de la spéléologie minière.

Jusqu'ici, notre propos s'est laissé guidé par le souffle de la découverte, celui de la *première*. En fait, il y a deux *spéléologies minières*. La première correspond à cette phase exploratoire. Elle a culminé dans les années 70 pour voir son importance diminuer progressivement – on le verra – dans les années 80, et enfin s'éteindre dans les années 90. La seconde est la spéléologie sportive, ou tout simplement de randonnée. C'est la première qui lui a construit son champ. Si elle n'offre plus le sel de la découverte, elle attire les jeunes et les touristes sportifs auxquels elle offre un milieu insolite, un "musée naturel" tant géologique qu'ethnographique (!), exigeant une haute technicité et procurant des possibilités de se dépasser physiquement.

Mais par ailleurs, cette spéléologie minière, et peut-être en contrecoup de sa popularisation, allait se voir en partie entraînée vers une forme de déviationisme. En effet, ces lieux d'extraction des métaux sont en même temps le rendez-vous privilégié des amateurs de minéraux, qui viennent y côtoyer les spéléologues en empruntant leurs techniques. En ce domaine, la marge est immense entre le minéralogiste-collectionneur et le pillier-marchand, dont les actions répétées ont contribué à défigurer des pans entiers du milieu souterrain (géodes saccagées, aragonites coralloïdes arrachées, éboulements volontairement provoqués...).

## 2. L'orientation archéologique

1980 marque un tournant, avec la prise de conscience que ce milieu sculpté – et équipé – par l'homme représentait un réservoir d'investigations archéologiques inépuisable. Et si l'on a fait usage dès 1975 du terme d'archéologie minière, c'est à partir de 1981 que les équipes "alsaciennes" entrent officiellement dans la programmation de l'archéologie (programme H27 "mines et métallurgie", maintenant H3) en demandant et obtenant les autorisations et les moyens pour des fouilles souterraines; l'archéologie des sites miniers de surface – halles, habitats, laveries, fonderies, infrastructures hydrauliques – ne se développera que très progressivement, pour ne l'emporter que dans les années 90 sur l'archéologie souterraine (FLUCK, 1990, 1993, et *Pierres et Terre* 34, mai 1990).

Cette archéologie souterraine englobe totalement la spéléologie qui est pour elle un *outil* : d'abord une discipline sportive très technique qui lui ouvre le champ (toujours les *premières* !) tout en le sécurisant, ensuite pour le praticien le moyen incontournable d'évolution sous terre. Mais l'archéologie dépasse aussi la spéléologie par ses techniques d'investigation. Certaines leur sont communes : ouverture du porche, topographie, couverture photographique, observation pariétale (traces d'outils et autres marques...), opérations lourdes (pompage, désobstruction...). D'autres sont par contre vraiment spécifiques à la démarche archéologique : la fouille du couloir d'entrée, la fouille souterraine... et bien sûr toutes les investigations sur les sites de surface.

Il y a là matière à débat. Les archéologues considèrent en effet la spéléologie comme un outil de découverte du champ et de progression, ne lui accordant qu'un rôle ancillaire. Cela s'explique : ce sont les instances de l'archéologie qui financent, exigeant rapport de fouille et publications à la clé.

Mais le point de vue inverse est tout aussi défendable : la spéléologie, dans sa signification étymologique de science du souterrain, doit englober l'archéologie (tout comme l'étude géologique, faunistique, etc.). Il est alors sain d'affirmer que l'archéologie n'est qu'une branche de la spéléologie minière, même si le sens commun ne l'entend généralement pas ainsi... L'écueil à ce raisonnement réside sans doute dans le fait que l'archéologie englobe aussi – on l'a vu – des sites de surface. Les Allemands désignent sous le vocable *Montanwirtschaft* ce système technique complexe, véritable univers qui s'étend de la mine à la fonderie.

Cette archéologie, cautionnée par des équipes de recherches universitaires (comme à Sévenans l'*Unité Propre de Recherche CNRS Paléométallurgie et Cultures*), est fondamentalement le fait de bénévoles du milieu associatif. L'association "locomotive" est sans conteste l'ASEPAM fondée en 1991 à Sainte-Marie-aux-Mines. L'ensemble des équipes se fédèrent en 1985 dans la *Fédération Patrimoine Minier*, qui reprend l'édition de *Pierres et Terre*, coordonne la recherche et crée en son siège une bibliothèque de 2000 ouvrages sur le sujet.

Il faut bien noter que le basculement dans le circuit de l'archéologie introduit une autre mentalité. L'investigation, infiniment plus raffinée, en sera considérablement ralentie. Aussi les réouvertures de porches éboulés, tout comme les désobstructions souterraines, vont très vite se raréfier vers la fin des années 80, à la suite d'un véritable "été indien" pour les grandes *premières*. De vastes réseaux venaient en effet de faire l'objet de campagnes d'une archéologie qui se voulait "totale" et entièrement interdisciplinaire (Mines de Plomb, 1982, filon Saint-Louis, 1983 (ANCEL & FLUCK, 1988), filon Chrétien, 1985-89, Porte de Fer, 1989...). Le bilan 1985 fait état de 47 kilomètres de réseaux (pour Sainte-Marie) et 183 entrées ouvertes. Petit à petit va cependant, sournoisement peut-être, s'instaurer une politique malthusienne de "mise en réserve" des immenses réseaux vierges subsistant. Une telle politique, qui se justifie dans bien des facettes de l'archéologie, me paraît difficilement défendable en archéologie minière, pour une raison très claire : les réseaux se dégradent avec le temps, et l'archéologie minière est une archéologie d'urgence. Mais la chute de l'archéologie souterraine, qui se précise dans les années 90, repose encore sur d'autres causes, au sujet desquelles j'écrai plus tard et avec plus de recul.

Hors Sainte-Marie-aux-Mines, on assiste à une floraison d'investigations de qualité. Nous ne pouvons citer tous les sites (et négligeons volontairement les fouilles de surface). Quelques-uns émergent du lot : Le Thillot (Vosges méridionales), véritable école pour l'étude diachronique des techniques du percement et de l'exhaure (épuisement des eaux), Auxelles, Niederbruck et Wegscheid (Vosges méridionales), Lalaye (Vosges centrales). Ce dernier, un puits au jour équipé de sa machinerie hydraulique d'exhaure du début du XVIII<sup>e</sup> siècle, fouillé en 1992, est en même temps un des plus beaux fleurons du patrimoine industriel de l'Europe.

Conclusion. Si nous nous sommes tant attardés sur Sainte-Marie-aux-Mines, c'est que nous avons affaire à un cas d'école, qui s'impose comme *le modèle sainte-marien*. L'évolution qui s'y dessine, depuis 1960, peut se décomposer en quatre phases parfaitement caractérisées : une phase exploratoire lente (difficultés des débuts, 1960-70); une phase exploratoire inflationnaire (maîtrise des techniques spéléo, et de désobstruction en surface et sous terre, 1970-80); en même temps, une archéologie "latente", non déclarée, faite de prospection et d'observation; une archéologie souterraine totale (1980-90); une archéologie souterraine en perte de vitesse.

Cette dernière se voit néanmoins couplée à une valorisation croissante des sites : sentiers de découverte, centre du patrimoine minier, expositions et musées, mines touristiques parmi lesquelles la mine Saint-Louis (à Sainte-Marie-aux-Mines) détient incontestablement le fleuron...

### 3. Quel avenir pour la spéléologie minière ?

A l'heure actuelle, la réponse est claire pour l'Est de la France : la spéléologie minière n'a pas d'avenir à court terme, hors l'activité purement sportive ou de randonnée souterraine. L'ère des grandes "premières" est passée depuis longtemps. L'ère de l'archéologie minière souterraine a été quasi-clôturée par une volonté politique mal conseillée. Les mesures variées de protection du patrimoine gèlent le terrain. Dans ce contexte, il n'y a plus de place pour la découverte, sauf si la spéléologie de découverte devait choisir de se cantonner dans la clandestinité.

Il reste le plaisir touristique ou sportif. Cette forme de spéléologie est vivace, mais se voit de plus en plus cantonnée dans des "réserves". Les praticiens en sont d'ailleurs suffisamment nombreux pour que se justifient des opérations très régulières de simulacres de spéléo-secours. Ceci est un test qui ne trompe pas.

### Conclusion

La spéléologie minière est un cas tout à fait intéressant d'étude d'un véritable phénomène social. Elle s'est développée de façon très empirique mais dans une passion totale, dans le théâtre qui lui était propice. Elle a cherché sa voie entre les différentes orientations qui la sollicitaient, tantôt dans le domaine de l'exploit (le sport, la "première"), tantôt dans celui d'une richesse géologique bien convoitée, pour se voir enfin happée par celui de l'archéologie, qui lui apportera beaucoup mais dont elle sortira moribonde. Cette évolution pourrait prêter à regrets de ne l'avoir pas construite autrement. Elle est finalement ce qu'il y a de plus naturel. Elle n'est que le fait d'une prise de conscience croissante, d'abord de l'intérêt du milieu en tant que patrimoine évoquant le passé de l'humanité, ensuite de la fragilité de ce milieu.

La spéléologie minière a été une belle aventure. Elle n'a pas épuisé le potentiel qui l'a nourrie. Il en reste pour les générations à venir. Quand ?

Nous venons de décrire l'évolution de la spéléologie minière en Alsace. D'autres régions, d'autres pays entament seulement leur phase exploratoire. Elles bénéficient, en partie au moins, de l'expérience acquise et publiée. Elles pourront connaître une évolution semblable, en ce sens que la méthode d'investigation d'une part, dictée par l'archéologie, s'impose ou s'imposera rapidement partout, et que d'autre part la conservation des valeurs patrimoniales est une préoccupation internationale. Ces évolutions seront simplement plus rapides...

### Références

- ANCEL, B. & FLUCK, P. 1988. Une exploitation minière du XVI<sup>e</sup> siècle dans les Vosges. *Documents d'Archéologie Française* 16, 124 p.
- BERRET, G. 1983. Spéléologues en herbe il y a soixante-dix ans. *Pierres et Terre* 27: 26-28, (publié sous la signature "un très vieux sainte-marien").
- DAUBREE, A. 1881. Aperçu historique sur l'exploitation des mines métalliques de la Gaule, *Revue Archéologique*: 3-71.
- FLUCK, P. 1975. La spéléologie minière, une activité méconnue. *Spelunca* 2.
- FLUCK, P. 1978. Les quinze plus belles courses souterraines à Sainte-Marie-aux-Mines. *Pierres et Terre* 13: 3-52.
- FLUCK, P. 1985. Spéléologie minière. *Spéléo Lorraine* N°15 spécial: 9-29.
- FLUCK, P. 1990. Introduction à l'archéologie minière en Alsace. In: Catalogue exposition "Vivre au Moyen-Age", Strasbourg: 259-270. (Divers autres articles dans le même catalogue).
- FLUCK, P. 1993. Montanarchäologische Forschungen in den Vogesen. Ein Zwischenbilanz. In: (Thorbecke éd.): *Montanarchäologie in Europa*: 267-289.
- Pierres et Terre* N°33. 1990 (collectif), (est un panorama des sites vosgiens ayant fait l'objet de fouilles d'archéologie minière).

# Les anciennes mines, un patrimoine protégé. Statut juridique et protection du patrimoine minier en France

par l'Association Archéologique pour l'Etude des Mines et de la Métallurgie  
C.C.S.T.I., Château St Jean, F-05120 L'Argentière-La-Bessée, France

## Abstract

Old mines are fully integrated into French archeological heritage. Mineral-hunting and other illegal activities have gravely damaged them : now their remains are closely protected by scientific research teams. Analysis of the different legislative contexts and recent jurisprudence has now created a regulated environment, which, in principle, guarantees conservation of this underground heritage.

## Résumé

Les anciennes mines font partie intégrante du patrimoine archéologique en France. Fortement dégradées par suite du pillage de minéraux et par des aménagements clandestins, ces vestiges font l'objet d'une surveillance et de mesures de protection menées par les équipes de scientifiques. L'analyse des divers contextes législatifs et de récentes jurisprudences donne aujourd'hui un cadre réglementaire qui assure la conservation de ce patrimoine souterrain.

## 1. Un patrimoine géologique, archéologique et biologique

Le patrimoine minier se situe à l'interface de deux milieux : le milieu naturel et l'espace organisé par l'homme. Les anciennes mines font l'objet d'un programme national placé sous la direction du Ministère de la Culture. Fondé en 1982, ce programme "Mines et Métallurgie" regroupe des opérations dans la plupart des régions de France. Les équipes sont pluridisciplinaires et diachroniques ; elles rassemblent des archéologues miniers, des géologues, des historiens, des chercheurs en laboratoires et des associations d'amateurs.

Les réseaux souterrains s'organisent selon la structure géologique. Les galeries suivent les failles et les filons stériles, traversent les formations géologiques et révèlent de remarquables affleurements du sous-sol. Les corps minéralisés, vidés de leur substance utile, présentent des vestiges de leur remplissage initial ; les structures porteuses tels que les filons et leurs épontes sont parfaitement visibles. La minéralisation, dans certains cas, peut être très diversifiée.

Les anciennes mines font partie intégrante du patrimoine archéologique et renferment les témoins de techniques disparues. Les ouvrages souterrains conservent les traces des méthodes d'abattage, un mobilier métallique très diversifié et des aménagements en bois : voie de roulage, treuils, pompes... En surface, près des entrées et au bord des cours d'eau on trouve les vestiges des ateliers où s'effectuait le traitement des minerais (concassage, tri, lavage) et parfois leur métallurgie (grillage, fonte, affinage).

Ces activités extractives et métallurgiques ont profondément marqué le paysage des régions minières et fortement influencé leur développement économique. On en perçoit l'importance à travers l'abondante documentation d'archives, une riche iconographie, mais aussi dans l'architecture, les aménagements hydrauliques, la toponymie et les traditions culturelles.

Enfin, après l'abandon des exploitations, la nature a repris ses droits et les anciennes mines servent aujourd'hui de refuge à une faune et une flore originales : chiroptères, salamandres, araignées, champignons...

De toutes les industries anciennes, les exploitations minières sont celles qui ont laissé le plus de traces dans le paysage et cela dès l'époque protohistorique : non seulement les vestiges de l'extraction minière : galeries, tranchées,

minières... mais encore les aires de traitement du minerai et de l'activité métallurgique, halles, ferriers.. et bâtiments qui ont pu être réutilisés par la suite.

## Les anciennes mines : un patrimoine menacé

Jusque vers les années 1960, les anciennes mines, même celles qui n'avaient été fermées qu'au début du XX<sup>e</sup> siècle, étaient tombées dans un oubli total. Elles furent redécouvertes progressivement du fait d'un engouement pour l'exploration souterraine, de l'attrait des minéraux, et plus récemment dans le cadre de la recherche archéologique.

Certains réseaux souterrains sont considérablement étendus (plusieurs kilomètres de développement sur un dénivelé de plus de cent mètres) et sont donc un terrain attractif pour la pratique de la spéléologie. Les minéralisations intéressent les collectionneurs de minéraux et ce n'est pas par hasard si le secteur de Ste Marie-aux-Mines a vu naître la première bourse de minéraux du territoire national, consacré aujourd'hui par ses organisateurs "Minéraropole de France".

Ces diverses fréquentations entraînent, pour les mines de grande envergure, de multiples atteintes. La surfréquentation, ou la fréquentation anarchique, s'accompagne d'une pollution chronique : emballages de boisson, papiers gras, chaux des éclairages à acétylène, piles... Les parois sont salies (boue, graffiti), les sols sont piétinés et même les vestiges remarquables ne sont pas respectés (anciennes voies de roulage en bois). On peut même parler de vandalisme lorsque les échelles des puits inondés sont brisées, que les empilements de stériles sont abattus. La faune est dérangée, notamment les chiroptères qui hibernent dans les vieux travaux. Les outils de mineurs sont dérobés par des collectionneurs qui recourent illégalement au détecteur de métaux.

Les dégradations atteignent leur maximum dans les mines pourvues de minéralisations : les affleurements de filon sont fréquemment rafraîchis à coup de burins ; les géodes de gangues sont dévastées ; les parois sont dépouillées de leurs concrétions ; les reliques de minerais rares sont pillées ; les empilements sont retournés... Les halles ne sont pas épargnées : des excavations sont pratiquées sur certains sites et déstabilisent la pente, menacent les plantations et détruisent les niveaux archéologiques. De telles atteintes sont parfois le fait de travaux d'aménagement, comme le

tracage de chemins forestiers, la construction d'habitations, ou l'exploitation des remblais.

### La reconnaissance d'un patrimoine

Dès les années 1970, quelques scientifiques se sont insurgés contre les abus de certains collectionneurs, en dénonçant ces agissements dans des revues spécialisées. En 1976 le pillage des aragonites de la mine Féerie en Alsace fait éclater le scandale dans la presse. Devant la multiplication des dégradations, certaines municipalités réagissent par l'instauration de réglementations, parfois draconiennes. A partir de 1980 les amateurs d'anciennes mines se scindent en deux tendances bien distinctes : d'un côté les "minéralogistes" qui revendiquent une liberté d'action dans les mines abandonnées ; de l'autre les "archéologues" qui inscrivent leurs activités dans le cadre des fouilles archéologiques et prônent le respect des sites géologiques, sans oublier les naturalistes qui observent et tentent de protéger des biotopes souterrains extrêmement fragiles.

Selon la sensibilité des acteurs divers types d'actions sont entreprises pour protéger le patrimoine minier : prise de position à travers la presse, interpellation des institutions et des élus, sensibilisation de la population et des décideurs à travers des publications, des expositions, des conférences. Des actions de valorisation touristique à l'initiative des archéologues miniers, comme l'aménagement de galeries pour des visites guidées, montrent qu'il existe une autre façon de "rentabiliser" le patrimoine sans épuiser ses richesses, tout en sensibilisant le public à sa fragilité.

Sur le terrain, pour prévenir les dégradations, des dispositions sont parfois mises en oeuvre afin de contrôler ou d'interdire l'accès aux sites sensibles. Les archéologues ont refermé certains accès pour des raisons de protection. Cependant il s'agit souvent de petites mines, et la mesure n'est pas sûre : exemple, la mine Féerie explorée en 1976, a été clandestinement rouverte en 1978 et ses aragonites ont été totalement pillées. Les grands réseaux demandent un temps d'étude assez long. Bien que coûteuse et difficile à réaliser, la pose d'une porte est cependant efficace, bien que plusieurs portes aient été forcées, parfois même à l'explosif. La mesure radicale pour protéger un site fragile reste la condamnation de l'accès. Ainsi quelques entrées ont été obturées avec des blocs de roches, un enchevêtrement de poutres, etc... qui devraient empêcher une réouverture clandestine. Dans la mine Glückauf (Alsace), en 1988, une exploration a révélé de remarquables travaux du XVIIIème siècle, sur un filon d'arsenic riche en néoformations. Après une rapide étude, un passage étayé a été effondré.

La discrétion reste une mesure assez efficace et peu coûteuse. Jusqu'en 1984, les explorateurs avaient l'habitude de divulguer leur découverte dans les revues grand public. Constatant que ces articles étaient lus par les pillers, les archéologues ont alors renoncé à publier les informations sensibles concernant des réseaux miniers fragiles et veillent aujourd'hui à la confidentialité de certaines informations concernant les nouveaux réseaux.

Les collectivités sensibilisées par les archéologues sont également intervenues en réglementant l'accès aux anciennes mines par des arrêtés municipaux. En principe, seule la recherche archéologique est autorisée. De telles mesures n'éliminent pas totalement les dégradations mais découragent un grand nombre de pillers.

Enfin, des interventions auprès des pouvoirs publics ont permis d'éclaircir le statut juridique des anciennes mines. Des actions tant juridiques que de terrain menées sans

relâche, dont nous présenterons ci-après les principaux attendus, ont permis de stopper provisoirement les pillages dans certaines régions de France.

Mais dans plusieurs cas les sites continuent d'être systématiquement visités par les pillers constitués ou non en associations mercantiles faisant état de leur bonne foi, agissant hors la loi et en toute impunité.

## 2. Le statut juridique des anciennes mines : un patrimoine protégé par la loi

"La propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous" (Code Civil, art. 522). Ceci implique que les réseaux souterrains miniers appartiennent aux propriétaires des surfaces les surplombant. Les limites des propriétés souterraines sont situées à la verticale des limites reconnues en surface ; une ancienne mine peut être tronçonnée en de nombreux morceaux fonciers sans aucun rapport avec son organisation spatiale.

Le propriétaire a le droit de se servir de son espace souterrain (utilisation en tant que cave, champignonnière ...), d'en tirer un profit (visite touristique payante ...) et d'en disposer à sa guise (fermeture, aménagement ...). Mais en fait cette liberté n'est qu'apparente, car de nombreuses législations sectorielles la restreignent. Le propriétaire est responsable de sa cavité et en est le gardien présumé. Il a le droit d'interdire l'accès à son bien, sauf si une servitude de passage peut être démontrée. Le cas échéant une réglementation des activités spéléologiques peut être instaurée par arrêté municipal ou préfectoral, visant notamment à garantir la sécurité des personnes (circulaire Foulquié, 21.11.73).

La recherche et l'exploitation des substances minérales sont régies par le Code Minier, et peuvent être menées contre le gré du propriétaire. Les anciennes mines n'étant plus couvertes par aucun titre de recherche ou d'exploitation en cours de validité, sont en situation d'abandon de fait. Ces vides ne sont donc pas soumis à la police spéciale des mines et sont régis par le droit commun. Cependant certaines activités dans des anciennes mines pourraient être contrôlées par les services compétents (D.R.I.R.E.) : exemple, la recherche de "produits" (art. 8), l'exécution "d'ouvrages" à plus de 10 m de profondeur sous la surface (art. 131), l'étude des minerais (art. 133) ...

### La législation archéologique

"Quelle que soit leur époque, les sites miniers appartiennent au patrimoine archéologique" (communiqué du Ministère de la Culture, 2 mars 1987). La loi "Carcopino" de 1941 réglemente les fouilles archéologiques : "Nul ne peut effectuer sur un terrain lui appartenant ou appartenant à autrui des fouilles ou des sondages à l'effet de recherche de monuments ou d'objets pouvant intéresser la préhistoire, l'histoire, l'art ou l'archéologie sans en avoir au préalable obtenu l'autorisation." (art. 1)

La loi du 15 juillet 1980 du Code Pénal fixe les sanctions suivantes : "... sera puni d'un emprisonnement d'un à deux ans et d'une amende de 500 F à 30000 F... quiconque aura intentionnellement ... soit détruit, mutilé, dégradé, détérioré des découvertes archéologiques faites au cours de fouilles ou fortuitement, ou un terrain contenant des vestiges archéologiques ... aura exercé une intimidation ou une pression en menaçant de détruire ou de dégrader un immeuble ou un objet ..." (art. 322-2)

La loi du 18 décembre 1989 précise la réglementation des détecteurs de métaux. "Nul ne peut utiliser du matériel

permettant la détection d'objets métalliques, à l'effet de recherche de monuments et d'objets pouvant intéresser la préhistoire, l'histoire, l'art ou l'archéologie, sans avoir au préalable obtenu une autorisation administrative ..." (art. 1)

La loi du 31 décembre 1913 sur les Monuments Historiques concerne les immeubles ou parties d'immeubles dont la conservation présente, au point de vue de l'histoire et de l'art, un intérêt public. Ceux-ci sont selon leur intérêt, classés comme Monuments Historiques par les soins du Ministre de la Culture, ou inscrits à l'Inventaire Supplémentaire des Monuments Historiques par arrêté du Commissaire de la République de Région.

Le code minier récemment modifié reconnaît également le statut archéologique des anciennes mines (art. 79, loi 94-588 du 15 juillet 1994)

### La législation sur le patrimoine naturel

La loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, affirme l'intérêt que représentent les formations géologiques telles que les roches et les minéraux. Cependant les formations géologiques, géomorphologiques ou spéléologiques remarquables ne peuvent être concrètement protégées que par la création d'une réserve naturelle ou d'un site classé (cas de la mine du Verdy en région Rhône-Alpes).

Le prélèvement de minéraux sur des sites miniers ne fait pas l'objet d'une réglementation spécifique. Cette activité est cependant assujettie aux règles de la propriété privée, et tombe sous le coup de la loi de 1941. *"Les dispositions de la loi de 1941 portant réglementation des fouilles archéologiques ne concernent pas la recherche de minéraux. En revanche, elles s'appliquent aux anciennes mines qui peuvent receler des gîtes minéraux intéressant les amateurs ; c'est pourquoi les associations de minéralogistes sont tenues d'obtenir des autorisations de la part des responsables de circonscriptions archéologiques lorsqu'elles ont l'intention d'y prélever des minéraux"*. (Alain Carignon, Secrétariat d'Etat à l'Environnement, 17 mars 1988 - réponse écrite au sénateur Henry Goetschy). *"Les associations de minéralogistes sont tenues désormais d'obtenir des autorisations de la part des Directions Régionales des Affaires Culturelles concernées lorsqu'elles ont l'intention d'y prélever des minéraux"*. (Jack Lang, Ministre de la Culture, 9 septembre 1988 - réponse écrite au député Jean-Pierre Sueur)

Depuis quelques années, le Ministère de l'Environnement conduit une réflexion sur la protection du patrimoine géologique souterrain. Actuellement est menée une prospection du champ juridique.

Concernant la faune protégée trouvant refuge dans les anciennes mines, c'est à dire les chauves-souris, une réglementation des activités peut être imposée par un arrêté de biotope sur décision préfectorale. Ainsi depuis le 3 octobre 1989 un arrêté de biotope s'applique aux cavités souterraines (grottes et anciennes mines) du département de la Haute-Saône : leur accès est interdit.

### Mesures concernant l'aménagement du territoire

L'article R 123-18-1 du code de l'urbanisme prévoit désormais la possibilité de prendre en compte dans le Plan d'Occupation des Sols l'existence de zones à protéger pour raison archéologique, le terme "historique" devant s'entendre largement. Les prescriptions nécessaires pourront figurer, notamment, dans les zones "ND" qui ne font qu'exceptionnellement l'objet de constructions. mais ceci n'exclut pas la prise en compte de la protection des vestiges archéologiques dans d'autres zones ou secteurs du P.O.S. .

Le type de prescription à édicter pourra alors porter par exemple, sur la limitation de la profondeur des fondations ou sur l'interdiction de construire un ouvrage souterrain.

### Les règlements locaux

Sous l'impulsion des associations de protection du patrimoine, ou à l'initiative des collectivités locales, peuvent être instaurées des réglementations locales. Exemple : à L'Argentière-La-Bessée, l'arrêté municipal du 9 octobre 1991 réserve l'accès des anciennes mines aux seuls scientifiques. Des panneaux et des grilles ont été posées. L'accès public est limité à une partie aménagée de la mine dans le cadre de visites guidées.

### La jurisprudence des affaires juridiques

Trois affaires de pillage de minéraux sur des sites miniers du Sud du massif vosgien, ont permis de vérifier l'applicabilité des législations archéologiques.

L'affaire du Mont-de-Vannes (commune de St Barthélémy) éclate le 13 août 1984. Les archéologues du site découvrent 2 groupes de minéralogistes en action ; le maire et les gendarmes constatent le flagrant délit. Le maire et 9 associations portent plainte. Le 1 septembre suivant 2 autres personnes de nationalité suisse sont également interpellées. L'affaire passe au Tribunal Correctionnel de Lure le 15 mai 1985. Le 22 mai le jugement condamne de 1000 F à 5000 F les membres des trois groupes de minéralogistes. Un des groupes fait appel. Le 13 novembre 1986 la Cour d'Appel de Besançon arrête : que *"l'étude des mines et techniques minières du XIXème siècle constitue partie intégrante de l'archéologie"*, que les interpellés avaient bien dégradé un terrain contenant des vestiges archéologiques, mais que faute d'élément intentionnel caractérisé la relaxe doit être prononcée.

Le 9 novembre 1986, à Rupt sur Moselle les gendarmes interceptent une fourgonnette contenant des explosifs et des minéraux provenant de la mine de fluorine de Maxonchamp. L'auteur de l'infraction est condamné par le Tribunal Correctionnel d'Epinal le 26 novembre 1986 à 3000 F d'amende pour vol et recel et pour détention illégale d'explosifs.

A Saphoz (commune d'Esmoulière) le 24 avril 1987, 3 minéralogistes sont surpris en train de collecter sur les haldes. Au Tribunal de Grande Instance de Lure, la défense plaide le vide juridique. Le 9 octobre 1987 les prévenus sont relaxés, le parquet fait appel. En novembre 1989, la Cour d'Appel condamne les 3 personnes à 2000 F d'amende chacune pour *"détérioration d'un terrain contenant des vestiges archéologiques"*, considérant qu'en l'occurrence *"la nature archéologique des haldes n'est pas contestée"*. Le jugement est confirmé par la Cour de Cassation le 28 novembre 1989.

### Le tourisme spéléologique dans les anciennes mines

Depuis quelques temps certaines mines sont fréquentées pour leur attrait sportif par des spéléologues. Cette fréquentation marginale, tend à croître avec le développement de la spéléologie de masse et des "loisirs d'aventure". Cette situation a pu être enrayée dans certaines régions grâce à la vigilance des scientifiques et à l'application de la loi portant réglementation des fouilles archéologiques. L'accès des sites miniers y est strictement contrôlé.

Récemment, la réponse à une question écrite posée par le Sénateur M. Miroudot (Q.E. n° 23786 du 3 décembre 1992) à ce sujet, rappelle le rôle prépondérant des administrations et du propriétaire pour tout aménagement de type touristique.

Le cadre réglementaire y est nettement spécifié. *"Dans son principe, le "tourisme spéléologique" ne pose pas de problèmes de nature fondamentalement différente de ceux que pose le tourisme en général, quel que soit le milieu dans lequel ce dernier prend place. .... L'établissement de liens conventionnels entre propriétaire(s) de cavités, associations ou entreprises de tourisme, en liaison avec les services compétents des administrations en charge du patrimoine (Directions régionales des affaires culturelles) et du tourisme, précisant les conditions de la pratique spéléologique dans tel ou tel site constitue vraisemblablement le meilleur moyen de concilier les différents aspects à prendre en considérations lorsqu'une cavité n'est pas interdite d'accès."*

L'aménagement récent de cavités artificielles pour le tourisme pose des problèmes incontournables de normes de sécurité applicable à tout bâtiment accueillant du public. Les implications financières et matérielles sont considérables et incontournables.

En ce qui concerne la pratique de la spéléologie le Ministère de l'Intérieur rappelle (réponse du 4 mars 1996 à une question écrite du Sénateur Miroudot) que les *"... ces mines appartenant au patrimoine archéologique ... une autorisation de fouilles délivrée par le préfet de région est nécessaire pour procéder à l'exploration de telles mines."* En Alsace des spéléologues ont été récemment condamnés pour avoir effectué des travaux de désobstructions dans une ancienne mine sans en avoir préalablement obtenu les autorisations requises.

### 3. Une protection à appliquer sur le terrain

En comblant récemment un vide juridique à partir de deux actions en justice, le patrimoine minier ancien est passé en France sous la tutelle directe de la loi-cadre sur la protection des sites archéologiques. C'est un progrès considérable qui permet de préserver les gîtes minéralogiques parmi les plus importants du territoire français. La récente loi sur l'environnement renforce les dispositions en matière de classement.

Désormais protégé par la loi, le patrimoine minier n'en demeure pas moins menacé sur le terrain. La pression des collectionneurs et des trafiquants de roches minérales et de matériel archéologique est telle qu'il faudra beaucoup de temps pour faire appliquer ces lois sur l'ensemble de la France. Car il ne sert à rien de les appliquer dans telle ou telle partie du territoire alors qu'au sein d'un même pays, et outre frontière, les pillages et les bourses aux minéraux restent tolérés quand ils ne sont pas cautionnés sous des prétextes touristico-culturels ou pédagogiques. Parfois c'est à partir d'un rapport de force défavorable que certains partenaires en situation de faiblesse (institutions, collectivités, associations...) tentent de négocier avec les pillers. Le résultat est illusoire et connu d'avance... nombre d'archéologues en ont fait la triste expérience. En fait l'information est à sens unique. La diffusion des résultats scientifiques, l'échange de documentation accroissent les pillages et les institutionnalisent.

Le rôle des scientifiques et des associations est primordial. Il peut tenir en quelques points :

- Renforcer les actions de surveillance des sites fragiles et sensibles. La présence sur le terrain des équipes de fouilles a considérablement joué en la faveur d'une protection des sites. Plusieurs mines ont été placées directement sous la responsabilité des collectivités territoriales et des riverains à la suite d'une intense campagne de sensibilisation et de visites de terrains. Il importe également de renforcer les

surveillances douanières par le biais de transmissions d'informations ; d'assurer une présence constante au sein des différentes affaires juridiques en cours (procès lors de pillage...)

- Poursuivre les actions de sauvegarde et de classement. La poursuite des prospections et de l'inventaire permet de compléter le classement sélectif des sites les plus menacés ou les plus intéressants sur le plan archéologique, biologique et/ou géologique : inscription ou classement aux monuments historiques, réserve naturelle, arrêté de biotope ...

- Lutter contre le trafic des bourses aux minéraux. En Lorraine, sous la pression des archéologues, plusieurs bourses aux minéraux et fossiles ont été sévèrement contrôlées, voire purement et simplement supprimées. Dans tous les cas, les services des douanes, du fisc, de l'industrie et du commerce sont systématiquement informés sous forme de lettre circulaire. Une généralisation de ces contrôles accompagnée de visites d'huissiers ou de gendarmes est actuellement effective dans plusieurs régions. Plusieurs trafiquants ont été ainsi pour-suivis et condamnés pour vente de minéraux provenant de sites archéologiques miniers reconnus (Besançon, Novillars).

Une information de tous les publics est indispensable pour amener une prise de conscience de la fragilité du patrimoine minier. Elle doit viser non seulement le grand public (à travers l'animation touristique) mais aussi les élus et les techniciens des collectivités et des institutions. C'est un travail qui portera ses fruits à long terme.

En France certaines dispositions réglementaires permettent de protéger le patrimoine minier. Elles sont encore incomplètes même si de nouvelles jurisprudences ouvrent la voie à une refonte des textes législatifs. Dans la réalité, le pillage des richesses minérales tend à s'accroître sous la pression mercantile et la multiplication des bourses aux minéraux et objets archéologiques.

L'ensemble des vestiges souterrains et de surface entre dans le cadre de Loi Carcopino de 1941 sur la protection des sites archéologiques. Mais l'application de cette réglementation est fondée sur la volonté des acteurs locaux qui travaillent sur chaque secteur.

La solution au problème de la protection du patrimoine minéralogique verra le jour avec la réglementation de la minéralogie de terrain à l'image de l'archéologie, avec le contrôle strict des bourses de minéraux.

L'expérience prouve néanmoins qu'une protection institutionnelle et physique des sites miniers passe par une coopération étroite entre tous les acteurs concernés : géologues, naturalistes, archéologues et collectivités territoriales. Dans les exemples francomtois et lorrains, la mise en réseau des différentes réserves constitue un outil supplémentaire de développement de cette politique.

Dans la course au profit qui s'engage sur le plan mondial il sera indispensable de construire et d'harmoniser très vite une législation internationale sur ce thème. Les textes devront tendre vers ce qui se fait aujourd'hui de plus juste et de plus pertinent de manière à pouvoir encadrer ce patrimoine par un contexte juridique solide qui conduise à une gestion normative raisonnée. Une telle exigence nécessite un découplage radical entre les différents acteurs du patrimoine.

La ratification par le Parlement le 26 octobre 1994 de la Convention Européenne pour la protection du patrimoine archéologique (Convention de Malte) constitue à cet égard une étape importante pour la sauvegarde du patrimoine minier ancien.

# Relevés topographiques et archéologiques en ancienne mines : méthodologie d'un outil d'interprétation

par Bruno ANCEL

Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle du Château St-Jean, F-05120 L'Argentière-La-Bessée

## Abstract

On mining sites, precise surveying of underground workings is of capital importance and forms the base for the whole investigative process. In artificial excavations, accessible caverns do not necessarily reflect the real geometry of the workings and particular attention is necessary in order to reconstitute the anthropic space. An examination of the walls, floor remains and wooden equipment reveal the extraction methods used, and the chronology of works which are often of several epochs. From this "archaeological/topographical survey" it is possible to retrace the operational dynamics of mine workings.

## Résumé

Sur les sites miniers, le relevé précis des ouvrages souterrains revêt une importance capitale et sert de support de base à l'ensemble des investigations. Dans les cavités artificielles les vides actuellement accessibles ne reflètent pas forcément la géométrie de l'exploitation et une attention particulière est nécessaire pour reconstituer le vide anthropique. Un examen des parois, des vestiges au sol, des équipements en bois renseignent sur les techniques d'extraction mises en oeuvre et le déroulement d'une activité souvent polyphasée. Sur la base d'un relevé "topographique/archéologique" il est possible de retracer la dynamique opératoire d'une exploitation minière.

Une ancienne mine, en tant qu'ouvrage souterrain comme le karst, diffère d'un vestige de surface par son relief en creux qui interdit toute prise de recul. Creusés à l'échelle de l'homme, les puits, les galeries et les chantiers généralement remblayés s'observent par l'intérieur, sur quelques mètres de développement seulement, le reste échappant au regard au delà d'un virage. L'observateur, à moins de mettre en place un jeu de lumière, découvre le spectacle de l'espace souterrain dans un rayon limité à quelques mètres ; ponctuellement le champ visible peut être prolongé par le rayon d'une puissante torche. Pour voir la totalité de l'ouvrage l'observateur doit se déplacer et par conséquent modifier son angle de vue, tout en étant constamment au centre du champ éclairé : impossible comme en surface d'embrasser du regard la globalité du site depuis une élévation, voire d'un avion. Sous terre, l'espace se découvre par le détail, sa globalité ne peut se voir que par le biais d'une représentation mentale ou graphique ; la difficulté de l'exercice s'accroît lorsque le réseau se développe dans les 3 dimensions en dehors de guides repères que peuvent constituer des éléments géologiques stables comme une stratification ou un filon régulier.

## Problématique

La préoccupation de l'archéologue va au-delà de la simple connaissance d'un cheminement. La représentation graphique de l'espace souterrain doit constituer un relevé archéologique sur lequel sont précisés les contours architecturaux, l'occupation des sols, la position des objets. Selon la complexité du monument et l'approfondissement des investigations ce sont plusieurs types de relevés qui seront nécessaires pour servir de base à l'interprétation de la mine, son système technique, sa dynamique opératoire. (ANCEL & FLUCK, 1987)

Creusée par l'homme, une ancienne mine est potentiellement explorable dans sa totalité. Cependant, durant l'exploitation, des portions de la cavité, principalement des chantiers d'extraction, ont été condamnées par remblayage ou foudroyage (cas fréquent des exploitations de couches sédimentaires comme le charbon, le graphite ...).

Aujourd'hui certains passages sont effondrés, des remblais ont glissé, les aménagements sont ruinés, les parties profondes sont noyées, les entrées sont éboulées. Une exploitation minière est rarement accessible à plus de 50% même après d'importants efforts de désobstruction et de consolidation.

A partir de cet espace accessible, visible, voire fouillé, l'archéologue doit appréhender le gîte minéral qui a été convoité, les espaces qui ont été excavés, les surfaces qui ont été aménagées et les axes de circulation des hommes, des matériaux et des fluides ; ceci en tenant compte du phasage de l'exploitation (recherche, extraction, réorganisation ...) et de la superposition, parfois, de plusieurs exploitations de périodes très différentes et de systèmes techniques très contrastés.

## Les anciens plans

Il existe souvent des représentations anciennes, des plans miniers conservés dans les fonds d'archives. Ils apparaissent timidement dès le XV<sup>ème</sup> s., se généralisent au XVIII<sup>ème</sup> s. dans les mines importantes et deviennent systématiques à la fin du XIX<sup>ème</sup> s. Pour les plus anciens il s'agit fréquemment de documents à valeur juridique ; définir les limites de concession, départager 2 mines rivales. Puis ils deviennent des supports techniques à l'organisation des exploitations qui prennent de l'ampleur : pour comprendre le gisement et établir une stratégie de prospection ; pour faciliter l'ouverture de communication pour l'aérage, l'exhaure, le transport ; pour prédire l'arrivée de grands ouvrages d'assistance. (ANCEL, 1990)

Ces documents sont généralement des instantanés ; plus rarement on retrouve des documents de travail mis à jour régulièrement sur une période de quelques années. Ils répondent aux préoccupations de l'ingénieur, du juriste ou du gérant qui ont chacun leur propre vision de la mine. Les documents très anciens ont très souvent également une fonction de communication vers un public de non spécialistes (de financeurs) qui doivent être séduits et encouragés à soutenir l'entreprise.

Jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> en gros, ces plans anciens ne sont pas utilisables directement et l'archéologue ne peut s'offrir l'économie d'un relevé souterrain. Jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> ces documents peuvent être utilisables dans le cadre d'une étude sommaire mais s'avèrent inadaptés pour des investigations approfondies. Etant relatifs aux ouvrages principaux, notamment les galeries et les puits de circulation, ces documents d'archives sont généralement incomplets. Il manque les ouvrages secondaires et les chantiers d'extraction sont presque toujours très approximatifs.

Avec les outrages du temps, les cheminements actuels sont souvent très différents de ceux d'origine ; on emprunte une galerie, on contourne un éboulement en rampant dans un chantier remblayé, etc... Parfois le plan ancien ne devient compréhensible qu'en comparaison avec le relevé archéologique. Les documents miniers d'époque doivent être considérés avant tout comme des ressources appréciables dans la confrontation du terrain avec les archives.

## Mesures topographiques

Diverses méthodes de relevé sont utilisées pour dresser des représentations de l'espace souterrain. Laissons de côté les méthodes sophistiquées des géomètres miniers actuels ou des archéologues qui fouillent de petites superficies de structures complexes. Dans le cas qui nous intéresse il s'agit de réseaux difficiles d'accès, parsemés d'obstacles, humides, sales, éprouvants pour le matériel autant que pour les opérateurs.

La méthodologie présentée s'appuie sur une expérience de 15 années de relevés archéologiques en anciennes mines concernant environ 50 km d'ouvrages abandonnés allant de l'Âge du Bronze à la Révolution Industrielle. En spéléologie minière ou karstique les opérations doivent être simples et engager le minimum de matériel. L'attention portée aux vestiges archéologiques implique de travailler à une échelle assez fine : le 1/200 en général, le 1/500 pouvant suffire pour des travaux spacieux d'époque récente. Pour les réseaux très complexes un repérage préalable est judicieux, mais une topographie menée en même temps que l'exploration est fortement recommandée pour ceux qui savent savourer une "première" mètre par mètre.

Pour les mesures sont utilisés de préférence un compas Topochaix et un double décimètre. Le topofil ne permet pas de revenir en arrière lors du choix de la station ; les longueurs sont données indirectement par le compteur ; le fil doit être ramassé après usage. Le double décimètre permet de choisir sa station en toute liberté ; sa lecture est directe et l'on peut noter des longueurs intermédiaires (on le pose au sol et on dispose d'un segment gradué). Le télémètre ne matérialise pas le cheminement, ce qui handicape la phase de dessin. La longueur maximum de 20 m suffit amplement, les longueurs visées ne devant pas être trop longues sous peine d'avoir des difficultés à dessiner le tronçon.

Les stations sont prises sur un support fixe : une paroi, un bloc, un boisage ... Le cas échéant il est marqué à la bombe de peinture, à la suie de la flamme d'acétylène, par un caillou ... avec ce qui convient le mieux selon la nécessité d'avoir à revenir sur le travail à plus ou moins brève échéance et selon la discrétion que doit avoir la marque. Le cheminement est choisi de façon à faire un compromis entre un minimum de stations (précision du cheminement) et un maximum de points de repère (précision du dessin). Dans les salles, des stations secondaires sont les bienvenues.

Dans ces conditions de visée, l'application d'un compas type Topochaix contre le décimètre tendu paraît le plus pratique. Les directions sont prises en degrés, entre 0 et 180° ; le sens de la mesure apparaît de façon claire sur le dessin. Les compas à visée optique sont moins faciles à mettre en oeuvre car il faut pouvoir placer sa tête au niveau de la station ; les visées en forte pente posent problème ; la station visée doit être bien visible ; la fatigue oculaire devient un handicap au bout de quelques heures.

Pour la mesure de l'inclinaison, la Topochaix est efficace dans les fortes pentes. En dessous de 20° il faut veiller à ce que le décimètre soit bien tendu et que l'aiguille du clinomètre ne soit pas grippée. Un clinomètre de visée type Suunto s'avère plus précis en cheminement sub-horizontale. Dans le cas de longues galeries dont la pente est généralement comprise entre 0,5 et 2°, il est préférable de contrôler le dénivelé en réalisant un nivellement spécifique.

Les réseaux miniers anciens n'atteignent pas l'extension de certains karsts. Les jonctions possibles entre un éboulement et une sortie, entre 2 portions d'une même galerie coupée par un effondrement, sont généralement guidées par des repères visuels : niveau du sol, amorce de dépression, courant d'air ou d'eau, etc ... La précision absolue du cheminement n'est pas une préoccupation majeure ; le 1% de précision qui a pu être calculé est suffisant ; la méthode de double-mesure ne paraît pas justifiée. Ce qui est primordial c'est la représentativité du dessin et une mise en oeuvre rapide ne mobilisant que le topographe et un assistant patient, observateur et apte à tendre le décimètre dans les endroits les plus difficiles d'accès.

## Dessins

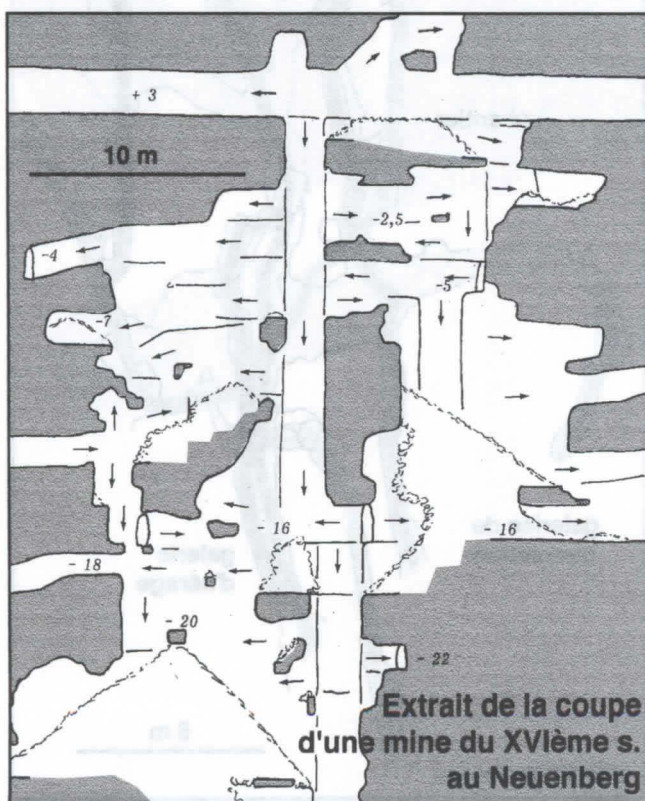
Il est conventionnel en topographie de réaliser des projections en plan et en coupe verticale pour représenter un espace en 3 dimensions. Le plan sera plus parlant pour une exploitation sub-horizontale, par exemple une carrière souterraine ; la coupe sera plus claire pour une exploitation sur un filon très redressé. La coupe verticale présente également l'avantage de visualiser les dénivelés, élément indispensable pour approcher les questions de drainage par gravité, de sens de progression, de transport, etc... Pour une exploitation moyennement inclinée une représentation inclinée serait intéressante, mais sur le terrain il est concrètement difficile de construire un tel dessin. La coupe développée présente peu d'intérêt pour la problématique qui nous concerne.

Le dessin en plan est réalisé dans la foulée à chaque station. Un carnet de petite dimension (A6 ou A5), à papier quadrillé, fait parfaitement l'affaire à condition de veiller à le garder à l'abri de l'eau et de la boue. Les mains doivent rester propres et le dessinateur n'hésite pas à enfiler ses gants entre chaque station ou s'efforce de progresser sans les mains ; il doit visiter le moindre recoin. Avec de l'expérience il est assez facile de dessiner la projection en plan du cheminement sur le carnet sans faire de grosses erreurs de direction et de longueur. En se repérant grâce au cheminement matérialisé par le décimètre, sont figurées les parois et les structures majeures : boisage, voie de roulage, rigole etc ... ; avec de l'expérience les petites distances peuvent être appréciées à vue d'oeil ; des mesures complémentaires sont nécessaires dans les salles ou les zones complexes. Le carnet doit être un brouillon du report : tout est dessiné à l'échelle en s'aidant du quadrillage ; les mesures sont notées dans un coin ou sur les segments concernés ; l'ensemble paraît

confus pour l'observateur extérieur et il ne faut pas attendre trop longtemps pour faire le report.

Un tel plan n'a pas la prétention d'être une représentation parfaite : dans le cas d'une étude archéométrique il faudra mesurer les objets in-situ, pas sur le relevé (largeur de galerie, gabarit d'un puits ...). Un choix est obligatoire pour représenter en plan un espace en 3 dimensions : est-ce qu'on représente le sol accessible, le plafond, la plus grande largeur, tout ? Ce choix est guidé par l'interprétation préalable que l'on fait du volume topographié. Dans une salle qui a eu une fonction stratégique on multiplie les détails : décrochement de sol, niche, encoche, renforcement, etc... Dans une portion effondrée, au contraire, on schématise grossièrement les parois effritées. Dans une galerie de forme compliquée on relève la largeur utile à la progression mais on représente les banquettes ou les renforcements qui seraient liés à la technique de creusement ou à l'étalement de la galerie.

La coupe est une projection sur un plan vertical de direction fixe. Généralement une mine concerne un gisement plus ou moins régulier : une couche ou un filon. On peut donc définir une direction préférentielle de ce gisement pour laquelle la coupe sera instructive. Dans le cas d'amas minéralisés on choisira la ou les coupes les plus favorables. Dans le cas d'une structure qui s'incurve on peut briser la ligne de projection en plusieurs tronçons, moyennant quelques précautions lors de la construction de la coupe. Lorsque les travaux sont très redressés on peut tout de suite, comme pour le plan, réaliser le dessin à chaque station ; ce qui dispense de laisser des marques de stations et de prendre des repères stables. Quand les ouvrages sont inclinés ou proches de l'horizontal, la construction in-situ de la coupe devient aléatoire. On revient sur le terrain avec un cheminement projeté sur le plan vertical approprié, réalisé au bureau, pour dessiner au mieux cette coupe qui sera forcément très interprétative. Selon la complexité des ouvrages la vitesse de relevé varie de 50 à 200 m par heure.



La compréhension préalable de l'espace minier étudié est fondamentale car il est quasiment impossible de relever un espace souterrain en toute objectivité. Par exemple un décrochement de paroi peut être fortuit, résulter d'une dégradation naturelle, ou au contraire marquer une phase de creusement. Un boisage peut être en place ou être manifestement déplacé. Certaines choses n'ont pas d'intérêt à être parfaitement représentées, voire même à être tout simplement signalées. Un plan et une coupe sont des projections qui n'acceptent pas, sous peine de surcharge, de représenter toute la réalité. L'interprétation in-situ est nécessaire pour effectuer les choix de la représentation, les codes, les approximations. Un exemple : un chantier remblayé ne montre pas toujours ses limites réelles ; une ligne en pointillé marquera son extension visible ; une ligne pleine marquera une paroi rocheuse attestée. Avec de l'expérience ce qui est important à relever se voit dès la première visite.

## Reports

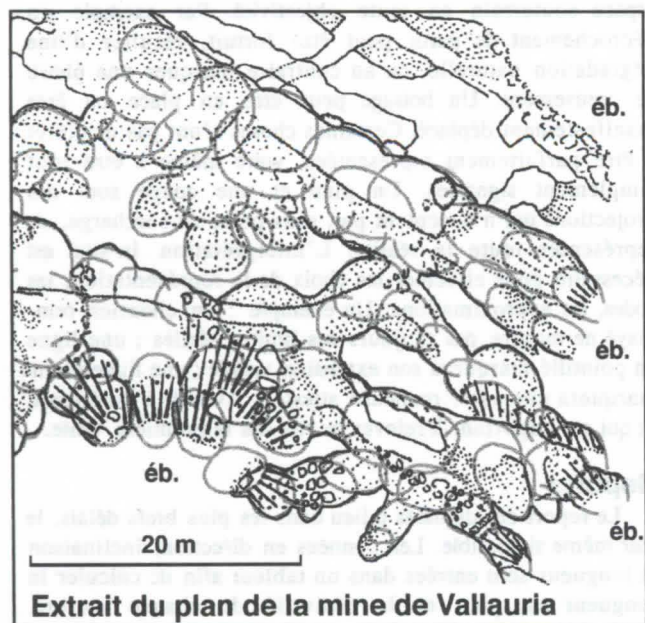
Le report des données a lieu dans les plus brefs délais, le soir même si possible. Les données en direction, inclinaison et longueur sont entrées dans un tableur afin de calculer la longueur en plan et le dénivelé de chaque mesure. Accessoirement, elles sont converties en coordonnées cartésiennes, utiles pour des vérifications et les cotes altimétriques. Ces tableaux une fois imprimés sont pratiques pour effectuer des vérifications, construire les reports, ou les configurer pour une exportation vers Toporobot.

Les cheminements en plan et en coupe sont reportés graphiquement sur du papier à petits carreaux. L'habillage est recopié du carnet/brouillon. Pour les grands réseaux, à l'aide du quadrillage, on peut réaliser au fur et à mesure des séances une réduction schématique au 1/1000. Quand le réseau est très compliqué, que les levés sont morcelés sur plusieurs pages salies malgré toutes les précautions prises, cette méthode de report graphique permet de tout remettre à plat calmement. Ensuite on peut mettre de l'ordre dans les tableaux de données, traduire les directions sur 360° et ranger les stations dans des séries cohérentes.

Toporobot n'est pas utilisé pour les opérations de report car les données brutes ne sont pas toujours faciles à rentrer sans une mise en ordre préalable ; et les imprimantes travaillent avec du papier A4 sans quadrillage. Toporobot est par contre très utile dans une seconde phase pour vérifier le report graphique (erreur qui s'avère être rarissime) et compenser les mauvais bouclages. Par contre Toporobot est incontournable pour réaliser des vues en 3D du cheminement qui servira de base à une représentation schématique faite sur un logiciel de DAO. Les vues en volumes sont en revanche assez difficiles à réaliser sauf pour un réseau très simple. Elles nécessitent un nombre important de stations et pour une représentation assez fine la masse de données à enregistrer devient rapidement démesurée. En diminuant la précision on obtient une image caricaturale qui n'est plus utilisable comme document archéologique, mais peut rester intéressante comme imagerie de vulgarisation.

La mise au propre du relevé se fait sur calque. Le cas échéant un tirage papier du cheminement corrigé par Toporobot est utilisé pour recaler les mauvais bouclages. Le dessin est retracé à l'encre de chine. Le relevé au 1/200 est réduit au 1/500 ou au 1/1000 au photocopieur ou dans une boutique de reprographie spécialisée. La réduction peut être scannée et retravaillée sur un logiciel de DAO.

## Un outil d'interprétation



Extrait du plan de la mine de Vallauria

A partir d'un relevé rigoureux on peut ensuite faire apparaître de façon plus schématisée les éléments qui traduisent l'organisation de l'exploitation, relatifs au creusement des chantiers ou à l'aménagement des voies de circulation par exemple. Prenons 3 exemples significatifs. Dans le secteur du Neuenberg à Ste-Marie-aux-Mines (Alsace), des filons de plomb et de cuivre argentifère verticaux ont été exploités durant la seconde moitié du XVI<sup>ème</sup> s. (ANCEL, 1988 ; ANCEL & FLUCK, 1988). Ces ouvrages ont été intégralement sculptés au marteau et à la pointerolle. Ces outils ont laissé sur les parois des galeries de magnifiques traces courbes qui indiquent le sens de progression des mineurs. Une telle information devient capitale dans le cas d'une exploitation où se recoupent un grand nombre de galeries issues d'entrées différentes, souvent de mines rivales. Les chantiers où le minerai a été extrait forment d'immenses fissures étroites de 40 à 60 cm et étendues de plusieurs dizaines de mètres de longueur et de hauteur. Un relevé précis de ces chantiers a permis d'y faire figurer des margelles ou des décrochements, reliques de galeries et de puits qui ont précédé l'abattage du filon. Et avec les traces de pointerolles nous pouvons reconstituer précisément le mode opératoire qu'ont suivi les mineurs pour explorer le massif et le mettre en coupe réglée.

A la Minière de Vallauria près de Tende (Alpes Maritimes), un filon de plomb, argent et zinc, presque horizontal, a été exploité au XII<sup>ème</sup> s. Cet ouvrage a été entièrement excavé par la technique du feu et il en résulte de grandes cavités coalescentes, aux voûtes arrondies et noircies par la suie. Les bûchers ont fait éclater la roche, ont provoqué une desquamation des parois, jusqu'à former des sortes de bulles de plusieurs mètres de rayon, souvent allongées dans le sens de déplacement des bûchers. Le relevé du plafond montre bien ces cellules d'attaque au feu ; il fait alors apparaître de façon claire l'organisation générale de l'exploitation suivant quelques lignes de progression proches de la direction d'allongement du gisement.

Dans les gorges du Fournel à L'Argentière-La-Bessée (Hautes-Alpes), un filon peu penté de plomb argentifère a été exploité dès le X<sup>ème</sup> s. (ANCEL, 1997). Les ouvrages sont

fortement remblayés et environ 60% du réseau est accessible, et encore en rampant. Le relevé et l'analyse architecturale ont mis en évidence un maillage de galeries d'assistance qui ont assuré les fonctions d'aérage, d'exhaure et de voie de transport. Une exploitation qui, de prime abord, paraissait anarchique s'est ainsi avérée être très bien organisée ; un aspect que seule la topographie utilisée comme outil d'interprétation pouvait révéler.

## Bibliographie

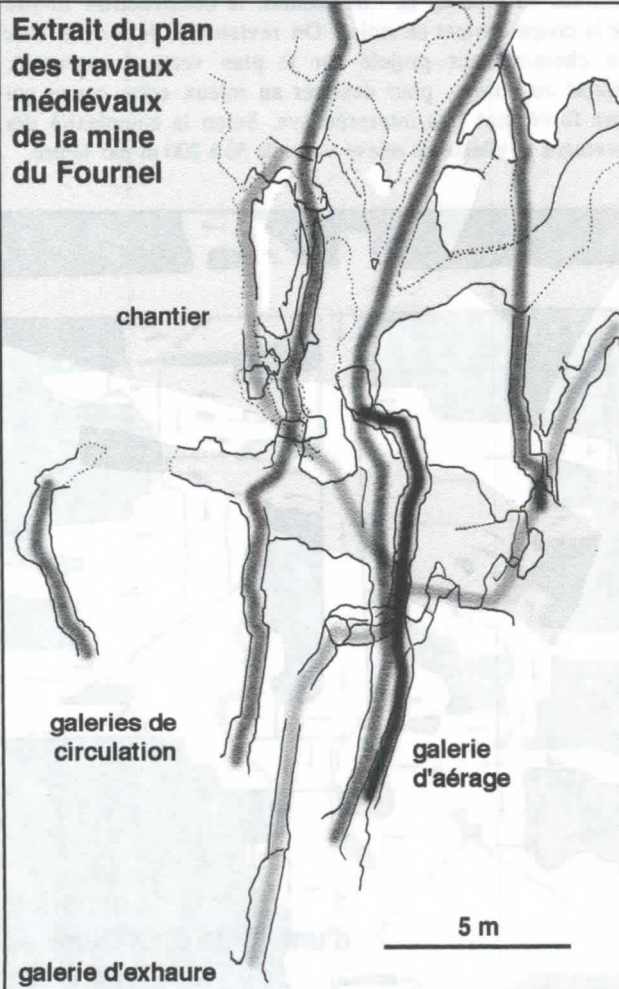
ANCEL, B.; 1988. Le secteur minier du Neuenberg : architecture, organisation et évolution dynamique d'exploitations minières de la seconde moitié du XVI<sup>ème</sup> siècle. *Spélunca Mémoires 14, Actes du colloque d'Archéologie Souterraine, Nancy 1985* : 7-8

ANCEL, B.; 1990. La représentation du milieu souterrain minier à travers l'iconographie du XV<sup>ème</sup> au XVII<sup>ème</sup> siècle dans la Province Minière Germanique. *Actes de la Table Ronde du G.H.M.M., Paris 1987, Pierres & Terre n°33* : 21 - 40

ANCEL, B.; 1997. La mine du Fournel (L'Argentière-La-Bessée, Hautes-Alpes, France) : l'exploitation rationnelle aux X<sup>ème</sup>-XIV<sup>ème</sup> siècles d'un filon de plomb argentifère. *Actes Congrès Européen Civezzano-Fornace 1995, sous presse*

ANCEL, B. & FLUCK, P.; 1987. Archéologie souterraine et spéléologie minière. *Bull. Soc. Ind. Mulhouse, 806* : 123-128

ANCEL, B. & FLUCK, P.; 1988. Une exploitation minière du XVI<sup>ème</sup> siècle dans les Vosges : le filon St Louis au Neuenberg. *Documents d'Archéologie Française 16* : 123 p.



# Anwendung von Datenbanken und Geoinformationssystemen bei der montanhistorischen Erkundung

von Matthias Bock

Lehrbergwerk Grube Roter Bär, Schwalbenherd 7, D-37444 Sankt Andreasberg

## Abstract

In Sankt Andreasberg there are many activities of the "Arbeitsgruppe Bergbau" in the mines from the „Lehrbergwerk Grube Roter Bär“. The aim is the exploration and preservation of these historical silver and iron mines. The article will show you application of software tools for the documentation and presentation of the activities' results.

After having presented the "Arbeitsgruppe Bergbau" and the mining area, the relevant influencing factors for the data structure will be explained. Furthermore the selection of the appropriate software tool and the adaption to our individual needs will be discussed. Finally the successful implementation of our system will show you that the usage of databases and graphic information systems will facilitate your day-to-day work.

## Zusammenfassung

In Sankt Andreasberg werden von der Arbeitsgruppe Bergbau am Lehrbergwerk Grube Roter Bär umfangreiche Aufwältigungs- und Untersuchungsarbeiten in der historischen Bergbauregion der Bergstadt durchgeführt. Der Artikel befaßt sich mit dem Einsatz modernster EDV-Hilfsmittel zur Dokumentation und Darstellung der Untersuchungsergebnisse.

Nach der Vorstellung der Arbeitsgruppe und des Untersuchungsgebietes, werden die Randbedingungen für die Entwicklung und die Grundstruktur der Datenhaltung erläutert. Die Auswahl geeigneter Softwaresysteme wird diskutiert und der notwendige Programmieraufwand beschrieben. Anhand des beschriebenen Arbeitsstandes der Arbeitsgruppe Bergbau wird ersichtlich, daß die Nutzung einer individuell angepaßten Datenbank in Verbindung mit einem graphischen Informationssystem ein nützliches Hilfsmittel für die bergbauhistorische Forschungsarbeit ist.

## 1 Einleitung

Die AG Bergbau im St. Andreasberger Verein für Geschichte und Altertumskunde e.V. wältigt seit 1989 Bergwerke im *Auswendigen Grubenrevier* von Sankt Andreasberg auf. Der Verein ist Eigentümer eines historischen Zechenplatzes auf dem die wesentliche Infrastruktur für die Durchführung von bergmännischen Untersuchungsarbeiten in den letzten Jahren geschaffen wurde. Ausgehend von dieser Anlage wurden bisher 3 Stollenmundlöcher geöffnet und ca. 1,5 Kilometer Strecken befahrbar hergerichtet. Teilweise mußten Schächte mit einer Teufe von ca. 20 Meter komplett aufgewältigt und neu ausgebaut werden, bevor sie wieder befahren werden konnten. Die Grubengebäude im Auswendigen Revier sind bis zu einer Teufe von ca. 170 m wasserfrei, so daß zur Zeit der Ausbau hist. Schächte mit Hilfe der Einseiltechnik im Vordergrund steht.

Alle notwendigen Arbeiten werden unter Aufsicht des Bergamtes Goslar nach zugelassenen Betriebsplänen durchgeführt. Die notwendigen Bergbauberechtigungen (Bergwerkseigentum<sup>1</sup>) für die Grubenfelder wurden durch Pacht- und Gestattungsverträge erworben.

Im Rahmen der historischen Vorerkundung des Untersuchungsgebietes, für die Durchführung von Aufwältigungsarbeiten und bei der anschließenden Erschließung neuer Grubenbaue werden eine Vielzahl von Daten gewonnen, die in sinnvoller Weise gesichert und deren Lage an der Tagesoberfläche bzw. im Grubengebäude referenziert werden muß.

<sup>1</sup> Die juristische Situation für die Durchführung von montanhistorischen Untersuchungsarbeiten unter deutschem Bergrecht können im Rahmen der Bearbeitung nicht weiter ausgeführt werden. Die Zuständigkeit der Bergbehörde für die Arbeiten des Vereines ergeben sich aus § 129 Bundesberggesetz (Besucherhöhlen).

Die Arbeitsgruppe hat hierfür auf der Basis von handelsüblichen Softwaresystemen eine Methodik entwickelt, um alle Informationen für die Beteiligten verfügbar und aktuell zu halten. Die Ergebnisse und Möglichkeiten des Systems sollen im Mittelpunkt des Berichtes stehen.

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet begrenzt sich z.Z. auf den Großraum der historischen Silberbergbaustadt Sankt Andreasberg im Oberharz. Der Ort gehört zu den 7 oberharzer Bergstädten und wurde erstmalig 1487 urkundlich erwähnt. Die Gründung der Bergstadt erfolgte nach dem Auffinden reicher Silbererze (z.B. Rotgültigerz), die auf steilstehenden Gängen im Bereich der Stadtlage abgebaut wurden. Nach der Lage der Gruben zum Stadtgebiet, wurde der *Inwendige* und der *Auswendige Zug* unterschieden. Insgesamt wurden auf einer Fläche von ca. 3 km<sup>2</sup> 25 Erzgänge nachgewiesen, die jedoch nur teilweise abbaufähig waren. Auf dem wichtigsten Erzgang, mit dem biblischen Namen *Samson* wurde die letzte fördernde Grube des Reviers 1910 eingestellt.

In der Umgebung des Silberbergbaus sind außerdem Eisen-, Kupfer- und Schwespatvorkommen erschürft worden.

Der Eisenerzbergbau wurde insbesondere im 18. und 19. Jahrhundert betrieben (LIESSMANN & BOCK, 1993). Eine Besonderheit stellt der Eisensteinbergbau der Grube Roter Bär im Auswendigen Revier dar, der in unmittelbarer Nachbarschaft zum Silberbergbau lag, bzw. sogar auf teilweise abgebauten Silbererzgängen erfolgte.

Der Schwespatbergbau wurde im Bereich des Stadtgebietes in den 70er Jahren eingestellt. Südlich von Sankt Andreasberg wird heute noch Schwespat bergmännisch gewonnen.

Untertägige Untersuchungsarbeiten werden durch die Arbeitsgruppe Bergbau entsprechend der vorliegenden Bergbau-

berechtigungen und Betriebspläne nur im Auswendigen Zug betrieben. Im übrigen Untersuchungsgebiet werden Übertageobjekte kartiert und montanhistorisch bewertet.

### 3 Aufgabenstellung / Randbedingungen

Im Rahmen der Forschungstätigkeit der Arbeitsgruppe werden über als auch untertage umfangreiche Daten über montanhistorisch und geologisch relevante Sachverhalte ermittelt. Die geologischen und mineralogischen Daten werden in die Betrachtung mit eingeschlossen, da diese Informationen parallel bei der Erkundung und Forschung ermittelt werden und wichtige Rückschlüsse auf montanhistorische Fragestellungen erlauben (Erzherkunft an Hüttenplätzen, Transportweganalyse,...). Zur zentralen Verwaltung der anfallenden Daten sollten die Informationen objektorientiert in einem gemeinsamen Datenbestand gesichert werden. Es sind daher zuerst die notwendigen Datenarten für den Aufbau der Datenbank zu bestimmen. Zur Herstellung des Objektbezuges, bzw. zur Darstellung der Sachdaten in ihrem geographischen Bezug mußten die Darstellungsformen und eine Kartographie festgelegt werden.

Die entwickelten Handwerkzeuge sollten möglichst praxisnah und allgemein zugänglich sein, so daß eine Datenerfassung von vielen Mitarbeitern durchgeführt und die Ergebnisse genutzt werden können.

Alle Datenerhebungen sollen möglichst zeitnah erfolgen. Nach der Aufwältigung von Strecken können nur in den ersten Tagen/Wochen nach der Öffnung unverfälschte Informationen gesammelt werden. Die Erstkartierung/-untersuchung muß daher so gestaltet sein, daß sie von den meisten Mitarbeitern durchgeführt werden kann.

Das System muß flexibel gegenüber Erweiterungen des Datenbestandes sein.

### 4 Datenstruktur/-quellen

Grundlage zur Bestimmung der Datenstruktur bildeten die verschiedenen Archive und die bisherigen Untersuchungsergebnisse. In Tabelle 1 sind die wichtigsten internen und externen Datenquellen zusammengefaßt.

| Pos. | Interne Datenquellen                      | Externe Datenquellen                        |
|------|---|---|
| 1    | Archiv Lehrbergwerk Grube Roter Bär       | RiBarchiv Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld  |
| 2    | diverse Fotoarchive                       | RiBarchiv Preussag AG                       |
| 3    | Mineraliensammlung Grube Roter Bär        | Archiv E. Bock (Eigentümer Grube Roter Bär) |
| 4    | div. Mineraliensammlungen der Mitarbeiter | Lagerstättensammlung Universität Hamburg    |
| 5    | geologische/montanhistorische Kartierung  | Lagerstättensammlung Universität Clausthal  |
| 6    |   | private Mineraliensammlungen                |

Tab. 1: Datenquellen für das Informationssystem

Eine Besonderheit stellen die Archive von Bergingenieur E. Bock und die Lagerstättensammlung der Universität Hamburg dar, da die Grube Roter Bär in den 20er Jahren durch die „Ilse der Hütte“ unter Mitwirkung von E. Bock als Untersuchungsberwerk betrieben wurde. Alle dabei gewonnen Belegstücke sind in Hamburg archiviert und überstanden unbeschadet den 2. Weltkrieg.

Der vorhandene Datenbestand kann grundsätzlich in Sachdaten (objektorientiert) und graphische Daten unterschieden werden. Abb. 1 zeigt die Struktur der Datenbestände. Die Sachdaten werden aufgrund der unterschiedlichen Datenreferenzierung in Über- und Untertageobjekte getrennt. Übertageobjekte werden eindeutig durch ihre geographische Lage referenziert (Höhenangaben optional). Untertageobjekte müssen dagegen dreidimensional bestimmt werden.

Die Übernahme der Daten in das Informationssystem erfolgt durch manuelle Dateneingabe (Sachdaten), bzw. durch Vektorisierung oder Scannen graphischer Informationen.

Die Verknüpfung der Verschiedenen Datenbestände führt zu einem Montan-Informationssystem, daß nicht nur historischen Fragestellungen gerecht wird.

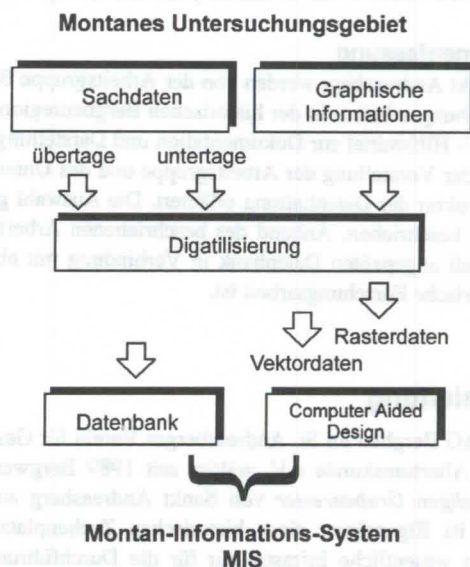


Abb. 1: Aufbau des Informationssystems

#### 4.1 Objektorientierte Sachdaten

Zur eindeutigen Referenzierung der Sachdaten wurde ein Sachdatenschlüssel abgeleitet, der flexibel gegenüber Erweiterungen und Anpassungen des Systems ist (Abb. 2). Zentrales Element der Referenzierung ist das Montanobjekt übertage. Das Objekt wird über eine 3stellige alphanumerische Kennung und die geographische Lagekoordinaten eines Referenzpunktes eindeutig bestimmt. An ein solches Übertageobjekt können Sachdaten, aber auch die Referenzierung weiterer Untertageobjekte mit ihren Daten verbunden werden.

Die untertägige Orientierung erfolgt über Polygonzüge, die durch einzelne Polygonpunkte eindeutig bestimmt werden. Die Züge und die Polygonpunkte werden ebenfalls durch dreistellige Zahlen referenziert. Zwischen den Polygonpunkten wird die Lage von Objekten durch die Station (Angabe in Meter, 2 Nachkommastellen) bestimmt.

Mit dem gewählten Ansatz können einem Montanobjekt übertage 999 Polygonzüge mit je 999 Polygonpunkten und einer beliebigen Anzahl von Stationspunkten zugeordnet werden. Eine Erweiterung auf einen 4stelligen Schlüssel ist datentechnisch problemlos durchführbar.

Die Übertageobjekte sind durch verschiedene Datenarten charakterisiert. Das System wurde so flexibel angelegt, daß alle z.Z. verfügbaren Informationen verwaltet werden können.

Die wesentlichen Datenarten sind:

- Art des Objektes (z.B.: Wasserwirtschaft, Hüttenwesen, Bergbau, Forst, Belegstück/Probe, etc....)
- Historie (z.B.: erste Erwähnung, Betriebszeiten, Stilllegung, bes. Ereignisse, Teufe, Wasserhaltung, , Förder-/Produktionszahlen, Belegschaft, bes. Betriebseinrichtungen, etc.)
- Lagerstätte (z.B. spez. Lagerstättenverhältnisse, Minerale, Nebengestein, Geologie, etc.)

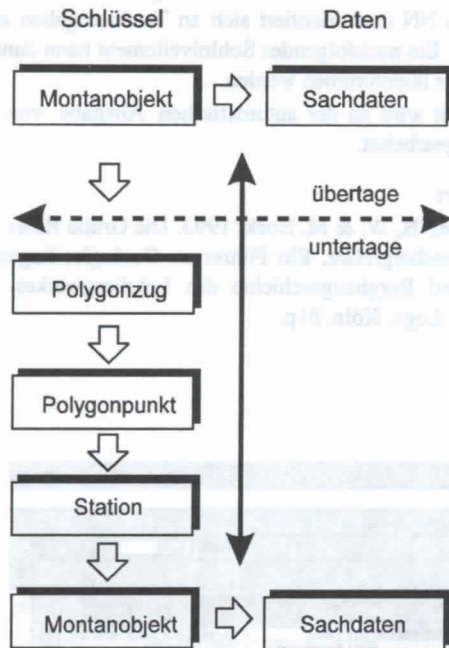


Abb. 2: Definition des Sachdatenschlüssels

Untertageobjekte werden durch folgende Datenarten beschrieben:

- Art des Objektes (z.B.: Fundstück/Belegstück (hist./mineralogisch), Querprofil, hist. Tafel/Zeichen, bes. Geologie, Foto,...)
- Datum Entdeckung / Entdecker
- Beschreibung, Besonderheiten
- Lagerungsort, soweit nicht mehr in situ vorhanden

Die Beschreibung der Montanobjekte erfolgt weitgehend anhand vordefinierter Begriffe im Auswahlverfahren, so daß die Verwendung unterschiedlicher Nomenklaturen verschiedener Autoren vermieden werden kann.

## 4.2 Graphische Informationen

Zur optimalen Darstellung der Sachdaten werden graphische Informationen genutzt. Wesentliche Grundlage bilden Kartenwerke der Vermessungsämter (Grundkarte (1:5000), Topographische Karte (1:10.000) sowie Liegenschaftskarten (1:1000/500)), die im Koordinatensystem von Gauß/Krüger (Bessel) referenziert wurden. Bei vielen historischen Gruben ist zum Teil die Verwendung lokaler Systeme sinnvoll, wenn viele Grubenrisse in einem eigenen, oft an die Lagerstätte angepaßten Bezugssystem vorliegen (z.B. Grube Rammelsberg, Goslar). Für Sankt Andreasberg wurden die Grubenrisse dem amtlichen Koordinatensystem angepaßt, was auch für den zu-

künftigen Datenaustausch sinnvoll ist. Außer den amtlichen Kartenwerken sind folgende Informationen für Darstellungen wichtig:

- bergmännisches Rißwerk (z.B.: Grundriß, Saigerriß, Profilriß)
- Luftbilder
- Historische Karten (z.B.: Preußische Landesaufnahme)
- Skizzen
- Photos
- Baupläne

Soweit möglich wurden alle graphischen Informationen als Vektordaten gespeichert. Dem Vorteil schneller Bearbeitungszeiten und einer systematischen Datenhaltung in verschiedenen thematischen Ebenen steht der Nachteil der zeit- und geldintensiven Erfassungsarbeit gegenüber. Daher wurden z.Z. nur die wesentlichen Strukturen des Andreasberger Gangsystems, die Wasserwirtschaft mit dem Grabensystem und die Strecken im Bereich des Lehrbergwerkes vektorisiert. Der Kartenhintergrund (M 1:5000) liegt als Rasterdaten (TIF-Format) vor.

## 5 Aufbau des Montan-Informationssystem

### 5.1 Softwareauswahl / Programmierung

In den vergangenen Jahren fand eine stürmische Entwicklung im EDV Bereich statt, so daß dem Anwender eine Vielzahl von Produkten und Arbeitswerkzeugen zur Verfügung stehen. Durch die ständige Weiterentwicklung besteht bei der Systementscheidung jedoch auch die Gefahr in einen Bereich zu investieren, der zukünftig nicht mehr weiterentwickelt wird. Es ist daher sinnvoll alle wesentlichen Informationen in Datenbanken zu verwalten. Die neutrale Struktur von Datenbanken erlaubt eine nachträgliche Übernahme der Daten in andere Systeme. Als Datenbanksoftware wurde das Produkt MS Access von Microsoft ausgewählt. Die relationale Datenbank kann leicht individuell angepaßt werden und liegt im unteren Preisniveau. Viele Mitarbeiter verfügten bereits vor der Entscheidung über das Programm.

Schwieriger war die Auswahl der Software zur Darstellung der graphischen Informationen. Die meisten GIS-Systeme (z.B.: Intergraph, Arc/Info, AtlasGIS) sind sehr komplex und kosten mehr 10000 DM. Neuerdings sind jedoch einige vereinfachte Darstellungsprogramme auf den Markt gekommen, die preisgünstig sind und über die wichtigsten Merkmale von GIS-Programmen verfügen. Die Arbeitsgruppe entschied sich für das System ArcView von ESRI (ca. 3000 DM), daß auch eine leistungsfähige Verarbeitung von Rasterdaten zuläßt. Über das Datenaustauschformat SQL besitzt das System außerdem die Möglichkeit, direkt auf Daten aus der Quelldatenbank Access zugreifen zu können.

Die Programmierarbeit beschränkte sich im Wesentlichen auf die Gestaltung der Datenbank Access. Für die graphische Bildverarbeitung wurden die vorhandenen Arbeitswerkzeuge genutzt, die nach einer dreitägigen Einarbeitung gut bedient werden können.

Für die Datenbank wurden die Tabellenstrukturen entsprechend der o.g. Datenstruktur und der gewählten Sachdatenschlüssel aufgebaut. Für die Dateneingabe und -verwaltung wurden einfache Arbeitsoberflächen gestaltet, so daß alle Mitarbeiter nach einer max. eintägigen Einweisung mit dem System arbeiten können.

## 5.2 Stand der Bearbeitung

Die Kartierung der wichtigsten übertägigen Objekte wurde in den vergangenen Jahren abgeschlossen und z.Zt. nur noch bei Neufunden ergänzt. Die Objekte sind mit einem Minimaldatensatz

- ⇒ Kennnummer
- ⇒ Art des Objektes
- ⇒ Betriebszeit
- ⇒ Lagekoordinaten

in der Datenbank und im Graphischen Informationssystem erfaßt. Die Ergänzung der Daten erfolgt je nach zeitlichen Möglichkeiten. Als Kartenhintergrund steht die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1:5000 als Rasterkarte (TIF-Format) zur Verfügung. Für das Zechengelände sind alle vorhandenen Lagepläne vektorisiert. Eine Neuvermessung der Anlage wird zusätzlich angestrebt. Mit dem vorhandenen Datenbestand können bereits thematische Bearbeitungen und Auswertungen im Untersuchungsgebiet durchgeführt werden. In Abbildung 3 ist beispielhaft der Kartenausschnitt im Bereich des Lehrbergwerkes dargestellt. Durch Markieren der Objekte können am Bildschirm die o.g. Basisdaten der Objekte abgefragt werden. Je nach Umfang des hinterlegten Datenbestandes ist auch die Erstellung thematischer Karten möglich.

Untertage sind alle befahrbaren Strecken mit Polygonpunkten und mit einer Längsstationierung versehen. Die Punkte werden mit Edelstahlkaken in der Firste markiert und erhalten einen Abstand der eine nachträgliche optische Einmessung der Punkte erlaubt.

Die Stationierung basiert auf Maßbandmessungen zwischen den Polygonpunkten. Alle Stationslängen wurden relativ zum Polygonpunkt in die Datenbank eingegeben. Bei der nachfolgenden Vermessung werden dann automatisch alle absoluten Stationsangaben errechnet. Als Höhe wurde bei der Erstvermessung eine einheitliche Sohlhöhe angenommen. Die Angabe erfolgt in NN und orientiert sich an Teufenangaben aus Saigerrissen. Ein nachfolgendes Sohlnivellement kann dann ebenfalls später übernommen werden.

Zur Zeit wird an der automatischen Ausgabe von Längsprofilen gearbeitet.

### Literatur:

LIESSMANN, W. & M. Bock. 1993. Die Grube Roter Bär bei St. Andreasberg/Harz. Ein Führer zu Geologie, Lagerstättenkunde und Bergbaugeschichte des Lehrbergwerkes. Verlag Sven von Loga, Köln, 81p.

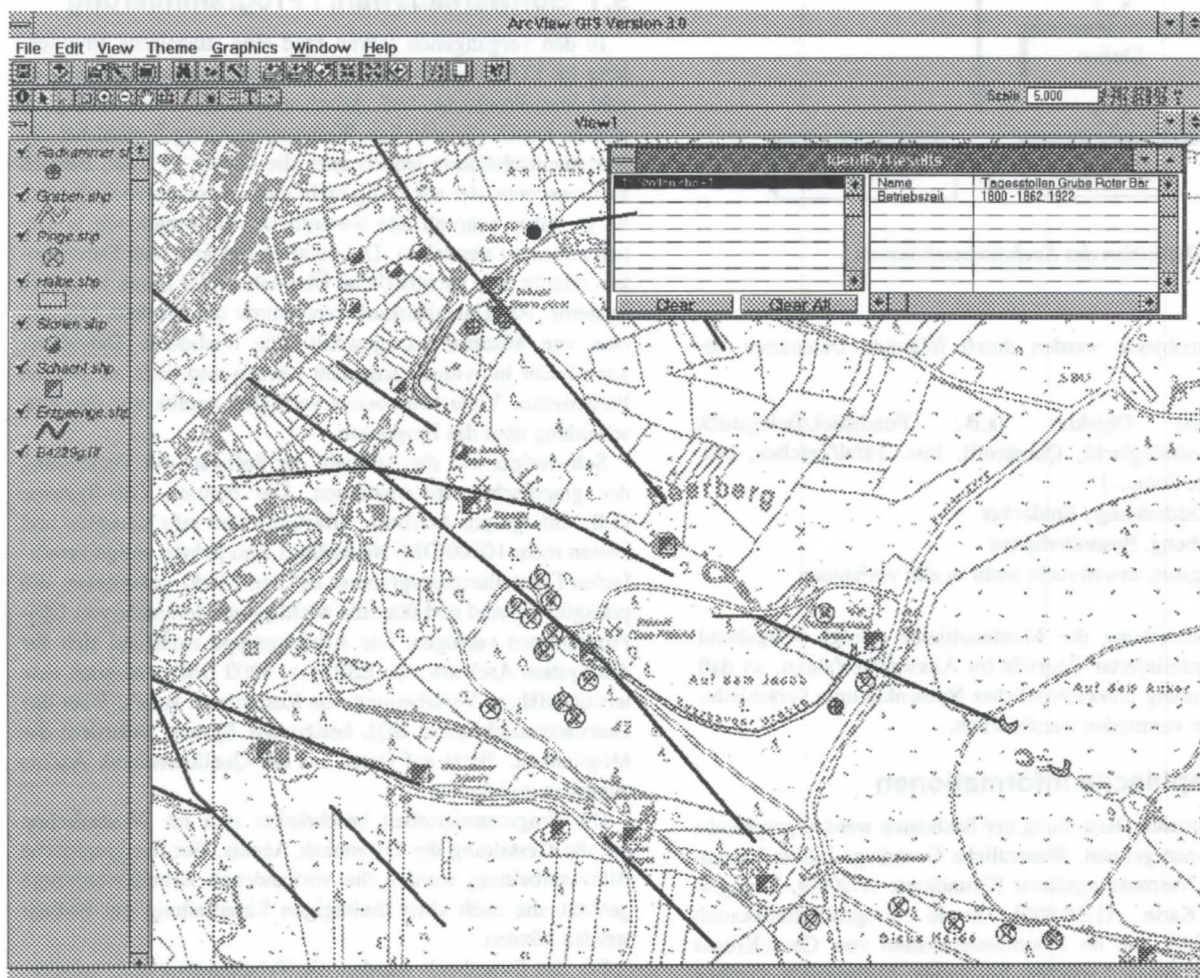


Abb. 2: Bildschirmoberfläche des Graphischen Informationssystems im Bereich des Lehrbergwerkes Grube Roter Bär (Maßstab ca. 1:5000; dargestellt sind die Gangzüge, die Hauptstollen, die Lage der wichtigsten Schächte und ein Auswahlménü des Programms, mit dem Informationen zu einem markierten Symbol abgerufen wurden)

# Dendrochronologische Untersuchungen im Bergbauggebiet Schwaz-Brixlegg

P. Boehm<sup>1</sup>, V. Siebenlist-Kerner<sup>2</sup>, T. Arlt<sup>3</sup>, A. Hanneberg<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Arbeitsgemeinschaft Bergbauhistorische Forschungen, Fürstenfeldbrucker Str.17, 82140 Olching

<sup>2</sup> Dendrochronologisches Labor, Preysingplatz 12, 81667 München

## Abstract

First dendrochronological investigations on mine timbers from the mining district Schwaz-Brixlegg, Austria, are presented in this paper. First results of spruce- and larch-wood-samples from the Lilienstollen of the Kleinkogel-mine and from the Rotenstein-mine and Scheiblmahd-mine, district Ringenwechsel, are dated by the Ötztaler Hochgebirgschronologie into the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> century. The dating has proved to be difficult, because of the special conditions of this high alpine location. Completion of the reference material will enable a detailed dating of mine timbers and wooden finds in respect to mine historical investigations in this district.

## Zusammenfassung

Vorgelegt werden erste dendrochronologische Untersuchungen an Grubenhölzern aus dem Bergbauggebiet Schwaz-Brixlegg, Österreich. Erste Ergebnisse von Fichten- und Lärchenholzproben aus dem Lilienstollen, Bergbau Kleinkogel und den Gruben Rotenstein und Scheiblmahd, Revier Ringenwechsel, sind Datierungen nach der Ötztaler Hochgebirgs-Fichtenchronologie in das 17. und 18. Jahrhundert. Die Datierung der Hölzer erwies sich als schwierig, eine besondere Rolle spielte dabei die Problematik des alpinen Hochgebirgsstandortes. Ein Weiterausbau der artspezifischen Regionalchronologien sollte jedoch auch für dieses Bergbauggebiet eine detaillierte Altersbestimmung hölzerner Grubeneinbauten und Fundgegenstände im Rahmen montanhistorischer Untersuchungen ermöglichen.

## 1. Einleitung

Die Dendrochronologie stellt eine Standardmethode zur Altersbestimmung von Hölzern dar. Dabei wird von der Tatsache ausgegangen, daß außerhalb der Tropen Bäume der gleichen Holzart unter gleichen bis ähnlichen Klima- und Standortverhältnissen ein vergleichbares Wuchsbild in der unregelmäßigen Abfolge der Jahresringbreiten aufweisen. Ein Vergleich mit Standardchronologien, die unter Berücksichtigung der Holzart und des Standorts gesondert erstellt wurden, dient als Grundlage zur Datierung. Über den so ermittelten Fällungszeitpunkt bzw. -zeitraum lassen sich Aussagen über das Alter von Bauten, Holzgegenständen, usw. machen. Da im Bergbau allgemein sehr viel Holz Verwendung fand, z.B. für Zimmerungsarbeiten (Schacht- und Stollenausbau), Fahrten (Leitern, Steigbäume) und Förderung (Sturz, Gestänge), ermöglichen dendrochronologische Untersuchungen speziell im Rahmen montanhistorischer Forschungsarbeiten neue bzw. ergänzende Erkenntnisse (LAVIER & LAMBERT, 1996), (BILLAMBOZ & TEGEL, 1994).

## 2. Das dendrochronologische Verfahren

Die Erfolgsaussichten dendrochronologischer Untersuchungen hängen von mehreren Faktoren, wie z.B. dem Standort, vorhandenen Chronologien usw., ab. Eine besondere Bedeutung kommt den zu untersuchenden Holzarten zu. Allgemein handelt es sich beim überwiegenden Teil der datierten Hölzer um Eichenfunde. Gründe dafür sind zum einen die Existenz detaillierter Standardchronologien, zum anderen ein meist geringerer Wuchs und deutliche Schwankungen in den jährlichen Zuwachsraten. Außerdem wurde dieses Holz vorzugsweise zu Bauzwecken verwandt und ist daher entsprechend häufig. Im Voralpenland und in Hochgebirgslagen trifft man jedoch kaum Eichen oder andere Harthölzer an. Funde derartiger

Hölzer sind daher in diesen Gebieten selten. Es überwiegen Nadelhölzer wie Tanne, Fichte, Kiefer und Lärche. In Hochgebirgslagen verschwindet die Tanne und es tritt als weitere Baumart die Zirbelkiefer auf. Für diese Hölzer existieren eine Reihe von Standardchronologien. Für Hochgebirgslagen müssen jedoch eigenständige Chronologien erstellt werden (SIEBENLIST-KERNER, 1984), da Hochgebirgschronologien keinerlei Ähnlichkeiten mit Standardkurven aus dem Flachland besitzen. Der jährliche Zuwachs wird in diesen Höhenlagen in erster Linie durch Temperatur- und Lichtverhältnisse während der Vegetationsperiode geprägt, wohingegen die Niederschlagsmenge nur eine untergeordnete Rolle spielt. Als Besonderheit besitzen die Jahresringkurven der einzelnen Holzarten untereinander eine gewisse Übereinstimmung.

Probleme mit der Datierung treten jedoch vor allem am Alpenrand und in mittleren Höhenlagen auf. Am deutlichsten zeigt sich dies an der Fichte, deren schlechtere Eignung für dendrochronologische Zwecke in der besonderen Anpassungsfähigkeit dieser Baumart an lokale Standortbedingungen liegt. Dies macht den Aufbau vieler regionaler, eigenständiger Chronologien notwendig.

## 3. Ergebnisse

Das Bergbauggebiet Schwaz-Brixlegg liegt am Zusammenfluß von Inn und Ziller auf der orographisch rechten Innseite. Die Bergbautätigkeit erstreckte sich bis auf etwa 1600 m. Man kann hier durchaus von einem Hochgebirgsstandort sprechen. Dies gilt vor allem für die Holzeinschlaggebiete, die sich auf Grund der notwendigen großen Holzmengen bis ins Oberinntal, Zillertal und Achantal erstreckt haben dürften. Da nach bisherigem Kenntnisstand nur Fichte und Lärche verbaut wurde, erwiesen sich die dendrochronologischen Untersuchungen als schwierig. Erschwerend kommt hinzu, daß zumeist Rundbalken

und halbrunde Balken Verwendung fanden, die einen Durchmesser von ca. 20 cm kaum überschreiten und entsprechend nur eine geringe Anzahl von Jahresringen aufweisen. Aus diesen Gründen wurde zunächst ein breit angelegter Test durchgeführt, ob das dendrochronologische Verfahren auch für das Bergbaubereich Schwaz-Brixlegg mit seinen besonderen Standortbedingungen einsetzbar ist.

Bei allen entnommenen Proben handelt es sich um ganze Scheiben lose herumliegender Balken bzw. bereits größtenteils zerstörter Einbauten (z.B. Stützbalken ohne Bedeckung). Die Proben wurden mit einer normalen Bügelsäge mit grober Zahnung gesägt, wobei sich ein für dendrochronologische Zwecke ausreichend guter Schnitt ergibt. Versuche mit einem Gartenfuchsschwanz erwiesen sich hingegen als wenig erfolgreich. Der Erhaltungszustand der Hölzer hängt vom Alter und von der Feuchtigkeit in den Abbauen ab. In den meisten Fällen sind lediglich die äußersten 10 bis 20 Ringe mehr oder weniger stark zersetzt, während der Kern noch fest und stabil ist. Nur sehr selten finden sich bearbeitete Balken, etwa Vierkanthölzer oder starke Bretter. Eine Ausnahme bildet das vielerorts noch anzutreffende Fördergestänge. Besonders starke Balken trifft man zumeist noch fest eingebaut an, so daß zukünftig auch eine Beprobung mit einem Hohlbohrer notwendig werden kann.

Bisher wurden drei unterschiedliche Reviere im Bergbaubereich Schwaz-Brixlegg untersucht:

Im Gebiet Großkogel/Kleinkogel wurden im Lilienstollen und Georgstollen insgesamt 10 Proben entnommen. Von hier stammen die bisher einzigen Lärchenfunde. Drei Hölzer aus einer unter Versatz verbrochenen Bühne (Tab.1: KoLi101/103/104) lassen sich korrelieren, erlauben aber bisher noch keine Datierung. Eine Fichte (KoLi106) mit 142 Jahresringen, die als Vierkantholz bearbeitet wurde und wahrscheinlich als Brücke über einen kleinen Absatz in eine Zeche diente, konnte einwandfrei mit Endjahr 1640 ohne Waldkante nach den Ötztaler Hochgebirgsfichten datiert werden. Da nicht anzunehmen ist, daß mehr als 10-20 Jahresringe bis zum Fällungsjahr fehlen und das Holz vermutlich ohne Lagerung verbaut wurde, dürfte der Einbau dieses Holzes zwischen 1650 und 1660 liegen.

Im Bergbau Ringenwechsel wurden zwei Teilreviere beprobt. Bei dem ersten handelt es sich um das Teilrevier Scheiblmahd. Hier wurden sieben Hölzer aus unterschiedlichen Zechen des Oberbau-Stollens entnommen. Davon konnten bislang zwei Proben datiert werden. Bei der Probe SmO105 handelt es sich um den Steg eines Fördergestänges. Dies ist insofern bedeutsam, als daß gleichartige Hölzer sehr zahlreich zu finden sind und leicht beprobt werden können. Der Balken SmO104 diente zum Rückhalt von Schutt in einem Abbau und war auf die dreiviertelte Dicke zugehauen. Die letzten erhaltenen Ringe dieser Hölzer sind 1782 bzw. 1784 gewachsen. Die Waldkante fehlt. Beide Proben korrelieren sehr gut miteinander, was eine Fällung im Jahre 1785 oder 1786 wahrscheinlich erscheinen läßt, da hier vermutlich nicht mehr als zwei Ringe fehlen.

Im Teilrevier Rotenstein wurden insgesamt 12 Proben entnommen. Beprobte wurde ein Holzablageplatz in einer Zeche im Grundnerstollen am Verbindungsschacht zum Neuer-Stollen. Es handelt sich dabei um das ausgebaute Material einer ehemaligen Fahrt, bestehend aus Rund- und Halbrundbalken, Gestänge und Steigbäumen (RoGr106). Darüber hinaus wurde ein Stützbalken aus einer verbrochenen Bühne in der selben Zeche (RoGr101) und ein Stützbalken (RoOG109) aus der Verbauung eines Schrägabbaus im Oberen-Grafen-Stollen untersucht. Die Proben konnten, trotz der geringen Anzahl von Jahresringen, mit Hilfe der Funde in der Grube Scheiblmahd sicher auf das Jahr 1750/1751 datiert werden, da bei allen Hölzern die Waldkante

noch erhalten ist. Man kann auf Grund dieser Ergebnisse auf einen vermutlich umfangreichen Betrieb in dieser Zeit schließen.

| Probe   | Lokalität                   | Bemerkungen                | Holzart | Waldkante | Anzahl Ringe | Datierung, Mittelkurve | Fällungszeit     |
|---------|-----------------------------|----------------------------|---------|-----------|--------------|------------------------|------------------|
| KoLi101 | Kleinkogel, Lilienstollen   |                            | Lärche  |           | 68           | MK                     |                  |
| KoLi103 | Kleinkogel, Lilienstollen   |                            | Lärche  |           | 73           | MK                     |                  |
| KoLi104 | Kleinkogel, Lilienstollen   |                            | Lärche  |           | 86           | MK                     |                  |
| KoLi106 | Kleinkogel, Lilienstollen   | Vierkantholz Brücke        | Fichte  |           | 142          | 1499-1640              | nach 1640        |
| SmO104  | Scheiblmahd, Oberbau        | 3/4-Balken Versatzrückhalt | Fichte  |           | 91           | 1693-1784              | ca. 1785/1786    |
| SmO105  | Scheiblmahd, Oberbau        | Steg eines Fördergestänges | Fichte  |           | 90           | 1692-1782              | ca. 1785/1786    |
| RoGr101 | Rotenstein, Grundnerstollen | Rundbalken Bühne           | Fichte  | WK        | 44           | 1707-1750              | Winter 1750/1751 |
| RoGr106 | Rotenstein, Grundnerstollen | Rundbalken Holzablageplatz | Fichte  | WKF       | 40           | 1712-1751              | Frühjahr 1751    |
| RoOG109 | Rotenstein, Oberer Grafen   | Rundbalken Verbauung       | Fichte  | WK        | 51           | 1700-1750              | Winter 1750/1751 |

Tab.1: Teil der untersuchten Holzproben ( WK: Waldkante, WKF: Waldkante mit Frühholz )

#### 4. Ausblick

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß sich Grubenhölzer aus dem Gebiet Schwaz-Brixlegg nach der Ötztaler Hochgebirgschronologie datieren lassen. Dies ist um so erstaunlicher, da bisher ausnahmslos Fichten datiert werden konnten, obwohl gerade diese Baumart für dendrochronologische Zwecke nur bedingt geeignet schien. Bereits wenige Datierungen können dabei einen Beitrag zur Bergbaugeschichte liefern. Für detaillierte Untersuchungen ist jedoch eine intensive Beprobung notwendig. Zum einen sind nur etwa 10 bis 20% der Proben datierbar, zum anderen sind zahlreiche Proben für den Aufbau von Regionalchronologien notwendig, die der unterschiedlichen Herkunft der Hölzer Rechnung tragen. Eventuell lassen sich damit auch in diesem Punkt nähere Aussagen machen. Wichtig ist auch, daß mit jeder Datierung die Wahrscheinlichkeit steigt, bisher nicht datierbare Proben nachträglich doch noch bestimmen zu können. Von besonderem Interesse wäre auch, ob bereits geborgene hölzerne Fundgegenstände (z.B. in Museen) datiert werden können.

#### Literatur

- BILLAMBOZ & TEGEL. 1994. Erste dendrochronologische Untersuchungen zur Bergbaugeschichte des Mittleren Schwarzwalds. *Abh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg* 14, 281-294
- LAVIER & LAMBERT. 1996. Dendrochronologie et mines: L'Exemple de Chateau-Lambert, Commune le Haut du Them (70). *Pierre et Terre* 36, 120-125
- SIEBENLIST-KERNER, V. 1984. Der Aufbau von Jahrringchronologien für Zirbelkiefer, Lärche und Fichte eines alpinen Hochgebirgsstandortes. *Dendrochronologia* 2, 8-29

# Etude de stabilité dans des carrières souterraines abandonnées de craie

par **Luc Funcken**

Direction de la géotechnique, Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports, rue Côte d'Or, 253 B 4000 Liège  
BELGIQUE.

## Abstract

In the region of Mons, Belgium, the underground quarry of Malogne has a development of several hundred kilometres of galleries covering an area of several hectares. There is a serious risk of collapse, stemming from various reasons, resulting in a security problem for the infrastructure built right on top of the quarry. This publication resumes the work methods in use for a first approach of the problem and the establishment of the general security level of the zone.

## Résumé

Les carrières souterraines de la Malogne, près de Mons, en Belgique constituent un réseau de plusieurs centaines de kilomètres de galeries qui s'étendent sur plusieurs hectares. Les risques d'effondrements, de causes diverses, posent des problèmes de sécurité aux infrastructures érigées à l'aplomb de ces carrières. La présente communication résume les méthodes mises en oeuvre pour effectuer une première approche du problème et déterminer la sécurité générale de la zone étudiée.

## 1. Introduction-situation du problème

Les problèmes liés aux anciennes carrières souterraines sont de plus en plus importants en ce qui concerne les risques d'effondrements migrant en surface et pour les risques d'instabilité d'infrastructures diverses, érigées à la verticale de ces anciennes exploitations.

Les anciennes carrières souterraines de craie phosphatée de la Malogne, à Cuesmes, près de Mons, en Belgique constituent un bel exemple de ce problème. Ces carrières ont été exploitées, par la technique des chambres et piliers, aux siècles passés. On y retirait de la craie phosphatée utile pour l'amendement des sols. Par la suite, des galeries ont été utilisées pour y effectuer la culture de champignons.

Ce système de carrière se situe vers 30m de profondeur. La couche exploitée est surmontée de craie blanche, de sables et de limons. Le toit des galeries est souvent constitué d'un banc dur. Ces carrières développent plusieurs centaines de kilomètres de galeries, dans une zone de plusieurs dizaines d'hectares. A plusieurs reprises, des effondrements sont survenus, ceux-ci pouvant être d'ampleur et de nature différentes.

Les terrains situés à l'aplomb des carrières sont principalement des terres de culture. En principe, la zone n'est pas habitée, à l'exception de quelques maisons. Toutefois, la ligne de chemin de fer Bruxelles-Paris passe, en déblai, à l'aplomb de ces carrières, sur une distance de +/- 500m.

Pour réaliser ces travaux, une tranchée a été réalisée jusqu'au mur (niveau de base) des galeries. Elle a ensuite été remblayée jusqu'au niveau du coffre de la voie ferrée. Ces remblais étaient constitués des matériaux précédemment retirés. Après plusieurs années, des effondrements sont survenus, à proximité de la tranchée. Ceux-ci étaient liés à un mauvais compactage du remblai et à un lessivage par les eaux des particules fines. Des murs en béton ont été érigés sous terre, au niveau des galeries, afin de contrebuter le remblai.

L'accès à ce réseau de galeries s'effectue via des puits de 30m destinés soit au transport de matériel, soit au personnel. Dans le premier cas, les puits sont protégés par du béton, uniquement dans les terrains meubles. Dans le second cas, ils sont bétonnés sur toute la hauteur.

A la demande de la S.N.C.B.<sup>1</sup>, des inspections de contrôle sont effectuées périodiquement et des techniques simples ont été mises en oeuvre pour effectuer une première évaluation de la stabilité de la partie des carrières concernée.

## 2. Techniques d'investigation

Compte tenu de divers impondérables, des techniques simples et peu onéreuses ont été utilisées :

- Inspections visuelles de contrôle,
- Réalisation de stations photographiques,
- Nivellement précis de bornes topographiques en surface,
- Réalisation d'essais de pénétration test,
- Levés topographiques souterrains,
- Prélèvement d'échantillons et essais de compression en laboratoire,
- Exécution d'essais sismiques in-situ au travers de piliers,
- Installation d'une série de stations de contrôle de fissures apparentes.

<sup>1</sup> Société nationale des Chemins de fer Belge.

## 2.1 Inspections visuelles de contrôle

Ces inspections consistent à parcourir périodiquement la zone de carrière concernée et à comparer, sur base des relevés antérieurs, les piliers, le toit des galeries et les principales anomalies observées. De cette façon, on peut mettre en évidence de nouveaux problèmes et des évolutions significatives. Compte tenu du fait que l'inspection de contrôle est "visuelle", elle présente un caractère fortement subjectif. De ce fait, certaines nouvelles informations doivent être prises avec précaution. En effet, il est possible qu'elles existaient déjà aux précédentes inspections et ont échappé à l'opérateur.

## 2.2 Réalisation de stations photographiques

Un autre moyen mis en oeuvre pour contrôler la stabilité générale de la zone consiste à suivre l'évolution des désordres éventuels, sur base de photographies. Pour ce faire, lors des différentes inspections, des photographies sont réalisées à des endroits caractéristiques, en se positionnant chaque fois aux mêmes endroits et en photographiant dans la même direction. Les photographies ainsi obtenues aux différentes inspections peuvent alors être comparées. Des variations sont ainsi décelées : éboulements, écaillages, etc.

## 2.3 Nivellement précis de bornes topographiques en surface

Un troisième moyen mis en oeuvre pour évaluer la stabilité générale de la zone consiste à vérifier l'évolution de tassements éventuels en surface, grâce à un nivellement précis d'une série de stations fixes.

En suivant de la sorte une trentaine de stations fixes, implantées sur des pieds de caténaires, sur des bornes massives en béton, ainsi que sur les dalles des puits, on a remarqué, sur plusieurs séries de mesures, des variations de l'ordre du centimètre. On constate de la sorte des tassements significatifs pour les bornes implantées sur les puits-matériel par rapport aux puits personnel. On peut expliquer cette différence car les puits-matériel ne sont pas bétonnés sur toute la hauteur. Un tassement survenant au toit des galeries aura une répercussion sur les dalles du sommet de ces puits, et non sur ceux bétonnés sur toute la hauteur. En effet, ceux-ci jouent le rôle « de pieux », posés au mur des galeries, considérés comme stables.

## 2.4 Réalisation d'essais de pénétration test

Une technique déjà utilisée sur d'autres sites de carrières abandonnées consiste à effectuer des essais de pénétration 200kN, à la verticale des anciennes exploitations. Ces essais consistent à enfoncer, d'une manière statique, une tige métallique dans le sol, avec un effort maximum de 200kN. On mesure successivement l'effort d'enfoncement à la pointe et sur le pourtour des tiges. Ce dernier constitue l'effort lié au frottement des terrains sur le train de tiges.

À la verticale d'anciennes exploitations instables, l'essai de pénétration permet de mettre en évidence la présence d'une zone déconsolidée, liée à un tassement progressif des terrains surincombant au toit des galeries. En effet, pour autant que la tige et la pointe de l'appareil puissent pénétrer dans la matrice crayeuse, on observe une évolution différente des diagrammes de mesure selon que l'on se trouve dans une zone saine ou dans une zone déconsolidée.

Dans les deux cas, le diagramme de résistance à la pointe montre des terrains très résistants, (effort supérieur à 100MPa). Par contre, les mesures du frottement latéral sont fort différentes : à la verticale d'une zone saine, le frottement augmente progressivement avec la profondeur et, à la verticale d'une zone déconsolidée, le frottement n'augmente pas avec la profondeur. Cette différence peut s'expliquer par le fait que, dans le cas d'une zone déconsolidée, la matrice crayeuse, bien que présentant une résistance à la pointe (mesure ponctuelle) très importante, présente une microfissuration générale, induisant un frottement nul sur le train de tiges.

## 2.5 Levés topographiques souterrains

Le levé topographique souterrain a été effectué jusqu'à la limite de la zone pouvant influencer les installations du Chemin de fer en cas d'effondrement. On peut estimer que, compte tenu de la profondeur des exploitations souterraines, la zone d'influence d'un effondrement souterrain potentiel s'établirait suivant un cône dont la génératrice présenterait un angle de 30° avec la verticale. Plusieurs centaines de piliers ont été levés.

De plus, pour connaître le taux de défrètement, utile pour le calcul de stabilité de l'exploitation souterraine, il faut déterminer la section horizontale minimum des piliers.

La section en plan, engendrée par les 4 coins levés au niveau du mur des galeries, correspondant à la base du pilier, ne représente pas la section horizontale minimum des piliers. En effet, à cause de leur forme générale en "diabolo" (hyperboloïde), la section horizontale minimum se situe entre la base et le sommet du pilier.

Pour déterminer la section minimum des piliers, nous avons mesuré le périmètre minimum des piliers et nous avons appliqué un coefficient de forme, fonction de l'allure de la section horizontale.

Le taux de défrètement minimum calculé est de 77.7%.

## 2.6 Prélèvement d'échantillons et essais de compression en laboratoire

Des essais de laboratoire ont été réalisés sur des carottes de craie phosphatée de 100 mm de diamètre, prélevées horizontalement, jusqu'à une profondeur de  $\pm 2,0$  m, dans les piliers de l'exploitation souterraine.

Par la suite, au laboratoire, des carottes de  $\pm 50$  mm de diamètre ont été prélevées hors des grosses carottes, suivant la direction verticale, afin d'effectuer les mesures de résistance à la compression uniaxiale, qui représente la résistance la plus élevée supportée par l'échantillon avant la rupture. Ces essais sont donc effectués dans le sens de la contrainte existant dans le massif rocheux.

Les teneurs en eaux des différents échantillons ont également été mesurées.

La valeur moyenne des contraintes à la rupture mesurée est de 2.68 MPa.

## 2.7 Exécution d'essais sismiques in-situ, au travers de piliers

Une série de mesures sismiques a été effectuée au travers de piliers caractéristiques. Ces mesures consistent à mesurer le temps que met une vibration, générée sur une face du pilier, pour atteindre des capteurs situés sur la face opposée.

En ayant, au préalable, mesuré avec précision la géométrie des piliers, on peut déterminer les distances entre le point d'impact et les récepteurs. On en déduit aisément la vitesse de propagation de l'onde au travers du pilier. D'ordinaire, on observe une diminution de la vitesse sismique en fonction de l'état de dégradation des piliers. Dans le cas présent, le contraire a été observé : plus la vitesse sismique augmente, plus la résistance à la compression déterminée au préalable diminue.

En outre, sur le site étudié, on observe une tendance générale à l'augmentation de la vitesse sismique en fonction de l'augmentation de la teneur en eau dans le pilier.

Le facteur « teneur en eau » a, d'une part, tendance à faire diminuer la résistance à la compression et, d'autre part, à faire augmenter la vitesse sismique.

L'augmentation de la vitesse sismique en fonction de la teneur en eau peut s'expliquer par la présence d'eau dans les microfissures. En effet, plus la teneur en eau est faible, plus les microfissures sont dépourvues d'eau et remplies d'air. La vitesse de propagation des ondes sismiques en est donc ralentie. Par contre, une augmentation de la teneur en eau aura pour effet de saturer les microfissures, entraînant une célérité plus importante pour les ondes sismiques.

## 2.8 Installation d'une série de stations de contrôle de fissures apparentes

Pour évaluer, d'une façon qualitative et quantitative, les déformations du sous-sol susceptibles d'avoir des répercussions en surface, nous procédons à des mesures de l'évolution de fissures, dans les galeries souterraines, à l'aide de systèmes mécaniques. Le système d'instrumentation consiste à utiliser un déformètre (comparateur mesurant le micron) et à revenir périodiquement sur une série de stations de mesures implantées sur le terrain.

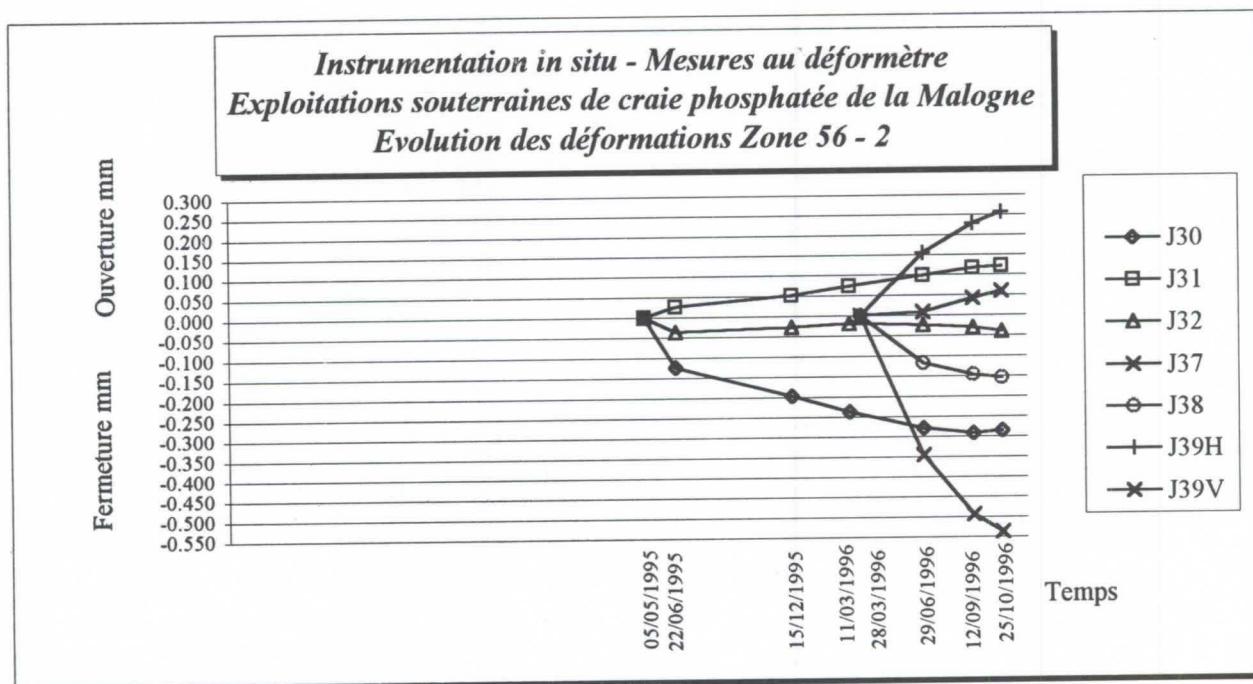


Figure: Exemple de diagramme des déformations en fonction du temps-(mesures depuis mai 1995)

Ces stations de mesures ont été réalisées en scellant des barres en acier inox, de chaque côté de la fissure, dans le rocher. L'entre-distance moyenne entre les deux barres est de  $\pm 300$  mm. Compte tenu des conditions opératoires, on peut estimer que la précision obtenue est évaluée à  $\pm 10$  à  $20 \mu\text{m}$ .

D'une manière générale, pour les carrières de craie, des vitesses de déformation inférieures à  $100 \mu\text{m}/\text{an}$  sont peu inquiétantes, tandis que des vitesses supérieures à  $300 \mu\text{m}/\text{an}$  se traduisent généralement par des dégradations importantes à plus ou moins court terme.

Les mesures de déformations effectuées montrent que l'on observe des vitesses de déformation supérieures à  $100 \mu\text{m}$  par an, à certaines stations. Certaines stations montrent  $300 \mu\text{m}$  par an, une dépasse  $1.5\text{mm}$  par an.

### 3. Conclusions

Le taux de défrètement général moyen calculé égale **77,7 %**.

La valeur moyenne pour la résistance à la compression de la craie égale **2,68 MPa**.

Compte tenu de ces deux paramètres, de la masse volumique des terrains surincombants (pris égal à  $2\text{t}/\text{m}^3$ ), et de la profondeur de l'exploitation, l'estimation du coefficient de sécurité, par la méthode de l'aire tributaire, donne **1,22**.

L'influence de la teneur en eau est primordiale dans la valeur de la résistance à la compression pour les matériaux crayeux. Ainsi, pour des teneurs en eau mesurées sur les échantillons variant de 14 à 24 %, la valeur de la résistance à la compression chute de 3,90 à 1,75 MPa.

Il faut donc être bien conscient que ce paramètre est mal maîtrisé au stade actuel de l'étude (les échantillons étant prélevés par carottage à l'eau, une modification de la teneur en eau initiale est possible).

L'influence des paramètres "forme et échelle" peut être également non négligeable dans les résultats.

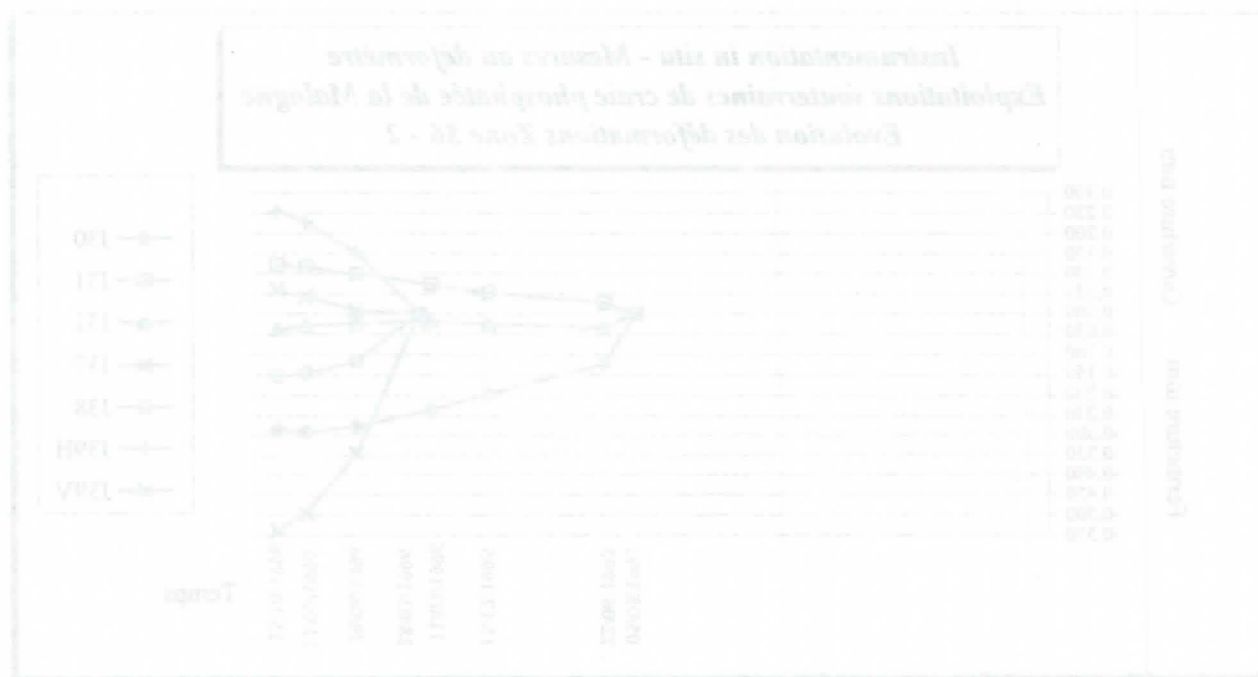
Compte tenu de la faible valeur du coefficient de sécurité moyen (1,22), le paramètre fluage, non pris en considération, est très important. En effet, dans la craie, à plus ou moins long terme, un échantillon soumis à une contrainte de 50 % (et moins) de sa charge de rupture peut finir par se rompre sous l'effet du fluage.

Les mesures sismiques effectuées au travers des piliers ne sont pas directement représentatives de l'état de fracturation des piliers, car la célérité des ondes sismiques est très influencée par la teneur en eau.

On constate toutefois que les vitesses sismiques réelles ( $2.400$  à  $2.500$  m/s) mesurées sur le sol des galeries, sont supérieures à celles mesurées au niveau des piliers ( $1.280$  m/s à  $2.325$  m/s).

Les mesures périodiques de mouvements de fissures, montrent des variations dépassant  $300$  microns par an à certaines stations. On constate que les fissures présentant le plus de variations correspondent généralement à des fissures situées au toit des galeries, entre le pilier et une dalle de plafond.

L'étude de stabilité dans ce type de carrières n'est pas facile à résoudre, compte tenu des facteurs différents et mal définis qui entrent en compte. Des techniques de suivi plus évoluées et donc plus onéreuses existent. Leur mise en place se justifierait dans la mesure où l'évolution des déformations ferait apparaître une accélération des processus de dégradation de la structure souterraine.



# Archäologische und geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen in einem Edelmetallbergbau des 16.Jhs. im Gasteiner Tal, Salzburg

von Brigitte Cech<sup>1</sup> und Werner Paar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien, Franz-Kleingasse 1, A-1190 Wien

<sup>2</sup>Institut für Mineralogie der Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg

## Abstract

In 1995 and 1996 we did a photographical, geological and archaeological survey of a small mine of the 16th century situated at an altitude of 2344.65m to the West of the Bockharttal, which is part of the extensive gold and silver mining district of Gastein and Rauris. The geology and type of ore, that was mined here and all the traces of the miners' work were documented. The very well preserved wooden constructions were also included in our documentation. Based on the findings in this mine, the miners' tools found in the smithy south of the nearby Obere Bockhartsee and contemporary illustrations it is possible to reconstruct the technics of mining of the time of Georg Agricola.

## Kurzfassung

In den Jahren 1995 und 1996 wurde ein westlich des Bockharttales auf 2344.65m Seehöhe gelegenes kleines Grubengebäude des 16.Jhs. vermessen und photographisch, geologisch-lagerstättenkundlich und archäologisch dokumentiert. Das Bockharttal ist Teil des Edelmetallbergbaurevieres Gastein/Rauris. Neben der Geologie wurden auch die Vortriebs- und Abbauspuren, sowie die sehr gut erhaltenen Holzeinbauten auf dem Grubenplan eingezeichnet. Der Vergleich der Beobachtungen untertage mit den in der südlich des Oberen Bockhartsees gelegenen Schmiede gefundenen Werkzeugen und den zeitgenössischen Bild Darstellungen gibt uns die Möglichkeit, die Bergbautechnik der Agricolazeit an einem Beispiel anschaulich darzustellen.

## 1. Einleitung

Im Sommer 1995 begann ein vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziertes Projekt, dessen Ziel eine umfassende historische, archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchung des frühneuzeitlichen Edelmetallbergbaues im Bockhartrevier ist (CECH & WALACH, 1995; CECH, 1996).

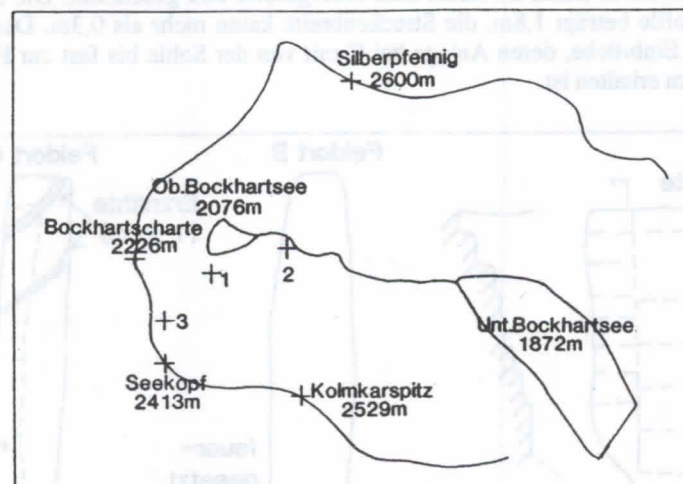


Abb.1: Topographische Übersicht des Untersuchungsgebietes: 1-Berghausgruppe, 2-Aufbereitungsanlage, 3-Bergbau am Seekopf (nach ÖK 1:50.000, Blatt 154)

Dieses Revier ist Teil des Bergbaugebietes Gastein/Rauris und eignet sich aufgrund seiner Topographie und der Tatsache, daß der Bergbau hier vor 1600 aufgegeben wurde, ausgezeichnet für eine alle Aspekte des Bergbaues und der dafür notwendigen Infrastruktur erfassenden Fallstudie. Die Forschungen konzentrieren sich vor allem auf zwei Bereiche, nämlich auf eine große Berghausgruppe am Oberen Bockhartsee, die im wesentlichen aus einem Knappenwohnhaus und einer Bergschmiede besteht und auf die 250m weiter östlich gelegene Erzaufbereitungsanlage. Westlich des Oberen Bockhartsees, am Seekopf befindet sich in 2344.65m Seehöhe ein kleiner, noch heute gut zugänglicher Bergbau des 16.Jhs. Das Grubengebäude wurde 1995 und 1996 von den Autoren und dem Photographen Robert Pils unter Mithilfe von Studenten vermessen und montangeologisch sowie archäologisch aufgenommen und photographisch dokumentiert.

## 2. Das Grubengebäude

Der Hauptstollen wurde an einem ca. 0,2m mächtigen tauben Quarzgang in mürbem Zentralgneis angeschlagen und verläuft zunächst in Richtung N 15. Dies ist auch die generelle Auffahrtsrichtung des insgesamt knapp 59m nach Süden sich erstreckenden Grubengebäudes.

Wenige Meter vom Mundloch entfernt befindet sich in der Firste ein (?) kurzer, mit Versatz und/oder Oberflächenschutt angefüllter Hohlraum. Bei Lfm 7 wurde oberhalb des Stollens unter Stehenlassens einer Schwebel (1m) eine höhere Suchstrecke mittels Feuer setzen und Schrämarbeit eingetrieben. Der Aufstieg zu dieser etwa 2m langen Strecke führt am westlichen Ulm über in Schrämarbeit angelegte Stufen. Bei Lfm 15,6 beginnt der einzige größere Abbaubereich, der bis etwa Lfm 40 anhält. Hier wurden edelmetallführende Quarzgänge bis etwa 3m unterhalb der Stollensohle abgebaut. Die in der Fortsetzung des Stollenniveaus früher zur Befahrung eingezogenen Holzbühnen sind nicht mehr vorhanden, sodaß dieser Bereich heute unzugänglich ist, und die Firste des Erzfalls nicht mehr beleuchtet werden kann. Über eine Abseilstrecke bei Lfm 15,6 gelangt man auf die untere, gleichzeitig tiefste Abbaustrecke, die zwischen Lfm 20 und 30 mit von darüber befindlichen Abbaubereichen herabgestürztem Bühnholz, Kappen und Stempeln belegt ist. Am nördlichen Ende dieser tieferen Strecke hat man mit einem 1m langen Gesenk die Fortsetzung der Lagerstätte untersucht.

Ab Lfm 20 beginnt der eigentliche Erzfall, der im Streichen etwa 20m, im Einfallen mehr als 8m gemessen haben dürfte, und vollständig verhaut worden ist. Der Abbaubereich liegt heute als unregelmäßige Weitung vor, wobei die größte Abbaumächtigkeit zwischen Lfm 30 und 40 anzunehmen ist.

Bei etwa Lfm 28,5 wurde am westseitigen Ulm ca. 2m oberhalb der tieferen Strecke mit einem querschlägig, d.h. nach Westen getriebenen etwas mehr als 1m langen Streckenstück versucht, die Lagerstättenhöflichkeit im Verflachen eines erzführenden Quarzanges zu untersuchen. Das Feldort (A) zeigt die Vortriebstechnik: Heute ist ein ca. 30cm breiter, von der Sohle zur Firste reichender Schram zu erkennen, von dem aus der daneben befindliche Bereich systematisch abgekeilt wurde. Die Abarbeitung des Profils erfolgte durch strossenartigen Verhieb, der in Stufen zwischen 10 und 30cm erfolgte.

Bei Lfm 40 endet der Abbau. In der streichenden Fortsetzung von geringmächtigen Quarzgängen wurde in Richtung Süd auf gleichem Niveau wie die untere Abbaustrecke eine Suchstrecke und darüber eine zweite Explorationsstrecke eingetrieben, deren Sohlenniveau etwa jenem des Einfahrtsstollens entspricht. Diese höhere Strecke folgt einem unbauwürdigen, in der Firste noch aufgeschlossenem Quarzgang, und endet nach etwa 10m an einem schachtartigen, etwa 2m tiefen Gesenk, das die Verbindung zur unteren Suchstrecke darstellt. Südlich des Gesenks, aber 1,8m tiefer als die Explorationsstrecke, verläuft in südlicher Richtung eine 3,2m lange Suchstrecke, deren Feldort im Tauben steht.

Die bei Lfm 40 unterhalb einer etwa 2m mächtigen Schwebel angelegte untere Suchstrecke führt zunächst über das noch begehbare Huntgestänge bis zum unteren Ende des vorhin erwähnten Gesenks, und dann auf anstehendem Fels weiter bis Lfm 54,3. Unterhalb des Huntgestänges liegt tauber Quarzschutt aus den teilweise abgebauten Quarzgängen.

Bei Lfm 54,3 gabelt sich die Strecke in einen ca. 4,5m langen, ziemlich genau nach Süden führenden Ast (B) und einen nur 1,4m langen, ca. SW gerichteten Teil (C). Die Ortsbrust dieses Streckenstummels läßt einen kaum 2cm breiten sulfidführenden Quarzgang erkennen. Beide Strecken sind feuer gesetzt und geschrämt. Die Streckenhöhe der für diese Vortriebstechnik typischen Profile beträgt 1,8m, die Streckenbreite kaum mehr als 0,3m. Der Vortrieb erfolgte mittels handgeschrämter keilförmiger Einbrüche, deren Anlage bei C mit von der Sohle bis fast zur Firste reichendem ca. 18cm breitem und 11cm tiefem Schram erhalten ist.

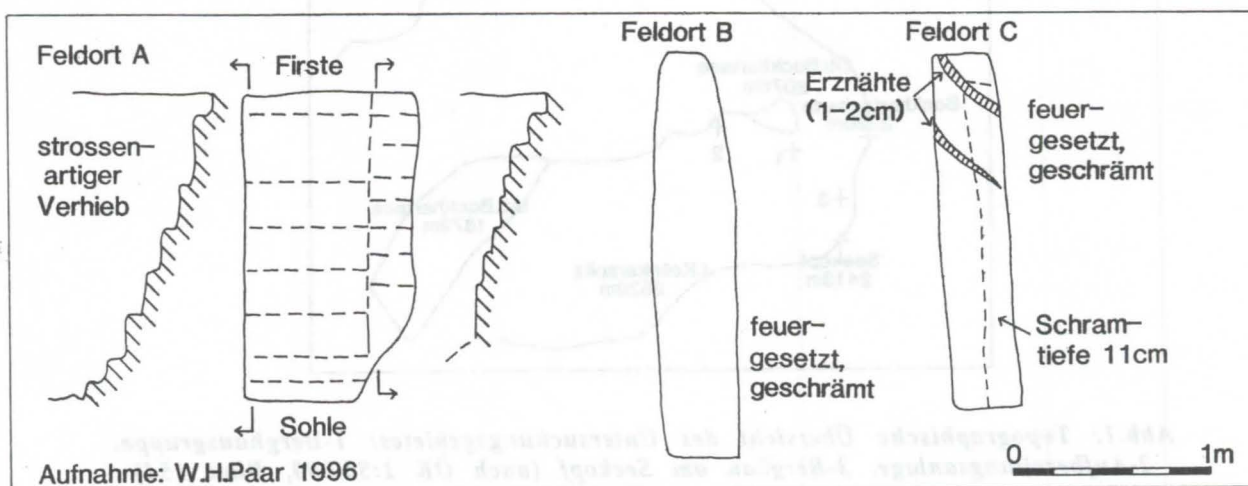


Abb.2: Querschnitte von Feldörtern (Lage siehe Grubenplan Abb.3)

## 3. Geologie und Vererzung

Die silber- und goldlerzführende Kleinlagerstätte ist an den Zentralgneis (Siglitzgneis) gebunden. Sie dürfte als Liegendtrum des weiter östlich über den Seekopf Richtung Oberer Bockhartsee streichenden Kuppelwieser Gangzuges des Siglitz-Bockhart-Revieres aufzufassen sein. Die erzführenden Quarzgänge treten in einer einige Meter mächtigen Scherzone auf. Streichen, Einfallen und Mächtigkeiten der Quarzgänge sind variabel, die Erzführung sehr absetzig. Das relativ wichtigste Quarzgangssystem, das zwischen Lfm 30 und 40 abgebaut wurde, weist ein etwas anderes Streichen (N 50) als der Großteil der gut bekannten Gänge des Siglitzrevieres (N 20) auf. Dies hängt möglicherweise mit der Tektonik dieser

Kleinlagerstätte zusammen, in der Abschiebungen nach mehreren Richtungen charakteristisch sind. In Relation zu den Erzgängen ältere Strukturen besitzen O-W-Richtung, stehen saiger und sind erzfrei. Die Mächtigkeit der Quarzgänge schwankt i.A. zwischen 1 und 20cm; mächtigere Gänge sind erzarm. Alle Quarzgänge zeigen eine scharfe Begrenzung zum Nebengestein mit deutlich ausgeprägten Salbändern. Manche enthalten schwach alterierte (serizitisierte, silifizierte) Augengneisschollen.

Die geringer mächtigen Erzgänge, von denen noch gut vererzte Rücklässe zwischen Lfm 20 und 30 am westlichen Ulm zu beleuchten sind, weisen eine arsenopyritbetonte Sulfidmineralisation auf und sind i.a. goldreicher. Andere Erzgänge dieses Typs (bei Lfm 35, am westlichen Ulm zeigen nur an der Hangendgrenze Pyrit- und Arsenopyrit-Anreicherung in kleinräumigen Linsen und dünnen Lagen. Die mächtigeren Gänge (bei Lfm 35, am östlichen Ulm) enthalten z.T. kopfgroße Kavernen und Taschen, die mit feinkörnigem ("sandigem") Pyrit und /oder Markasit gefüllt sind.

Die gold- und silberhaltige Sulfidassoziation besteht i.w. aus Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), Arsenopyrit ( $\text{FeAsS}$ ), etwas Galenit ( $\text{PbS}$ ) und Matildit ( $\text{AgBiS}_2$ ), sowie Spuren von Chalkopyrit ( $\text{CuFeS}_2$ ) und Rutil ( $\text{TiO}_2$ ). Hauptgangart ist Quarz, Karbonate treten stark zurück. Gediegenes Gold liegt in 2 chemisch unterscheidbaren Varianten in kleinen Tröpfchen (2 bis 30µm) und rißausfüllend in Pyrit vor.

#### 4. Vortriebs- und Abbautechnik, Holzeinbauten

Der Hauptstollen wurde bis zum Beginn des Abbaubereiches bei Lfm 15,6 mittels Feuersetzen und Schrämarbeit vorgerieben. Die gleiche Vortriebstechnik ist für die an den Abbaubereich anschließenden in Richtung Süd eingetriebenen Suchstrecken zu beobachten. Im Abbaubereich ändert sich die Technik. Hier sind neben den charakteristischen Schräm Spuren vor allem im Bereich der erzführenden Quarzgänge handgeschrämte keilförmige Einbrüche als Vorbereitung für Keilsetzungen festzustellen. Besonders deutlich zu erkennen ist diese Abbautechnik am östlichen Ulm bei Lfm 33,1 bis 35,7, wo versucht wurde, den hier relativ mächtigen Quarzgang, der mit Pyrit und/oder Markasit gefüllte Taschen aufweist, abzubauen. Im Abbaubereich sind außerdem noch Bühnlöcher zu beobachten. Lampennischen sind nur von Lfm 10,1 bis 12,5 am östlichen Ulm und in der oberen Suchstrecke bei Lfm 44 vorhanden.

Das untertage herrschende Klima bietet ausgezeichnete Erhaltungsbedingungen für Holz. Neben den schon erwähnten Bühnhölzern, Kappen und Stempeln, die im Abbaubereich herabgestürzt sind, sind noch einige Kappen in situ erhalten. Das Huntgestänge ist im Abbaubereich und in der unteren Suchstrecke von Lfm 36,7 bis 50,7 durchgehend erhalten. In der oberen Suchstrecke ist es nur mehr von Lfm 43,6 bis 47,1 vorhanden. Ein interessantes Detail kann bei Lfm 55 knapp vor der Ortsbrust des nach SW gerichteten Streckenstummels beobachtet werden. Knapp unter der Firste ist ein Holz, das einen Querschnitt von 2cm im Quadrat aufweist, eingeklemmt. Auf der gesamten Länge der unteren Suchstrecke liegen auf der Sohle mehrere dieser Hölzer, die im Laufe der Zeit herabgefallen sind. Die Deutung dieser Hölzer ist unklar. Eine mögliche Funktion wäre die Kontrolle des Gebirgsdruckes. Diese Hölzer konnten auch in anderen Bergbauen des Revieres Gastein/Rauris beobachtet werden. Die vorhandenen Hölzer wurden beprobt und es ist geplant, mittels Dendrochronologie eine genaue Datierung dieses in den Schriftquellen nicht genannten Bergbaues vorzunehmen.

#### 5. Gezähe

Das einzige archäologische Fundstück aus dem Bergbau ist ein kleines, stark abgearbeitetes Bergeisen, das in der oberen Suchstrecke bei Lfm 44 in einer Lampennische am östlichen Ulm lag. Ein großer Bestand an Bergbauwerkzeugen des 16.Jhs. wurde jedoch in der Bergschmiede am Oberen Bockhartsee gefunden. Dieser Fundkomplex enthält neben Schlägel und Eisen auch Keile und Stücke, ein eisernes Grubengeleucht, eine Zimmermannsaxt, Bruchstücke von Schaufel und Kratze, Henkelattachen von Erzkübeln, Achsen, Spurnägel und Beschläge von Grubenhunten und zahlreiche Gegenstände, deren Funktion noch unklar ist.

#### 6. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, einen kleinen, aber sehr detailreichen Bergbau der Agricolazeit geologisch-lagerstättenkundlich und archäologisch zu dokumentieren. Die geringe Größe und der gute Erhaltungszustand des Grubengebäudes ermöglichte eine komplette Vermessung und Dokumentation aller Spuren der Abbau- und Vortriebstechnik, der Holzeinbauten und eine umfassende Aufnahme der Geologie und der Vererzung. Der Vergleich der Beobachtungen untertage mit den in der Schmiede gefundenen Werkzeugen und dem zeitgenössischen Bildmaterial gibt uns die Möglichkeit, die Bergbautechnik der Agricolazeit an einem Beispiel anschaulich darzustellen.

#### Literatur

CECH, B. & WALACH, G. 1995. Montanarchäologische Untersuchung des historischen Edelmetallbergbaues im Bockhartrevier (KG Bockstein, OG Badgastein, Salzburg. Teil 1: Allgemeine Erkundung und geophysikalische Prospektion. *res montanorum* 12: 12-15.

CECH, B. 1996. Die Ergebnisse der ersten archäologischen Untersuchungen im Bockhartrevier. *Archäologie Österreichs* 7/1: 59-63.

CECH, B. 1996. Der Edelmetallbergbau des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit im Bockhartrevier (KG Bockstein, OG Badgastein, VB St.Johann im Pongau. in: Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt (Hrsg. Jockenhövel, A.). Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 121: 140-150.

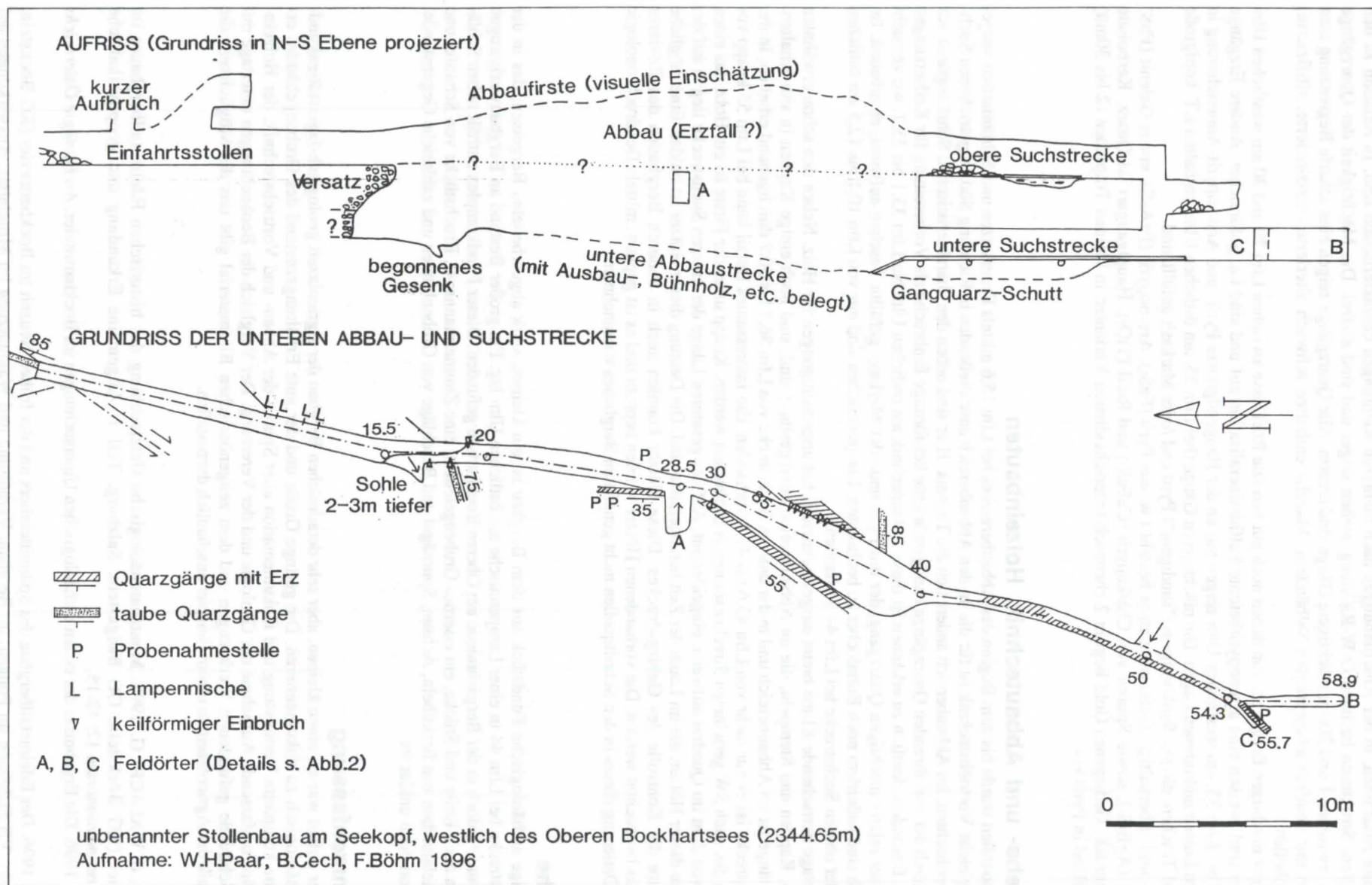


Abb.3: Plan des unbenannten Stollenbaues westlich des Oberen Bockhartsees (SH 2344.65m)

# Bergbauforschung im Oberpinzgau/Land Salzburg, Österreich

von Klaus Lewandowski

Museumsverein Bramberg, A-5733 Bramberg, Haus Nr.174

## Abstract

Speleology and mining research have a lot in common, last but not least the fact, that mining researchers are participating on this congress, proves this.

This presentation is aimed to provide a short overview on the methods applied and experiences gained by our field work for research of a historical copper mining in the Oberpinzgau /Salzburg (Austria).

After a short introduction of the research group itself and a description of the geological situation, the methods and procedures used on location of outbound mining sites, their dig-up, exploration and survey will be presented together with some explanations of the salvage of findings and on some legal aspects of the field-work.

## Zusammenfassung

Speläologie und Bergbauforschung haben vieles gemeinsam, was nicht zuletzt die Tatsache beweist, daß die Bergbauforscher sich an diesem Kongreß beteiligen.-

Mit diesem Vortrag soll ein kurzer Überblick gegeben werden über die Methoden und Erfahrungen in der Feldarbeit bei der Erforschung des historischen Kupferbergbaues im Oberpinzgau / Salzburg (Österreich).

Dazu werden, nach kurzer Vorstellung der Forschungsgruppe und Beschreibung der geologischen Verhältnisse, das Aufspüren von Einbauten im Gelände, deren Wiederaufgewältigung, Erkundung, Sicherung und Vermessung beschrieben. Ebenso werden einige Hinweise zur Fundbergung und zu rechtlichen Aspekten der Feldarbeit gegeben.

## 1. Die Bergbau - Forschungsgruppe Bramberg am Wildkogel

Die seit zwei Jahren bestehende Forschungsgruppe mit ca. 30 Mitgliedern befasst sich mit der Erforschung des zwischen dem 15.- u. 18. Jh. in Betrieb gestandenen, überwiegend alpinen Bergbaues im Oberpinzgau.

Dieser Bergbau wurde hauptsächlich auf Kupfererz (Kupferkies) betrieben. Daneben gab es auch Bergbau auf Blei, Zink, Flußspat, Nickel und Federweiß (Asbest).

Nebenprodukte waren Silber, Schwefel und Kupfervitriol. Als Rarität im ganzen Alpenraum bestand zwischen 1862 und

ca.1940 ein Smaragd-bergwerk in unserer Gegend. Im Felbertal bei Mittersill ist seit 1978 eines der größten Wolframbergwerke der Welt in Betrieb.-

Die Forschergruppe gehört organisatorisch zum Museumsverein des Heimatmuseums Bramberg, das durch seine Mineraliensammlung (Mineralien der Hohen Tauern) über die Grenzen bekannt geworden ist. Ab 1997 verfügt die Forschergruppe über eine eigene Ausstellungsfläche in diesem Museum. Angeschlossen an die Forschergruppe ist der Trägerverein des Schaubergwerkes "Hochfeld" im benachbarten Neukirchen.

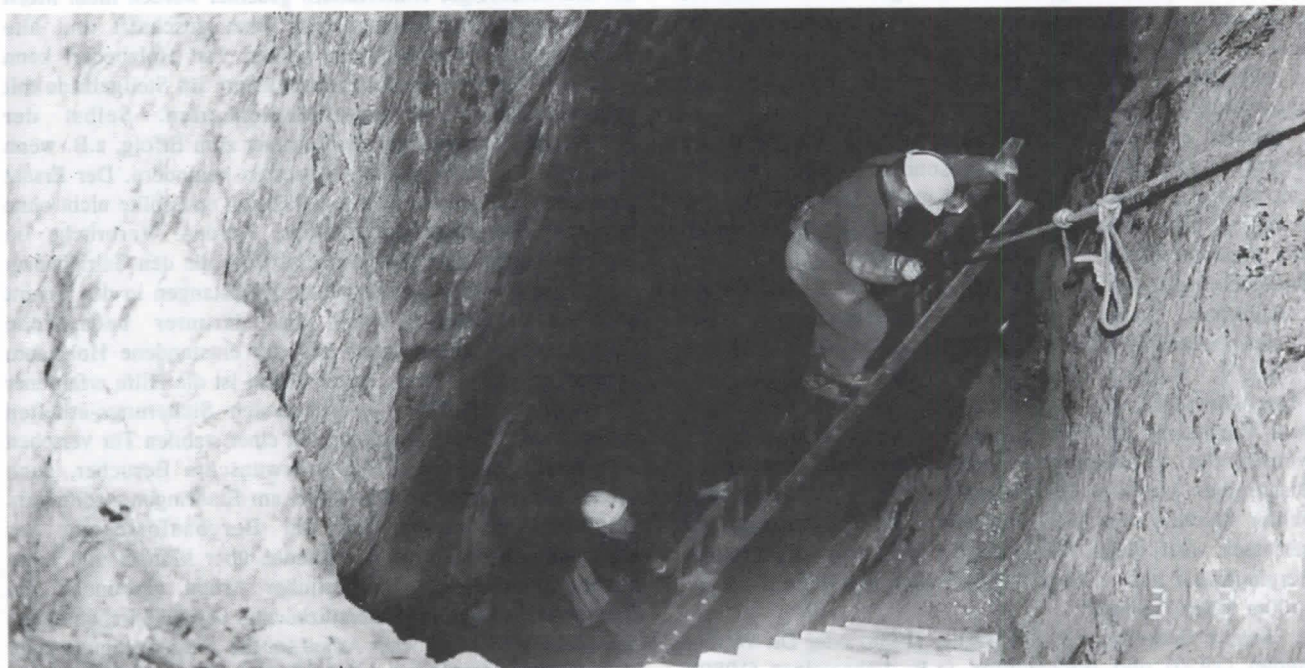


Abb: Bergbauforscher bei der Befahrung eines Aufbruchs im Hieronymus - Abendstollflügel des Untersulzbacher Bergwerkes "Hochfeld" (Neukirchen a. Grossvenediger / Salzburg).

Schwerpunkte der Arbeit der Gruppe sind einerseits Forschungsarbeiten in den relevanten Archiven über die geschichtliche Entwicklung des Bergbaues und andererseits die Feldarbeit vom Aufspüren, Erkunden und ggf. Sichern und Erhalten montanhistorisch wertvoller Anlagen im gesamten Oberpinzgau.

Die Gruppe setzt sich durchweg aus ehrenamtlichen Mitgliedern der verschiedensten Berufe zusammen, darunter ausgebildete Bergleute, Handwerker und Geologen.

Die Arbeit wird von der Kommunalverwaltung und den Österreichischen Bundesforsten unterstützt.

## 2. Die geologischen Verhältnisse

Der Oberpinzgauer Bergbau liegt teils im kristallinen Gestein der Hohen Tauern, teils in der, nördlich des Salzachtales gelegenen, mit Dolomiten und Quarziten durchsetzten, Grauwackenzone. Die dominierenden Gesteine sind Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite und Kalkmarmor. Die Erze bestehen aus Pyrit, Kupferkies, Arsenkies und Magnetkies sowie Ankerit. Eine präalpidische und eine postalpidische Genese werden beobachtet.

Die Einbauten liegen großteils oberhalb der Salzachtalsole in Höhen zwischen 820m und 1650m, in Ausnahmefällen auch bis 2000m. Die bis ca. 1700m bewaldeten Berghänge sind großteils sehr steil und unzugänglich, viele Mundlöcher ehemaliger Stollen sind nur auf schmalen Fußsteigen erreichbar. Die Einbauten wurden in höheren Lagen häufig auf zu Tage tretende Erzauslässe oder Quarzgänge angesetzt, im talnahen Bereich mußten große Strecken im Hangschutt durchfahren werden.

## 3. Aufspüren von Einbauten im Gelände

Das Auffinden alter, z.T. weit über hundert Jahre verfallener ("vergänger" wie die Bergleute sagen) Stollen und Schächte in den Hängen des Salzachtales und seiner Nebentäler bereitet häufig Schwierigkeiten. In den Landesarchiven vorhandene Karten und Pläne zeigen zwar rel. gut die Verhältnisse unter Tage, über die Lage der Mundlöcher im Gelände geben sie aber nur wenig Aufschluß. Der Zweck derartiger Unterlagen war ja auch die Darstellung der Berggebäude, nicht aber der oberirdischen, allgemein bekannten Verhältnisse!

Fehler bei der Landeskartographie behindern das weitere die Sucharbeit, insbesondere wenn, wie im Oberpinzgau geschehen, alte Lokalisierungszeichnungen vertauscht oder verschoben wurden. So wurden z.B. im Bereich des Brenntalwaldes von den Kartographen um 1830 die Bezeichnungen um jeweils ein Tal nach links (Osten) verschoben. Auch sind neue Namensgebungen oder Namensänderungen häufig. Aus "Widtkogel" (widt = altddeutsch "Wald") wurde "Wildkogel", aus "Sausteineralpe" "Sauersteineralpe", aus "Hopfersbach" "Vitlech-graben", aus dem "Pruggbach" der "Wolfganggraben" usw.. Noch vergrößert werden die Verwirrungen, wenn Gutachter voneinander abschreiben und bei der Umrechnung von Höhenangaben Fehler machen oder sich unbesehen auf frühere Angaben verlassen. Auf diese Weise wurden z.B. von dem Tiroler Bergingenieur Max v. Isser (1908) Stollen aus 900m Höhe auf 1400m Höhe "verlegt".

Andere Gutachter z.B. Dr. Aigner (1938) oder Dr. Werner Heiße (1950) und Buchautoren (z.B. Lahnsteiner (1980), haben diese Angaben in ihren Arbeiten unbesehen übernommen. Die Nachsuche gestaltet sich dann entsprechend schwierig!

Nach einem ersten Eingrenzen "verdächtigen" Geländes durch Einmessen von halbwegs gesicherten Bezugspunkten, ist ein systematisches Abgehen und Absuchen des Geländes unvermeidbar. Überwachsene Halden, Einbruchstrichter (Pingen), austretendes Stollenwasser und Überreste alten Grubenholzes sind wichtige Hinweise beim Aufspüren alter Stollen und Schächte. Versuche mit elektron. Hohlraumspürgeräten<sup>1</sup> haben bislang wenig Erfolg gezeigt, weil zum einen die starke Vererzung der Böden die Meßergebnisse verfälscht und zum anderen das Hantieren mit fast meterlangen Antennen im bewachsenen Steilgelände außerordentlich schwierig ist. An verdächtigen Stellen muß dann gegraben werden - oft auch ohne Erfolg. Als eine Erfahrung bei solchen Nachsuchen hat sich gezeigt, daß häufig das Nachgraben zu hoch angesetzt wird, d.h. man gelangt eher über oder auf die alte Firste als auf die Sohle des gesuchten Stollens. In Hanglagen haben sich manchmal erstaunlich gut Überreste alter Gestänge - den hölzernen Leitschienen der Spurnagelhunte - erhalten. An ihnen kann man sich natürlich leicht entlang graben und den Stollenzugang nicht mehr verfehlen. Austretendes Wasser ist ein anderer guter Indikator, insbesondere wenn der Wasseraustritt in sonst trockenem Gelände festgestellt wird. Bei Aufgrabungen ist hier aber äußerste Vorsicht angebracht, weil der Wasserdruck sich rasch verstärken und zu plötzlichen Ausbrüchen führen kann. So z.B. geschehen in den Jahren 1789 und 1803, wo durch plötzlichen Wassereinbruch im Sigmund Stollen im Brenntalwald (Mühlbach) 3 Knappen zu Tode kamen. In Zweifelsfällen sollte man Sondiereisen eintreiben oder Probebohrungen vornehmen, wie etwa im Kalibergbau, wenn es gilt, unerkannte CO<sub>2</sub> Gasblasen zu erkennen.

## 4. Wiederaufgewältigung

Ist man bei einer Probegrabung fündig geworden, beginnt die praktische Bergmannsarbeit: Das Mundloch muß vorsichtig freigelegt und gesichert werden. Im Lockergestein bedeutet das das Setzen von Türstöcken und Versichern der Ulmen, wobei auf kraftschlüssiges Hinterfütern geachtet werden muß. Meist muß tonnenweise Bruchgestein hinausgeschafft und alte Zimmerung herausgeschnitten werden. Der Holzbedarf kann rasch zum Problem werden, insbesondere im Steilgelände mit eingeschränkten Transportmöglichkeiten. Selbst der Hubschraubereinsatz führt nicht immer zum Erfolg, z.B. wenn Hochwald die Sicht und das Absetzen behindern. Der Ersatz alter Zimmerungen ist nicht ungefährlich und sollte nicht ohne erfahrene Bergleute durchgeführt werden. Verbrüche im Hangschutt erfordern eine besondere Technik: den Getriebebau. Dabei werden über Hilfstürstöcke Treibstangen in den Schutt soweit vorgetrieben, daß das darunter befindliche Lockermaterial ausgeräumt und der entstandene Hohlraum verzimmert werden kann. Auch hierbei ist die Hilfe erfahrener Bergleute unerlässlich. Zu den ersten Sicherungsarbeiten gehört auch, daß das Mundloch mit einer stabilen Tür versehen und verschlossen wird, um unerwünschte Besucher, auch spielende Kinder und wilde Tiere, am Eindringen zu hindern. Insgesamt ist dieser Teil der Bergbauforschung der unattraktivste, weil unter Umständen über Monate und Jahre hinweg mit schwerer körperlicher Arbeit verbunden. Im Bergwerk Hochfeld im Untersulzbachtal bei Neukirchen haben drei Mann bei fast täglicher Arbeit für die Aufgewältigung einer verbrochenen Strecke von 136m Länge 2 Jahre und 4 Monate

<sup>1</sup>Multifunktionsdetektor White TM 800 EURO

benötigt. Im Lucia Stollen im Brenntalwald arbeiten wir seit fast 3 Jahren an der Wiederaufgewältigung einer 32m langen Verbruch-strecke, allerdings nur unregelmäßig an den Wochenenden. Man sieht, zur Bergbauforschung gehört viel Geduld!

## 5. Erkundung

Nach Überwindung der Verbruchzonen - häufig im Hangschutt oder in Störzonen im Gebirge - beginnt die eigentliche Erkundung. Lange Stollenabschnitte alter Bergwerke sind im festen Gestein auch nach Jahrhunderten noch befahrbar. Selbst große Firsten- oder Strossenbaue können durchklettert werden. Altes Holz und kleinere Verbrüche behindern natürlich das Vordringen, bei dem äußerste Vorsicht geboten ist. Vor allem muß ständig auf ausreichende Wetterführung und gute Beleuchtung geachtet werden. In alten Stollensystemen im Gebirge herrscht zwar häufig ein guter Wetterzug, auch wenn die Stollen teilweise verbrochen sind, im Zweifelsfall ist aber das Mitführen von Wetterlampen ratsam. Auch sollten vor einer Befahrung Erkundungen einge-zogen werden, ob mit gefährlichen Wettern zu rechnen ist.

Gute Beleuchtung (Stirnlampen, Handlampen und Reservelampen) ist schon deshalb anzuraten, weil häufig Förderrollen, Gesenke und Wetterschächte ungesichert in den Stollen, teils verschüttet, teils offen, beginnen und die Absturzgefahr sehr groß ist.

Abgesoffene Strecken können theoretisch zwar durch Taucher erkundet werden, praktisch wird man sie aber zum Vermessen und Aufspüren von Fundmaterial sumpfen müssen. Wenn elektrische Energie herangeführt und das Wasser abgeleitet werden kann, ist das Sumpfen rel. unproblematisch. Allerdings kann man beim Ableiten alter Grubenwässer sehr schnell mit dem Umweltschutz in Konflikt geraten. Hier empfiehlt es sich, vorher Erkundungen einzuholen!

## 6. Sicherung, Fundbergung und Vermessung

Nach erfolgter Erstbefahrung werden zur weiteren Bearbeitung und Auswertung der erschlossenen Stollen und Schächte Sicherungsarbeiten notwendig. Zuerst sollten Fluchtwege und zusätzliche Ausfahrungsmöglichkeiten erkundet werden. Offensichtliche und durch Abklopfen erkundete Bruchgefahren müssen durch sachgemäßes Verzimmern gesichert werden. Alte Leiterfahrten und Schachtzimmerungen sind meistens zu erneuern, die Sohle der Hauptbefahrungsstrecken soweit zu säubern, daß ungehindertes Befahrung möglich wird. Fundstücke wie alte Werkzeuge, Ausrüstungsgegenstände, Gerätschaften, Markscheiderzeichen etc. sollten zunächst lokalisiert, aber erst dann geborgen werden, wenn die schadlose Bergung sicher möglich ist. Häufig zerfallen Fundstücke schon bei Berührung oder spätestens beim Transport nach Übertage! Das gilt z.T. auch für Mineralfunde bei denen Spannungen im Kristallgefüge diese spätestens Übertage zerplatzen lassen. Deshalb sollte man farbenprächtige Werke der Natur lieber unbeschadet an Ort und Stelle belassen. Manchmal ist es auch notwendig, ganze Streckenabschnitte durch Einbau von Stahltüren vor der Sammelwut kommerzieller- und pseudo-wissenschaftlicher Mineraliensammler zu schützen. Für geologische Aufschlüsse müssen Stollenwände gereinigt werden. Hierfür sind Feuerwehrspritzen eine gute Hilfe, - wenn sie vor Ort gebracht werden können.

Wenn die meist vorhandenen Risse und Schinzüge der Bergwerksgebäude unvollständig oder ungenau sind, bietet sich die Neuvermessung an. Voraussetzung sind die Verfügbarkeit leichter, robuster, beleuchteter Vermessungsgeräte (kombinierte Theodoliten/ Nivelliergeräte) und natürlich erfahrene Vermessungsfachleute.

## 7. Einige rechtliche Aspekte

Grundsätzlich ist bei jeglicher Feldarbeit im Gelände das Einverständnis des Grundbesitzers einzuholen. Bei Grabungen in Forstgebieten gilt es zusätzlich, ein Einverständnis mit etwaigen Jagdpächtern herbeizuführen. Weiterhin müssen die jeweiligen landesspezifischen Bergbaugesetze und Verordnungen beachtet werden.<sup>2</sup> Zweckmäßigerweise setzt man sich vor Beginn irgendwelcher Aktivitäten mit der zuständigen Bergbaubehörde (Bergämter, Berghauptmannschaften etc.) in Verbindung. Für Forschungszwecke ist der Erwerb von Schurfrechten etc. zumeist nicht notwendig, jedoch ist eine Abstimmung mit den Behörden zu empfehlen. Für die in der Feldarbeit ehrenamtlich tätigen Personen ist der Abschluß einer Gruppenunfallversicherung ratsam. Darüber hinaus sollten Verzichtserklärungen eingeholt werden. Im Gelände ist ein sachkundiger Leiter zu benennen, dessen Anweisungen sich alle Beteiligten unterzuordnen haben. Überhaupt ist eiserne Disziplin Voraussetzung für sicheres, unfallfreies Arbeiten.

## 8. Schlußwort

Sollte es gelungen sein, Interesse an unserer Arbeit zu wecken, ist der Zweck dieses Vortrages sicher erfüllt! Wir würden auch gern mit anderen Gruppen in einen Erfahrungsaustausch eintreten und laden an der Bergbauforschung Interessierte herzlich dazu ein, unsere Arbeit an Ort und Stelle zu besichtigen.

Glück Auf!

## Literatur

- AIGNER, 1938. Unveröffentlichtes Gutachten. Wels.  
HEIBEL, W. 1950. Unveröffentlichtes Gutachten. Wien.  
ISSER, M. v. 1908. *Techn. Zentralblatt f. Berg-Hütten-u. Maschinenbau* XIX, 35.  
LAHNSTEINER, J. 1980. Der Oberpinzgau, Hollersbach.

<sup>2</sup> In Österreich ist nach dem Berggesetz BgBl 259/1975 u. Novelle 520/1982 jegliches Betreten von Bergbauanlagen (auch aufgellassener) durch Unbefugte verboten.

# Speläologie und Montanarchäologie - ein Vergleich

von Gerd Weisgerber,

Deutsches Bergbau-Museum, Institut für Montanarchäologie, Am Bergbaumuseum 28, D 44791 Bochum

## extended abstract

Höhlen bilden das gemeinsame Forschungsobjekt sowohl von Archäologie als auch von Höhlenforschung. Wegen unterschiedlicher Fragestellungen unterscheiden sich auch die angewandten Methoden. Der Schwerpunkt archäologischer Untersuchungen in Höhlen mit spektakulären Ergebnissen, d.h. das Studium der Hinterlassenschaften quartärzeitlicher Menschen, hatte sich in den letzten Jahrzehnten in den Vorderen Orient verlagert. Aber neueste Entdeckungen in teilweise schwer zugänglichen Höhlen haben gezeigt, welches Erkenntnispotential auch heute noch in europäischen Höhlen steckt (Cosquer und Chauvet Höhlen). Wenig bekannt ist, daß Bergbauarchäologie als Sonderdisziplin der Archäologie, noch engere Beziehungen zur Höhlenforschung hat, gehen doch manche Höhlen direkt auf Bergbau zurück, ohne daß dies auf Anhieb erkannt worden ist.

Beide Wissenschaftsdisziplinen haben viele Gemeinsamkeiten, auch wenn sie sich in ihrem Alter und Herkommen unterscheiden. Höhlenforschung ist eine primär erdgeschichtliche Disziplin mit langer eigener Geschichte, während die Archäologie des Berg- und Hüttenwesens als Erschließung eines Aspektes menschlicher Geschichte erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewann. Es gibt auch unterschiedliche Forschungstraditionen. Während in Frankreich der sportliche Aspekt in der speléologie minière nicht zu übersehen ist und Höchstleistungen vollbracht hat, betont man in Deutschland mehr die archäologischen Methoden zum Erkenntnisgewinn. Höhlenkunde und Bergbauarchäologie haben zwar unterschiedliche Ziele und Fragestellungen, zu deren Verfolgung und Beantwortung müssen aber vielfach gleiche Methoden oder Verfahren angewandt werden. Das beginnt mit der durch Dunkelheit, Feuchtigkeit, Gefährdung und Enge bedingten gleichen oder ähnlichen technischen Ausrüstung und reicht bis zu modernen Vermessungsmethoden zur Dokumentation der in Frage kommenden Hohlräume. Die Erfassung der Lagerstättenverhältnisse, die Dokumentation bergmännischer Techniken, neu zu setzender oder zu reparierender bergmännischer Ausbau - überhaupt die Freilegung der Geschichte menschlicher Aktivitäten in einem Hohlraum, sind aber Aufgaben, die von Speläologen beim Verfolgen ihrer Ziele in der Regel nicht zu leisten sind. Gerade bei der Untersuchung sehr alter Höhlen in Europa und Afrika hat sich ergeben, daß diese in beiden Fällen den ältesten Bergbau des jeweiligen Kontinents mit 20.000 und 40.000 Jahren darstellen.

Es gibt auch Fälle, in denen beide Disziplinen zwangsläufig zusammenarbeiten müssen: Manchmal wurde die sekundäre Vererzung natürlicher Karsthöhlen bergmännisch gewonnen. Beispiele dafür sind antike Goldgruben auf der griechischen Insel Thasos und mittelalterlicher Eisenbergbau im Sauerland/Deutschland.

Der Vortrag wird mit Beispielen vorwiegend eigener Forschung illustriert.

# Depositi ipogei derivanti dall'attività estrattiva in cave preistoriche: la frattura tettonica "La Rossa" di Valle Lagorara (Italy)

Cecilia M. Barsanti - Sergio Martini  
cp 714, I-16100 Genova, Italy

## Abstract

the dig and the analysis of a cave sedimentary deposit facing a Copper Age quarrying area lead, through the identification of three lithic thipologies ("natural sediment", "quarrying debris" and "stone-manufacturing chips") and the reckoning of their mutual ratio, to some interesting remarks related to the prehistorical site frequentation & "man-environment" interrelations.

## Riassunto

lo scavo e l'analisi del deposito sedimentario di una cavità naturale prospiciente un'area estrattiva risalente all'Età del Rame conduce, tramite l'identificazione ed i rapporti quantitativi di tre tipologie litiche fondamentali definite "naturali", "debris di cavatura" e "schegge di lavorazione", ad interessanti considerazioni relative alla frequentazione del sito ed alle interrelazioni uomo-ambiente.

## 1. La frattura tettonica "La Rossa"

nel corso di una ricognizione eseguita nel 1992 in Valle Lagorara, sito di rilevante interesse archeologico (MAGGI & CAMPANA, 1997) in quanto sede di una cava e di officine di lavorazione del diaspro (roccia sedimentaria silicea con caratteristiche litomeccaniche equivalenti alla selce) risalenti all'Età del Rame (4000 B.P.), in corrispondenza ad una serie di paretoni presentanti tracce di estrazione veniva individuata una profonda frattura naturale che, per morfologia e posizione, si immaginava potesse aver preservato al suo interno testimonianze dell'antica attività di cavatura. Questo ipogeo, denominato "La Rossa", appartiene alla classe delle "cavità tettoniche"; si tratta di una grande frattura (fig.1) avente orientazione Nord-Sud, lunga 12.27 m, profonda 7.24 m (3.38 m nel punto di scavo) e larga mediamente 35 cm. La cavità, che si apre a 780 m s.l.m. e si sviluppa nella radiolarite (diaspro), si trova immediatamente a valle di una grande nicchia di cavatura e serrata tra la parete che da questa si diparte ed uno stretto terrazzino a sua volta protetto da una guglia rocciosa che chiude alla vista della valle l'ingresso della grotta. Dall'analisi del contesto geologico in cui si apre (S.G.I., 1994) e da considerazioni relative alla sua morfologia su grande e piccola scala, si può evincere come la cavità costituisca il tratto emergente di una faglia gravitativa estendentesi in direzione Nord-Ovest/Sud-Est.

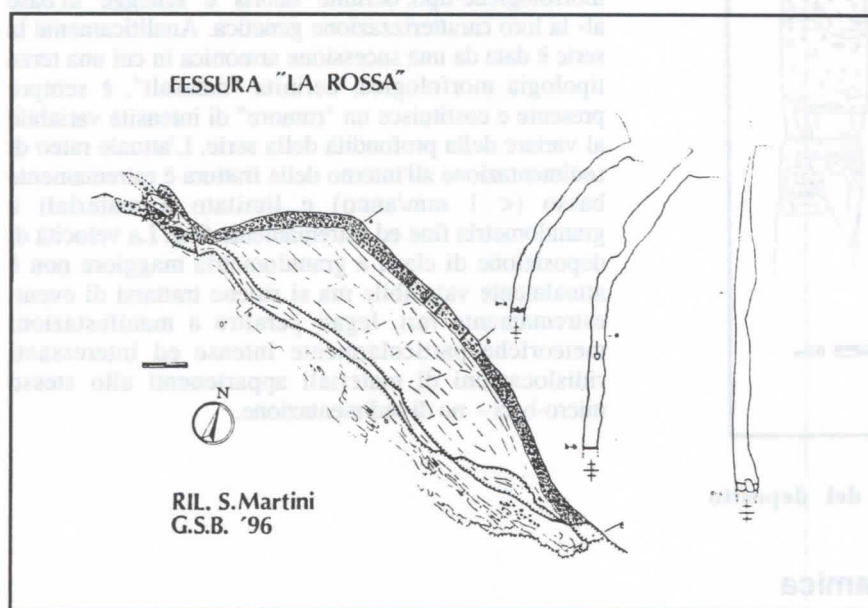


Fig.1: Frattura tettonica "La Rossa", pianta e sezioni.

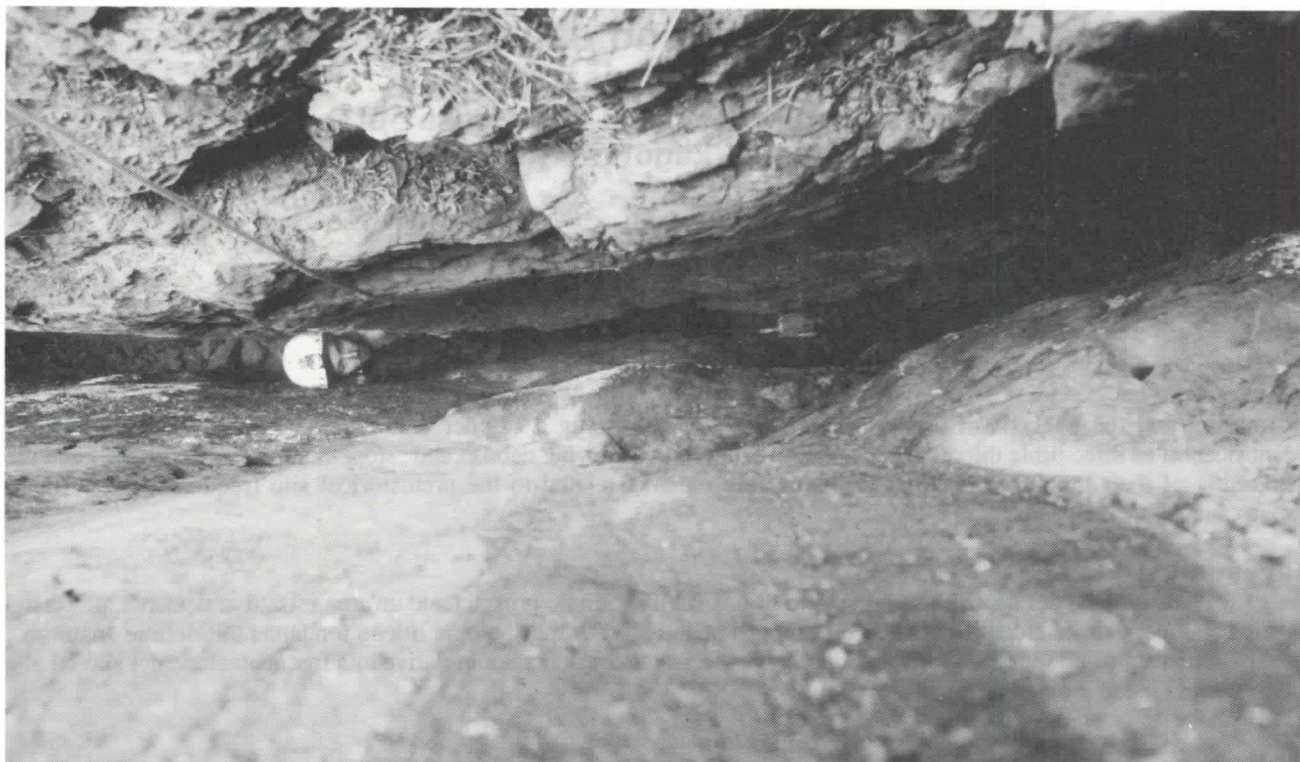


Fig.2: L'interno della "Rossa" ripreso dal bordo superiore

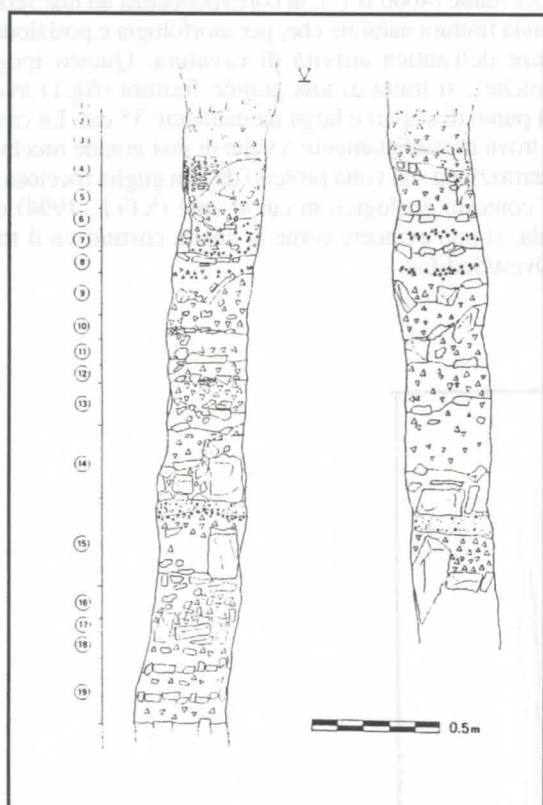


Fig.3: Sequenza stratigraphica del deposito

## 2. Le campagne di scavo

dal 1993 sono state effettuate tre campagne di scavo archeologico all'interno della cavità di cui, non senza difficoltà (fig.2), si è ottenuto il campionamento della sequenza sedimentaria fino alla profondità di -2,30 m (fig.3).

Complessivamente il potenziale del deposito della "Rossa" non è inferiore ai 15 metri e, per la parte esplorata, è costituito da una serie sedimentaria impostata sulla ripetizione di due tipologie morfologiche-tipo, definite "debris" e "schegge" in base alla loro caratterizzazione genetica. Analiticamente la serie è data da una successione armonica in cui una terza tipologia morfologica, definita "naturali", è sempre presente e costituisce un "rumore" di intensità variabile al variare della profondità della serie. L'attuale rateo di sedimentazione all'interno della frattura è estremamente basso (< 1 mm/anno) e limitato a materiali a granulometria fine ed estremamente fine. La velocità di deposizione di clasti a granulometria maggiore non è attualmente valutabile ma si ritiene trattarsi di eventi estremamente rari, legati peraltro a manifestazioni meteoriche particolarmente intense ed interessanti ridislocazioni di materiali appartenenti allo stesso micro-baci - no di sedimentazione.

## 3. Il deposito e la sua dinamica

venendo a considerare le risultanze delle analisi litotipiche, granulometriche, morfometriche e morfoscopiche, si può osservare come la curva delle classi di frequenza dei litotipi in radiolarite rossa (diaspro) si possa considerare unimodale per la prevalenza di percentuali relative tra l'88 % ed il 96 %; diversamente la curva delle classi di frequenza della "ftanite" che è

più spiccatamente bimodale con prevalenza di percentuali relative intorno all' 1,5 % e picco secondario centrato su percentuali relative del 6 %: questa "oscillazione" è in accordo con la disposizione naturale della sequenza radiolaritica, in cui a strati di "diaspro rosso" (privi di ftanite) seguono, con alternanza, livelli più o meno consistenti di "diaspro verde" e/o ftanite; l'asimmetria dell'istogramma è rappresentativo di classi di frequenza caratterizzate da percentuali relative comunque basse (i livelli a "ftanite" erano poco consistenti) ma sempre presenti lungo tutta la sequenza (il materiale era moderatamente rimaneggiato prima di precipitare nella frattura, in modo da potersi miscelare parzialmente). Vi è eterotropia di facies nel deposito, cioè che indica come i sedimenti non precipitassero "omogeneamente" ed istantaneamente lungo tutta l'apertura della frattura, ma andassero a costituire singoli conoidi le cui falde detritiche si spostavano lateralmente all'interno della frattura stessa giustapponendosi ad altri conoidi. Il picco centrato sulla classe di frequenza corrispondente a percentuali relative intorno al 17,5 % può rappresentare il momento in cui l'attività di cava ha coinvolto il bordo Ovest della "Rossa", cioè l'area del terrazzino ad essa prospiciente: solo negli strati di radiolarite corrispondenti alla parete Ovest della faglia, infatti, è presente un potenziale di "diaspro verde" tale da giustificare una sua così alta percentuale relativa nei detriti. Le curve delle classi di frequenza dei litotipi in "arenaria ofiolitica" e "quarzo + diaspro bianco" sono entrambe unimodali, con asimmetria verso le classi di frequenza rappresentative di percentuali relative molto ridotte e cioè intorno allo 0,5 %. La presenza nell'istogramma delle classi di frequenza delle "arenarie ofiolitiche" di un evento corrispondente a percentuali relative più elevate (11 %) è in perfetto accordo con quanto detto a riguardo dei picchi nelle "ftaniti": sul lembo Ovest della "Rossa", infatti, a contatto con i "diaspro verdi" troviamo uno strato centimetrico di arenarie ofiolitiche. I litotipi ritrovati nella sequenza stratigrafica della "Rossa" risultano quindi abbastanza eterogenei: diaspro, ftanite, diaspro verde, lidite, radiolarite bianca, argillite, breccia ofiolitica e frammenti di rocce ignee. La presenza di tutti questi litotipi costituisce una marcata caratteristica del deposito della "Rossa" ed ha ragione di essere nella conformazione geologica dell'area e nello sfruttamento antropico delle sue rocce. La continuità che questi litotipi mostrano nella sequenza della "Rossa" dimostra come nel corso dell'attività di cava gli sbancamenti interessassero comunque l'area di imbocco della cavità e come questa non dovesse presentarsi in modo troppo dissimile da come oggi la vediamo. Dai dati relativi alla granulometria si deduce come la concentrazione di clasti naturali di grandi dimensioni tra lo strato 13 ed il 15 (con picco sul 14) possa essere messa in relazione ad un evento massivo che ha seguito la deposizione delle argille che "impaccano" lo strato 16, ricco di elementi naturali di medie e piccole dimensioni ed a sua volta chiuso dal 17, ove nuovamente sono presenti clasti naturali di grandi dimensioni. Si può ipotizzare che la sequenza basale sia in effetti testimone di una dinamica esoge - na molto intensa e che questa abbia concorso fortemente all'instabilità di versante che ha prodotto la deposizione dei grandi clasti presenti nel 14 e più genericamente a metà sequenza; la parte sommitale della serie corrisponderebbe invece ad un periodo di attività esogena più rilassata (aumento del - la messa in posto di sedimenti fini) e quindi alla stabilità di versante che ancora oggi caratterizza il lato orientale della valle. La dinamica esogena che ha prodotto siffatte differenziazioni deposizionali non è da ricercarsi unicamente negli eventi meteorici; dai dati si rileva come tra lo strato 19 e l' 8 l'attività di cavatura generasse molto debris massivo e relativamente poco particolato minore. L'azione antropica è da considerarsi agente "geomorfologico" preponderante e la naturale dinamica di versante ne avrà avuto fortissime ripercussioni: l'evento massivo naturale dello strato 14 è preceduto dalla massima produzione di debris "massivo" dell'intera sequenza, quella dello strato 16. Nel 16 la deposizione di clasti naturali vede preponderanti quelli di medie dimensioni a discapito di quelli di grandi dimensioni: questi ultimi erano evidentemente quasi esclusi dal ciclo naturale per l'intensa attività di cavatura (non potevano quindi generarsi); i clasti di medie dimensioni della parte medio-basale della sequenza (da 19 a 15) non erano allora il prodotto di trasporto idrico ma, presumibilmente, rimobilizzazioni indotte dall'attività estrattiva su sedimenti precedenti e provenienti quindi dall'area circostante la "Rossa". Dai dati morfometrici si rileva come i materiali provenienti dalla "Rossa" siano preponderantemente concentrati nel campo biassiale del diagramma di Zingg ( $b/a > 2/3$ ;  $c/b < 2/3$ ), differenziandosi quindi dai clasti del deposito "conoide naturale" che presenta invece prevalenza nel campo triassiale ( $b/a < 2/3$ ;  $c/b < 2/3$ ). Ciò trova ragione nella reale differenza delle tipologie dei depositi: le forme triassiali trovano origine nelle modalità naturali di frammentazione del diaspro, mentre nella genesi delle forme diascooidali (biassiali) è fondamentale il contributo della frammentazione "balistica" (ATKINSON, 1989), cioè della dinamica di cavatura e/o scheggiatura. Dai dati relativi alla "sfericità" (con valori da 0,45 a 0,73) si può evincere come i clasti di entrambi i depositi ("La Rossa" e "conoide naturale") si discostino da questa forma base. I dati dell'arrotondamento conducono a gradi variabili tra A e B (molto angolosa ed angolosa) per entrambi i depositi; soltanto nella parte basale della sequenza della "Rossa" emergono clasti di grado C (subangolosa) e, rarissimamente (dati statisticamente ininfluenti) di grado D (subarrotondata). In definitiva, quindi, i clasti del deposito della "Rossa" sono "freschi", cioè non hanno subito trasporto e dilavamento intensivo; la presenza di elementi più arrotondati nella parte basale lascia intendere si possa trattare di clasti rimaneggiati, provenienti cioè da aree di cava sommitali e rimasti a lungo esposti agli agenti atmosferici prima di venir coinvolti nel ciclo deposizionale della "Rossa". Il fatto che materiali dilavati provengano da zone a monte dell'ingresso della "Rossa" lascia intendere che precedentemente all'incedere del fronte di cava interessante l'ipogeo si fossero già espresse attività estrattive in aree ad esso sommitali.

#### 4. Analisi dei dati e conclusioni

dall'analisi dei dati relativi all'andamento delle tre tipologie (schegge, debris e naturali) nella sequenza stratigrafica (fig.4) si possono infine trarre importanti considerazioni riguardanti: 1) l'esiguità della produzione di schegge rispetto alla produzione di detrito ed alla deposizione naturale di clasti, con l'eccezione della parte superiore della sequenza; si può affermare con sicurezza che alla "Rossa" l'attività di scheggiatura era forse assente, eventualmente sporadica, sicuramente subissata dall'attività di cavatura. 2) la simmetria tra la curva del debris e la curva dei naturali; questa è imputabile all'andamento della curva delle "schegge" che, con le sue lievi oscillazioni, può considerarsi pressoché costante rispetto alle altre due curve e quindi ininfluenza sul loro andamento, mutualmente vincolato dall'operatore percentuale. Con ciò non si

può sorvolare sulla simmetria "di fatto" del fenomeno; il grafico esaspera analiticamente un vincolo fisico della sequenza deposizionale: ove la tipologia "schegge" è pressochè costante ed assumendo altresì costante il rateo di sedimentazione dell'ipogeo, il "rumore" dovuto alla tipologia "naturale" è letteralmente "modulato" dalla tipologia "debris". 3) nello strato 8 si ha l'inversione reciproca tra la curva del debris e dei naturali: questo punto rappresenta quindi una singolarità nella sequenza, interpretabile come un' interruzione nell'estrazione dei materiali (prevalenza di misura della deposizione naturale) che ripren- de subito ma con moderazione, essendo consistente (dal 7 al 3) l'attività di scheggiatura. 4) le intense oscillazioni nell'andamento della curva dei clasti di origine naturale; questa curva, a prescindere dal vincolo percentuale con la curva del "debris", presenta oscillazioni molto marcate, difficilmente interpretabili se non in chiave di variazioni nel rateo deposizionale dell'ipogeo o sue forti modulazioni indotte dall'attività di cavatura. Questo è confortato dall'analisi degli andamenti medi delle tipologie "naturali" e "debris" che presentano tre fasi distinte lungo la sequenza (MARTINI, 1996): la prima, piú antica, vede la preponderanza della sedimentazione naturale rispetto alla deposizione derivata dall'attività antropica; la seconda, mediana, vede il debris surclassare nettamente i sedimenti naturali e può rappresentare quindi una fase di intensa attività di cavatura; la terza, piú recente, vede diminuire nettamente il debris ed aumentare leggermente la deposizione naturale, indicando quindi una sospensione (comunque una netta diminuzione) dell'attività di cavatura ed il ripristino delle condizio- ni di sedimentazione naturale. Se l'entità della deposizione naturale nella fase piú antica lascia intendere condizioni paleoambientali caratterizzate da forte mobilità dei sedimenti, la variazione della tipologia "naturale" tra la fase mediana e quella finale può permettere invece di apprezzare l'entità minima della modulazione operata dal "debris" sul sedimento naturale, cioè la minima entità media dei sedimenti che non potevano depositarsi naturalmente nella frattura perchè "eclissati" dai prodotti dell'attività estrattiva. Un'altra analisi indicativa dell'incedere di eventi naturali a discapito dell'attività estrattiva e/o di scheggiatura può essere data da quei punti della sequenza stratigrafica in cui le curve del debris e delle schegge sono in fase mentre quella dei naturali è in opposizione di fase; se, cioè, all'aumentare del rateo di deposizione naturale corrisponde una contemporanea diminuzione del rateo complessivo di deposizione antropica (o viceversa) ciò può essere effettivamente indicativo di un temporaneo abbandono del sito (o viceversa). In particolare gli intervalli 9-8 e 4-3 sono marcatamente evidenti, il primo con un brusco aumento della deposizione naturale (cui corrisponde una diminuzione della deposizione di origine antropica) ed il secondo con un'altrettanta brusca diminuzione del rateo di deposizione naturale (cui corrisponde un aumento nella deposizione di ori- gine antropica); in entrambi i casi gli incrementi (positivi o negativi) sono superiori al 10 %, il che può in effetti lasciar spazio a scenari di imprinting ambientale ("climatico" o meno) sull'attività antropica.

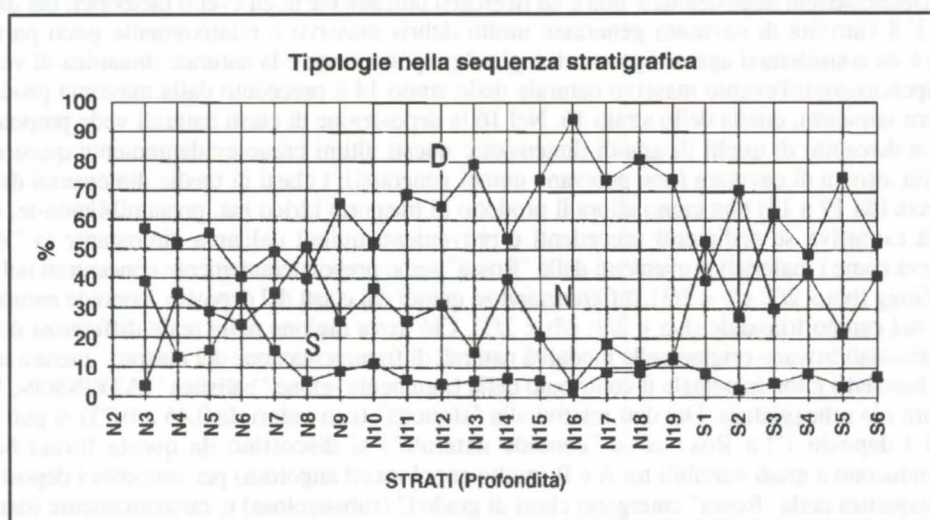


Fig.4: Tipologie nella sequenza stratigrafica: N = naturali; D = debris; S = schegge.

## Bibliografia

- ATKINSON, B.K. 1989. Fracture mechanics of rock, Academic Press, Londra.  
MAGGI, R. & CAMPANA, N. 1997. Lagorara: 10000 anni di storia in una valle della Liguria, Luna Ed., Luni (Sp).  
MARTINI, S. 1996. La frattura tettonica "La Rossa" ed il suo deposito ipogeo, Rel. n.1-96, Incarico di collaborazione del 30-12-95 su Perizia n.511 del 1-12-95 del Ministero dei Beni Ambientali e Culturali, Soprintendenza Archeologica della Liguria; Varese Ligure (Sp), 28-06-96.  
PETTJOHN, F.J. 1957. Sedimentary rocks, Harper & Bros., New York.  
RICCI LUCCHI, F. 1980. Sedimentologia: materiali e tessiture dei sedimenti, Vol.1, CLUEB, Bologna.  
S.G.I., 1994: Società Geologica Italiana, Appennino Ligure-Emiliano, Guide Geologiche Regionali, BE-MA editrice, Roma.  
YOUNG, H.D., w.p.d. Young, Elaborazione statistica dei dati sperimentali, Veschi Editore, Roma.

# La mine Henri I au Glaserbach (Niederbruck, Haut Rhin, France) à la Renaissance

par Bernard Bohly<sup>1</sup> et Michel Ehret<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (Unité Propre de Recherche A0423 du CNRS, Institut Polytechnique de Sevensans) 29 rue Jean Jaurès F-68360 Soultz

<sup>2</sup> Groupe d'archéologie minière les Trolls, France

## Abstract

In this argentiferous mining area exploited in the 16th century, our team has studied a small mining network (Henri I) which has preserved, in uncommon conditions, a large part of its equipment. The galleries excavated with care, preserve marks of a double ceiling used to ventilate : with nicks to fix beams on the walls and ventilation shaft. On the floor remains the haulage way, hanging about 30 cm above the floor in order to allow the water to flow ; for this purpose, junction pieces are, on one side, inserted in a nick cut in the rock, and fixed on the other side, in a grooved piece of wood laid vertically. The material excavated from the alluvium filling accumulated under this haulage way, reflects the life in the mine : a multitude of wood fragments, including a small board engraved with a human head, various metallic pieces, numerous leather pieces.... all perfectly conserved. In a sunken shaft, conserved in position, are elements of a wooden hand pump as well as the base material of a winch. A dendrochronological analysis dated these timberings from about 1560.

## Résumé

Dans ce secteur minier argentifère exploité au XVI<sup>e</sup>, notre équipe a étudié un petit réseau minier (Henri I) qui conservait dans un état exceptionnel une grande partie de ses équipements. Les galeries taillées avec un soin particulier, conservent les traces d'un double plafond d'aérage : encoche de fixation des poutres sur les parois et puits d'aérage. Au sol subsiste la voie de roulage, suspendue à environ 30 cm de hauteur pour permettre l'écoulement de l'eau ; à cet effet, les pièces de jonction sont enfoncées d'un côté dans une encoche taillée dans la paroi rocheuse, fixées de l'autre dans une pièce de bois rainurée posée verticalement. Le mobilier exhumé du remplissage alluvionnaire accumulé sous cette voie reflète la vie de cette mine : multitude de fragments de bois dont une planchette gravée d'une tête d'homme, pièces métalliques diverses, nombreux morceaux de cuir... le tout dans un état parfait de conservation. Dans un puits noyé sont conservés les éléments en place d'une pompe à bras en bois ainsi que les bases d'un treuil. Une analyse dendrochronologique date ces boisages de 1560 environ.

## Introduction

Le développement de l'archéologie minière au cours des quinze dernières années a permis d'accéder à une connaissance approfondie des techniques minières et de la condition matérielle du mineur dans les Vosges à l'époque de la Renaissance. Des publications nombreuses et d'excellente qualité font largement état de ces résultats et notre modeste contribution n'a pas la prétention de renouveler cette connaissance : nous voulons seulement présenter un petit réseau minier creusé sur un gisement argentifère, dans lequel nous avons pu observer des traces et des éléments particulièrement bien conservés qui permettent de reconstituer, dans un espace restreint, l'ensemble des techniques caractérisant l'exploitation d'une mine au milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, au moment où ces techniques avaient atteint leur perfection. Nous précisons que l'étude de ce réseau n'est pas encore achevée.

## 1. Présentation du secteur minier

L'exploitation minière a démarré précocement dans la vallée de Masevaux : dès le XI<sup>e</sup> siècle plusieurs documents citent une activité déjà florissante. Au siècle suivant, le secteur de Wegscheid devient un centre minier important : la première machine hydraulique de pompage connue dans le massif vosgien y est citée dès 1519, permettant l'approfondissement des travaux jusqu'à 60 mètres sous le thalweg. Le secteur du Glaserbach à Niederbruck n'apparaît dans les documents qu'entre 1594 et 1634 mais nous verrons que son exploitation fonctionnait déjà bien avant. La production reste modeste par rapport à ce qui est constaté dans les districts voisins. L'étude détaillée des archives est actuellement en cours par Monsieur Roger PETIT.

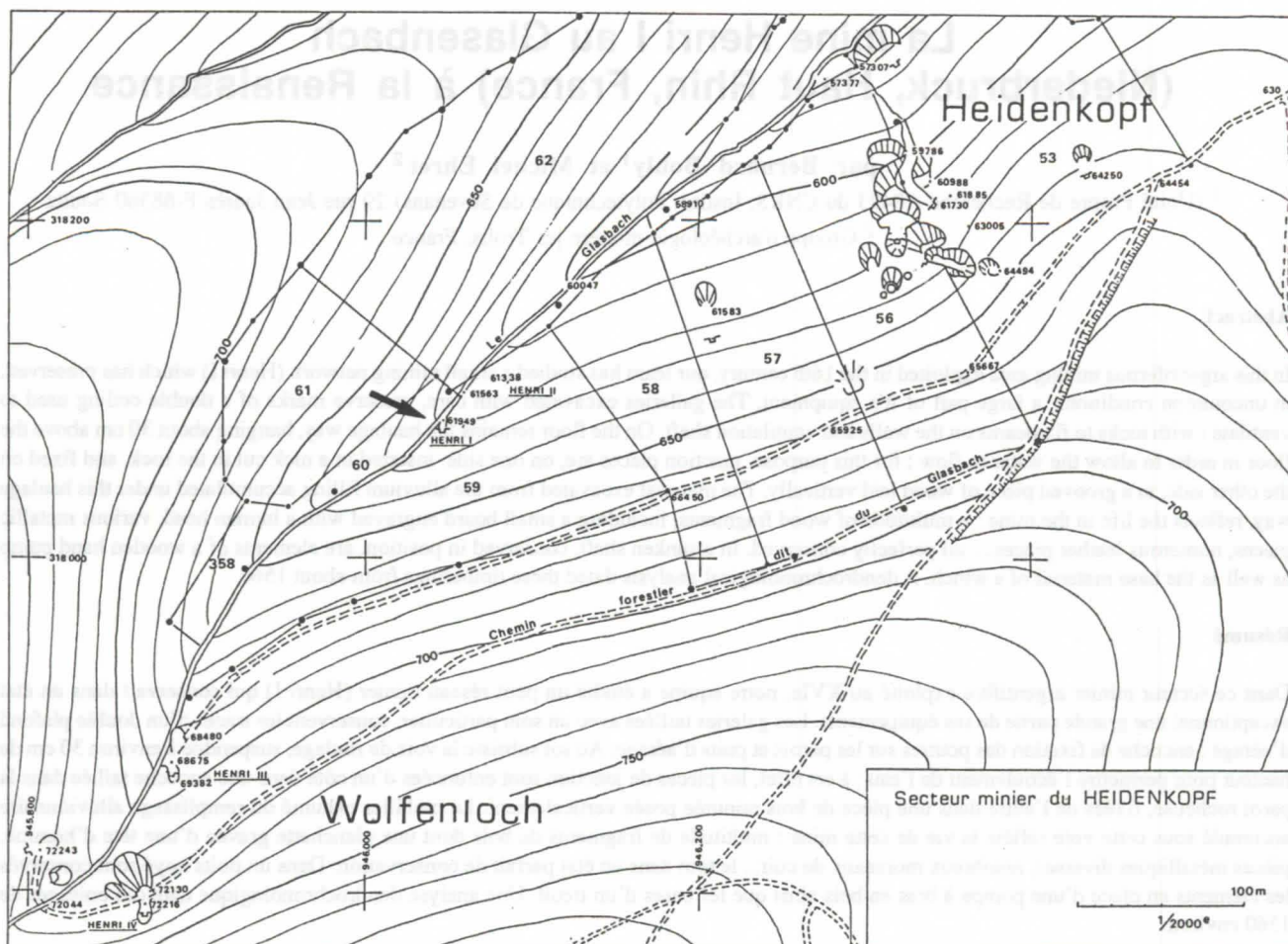
L'ensemble du secteur se situe en rive droite du vallon du Glaserbach, sur toute la pente de la montagne, entre les altitudes 570 et 780 mètres. On peut le découper en trois sous-secteurs indépendants sur le plan de l'exploitation mais aussi peut-être, jusqu'à preuve du contraire, sur le plan géologique :

- le quartier des mines du Heidenkopf ou partie inférieure du secteur, centré sur la galerie Friedrichstolle qui comprend 6 grosses halles superposées et une belle «pinge» (puits effondré au jour) sur le flanc droit du vallon entre 570 et 645 m d'altitude.
- le quartier de la galerie Henri I au centre, qui recèle une exploitation beaucoup plus importante que celle suggérée par les tranchées, affouillements et halles au relief très estompé, entre 610 et 670 m d'altitude.
- le quartier du Wolfenloch, ou partie supérieure du secteur, de part et d'autre du torrent entre 680 et 780 m d'altitude. Une galerie de très belle facture, entièrement parcourue par une voie de roulage y a été ouverte en 1977 par le CAES du CNRS.

Notre contribution portera sur la galerie Henri I, ouverte au printemps 1992 par deux collectionneurs de minéraux.

## 2. La mine Henri I

Il s'agit d'un Erbstolle (galerie de drainage des eaux) de 183 m de longueur qui vient recouper à deux endroits des travaux d'exploitation qui se développent depuis la surface. Son tracé relativement complexe et la présence d'un puits noyé suggèrent une deuxième fonction, de recherche d'indices minéralisés. Les



Vue d'ensemble du secteur. Plan BRGM et P. FLUCK

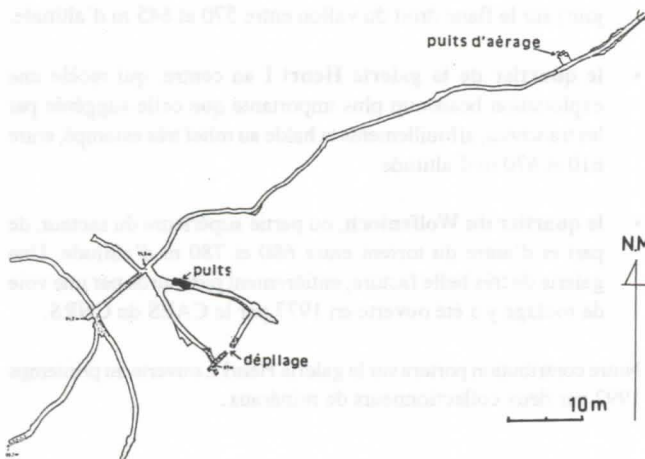
principaux minéraux métallifères primaires rencontrés sont la galène, la chalcopryrite et la tétraédrite.

dépilage comblé qui semble creusé depuis la surface : quarante mètres plus haut, au jour, subsiste la trace de puits effondrés. C'est dans ce dépilage actuellement inaccessible que se situe véritablement l'exploitation.

Dans le sol d'une petite salle est percé un puits à présent noyé, que nous avons pompé sur une hauteur de 5,20 m pour y étudier les éléments d'une pompe à bras encore en place. Nous allons passer en revue les différentes techniques d'extraction mises en jeu dans cette mine.

## 2.1. Le creusement

Il s'est fait pour l'essentiel **au marteau et à la pointerolle** avec un soin particulier : le profil des galeries, caractéristique de la Renaissance, est ogival tronqué très régulier. La méthode de **creusement par sitzort** est observée dans plusieurs des galeries latérales : deux mineurs travaillaient simultanément, le premier creusant la partie haute de la galerie, le deuxième surcreusant quelques mètres en arrière cette galerie pour lui donner son gabarit et sa pente définitive. Deux croix gravées sur les parois pourraient se rapporter à des marques d'avancement. **Le travail au feu** consistant à attendre la roche localement plus dure par la chaleur d'un brasier est observé à plusieurs endroits par des traces nettement délimitées de noir de fumée sur la partie supérieure des parois. Mais surtout, la fouille du remplissage alluvionnaire sous la voie de roulage dans la zone du porche a livré en abondance des restes de bois brûlé témoignant de cette pratique ; ils ont été soigneusement



Topographie de la mine

Un travers-banc d'entrée de 81 m de longueur donne accès à une série de galeries secondaires courtes explorant la zone minéralisée dans toutes les directions ; deux d'entre elles recoupent la base d'un

collectés et étudiés : il s'agit principalement de bûchettes de bois de feuillu. Enfin nous avons pu observer les traces d'un «durschlag», zone de rencontre entre une galerie venant d'en haut et notre Erbstolle. La trace des fronts de taille successifs et la différence des niveaux de plafond témoignent du tâtonnement de la jonction mais le faible écart entre les deux galeries montre bien la maîtrise de l'espace acquise par les arpenteurs de l'époque.

## 2.2. L'aérage

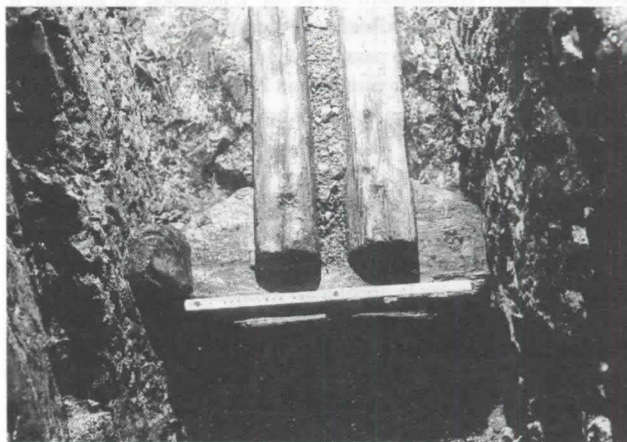
Le problème de la mauvaise circulation de l'air, accentué ici par la taille au feu a nécessité l'adaptation d'un dispositif particulier, le **double-plafond d'aérage**. Aux trois quarts de la hauteur de la galerie, un plafond en bois partageait l'espace en deux en haut, un compartiment relié au jour par un petit puits vertical à faible distance de l'entrée, canalisait en été l'air extérieur pour l'amener vers l'extrémité de la galerie, et le faire ressortir, chargé de l'air vicié par les fumées, par le compartiment inférieur. En hiver ce mouvement s'inversait. Ce système fonctionnait par le jeu des différences de température entre l'extérieur et le milieu souterrain.

Le puits d'entrée bouché par des alluvions du ruisseau proche, et une multitude de petites entailles rectangulaires creusées sur le haut des parois pour le calage des pièces de bois soutenant le double plafond témoignent encore de l'existence de ce dispositif. Il ne reste par contre aucune trace de l'argile de colmatage qu'on retrouve en général le long de ce double plafond et qui évitait tout fuite d'air entre les deux compartiments : ceci peut s'expliquer par l'action de l'eau qui noyait entièrement la galerie avant sa réouverture.

## 2.3. Le roulage

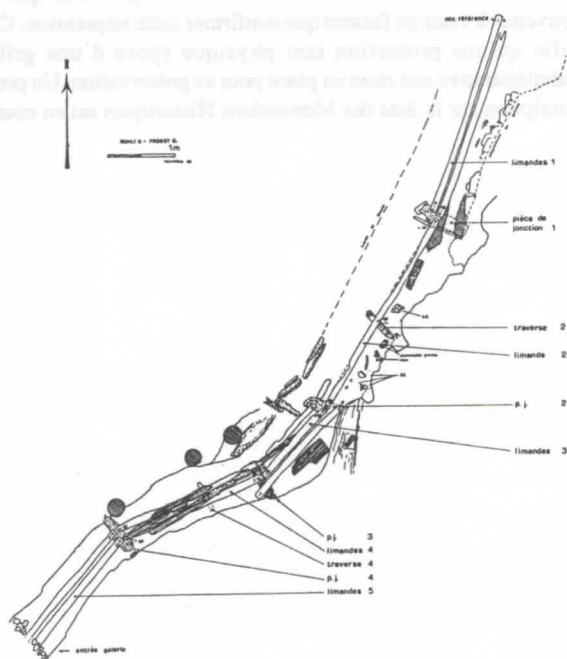
Pour la sortie du minerai et des stériles les mineurs utilisaient de petits chariots ferrés qui évoluaient sur **une voie de roulage**, guidés par une pièce métallique venant s'insérer entre les limandes de cette voie (le clou de guidage). A Henri I nous avons retrouvé l'intégralité

de cette voie, dans un état de conservation tout à fait exceptionnel. Elle parcourt tout le travers-banc d'entrée pour s'engager à son extrémité dans la galerie adjacente de gauche et s'arrêter à environ une quinzaine de mètres de son front de taille. Une voie secondaire



*Détail d'une pièce de jonction ancrée d'un côté dans la roche de l'autre dans un morceau de bois rainuré.*

venant du défilage comblé passe à côté du puits noyé avant de se raccorder à la voie principale. Le croisement, avec ses pièces de calage latérales et les traces de frottement du clou de guidage est en parfait état. Le reste du réseau n'était pas pourvu de cet équipement.



*Voie de roulage dans le porche*



*Reconstitution de la voie «suspendue» et du double plafond d'aérage*

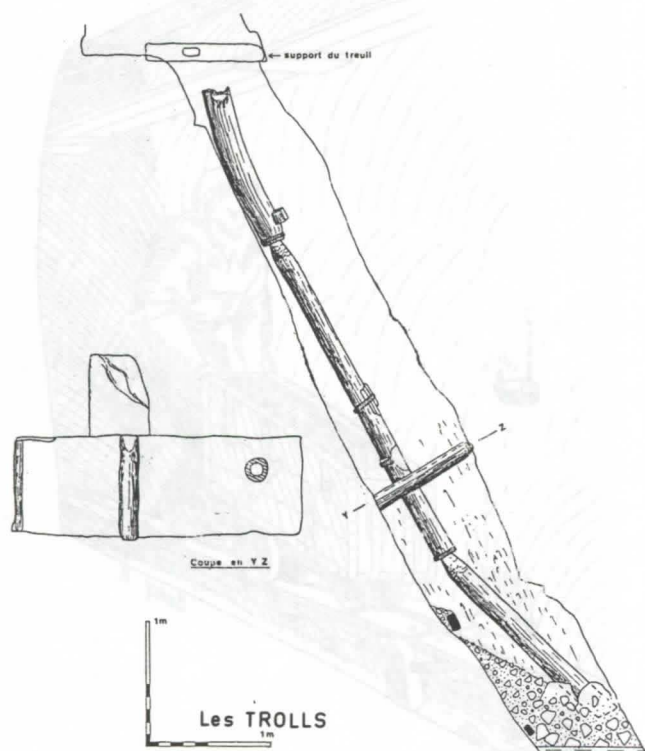
Mais le plus remarquable est la construction de cette voie, suspendue à environ 30 centimètres du sol par un système astucieux : les **pièces de jonction**, auxquelles sont chevillées les limandes tous les deux ou trois mètres, s'encastrent d'un côté dans une entaille peu profonde dans la roche, de l'autre dans une forte pièce de bois rainurée et posée verticalement sur le sol. L'humidité en gonflant le bois assure une parfaite cohésion de l'ensemble qui s'est parfaitement maintenu, malgré le passage répété des lourds chariots. Cette disposition permettait un écoulement de l'eau abondante drainée pas le réseau sans qu'elle ne gêne les ouvriers lors de leurs passages dans la galerie.

Des chariots, communément appelés «chiens de mines» (Berghunt), il n'a été retrouvé que très peu de choses : quelques rondelles de fer du système de roulement et quelques morceaux de ferrure cassés, piégés sous la voie par le dépôt alluvionnaire.

## 2.4. La gestion de l'eau

Nous avons vu que cette galerie avait entre autres la fonction d'assécher le réseau, une observation plus fine montre une gestion bien pensée du flux des eaux :

- **l'eau profonde d'abord, qui s'infiltre dans le puits descendant.** Elle est remontée au niveau de sortie par une pompe à bras dont subsistent 3 tuyaux en bois encore emboîtés, reposant en équilibre instable sur le parement incliné du puits par le tuyau supérieur et la base du tuyau inférieur. Ils ont 23 à 25 cm de diamètre pour une lumière intérieure de 10 cm. Chaque tuyau a une extrémité supérieure conique qui s'insère dans la base frettée du tuyau suivant. Cette jonction est renforcée par 4 crochets métalliques. Le système perche-piston et le mécanisme d'action ont disparu. De même la base de la pompe, enfouie par les stériles accumulés dans le puits après abandon, n'est plus visible.



*Parement Ouest du puits noyé avec le «train» de cors de la pompe à bras*

- **l'eau venant du réseau supérieur, à travers le défilage, ensuite.** Elle peut s'écouler par deux voies : soit par la galerie débouchant derrière le puits, soit plus directement par celle qui passe à côté, équipée de la voie de roulage. Pour éviter qu'elle ne passe par la première et qu'elle contribue ainsi à remplir le puits, les mineurs ont établi un barrage dont subsistent quelques traces : deux saignées dans la roche sur la base des parois immédiatement derrière le puits, associés à une masse argileuse collée au sol, ainsi qu'une différence de teinte sur les mêmes parois marquant l'existence d'un ancien niveau d'eau. La voie d'écoulement choisie pour les mineurs était ainsi privilégiée.
- **l'ensemble de ces eaux, grossies par celle qui suinte de toutes les galeries secondaires** s'écoulait ensuite sous la voie de roulage du travers-banc d'entrée vers l'extérieur. Le dépôt constant d'alluvions, piégeant une multitude d'objets divers perdus lors du passage des ouvriers (pièces de cuir, morceaux de bois, céramique, verre, outils....) obligeait à un curage régulier.

Ainsi, le seul aspect des techniques d'exploitation qui n'a pas pu être présenté, est celui de l'extraction proprement dite de la masse minéralisée. La désobstruction du défilage, envisagée ultérieurement, permettra de combler cette lacune.

Un prélèvement de plusieurs pièces de bois a permis une datation par dendrochronologie effectuée par le laboratoire de chronoécologie de Besançon (G. LAMBERT - C. LAVIER) qui a proposé les années 1562 - 1563 pour l'abattage des arbres utilisés dans la mine. La typologie de la céramique, retrouvée à l'emplacement de la «maison du porche» lors de la fouille d'une plate-forme aménagée à proximité de l'entrée, confirme cette datation.

## Conclusion :

Ainsi, si l'ampleur de ce réseau reste limitée, la diversité et la qualité des témoins de l'exploitation de la Renaissance lui donnent un intérêt tout particulier à l'échelle du massif vosgien. Son exploration et son étude sont loin d'être achevées et il est probable que les découvertes à venir ne fassent que confirmer cette impression. Cela justifie qu'une protection tant physique (pose d'une grille) qu'administrative soit mise en place pour sa préservation. Un projet d'inscription sur la liste des Monuments Historiques est en cours.

# Les mines de fer karstiques de l'Est et du Sud-Est de la France

## Données archéologiques et chronologiques

par Patrick ROSENTHAL\*, \*\* et Denis MORIN \*\*

\* Laboratoire de Géosciences, UFR Sciences, F 25030 BESANCON CEDEX, France

\*\*Unité Propre de Recherche A0423 du CNRS, Institut Polytechnique de Sevenans, F 90010 BELFORT CEDEX, France

### Abstract

From Ardennes to Provence, more than hundred old karstic iron mines are indexed and mapped already. Our foremost surveying and studies regard Franche-Comté ((Doubs, Haute-Saône, Jura, Territoire de Belfort) and Provence (Vaucluse, Var). The interacting contributions of archives, archaeological methodologies and dendrochronology on timbering are decisive for dating mining works since XIVth to the beginning of XXth century. Mining methods in lapiaz, swallow-holes and caves of jurassic and cretaceous limestones have been managed according to the morphology of the cavities. During different times, karstic deposits could have been only, alternative or complementary resource of competitive iron ores as oolitic iron in Franche-Comté and weathered ferriferous sandstones in Vaucluse.

### Résumé

Des Ardennes à la Provence, plus de cent sites miniers karstiques ayant été exploités pour le fer sont répertoriés et cartographiés. C'est en **Franche-Comté** (Doubs, Haute-Saône, Jura, Territoire de Belfort) et en **Provence** (Vaucluse, Var) que nos prospections, et études sont le plus avancées. L'apport conjoint des archives, des méthodes de l'archéologie et de la dendrochronologie sur bois de mines est décisif pour la datation des travaux s'échelonnant entre le XVe et le début du XXe siècle. La conduite des exploitations en lapiaz, avens et grottes dans les calcaires jurassiques et crétacés s'est adaptée à la morphologie des gîtes. Les gîtes karstiques ont constitué selon les époques la ressource unique, alternative ou complémentaire de minerais concurrentiels (minerai oolitique en Franche-Comté, paléoolithes gréseuses dans le Vaucluse).

### 1. Introduction

Ce travail a pour but de replacer dans un cadre chronologique et régional l'état des connaissances sur les techniques d'exploitation du minerai de fer des remplissages karstiques et la dispersion de ces anciennes mines dans l'Est et le Sud-Est de la France. Des études récentes menées dans le cadre de recherches programmées en Franche-Comté et dans les Alpes du Sud nous ont conduits à la découverte d'anciennes exploitations minières souterraines développées dans les remplissages karstiques. Après un bilan global sur la géologie et la distribution des sites miniers, nous proposons sous un éclairage archéologique deux monographies de mines exemplaires.

### 2. Géologie et distribution des mines de fer karstiques

Les gîtes de fer karstiques de l'Est et du Sud-Est de la France sont subordonnés à l'existence de niveaux calcaires fissurés ou faillés ayant subi un façonnement karstique (diaclasses élargies, lapiaz, failles karstifiées, puits et galeries naturelles) susceptible de piéger des sédiments ou des minéralisations riches en fer. Dans les Ardennes belges, près de la frontière française on a extrait le minerai dans le karst des calcaires carbonifères à Morialmé (VOISIN, 1994). Les minerais en grains ont été exploités dans de nombreux pièges karstiques des calcaires du Jurassique moyen ou supérieur entre Charleville et Thionville, dans les départements des Ardennes (VOISIN, 1994, NICOD, 1996) et de la Meurthe-et-Moselle (JACQUOT, 1842), dans la Meuse (BUVIGNIER, 1852) et la Haute-Marne (RIGAUD, 1878), dans l'Yonne et la Côte-d'Or, entre Auxerre et Montbard (BENOIT, 1987), en Franche-Comté (MORIN, 1993; ROSENTHAL, 1992). De la Haute-Savoie à la Provence, on

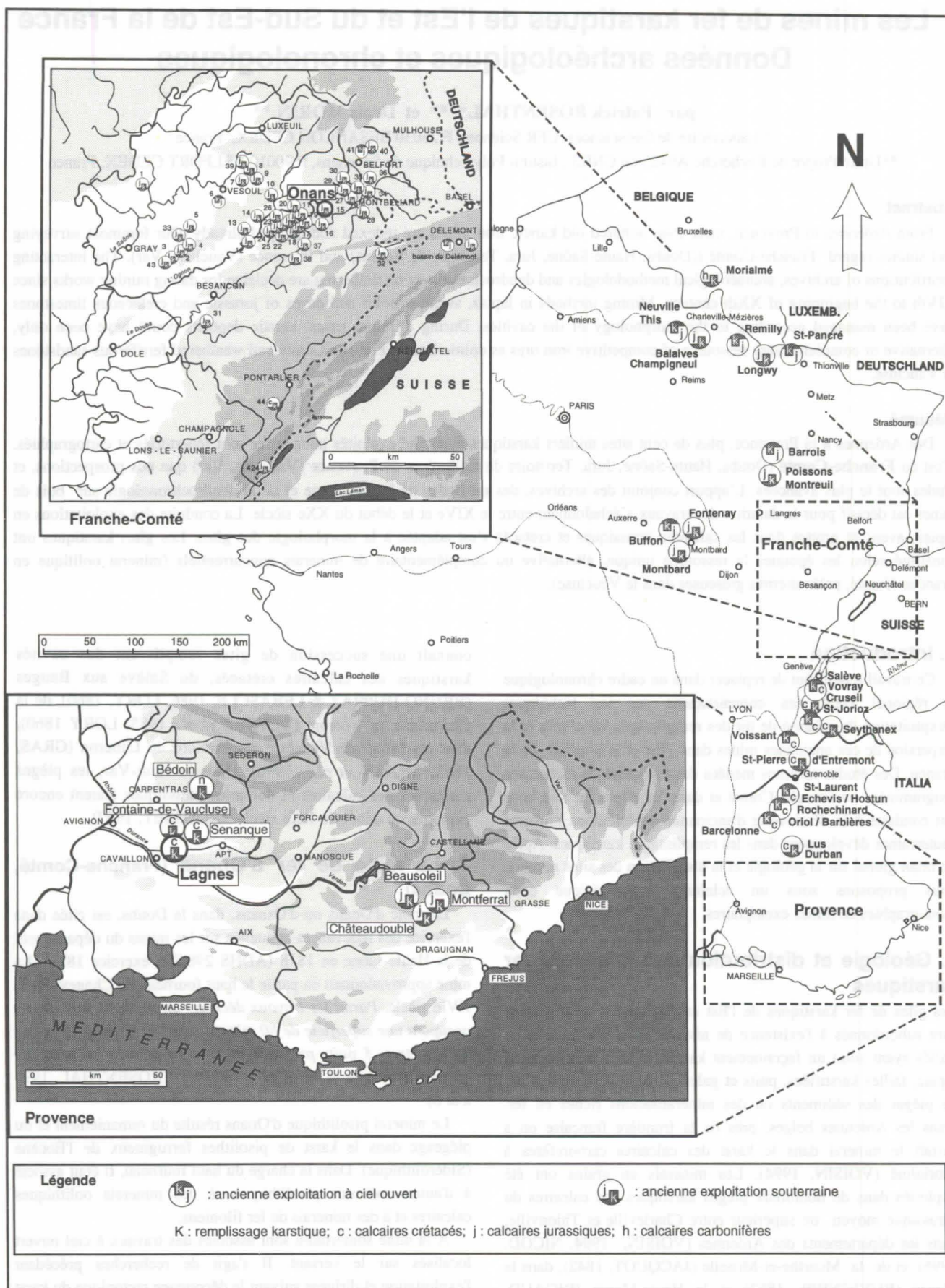
connaît une succession de gîtes remplissant des cavités karstiques des calcaires crétacés, du Salève aux Bauges (BRUNO-DUPRAZ & LEBASCLE, 1986, LORY, 1860), de la Chartreuse au Vercors (DUPRAZ *et al.*, 1985; LORY 1860), dans les Monts de Vaucluse et au Nord du Luberon (GRAS, 1862; MORIN *et al.*, 1996). Dans le Haut-Var, les pièges karstiques des calcaires et dolomies jurassiques étaient encore exploités au début du XXe siècle (ROUSSET, 1967).

### 3. La mine de fer d'Onans (Franche-Comté, Doubs)

La mine d'Onans ou d'Osnans, dans le Doubs, est citée dans l'exercice des redevances annuelles sur les mines du département de la Haute-saône en 1818 (ADHS 298.S.1. exercice 1818). La mine approvisionnait en partie le haut fourneau de Chagey dès le XVIe siècle. *Parmi les travaux décrits, "un atelier à ciel ouvert occupant une superficie de 80 mètres carrés et d'une profondeur de 9 mètres. 3 puits profonds de 6 à 10 mètres; au bas, des galeries sinueuses et inclinées."* (MORIN & ROSENTHAL, 1995 a & b)

Le minerai pisolitique d'Onans résulte du remaniement et du piégeage dans le karst de pisolithes ferrugineux de l'Eocène (Sidérolithique). Dans la charge du haut fourneau, il était associé à d'autres minerais pisolithiques, à des minerais oolithiques calcaires et à des minerais de fer filoniens.

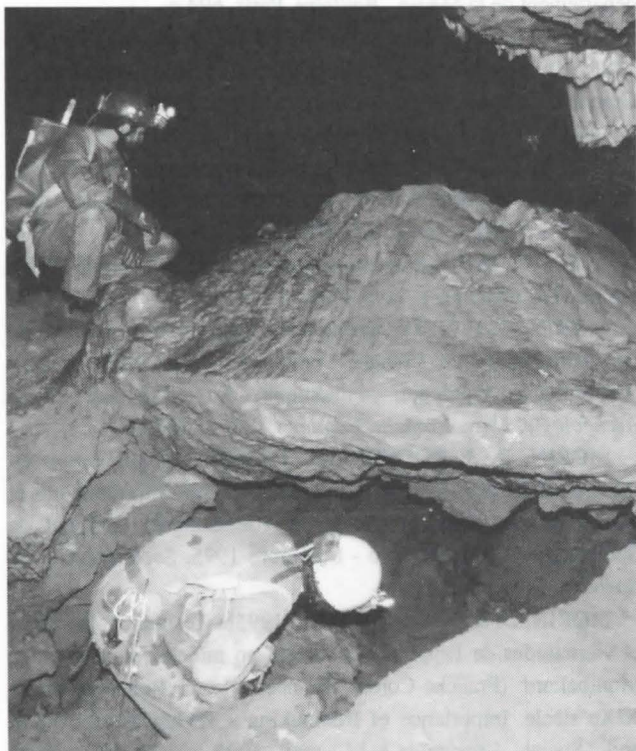
A la mine souterraine sont associés des travaux à ciel ouvert localisés sur le versant. Il s'agit de recherches précédant l'exploitation et dirigées suivant le découpage tectonique du karst des calcaires Bajocien. La grotte de Couillery ou du puits de Forey est l'axe majeur de l'exploitation. La cavité est atteinte par un puits vertical creusé à la poudre et au pic de 14 mètres de



**Figure 1 : Les mines de fer karstiques de l'Est et du Sud-Est de la France : Etat des recherches archéologiques et bibliographiques**

profondeur. Le puits donne accès sur un conduit paragénétique d'axe NNW-SSE et de 280 mètres de développement. La galerie fortement concrétionnée a été exploitée de manière inégale sur toute sa longueur. Sa hauteur est comprise entre trois et cinq mètres.

Les mineurs ont extrait le minerai en forant des minières circulaires au centre du conduit. Le plancher stalagmitique (fig. 2) a été défoncé et évacué le long des parois. Les minières atteignent plusieurs mètres de diamètre et 3 à 5 mètres de profondeur.



**Figure 2 : Mine d'Onans (Doubs) : Ouverture dans le plancher stalagmitique donnant accès à un chantier .**

Ailleurs, le plancher stalagmitique a été conservé pour le roulage. L'exploitation se déroulait en chasse à partir de courtes descenderies se prolongent latéralement et dans l'axe du conduit en suivant les concentration de minerai. Pour éviter la mise en place d'un soutènement coûteux et difficile à gérer, les mineurs ont creusé des galeries sur quelques mètres seulement, forant le sol de la galerie de place en place.

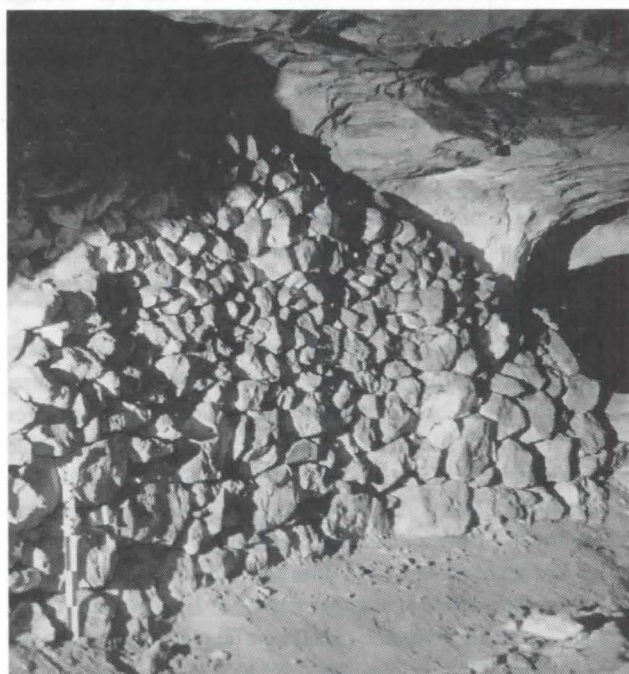
Après décapage du plancher stalagmitique, on rejetait sur les parois les stériles des niveaux supérieurs. Des puits circulaires de gabarit inférieur à 1 mètre et de 2 à 3 mètres de profondeur mettaient en liaison plusieurs galeries rayonnantes. Le remplissage extrait était trié sur place. Les stériles étaient accumulés sur des halles latérales. Après avoir aménagé une voie de roulage, on a dégagé des fronts de tailles sous le plancher stalagmitique. Les concrétions trop lourdes ou trop encombrantes ont été laissées sur place. L'éclairage était mobile au moyen de lampes à crochet, statique aux endroits stratégiques : à la base des puits, à la hauteur des modifications topographiques ou pour indiquer un chantier en cours d'abattage... Un support de lampe cylindrique en argile aménagé sur une concrétion évoque le type de lampe en vigueur. Les puits creusés à la verticale du conduit servaient autant à l'évacuation du minerai qu'à l'aérage ou à

l'accès aux postes de travail depuis la surface. Les puits au jour sont circulaires, taillés à la poudre et au pic. Une voie de roulage est parfaitement visible au sol dans le réseau Nord. Cette voie est souvent interrompue par des effondrements sous-jacents et des minières.

#### **4. La mine de fer de Lagnes (Provence, Vaucluse)**

La mine du Pieï à Lagnes, s'ouvre dans la colline de calcaires urgoniens dominant le village. Le minerai résulte de la percolation au travers des sables glauconieux et des altérites crétacées piégés dans le karst ou qui recouvraient les calcaires. Un acte de 1430 mentionne un martinet à fer situé entre la Sorgue et le rocher du château. L'exploitation de la concession de Lagnes a commencée en 1832, par une galerie et un puits incliné, ouverts dans la partie orientale du village. Le minerai alimenta le haut fourneau de Velleron de 1833 à 1835. En 1835, on continua à poursuivre le minerai dans les ramifications de la cavité, et l'on entreprit des fouilles dans le reste de la commune. Les travaux, cessèrent définitivement l'année suivante par suite de la découverte de mines de fer beaucoup plus abondantes à Rustrel. (MORIN *et al.*, 1997).

La mine du Pieï occupe un système de cavités karstiques en interstrate, parallèles, d'orientation générale NE - SW, reliées et prolongées par des diaclases élargies artificiellement à l'explosif. L'exploitation qui a démarré à l'affleurement suit une direction générale, empruntant une série de diaclases étroites pour prolonger la recherche. Le gîte a été découpé ensuite par vidage et défilage remontants sur deux niveaux à partir d'un puits taillé dans le remplissage.



**Figure 3 : Mine du Pieï à Lagnes (Vaucluse) : Mur de stériles calibrés dans un élargissement de la galerie naturelle.**

Le réseau SE a été exploité par défilages remontant en gradins, d'abord par chantiers mobiles en bois puis par terrasses emboîtées en maçonnerie sèche. Les blocs sont disposés en

boutisse ou parpaing afin de donner un maximum de stabilité à l'ensemble et contenir les blocages de stériles accumulés sans agencement particulier. Les blocs sont souvent ébauchés en moellons après avoir été équarri. L'ossature des murailles est construite de manière soignée, rectiligne dans le but de délimiter l'espace de circulation. Les chantiers sont reliés par des galeries de jonction taillées dans l'encaissant et flanqués de recherches latérales. La voie d'accès unique est solidement murillée (fig. 3). Il s'agit d'un travail réglé sur la connaissance parfaite du gîte et de ses potentialités.

Les ouvertures au jour assurent l'aérage en maintenant un courant d'air aspirant et facilitent l'évacuation du minerai.

La technique employée est mixte : la houe et le pic pour l'évidement du remplissage, la poudre pour ouvrir les plans de faille et élargir les conduits trop étroits dans l'encaissant.

Le mode de gestion du remplissage traduit une volonté d'optimiser le défrêtement jusqu'à épuisement total des minéralisations. La richesse du minerai explique cette démarche.

Les traces d'éclairage : noir de fumée au toit et sur les parois, niches à lumière ont été observées dans le niveau supérieur du réseau NE et au niveau du défilage Est. Les emplacements repérés indiquent les changements de direction à l'intérieur de la mine : carrefours, bifurcation, correspondance entre deux niveaux. Le système d'éclairage balisait les points de progression principaux à l'aide de lampes statiques.

## 5. Conclusion

Ces deux mines montrent à l'origine une organisation de l'espace souterrain adaptée au contexte géomorphologique. A Onans, le plancher stalagmitique piégeant le remplissage est utilisé comme carreau de mine et de voie de roulage intermédiaire entre les chantiers d'exploitation et la surface. A Lagnes, le remplissage est systématiquement évité puis remplacé en partie par les stériles murillés. Les conduits verticaux sont exploités suivant les techniques du défilage remontant. Avec la généralisation des techniques d'abattage à la poudre, les chantiers sont reliés au jour par des puits. Les diaclases étroites sont dégagées à l'explosif pour atteindre les parties profondes du gîte. L'exploitation répond progressivement à une logique de défrêtement systématisée et s'affranchit peu à peu des contraintes du karst.

L'origine de ces exploitations remonte au XVe siècle dans l'Est, vraisemblablement plus tôt pour les mines du Vaucluse. Une reprise semble avoir affecté la plupart de ces anciens gîtes vers la fin du XVIIIe siècle. Si dans l'Est l'exploitation semble quasi continue du XVIe au XIXe siècle, dans le Vaucluse, les données géologiques, métallurgiques et les conditions d'abattage ont contribué à l'intermittence de l'extraction.

En Provence et dans les Alpes du Sud, les cavités ont été exploitées de manière sporadique depuis le Haut Moyen Age et seraient en relation avec une métallurgie de réduction directe. Au XIXe siècle, dans le Vaucluse, elles sont relayées par les exploitations de sables ferrugineux de Rustrel et de Val-des-Anges. Dans le Var, la mine de Beausoleil en cours d'étude termine à l'aube du XXe siècle une longue tradition d'épuisement des remplissages karstiques.

## Références

- BENOIT, S. 1987. L'approvisionnement en minerai de fer de la Grande Forge de Buffon (Côte-d'Or). *Rev. scientif. Bourbonnais et Centre de la France*, 1987, p. 175-193.
- BRUNO-DUPRAZ, J. & LEBASCLE, M.-C. 1986. Le site minier de la Sambuy dans le massif des Bauges. Un exemple de prospection archéologique. *Bull. de l'E.S.P.I. Etude et sauvegarde du patrimoine industriel*, n° 2, p. 20-25.
- BUVIGNIER, A. 1852. Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse. *Baillière*, Paris, 694 p.
- DUPRAZ, J., SARTI, J.P., MARTEL, P. & RATTIN, M. 1985. Un gouffre-minier : le gouffre à Maule, massif de la Grande Chartreuse, Isère. *Spélunca*, n° 19, p. 22-24.
- GRAS, S. 1862. Description géologique de Vaucluse.
- JACQUOT, E. 1842. Mémoire sur les mines et les minières de fer de la partie occidentale du département de la Moselle. *Ann. Mines, Paris*, (4), t. 1er, p. 427-494.
- LORY, C. 1860. Description géologique du Dauphiné (Isère, Drome, Hautes-Alpes). Savy, Paris, 3 t., 747 p.
- MORIN, D. 1993. Les systèmes d'exploitation du minerai de fer sédimentaire en Franche-Comté (XVIe au XIXe siècle). Archéologie, typologie, dynamique des systèmes. *Thèse Archéologie, Univ. Franche-Comté*, 4 t., 6 v., 1572 p.
- MORIN, D. & ROSENTHAL, P. 1995a. L'exploitation du minerai de fer dans le karst des plateaux du Jura : Bethoncourt et Onans (Doubs, France). Actes du 10e Congrès National de Spéléologie Breitenbach, 6 - 8 octobre 1995. *Société suisse de Spéléologie*. (à paraître).
- MORIN, D. & ROSENTHAL, P. 1995b. Techniques minières et vicissitudes de l'approvisionnement en minerai du district de Montbéliard (Franche-Comté, France), de la Renaissance au XIXe siècle. Importance of Ironmaking - Technical Innovation and Social Change", 8-13 mai 1995, Norberg, Suède, *Jernkontorets Bergshistoriska Utskott*, Vol.2., p. 201-210.
- MORIN, D.; ROSENTHAL, P. & FAIVRE, A. 1997. Mines et métallurgie du fer de Provence et des Alpes du Sud. Etude des vestiges d'exploitation minière et de métallurgie du fer. Campagne 1996 : Vaucluse. *Projet Collectif de Recherches, Service Régional de l'Archéologie de PACA - UPR A0423 du CNRS - Sevenans*.
- NICOD, J. 1996. Karst et mines en France et en Europe. *Karstologia*, n° 27-1/1996, p. 1-20.
- RIGAUD, F. 1878. Notice sur les minières de la Haute-Marne. *Ann. Mines, Paris*, (7), t. 14, p. 9-62.
- ROSENTHAL, P. 1992. Les minerais de fer de Franche-Comté. Diversité et localisation des gisements. *Mém. Soc. Emul. Doubs, Besançon*, p. 1-25.
- ROUSSET, C. 1967. Sur la nature et la genèse des minerais de fer du Haut-Var : leurs relations avec la paléogéographie locale. Rapports et différences avec les formations bauxitiques et les terra-rossa. *Bull. Soc. géol. France*. (7), t. 9, p. 640-651.
- VOISIN, L. 1994. L'extraction du minerai de fer dans les Ardennes. *chez l'auteur, 08000 Charleville-Mézières*, 173 p.

# Die Bergwerksstollen im Gonzen (Sargans SG, Schweiz) als Spiegel der Bergbaugeschichte

David Imper

Büro für Geologie & Umweltfragen, Gerbistrasse 23, CH-8887 Mels

## Abstract

The iron mine in the Gonzen mountain near Sargans (canton St Gallen, Switzerland) was exploited until 1966 and it was one of the most important iron mines in Switzerland. Mining was first mentioned in a document in 1396. However, 2000-year-old iron slags in the immediate vicinity suggest much earlier mining periods.

The iron ore layer, which is up to two metres thick, lies between several hundred-meter-thick limestone formations and it was folded with them on a large scale. The mining area thus extended from about 1400 meters above sea level down to 200 meters below valley level, which is 500 meters above sea level.

The largest part of the mining system dates from this century, showing the characteristics of the conventional blasting propulsion. However, in the uppermost part of the mine, where mining began, mining areas dating from the Middle Ages can still be found. These mining areas display the vaulted shapes, which are characteristics of the mining technology of „Feuersetzen“. Mining traces are often the only record early mining time.

## Zusammenfassung

Das Eisenbergwerk Gonzen bei Sargans (Kanton St. Gallen) wurde bis 1966 ausgebeutet und gehörte zu den wichtigsten Eisenbergwerken der Schweiz. Der Bergbau wurde 1396 erstmals urkundlich erwähnt - 2000 Jahre alte Eisenschlacken aus der näheren Umgebung deuten jedoch auf bedeutend ältere Abbauperioden.

Das maximal zwei Meter mächtige Eisenerzflöz liegt zwischen mehrere hundert Meter mächtigen Kalk-Formationen und wurde mit diesen grossmasstäblich verfaultet. So erstreckt sich das Abbaugelände von ca. 1400 m. ü. Meer bis zweihundert Meter unter die Talsohle, die sich auf 500 m. ü. Meer befindet.

Der weitaus grösste Teil des Stollensystems stammt aus dem 20. Jahrhundert mit den typischen Merkmalen des konventionellen Sprengvortriebes. Im obersten Teil der Mine, wo der Bergbau begann, blieben auch Abbaugelände aus dem Mittelalter erhalten. Diese Abbaugelände weisen die charakteristisch abgerundeten Gewölbeformen auf, die durch die Erzgewinnung mittels Feuersetzen entstanden. In den alten Gruben bilden Bergbauspuren oft die einzigen Dokumente aus der Abbauezeit.

## 1. Einleitung und geschichtlicher Überblick

Das Eisenbergwerk Gonzen befindet sich im südlichsten Teil des Kantons St. Gallen (Schweiz). Das Abbaugelände liegt auf dem Gebiet der Gemeinden Wartau und Sargans (Fig. 1).

Die ältesten datierbaren Spuren, die auf einen Bergbau am Gonzen weisen, sind die Eisenschlacken aus regionalen archäologischen Grabungen. Die Verhüttungsschlacken enthielten kleine Brocken von ähnlichem Eisenerz, wie es im Sarganserland hauptsächlich am Gonzen ansteht (IMPER, 1996), und haben ein Alter von ca. 2000 Jahren (EPPRECHT, 1986).

Die früheste gesicherte schriftliche Erwähnung von sarganserländischen Eisenschmelzen stammt aus dem Jahr 1315. Der Bergbau am Gonzen ist 1396 erstmals urkundlich belegt (EPPRECHT in

HUGGER, 1991). Seit dem 15. Jahrhundert häufen sich die Urkunden, doch meistens wurden Streitigkeiten (Waldnutzung, Flösserei) zwischen den Eisenherren und der einheimischen Bevölkerung oder Konzessionsverleihungen festgehalten.

1483 kauften die sieben Alten Orte der Eidgenossenschaft die Grafschaft Sargans. Alle zwei Jahre wechselten sich die Stände bei der Bestellung des Landvogtes, der das Untertanengebiet zu verwalten hatte, ab. Das Eisenbergwerk und die Schmelzen wurden als Lehen vergeben. Sehr intensive Produktionsphasen wechselten sich mit längeren Betriebsunterbrüchen ab. 1654 erwarb die einheimische Patrizierfamilie Good die Abbau- und Schmelzrechte des Eisenbergwerkes als eidgenössisches Manneserblehen. Unter der Führung dieser Familie erlebte das Bergwerk eine Blütezeit, bis es im zweiten Drittel des 18. Jahrhunderts von der Vormundschaft unmündiger Good-Erben abgewirtschaftet wurde und aufgegeben werden musste.

1767 wurden die in der Zwischenzeit zerfallenen Berg- und Hüttenwerke vom ehemaligen Glarner Landvogt Bernold und dem wohlhabenden Zürcher Handelsherr Schulthess aufgekauft und mit grossem Aufwand wieder in Betrieb gesetzt. In der Zwischenzeit gingen zu viele Kenntnisse verloren, was mit dem Mangel an Fachkenntnissen der neuen Eisenherren nicht mehr zu einer erfolgversprechenden Eisenproduktion führte. 1798 verlor die alte Eidgenossenschaft die Herrschaft über das Sarganserland. Nach verschiedenen politischen Zugehörigkeiten, wurde das Sarganserland schliesslich 1803 in den Kanton St. Gallen einverleibt, der seither für die Konzessionsvergabe zuständig ist.

1823 kaufte die fachkundige Familie Neher, die bereits die Eisenwerke bei Sigmaringen und Laufen am Rheinfluss besass, den Betrieb und führte ihn mit Erfolg bis 1878 mit einem Unterbruch von 1868-1873. Mit neuen finanzkräftigen Partnern gründete die

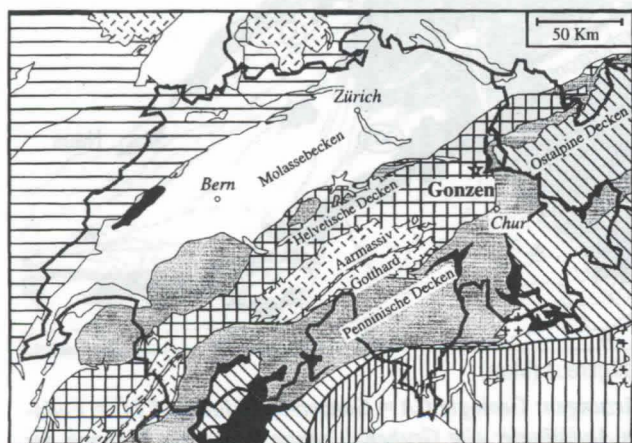


Fig. 1: Geographische Lage mit tektonischer Übersicht

Familie Neher 1919 die Eisenbergwerk Gonzen AG, die den Abbau bis 1966 betrieb und die Anlagen bis heute verwaltet. Kennzeichnend für die dokumentierte Bergbaugeschichte sind die vielen, meist konjunkturbedingten Unterbrüche. In den Zeiten, wo Abbau und Verhüttung während bis zu mehreren Jahrzehnten ruhten, ging oft viel lokales Know-How wie die Kenntnis des Erzlagers (Bergbau) oder die erzspezifische Mischung von Erzen und Zuschlagstoffen (Verhüttung) verloren. Andererseits bedeutete eine Wiederinbetriebnahme von Bergbau und Verhüttung nach einem längeren Unterbruch oft auch ein Neuaufbau der Anlagen, was meist mit der Einführung neuer Technologien verbunden war.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden die Eisen- und Manganerze hauptsächlich im Sarganserland verhüttet. Im 20. Jahrhundert wurden die Erze nur noch lokal aufbereitet (Aufbereitungsanlage Malerva bei Sargans) und anschliessend per Eisenbahn an in- und ausländische Verhüttungsanlagen versandt.

## 2. Geologie der Erzlagerstätte

Der Erzhorizont im Gonzen gehört zur helvetischen Quinten-Formation. Sie besteht an der Basis aus dem bis 100 Meter mächtigen, grob gebankten und massigen Unteren Quintnerkalk (Fig. 2 und EPPRECHT, 1946). Über dem Unteren Quintnerkalk folgen das maximal zwei Meter mächtige Erzlager, der bis 90 Meter mächtige, im Dezimeterbereich deutlich besser gebankte, massige Plattenkalk (auch als "Mergelband" beschrieben, z. B. OBERHOLZER, 1923) und der bis 160 Meter mächtige, wieder größer und schlechter gebankte Obere Quintnerkalk.

Die am Gonzen gut 350 Meter mächtige Quinten-Formation wurde zur mittleren Jurazeit vor ca. 150 Millionen Jahren auf dem Boden des helvetischen (nördlichen) Bereichs des Urmittelmee- res abgelagert. Auf Grund von Strukturuntersuchungen und im Gonzen erz gefundenen Ammonitenabdrücken wurde schon vor über 60 Jahren postuliert, dass nicht nur der Kalk, sondern auch die Erze auf einem Meeresboden entstanden sein müssen (SCHUMACHER, 1931). Neuere Isotopenuntersuchungen bestätigen

und konkretisieren die Entstehungsgeschichte des Erzlagers (PFEIFER *et al.*, 1988): Heisse, stark eisen- und manganhaltige Lösungen traten aus Rissen im Meeresboden ("Schwarze Raucher" oder "black smokers"). Die Eisen- und Manganmineralien wurden ausgefällt und bildeten so am Meeresboden einen "Tep- pich" aus Erzschlamm. Seitlich, wo kein Erzschlamm zur Ablagerung gelangte, wurde durchgehend Kalk abgelagert, während im Übergangsbereich schwach eisenhaltige Erze, sogenannte Mel- lierterze, entstanden.

Durch die Alpenfaltung wurden die mehrere hundert Meter mächtigen Dogger- und Malm-Formationen (inkl. Eisenerzlager) vor ca. 40 Millionen Jahren in grosse Falten gelegt. Die Fal- tenachsen verlaufen Südwest-Nordost und fallen mit ca. 30° nach Nordosten. Am Gonzen wurde der steil stehende Schenkel zwis- chen der Gonzen-Antiklinale (GA in Fig. 2) und der Ghudlet Gonzen-Synklinale (GGS) zerrissen und der Gonzenkopf entlang der Folla-Platte-Überschiebung (FPÜ) nach Nordwesten ge- schoben. Quer zu den Faltenachsen zerhacken mehrere Brüche mit Versetzungsbeträgen von bis zu 150 Metern den Erzhorizont. Die Verfaltungen, Überschiebungen und Brüche führten zum komplizierten Verlauf des Erzhorizontes, was während dem Be- trieb oft umfangreiche Sucharbeiten erforderte. Der Erzteppich wurde vorwiegend im Bereich der Gonzen-Antiklinale (die Bergleute nannten dieses Abbauggebiet "Scheitel"), der Ghudlet- Gonzen-Synklinale ("Mulde") und im steil stehenden Schenkel dazwischen ("Steillager") gefunden und abgebaut. Gegen die Tschuggen-Antiklinale (TA in Fig. 2) vertaubt das Erz vollstän- dig. Im südöstlichen Bereich beisst der Erzhorizont an der Gon- zenwand über grössere Strecken aus. Dort wurde das Eisenerz vermutlich entdeckt und an den zugänglichen Stellen im Tagebau erstmals abgebaut.

## 3. Die wichtigsten Gonzenmineralien

Nach EPPRECHT (1946) kommen Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und Magne- tit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) als wichtigste Eisenerzminerale vor. Der Eisengehalt der Erze beträgt vereinzelt über 65%, der mittlere Eisengehalt der

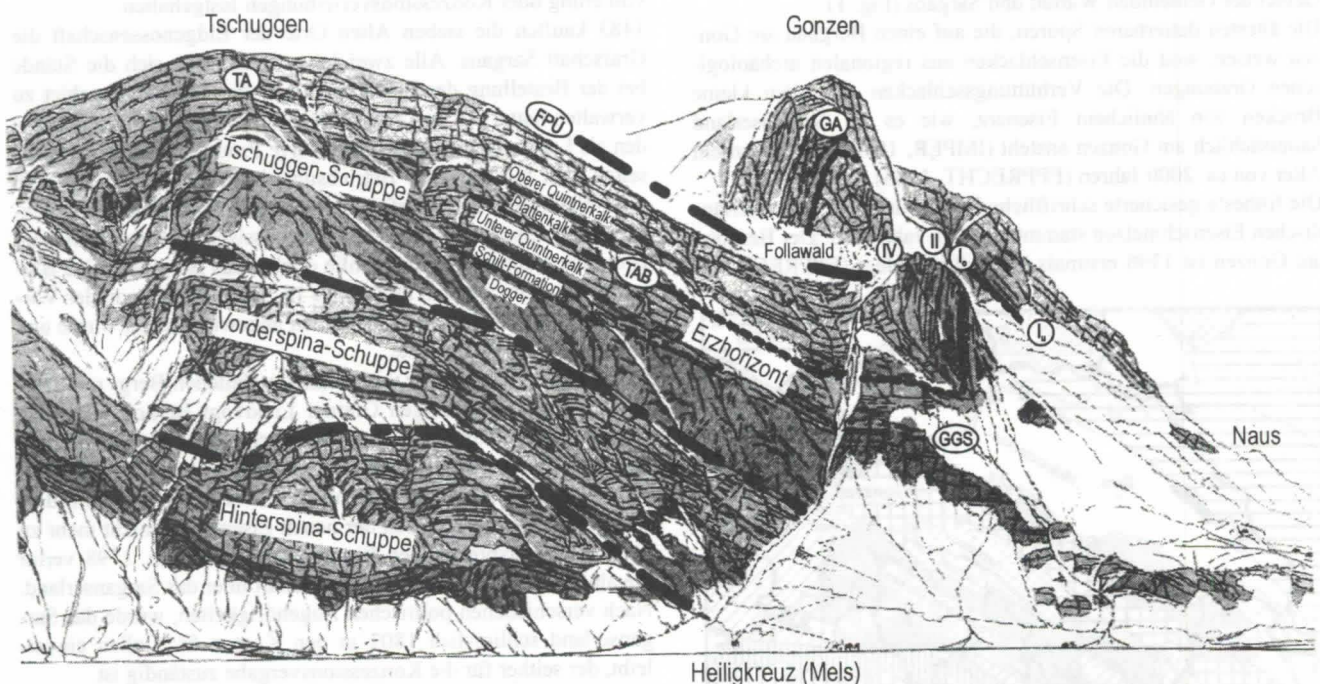


Fig. 2: Südansicht des Gonzen mit eingezeichnetem Erzhorizont. Abkürzungen: Geologie GA = Gonzen-Antiklinale, FPÜ = Folla-Überschiebung, GGS = Ghudlet Gonzen-Synklinale, TA = Tschuggen-Antiklinale; alte Grubeneingänge  $I_0$  (oberer Eingang der Grube I),  $I_u$  (unterer Eingang der Grube I), II und IV. TAB = Erzausschnitt am Tschuggen. Die Eingänge zur Grube III und zum Abblwerk sind verdeckt. Ansicht nach HELBLING (1938).

aufbereiteten und versandten Erze betrug 52-54%. Lokal werden die Eisenerze im oberen Bereich des Erzhorizontes seitlich durch Manganerze ersetzt. Diese bestehen hauptsächlich aus Hausmannit ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) und Mangankarbonat ( $\text{MnCO}_3$ ). Die Manganerze, die stellenweise über 40% Mangan enthalten, wurden wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung als Stahlveredler separiert gewonnen und aufbereitet.

Stellenweise tritt im Erzhorizont Pyrit ( $\text{FeS}_2$ , oft auch Schwefelkies oder Katzungold genannt) auf. Meist erscheint er in feinkristalliner Ausbildung als Würfel mit einer Kantenlänge von bis zu einem Millimeter. Aus der Abbauperiode stammen vereinzelte Stufen mit über ein Zentimeter grossen, verzerrten Pyritkristallen. Da Pyrit bei der Verhüttung nicht erwünscht war, musste dieser bereits von den Bergleuten ausgeschieden werden.

Sowohl die liegenden, als auch die hangenden Kalke bestehen fast ausschliesslich aus sehr feinem Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). In Klüften konnten schöne Kalzitkristalle mit den typischen Rhomboeder-Flächen entstehen. Die eindrucklichste Kalzitkluft (16 x 9 m) wurde 1965 angefahren. Darin wurden Kristalle mit bis zu 80 Zentimeter Kantenlänge entdeckt. Leider wurden die Kalzitkristalle dieser Kluft weitgehend ausgeräumt oder zerstört. Einzelne Stufen sind an der ETH Zürich, im Hochhaus der Gebrüder Sulzer AG in Winterthur und im Naturhistorischen Museum Bern ausgestellt (EPPRECHT in HUGGER, 1991).

#### 4. Die Einführung der Sprengtechnik

Die grössten Veränderungen auf die verlassenen Abbaugelände verursachte die Einführung der Sprengtechnik. Anstelle der gewölbeförmigen, abgerundeten Abbauhallen (Fig. 3) aus der Zeit des Abbaues mittels Feuersetzen entstanden durch den sprengtechnischen Abbau scharfkantige Hohlräume (Fig. 4). Schrämm-spuren verschwanden - Bohrlöcher mit Keilen ersetzten Balkenlager als Aufhängevorrichtung. Seit 1823 ist die Einführung neuer Abbau- und Verhüttungstechniken am Gonzen detailliert überliefert.

Die Einführung der Sprengtechnik wurde am Gonzen nicht schriftlich festgehalten. Das „Schiessen“ hat aber sicher erst im 18. Jahrhundert Einzug gehalten, da J. J. Scheuchzer festhielt, dass 1710 bei seinem Besuch der Eisengruben am Gonzen das Erz noch durch Feuersetzen abgebaut wurde (SCHEUCHZER, 1746). Der erste schriftliche Hinweis auf einen sprengtechnischen Abbau stammt aus dem Jahr 1771, wo in einem Teilungsinventar (Original in der Eisenbibliothek Paradies, Langwiesen ZH) "121 Bohrer" und "18 Stuck Schiesszeug" festgehalten sind.

Der sprengtechnische Abbau dürfte somit nach dem der Betriebsperiode Good folgenden Unterbruch durch die Herren Bernold und Schulthess um 1767 eingeführt worden sein. Im Vergleich zur Grube Stuben am Bristenstock, wo bereits 1652 gesprengt wurde (EPPRECHT in HUGGER, 1991), erscheint dies spät. Doch auch in andern Schweizer Bergwerken wie am Schmorrasgrat im Oberhalbstein (BRUN, 1988) setzte sich das „Schiessen“ im Bergbau erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts durch.

Warum erfolgte am Gonzen die Einführung der Sprengtechnik so spät? Anfänglich kann die Abbauleistung mit dem Sprengvortrieb nur unwesentlich höher gewesen sein als mit dem Feuersetzen. Altorfer erwähnt, dass im Gonzen noch in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts „ein gut gelungener Schuss [nur] ca. 4-8 Zentner Erz“ lieferte (MOSER, 1990), was 200 bis 400 Kilogramm oder 0.05 bis 0.1 Kubikmeter Erz entspricht.

Ferner war das Schiesspulver, das 1840 von Altenkirchen (zwischen Frankfurt und Köln), Rankweil (bei Feldkirch) und St. Gallen importiert wurde (NEHER, 1840), relativ teuer zu beschaffen, während im Gebiet der alten Abbaustellen genügend Holz für das Feuersetzen vorhanden war.

#### 5. Bergbauspuren als historische Dokumente des mittelalterlichen Bergbaus

Über die Abbau-lokalitäten oder über die Abbautechniken der früheren Bergbauepochen erfahren wir nur wenig. Daher bilden Bergbauspuren bei der Rekonstruktion der lokalen Abbaugeschichte wertvolle Hilfsmittel.

Aus der Zeit vor der Einführung des „Schiessens“ können am Gonzen sowohl über als auch unter Tage mit Bergeisen und Schlägel geschrämmte Felspartien, gemeisselte Treppen und Balkenlager, sowie Spuren von Feuersetzen beobachtet werden.

Die geschrämmten Stollenpartien sind hauptsächlich im Zugangsstollen der Grube I ( $I_U$  in Fig. 2), am schönsten im sogenannten „Heidestöllili“, zu beobachten. Vor dem oberen Eingang der Grube I ( $I_O$ ), kann der aufmerksame Beobachter an einem Felsblock eine geschrämmte, kaminartige Nische entdecken.

In der Grube I können verschiedentlich aus dem Fels gehauene Treppenstufen beobachtet werden. Die faszinierendste handgemeisselte Treppe befindet sich jedoch über Tage am Fuss der Gonzenwand (Photo in EPPRECHT, 1984).

Am Weg zu den Gruben II und IV fallen viele handgemeisselte Balkenlager auf, die stellenweise von einem Bohrloch begleitet

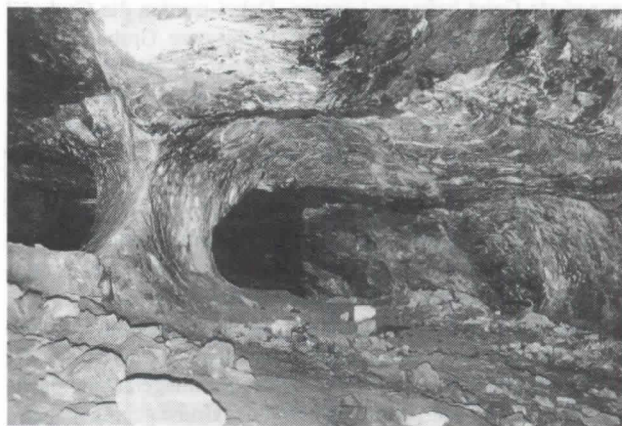


Fig. 3: In den ältesten Abbaugeländen können im Gonzen noch Abbauhallen mit den typischen Spuren des Feuersetzens beobachtet werden: gewölbeförmige Hohlräume und relativ viel taubes Gestein am Boden. Photo: H.P. Stolz.

sind. In die Balkenlager wurden Balken eingesetzt, die als Lager für Treppen oder Holzzinnen dienten. Während die Treppen den Bergknappen den Grubenzugang erleichterten, waren die Holzzinnen bei der Erzförderung im schwierig begehbaren Gelände vor diesen Grubeneingängen eine grosse Hilfe. SENN (1870) beschreibt die Erzförderung vom Eingang der Grube II zum Umladeplatz: „Von dieser [der Grubenpforte] gleiten in jähem, aus rohen Baumstämmen gezimmerten Rinnen die guten und die schlechten Erze polternd hernieder.“ Eine detaillierte Aufnahme der Balkenlager könnte bei der Rekonstruktion der Grubeninfrastruktur eine wertvolle Hilfe sein.

Auch in den Gruben I und II können viele Balkenlager entdeckt werden. In der Grube II, wo das Erz im Steillager abgebaut wurde, dienten die Balkenlager hauptsächlich zur Abstützung von Arbeitsplattformen, Treppen und temporären Erzablagerungsplätzen (MOSER, 1990). In der Grube I wurden Balken vermutlich als Deckenstützen aufgestellt.

Grössere, gewölbte, teilweise mit taubem Gestein verfüllte Abbauhallen sind in den Gruben I und IV erhalten (Fig. 3). Sie zeugen vom Abbau durch Feuersetzen: „Es wurden Holzstösse an das Erzlager angesetzt, dieselben über Nacht angezündet, damit das Feuer das Erz mürbe u. leichter gewinnbar mache, worauf dann am Morgen die Bergleute in die Grube gingen, um das Erz vom Lager zu trennen, zu sammeln u. zu Tage zu tragen in Kör-

ben." (NEHER, 1840). Während uns heute die gewölbten Abbauhallen besser gefallen, war Bernhard Neher einige Jahrzehnte nach der Einführung der Sprengtechnik anderer Meinung: "Auch bildete die Grubenfeuerung gewölbte Räume, wie sie je[t]zt noch bestehen, während dem mittelst der jetzigen Sprengarbeit nur die Erze gewonnen werden u. der Kalksteinfelsen stehen bleibt, was der Grube ein sauberes, nettes u. reines Aussehen gibt" (NEHER, 1840). Spuren vom Feuer setzen können über Tag gegenüber der Grube IV und im Bereich der durch den Erzabbau verursachte Kerbe in der Felswand („Tagbaukehle“) beim oberen Zugang zur Grube I identifiziert werden.

Neher beschreibt auch, dass im Jahr 1839 bei der Erzförderung englische Hunde auf Eisenschienen eingeführt wurden und den „Hund mit beweglicher Vorderaxe u. einem Leitnagel auf einer Holzbahn“ (NEHER, 1840) ersetzte. Während in den Stollen am Mot Madlein bei S-charl (GR) die Holzschienen noch gut erhalten sind, wurden im Gonzen bisher keine Relikte entdeckt. An manchen Stellen fallen in der Grube I im Kalkfels Rillen auf, die von Transportschlittenkufen stammen könnten.

Aus Dokumenten aus den Archiven des Historischen Vereins Sarganserland und der Eisenbibliothek Paradies geht hervor, dass die Herren Bernold und Schulthess noch die Bergleute der Abbauperiode Good befragen konnten. Dabei werden die Gruben I (Rothe Grube oder Tüff Loch), II (Schwarze Grube) und IV (Mehli Grube) erwähnt, so dass man annehmen darf, dass im 18. Jahrhundert in diesen Gruben abgebaut wurde. Der Familie Neher waren alle alten Gruben bekannt, abgebaut wurde aber hauptsächlich in der Grube I und sicher von 1843 bis 1849 in der Grube II (MOSER, 1990).

Somit finden wir heute in der Grube I, wo das Erz nur leicht geneigt ist, sowohl Spuren vom Feuer setzen und Schrämmarbeiten als auch Hohlräume des Sprengabbaues. Die neueren Abbautätigkeiten verwischten jeweils die älteren Bergbauspuren.

In der Grube II, auch „Lehmgrube“ genannt, wurde nur im Steillager abgebaut, was heute die Übersicht stark erschwert. Da der Steillagerabbau aufwendiger war als der Flachlagerabbau, dürfte der Abbau im 19. Jahrhundert das Bild der Grube geprägt haben.

In der alten Grube III wurde ebenfalls das Steillager abgebaut. Da die Grube nur mit Kletterausrüstung begehbar ist und Dokumente fehlen, ist deren Abbaugeschichte weitgehend unbekannt.

Die horizontalen Abbauhallen der Grube IV weisen nur Spuren von Feuer setzen auf, während im Steillager vereinzelte Bohrlöcher gefunden werden können. 1516 und 1550 wird eine alte Grube im Zusammenhang mit dem benachbarten Follwald erwähnt (EPPRECHT in HUGGER, 1991), woraus auf einen

Bergbau in der Grube IV geschlossen werden darf. Die Bohrlöcher dürften aus der Zeit der Eisenherren Bernold und Schulthess stammen. Seit 1823 wurde in der Grube IV höchstens versuchsweise abgebaut. Im Grubeninnern hat sich nach den Abbautätigkeiten ein ganzjähriges Firnfeld gebildet, weshalb diese Grube auch „Gletschergrube“ genannt wird.

## 6. Ausblick

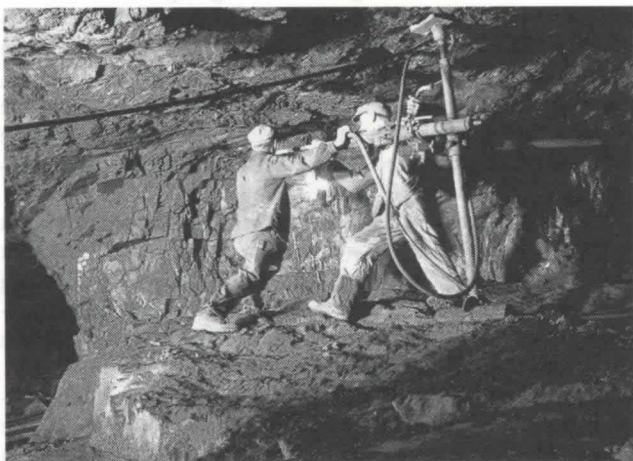
Die letzten zweihundert Jahre des Eisenbergwerkes sind glücklicherweise sehr gut dokumentiert. Bergbauliche Relikte aus dieser Zeit sind noch in reicher Fülle erhalten und können mit den Dokumenten in Verbindung gebracht werden. Über die Bergbau- und Verhüttungsgeschichte der vorangegangenen zweitausend Jahre davor können wir aus den schriftlichen Dokumenten nur wenig Informationen entnehmen. Deshalb sind wir auf systematische archäologische Untersuchungen, sowie die Aufnahme und Interpretation der Bergbauspuren angewiesen. Altersbestimmungen an Holzproben oder Kohleresten aus den alten Gruben können neues Licht in die Abbaugeschichte bringen.

Erfreulicherweise wurden letztes Jahr die Transportwege der Erzschlitter zwischen dem unteren Eingang der Grube I und dem Tal im Rahmen des Inventars historischer Verkehrswege der Schweiz (IVS) von C. Doswald und A. Hegland erforscht und kartiert. Doch warten noch viele Fragen über die Abbauperioden und Abbautechniken vor und in den Gruben auf eine Lösung ...

Der modernere Teil des Gonzenbergwerkes kann geführt befahren werden. Informationen sind beim Verein pro Gonzenbergwerk (St. Gallerstrasse 75, CH-7320 Sargans) erhältlich.

## 7. Literatur

- BRUN, E. 1988: Die Eisenerzvorkommen des Schmorrasgrates und ihre Verhüttung im Oberhalbstein. Min. Helv. 8a: 33-42.
- EPPRECHT, W. 1946: Die Eisen- und Manganerze des Gonzen. Beitr. Geol. Schweiz. Geotech. Ser. 24. L., 128 S.
- EPPRECHT, W. 1984: Die Entwicklung des Bergbaues am Gonzen (Sargans). Min. Helv. 4a: 3-39.
- EPPRECHT, W. 1986: Neues vom alten Bergbau am Gonzen (Sargans). Min. Helv. 6a: 18-28.
- HELBLING, R. 1938: Die Anwendung der Photogrammetrie bei geologischen Kartierungen. Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. 76.
- HUGGER, P. 1991: Der Gonzen. Hrsg. Eisenbergwerk Gonzen AG, Sargans, 222 S.
- IMPER, D. 1996: Gesteine, Rohstoffgewinnung und Steinverarbeitung im Sarganserland. Min. Helv. 16a: 3-60.
- MOSER, C. 1990: Georg Altorfers Beschreibung des Bergwerkes Gonzen und der Eisenschmelze Plons. Min. Helv. 10a: 72 S.
- NEHER, B. 1840: Technologische Übersicht der technologischen Betriebsverhältnisse des Eisenwerkes zu Plons. Nicht publiziert. Originalmanuskript in der Eisenbibliothek Paradies, Langwies ZH. 104 S.
- OBERHOLZER, J. 1923: Das Eisenerzvorkommen am Gonzen bei Sargans. Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie 13. Lief., Band 1: 155-203.
- PFEIFER, H.-R.; OBERHÄNSLI, H. & EPPRECHT, W. 1988: Geochemical evidence for a synsedimentary origin of of jurassic iron-manganese deposits at Gonzen (Sargans, Helvetic Alps, Switzerland). Marine Geology 84: 257-272.
- SCHEUCHZER, J. J. 1746: Natur-Geschichte des Schweitzerlandes, samt seinen Reisen über die Schweitzerische Gebürge, Hrsg. Johann Georg Sulzer, 2 Bde, Zürich.
- SCHUMACHER, C. 1931: Grundriss der geologischen Geschichte des Sarganserlandes. Heimatblätter Sarganserland 1/3-7.
- SENN, W. 1870: Charakterbilder schweizerischen Landes, und Strebens, Glarus: 283-296.



**Fig. 4:** Der sprengtechnische Abbau, wie er in den dreissiger und vierziger Jahren unseres Jahrhunderts im Gonzenbergwerk bewerkstelligt wurde. Die Abbauhallen wirken kantig und beinhalten nur wenig taubes Kalkgestein. Photo: L. Beringer.

# Ein Labyrinth mittelalterlicher Stollen: Zeugen von 500 Jahren Bergbau in S-charl (Schweiz)

von Hans-Peter Bärtschi

Arias Industriearchäologie, Schlachthofstr. 4, CH-8406 Winterthur

## Abstract

The Swiss National Park is known as an ecological reservation. Yet until the beginning of the 20<sup>th</sup> century the forests in this alpine region were not under protection: The wood was sold for constructing, for the furnaces and for the smelting plants of the iron, lead, zinc and silver mines in the Alps. Mining in this region dates back to the 12<sup>th</sup> century. In the borderland of the actual National Park, there are two mining districts.

The first is the "Ofenpass" area ("Ofen" means furnace, the pass is named after the furnaces situated along it), where huge mining debris dumps are found up to 2'000 metres above sea level. They are the remnants of mines which were closed in 1499. Near the road over the pass an iron furnace and several lime kilns can be found.

The second mining district is found around the ancient mining-village of S-charl, where the mines of Mount Madlain were closed in 1829 when lead and silver from abroad became cheaper. The labyrinth of this mine system originates from the Middle Ages. It has several levels and is about 20 km long. Most of the tunnels were driven by hand. The old path down to the furnaces still exists. Guided tours include a visit to the furnaces ruins, to the ancient mine village and to the mines of Mount Madlain. The reconstructed administration building will open 1997/98 as the "Mining Museum of S-charl".

## Einführung

"... das S-charltal verdient erwähnt zu werden wegen den Silberminen, wovon es in diesem Tale mehrere gibt. Ausserdem ist das Tal recht unfruchtbar. Die Gemeinde, die den Tirolern unterstellt ist, anerkennt die Erzherzöge Österreichs als ihre Herren". So charakterisierte der Bündner Humanist und Romanisch-Förderer Durich CHIAMPPELL (1573) S-charl.

Der ehemalige Bergbauweiler liegt im Grenzgebiet zwischen Österreich, Italien und der Schweiz. Bis 1652 gehörte S-charl zu Tirol, seither zur schweizerischen Eidgenossenschaft.

## 1 Bergbau im Bereich des Schweizerischen Nationalparks

Tatsächlich ist der Bergbau im Bereich des heutigen Nationalparks schon seit über 700 Jahren schriftlich und seit 3000 Jahren mit Schlackenfundstücken eisenarchäologisch bezeugt (KUTZER, 1983). Der Ofenpass erhielt seinen Namen in der Bergbauzeit: Für die Verhüttung des Eisenerzes, das am Munt Buffalora gegraben wurde, sind an der Passstrasse Reste von einem Hochofen und von zwei Kalköfen erhalten (SCHLÄPFER, 1960). Für das Schmelzen von Metallen und vor allem für das Eindampfen von Steinsalzlösung ("Sole") im Tirol erlebte die heutige Nationalparkregion einen eigentlichen Holzraubbau:

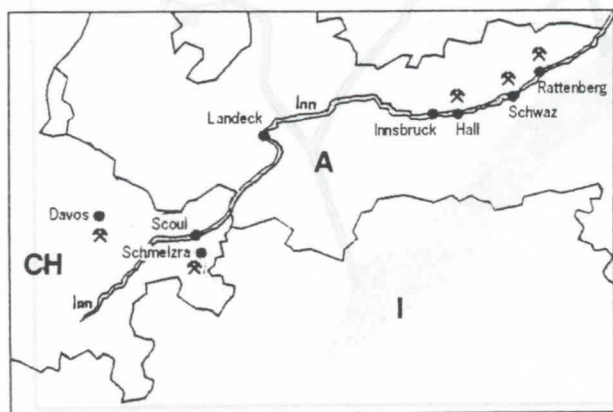


Abb.1: Lage der Schmelzra im Grenzgebiet von Österreich, Italien und der Schweiz.

Im Parkgebiet haben Forscher jüngst rund 80 Standorte von Kohlenmeilern ausfindig gemacht.

Weit mehr Holz aber als für die einheimische Verhüttung hat man exportiert: die gefällten Stämme wurden in den Flüssen aufgestapelt und durch Öffnen künstlicher Schleusen ("Triftklausen") hinuntergeschwemmt. Der ganze Inn diente so bis Hall im Tirol als "Triftstrasse". Erst seit etwas mehr als 100 Jahren besteht eine strenge Forstaufsicht, und seit der Bildung des Nationalparks im Jahre 1909 (1961 erweitert) darf in diesem Gebiet kein Holz mehr geschlagen werden (PAROLINI, 1995).

## 2 Umfangreichstes mittelalterliches Stollensystem der Schweiz

Mot Madlain bedeutet nach Heierli auch Erzberg. Seine Lagerstätten bestehen aus "netzartig verflochtenen Schnüren." (THEOBALD, 1860). Die Blei-Zink-Vererzungen sind hydrothermal entstanden und im Kalksedimentgestein auf durchschnittlich 1'800 Metern über Meer zu finden: "Es wurde bald erkannt, dass das Stollensystem ein riesiges Ausmass hatte. Manchmal stiess man auf grosse Höhlen, die die Ader kreuzten. Dies mussten einst sehr reiche Stellen gewesen sein. Die Chance war dort gross, Erz zu finden, wo die Alten mit dem harten Gestein Mühe hatten, da sie noch nicht sprengen konnten."<sup>1</sup> Diese 1825 gemachte Erkenntnis gilt nach wie vor, sind doch die Stollensysteme am Mot Madlain bei weitem nicht erforscht. Am besten bekannt ist das in der letzten Abbauphase um 1823 unter Johannes Hitz erkundete System Ober Madlain mit der "Kapelle": "Nun richtete Hitz seine Aufmerksamkeit auf die Minen. Zuerst wurde die Ader der Alten auf Ober Madlain abgesucht. Ein glücklicher Zufall führte uns eines Tages zur Entdeckung einer enorm grossen Höhle. Die Grotte, genannt 'Johanniszech' hatte eine Höhe von 13,5 Metern. Es muss sich hier um die sogenannte 'Kapelle' handeln." Weiter unten befinden sich die sogenannten Biener-Stollen: "Ich habe drinnen Stufenwerke, Schächte und 7 grosse Stollen für den Abraum, die am Tag enden, gesehen. Die Oberbiener Ader wurde auf eine Länge von 80m und eine Tiefe von 40m ausgebeutet. Der Schacht, der in die Ader eingerammt (worden ist), ist 12 m tief. Der Unterbiener (Länge 40m) liegt 115m in direkter vertikaler

Linie unterhalb des Oberbieners." Weitere Stollen liegen am Mot Madlain selbst und in den benachbarten Tälern: "Einige Lachter weiter unten finden sich taube Gänge. Kurz möchte ich noch bemerken, dass ich an drei weiteren Orten Stollen, wo die Alten gegraben haben, gesehen habe... Zu dieser letzten Gruppe gehören die Stollen der Unter Madlainer und Cisvenna." Es handelt sich um die 1534 im "Gebirge Ses Venna" neu aufgefahrene Grube. 1549 wurde zudem der Abbau Sonnenberg erwähnt und auch im Val Minger gab es Gruben.<sup>2</sup>

### 3 Labyrinth und 64 Jahre Stollenbau gegen Wassereinbrüche

In unglaublicher Mühsal ist das Gewirr von Stollen am Mot Madlain entstanden. Mit wenigen Ausnahmen wurde "händisch" (von Hand) gearbeitet. Oft in der Nässe kauend, schlugen die "Hauer" den Schlägel auf das Spitzisen. Das Hauptproblem war die Wasserhaltung. Schon im 16. Jahrhundert beklagte sich das Bergbauamt in Innsbruck: "Die alten (Gruben-) Gebäude sind alle versunken. Sonst wäre wohl bei allen Gruben Erz zu hauen vorhanden. Sie können aber 16 Wochen und mehr zu Winterszeiten Wassers halber nicht gearbeitet werden."<sup>3</sup>

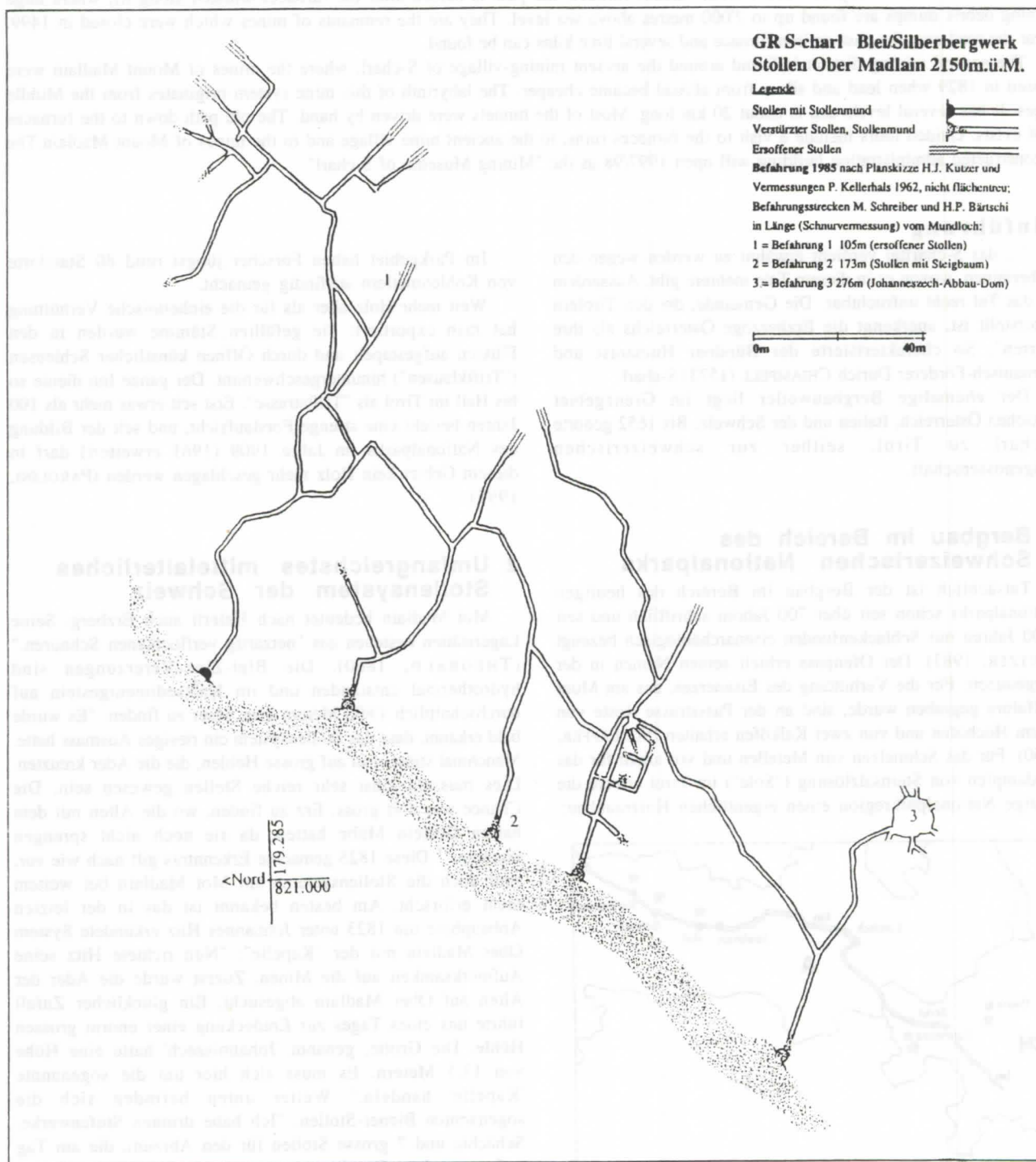


Abb. 2: Ausschnitt aus dem Stollennetz Ober Madlain. Die Längenangaben beziehen sich auf die Strecke ab dem einzigen nicht verstürzten Zugang (Stollenmund), Befahrungen teilweise durch verfüllte Stollen von 30 x 40 cm Querschnitt.

Unterirdische Wasserzuflüsse waren immer ein hartnäckiger Feind des Bergmanns. 1502 befahl deshalb die Regierung in Innsbruck, einen Entwässerungstollen, einen sogenannten Erbstollen, zu bauen. Der Durchbruch konnte erst 64 Jahre später vermeldet werden. Im Grenzort zwischen Tirol und dem Staat der drei Bünde (Kanton Graubünden) konnte sich der Bergrichter aus Innsbruck gegen das unsystematische Graben der freien lokalen Bergleute nur schwer durchsetzen. Und auch dem Bischof in Chur und den lokalen Patriziern diente das Bergwerk lediglich als Einnahmequelle, ohne dass sie investieren wollten. Aus dem Tirol kamen die einzigen Impulse, das Bergwerk professionell auszubauen.

#### 4 Zerfall, Restaurierung und Museumsausstattung 1989 - 1998

Mit zunehmender Tiefe verteuerten sich auch die Grubenbauten. Die Reformation des Unterengadins verschärfte die Krise. Der Einmarsch österreichischer Truppen durch das "Scharloch" war ein Mahnmal der blutigen Bündner Wirren. Die nachfolgende Pest verdarb den S-charler Bergbau ganz. Als das Unterengadin dann 1652 bündnerisch wurde, endete der Bergbau - abgesehen von einer kurzen Wiederaufnahme 1819 - 1829 in S-charl. Nach dem Konkurs von Johannes Hitz im Jahre 1829 zerfielen die wieder aufgebauten Hüttenanlagen. Eine teilweise Wiederinstandsetzung um 1853 konnte das Verwalterhaus vor den Naturgewalten nicht langfristig schützen. Bis in die 1890er Jahre waren Dach und Zwischenböden eingestürzt. 1980 war auch das Mauerwerk in den obersten Bereichen abgebrochen. 1985 gründeten der Gemeindepräsident von Scuol, Christoffel à Porta, Georg Peer vom Heimatmuseum Scuol (Jahrgang 1907!) und der Metallurge Hans-Joachim Kutzer zusammen die "Schmelzra", um die Schmelzhütte zu erhalten (*Minaria Helvetica*, 1995). Das Areal wurde gekauft, die Mauerkronen der Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen gesichert. Mit Peder Rauch von Scuol entstand 1989 die "Stiftung Schmelzra". 1996 und 1997 richtete der Referierende in diesem Verwaltergebäude das Bergbaumuseum ein. Es zeigt in neun Räumen die Geologie, den Holzraubbau, den Transport, den Stollenbau und die Erzverhüttung. Auch die Bergbaukultur und internationale Beziehungen sind mit Exponaten, Bildern und Texten dargestellt.

#### 5 Bergbauforschung in der Schweiz

Für die Schweiz umfassen die Bergbau-Anlagen von S-charl die bedeutendsten Bergbauzeugen aus dem Mittelalter und der beginnenden Neuzeit. Vergleichbar grosse, befahrbare Stollennetze sind nicht bekannt. Die Siedlung S-charl ist ein besonderer Zeuge des Bergbaus. Im internationalen Rahmen war die Erzaufarbeitung im Mittelalter bemerkenswert. Nach 1600 war das Bergwerk in bedenklichem Zustand, weil, wie die Fachleute des Tiroler Bergbauzentrums Schwaz urteilten, die Bündner Inhaber bessere Händler als Mineure gewesen seien.

In der Schweiz beruht die Erforschung der Bergbaugeschichte auf Vereinsaktivitäten. Die letzte Bundesförderung fand im Zweiten Weltkrieg statt. Das damals geschaffene Archiv befindet sich bei der Geotechnischen Kommission an der ETH in Zürich. Die beiden wichtigsten, regional beziehungsweise national tätigen Vereine sind der VFBG und die SGHB. Der Verein der Freunde des Bergbaus in Graubünden (VFBG) hat sich 1976 in Davos gegründet. Er hat sich mit 10 Bündner Regionalgruppen auf Exkursionen und die Erforschung des Bündner Bergbaus spezialisiert.

Tab.: Einige Geschichtsdaten zu S-charl

|      |  |
|------|--|
| 1095 | Alpes in Scharles, Schenkung an das Kloster Scuol                              |
| 1185 | Tiroler Bergordnung von Trient (Trento), gültig für die Region                 |
| 1317 | Bergwerksurkunde des Tiroler Erbprinzen und Königs von Böhmen                  |
| 1492 | Neue silberhaltige Lagerstätten entdeckt, Blüte des Bergbaus in S-charl        |
| 1499 | Schweizer- oder Schwabenkrieg, Verwüstungen in S-charl                         |
| 1566 | Bergbaukrise, Erbstollen Ober Madlain durchschlagen, 45 Häuser in S-charl      |
| 1602 | noch 27 entlohnte Knappen im Bergwerk, dazu Freigrübler und Hüttenarbeiter     |
| 1616 | Einstellung des Tiroler Bergrichteramtes in S-charl, Beginn der Bündner Wirren |
| 1652 | Freikauf des Unterengadins von Österreich, Stilllegung der Minen, Niedergang   |
| 1819 | Nur noch 10 Häuser in S-charl, Wiederaufbau des Bergwerks durch J. Hitz        |
| 1830 | Stilllegung des Bergwerks, S-charl lebt von karger Landwirtschaft              |
| 1909 | Gründung des Nationalparks   |
| 1965 | Fahrstrasse Scuol - S-charl anstelle des Saumpfades erstellt, Elektrifizierung |

Ein wissenschaftliches Mitarbeiterteam gibt die Zeitschrift "Bergknappe" heraus. Die Regionalgruppe S-charl-Unterengadin ist Initiatorin und Trägerin der Stiftung Schmelzra. Die Schweizerische Gesellschaft für historische Bergbauforschung (SGHB) organisiert jährlich Bergbau-Exkursionen in die Schweiz und ins Ausland und eine wissenschaftliche Tagung. Gegründet wurde sie 1979 an der Universität Basel. Ihre Zeitschrift ist die *Minaria Helvetica*, die neue Forschungen zur Geologie, Mineralogie und Geschichte des Bergbaus publiziert.

#### Literatur

- CHIAMPPELL, D. 1573. *Descriziun topografica de la Rezia alpina*, 1573.
- KUTZER, H.-J.W. 1983. Eisenarchäologische Schlackenuntersuchungen am Mont Buffalora.
- SCHLÄPFER, D. 1960. *Der Bergbau am Ofenpass*, Liestal.
- PAROLINI, J.D. 1995. *Zur Geschichte der Waldnutzung im Gebiet des heutigen Nationalparks*, Diss. ETH Zürich.
- Theobald, G.L. 1860. *Unterengadin*, Geognostische Skizze, Chur.
- Minaria Helvetica*. 15 b/1995 (Autorenkollektiv). S-charl.

<sup>1</sup> Beschreibung S-charl 1825, StAGR.

<sup>2</sup> Beschreibung S-charl 1825, StAGR.

Abbaugrubennamen gemäss Archivalen in Innsbruck: 1567 St.Margreth, St.Johann, Hoffnung, Findgrube (1550), Königin, St.Sigmund, Stettnerin, St.Sebastian, Weitental, Dreifaltigkeit, Gottesgab, Kron (1556).

<sup>3</sup> Massiven im Hof von Innsbruck, 23.3.1545.

# Mines Archaeology in Italian Alps: A General Map

by **Lamberto Laureti**

University of Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Abbateggrosso, 209, I-27100 Pavia, Italy

## Extended Abstract

Within the numerous researches carrying out for many years about the various aspects of the industry archaeology, those referring to the mining activity hold a peculiar importance, mainly in relation to the function put on by itself as noteworthy element in the territorial framework and, of course, as incisive factor by the human impact on the natural environment.

The existence in the alpine region of many ore bodies was surely one of the main reasons that favoured the human presence in the Alps since the prehistoric times. Consequently very numerous are the signs, in the alpine region, of the utilization of the mining resources, even if actually most of the mines is abandoned, both for their exhaustion and for their exploitation unsuitability. If we consider only the south part of the Alps, inside the actual Italian boundaries, after an increasing during the Roman times, the mining activity showed a new intensity from the late Middle Ages with a prevalence of the metalliferous minerals production (gold, silver, lead-zinc, copper and mainly iron, whose processing was enabled by the charcoal use obtained from the wide forests covering the mountains and the alpine valleys).

In the first half of the XIX century, in spite of the exhaustion of many mines or the abandon of others because of charcoal lack (inadequately replaced by modest fossil coal bodies), were yet in the Italian Alps more than 150 active metalliferous mines and about a hundred inactive. Such amount didn't show significant changes also in the second half of the same century. Afterwards, in the first half of the century, we can observe a strong decreasing of the active metalliferous mines number (less than fifty). In the second half of the century many other mines are abandoned, so that actually in the Italian side of the Alps there are only less than forty mines, almost all non metalliferous.

As a consequence of this progressive decreasing of the mining activity, in the Italian alpine valleys and mountains there are today nearly 300 abandoned mines, of which more than 200 referring to metalliferous minerals and nearly fifty to fossil coal (mainly brown coal).

As a preliminary stage of a research program about the historical and technical evolution of the mining activity in the Alpine region from the early to the present times, and dealing also with its influence on the social and economic development of the local communities and the consequent environmental changes, in the present map the distribution of the ancient Alpine mines is considered.

Another peculiar aim of the present research is also the study of the preservation state of the inactive alpine mines in order to assess the reclaiming feasibility of the most interesting and significant ones (as typical evidence of industry and mining archaeology), with museum and didactic object, as in other countries and regions formerly achieved (noteworthy are, by this regard, the reclaiming of the ancient mines of Monteneve / Schneeberg and Predoi / Prettau in the Alto Adige / Südtirol region with the little but interesting museum of Vipiteno / Sterzing).

In order to have a best redrawing of a comprehensive picture of the Alpine mines archaeology, the present poster shows, with a cartographic representation at a 1:500 000 scale, the topographical distribution of the principal mines on the Italian side of the Alpine region, from the Ligurian to the Julian section. The map shows also the mineralization and other significative geological and logistic features of the mining sites.

## Bibliography

- BARELLI, V. 1835. "Cenni di statistica mineralogica degli Stati di S.M. il Re di Sardegna", Torino.  
SALUZZO, A. da (ed) 1845. "Le Alpi che cingono l' Italia", Torino, part I, vol 1.  
JERVIS G. 1873. "I tesori sotterranei dell' Italia", Torino, part I (Regione delle Alpi).  
R. CORPA DELLE MINIERE. 1881. "Notizie statistiche sulle industrie minerarie in Italia dal 1861 al 1881", Roma.  
OREGLIA, E. 1913. "Notizie sull' industria mineraria nella Venezia sotto il dominio della Repubblica", Riv. del Servizio Minerario, Roma.  
STELLA A. 1921. "Le miniere di ferro dell' Italia", Torino-Genova.  
CORPO REALE DELLE MINIERE. 1936. "Carta mineraria d' Italia" (district of Torino, Milano, Padova, Trento, Trieste), Roma, scale 1:500 000.  
SQUARZINA, F. 1960. "Notizie sull' industria mineraria del Piemonte", L' Industria mineraria.  
SQUARZINA, F. 1962. "Notizie sull' industria mineraria e sui metalli non ferrosi nel Trentino-Alto Adige", L' industria mineraria.  
DAINELLI, G. 1963. "Le Alpi", Torino.  
VEYRET, P. & G. 1967. "Au coeur de l' Europe. Les Alpes", Paris.  
CASTALDO, G. & STAMPANONI, G. (eds) 1975. "Memoria illustrativa della Carta mineraria d' Italia, scale 1:1.000.000", Roma.  
PAULI, L. 1980. "Die Alpen in Frühzeit und Mittelalter", München.  
CO.TRA.O. 1992. "L' homme et les Alpes", Grenoble.

# Montanarchäologische Untersuchungen im Silbererzrevier von Sankt Andreasberg im Harz (Deutschland)

von Wilfried Ließmann

Lehrbergwerk Grube Roter Bär, Schwalbenherd 7, D-37444 Sankt Andreasberg

## Abstract

The famous silver vein deposit of Sankt Andreasberg in the Upper Harz Mountains was discovered at the end of the 15th century. During its 400 years long history exploitation of silver-bearing lead-zinc-copper ores has gone through 3 periods of development and crisis at well. Between about 1520 and 1910 total production amounted to a somewhat about 350 tons silver, 12500 tons lead and 2500 tons copper. International-renowned as technical monument is the nearly 800 m deep Samson mine with the last working "Fahrkunst" (decending-machine for miners) of the world, today museum and underground hydroelectric power plant.

The presentation is aimed to provide a short overview on the activities of the "Arbeitsgruppe Bergbau/ St. Andreasberg", founded in 1988, which is engaged in exploration and preservation of old mines in this district. Digup and supporting of vertikal openings will be presented at the example of the Wennsoglückt mine, in which water draining openings from the 17th and 18th century were discovered.

## Zusammenfassung

Sankt Andreasberg, die östlichste der ehemals sieben Oberharzer Bergstädte, zählt seit Beginn der Neuzeit zu den berühmtesten Silberbergbaurevieren Europas. Zwischen etwa 1520 und 1910 produzierten hier 30 größere und mehr als 100 kleine Gruben insgesamt rund 320 t Silber, 12500 t Blei und 2500 t Kupfer. International bekannt als technisches Denkmal ist die knapp 800 m tiefe Grube Samson in deren Schacht sich die einzige heute noch betriebene Fahrkunst der Welt befindet.

Der Vortrag informiert über die Aktivitäten der 1988 ins Leben gerufenen Arbeitsgruppe Bergbau, die es sich zum Ziel gesetzt hat, historisch wertvolle über- und untertägige Bergbauanlagen im Umfeld der Bergstadt zu erkunden, zu bewahren und gegebenenfalls museal zu nutzen. Am Beispiel der Grube Wennsoglückt wird über die Aufwältigung vertikaler Grubenbaue und deren Ausbau berichtet. Vorgestellt wird die Untersuchung der bislang erschlossenen Abbaue und inwendigen Kunstanlagen aus dem 17. und 18. Jahrhundert

## 1. Die Arbeitsgruppe Bergbau und das Lehrbergwerk Grube Roter Bär

Aus einem kleinen Kreis Harzer Bergbaufreunde, die im Herbst 1988 mit der Aufwältigung des in Privatbesitz befindlichen Eisenerzbergwerks Roter Bär (letzte Untersuchungsarbeiten 1920-30) zwecks musealer Nutzung begannen, entwickelte sich die heute rund 20 Mitglieder umfassende Arbeitsgruppe Bergbau. Es handelt sich hauptsächlich um montangeschichtlich interessierte Studenten und Absolventen der TU Clausthal, die in ihrer Freizeit ehrenamtlich an diesem Projekt mitwirken und dabei inzwischen mehr als 25.000 Arbeitsstunden geleistet haben. Organisatorisch gehört die Arbeitsgruppe zu dem bereits 1931 gegründeten St. Andreasberger Vereins für Geschichte und Altertumskunde e.V. (gegenwärtig 160 Mitglieder).

Integriert in die Arbeitsgemeinschaft Harzer Bergbau- und Hüttenmuseen, bemüht sich der Verein um den Erhalt und die Erforschung historisch wertvoller Anlagen des Bergbaus und der montanen Wasserwirtschaft, sowie um die Bewahrung des bergmännischen Brauchtums.

Kernstück des Projekts ist das "Lehrbergwerk Grube Roter Bär", das einerseits interessierten Laien die Möglichkeit bietet, historischen Bergbau vor Ort zu erleben, andererseits aber auch von Fachgruppen genutzt wird, etwa zur Durchführung von geologisch-lagerstättenkundlichen Exkursionen, untertägigen Kartierkursen oder markscheiderischen Meßübungen.

Das gesamte Projekt finanziert sich ausschließlich aus Vereinsmitteln, Spenden sowie den Erlösen von Führungen, Veranstaltungen und Buchpublikationen (LIESSMANN & BOCK, 1993). Als zusätzlicher

Förderverein wurde 1994 eine "Gewerkschaft Grube Roter Bär" gegründet, die gegen eine "Zubuße" dekorative Kuxscheine, gewissermaßen symbolische Anteilsscheine am Bergwerk, ausgiebt.

## 2. Geologie und Lagerstättenkunde

Das Gangerzrevier von St. Andreasberg hat die Form eines in ost-westlicher Richtung gestreckten Dreiecks, dessen größte Länge 6 km und dessen mittlere Breite etwa 1 km beträgt. Innerhalb dieses, von zwei Hauptstörungen (Ruscheln genannt) begrenzten Keiles durchsetzen mehr als 20, hauptsächlich NW-SE streichende Erzgänge das vorwiegend aus Tonschiefer, Quarziten und Diabasen devonischen Alters bestehende, spätvariszisch gefaltete Gebirge (WILKE, 1952). Die Vererzung erfolgte erst während des Mesozoikums im Rahmen einer saxonischen Metallogenese.

Die durchschnittlich nur etwa 0,4-0,6 m mächtigen Füllungen der steilstehenden Spaltengänge zeigen eine sehr absetzige Erzführung und eine recht komplexe Mineralogie. Neben relativ silberarmen Pb-Zn-Cu-Erzen (Galenit, Sphalerit, Chalkopyrit und Tetraedrit) traten lokal Reicherzfälle mit hohen Silbergehalten (bis 1-2%) auf. Mit Abstand wichtigste Edelmetallträger waren Dyskrasit und Pyrargyrit die gemeinsam mit anderen seltenen Silbersulfosalzen, gediegen Arsen und Antimon, Ni-Co-Fe-Arseniden sowie Arsenopyrit nesterweise vorkamen. Quarz, Calcit ("Edle Kalkspatformation"), Ankerit, Zeolithe sowie untergeordnet Baryt und Fluorit bildeten die begleitenden Gangarten (WILKE, 1952).

Als Fundort von inzwischen mehr als 150 z.T. sehr seltenen Mineralarten und gut auskristallisierten Erz- und Gangartstufen genießt das Andreasberger Revier internationale Berühmtheit (Gebhard, 1988).

### 3. Montangeschichtlicher Überblick

Ende des 15. Jahrhunderts führte die Entdeckung reicher, zu Tage austreichender Silbererzgänge zur Gründung einer ersten kleinen Siedlung (1487 erste urkundliche Erwähnung). Veranlaßt durch größere Silberfunde am Beerberg unterstützten die Grafen von Honstein, als damalige Landesherren die jungen Bergbauversuche mit dem Erlaß von Bergfreiheiten (1521 und 1527) und einer Bergordnung nach sächsischem Vorbild (1528). Daraufhin aus dem sächsisch-böhmischen Raum zugewanderte Bergleute schufen wenig später die nach dem Apostel Andreas benannte freie Bergstadt. Der gewerkschaftlich organisierte Bergbau erlebte zunächst bis etwa 1550, dann abermals 1560-75 eine Blütezeit, während der jährlich bis zu 1600 kg Brandsilber in der Hütte erschmolzen wurden. Zeitweilig standen damals bis zu 130 kleine Zechen in Betrieb, die vornehmlich oberflächennah reiche Zementationserze abbauten. Ende des 16. Jahrhunderts wurden bereits Tiefen von mehr als 80 m erreicht. Wasserschwierigkeiten, teure Stollenbauten und Rückzug der Gewerker führten bereits vor Ausbruch des Dreißigjährigen Krieges zum fast vollständigen Niedergang des St. Andreasberger Montanwesens (NIEMANN, 1991).

Erst nach 1652, nun unter Hoheit der Welfenherzöge von Braunschweig-Lüneburg (später Hannover), gelang es, den Bergbau wieder in Gang zu setzen. Nach Einführung des Direktorial-Prinzips (1672) für das Bergamt Clausthal, dem das St. Andreasberger Montanwesen jetzt unterstand, bekam die Bergbehörde die alleinige Betriebsführung der Gruben in ihre Hand. Staatlich finanzierte neue Erbstollen (siehe Tab.1) und die Schaffung eines bedeutenden Wasserwirtschaftssystems (Neuer Rehberger Graben 1703; Oderteich 1714-21) waren wichtige Voraussetzungen für ein Vordringen des Bergbaus in größere Tiefen. Diese Investitionen bescherten dem Revier 1680-1730 eine zweite Blüteperiode, während der etwa 30 kleine und mittelgroße Gruben in Betrieb standen (Tab.1).

Erhebliche technische Probleme, eine allgemeine Verschlechterung der Erzanbrüche sowie schließlich die schwere Wirtschaftskrise infolge des Siebenjährigen Krieges (1756-63) brachten den Bergbau fast zum Erliegen. Aus der Clausthaler Bergbaukasse finanzierte Sucharbeiten sowie technische Verbesserungen ließen den Silberbergbau nach 1790 zum dritten Male aufleben.

Die größte Silberausbeute (jährlich rund 3000 kg) brachten die Jahre 1822-24. Trotz weiterer technischer Fortschritte (Einführung des Drahtseils 1834 und einer Fahrkunst im Samsonschacht 1837), sorgten sinkende Metallpreise für eine zunehmende Unwirtschaftlichkeit des unter hohen Produktionskosten leidenden Bergbaus.

Nach der Übernahme Hannovers durch den preußischen Staat (1866) wurden die letzten 5 Zechen zu den "Vereinigten Gruben Samson" konsolidiert und bis zur Einstellung 1910 fiskalisch betrieben. Im bis zum Sieberstollen offengehaltenen Samsonschacht werden seit 1912 zwei Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 689 kW betrieben (DÖRING, 1996).

**Tab. 1 Wichtige Gruben im Silbererzrevier von St. Andreasberg**  
(Lage siehe Übersichtskarte Abb. 1)

| Nr                                   | Schächte                       | Betriebszeiten           | Teufe              |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>"Inwendiger Zug"</b>              |                                |                          |                    |
| 1                                    | Prinz Maximilian (neu)         | 1716-1808                | 227m               |
| 2                                    | Fünf Bücher Mosis (neu)        | vor1716-1757             | 230m               |
| 3                                    | Felicitas                      | 1672-1763;1826-1867      | 518m               |
| 4                                    | König Ludwig                   | 1662-1809                | 350m               |
| 5                                    | St. Andreas                    | 1644-1749                | 503m               |
| 6                                    | St. Moritz                     | um1538-1616;1662-1720    | 130m               |
| 7                                    | Gnade Gottes                   | vor1590-1630;1662-1910   | 285m               |
| 8                                    | Bergmannstrost                 | 1767-1910                | 245m               |
| 9                                    | Catharina Neufang              | vor1575-1624;1662-1874   | 438m               |
| 10                                   | Samson                         | 1521-nach1621;1662-1910  | 792m               |
| 11                                   | Abendröthe                     | 1692-1721,1732-1910      | 162m               |
| 12                                   | St. Andreaskreuz               | 1537-1608;1690-1866      | 520m               |
| 13                                   | Morgenröthe                    | vor1595-1617;1691-1769   | 175m               |
| <b>"Auswendigen Zug"</b>             |                                |                          |                    |
| 14                                   | Drei Ringe                     | vor1596-1621;1646-1722   | 115m               |
| 15                                   | Neues Glückauf                 | 1770-1786;1866-1895      | 135m               |
| 16                                   | Weinstock                      | vor1596;1662-1728;       | 209m               |
| 17                                   | Weintraube                     | 1710-1728                | 234m               |
| 18                                   | Weinblüthe                     | 1710-1728                | 170m               |
| 19                                   | St. Moritz & Casselsches Glück | 1698-1730                | 154m               |
| 20                                   | Redensglück                    | 1766-um1810              | 80m                |
| 21                                   | Neuer Gottes Segen             | 1767-um1810              | 210m               |
| 22                                   | Claus Friedrich                | um1788-1812              | 175m               |
| 23                                   | St. Jacobsglück                | 1534-nach1606; 1661-1763 | 271m               |
| 24                                   | Silberner Bär                  | 1675-1818                | 110m               |
| 25                                   | Wennglückt                     | 1693-1760;1787-1812      | 352m               |
| <b>Wichtige Wasserlösungsstollen</b> |                                |                          |                    |
|                                      | <b>Name</b>                    | <b>Bauzeit</b>           | <b>Gesamtlänge</b> |
| a                                    | Spötterstollen                 | 1536 begonnen            | 1280 m             |
| b                                    | Fürstenstollen                 | 1533 begonnen            | 400 m              |
| c                                    | St. Annenstollen               | um 1550 beg.             | 530 m              |
| d                                    | St. Jacobsglücker Stollen      | um 1534 beg.             | 1000 m             |
| e                                    | St. Johannes Stollen           | 1529 begonnen            | 1450 m             |
| f                                    | Edelleuter Stollen             | 1534 begonnen            | 1750 m             |
| g                                    | Grünhirscher Stollen           | 1691-1710                | 10.000 m           |
| h                                    | Sieberstollen                  | 12.000 m                 | 1714-1754          |

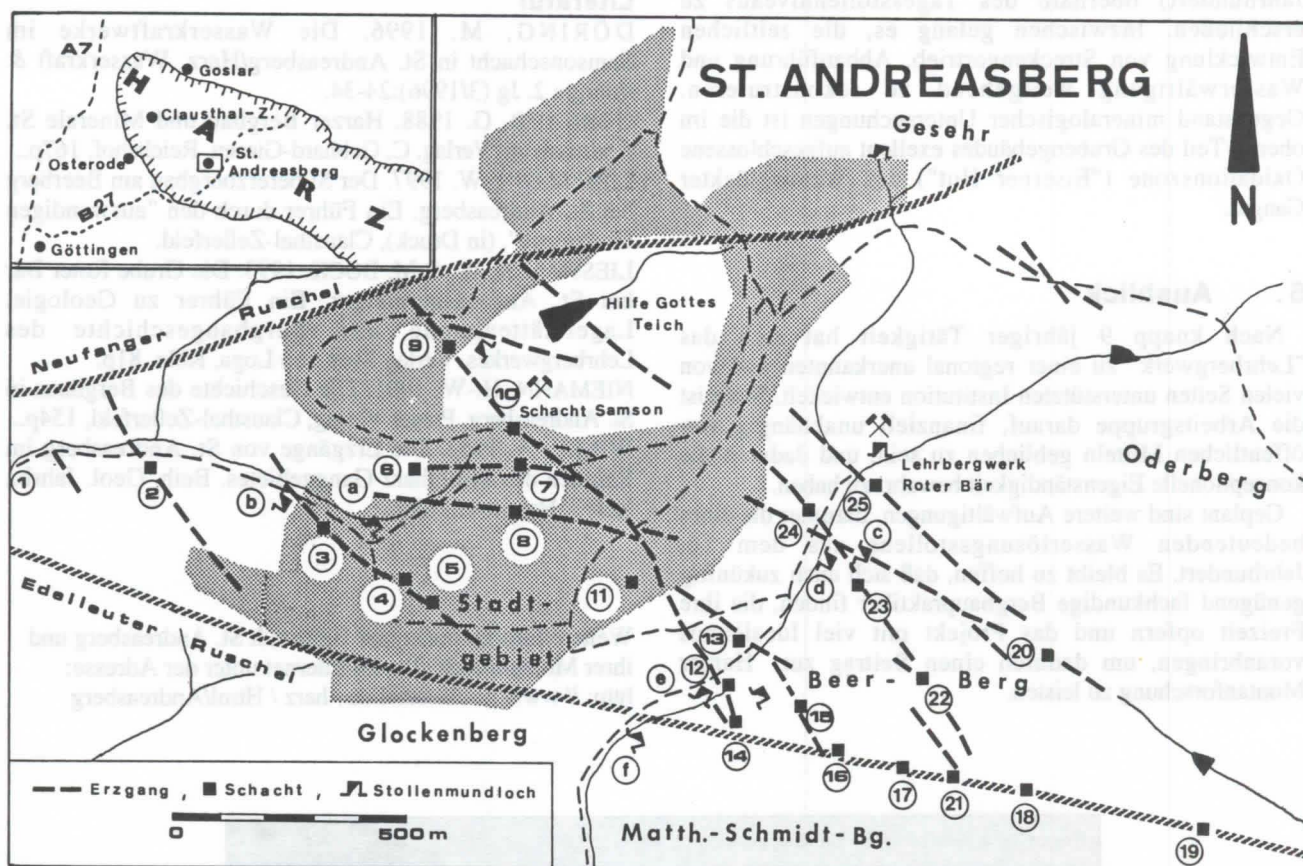


Abb. 1 Übersichtskarte des St. Andreasberger Silbererzreviers  
(die Mundlöcher der Stollen g und h liegen außerhalb des Kartenausschnitts)

#### 4. Wiederaufwältigungsarbeiten auf dem Wennsglückter Gang

Dank großzügiger Gestattungsverträge mit dem Bergwerkseigentümer, der Fa. Deutsche Baryt Industrie in Bad Lauterberg, erhielt die Arbeitsgruppe Bergbau die Möglichkeit im Ostteil des Revieres, dem sog. "Auswendigen Zug" unter bergbehördlicher Aufsicht Altbergbau zu erkunden. Das etwa 1 km<sup>2</sup> große Areal umschließt den Beerberg, wo der Silbererzbergbau Anfang des 16. Jahrhunderts begann. Übertagekartierungen ergaben rund 80 Grubenobjekte (verbrochene Schächte, Stollenmundlöcher, Schurfpingen) sowie zahlreiche Relikte der bergmännischen Wasserwirtschaft (Gräben, Radstuben, Röschen) die aus der Zeit zwischen 1520 und 1820 stammen.

Ein von der Bergstadt St. Andreasberg angelegter, rund 2 km langer Geologisch-Bergbauhistorischer Wanderweg mit 39 Erläuterungstafeln gibt hierzu Informationen (LIESSMANN, 1997).

Im Mittelpunkt des laufenden Wiederaufwältigungsprogramms stehen die alten Grubenbaue auf dem Wennsglückter Gang, wo es den Bergamtsakten zufolge mindestens 5 Betriebsperioden gegeben hat. Der komplett verfüllte, 1812 abgeworfene Hauptschacht hatte eine Tiefe von 351 m. Langfristiges Ziel ist die Herstellung eines Fahrweg durch 5 alte Absinken bis zur Sohle des

Sieberstollens, der in einer Tiefe von 170 m in das Grubengebäude einbringt und das gesamte St. Andreasberger Revier entwässert.

Nach Genehmigung durch das zuständige Bergamt begannen 1991 die mühsamen Aufwältigungsarbeiten. Wichtige Voraussetzung hierfür war zunächst die Schaffung einer Infrastruktur (Kaue, Werkstatt, Strom- und Druckluftversorgung, Telefonanlage, Anbindung an das Gleisnetz der Grube Roter Bär). Als Zugang mußten ein 10 m langer Stollen ("Reiche Segener Tagesstollen") und ein 13 m tiefes, vollständig verfülltes Gesenk ausgeräumt werden. Zur Sicherung des unterhalb einer verbrochenen Radstube gelegenen Schachtkopfes, schuf die Arbeitsgruppe einen mit Stahlbetonpfeilern armierten Haspelraum. Im Herbst 1994 erfolgte die erste Befahrung des neu erschlossenen Streckensystems, bestehend aus alten Feldörtern, Strossenbauen und Ziehschächten aus der 2. Hälfte des 17. Jahrhunderts. Als spektakulärstes Objekt erwies sich eine mehr als 300 Jahre alte inwendige Kunstradstube (12m hoch, 10m lang und 6m breit), die samt Aufschlag- und Abfallrösche sowie dem direkt darunter befindlichen Pumpenschacht (60m tief) erhalten ist (Abb.2). Aufgrund des relativ standfesten Gebirges und nur geringen Gangmächtigkeiten (0,3-0,5m) besteht die Möglichkeit, montanhistorisch besonders wertvolle Abbaubereiche aus der frühesten Betriebsperiode (16.

Jahrhundert) oberhalb des Tagesstollenniveaus zu erschließen. Inzwischen gelang es, die zeitlichen Entwicklung von Streckenvortrieb, Abbauführung und Wasserwältigung weitgehend zu rekonstruieren. Gegenstand mineralogischer Untersuchungen ist die im oberen Teil des Grubengebäudes exzellent aufgeschlossene Oxidationszone ("Eiserner Hut") des Wennsglückter Ganges.

## 5. Ausblick

Nach knapp 9 jähriger Tätigkeit hat sich das "Lehrbergwerk" zu einer regional anerkannten und von vielen Seiten unterstützten Institution entwickelt. Stolz ist die Arbeitsgruppe darauf, finanziell unabhängig von öffentlichen Mitteln geblieben zu sein, und dadurch die konzeptionelle Eigenständigkeit bewahrt zu haben.

Geplant sind weitere Aufwältigungen, darunter die eines bedeutenden Wasserlösungsstollens aus dem 16. Jahrhundert. Es bleibt zu hoffen, daß sich auch zukünftig genügend fachkundige Bergbaupraktiker finden, die ihre Freizeit opfern und das Projekt mit viel Idealismus voranbringen, um dadurch einen Beitrag zur Harzer Montanforschung zu leisten.

## Literatur

- DÖRING, M. 1996. Die Wasserkraftwerke im Samsonschacht in St. Andreasberg/Harz. *Wasserkraft & Energie* 2. Jg (3/1996):24-34.
- GEBHARD, G. 1988. Harzer Bergbau und Minerale St. Andreasberg. Verlag. C. Gebhard-Giesen, Reichshof, 167p..
- LISSMANN, W. 1997. Der Silbererzbergbau am Beerberg bei St. Andreasberg. Ein Führer durch den "auswendigen Grubenzug". (in Druck), Clausthal-Zellerfeld.
- LISSMANN, W. & M. BOCK. 1993. Die Grube Roter Bär bei St. Andreasberg/Harz. Ein Führer zu Geologie, Lagerstättenkunde und Bergbaugeschichte des Lehrbergwerkes. Verlag Sven von Loga, Köln, 81p.
- NIEMANN, H.-W. 1991. Die Geschichte des Bergbaus in St. Andreasberg. Pieper Verlag, Clausthal-Zellerfeld, 154p..
- WILKE, A. 1952. Die Erzgänge von St. Andreasberg im Rahmen des Mittelharz-Ganggebietes. *Beih. Geol. Jahrb.*, Heft 7, Hannover, 183p..

Weitere Informationen zur Bergstadt St. Andreasberg und ihrer Montangeschichte im Internet unter der Adresse: <http://www.tu-clausthal.de/harz/Html/Andreasberg>

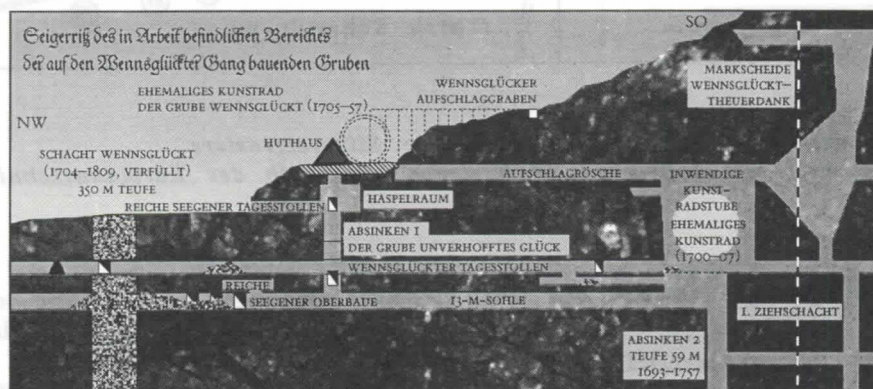


Abb. 2 Seigerriß der auf dem Wennsglückter Gang aufgewältigten Grubenbaue

# Die Saalfelder Feengrotten - ein Schaubergwerk mit Höhlencharakter

von Bernd Lochner

Saalfelder Feengrotten und Heilstollen GmbH, D 07318 Saalfeld, Bundesrepublik Deutschland

## Summary

In 1914 the Fairy Grottoes of Saalfeld were opened to the public. Once an alum slate mine of only local importance, they have since developed into one of the most interesting and internationally famous collries.

Geo-chemical processes are responsible for the enormous variety and colour of the sediments, stalagmites and stalaktites. Remarkable is the formation of new and very rare minerals. Due to the extreme high quality pure air, a separate section of the mine is used by patients for inhalation purposes.

As a result of the huge influx of visitors every year, a luminous flora began to spread. However, this could be eradicated by a chemical treatment specially adapted for the Fairy Grottoes, without endangering the environment in any way.

Despite the strain and danger posed by having the Fairy Grottoes open to the public, it has been possible to maintain it's original condition as a monument to the alum slate mining industry for all posterity.

## Kurzfassung

Die Saalfelder Feengrotten - hervorgegangen aus einer ehemaligen Alaunschiefergrube von stets nur lokaler Bedeutung - entwickelten sich seit ihrer Eröffnung im Jahre 1914 zu einem der interessantesten und international bekanntesten Schaubergwerke.

Durch nachfolgende geochemische Prozesse entstanden Sedimente und Tropfsteine in sehr großer Formen- und Farbenvielfalt. Beachtlich ist die Herausbildung neuer Minerale mit teils großem Seltenheitswert.

In einem separaten Teil der Grubenanlage werden aufgrund der extrem reinen Luft Inhalationskuren durchgeführt.

Infolge des enormen Besucherstromes von weit über 200.000 Personen pro Jahr entwickelte sich eine sehr störende Lampenflora, die durch spezifisch auf die Feengrotten abgestimmte chemische Behandlungsmethoden schonend und umweltverträglich beseitigt werden konnte. Trotz enormer anthropogener Belastungen können die Feengrotten als Sachzeuge des Alaunschieferbergbaus der Nachwelt in ihrer Ursprünglichkeit erhalten werden.

## 1. Einleitung

Nahe der alten Berg- und Kreisstadt Saalfeld/ Saale liegen am Fuße des nach Norden hin steil abfallenden Thüringer Schiefergebirges, eingebettet in einen schmalen Ausstrich silurischer Alaun- und Kieselschiefer, die international bekannten Saalfelder Feengrotten.

## 2. Geschichte und Entstehung

Die Entwicklung der heutigen Feengrotten aus einem ehemaligen Alaunschieferbergwerk von stets nur lokaler Bedeutung zu einem international bekannten Schaubergwerk läßt sich bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts zurückverfolgen (LANGHAMMER & LOCHNER, 1994; SCHWEIGART & WITTING, 1927; v. WICHENDORFF & BERG, 1911).

Erste schriftliche Überlieferungen weisen darauf hin, daß man bereits um 1530 Alaunschiefer abbaute und übertägig zu Alaun und Vitriol aufbereitete (LANGE et al., 1992).

Dieser schwarzblaue, mitunter stark glänzende Schiefer entstand in der Silurzeit vor etwa 410 bis 440 Millionen Jahren aus abgestorbener Biomasse, insbesondere Kieselalgen, die sich auf dem Meeresgrund ablagerten und nur einen unvollständigen Zersetzungsprozeß durchliefen.

Die Saalfelder Region gehörte einer uferfernen Region der varistischen Geosynklinalen an mit einer eher geringfügigen Zufuhr fester Bestandteile vom Festland und recht hohem Schwefelwasserstoffanteil am Grunde des Meeresbodens..

Somit blieb der organisch gebundene Kohlenstoff weitestgehend erhalten, er liegt heute in feinverteilter Form mit einem Gehalt von bis zu 30 Gew.-% im Gestein vor. Viele Schwermetallverbindungen lagerten sich in sulfidischer Form ab und blieben so bis in die heutige Zeit erhalten.

Mit der zunehmenden Konzentration der umgesetzten biogenen Massen ging am Meeresgrund eine ständige Erhöhung des chemisch gebundenen Phosphors einher, welcher sich letztlich in Phosphoritkonkretionen anreicherte. Diese sind im Schiefer als knollenförmige Gebilde zu finden.

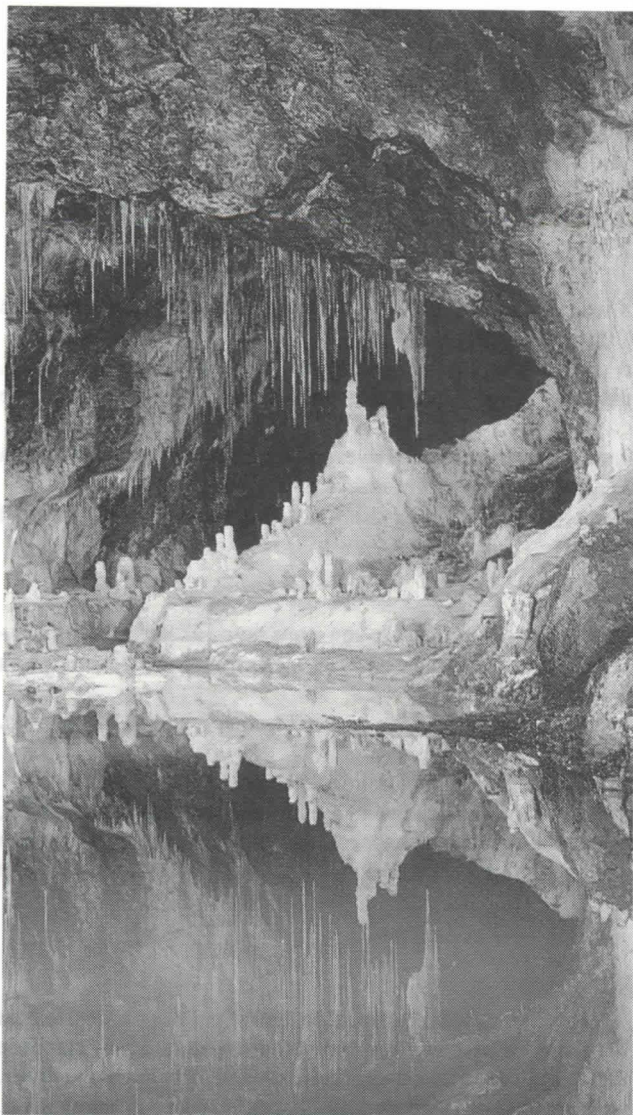
Der Alaunschiefer wurde nach dem Abbau übertägig auf hölzernen, leicht nach innen geneigten Flächen, den sogenannten Laugbühnen, aufgeschichtet und mehrere Jahre den atmosphärischen Bedingungen ausgesetzt.

Durch mehrfaches Übergießen mit Wasser erhielt man schließlich eine angereicherte saure Lösung, die in beachtlichem Maße Schwefelsäure und Schwermetallverbindungen (vorzugsweise von Eisen und Kupfer) enthielt.

Über verschiedene technologische Prozeßstufen gewann man somit Alaun (Kaliumaluminiumsulfat), grünen Vitriol (Eisen(II)sulfat) und blauen Vitriol (Kupfer(II)sulfat) mit jeweils spezifischem Kristallwassergehalt.

Infolge der Industrialisierung kam die bergbauliche Gewinnung des Alaunschiefers um 1850 völlig zum Erliegen. Die Grube „Jeremias Glück“ geriet langsam in Vergessenheit, da die traditionelle Gewinnung von Alaun und Vitriol viel zu unrentabel geworden war und mit den chemisch-technischen Verfahren nicht mehr Schritt hielt.

Nach dem Niedergang des Alaunschieferabbaus bildeten sich in den alten und nicht mehr zugänglichen Hohlräumen durch geochemische Abläufe farbige Tropfsteine und Sedimente, deren Formen- und Farbenreichtum nahezu einmalig ist (Abb. 1 und 3).



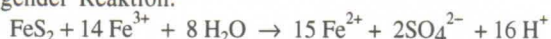
**Bild Nr. 1: Gralsburg im Märchendom auf der dritten Sohle der Saalfelder Feengrotten**  
Foto: Archiv Feengrotten

### 3. Chemismus und Mineralisation

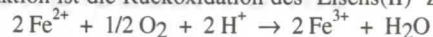
Der Chemismus der Tropfsteinbildung verläuft im Gegensatz zu einer an Karbonatgestein gebundenen Höhle überwiegend auf oxidativem Wege.

**Pyrit** ( $\text{FeS}_2$ ), im Alaunschiefer zu etwa 5 bis 10 Gew.-% in feinverteilter oder kompakter Form enthalten, zerfällt in Anwesenheit von saurem Wasser und dem in den bergbaulichen Hohlräumen anwesenden Sauerstoff in verschiedene andere Eisenverbindungen und überschüssige Schwefelsäure. Diese wiederum setzt als starke Säure weitere Bestandteile aus dem Gestein frei, was zu einer Fülle von neuen Mineralen führt. Durch die Anwesenheit von phosphathaltigen Konkretionen entsteht fernerhin Phosphorsäure, welche auf die nachfolgende Tropfsteinbildung wesentlichen Einfluß nimmt (RÜGER et al., 1994).

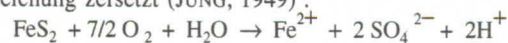
Der gesamte Zerfallsprozeß des Pyrits verläuft vorwiegend in Anwesenheit von *Thiobacillus ferrooxidans*, einem katalytisch wirkenden, chemoautotrophen Bakterium nach folgender Reaktion:



Hierbei sind die Eisen(III) - Ionen für die Oxidation des Schwefels verantwortlich. Die den Pyrit-Zerfall limitierende Reaktion ist die Rückoxidation des Eisens(II) zu Eisen(III) :



Nur in untergeordnetem Maße wird der Pyrit durch Direktoxidation mittels Luftsauerstoff gemäß folgender Gleichung zersetzt (JUNG, 1949) :



Gelangt eine solche mineralreiche Lösung in die Hohlräume des ehemaligen Bergwerkes, nimmt sie aufgrund noch oxidierbarer Anteile, beispielsweise Eisen(II)-verbindungen, erneut Sauerstoff auf und bindet damit einen äquivalenten Teil des Säureüberschusses. Die Folge davon ist ein Anheben des pH-Wertes auf etwa 3 bis 4. In diesem weniger sauren Milieu sind verschiedene Substanzen, wie Schwermetallphosphate oder Eisen(III)-hydroxid, nicht mehr löslich und fallen aus - eine weniger bekannte Möglichkeit zur Bildung von Tropfsteinen und Sedimenten.

Kohlendioxid trägt in diesen Fällen nicht zur Mineralisation bei, da unter den gegebenen sauren Bedingungen Karbonate weder gebildet werden noch beständig sind.

Hauptbestandteil der meisten Sedimente und Tropfsteine ist das weiche Mineral

**Diadochit** - ein Eisensulfatphosphat der chemischen Zusammensetzung  $\text{Fe}_2(\text{OH})(\text{SO}_4)(\text{PO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Dieser Diadochit ist wahrscheinlich amorph, entsprechende Untersuchungen dauern noch an.

Chemische Analysen deuten ferner darauf hin, daß sich die dunklen bis schwarzbraunen Tropfsteine hingegen vorwiegend aus Eisenhydroxid zusammensetzen.

An wenigen exponierten Stellen innerhalb der Feengrotten steht Knotenkalk an, nur dort bilden sich in gewohnter Weise Calcit oder Aragonit.

Insgesamt sind derzeit fast dreißig Minerale innerhalb der Grotten sicher nachgewiesen, teils mit großem Seltenheitswert.

Besonders interessant ist die Ausbildung von **Rapidcreekit** - ein Calciumsulfatcarbonat der Zusammensetzung  $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)(\text{CO}_3) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Es tritt in farblosen bis milchigweißen, dünnadeligen sowie langgestreckten Kristallen auf und ist offenbar weltweit erst das dritte bekannte Vorkommen.

Ebenso erstaunlich ist das Vorhandensein von **Monohydrocalcit** ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), welcher an einer ebenso exponierten inselartigen Stelle wie Rapidcreekit auf Alaunschiefer auskristallisierte, obwohl rings um den Fundpunkt überwiegend saure Bedingungen vorherrschten.

**Gips** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ist an vielen Stellen mit bloßem Auge sichtbar, er tritt tafelförmig oder in dünnen Nadeln auf.

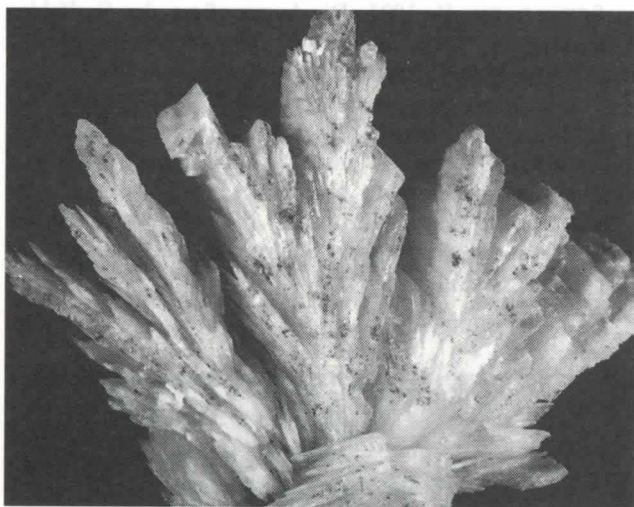
**Baryt** ( $\text{BaSO}_4$ ) tritt in hahnenkammartig angeordneten Kristallaggregaten auf (Abb. 2).

Das in den Feengrotten allgegenwärtige, chemisch gebundene Eisen erscheint in den Mineralen in vielen Farbtönen. Der eisenhaltige Diadochit ist meist hell, gelblich, aber auch bräunlich gefärbt. In oxidischen Mineralen bestimmen rotbraune und braune bis schwarzbraune Farben das Bild, in anderen Verbindungen sind auch zartviolette oder hellgrüne Nuancen vertreten.

Kupferverbindungen sind in den Mineralen meist an ihren grünen oder hellblauen Färbungen zu erkennen.

Eine Besonderheit der silurischen Alaun- und Kieselschiefer im ostthüringischen Raum ist deren erhöhter Gehalt an Vanadiumverbindungen. Daraus haben sich wenige Quadratzentimeter große grünliche, mikrokristalline Beläge

herausgebildet, die als Volborthit -  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{V}_2\text{O}_7) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - identifiziert werden konnten (RÜGER et al., 1994).



**Bild Nr. 2: Hahnenkammartig geformte Barytkristalle**

Foto: Archiv Feenggrotten

#### 4. Nutzung der Grubenluft zu Heilzwecken

Wie in den meisten Bergwerken und Höhlen, ist auch in den Feenggrotten das Klima sehr konstant. Ganzjährig sind Temperaturen von etwa 10°C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von bis zu 98% zu verzeichnen.

Aufgrund der extremen Reinheit (max. etwa 5 µg Staubanteil pro m<sup>3</sup> Luft) werden in einem separaten Grubenteil der Feenggrotten bereits seit 1937 Inhalationskuren durchgeführt zur Behandlung verschiedener Atemwegserkrankungen, seit einigen Jahren auch bei Neurodermitis.

Durch Zerfall natürlicher radioaktiver Substanzen (Uran 238 etc.) steigt aus unbekannter Tiefe ständig in geringfügigem Maße Radon 222 auf, welches durch seinen α-Zerfall und die damit einhergehende ionisierende Wirkung den Selbstreinigungseffekt der Grubenluft im wesentlichen herbeiführt. Der heilsame Effekt des Radons auf den menschlichen Organismus bei geringfügigen Konzentrationen wird in Zusammenhang mit der Inhalation der extrem reinen Luft als unterstützendes Agens in zunehmendem Maße diskutiert.

Der Heilstollen in den Feenggrotten ist der erste seiner Art in Deutschland, doch dieses Naturheilverfahren ist im europäischen Raum schon seit etwa zweihundert Jahren bekannt. Weltweit ist seit einigen Jahren eine Zunahme der Luftinhalationskuren unter Tage als alternativmedizinische Behandlungsmethode zu verzeichnen.

#### 5. Lampenflora

Bedingt durch den enormen Besucherstrom (jährlich etwa 230000 Personen und seit der Eröffnung der Saalfelder Feenggrotten im Jahre 1914 fast 16 Millionen) vollzogen sich an den Tropfsteinen und Sinterflächen in den letzten Jahren sichtbare Veränderungen (LOCHNER, 1988).

Die klimatischen Bedingungen unter Tage änderten sich teils erheblich, so daß in großer Zahl Algen, Moose und Farne

in Verbindung mit dem oft überdimensionierten Scheinwerferlicht heranwachsen konnten (LOCHNER, 1991).

Interessante Ergebnisse erbrachten die Untersuchungen von 1987 bis 1990. So konnte festgestellt werden, daß ebenso wie in den chemisch etwa neutral reagierenden Karsthöhlen auch unter den teils extrem sauren Bedingungen der Feenggrotten (Werte bis pH1 !) Laubmoose dominieren, während Lebermoose und Farne eine eher untergeordnete Rolle spielen (SCHABDACH, 1991).

Vorherrschend sind allerdings solche Spezies, die auf überwiegend saure bis stark saure Bedingungen angewiesen sind, wie beispielsweise bestimmte Grün-algen.

Die besonderen Bedingungen innerhalb der Feenggrotten führten insgesamt zu einer interessanten natürlichen Auswahl, wie sie in nur wenigen Schauhöhlen und -bergwerken anzutreffen ist. Einige Spezies sind darüber hinaus Erstfunde in einer deutschen Höhle bzw. einem Schaubergwerk (Calypogeia fissa, Atrichum undulatum und Trichodon cylindricus).

Eile war geboten, um irreversible Schäden an der Grottensubstanz zu verhindern. Eine mechanische Behandlung verbot sich von selbst, weil die Tropfsteine und Sedimente zu weich und zerbrechlich sind.

Deshalb kam nur eine umweltfreundliche, für die Grotten verträgliche und gefahrlos wiederholbare chemische Behandlung in Betracht (LOCHNER, 1994).

Zum Einsatz gelangten daher nur solche Verbindungen, die auch in der natürlichen Substanz der Feenggrotten nachzuweisen sind, also Alaun, grüner und blauer Vitriol in jeweils stark verdünnter Form.

Mittels Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), ebenfalls in verdünnter Lösung, konnten bedenkenlos die noch lebenden oder bereits schon abgestorbenen Pflanzenreste behandelt werden, da die auf oxidativem Wege entstandenen Tropfsteine und Sedimente hierdurch keine chemische oder mechanische Veränderung erfahren.

Mittlerweile hat sich dieses praktikable Verfahren für die spezifischen Bedingungen der Feenggrotten bewährt. Nach einer fast zehnjährigen Einsatzzeit kann bestätigt werden, daß hierdurch die Substanz der Grotten keinerlei Veränderung erfuhr oder Schaden erlitt.

#### 6. Ausblick

Die Saalfelder Feenggrotten erstrahlen dank intensiver Erforschung der örtlichen Bedingungen unter Tage und durch die gezielte, wissenschaftlich untermauerte Einflußnahme auf die klimatischen und geochemischen Verhältnisse sowie die anthropogenen Einflüsse nunmehr wieder als die „farbenreichsten Schaugrotten der Welt“ (Guinness-Buch der Rekorde, 1993) in jener Vielfalt an Form und Farbe, wie sie sich den Entdeckern im Jahre 1910 erstmals offenbarte.

Trotz zunehmender Besucher- und Patientenzahlen gelingt es, bei nur etwa vierwöchiger Schließungszeit pro Jahr eines der international interessantesten Schaubergwerke der Nachwelt als Sachzeuge des einstigen Alaunschiefer-bergbaues zu erhalten.

#### Literaturverzeichnis

JUNG, H. 1949. Quellen und Quellsedimente der Saalfelder Feenggrotten, Die Pharmazie H.12: 546-549.

LANGE, P. et.al. 1992. Die Saalfelder Feenggrotten - Zur Geschichte, Geologie und Mineralisation der ehemaligen Alaunschiefergruben, Veröffentlichung des Museums für Naturkunde Gera. Naturwissenschaftliche Reihe H. 19: 71-85.

LANGHAMMER, D. & B. Lochner. 1994. Die Saalfelder Feengrotten - eine Betrachtung über die historische Entwicklung eines ehemaligen Alaunschieferabbaus zu einem international bedeutsamen Schaubergwerk. In: Saalfelder Feengrotten - Geschichte, Geologie, Mineralien. Saalfeld, 1994: 8-24.

LOCHNER, B. 1988. Untersuchungsbericht zu den Arbeiten in den Saalfelder Feengrotten, Unveröffentlichtes Archivmaterial aus den Feengrotten.

LOCHNER, B. 1991. Die Saalfelder Feengrotten (Thüringen). In: Mitteilungsblatt der Speläogruppe Bayreuth, H.5 : 2-6.

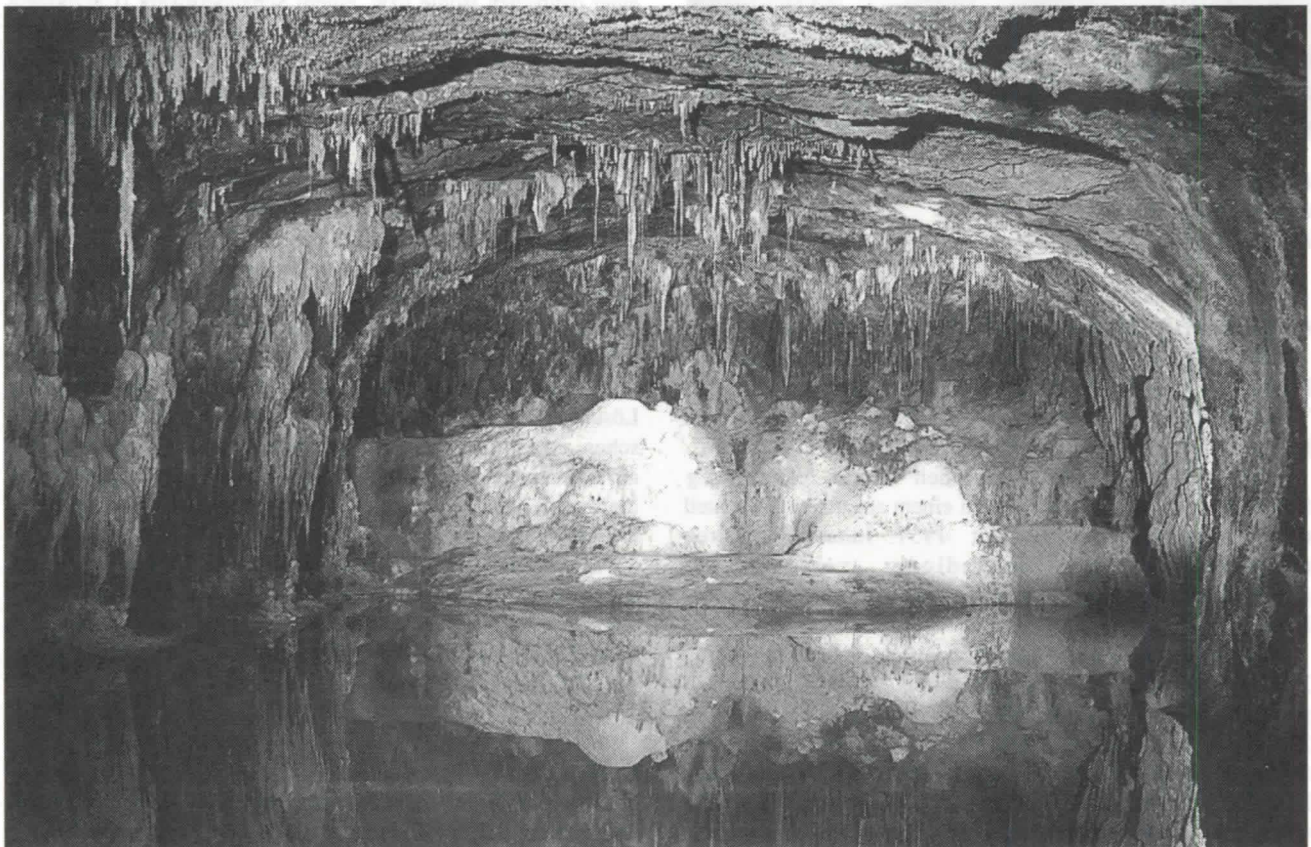
LOCHNER, B. 1994. Die Lampenflora - eine Gefahr für die Feengrotten. In: Saalfelder Feengrotten - Geschichte, Geologie, Mineralien. Saalfeld: 52-56.

RÜGER, F. et.al. 1994. Die Saalfelder Feengrotten - eine mineralogische Kostbarkeit Deutschlands. In: Saalfelder Feengrotten - Geschichte, Geologie, Mineralien. Saalfeld: 25-51.

SCHABDACH, H. 1991. Die Lampenflora der Saalfelder Feengrotten - Bestandsaufnahme und Bekämpfung. In: Mitteilungsblatt der Speläogruppe Bayreuth, H.5 : 7-13.

SCHWEIGART, H. A. & F. WITTING. 1927. Die Saalfelder Heilquellen, ihre naturwissenschaftliche und medizinische Bedeutung, Verlag der A. Mützelburgschen Heilquellenverwaltung, Bd 1, Saalfeld.

WICHENDORFF, H.v. & A. BERG. 1911. Führer durch die Feengrotten von Saalfeld in Thüringen. Selbstverlag der Feengrotten, Saalfeld.



**Bild Nr. 3: Die Mittlere Quelligrotte Foto: Archiv Feengrotten**

# Mines et carrières dans les Hautes-Alpes ; apports et évaluation des données du terrain

par Bruno ANCEL

Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle du Château St-Jean, F-05120 L'Argentière-La-Bessée, France

## Abstract

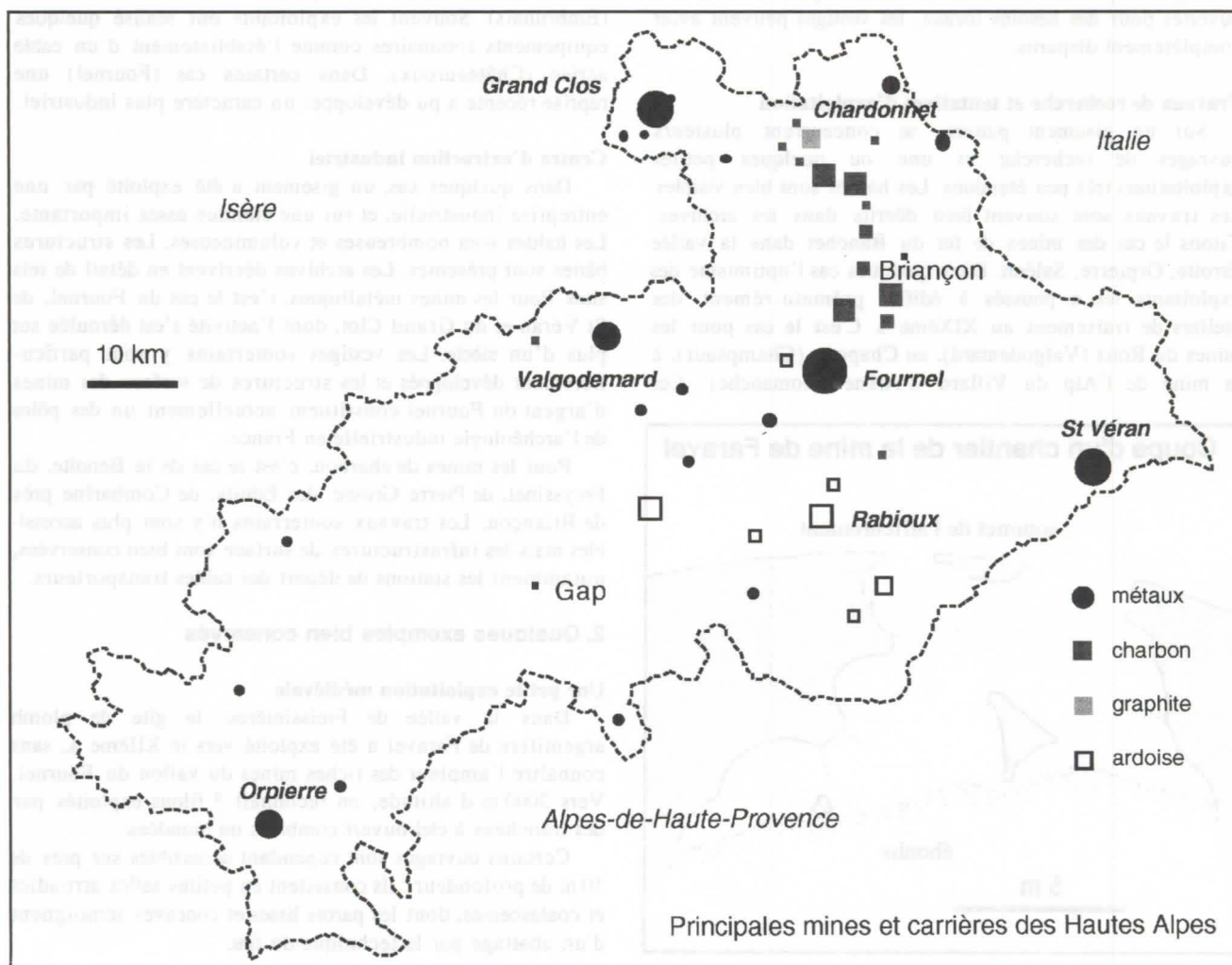
The "Hautes-Alpes département" contains a large panorama of mineral resources worked over several centuries by various techniques and in very different socio-economic contexts. A hundred mineral, slate or stone, prospecting or workings have been identified and are being archaeologically investigated. Fairly well preserved, they put into context a mining saga which did not live up to the hopes of the prospectors or lessees.

## Résumé

Le département des Hautes-Alpes présente un large panorama de ressources minérales exploitées sur plusieurs siècles par des techniques variées et dans des contextes socio-économiques très différents. Une centaine de sites de recherches ou d'exploitation de minerais ou de matériaux ont été recensés et sont en cours de fouilles archéologiques. Bien conservés dans l'ensemble ils permettent de replacer dans leur contexte une épopée minière qui ne fut pas à la hauteur des espérances des prospecteurs et des exploitants.

Les campagnes de prospection thématique menées depuis 1992 ont montré l'importance et la richesse du patrimoine minier du département des Hautes-Alpes. On y trouve en effet un large panorama de ressources minérales : charbon, graphite, plomb, argent, cuivre, fer filonien ... Leur exploitation remonte à la protohistoire et a connu un temps fort au moyen-âge puis au XIX<sup>ème</sup> s. ; par conséquent leurs

vestiges offrent un large spectre des modes d'abattage : le maillet en pierre, le feu, la pointerolle, le pic, la poudre. Les vestiges miniers étant particulièrement abondants dans et autour du massif des Écrins, un partenariat entre le CCSTI et le Parc National des Écrins a permis le lancement d'un diagnostic du patrimoine minier et un programme de conservation et de mise en valeur.



L'examen des sources écrites a permis de collecter plus de 300 lieux concernés. Mais les 3/4 sont des indices cités dans des demandes de permis de recherche qui ont fait l'objet de très petits travaux de recherche, voire seulement de quelques coups de pioches. Les données sont denses pour les métaux et le charbon car ces matières sont concessibles et il était important pour les prospecteurs de faire enregistrer leur intention par l'administration.

Les investigations sur le terrain ont permis d'établir une centaine de fiches sur des sites qui présentaient une histoire ou des vestiges conséquents. Un grand nombre de micro-sites reste à compléter au fur et à mesure de la découverte de nouvelles données d'archives, de découvertes de terrain ou d'informations fournies par les habitants.

## 1. Types d'exploitations

### Travaux de recherche isolés

Des indices de minéralisation ou de matériaux ont été reconnus par quelques ouvrages de recherche, souvent dispersés : des grattages superficiels ou des galeries de faible développement (< à 100 m). Par conséquent, leurs déblais respectifs sont souvent minuscules, voire inexistantes. Parfois leur existence est brièvement évoquée dans les archives. Citons le cas des nombreuses tentatives du Valgodemard où malgré la création de concessions minières les travaux se sont bornés à quelques galeries : Navette, Rif du sap, Combe du Bourg .... A Chauvetane une centaine de mètres de sentier taillés dans la roche ne donne accès qu'à quelques grattages superficiels. Dans le cas de petites carrières ouvertes pour des besoins locaux, les vestiges peuvent avoir complètement disparus.

### Travaux de recherche et tentatives d'exploitation

Sur un gisement pauvre, se concentrent plusieurs ouvrages de recherche et une ou quelques petites exploitations très peu étendues. Les haldes sont bien visibles. Les travaux sont souvent bien décrits dans les archives. Citons le cas des mines de fer du Banchet dans la vallée Etroite, Orpierre, Saléon. Dans quelques cas l'optimisme des exploitants les a poussés à édifier prématurément des ateliers de traitement au XIX<sup>ème</sup> s. C'est le cas pour les mines du Roux (Valgodemard), au Chapeau (Champsaur), à la mine de l'Alp du Villard d'Arène (Romanche). Ces

vestiges de surface sont presque complètement effacés du paysage. Dans le cas des matériaux, les carrières ne sont parfois plus très visibles car gommées par les éboulis de pente (ardoisières d'Orcières en Champsaur)

### Centre d'extraction artisanal

Certains gîtes métallifères ont été exploités artisanalement à la fin du XVIII<sup>ème</sup>. C'est le cas notamment du Grand Clot à la Grave ou le minerai de plomb, dénommé alquifoux, a été extrait par les habitants pour l'industrie de la poterie. En règle générale les mines métalliques nécessitaient d'importants capitaux pour pouvoir fonctionner.

Plus fréquent est le cas des "mines paysannes" de charbon ou "charbonnières" du Briançonnais qui ont été exploitées par les habitants pour le chauffage local. Du début du XIX<sup>ème</sup> s. jusqu'aux années 1960, certains gisements d'anthracite ont été exploités de cette façon dans le cadre de concessions collectives ou communales. Les techniques utilisées sont restées très sommaires, à l'image des mines de charbon qui existaient un peu partout en Europe avant la Révolution Industrielle. Au XX<sup>ème</sup> s. certaines de ces petites exploitations ont été modernisées avec l'utilisation de câbles aériens et de compresseurs. Généralement les ouvrages souterrains sont effondrés mais il existe néanmoins plusieurs galeries encore ouvertes et quelques rares chantiers d'abattage encore visitables.

L'activité artisanale concerne également la plupart des carrières, notamment les ardoisières, qui ont été exploitées de façon discontinue depuis le début du XIX<sup>ème</sup> s. Selon le cadre géographique elles se sont développées à ciel ouvert (Pont-du-Fossé en Champsaur) ou en souterrain (Embrunais). Souvent les exploitants ont réalisé quelques équipements sommaires comme l'établissement d'un câble aérien (Châteauroux). Dans certains cas (Fournel) une reprise récente a pu développer un caractère plus industriel.

### Centre d'extraction industriel

Dans quelques cas, un gisement a été exploité par une entreprise industrielle, et sur une étendue assez importante. Les haldes sont nombreuses et volumineuses. Les structures bâties sont présentes. Les archives décrivent en détail de tels sites. Pour les mines métalliques, c'est le cas du Fournel, de St Véran et du Grand Clot, dont l'activité s'est déroulée sur plus d'un siècle. Les vestiges souterrains y sont particulièrement développés et les structures de surface des mines d'argent du Fournel constituent actuellement un des pôles de l'archéologie industrielle en France.

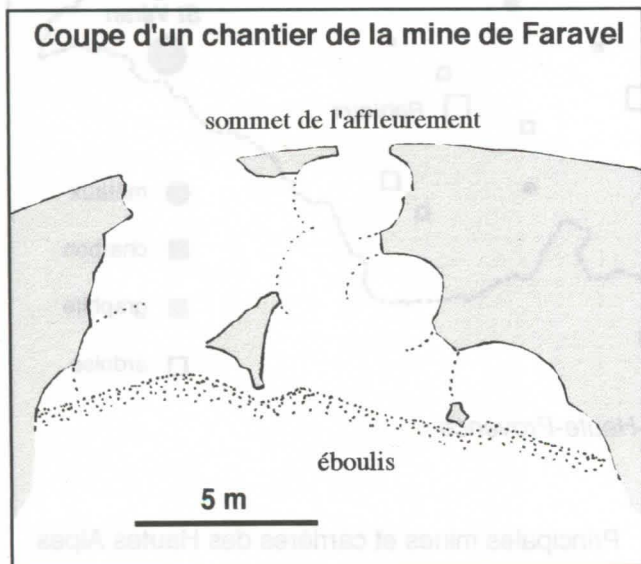
Pour les mines de charbon, c'est le cas de la Benoite, du Freyssinet, de Pierre Grosse, des Eduits, de Combarine près de Briançon. Les travaux souterrains n'y sont plus accessibles mais les infrastructures de surface sont bien conservées, notamment les stations de départ des câbles transporteurs.

## 2. Quelques exemples bien conservés

### Une petite exploitation médiévale

Dans la vallée de Freissinières, le gîte de plomb argentifère de Faravel a été exploité vers le XII<sup>ème</sup> s., sans connaître l'ampleur des riches mines du vallon du Fournel. Vers 2000 m d'altitude, on reconnaît 3 filons exploités par des tranchées à ciel ouvert comblées ou inondées.

Certains ouvrages sont cependant accessibles sur près de 10 m de profondeur : ils consistent en petites salles arrondies et coalescentes, dont les parois lisses et concaves témoignent d'un abattage par la technique du feu.



### Une mine de plomb dans un à-pic

Les falaises de la Combe du Maleval en aval de La Grave renferment de nombreux filons de plomb et de cuivre qui ont suscité des recherches intenses au XIX<sup>ème</sup> s. Au Grand Clot un filon de galène a été exploité dans le rocher à pic sur une hauteur de près de 400 m. Des vides impressionnants sont encore bien visibles depuis la route nationale mais leur visite est rendue délicate par suite de la dégradation des accès.

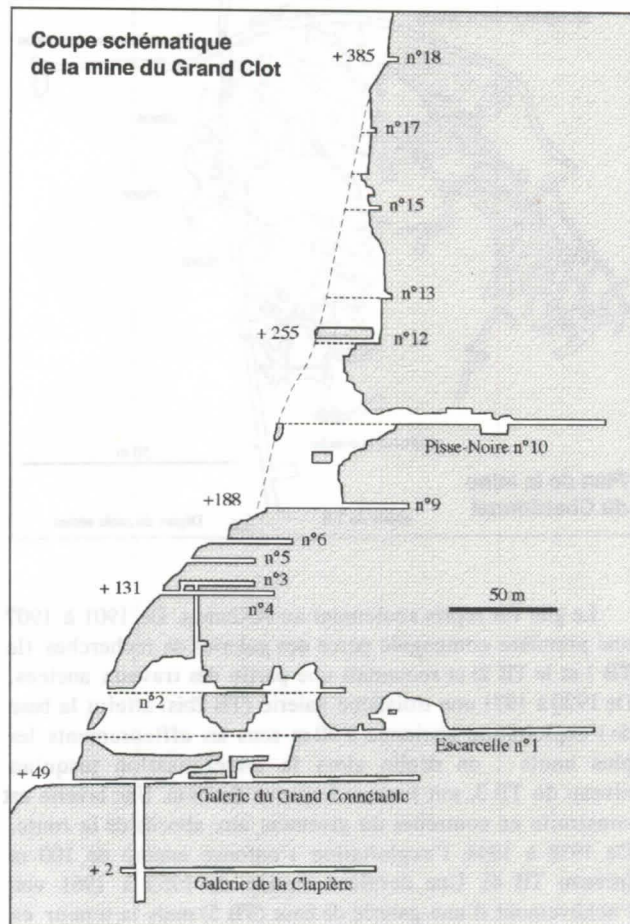
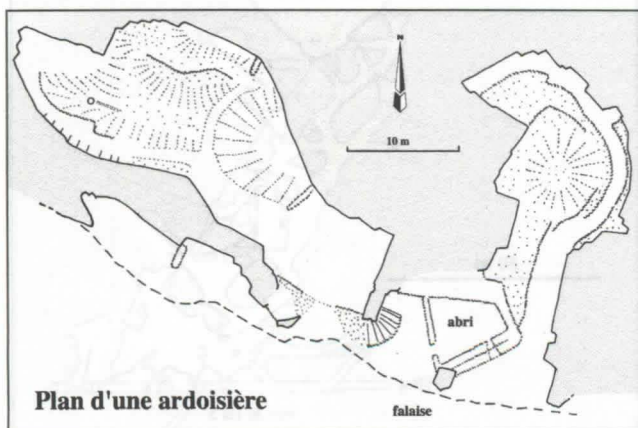
L'histoire de cette exploitation fut mouvementée : une douzaine de compagnies minières se succédèrent entre 1807 et 1925 sans jamais atteindre la rentabilité escomptée. La difficulté principale résidait dans l'accès aux chantiers d'extraction. Plusieurs sentiers ont été taillés dans la falaise et équipés de main courante en câble. Le long des affleurements, une échelle de 200 m quasi verticale fut installée. Pour descendre le minerai on a vite abandonné la solution de facilité qui consistait à le jeter dans le vide : il se pulvérisait, se dispersait et se mélangeait avec les éboulis au pied de la paroi. Dès 1826 on équipa le site de câbles aériens ou zéonifères. En 1892, 5 câbles desservaient les différents chantiers, le plus long atteignant la longueur de 1100 m. Autre particularité du Grand Clot : il renferme des travaux réalisés vers 1867 par la technique du feu, technique ancienne très courante dans l'antiquité et le moyen-âge.

En surface, les sentiers taillés dans le rocher restent en partie accessibles, mais certains passages nécessitent la pose d'une main courante. Sous terre près de 2 km de travaux ont été explorés. Ils comprennent de grands chantiers verticaux, larges de 1 à 2 m, s'ouvrant latéralement sur la falaise et pouvant atteindre une hauteur de 80 m. Vers la base des travaux et jusque sous le niveau du torrent, se développent des galeries de recherche de la dernière période d'activité. Un puits vertical de 50 m, très dangereux, conserve encore les vestiges du chevalement, du cuvelage, des rails-guide et de la cage d'ascenseur.

### Des ardoisières à flanc de falaise

Dans la vallée du Rabioux (Châteauroux-les-Alpes) une quarantaine d'ardoisières sont encore visitables dans les falaises de la Queste. Il s'agit généralement de petites exploitations en carrières à flanc de falaise (fin XIX<sup>ème</sup>, début XX<sup>ème</sup> s.). Certaines s'enfoncent à plus de 20 ou 30 m du jour et montrent un remblaiement systématique derrière des murets en lauzes.

Parfois, certaines entrées présentent un aménagement en lieu de vie : abri en lauzes avec porte en bois, traces de foyer, lit, niche, ustensiles culinaires ... De nombreux graffiti témoignent de l'occupation des lieux pendant et après l'exploitation.

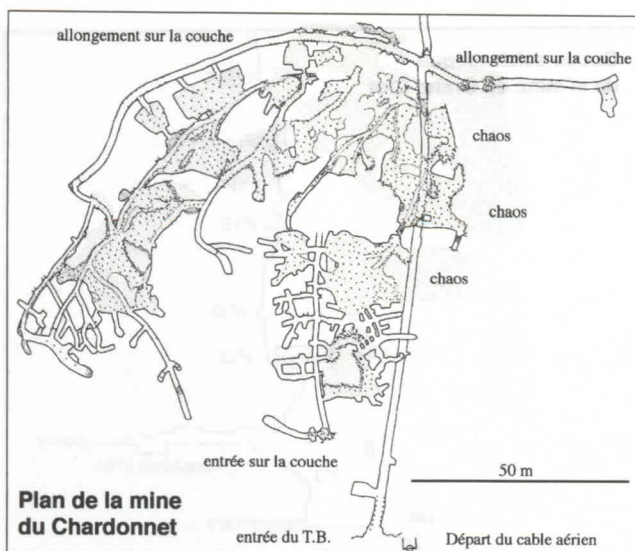


### Une mine de graphite sous les cimes

Au col du Chardonnet (Monêtier-les-Bains), à 2700 m d'altitude, se trouve l'unique gisement de graphite qui fut exploité en France (début XX<sup>ème</sup>). On distingue dans la partie supérieure du gîte une dizaine de petits ouvrages centrés sur des couches de faible puissance : il s'agit de galeries de recherche de petit gabarit qui suivent les renflements de graphite. La couche principale inférieure est en revanche fortement défilée à partir d'une descenderie de 45 m et d'un travers-bancs de 104 m. Ce dernier présente tous les aspects d'une exploitation moderne (grand gabarit, voie ferrée) mais dessert des chantiers de très faible hauteur (de 0,60 à 0,30 m), étayés par une forêt de poutres. Ces dépilages peu pentés sont sillonnés par des passages légèrement plus spacieux (surcreusement du mur de la couche) où le transport se faisait à l'aide de traîneaux et en rampant. La majeure partie de ces ouvrages sont encore accessibles mais l'avenir des grands chantiers dépilés "repose" sur la tenue des étais en bois. L'analyse architecturale met en évidence une première phase d'extraction remontante à partir du niveau du travers-bancs, suivie d'un rabaissement du champ d'exploitation par surcreusement du travers-bancs.

### Une mine de cuivre de l'âge du Bronze à nos jours

A St Véran dans le Queyras, près de la Chapelle des Clausis, un gisement de cuivre stratiforme a été exploité dès la protohistoire. On reconnaît en surface une large tranchée comblée. Sous terre on peut accéder à des travaux creusés à l'aide de maillets en pierres et de bois de cervidés. Grâce aux relevés on s'aperçoit que cette exploitation s'est développée sur près de 100 m de longueur et 40 m de profondeur, impliquant une production d'environ 1000 tonnes de cuivre.



Le gîte fut repris seulement au XX<sup>ème</sup> s. De 1901 à 1907 une première compagnie perce des galeries de recherches (le TB 1 et le TB 2) et reconnaît une partie des travaux anciens. De 1920 à 1931 une troisième galerie (TB 2bis) atteint la base de l'exploitation ancienne à 70 m sous les affleurements les plus hauts ; on dépile alors la minéralisation jusqu'au niveau du TB 3, soit sur une hauteur de 30 m. Une laverie est construite en contrebas du gisement aux abords de la route. De 1938 à 1944, l'exploitation s'enfonce encore de 100 m (niveau TB 4). Une dernière reprise de 1953 à 1961 voit l'achèvement d'une galerie de base (TB 5) mais la teneur en cuivre du gîte ne cesse de décroître depuis la surface et dans les profondeurs l'exploitation ne s'avère plus rentable.

La quasitotalité de ces ouvrages modernes est accessible par l'entrée inférieure du TB 5. On remonte dans les travaux par des descenderies inclinées à 40-60° ; l'une d'elles est encore équipée d'un extraordinaire escalier en bois de 100 m de haut. Le niveau du TB 4 renferme encore du mobilier : berlines, treuil, compresseur... Les chantiers sont très spacieux et montrent une organisation en gradins remontant.

### 3. Confrontation terrain / archives

L'analyse des sources écrites laisse entrevoir une histoire minière au XIX<sup>e</sup> siècle comparable à une sorte de "ruée vers les métaux". Beaucoup de gîtes furent découverts et mentionnés dès le moyen-âge. Le souvenir déformé des exploitations anciennes, forgea un mythe : les massifs alpins renferment des ressources minérales que la science moderne va pouvoir valoriser. La mutation des économies qui suivit la Révolution Industrielle et le désenclavement des vallées de haute montagne favorisèrent cet engouement. Mais les Ecrins ne furent pas le Klondyke des Alpes et les rares et éphémères succès ne peuvent cacher les très nombreuses tentatives et faillites qui caractérisent les exploitations haut-alpines.

Les textes font également apparaître la confrontation entre les autochtones qui entendaient conserver la main-mise sur leur ressources naturelles et le monde capitaliste qui avait les facultés techniques et financières pour surmonter les difficultés d'une aventure minière (avec la bénédiction de l'administration). Pour les métaux les entrepreneurs extérieurs l'emportèrent rapidement. Pour le charbon la résistance fut plus longue. La production

d'ardoise resta une activité locale d'appoint...

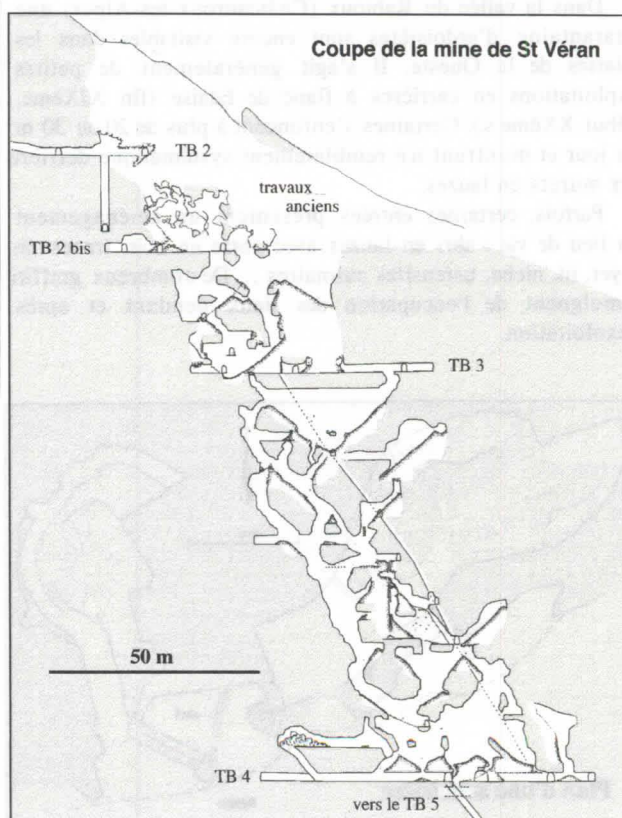
L'approche du terrain précise cette vision. On découvre avec stupeur que des procédures d'attribution de concessions - démarches administrative lourdes qui se terminent sur le bureau d'un ministre - ont abouti dans les faits au percement de quelques dizaines de mètres de galeries de recherche ; de tels sites n'aurait jamais du dépasser le stade du permis de recherche. Ailleurs on note le contraste flagrant entre de minuscules chantiers de production et la démesure des ouvrages de recherche ainsi que la construction prématurée d'usines de traitement.

Devant l'irrégularité et la pauvreté de certaines couches de charbon, on comprend mieux la mansuétude de l'administration dont ont bénéficié les mines paysannes du Briançonnais. Et l'on est admiratif devant l'opiniâtreté dont ont fait preuve les paysans haut-alpins pour aller exploiter en hiver (seule période de disponibilité) des ardoisières nichées dans des falaises escarpées et des charbonnières perchées à 2000 m d'altitude.

Les exploitants modernes ont dû s'adapter à un milieu physique très difficile dans des montagnes reculées où routes et chemins de fer n'existaient pas encore. La difficulté d'acheminer du matériel moderne explique ainsi le retard technique observé dans certaines exploitations. Ainsi parfois des gisements productifs ont été exploités par des techniques "archaïques" qui avaient l'avantage de permettre l'économie d'investissements coûteux à réaliser.

### 4. Bibliographie

- ANCEL, B. 1995. Mines et carrières anciennes du Parc National des Ecrins, prospection thématique. *Bilan scientifique du Serv. Rég. l'Archéo. PACA 1995* : 94-95  
 BARGE, H.; ANCEL, B.; ROSTAN, P.; GUENDON, J.L. 1997. La mine des Clausis à Saint-Véran : exploitation et aire réduction du minerai de cuivre d'époque proto-historique. *Acte Coll. Dijon 1996, sous presse*



# La mine d'argent du Fournel au XIX<sup>ème</sup> siècle (Hautes-Alpes, France)

par Bruno ANCEL

Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle du Château St-Jean, F-05120 L'Argentière-La-Bessée

## Abstract

The agitated history of the Fournel silver mine during the 19th century is fairly well known by the important archive it has left, notably including a dozen plans. The underground network has been explored and analysed as part of the archaeological dig, and its topography clarified, over more than 6 kms. The confrontation between the field data and archive information has enabled a detailed reconstruction of the network's evolution to be built up, and has also allowed comparison of the results of these different approaches to be made.

## Résumé

La mine d'argent du Fournel a connu au XIX<sup>ème</sup> s. une exploitation mouvementée assez bien connue à travers une importante documentation d'archives, notamment une dizaine de plans. Dans le cadre de fouilles archéologiques le réseau souterrain a pu être exploré, topographié et analysé sur plus de 6 km. La confrontation de ces données de terrain avec celles des archives nous permettent de reconstituer l'évolution du réseau et d'évaluer les apports de ces différentes approches.

Le site minier du Fournel est situé dans des gorges, dans la partie aval du vallon du même nom, sur la commune de L'Argentière-La-Bessée, près de Briançon dans le département des Hautes-Alpes. Le gîte est un filon de plomb argentifère encaissé dans des quartzites d'âge triasique de la nappe de charriage briançonnaise (ANCEL et al., 1996).

Le gisement est exploité durant le moyen-âge, du X<sup>ème</sup> au XIV<sup>ème</sup> siècle ; il en a résulté un important réseau souterrain de galeries et de chantiers d'extraction, creusés par la technique d'abattage par le feu et présentant une organisation assez poussée (ANCEL, 1997). Durant la révolution industrielle le site est remis en exploitation et la quasi-totalité de la minéralisation est extraite. Abandonnée en 1908 la mine tombe dans l'oubli jusqu'en 1991, lorsque démarre un programme de fouille archéologique et de mise en valeur du patrimoine minier de L'Argentière-La-Bessée. (ANCEL & COWBURN, 1996).

## 1. Apports des archives

La mine du Fournel fut l'une des exploitations les plus prospères du XIX<sup>ème</sup> siècle dans les Alpes. Elle fut par conséquent l'une des rares à récompenser les espoirs des investisseurs et des ingénieurs qui crurent par des moyens modernes trouver des gisements prometteurs. Mais il durent reconnaître après de nombreuses déconvenues que ce versant de la chaîne alpine était pauvre en gîte de valeur. De plus cette mine se trouvait dans une région de tradition rurale et militaire où l'industrie en général était réduite à quelques petites entreprises et où l'activité minière du charbon se déroulait de façon artisanale au grand dam de l'administration. Enfin le gîte a posé des problèmes aux exploitants, à cause du découpage par de nombreuses failles, et à cause de la finesse des grains de minerai dispersés dans la gangue. Ainsi la compréhension du gisement et les techniques de préparation mécanique furent parmi les principales préoccupations de l'exploitant et des services de l'Etat.

Ce contexte explique l'extraordinaire abondance de documents d'archives qui décrivent sur le plan technique l'activité de la mine du Fournel. Il s'agit de procès-verbaux de visite, de rapports annuels, de tableaux de redevance établis par le contrôleur des mines de Briançon ou par les ingénieurs de mines de Grenoble qui remplirent avec zèle et admiration leur rôle d'inspection d'une exploitation sou-

vent modèle. Le retentissement de la mine attira même, au fin fond de ces montagnes alors très difficiles d'accès, des élèves-ingénieurs de l'Ecole des Mines de Paris qui nous ont légué des mémoires assez précis.

L'extraction souterraine occupe une part importante de cette documentation très technique. Pour chaque année de la période florissante, nous avons un état de l'activité des chantiers et des difficultés rencontrées. Nous avons retrouvé une dizaine de plans qui parlent mieux qu'une fastidieuse description. On peut donc retracer dans le détail une bonne partie de l'histoire de cette exploitation souterraine.

## 2. Historique de la période moderne

Le gisement est redécouvert à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Les travaux (1788-1792) se résument à un grappillage des chantiers médiévaux et au commencement d'une galerie de recherche de "Rebaisse" interrompue dès que l'administration relâche son attention. De 1836 à 1840 la Cie des Mines d'Allemont et des Hautes-Alpes reprend l'affaire avec beaucoup de sérieux et termine la galerie de Rebaisse. Mais la dispersion de ses moyens financiers sur plusieurs concessions difficiles de la région entraîne sa faillite. En 1847 l'activité reprend sous la conduite indécise de l'entrepreneur Duclos de Boussois. Les travaux se cantonnent sur le panneau de filon découvert par la galerie de Rebaisse.

Dès avril 1851 la mine passe sous le contrôle de Suquet et le restera durant 20 ans. C'est durant cette période que l'exploitation va être réellement prospère, employant jusqu'à 500 ouvriers. Les chantiers d'extraction s'étendent considérablement sous les deux rives du Fournel, sur une longueur de plus de 400 m et un dénivelé de 150 m. Au dessus de la galerie principale de roulage et d'écoulement, les travaux s'organisent en 8 étages et communiquent avec le jour par une nouvelle entrée à mi-hauteur : la galerie du Lacet. En profondeur les ouvrages s'enfoncent suivant le pendage du filon sur près de 50 m de hauteur, ce qui nécessite l'installation d'une pompe et d'un treuil mus par deux roues hydrauliques souterraines, alimentées par une dérivation du Fournel. L'exploitation souterraine connaît cependant des difficultés. En 1856 une crue du Fournel inonde totalement les parties basses de la mine. L'abondance des failles entraîne la multiplicité des galeries de recherche. Une galerie d'écoulement commencée en 1855 à 120 m de

profondeur plus bas doit être abandonnée en 1858 devant l'extrême dureté de la roche à traverser.

À la mort de Suquet en 1871 la mine connaît une période trouble de mauvaise gestion et de réduction d'effectif. Les arrêts d'activité entraînent l'ennui des travaux profonds. En 1875 la mine est cédée à une société anglaise et l'exploitation reprend alors un second souffle employant à nouveau plus de 200 ouvriers. La galerie d'écoulement est prolongée jusqu'à 600 m du jour et fin 1879 la jonction est réalisée par un puits remontant de 70 m. Mais le filon est stérile en profondeur et les travaux sont suspendus.

En 1892 une compagnie anglaise effectue des travaux sur des lambeaux de filons négligés par leurs prédécesseurs : nouvelle suspension des travaux en juillet 1894. En août 1901 la mine est rachetée par la Compagnie des Mines des Bormettes qui entreprend d'importants travaux de recherche. Le plan incliné de la mine principale est prolongé jusqu'à la grande galerie d'écoulement, ce qui permet de réaliser une voie de transport souterraine débouchant à l'aval des gorges où une nouvelle laverie est construite. Mais les recherches n'aboutissent pas et la mine ferme définitivement en 1908.

### 3. Les vestiges souterrains

L'étude archéologique du réseau souterrain XIX<sup>ème</sup> s. a été principalement réalisée de 1991 à 1994. Actuellement des travaux de désobstruction de poursuivent sur les parties basses de la mine. Les entrées concernées sont proches de l'établissement de surface, près du fond des gorges, à savoir : les Vieux Travaux, la Rebaisse, le Lacet et Ste Barbe. Le travail s'est avéré plus important que prévu, le réseau développant près de 6 km. Ces interventions se sont déroulées en une quarantaine de séances, totalisant plus de 200 h sous terre. Les cotes altimétriques ont été calculées par rapport au niveau d'entrée de la Galerie de Rebaisse.

Au cours de séances de topographie, ont été réalisées de fréquentes explorations inédites, soit par poursuite de la progression en zone peu engageante, soit par élargissement de chatières : la zone explorée a été ainsi doublée, et toute la partie nord du réseau a été identifiée. Il faut croire que les visiteurs précédents, impressionnés par l'étendue et la complexité du réseau, déboussolés par des relevés anciens trop hermétiques n'ont pas engagé d'exploration systématique. Divers mobiliers dont des berlines ont été découverts. Les parties inférieures de la mine n'ont pu être atteintes : elles sont complètement ensablées par des alluvions provenant du Fournel, probablement par une galerie effondrée sous le lit du torrent. Depuis octobre 1994, toutes les principales entrées sont fermées par des grilles (code minier).

De façon simplifiée, le gîte principal est découpé en 5 grandes parties par de grands accidents géologiques. Ces 5 panneaux sont rejetés les uns des autres par des rejets de plusieurs dizaines de mètres et sont eux-mêmes sujets à des découpages dont les rejets sont moins importants.

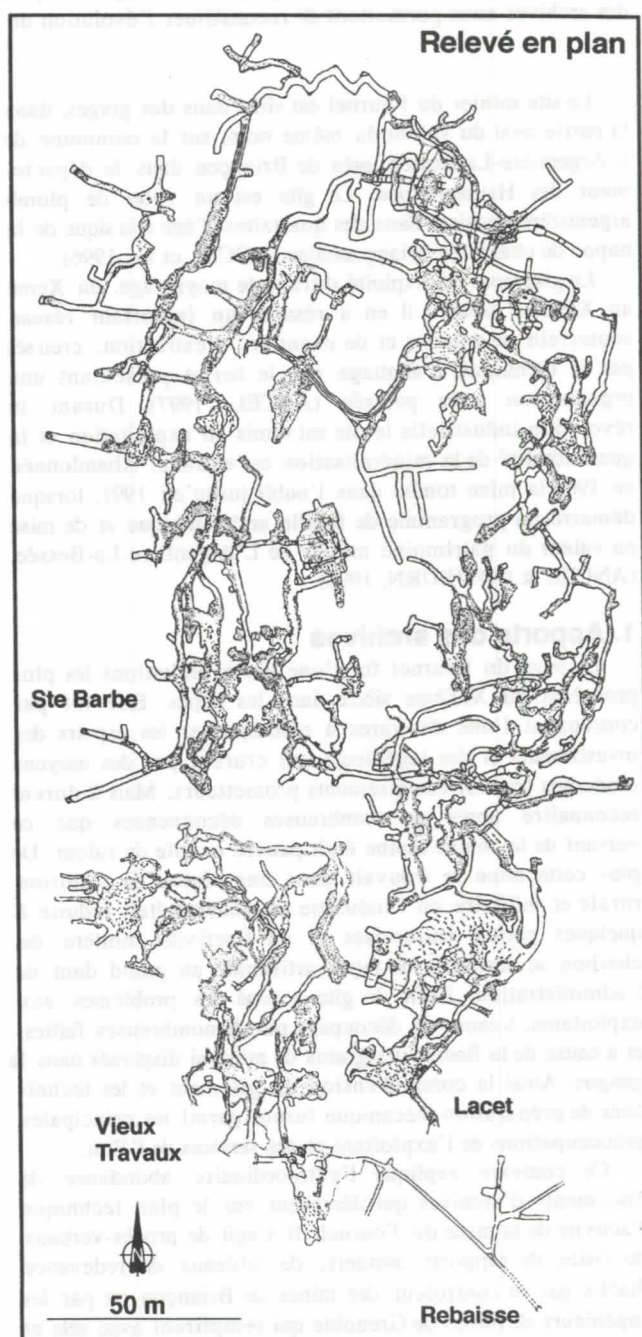
- Le panneau des Vieux Travaux, orienté N40 à N60 avec un pendage assez faible, occupe une position centre-ouest. C'est le seul à avoir été exploité par les anciens dans les gorges.
- Le panneau du Centre, orienté N0 à N30 avec un pendage fort, occupe une position centre-est en dessous du torrent. Il est atteint par la galerie de Rebaisse. Il est en partie ensablé.
- Le panneau de la Rive Droite, orienté N0 à N50, très découpé, avec un pendage moyen à fort, occupe une position sud. Il est exploité depuis la Rebaisse en passant sous le

torrent. Il communique avec le jour par la galerie Rive Droite (ou du Courant d'Air). Ce secteur est mal exploré.

- Le panneau du Lacet, comprend 4 sous-panneaux en N40, puis N30, N40-N20 et ensuite N50 avec un pendage faible à moyen, et occupe une position allongée nord-est. Il est essentiellement exploité par la galerie du Lacet.
- Le panneau de Ste Barbe, N-S à N30 bute sur les schistes noirs à l'ouest et est relayé vers l'est par des petits lambeaux N170 côté sud et N30 à N80 côté nord. Il occupe une position nord-ouest. Il est desservi par la galerie Ste Barbe et par un travers-bancs issu du niveau n°5.

Les Vieux Travaux comprennent pour l'essentiel des ouvrages médiévaux (X<sup>ème</sup> à XIII<sup>ème</sup> s.). Les exploitants modernes ont tracé à travers les chantiers anciens remblayés des galeries de circulation afin d'exploiter au Nord-Ouest et au Nord-Est des petits panneaux de filon. Un travers-bancs se dirige vers l'Est et rejoint le secteur du Lacet (+20).

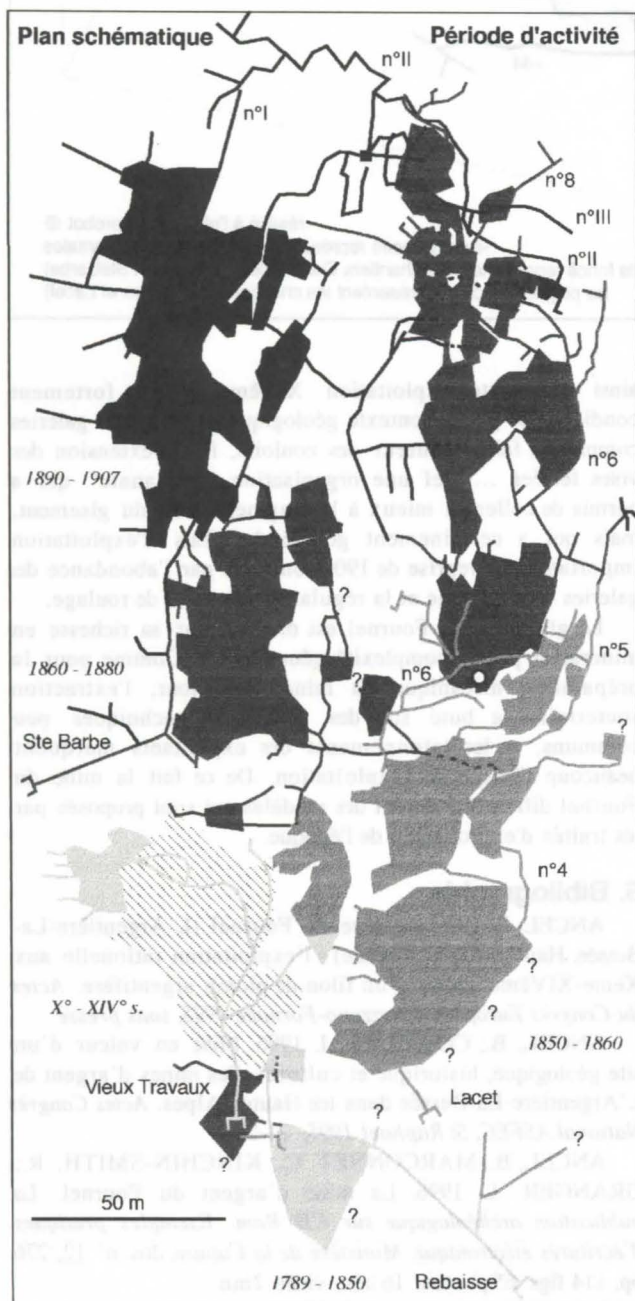
La galerie de Rebaisse s'ouvre sous l'usine de préparation



mécanique ; elle constituait la voie principale d'acheminement du minerai au jour. Longue de 80 m elle débouche dans un grand chantier où se trouvait le système de pompage et de treuillage au sommet d'un grand plan incliné. Malheureusement les sables masquent l'essentiel de ces structures. Des travaux de décombrement sont en cours.

Les 4/5 du réseau accessible ont été explorés par la galerie du Lacet. Depuis cette entrée en allant vers le Nord on reconnaît les niveaux de galeries décrites dans les rapports anciens (les travaux situés en dessous du niveau 4, ni ceux de St Pierre, ne sont pas accessibles) :

- le niveau 4 (+ 33) sur 110 m, soit sur la quasi-totalité de son allongement sur le filon ; mais la galerie est éboulée juste avant le départ d'un travers-bancs qui rejoint St Pierre
- le niveau 5 (+ 44) sur 200 m, soit sur la quasi-totalité de son allongement sur le filon
- le niveau 5 bis (+ 52) sur 60 m, soit environ 80% de son tracé (zone éboulée)



- le niveau 6 (+ 67) sur 110 m, soit environ 70% de son tracé, se développant principalement en zone stérile
- les niveaux 7 (+ 72) et 7 bis (+ 81), très mal conservés en zone complètement effondrée
- le niveau 8 (+ 96) sur 40 m, entièrement conservé
- le niveau 8 bis (+ 100) sur 30 m ; il s'agit de galeries de recherche à l'extrême nord du réseau
- une galerie sommitale (+ 110) percée dans les éboulis de pente, qui s'avère être le niveau inférieur de la Galerie Nord Supérieure ouverte sur le versant qui surplombe les gorges. Vers le milieu du réseau, on reconnaît également la base d'un puits d'aération obstrué par des alluvions de surface.

Le secteur Ste Barbe comprend des travaux inférieurs XIX<sup>ème</sup> s. (1864-1872) exploités à partir du niveau n°5 (+45) et des travaux supérieurs datant de la reprise 1900-1907. Ces ouvrages récents s'organisent à partir de 3 niveaux de galeries. La galerie principale (+65) s'étend sur 200 m et traverse le sommet des chantiers XIX<sup>ème</sup> s., puis la base d'un grand chantier limité à l'Ouest par un contact de schistes. Un niveau supérieur I (+86) dessert également ce chantier. Vers l'Est un travers-bancs explore de petits panneaux situés sous les travaux nord du Lacet. A son extrémité la galerie principale se poursuit par un grand montage de 40 m qui donne accès à 2 niveaux de galerie de recherche (II +86 et III +98) qui se développent sous l'extrémité des travaux du Lacet.

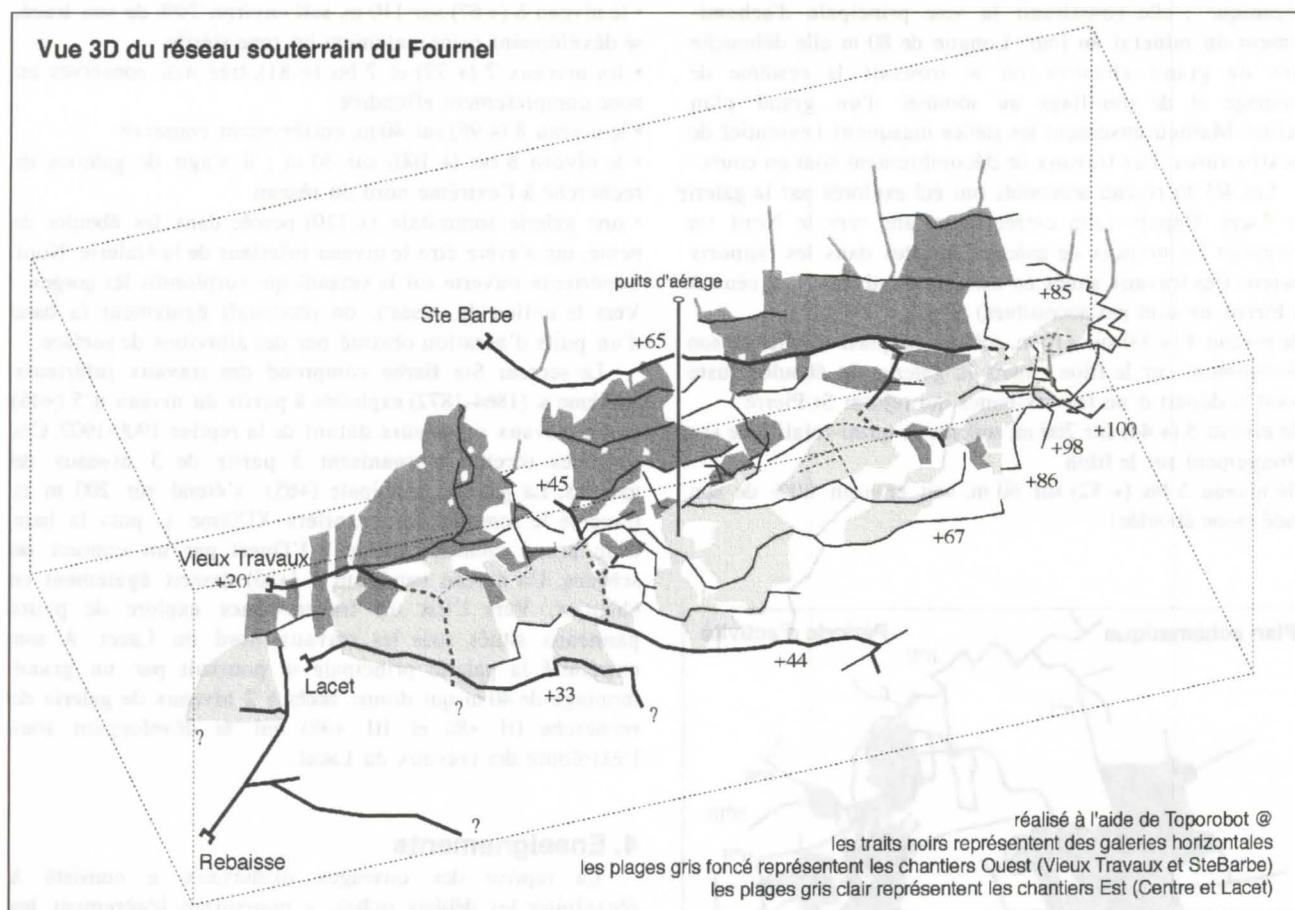
#### 4. Enseignements

La reprise des ouvrages médiévaux a consisté à réexploiter les déblais riches, à poursuivre légèrement les fronts de taille des vieux chantiers, à ménager des passages au sein des ouvrages anciens et lancer quelques galeries de recherche.

Les nouveaux travaux consistent en des galeries d'exploration, des petits chantiers sur des panneaux négligés par les anciens (Vieux Travaux), et de grandes zones défilées s'enfonçant sous le niveau du Fournel et s'étendant vers le Nord, englobant un champ d'exploitation de 400 m de long pour plus de 150 m de dénivelé.

Les ouvrages souterrains des périodes récentes sont marqués par la technique d'abattage à la poudre, en usage dans les mines depuis le début du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Le filon est exploité selon la méthode des gradins inverses avec piliers de réserve. Le champ d'exploitation est préalablement découpé par des niveaux de galeries et des montages. Puis l'épaisseur du filon est abattue en prenant soin de ménager des piliers pour soutenir le "toit". Lorsque le filon est très riche les piliers sont eux-mêmes exploités et remplacés par des ouvrages en maçonnerie. Il est également fréquent que les vides soient remblayés avec les déblais stériles des chantiers voisins ou des galeries de recherche.

Sur les chantiers d'abattage, le transport des matériaux se fait à l'aide de brouettes en bois jusqu'à la plus proche galerie de roulage. Ces dernières, équipées d'une voie ferrée peuvent s'étendre sur plusieurs centaines de mètres. Des niveaux supérieurs vers la galerie de sortie au jour, le minerai est déversé dans des couloirs en bois ou "trémies". De nombreuses galeries présentent des vestiges de voies ferrées, et parfois elles renferment encore des berlines : la galerie principale des Vieux Travaux, La Rebaisse, les étages 4 et 5 du Lacet, et les niveaux 0 et I de Ste Barbe. La plupart de ces voies ont été démontées et il n'en reste que les empreintes de traverses. Dans Ste Barbe il reste des voies en



place de type Decauville et d'un modèle particulier ; 2 lames de fer sur chant, calées dans des traverses en bois.

Masqué par des formations superficielles, le filon remonte sous le versant nord des gorges à une distance de quelques dizaines de mètres de la surface. A leur extrémité nord les travaux recoupent la paléo-surface des quartzites recouvertes d'alluvions torrentielles. L'exploitation du réseau exploré s'est développée à partir de la galerie de Rebaisse dès 1851, retrouvant successivement vers le Nord les panneaux minéralisés disposés en marches d'escalier. Pour faciliter l'évacuation des matériaux, l'entrée du Lacet est ouverte par l'intérieur en 1857. Pour venir en aide à l'aération des travaux reculés, un puits d'aérage est achevé en 1862, et en 1900 une galerie supérieure (+124) est mise en communication avec l'extrémité du réseau.

## 5. Confrontation terrain / archives

Les données des archives sont essentiellement des rapports d'ingénieurs. Ils décrivent les difficultés rencontrées dans un secteur précis mais restent très laconiques là où tout se passe bien. Lorsqu'une description globale est donnée il s'agit avant tout de la structure géologique.

Les plans répondent à une vision de l'exploitant. Il sont schématiques et incomplets. Les contours des chantiers sont imprécis. Pendant nos explorations il était bien souvent impossible de se positionner à l'aide de ses anciens plans car les galeries sont tronçonnées par des éboulements et les chantiers sont presque complètement remblayés.

L'approche archéologique est venue combler les lacunes des archives par l'observation fine des vestiges de mobiliers, l'architecture et l'organisation des chantiers. Il apparaît

ainsi que cette exploitation XIX<sup>ème</sup> a été fortement conditionnée par le contexte géologique : niveaux de galeries complexes, faible hauteur des couloirs, faible extension des voies ferrées ... bref une organisation "artisanale" qui a permis de coller au mieux à la fragmentation du gisement, mais qui a certainement généré des frais d'exploitation importants. La reprise de 1900 contraste par l'abondance des galeries de recherche et la régularité des voies de roulage.

Le gisement du Fournel est original par sa richesse en minerai et par sa complexité géométrique. Comme pour la préparation mécanique du minerai au jour, l'extraction souterraine a buté sur des problèmes techniques peu communs, et les tâtonnements des exploitants marquent beaucoup l'image de l'exploitation. De ce fait la mine du Fournel diffère fortement des modèles qui sont proposés par les traités d'exploitation de l'époque.

## 6. Bibliographie

- ANCEL, B. 1996. La mine du Fournel (L'Argentière-La-Bessée, Hautes-Alpes, France) : l'exploitation rationnelle aux X<sup>ème</sup>-XIV<sup>ème</sup> siècles d'un filon de plomb argentifère. *Actes du Congrès Européen Civezzano-Fornace 1995, sous presse*
- ANCEL, B.; COWBURN, I. 1996. Mise en valeur d'un site géologique, historique et culturel : les mines d'argent de L'Argentière-La-Bessée dans les Hautes-Alpes. *Actes Congrès National ASFEC, St Raphael 1995*, 21-26
- ANCEL, B.; MARCONNET, C.; KINCHIN-SMITH, R.; GRANGER, L. 1996. La mine d'argent du Fournel. *La publication archéologique sur CD Rom. Exemples pratiques d'écritures électronique. Ministère de la Culture. dos. n° 12, 276 pp, 114 figs, 65 photos, 16 tab., vidéo 2mn*

# Bestandsaufnahme historischer Grubenanlagen im Revier Rotenstein, Bergbau Schwaz, Österreich

von Thilo Arlt<sup>1</sup>, Armin Hanneberg und Klaus-Peter Martinek

Arbeitsgemeinschaft Bergbauhistorische Forschungen

<sup>1</sup> Mineralogisch-petrographisches Institut, Universität Bern, Baltzerstr. 1, CH- 3012 Bern

## Abstract

In the mining district of Schwaz-Brixlegg, fahlore deposits were mined mainly in the 15th and 16th century to produce silver and copper. 500 km of galleries, countless shafts and pits are the results of the extensive underground workings. Due to the mountainous situation and the stability of the dolomite host rock, most of these workings have survived, although they are not easily accessible. As an inventory of Rotenstein pit, a 7.5 km tunnel network has been surveyed and mapped. In the NE-section of the pit, numerous small, stratabound ores were mined in a dolomite horizon of 100 m thickness. It is likely that some of these ores were mined from the Weittal pit which is located NE of Rotenstein. In the SW-section, work was concentrated on three important ore deposits which reach from the surface almost continuously to a depth of about 200 m. Electron microprobe analyses on fahlores show large compositional variations within an individual pit and therefore disprove a previously published trend of compositions in the mining district of Schwaz.

## Zusammenfassung

Im Bergbauggebiet Schwaz-Brixlegg wurden hauptsächlich im 15. und 16. Jahrhundert Fahlerzvorkommen zur Silber- und Kupfergewinnung abgebaut. Das dabei entstandene Grubengebäude umfasst etwa 500 km Stollennetz, unzählige Schächte und Abbaue. Aufgrund der alpinen Lage und der Standfestigkeit des Nebengesteins ist ein Grossteil der Untertageanlagen heute noch erhalten, wenn auch stellenweise schwer zugänglich. Bei der Bestandsaufnahme im Teilrevier Rotenstein wurden ca. 7,5 km der untertägigen Anlagen vermessen und ein Grubenplan erstellt. Im NE-Teil des Teilreviers wurden in einem 100 m mächtigen Dolomithorizont, zahlreiche schichtparallele Vererzungen abgebaut. Wahrscheinlich wurde ein Teil dieser Erze vom nördlich angrenzenden Teilrevier Weittal aus erschlossen. Im SW-Teil konzentrierte sich der Bergbau im wesentlichen auf drei mächtige Erzanreicherungen, die vom Tagausbiss bis in 200 m Tiefe fast durchgehend abgebaut wurden. Mikrosondenanalysen an Fahlerzen aus diesem Teilrevier zeigen starke Schwankungen im Chemismus und widerlegen damit die bisher postulierte kontinuierliche Veränderung der Fahlerz-Zusammensetzung in W-E-Richtung.

## 1. Einführung

Das Bergbauggebiet Schwaz befindet sich auf der orographisch rechten Seite des Unterinntals, etwa 40 km nordöstl. von Innsbruck in Tirol. Schwaz war im ausgehenden Mittelalter (15. - 16. Jh.) ein Zentrum der Silber- und Kupfergewinnung und erlangte europäische Bedeutung.

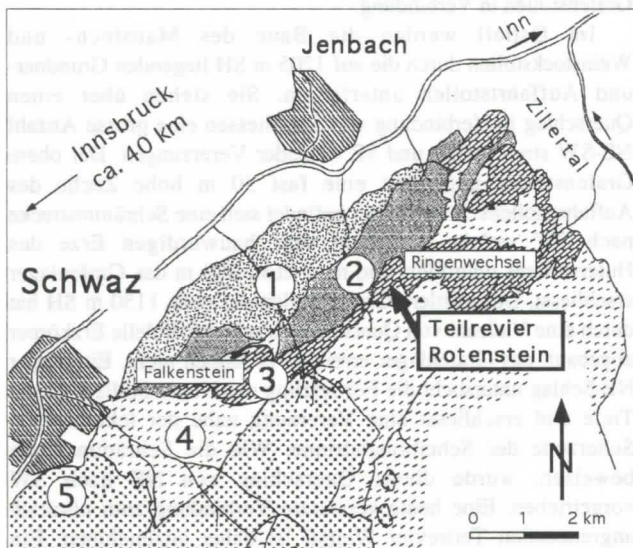


Abb. 1: Geologische Übersicht und Lage des Teilreviers Rotenstein im Bergbauggebiet Schwaz. (1) Trias (2) Permoskyth, Buntsandstein, (3) Devon, Schwazer Dolomit (4) Altpaläozoikum, Phyllit, (5) Kellerjochgneis. (2)-(4) Grauwackenzone.

Einen Überblick über die Bergbaugeschichte geben HANNEBERG *et al.* (1997, dieser Band).

Das Bergbauggebiet Schwaz liegt am Westrand der ostalpinen Grauwackenzone. Wichtigste Gesteine sind hier Buntsandstein, Schwazer Dolomit und Phyllit. (Abb. 1). Triadische Gesteine sind im Bergbauggebiet Schwaz nur unbedeutend vererzt. In den Kellerjochgneisen fanden sich bedeutende Sideritlagerstätten die auch Chalkopyrit, Galenit, Tetraedrit und Silbererze führten.

Die wichtigsten Vorkommen befinden sich jedoch im devonischen Schwazer-Dolomit (PIRKL, 1961). Gegenstand des Bergbaus im Dolomit war fast ausschliesslich Fahlerz, genauer die Mischreihe Tetraedrit-Tennantit  $(\text{Cu,Ag})_{10}(\text{Zn,Fe,Hg})_2(\text{Sb,As})_4\text{S}_{13}$  mit einem Silber-gehalt von ca. 0.5 Gew.%. Die Gesamtausbringung an Silber wird auf ca. 3000 t geschätzt (incl. Brixlegg). Geht man von einem Verhüttungsverlust von 50 % und einem Erzgehalt von ca. 5% im Haufwerk aus, so erhält man die gewaltige Menge von etwa 25 Millionen Tonnen abgebautem Gestein.

Der bedeutendste Bergbau im Dolomit war der Falkenstein (mit den Teilrevieren Eiblschrofen, Mehrer Kopf und Palleiten) dem sich nach Osten der Bergbau Ringenwechsel mit den Teilrevieren (SW nach NE) Burgstall, Rotenstein, Scheiblmahd, Weittal, Paffengrube, Roggland, Rodaun und Weisser Schrofen anschliesst.

## 2. Gegenwärtiger Zustand des historischen Grubengebäudes im Bergbauggebiet Schwaz

Von der Bergbautätigkeit zeugen unzählige Halden und Tagzechen, Hunderte von Abbauen und Schächten und ein Streckennetz von über 500 km. PIRKL (1961) erfasste in seinen geologischen Karten etwa 1150 Stollenmundlöcher, was ca. 90 %

der tatsächlich vorhandenen Einbauten entspricht. Die meisten Erze treten in 1000 bis 1500 m Höhe zu Tage und wurden im Abstand von etwa 30 m von zahlreichen Stollen unterfahren. Ein grösserer Tiefbau besteht am Bergbau Falkenstein, welcher heute unter Wasser steht. Hier reichen die Strecken und Abbaue mehr als 200 m unter die Inntalsole, die sich auf 520 m Höhe befindet. Aus den höher liegenden Bergbauen kann das Sickerwasser auch heute noch grösstenteils abfliessen.

Der Dolomit ist aufgrund seines Quarz-Gehalts im allgemeinen sehr standfest. Nur in tektonischen Zerrüttungszonen musste mit Holzeinbauten oder Trockenmauerungen abgestützt werden. Nördlich dem Dolomit vorgelagert, befinden sich weniger standfeste Gesteine (Buntsandstein, Schiefer), weshalb tiefer liegende Förderstollen meist vollständigen Ausbau benötigten. Weiterhin sind Frostschäden an oberflächennahen Gesteinen sowie Hang- bzw. Haldenrutschungen dafür verantwortlich, dass heute etwa 95% der ehemaligen Mundlöcher verbrochen oder verschüttet sind. Wenn auch die Eingangsbereiche dieser Stollen nicht mehr zugänglich sind, so darf doch angenommen werden, dass etwa 80 % der im Dolomit stehenden Grubenbaue, also schätzungsweise 400 km noch heute erhalten sind.

Die Temperatur beträgt untertage ungefähr 8°C. Da viele Stollen über Schächte und Abbaue in Verbindung stehen, gibt es auch heute noch einen regen Luftaustausch, der sich auch an vielen der verschütteten Mundlöcher und Strecken als Luftzug bemerkbar macht.

Die alpine Lage, welche für ausreichende Bewetterung sorgt und einen natürlichen Wasserabfluss ermöglicht und die Standfestigkeit des Dolomits in dem die Mehrzahl der Grubeneinbaue noch heute erhalten sind, machen das Bergbauggebiet Schwaz (und Brixlegg) zu einem einzigartigen Kulturdenkmal der Montangeschichte.

Umso erstaunlicher ist es, dass sich neben zahlreichen populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen, ausschliesslich geowissenschaftliche und historische Arbeiten mit dem Bergbauggebiet Schwaz befassen. Montanarchäologische Untersuchungen der Untertageanlagen existierten bisher nicht.

### 3. Bestandsaufnahme des Gruben- gebäudes im Teilrevier Rotenstein

#### Übersicht

In den Jahren 1986 bis 1992 führten die Autoren eine detaillierte Untersuchung des Teilreviers Rotenstein (Bergbau Ringenwechsel) durch. Es liegt oberhalb der Ortschaft Maurach, ca. 7 km nordöstlich von Schwaz. Kurzbeschreibungen der Grube Rotenstein gibt es von PIRKL (1961) und GSTREIN (1978, 1986). Einen unvollständigen Grundriss bietet die Ringenwechsler Hauptkarte (1819) welche sich im Archiv der Berghauptmannschaft Innsbruck befindet.

Obwohl die Erzvorkommen durch etwa 30 Stollen erschlossen wurden, sind heute nur mehr drei Stollenmundlöcher offen (Auffahrt-, Georg- und Annastollen). Da die Stollen über zahlreiche Abbaue verbunden sind, ist dennoch fast das gesamte Teilrevier Rotenstein befahrbar. Das Grubengebäude stellte sich bald als ein kaum durchschaubares Netz von Strecken und Abbauen dar, weshalb sich die Autoren zu einer vollständigen Vermessung entschlossen. Die Genauigkeit von Kompass, Massband und Neigungsmesser wurde als ausreichend betrachtet um einen Überblick über den Bergbau zu erhalten (geschätzter Messfehler:  $\pm 5$  cm Längen-,  $\pm 3^\circ$  Neigungs- und  $\pm 1$  Neugrad Richtungsmessungen). Die Vermessungsarbeit wurde durch zahlreiche Verbrüche, die mühsam über Abbaue umgangen werden mussten, erschwert. Vermessungskorrekturen durch

Ringschlüsse und dreidimensionale Ansichten (Abb. 2) wurden mit dem Programm Lime-Light berechnet (HELLER, 1983). Dabei wurde in den Hauptstrecken ein durchschnittliches Gefälle der Stollensole von einem Grad angenommen. Alle Vermessungsdaten sind im Toporobot-Format archiviert. Damit sind die Voraussetzungen gegeben, dass die Daten auch von zukünftigen Bearbeitern verwendet werden können. Erst im rekonstruierten und stark vereinfachten Grubenplan ergibt sich ein überschaubares System (Abb. 3).

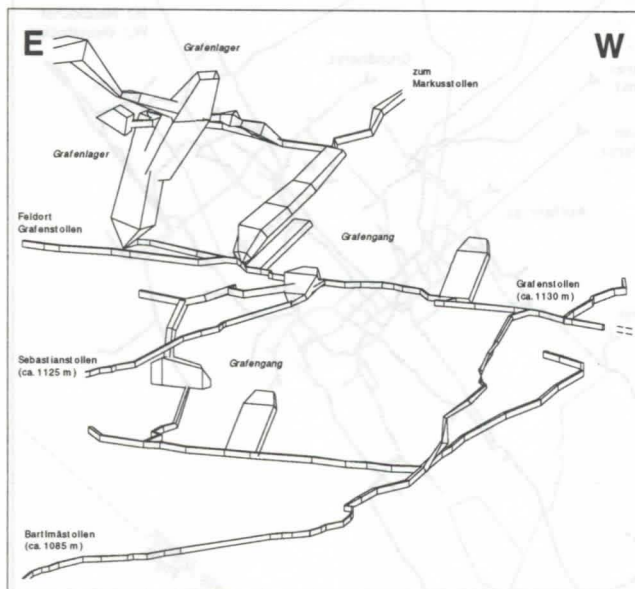
#### Beschreibung der Rotenstein-Grubenbaue

Die Tagausbisse der Erzkörper auf 1250 bis 1300 Höhenmeter lassen sich auf eine Länge von etwa 800 m im Gelände verfolgen. Bereits 20-30 Meter tiefer liegen die ersten Unterfahrungsstollen. Von SW nach NE sind bekannt: beide Leonhardstollen, Huter-, Weinstock- und Mauslochstollen. Der Dolomit ist in dieser Höhe so stark zerrüttet, dass sich bereits von Hand grössere Stücke aus dem Gesteinsverband lösen lassen. Die Mehrheit dieser Stollen ist daher nicht zugänglich. In vielen Abbauen ist der historische Zechenboden aufgrund zahlreicher Verbrüche verschüttet. Mit zunehmender Tiefe (ab 1150 m SH) nimmt die Stabilität des Dolomits zu, der Abbau konzentrierte sich im wesentlichen auf zwei räumlich getrennte Erzzonen (Abb. 1).

Im Südwesten (Rotenstein West) sind die wichtigsten Erzkörper das stockwerkförmige Grafenlager und der schichtdiskordante Grafengang (Abb. 2). Sie wurden am Erzausbiss beginnend durch den Georgstollen, Markusstollen und Grafenstollen abgebaut. Im Nordosten (Rotenstein Ost) handelt es sich vor allem um eine grosse Anzahl schichtparalleler Vererzungen (NE-SW) verteilt auf einen ca. 100 m mächtigen Dolomithorizont. Wichtige Einbauten sind hier der Auffahrt-, Grundner- und Neuer Stollen, Obere und Mittlere Grafenstollen sowie der Sebastianstollen (Abb. 3). Da die Distanz zwischen Ost- und Westteil ca. 250 m beträgt, war es fördertechnisch günstiger auf gleicher Höhe zwei Tagstollen zu errichten. Auch rechtliche Gründe (unterschiedliche Verleihungen) mögen hierfür eine Rolle gespielt haben. Beide Teile stehen durch den Sebastianstollen und einer Blindstrecke oberhalb des Oberen Grafenstollen in Verbindung.

Im Ostteil werden die Baue des Mausloch- und Weinstockstollen durch die auf 1205 m SH liegenden Grundner- und Auffahrtstollen unterfahren. Sie stehen über einen Querschlag in Verbindung und erschliessen eine grosse Anzahl NE-SW streichender und SE fallender Vererzungen. Der obere Grafenstollen unterfährt eine fast 30 m hohe Zeche des Auffahrtstollens. 8 m darüber befindet sich eine Schrämmstrecke nach SW welche die nicht sehr bauwürdigen Erze des Huterstollens unterfährt und nach etwa 200 m das Grafenlager erschliesst. Der Mittlere Grafenstollen auf etwa 1150 m SH hat durch eine Vielzahl von Querschlägen schichtparallele Erzkörper abgebaut, das Grafenlager erreichte er jedoch nicht. Ein langer NE-Schlag untersucht die Fortsetzung des Neuer Stollens in die Tiefe und erschliesst eine Vererzung nahe der tektonischen Scherzone der Scheiblmahdrinne. Wie die Schrämmspuren beweisen, wurde dieser Querschlag von NE nach SW vorgetrieben. Eine heute verstürzte Verbindung zum nördlich angrenzenden Teilrevier Weittal ist daher anzunehmen. Ein Füllort lässt vermuten, dass das Hauwerk dieser Vererzung durch den Weittalstollen gefördert wurde. Ebenfalls auf Höhe des Mittleren Grafenstollens (1150 m) befindet sich ein weiterer Tagstollen der bisher unbekannt war. Er unterfährt die Erze des Neuer Stollens und wurde in Abb. 3 als "Sebastian Oberbau" bezeichnet. Sein Mundloch befindet sich unter einer kleinen Felswand etwa 150 m nordwestlich des Mittleren Grafenstollens

und ist heute noch 10 m weit befahrbar. Tiefster Einbau von Rotenstein Ost ist der Sebastianstollen auf 1120 m Höhe. Über seinen Verlauf war bislang nichts bekannt. Bei etwa Streckenmeter 200 erreicht er den vererzten Dolomithorizont und schwenkt nach SW, Richtung Grafengang ab, ohne jedoch auf nennenswerte Vererzungen zu treffen. Ungefähr bei Streckenmeter 500 erreicht er den Grafenstollen. Der NE-Schlag des Sebastianstollens diente als Unterfahrung des Mittleren Grafen Stollens. Hier befindet sich ein 10 m tiefes Gesenk, ansonsten wurden die Erze nicht weiter in die Tiefe verfolgt.



**Abb. 2:** Perspektivischer Blick nach Süden auf die Abbaue des Grafenlagers und des Grafengangs zwischen Markusstollen und Bartlmästollen. Rotenstein Ost und die SE-schläge des Grafenstollens wurden der besseren Übersicht halber entfernt.

Im Westteil des Reviers Rotenstein wurden der Georgstollen und der tiefer liegende Markusstollen direkt auf den Grafengang hin vorgetrieben (Abb. 3). Dabei handelt es sich um eine bis 2 m mächtige, mit 35° NE-fallende diskordante Vererzung. Beide Stollen erreichen in einem Nordschlag das Grafenlager, den größten Abbau des Teilreviers Rotenstein. Die durch Schiessarbeit sehr grosse und dennoch standfeste Zeche (ca. 10000 m<sup>3</sup>) zeigt steiles Südfallen was auf eine stockwerkförmige, horizontgebundene Vererzung schliessen lässt. Die Vererzungszonen des Grafenlagers und des NE-fallenden Grafengangs treffen sich auf Höhe des Grafenstollens (1130 m SH, Abb. 2).

Ein ca. 12 m höher gelegener Schrämlauf erreicht die südwestlichste Vererzungszone. Sie wurde vom Annastollen bis auf die Höhe des Geiststollens herab abgebaut, ist heute jedoch weitgehend verstürzt. Der Thonachstollen, welcher die Vererzung von Süden her anfuhr, konnte daher nicht befahren werden. Der Geiststollen selbst hat in einem Südschlag den Phyllit erreicht. Die Anlage des Bartlmästollens zeigt, dass der Stollen als Unterbau für Rotenstein Ost geplant war, er wurde jedoch nicht weit genug vorgetrieben. Erst im 19. Jh. wurde der SW-Querschlag verlängert, um die Fortsetzung der Grafen- und Geistvererzung abbauen zu können. Der am tiefsten gelegene Einbau, der Kurze Stollen, erreicht die Vererzungszonen Rotenstein Ost und West nicht, scheint jedoch gemäss der

Ringenwechsler Hauptkarte (1819) Erze in stratigraphisch höher liegenden Horizonten erschlossen zu haben.

#### 4. Historische und mineralogische Erkenntnisse

Die vorgestellte Bestandsaufnahme der Grube Rotenstein stellt die Voraussetzung für jede weitere wissenschaftliche Arbeit und Detailkartierung dar. Eine Übersicht der im Rahmen der Untersuchung des Bergreviers Rotenstein erhaltenen bergbauhistorischen Erkenntnisse geben HANNEBERG *et al.* (1997, dieser Band).

Einige der beschriebenen Erzkörper wurden beprobt und Mikrosondenanalysen (EMP-WDS) durchgeführt. Tetraedrite aus den schichtparallelen Abbauen des Bartlmästollens (Streckenmeter 250) und des Sebastianstollens (Streckenmeter 150) zeigen deutlich Zink-reichere und Antimon-ärmere Zusammensetzung, verglichen mit den Erzen des diskordanten Grafengangs (ARLT & DIAMOND, 1996, 1997). Insgesamt zeigen die Fahlerze des Teilreviers Rotenstein grössere Variationen als sie bisher von Erzen des Schwazer Dolomits bekannt waren und widerlegen damit eine kontinuierliche Veränderung des Fahlerzchemismus von SW nach NE, wie sie von ISSER (1905) postuliert und von späteren Autoren übernommen wurde (zuletzt GSTREIN 1978).

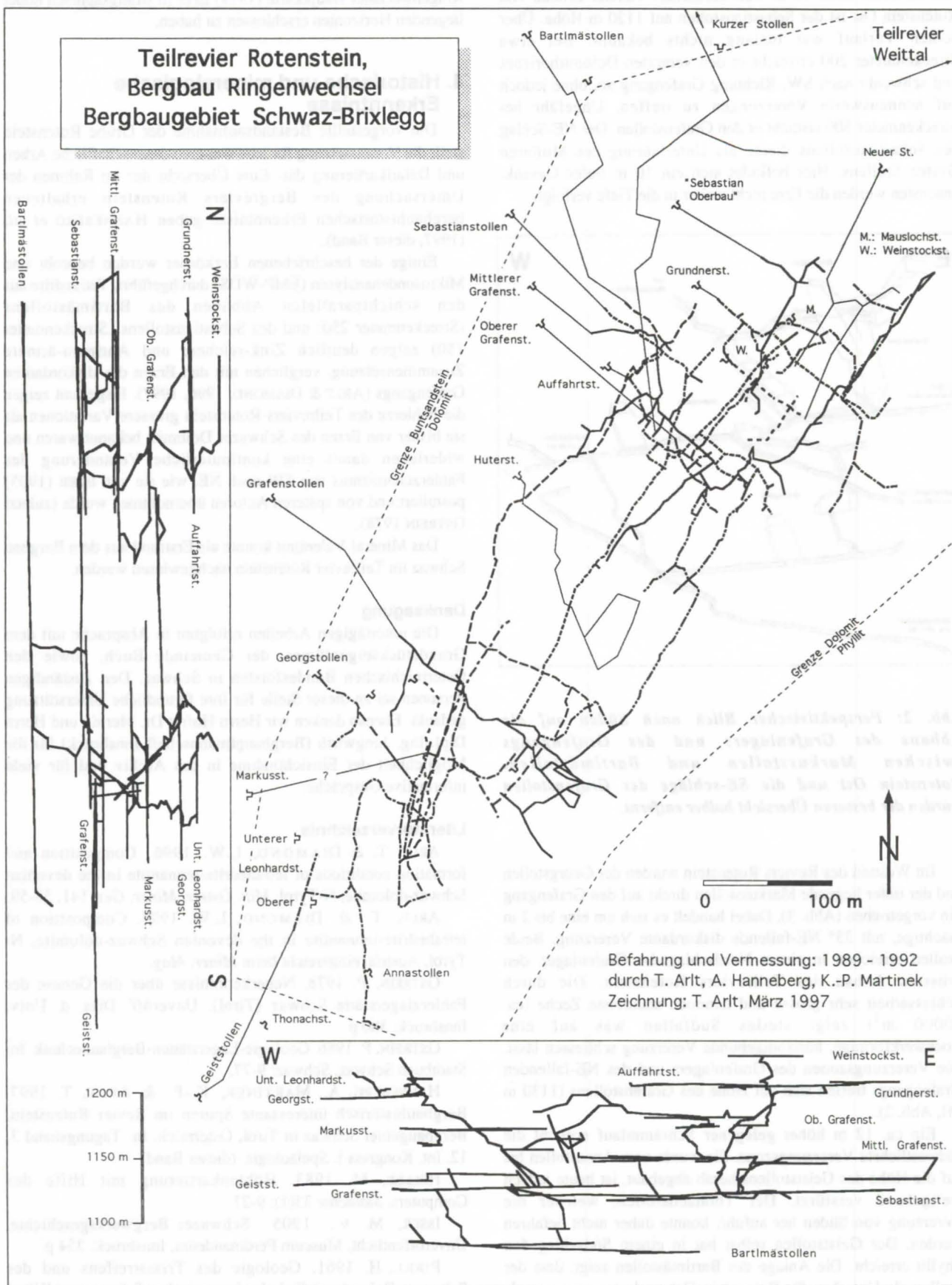
Das Mineral Valentinit konnte als Erstfund aus dem Bergbau Schwaz im Teilrevier Rotenstein nachgewiesen werden.

#### Danksagung

Die untätigen Arbeiten erfolgten in Absprache mit dem Grundstückseigentümer, der Gemeinde Buch, sowie den Österreichischen Bundesforsten in Schwaz. Den zuständigen Personen sei an dieser Stelle für Ihre freundliche Unterstützung gedankt. Ebenso danken wir Herrn Hofrat Dr. Mernik und Herrn Dipl.-Ing. Jungwirth (Berghauptmannschaft Innsbruck) für die Möglichkeit der Einsichtnahme in das Archiv und für viele informative Gespräche.

#### Literaturverzeichnis

- ARLT, T. & DIAMOND, L.W. 1996. Composition and formation conditions of tetraedrite-tennantite in the devonian Schwaz-dolomite, N-Tyrol. *Mitt. Österr. Miner. Ges.* 141: 58-59.
- ARLT, T. & DIAMOND, L.W. 1997. Composition of tetraedrite-tennantite in the devonian Schwaz-dolomite, N-Tyrol, Austria. eingereicht beim *Miner. Mag.*
- GSTREIN, P. 1978. Neuerkenntnisse über die Genese der Fahlerzlagerstätte Schwaz (Tirol). Unveröff. Diss. d. Univ. Innsbruck: 380 p.
- GSTREIN, P. 1986. Geologie-Lagerstätten-Bergbautechnik. In: Stadtbuch Schwaz, Schwaz: 9-77.
- HANNEBERG, A., MARTINEK, K.-P. & ARLT, T. 1997. Bergbauhistorisch interessante Spuren im Revier Rotenstein, Bergbaugesamt Schwaz in Tirol, Österreich. In: Tagungsband 3, 12. Int. Kongress f. Speläologie. (dieser Band)
- HELLER, M. 1983. Höhlenkartierung mit Hilfe des Computers. *Stalactite* 33(1): 9-27.
- ISSER, M. v. 1905. Schwazer Bergwerksgeschichte. Unveröffentlicht, Museum Ferdinandeum, Innsbruck: 354 p.
- PIRKL, H. 1961. Geologie des Triasstreifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). *Jb. Geol. Bundesanstalt* 104: 150 p.



**Abb. 3: Grundriss und Saigerrisse des Teilreviers Rotenstein, Bergbau Ringenwechsel.**

**Dicke Linien: Neuvermessungen dieser Arbeit. Dünne Linien: Nicht zugängliche Strecken gemäss Ringenwechsler Hauptkarte (1819). Lage der Stollenmundlöcher und geologische Einheiten aus PIRKL (1961)**

# Bergbauhistorisch interessante Spuren im Revier Rotenstein, Bergbaugesbiet Schwaz in Tirol, Österreich

von Armin Hanneberg<sup>1,2</sup>, Klaus-Peter Martinek<sup>1</sup> und Thilo Arlt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Arbeitsgemeinschaft Bergbauhistorische Forschungen

<sup>2</sup> Dianastr. 2, D-85540 Haar

## Abstract

Many important facts about mining history were obtained, when a part of the famous Schwaz mining district was investigated and surveyed in detail. The Rotenstein mine had been mined for copper ore since the Bronze Age. The development of advance and mining technology could be proved, beginning from the prehistoric firesetting technique to the hammer and pick technique during the Renaissance boom and to the usage of explosives like black powder and dynamite. During the investigation, the emphasis was laid on more recent mining activity of the "Schwazer Bergwerksverein" in the mid 19th century.

## Zusammenfassung

Die detaillierte Untersuchung und Vermessung eines Teilreviers des berühmten Schwazer Bergbaus lieferte zahlreiche für die Bergbaugeschichte wichtige Befunde. Im Teilrevier Rotenstein wurde seit der Bronzezeit Kupfererz abgebaut. Von der prähistorischen Feuersetztechnik über die Arbeit mit Schlägel und Eisen während der Blütezeit in der Renaissance bis hin zur Sprengtechnik mit Schwarzpulver und Dynamit konnte die Entwicklung der Vortriebs- und Abbautechnik belegt werden. Besondere Berücksichtigung bei den Untersuchungen fand die jüngste Bergbauvergangenheit mit der Tätigkeit des Schwazer Bergwerksvereins in der Mitte des 19. Jahrhunderts.

## 1. Einleitung

Seit der frühen Bronzezeit vor fast 4.000 Jahren waren die Fahlerzorkommen um Schwaz immer wieder Ziel eines Bergbaus. In der Renaissance bestand hier ein wichtiges Zentrum des Silber- und Kupferbergbaus in Europa. Kartelle unter wesentlicher Beteiligung der Fugger kontrollierten den Kupfer- und Silberhandel. Nach einer Krise am europäischen Kupfermarkt Ende des 16. Jahrhunderts verlor Schwaz trotz verschiedener Wiederbelebungsversuche seine überregionale Bedeutung. Mit einer Gesamtproduktion von ca. 3.000 Tonnen Silber und 250.000 Tonnen Kupfer zählt dieser Bergbau zu den bedeutendsten Montandistrikten in Europa.

Die Arbeit von EGG (1964) gibt einen guten Überblick zur Bergbaugeschichte in der Renaissance. Die bisherige historische Aufarbeitung befaßte sich aber hauptsächlich mit dem bedeutendsten Bergbau Falkenstein, während der Ringenwechsel vernachlässigt wurde. Von einigen Autoren wird dieser Bereich sogar nur als Versuchsbetrieb gesehen (EGG & ATZL, 1951). Etwa 300 Stollen und Tagzechen geben jedoch ein ganz anderes Bild wieder.

Seit 1988 erfolgen am Ringenwechsel mit Schwerpunkt im Teilrevier Rotenstein bergbauhistorische Untersuchungen. Bei ARLT et al. (1997) wird über die Neuvermessung berichtet und das Stollensystem mit den Vererzungszonen im Detail beschrieben, während in der vorliegenden Arbeit ein Überblick über die bergbauhistorischen Befunde gegeben wird.

## 2. Bergbaugeschichtlicher Überblick

Bereits während der Bronzezeit waren die reichen Kupfererze im Revier Ringenwechsel Ziel eines Bergbaus. Auf dem nur wenige Kilometer entfernten Buchberg wurde vor etwa 4000 Jahren im Schutz einer befestigten Station hochwertiges Kupfer aus diesen Erzen gewonnen (MARTINEK, 1995).

Die spätmittelalterliche Bergbautätigkeit setzte am Ringenwechsel wahrscheinlich um 1430 ein. Aufgrund der geringeren Silbergehalte wurde hier im Gegensatz zum Falkenstein eine niedrige Abgabe auf das erzeugte Silber, der sogenannte "(ge)ringe Wechsel" erhoben. So ist auch der Name dieses Berg-

baus zu erklären. In der Zeit von 1470 bis 1550 erreichte der Ringenwechsel seine Blütezeit. In der Mitte des 16. Jahrhundert dominierten hier die Gewerke Manlich, Hörwarth und Dreyling, während die Fugger in diesem Bereich stets nur eine untergeordnete Rolle spielten. Als sich die Bergbaugesellschaften der Fugger, Katzbeck, Manlich und Haug-Langenauer im Jahr 1565 zum Jenbacher Handel zusammenschlossen, war der Bergbau Ringenwechsel schon in die Verlustzone geraten und ein Niedergang nicht mehr aufzuhalten (SCHEUERMANN, 1929). Auch mit der Unterfahrung des Reviers Rotenstein durch den Kurzer Stollen im späten 16. Jahrhundert konnten keine reichen Erzorkommen mehr erschlossen werden (OHNESORGE, 1877).

Alle Privatgesellschaften hatten bis 1657 den Bergbau verlassen oder waren in Konkurs gegangen. Als alleiniger Gewerke blieb der Österreichische Staat übrig, der den Betrieb am Ringenwechsel bis 1682 aufrecht erhielt. Danach wurden die Gruben Einzelpersonen (Eigenlöhner), meist Bauern und arbeitslose Bergleute, überlassen (ISSER, 1905).

Während der Regentschaft von Maria Theresia (1740 - 1780) versuchte man den Bergbau allgemein, so auch am Ringenwechsel wiederzubeleben. Untertage belegen mit Rußzeichen datierte Vermessungspunkte im Oberen Grafenstollen im Teilrevier Rotenstein eine Prospektion um das Jahr 1742. Dendrochronologische Untersuchungen an den Grubeneinbauten im Grundner- und Oberen Grafenstollen weisen einen Betrieb um 1751 nach (BÖHM et al., 1997). Durch Archivquellen ist ein regelmäßiger Bergbau erst für das Jahr 1761 gesichert, in dem von 94 Mann ca. 120 Tonnen Erz aus alten Abbauen gefördert wurde und Neuaufschlüsse im Sebastianstollen Richtung Osten geplant waren (FURTER & PICHLER, 1761). Trotz immer größerer Defizite führte der Staat den Betrieb bis in die 20er Jahre des 19. Jahrhunderts fort. In den letzten Jahren vor der Einstellung wurde nur noch auf dem Grafenlager gearbeitet. Danach gewannen dort Eigenlöhner noch einige Jahre Resterze (OHNESORGE, 1877).

In der Hoffnung den Schwazer Bergbau wieder gewinnbringend betreiben zu können, gründete Friedrich Gräser aus München zusammen mit dem Kölner Kaufmann Wilhelm Meurer und dem Bergwerksbesitzer Philipp Jung aus Bonn im Frühjahr

1855 den "Schwazer Bergwerksverein" (Berghauptmannschaft Innsbruck BH Z.500 de 1855).

Die Gewerkschaft gewältigte zahlreiche verbrochene Stollen am Ringenwechsel und Falkenstein. Parallel zu den Erschließungsarbeiten untertage wurden die Halden nach Erz durchkuttet. Im Rotensteiner Revier erfolgte zunächst in den Jahren 1855 bis 1857 die Wiedergewältigung des Grafen-, Barthlmä- und Kurzer Stollens, um die beiden wichtigsten Vererzungen, das Grafenlager und den Grafengang, in der Teufe untersuchen zu können. Aus den alten Abbauen des Grafenlagers gewann der Schwazer Bergwerksverein zunächst erhaltenden Versatz und stehengelassene Erzpfiler (OHNESORGE, 1877). Die Aufbereitung der Erze erfolgte im Pochwerk am Schlierbach, dessen Mauerreste noch heute erkennbar sind. Die wenig erfolgreiche Suche nach unverritzten Fahlerzorkommen auf und über der Stollensohle des Grafenstollens setzte sich bis in die 70er Jahre des 19. Jahrhunderts fort, wie Spuren des Dynamitsprengens in den Abbauen zeigen.

Auf dem Grafengang hatte die Gewerkschaft dagegen mehr Erfolg, denn 1864 konnte einige Meter unter der Sohle des Grafenstollens ein verworfenes Trum entdeckt werden. Die Erzmächtigkeit betrug hier maximal 50 cm reines Fahlerz und galt damals als einer der schönsten Erzpunkte im Ringenwechsel (SCHMIDT, 1868). Auch im Barthlmästollen wurde der Gang, wenn auch weniger mächtig, aufgeschlossen und weiter in die Teufe verfolgt. Der Betrieb warf hier jedoch aufgrund ungünstiger Förderbedingungen und hoher Wasserhaltungskosten keinen Gewinn ab. Während alle anderen Arbeiten ruhten, versuchte man im Kurzer Stollen eine fördertechnisch günstigere Verbindung zum Grafengang herzustellen (OHNESORGE, 1877). Die Arbeiten wurden abgebrochen, nachdem der Schwazer Bergwerksverein sein Personal auf den Falkenstein und das Teilrevier Weittal konzentrierte, wo größere unverritzte Erzorkommen erwartet wurden. Vom benachbarten Weittal war auch eine Unterfahrung des Grafenganges geplant, die jedoch bis zur Einstellung des Bergbaubetriebes am Ringenwechsel im Jahre 1908 nicht mehr zur Ausführung kam.

In den Jahren 1954 bis 1956 erfolgte eine Wiedergewältigung des Grafenstollens, um ihn zum Trinkwasserstollen auszubauen. Die zufließende Wassermenge blieb aber deutlich unter den Erwartungen (BH Zl. 876 von 1957).

### 3. Befunde zur Bergbautechnik

#### Feuersetztechnik

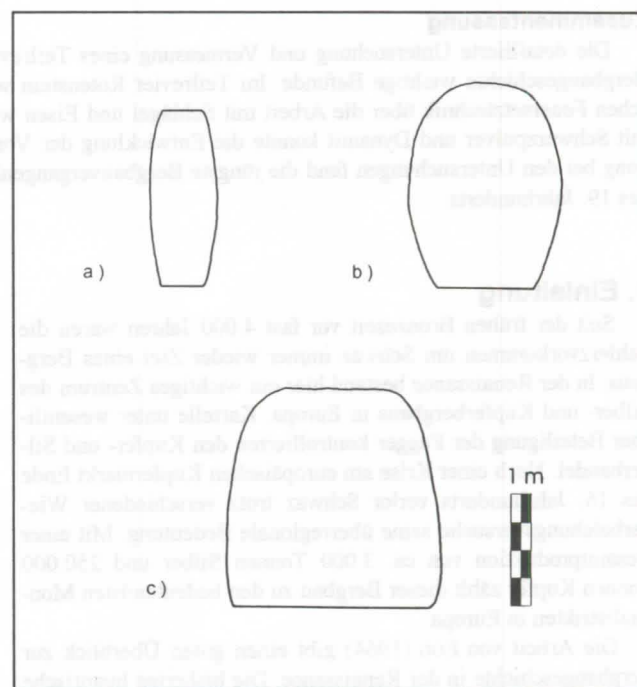
Im Teilrevier Rotenstein, wie auch im gesamten Schwazer Bergbaugbiet treten im Bereich der Ausbißzone der Vererzung nur wenig weit in den Berg hinein reichende Abbauformen auf, die ihre charakteristische Form dem Feuersetzen verdanken. Den ersten Hinweis auf einen prähistorischen Bergbau konnte GSTREIN (1981) mit dem Fund hallstadtzeitlicher Keramik im Bereich solcher Abbaue im Teilrevier Burgstall liefern. Einige der Abbaue wurden mittlerweile archäologisch untersucht und in die Bronzezeit datiert (GOLDENBERG & RIESER, 1995). Steinerner Schlägel, die ursprünglich mit Holz geschäftet waren, dienten zum Abschlagen des beim Feuersetzen gelockerten Gesteins und zum Scheiden des Erzes.

#### Schrämmtechnik

Während der Untersuchung des Grubengebäudes wurden insgesamt 7,5 km Stollen vermessen. Davon sind etwa 6 km (80%) nur mit Schlägel und Eisen vorgetrieben worden und lassen sich ins 15. bis 17. Jahrhundert datieren. Selten sind im Teilrevier Rotenstein gleichmäßig geschrämmte spindelförmige

Profile, die in den Hauptstrecken durchschnittlich 1,6 m hoch und 0,6 m breit sind (Abbildung 1a). Nachdem die Vortriebsleistung im harten Dolomit nur einige mm pro Schicht und Mann betrug, wurden viele Strecken entlang von Störungen vorgetrieben, da das aufgelockerte Gestein leichter abgebaut werden konnte. Suchstrecken wie im Markusstollen waren mit einer Stollenhöhe knapp über einem Meter ausgehauen worden, um Zeit und Kosten zu sparen. Anhand der charakteristischen Schrämbbögen an den Ulmen der Stollen läßt sich meist die Vortriebsrichtung bestimmen.

Hauerstühle oder einfache Sitzbretter, wie sie auch im Schwazer Bergbuch von 1556 abgebildet sind (WINKELMANN, 1956), wurden bis ins 19. Jahrhundert verwendet und zählen zu den häufigeren Hinterlassenschaften der Bergleute.



**Abbildung 1: Stollenprofile**

- a) spätmittelalterlicher Schrämmstollen (Grafenstollen)
- b) gesprengter Stollen aus dem 18. Jh. (Sebastianstollen)
- c) gesprengter Stollen aus dem 19. Jh. (Ausrichtung des Grafenganges unter der Sohle des Grafenstollens)

#### Sprengen mit Schwarzpulver

Als Meilenstein der Bergbautechnik wird der erstmalige Einsatz von Schwarzpulver im Bergbau betrachtet. Lange galt der "Schuß" des Tiroler Bergmanns Kaspar Weindl im Oberbirnstollen bei Schemnitz in der heutigen Slowakei im Jahr 1627 als erster sicherer Nachweis. Nach neueren Erkenntnissen wurde diese Technik jedoch in dem oberitalienischen Bergrevier Schio um 1574 entwickelt (LUDWIG, 1986). Aus dem Jahr 1621 ist auch bereits eine Anfrage Imster Bergbeamten bei der Kammer in Innsbruck um "Pixenpulver zum Sprengwerch" für den Bergbau am Tschirgant überliefert (MUTSCHLECHNER, 1976).

Diese Entwicklung ging zunächst am Schwazer Bergbau vorbei, was damit erklärt werden kann, daß die Produktionssteigerung gegenüber der Schrämmtechnik anfangs nur etwa 30 % betrug. Das Unfallrisiko und die hohen Materialkosten mußte der Bergmann aber selbst tragen. Aus diesem Grund war eine freiwillige Aufgabe eingespielter Techniken zunächst nicht zu

erwarten. Kaiser Leopold I. besichtigte im Jahr 1665 den Bergbau in Schwaz und ordnete nach seinem Besuch eine grundlegende Modernisierung des Betriebes an. Zu den Neuerungen zählte auch das Sprengen mit Schwarzpulver, das sich bis 1670 in Schwaz durchgesetzt hatte (EGG, 1964). Ein umfangreicher Einsatz der Schiesstechnik ist im Teilrevier Rotenstein für das ausgehende 17. Jahrhundert aber nicht anzunehmen, weil die staatliche Beteiligung am Bergbau nur noch gering war. Für die hier arbeitenden Eigenlöhner war das Schwarzpulver zu teuer.

Zunächst setzte man das Sprengen nur zum Ausweiten alter Abbaue und geschrämter Stollen ein. Nach GÄTZSCHMANN (1846) fand das Sprengen aus dem "Vollen" erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts Verbreitung. Für den Einbruch wurden meist in Ortsmitte ca. 10 cm tiefe Bohrlöcher gesetzt, die nach erfolgter Sprengung solange vertieft wurden bis eine ausreichende Angriffsfläche vorhanden war. Anschließend wurde mit längeren Bohrungen von ca. 50 cm die Firste, die Ulmen und zum Schluß die Sohle nachgerissen. Für den Schwazer Bergbau ist eine Bohrleistung von durchschnittlich zwei Löchern pro Mann und Schicht überliefert (P.R., 1798).

Sprengspuren im gesamten Grubengebäude belegen einen intensiven Nachlesebergbau. Selbst in den feuergesetzten Tagzechen wurde auf der Suche nach Resterzen gesprengt. Einige Abbaue wie das Grafenlager verdanken ihre heutigen Dimensionen dem intensiven Einsatz von Schwarzpulver, erkenntlich an den typischen Rußschwärzungen an den Bohrlöchern. In der 100 m hohen und manchmal über 20 m breiten Zeche des Grafenlagers wurde auch noch zur Zeit des Schwazer Bergwerksvereins mit Schwarzpulver gesprengt.

Untertage können zwei Bohrlochtypen beobachtet werden. Am häufigsten finden bis zu 50 cm lange Bohrungen mit 2 cm Durchmesser, die einmännisch gebohrt wurden. Oftmals sind noch Reste des Lehmbesatzes erkennbar. Im großen Verhau des Annastollens treten Bohrlöcher mit 3,5 cm Durchmesser auf, deren ursprüngliche Länge sich auf etwa 100 cm rekonstruieren läßt.

Für den Vortrieb der Hoffnungsstrecken im Sebastianstollen nach Osten in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde das Sprengen aus dem "Vollen" eingesetzt. Die durchschnittliche Profilhöhe liegt hier bei 1,8 m, die Breite bei 1,3 m (Abbildung 1b). Im 19. Jahrhundert ließ der Schwazer Bergwerksverein größere Profile auffahren. Beispielsweise ist die Ausrichtungsstrecke im Grafengang ca. 1,9 m hoch und 1,8 m breit (Abbildung 1c).

### Sprengen mit Dynamit

Das Schwarzpulver blieb bis Mitte des 19. Jahrhunderts der einzige handhabungssichere Sprengstoff. Das Sprengöl (Nitroglycerin) fand in Europa im Gegensatz zu Amerika kaum Verwendung, da die häufigen Unfälle zu strengen Auflagen der Behörden führten. Erst mit der Erfindung des Dynamits durch den schwedischen Industriellen Alfred Nobel im Jahre 1866 war eine wirkliche Alternative zum Schwarzpulver auf dem Markt (GOÖCK, 1991).

Im Jahre 1870 forderte das k.k. Ackerbauministerium, das damals für den Bergbau zuständig war, über die Berghauptmannschaft alle wichtigen Betriebe in Tirol und Salzburg auf, den neuen Sprengstoff zu erproben und dem Ministerium über die Ergebnisse zu berichten (BH Z. 2538 de 1870). Der Schwazer Bergwerksverein testete diesen Sprengstoff seit Anfang 1870 und bescheinigte im Vergleich zum Schwarzpulver eine 75 bis 100% bessere Sprengwirkung. (OHNESORGE, 1870). Trotzdem wurde Schwarzpulver einige Jahre lang weiter verwendet, da es im Preis-Leistungsverhältnis günstiger war. An mehreren Stellen im Bergbau Rotenstein konnten noch Anleitungen zum Dynamit-

sprengen von der Firma Alfred Nobel & Co (1865 - 1876) gefunden werden.

### Streckenausbau

Die Art des Streckenausbaus im Buntsandstein und Phyllit konnten nicht dokumentiert werden, da diese Bereiche inzwischen vollständig verbrochen sind. In Zerrüttungszonen und beim Unterfahren alter versetzter Abbaue mußte ein Stollenausbaue erfolgen. Je nach Art der Belastung fand der einfache oder doppelte polnische Türstock Verwendung, der manchmal, wie z. B. im Grundnerstollen mit Verspreizungen direkt unter der Kappe verstärkt wurde. Die Stempel haben einen durchschnittlichen Durchmesser von 15 cm. Zum Ausbau wurde im Teilrevier Rotenstein überwiegend Fichtenholz verwendet. Manchmal sind die Stempel auch durch Trockenmauern aus Bruchsteinen ersetzt, auf denen die hölzernen Kappen direkt liegen.

### Förderung

Zur Förderung in den Abbauen dienten hölzerne Fülltröge, wie sie heute noch an zahlreichen Stellen im gesamten Grubengebäude gefunden werden können. Sie sind aus Weichholz geschnitten und werden bis ca. 60 cm lang. Auf Abbildungen im Schwazer Bergbuch von 1556 sind ähnliche Tröge erkennbar. Auch im mittelalterlichen Bergbau der Grube Bliesenbach wurden ähnliche, etwas kleinere Tröge verwendet (WEISGERBER, 1996). Sogenannte Säuberbuben brachten mit diesen Trögen neben dem Erz auch das taube Gestein, sofern dieses nicht Untertage versetzt wurde, zu den Förderstrecken. Auch der Schwazer Bergwerksverein benutzte noch in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts Fülltröge.



Abbildung 2: Reibeisen an einem Gestein im Grafenstollen (19. Jh.)

Ein ausgedehntes Streckennetz mit Holzgestänge diente zur Förderung nach Übertage. Das Gestänge wurde möglichst weit in die Abbaue hinein verlegt um die Transportwege mit dem Fülltrog gering zu halten. Bei Steigungen liegen neben dem Gestänge Steigbäume, die dem Förderer beim Schieben des Grubenhunts Halt bieten.

In den Hauptförderstollen wurde über vier Jahrhunderte das Gestänge immer wieder erneuert. Auch der Schwazer Bergwerksverein förderte noch mit Spurnagelhunten. Bei der Einmündung des Grafenstollens in die Abbaue des Grafenlagers ist ein zweigleisiges Gestänge aus dem 19. Jahrhundert erhalten. Bemerkenswert ist, daß hier an den Gestängekurven zum Schutz vor erhöhter Abnutzung noch die Reibeisen vorhanden sind, die normalerweise nach Auflassung eines Grubenbetriebes entfernt wurden (Abbildung 2).

Der Materialtransport von einem Stollenniveau in ein tieferes erfolgte über saigere oder tonnlägige Sturzschächte, über denen an manchen Stellen ein hölzerner Sturz angebracht war. Einzelne Revieransichten aus dem Schwazer Bergbuch von 1556 zeigen auf den Haldenköpfen ähnliche Konstruktionen (WINKELMANN, 1956). Ein sehr gut erhaltener Sturz befindet sich im Mittleren Grafenstollen (Abbildung 3). Über die Sprengspuren in einem zum Ensemble gehörenden kleinen Abbau konnte die Anlage ins 18. Jahrhundert datiert werden.

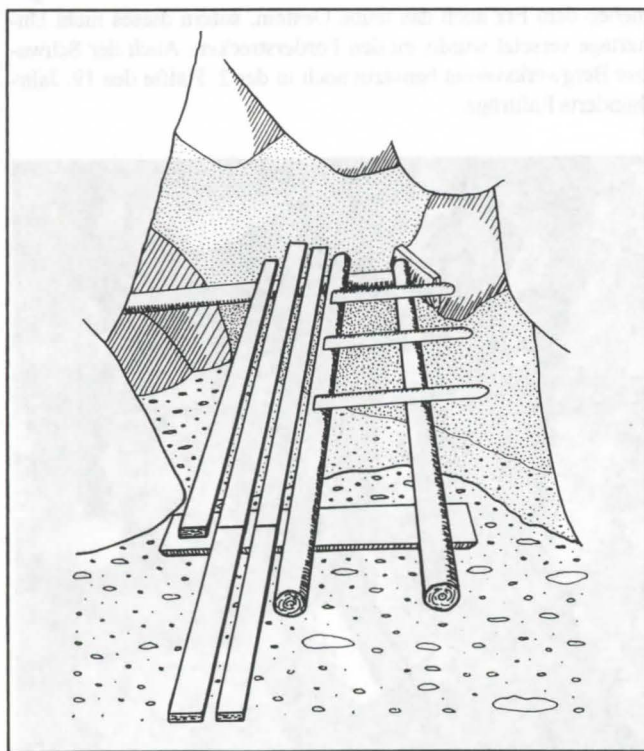


Abbildung 3: Sturz im Mittleren Grafenstollen (18. Jh.)

#### Geleucht

Zur Beleuchtung vor Ort fanden Öl- und Unschlitlampen verschiedenster Form aus Keramik sowie Kerzen Verwendung. Auffallend sind die zahlreichen angekohlten Kienspanreste, die man gleichermaßen in spätmittelalterlichen Abbauen und in denen des 18. Jahrhunderts finden kann. Diese einfache Beleuchtungsart diente hauptsächlich zum Ein- und Ausfahren aus der Grube und war in Schwaz bis ins 18. Jahrhundert gebräuchlich

(P.R., 1798). Die Kienspäne wurden zu Fackeln gebündelt und an den Spitzen oftmals geharzt. Für die stationären Beleuchtung steckte man einzelne Späne in Bohrlöcher oder befestigte sie mit speziellen Haltern aus Holz oder Eisen an geeigneten Stellen.

#### 4. Literatur

- ARLT, T., HANNEBERG, A. & MARTINEK, K.-P. 1997. Bestandsaufnahme historischer Grubenanlagen im Revier Rotenstein, Bergbau Schwaz, Österreich. Proceedings 12th Int. Congress of Speleology 1997, Vol. 3.
- BÖHM, P., SIEBENLIST-KERNER, V., ARLT, T. & HANNEBERG, A. 1997. Dendrochronologische Untersuchungen an Grubeneinbauten im Bergbaugesamt Schwaz/Brixlegg, Österreich. Proceedings 12th Int. Congress of Speleology 1997, Vol. 3.
- EGG, E. 1964. Schwaz ist Mutter aller Bergwerke. Der Anschnitt, Bochum 16: 2-63.
- EGG, E. & ATZL, A. 1951. Die Schwazer Bergwerkshalden. Schlern-Schriften 85: 136-145.
- FURTER & PICHLER 1761. Gehorsame Relation über das Tyrolerische Bergwerck am Ringenwexl, Handschrift, Tiroler Landesarchiv Montanistika Karton-Nr. 895.
- GÄTZSCHMANN, M. F. 1846. Vollständige Anleitung zur Bergbaukunst (3. Teil: Die Lehre der bergmännischen Gewinnungsarbeit), Freiberg i. Sa., 788 p.
- GOÖCK, R. 1991. Die großen Erfindungen (Bergbau - Kohle - Erdöl), Künzelsau, 350 p.
- GOLDENBERG, G. & RIESER, B. 1995. Late bronze age fahlore-mining and extractive metallurgy in the area of Schwaz/Brixlegg in North-Tyrol, Austria. Abstracts zum Int. Workshop "Urgeschichtliche Kupfergewinnung im Alpenraum", Universität Innsbruck, 4.-8. Okt. 1995.
- GSTREIN, P. 1981. Prähistorischer Bergbau am Burgstall bei Schwaz (Tirol). Veröffentlichungen d. Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum, 61: 25-46.
- ISSER, M. v. 1905. Schwazer Bergwerksgeschichte. Maschinenschrift, Archiv Berghauptmannschaft Innsbruck, 354 p.
- LUDWIG, K.-H. 1986. Die Innovation des bergmännischen Pulversprengens. Der Anschnitt, Bochum, 38: 3-4, 117-122.
- MARTINEK, K.-P. 1995. Archäometallurgische Untersuchungen zur frühbronzezeitlichen Kupferproduktion und -verarbeitung auf dem Buchberg bei Wiesing, Tirol. Fundberichte aus Österreich, 34: 575-584.
- MUTSCHLECHNER, G. 1976. Lage und Boden von Imst - Imst als Bergbauzentrum. Stadtbuch Imst: 16-36.
- OHNESORGE, TH. 1870. Resultate über die ausgeführten Sprengarbeiten in der Grube Grafen am Ringenwechsel. Handschrift.
- OHNESORGE, TH. 1877. Expose des Silber- und Kupferbergbaues am Falkenstein und Ringenwechsel bei Schwaz in Tyrol. Maschinenschrift, 36 p.
- P.R. 1798. Briefe geschrieben während einer metallurgischen Reise durch Tirol (7. Brief). In: Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde 2, Salzburg: 67-106.
- SCHUEERMANN, L. 1929. Die Fugger als Montanindustrielle in Tirol und Kärnten. München u. Leipzig, 500 p.
- SCHMIDT, A. R. 1868. Geognostisch bergmännische Skizzen über die Erzlagerstätten Tirols. Bergbaue im Unterinntal. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 27: 296-298.
- WEISGERBER, G. 1996. Mittelalterliche Bergbau-Funde aus der Grube Bliessenbach im Oberbergischen Kreis. Der Anschnitt, Bochum, 1: 2-18.
- WINKELMANN, H. 1956. Schwazer Bergbuch 1556. herausgegeben v. d. Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia, 284 p.

# La grotte-mine médiévale du Cael à Sorèze (Tarn, France)

par : François ROUZAUD <sup>(1)</sup>, Eric MAUDUIT <sup>(1)</sup>, Jean-Paul CALVET <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Service Régional de l'Archéologie - DRAC Midi-Pyrénées, 7, rue Chabanon, 31200 Toulouse (France)

<sup>(2)</sup> Musée National de Spéléologie du Grand Sud-Ouest (Fédération Française de Spéléologie), 31250 Revel (France)

## Abstract

The site of Cael, near Sorèze (Tarn, France), on the northern slope of the Montagne Noire, appears as a medieval working place for the exploitation of iron-ore from the karstic field. The extraction started with open-cut mines, namely quarries, funnel-shaped excavations, trenches which were dug according kilometrical alignments and using the discontinuities of the lapiaz. They keep following a mineralization of iron hydroxides (goethite) embanked between limestones from the Cambrian.

Later on the ore extraction went further into the underground karst, making use of the coincidence between the direction of the nature-formed galleries and the one of the iron-bearing mineralization. The mining affected also some residual rocks, witnesses of a ground cover induced through soil-generation under tropical climate (red clays with ferruginous concretions and nodules) which have been karst-trapped. Plants for direct reduction of the excavated ore were then set up in the outskirts of the mining area.

Through the Carbone 14 method it has been possible to date directly the mining and ore-processing plants back to the XIth and XIIth centuries.

## Résumé

Le site du Cael, à Sorèze (Tarn, France), sur le versant septentrional de la Montagne Noire, est une exploitation médiévale de minerai de fer en domaine karstique. L'extraction a débuté, à ciel ouvert par des carrières, des excavations en entonnoir, des tranchées implantées selon des alignements kilométriques. L'ensemble utilise des discontinuités du lapiaz et suit une minéralisation d'hydroxydes de fer (goéthite) encaissée dans les calcaires cambriens.

Le prélèvement du minerai s'est poursuivi dans le karst souterrain en tirant parti de la coïncidence entre la direction des galeries naturelles et celle de la minéralisation ferrifère. L'exploitation a également concerné les témoins d'une couverture pédogénétisée sous climat tropical (argiles rouges... concrétions et nodules ferrugineux), piégés par le karst. A la périphérie de la zone minière, se sont installés des ateliers de réduction directe du minerai.

Les travaux miniers et métallurgiques ont pu être datés directement, par la méthode du carbone 14, des XIe-XIIe siècles.

## 1 - L'environnement physique et l'origine des minerais de fer

Le petit causse de Sorèze (Tarn) appartient au versant septentrional de la Montagne Noire. Il est formé de calcaires cambriens à pendage subvertical. Un karst s'est développé aux dépens de ces formations géologiques (CALVET 1974, 1975, 1976, 1988 - ROUZAUD *et al.*, 1994). Il a créé une puissante zone oxydée de plus de cent mètres de profondeur. Les directions des galeries du réseau spéléologique et celles des discontinuités du lapiaz se superposent aux traits structuraux hercyniens (MAUDUIT 1993).

Les concentrations ferrifères (hydroxydes de fer, goéthite dominante) existent sous deux gîtologies principales.

La première est une minéralisation stratiforme, encaissée dans les calcaires. Elle aurait pour origine la diffusion, pendant la période trias-liasique, de fluides hydrothermaux au sein de la masse calcaire structurée par l'orogénèse hercynienne. Cet hydrothermalisme aurait apporté des carbonates de fer et/ou remobilisé un stock métallogénique qui préexistait. La concentration des carbonates de fer s'est opérée le long de plans d'anisotropie mécanique du bâti hercynien. Les hydroxydes de fer se sont substitués aux carbonates lorsque des conditions oxydantes ont régné sur le site, en particulier du fait de l'existence d'un potentiel de karstification.

La seconde gîtologie consiste en des argiles rouges qui contiennent des nodules et des concrétions d'hydroxydes de fer. Elle semble tirer son origine d'une phase ferralitique éocène. Les sédiments ferreux ont été piégés plus ou moins profondément dans les vides du karst.

Des transformations, remobilisations et remaniements karstiques ultérieurs ont généré d'autres gîtologies dérivées des deux principaux types (brèches ferrifères dans les planchers stalagmitiques, reprises de minéralisations dans les dépôts alluviaux et gravitaires).

## 2. - Les travaux miniers et métallurgiques

### 2.1. - L'exploitation à ciel ouvert

Les excavations en entonnoir sont les plus modestes ; leur diamètre ne dépasse pas quelques mètres et leur profondeur, dans l'état actuel de leur conservation, voisine le mètre. Les rejets qui leurs sont associés se disposent au plus près de l'excavation en formant des monticules d'une élévation rarement supérieure au mètre. Le plus souvent les excavations se succèdent sur un même alignement, conforme à la structure de l'encaissant calcaire.

Les tranchées simples se développent longitudinalement à deux bancs calcaires qui le limitent latéralement sur plusieurs dizaines de mètres de longueur, quelques mètres de largeur, la profondeur peut dépasser 3 mètres. Les tranchées résultent quelquefois de la poursuite d'un creusement à partir d'un entonnoir. Elles comprennent souvent des élargissements ou des étranglements en fonction de la morphologie des parois sub-verticales de l'encaissant. Elles s'interrompent dès qu'une barre de calcaire forme obstacle au prolongement de la tranchée. La minéralisation est alors recherchée un peu plus loin dans le même alignement. De façon générale, le grand axe des tranchées est conforme à la direction des couches. Les rejets forment des monticules bordant l'excavation ou des cordons plus ou moins continus. Dans les tranchées en croix, deux directions sont exploitées : la direction des couches et la fracturation qui lui est orthogonale.

Les creusements et curetages des réseaux de fractures et des discontinuités du lapiaz constituent d'autres systèmes d'extraction qui assurent un prélèvement exhaustif des minerais disponibles dans le sol et la tranche la plus superficielle du sous-sol. Leur expression dans la topographie, pour être moins vigoureuse que les entonnoirs ou les tranchées, demeure très lisible.

## 2.2. - L'exploitation souterraine.

La structuration et la dynamique de l'espace souterrain ont largement conditionné la géométrie, l'extension et la nature des travaux miniers souterrains. Les extractions souterraines se localisent à l'intérieur de zones naturelles d'orientation NE-SW, à composante verticale très dominante, héritières d'une anisotropie mécanique hercynienne, siège des minéralisations de fer successives et lieu privilégié des phénomènes karstiques.

Les volumes naturels susceptibles de faire l'objet d'une exploitation sans attaque de l'encaissant paraissent donc se limiter à d'étroites zones d'une cinquantaine de mètres d'extension horizontale en moyenne, mais, par contre, de grand développement vertical. Ils s'étendent de la surface du Causse jusqu'au niveau actuel du karst noyé. Les principaux réseaux du système karstique s'y localisent (réseaux de la Colonne et des Grands-Boulevards, Pierre-Marie) et leur orientation générale rend possible en de multiples endroits la coïncidence entre leurs galeries naturelles (colmatées ou non) et la minéralisation ferrifère encaissée.

### 2.2.1. - Les principaux aménagements rencontrés sous terre.

L'espace minier souterrain s'organise systématiquement dans les différentes cavités du Causse autour d'axes logistiques maintenus en état pendant toute la durée de l'exploitation. Les axes logistiques comportent des aménagements qui facilitent le cheminement (escaliers, passerelles), des terrasses aménagées, des aires de repos. Sur le tracé de ces axes, des carrefours desservent des zones de travaux latérales, supérieures et inférieures.

La grotte du Calé conserve des escaliers dont les marches sont réalisées avec des blocs de calcaire ou de calcite prélevés dans les déblais et disposées généralement sans pierres de calage. Certaines marches ont été taillées dans la roche dure (calcaire ou calcite), d'autres ont été simplement creusées dans le sédiment meuble.

Les terrasses aménagées sont des surfaces subhorizontales artificielles réalisées par recharge ou nivellement d'une portion de galerie. Le matériau de recharge est constitué de déblais riches en particules charbonneuses. Ces surfaces planes de quelques mètres carrés chacune sont toujours groupées. Les limites entre deux de ces surfaces sont sensiblement rectilignes. Parfois, lorsque la voûte surplombante est basse et plane, le contour de ces structures s'y conforme exactement, quitte à épargner une bande non aménagée le long de la paroi. Le dénivelé entre deux terrasses voisines est compris entre quelques centimètres et quelques dizaines de centimètres ; dans bien des cas, une ou plusieurs marches relient deux terrasses voisines.

Parmi les aménagements en bois, des poutres dont le diamètre varie de 10 à 15 cm semblent avoir été utilisées pour les armatures d'ouvrages d'art (ponts, passerelles). Sur la coupe d'un soutirage, dans la partie inférieure de la Salle Clos, trois empreintes cylindriques, d'axe incliné à 45 degrés suggèrent l'implantation dans le sédiment de poteaux placés de biais, s'appuyant contre la paroi, au dessus du vide. Leur portée estimée est de l'ordre de 5 m. Cet aménagement était destiné à faciliter le passage au dessus du soutirage. En effet, les empreintes visibles dans le déblais meuble montrent que les poteaux étaient reliés par des bois de plus petit diamètre (4 à 5 cm) sur lesquels semble avoir reposé un clayonnage (bois de diamètre compris entre 1 et 2 cm) enduit d'une couche de déblais (argile mêlée de charbons de bois).

Certaines empreintes de poteaux ont été découvertes en des lieux dont l'actuel accès est assez aérien ; ils sont la preuve d'aménagements de grandes dimensions mettant en relations des galeries séparées par 10 ou 15 m de dénivellation.

Une jonction artificielle entre deux unités productives, le réseau de la Colonne/ Grands-Boulevards et celui du Pierre-Marie, a été creusée aux dépens du remplissage détritique d'un drain, initialement naturellement colmaté. L'établissement de cette

jonction évitait aux mineurs médiévaux un long détour par le réseau intermédiaire.

Plusieurs dizaines de "murs d'argile" ont actuellement été reconnus dans de nombreuses galeries. Il s'agit de mottes d'argile, mêlées de charbons, soigneusement empilées en forme de mur. Ces constructions ont une épaisseur généralement comprise entre 20 et 30 cm. Leur hauteur est beaucoup plus variable, probablement en raison des diverses conditions de conservation ; certaines pouvant atteindre 1 m. Ces structures barrent complètement les galeries, aussi leurs longueurs peuvent atteindre plusieurs mètres. Les faces de ces murs sont le plus souvent soigneusement lissées. Certains de ces murs sont organisés pour servir de support à des terrasses nivelées qui s'étendent entre eux.

### 2.2.2. - Les secteurs de travaux miniers

Dans l'échelle des travaux miniers, la plus petite unité de travail est la simple excavation où le mineur pénètre seul sur une longueur n'excédant que de peu sa taille. Dans ces trous de mine, le champ manuel est limité au strict minimum nécessaire pour permettre l'utilisation d'un outil (pic muni d'un manche court). A la faveur de la désobstruction d'un drain karstique, la minéralisation peut être suivie longitudinalement jusqu'à ce qu'une résistance trop grande s'oppose à la progression. La présence répétitive d'une motte d'argile, collée sur la paroi de l'excavation, aplatie à sa partie supérieure, pourrait constituer le témoin d'un support d'éclairage. Le mode d'éclairage qui s'adapte le mieux tant à la morphologie exiguë de l'excavation, qu'à la structure-support identifiée est la lampe à huile individuelle. Celle-ci peut se réduire à un simple tesson concave de poterie, contenant de l'huile et muni d'une mèche en fibres végétales.

Dans le lac terminal du Calé, des poteaux de bois plantés dans le sédiment ont été découverts en plongée sous -11 m d'eau. Outre le fait que ces vestiges peuvent être rattachés à d'anciens aménagements de la mine, leur implantation à une telle profondeur pose problème. Il est peu probable qu'une telle élévation du niveau des écoulements, dans le réseau actif, résulte uniquement de phénomènes naturels intervenus depuis la période médiévale. La mise en place des aménagements actuellement submergés, compte-tenu de leur localisation dans le conduit du karst actif, n'a pu être réalisée que dans une zone alors à sec. L'une des explications de l'anomalie serait que le rejet direct ou indirect (soutirages dans des zones de déblais) d'importantes quantités de déblais issus de l'activité extractive médiévale aurait produit un colmatage artificiel des drains du réseau actif. Le cours d'eau souterrain aurait été contraint de couler à un niveau supérieur à celui correspondant au profil naturel d'équilibre.

### 2.2.3. - Caractéristiques de l'exploitation souterraine

L'outillage et les techniques d'exploitation tels qu'ils ressortent de l'étude des traces et vestiges expriment une adaptation aux conditions du gisement ainsi qu'une limitation probablement volontaire des moyens mis en œuvre pour l'obtention de minerai. Ainsi, il est frappant de constater qu'au Calé, l'extraction du minerai cesse quand un vrai travail de mine devrait commencer. En effet, l'observation des traces montre que, sans exception, le mineur renonce à suivre la minéralisation quand son encaissement dans la roche compacte, dure, se fait trop étroit. La roche encaissante n'est que très exceptionnellement abattue pour dégager le minerai. Les mineurs se sont contentés d'utiliser les particularités structurales (coïncidence des axes des galeries avec le développement maximal des principales minéralisations) et sédimentaires (argiles contenant des concrétions) du gisement. Aussi, seule la zone particulière que constituait la rencontre de la minéralisation encaissée avec une galerie naturelle du karst a-t-elle été exploitée. C'est seulement lorsque la fracturation naturelle de l'encaissant crée des travers-bancs commodes que le mineur quitte

l'artère principale de la galerie et dégage le minerai, la karstification préférentielle aidant sa progression selon la direction des couches et des diaclases. Cette activité génère de petits réseaux labyrinthiques mais elle peut aussi prendre un développement plus considérable en accédant à une galerie parallèle, laquelle est alors vidée de son contenu. Les travaux miniers tendent au dégagement de la maille tectonique élémentaire définie par la direction des bancs et des fractures qui leur sont perpendiculaires. La conséquence la plus visible de cette technique est que des volumes considérables de sédiment ont été déplacés. Les sédiments intrakarstiques ont été évacués, pour accéder à l'interface remplissage/minéralisation encaissée. Dans certains cas, les sédiments ont pu être traités pour eux-mêmes quand ils contenaient des concrétions ferrières. De nombreux planchers stalagmitiques ont été percés ou démantelés lorsqu'ils recelaient des accumulations de minerai, ou pour permettre le passage. Par contre, les mineurs ont laissé, après quelques tentatives infructueuses d'abattage au pic (de nombreux stigmates de percussion sur les minéralisations le prouvent) du minerai en place.

#### 2. 2. 4. - Les gravures, dessins et graffiti

Les œuvres pariétales (ROUZAUD *et al.*, 1994) sont gravées ou dessinées en noir, probablement au charbon de bois. Elles se répartissent en des points remarquables du réseau : entrées de galeries, aires dont l'aménagement a été plus particulièrement soigné, ou à proximité de difficultés de progression. De très fortes corrélations existent entre la localisation de l'extraction minière et la décoration pariétale. La préoccupation des auteurs des œuvres pourrait donc être d'ordre topographique ou toponymique.

Deux thèmes principaux s'individualisent dans la décoration pariétale du Calé : les signes et les représentations anthropomorphes. Ils sont indifféremment gravés ou dessinés. A ces œuvres, il convient d'ajouter des signes plastiques, comme une petite côte animale plantée dans témoin de sédiment épargné par les mineurs.

Les signes relèvent de typologies largement décrites : les motifs les plus répandus au Calé sont les rouelles, les signes rayonnants, les grilles et les arbalétriformes.

Les anthropomorphes sont le plus souvent dessinés en simple contour noir, un seul est gravé. Très schématiques, les têtes sont toujours évoquées par un tracé circulaire, éventuellement enrichi de précisions anatomiques (bouche, nez, yeux...). Les troncs sont figurés par un contour fermé ou par un simple trait vertical. Les membres sont représentés d'un trait, quelquefois complété à son extrémité de rayons interprétables comme des phalanges. Les bras sont parfois prolongés "d'objets". Les anthropomorphes sont le plus souvent vus de face. Ils sont soit isolés, soit groupés en panneaux.

Les œuvres graphiques médiévales n'utilisent jamais les contours naturels du support. Les surfaces planes semblent recherchées, voire aménagées. Ainsi, face à un escalier qui rattrape un dénivelé naturel en s'appuyant sur une accumulation de déblais, un anthropomorphe a été dessiné après qu'un simple coup de pic a détaché une écaille de calcite de la paroi.

L'anthropomorphe "Vendredi" illustre l'intégration du dispositif pariétal dans l'environnement minier. Il est situé sur un front d'abattage, en bordure d'un important axe logistique. Le sol, à cet endroit, a été entièrement aménagé en terrasses sur déblais. A proximité, deux rouelles sont gravées, face au sentier, sur un pendant de calcaire.

Le "Mineur" se situe sur un axe logistique majeur proche de l'accès médiéval à un réseau découvert en 1973. Dessiné au fronton de la voûte, bien visible en pénétrant dans la cavité, il marque l'entrée d'une section du domaine minier.

Certains panneaux sont en étroite relation avec une difficulté de progression ou un danger. Ainsi une composition de trois anthropomorphes occupe la paroi immédiatement au-delà d'un puits, profond d'une dizaine de mètres, qui doit être contourné en rampant sur un étroit plancher stalagmitique sous-cavé. Deux des trois personnages figurés sont manifestement en train de choir.

#### 2. 3. - L'activité métallurgique

Le site extractif du plateau calcaire s'adjoint, en particulier dans sa périphérie métamorphique, des ateliers de transformation du minerai. Les sites à scories se distribuent préférentiellement le long de la vallée du ruisseau de l'Orival et sur les versants à substrat gneissique, boisés de feuillus, du Mont Capel, au sud de la zone minière.

#### 2. 4. - Datation des travaux miniers et métallurgiques

L'ensemble des activités souterraines a pu être daté par une série de mesures carbone 14 réalisée sur les nombreux niveaux de charbon de bois inter stratifiés dans les aménagements et les déblais de la grotte-mine. Cinq dates s'échelonnent entre 921 et 1261 avec un recouvrement maximum sur la période comprise entre 1050 et 1150. L'activité de transformation du minerai a pu être précisée par une date radiocarbone effectuée sur un ferrier situé en périphérie de la zone d'extraction (991-1189).

Aucun document antérieur à 1508 relatif au Traouc del Calé n'est actuellement connu et, à cette date, aucune allusion n'est faite à une quelconque activité minière.

Les données internes de l'exploitation ne permettent pas, à elles seules, d'inscrire de façon précise le site minier et métallurgique dans le contexte historique de peuplement du piémont septentrional de la Montagne Noire et dans le réseau des échanges économiques régionaux au Moyen Âge central.

### 3 - La conservation du site

La grotte du Calé est connue et très fréquentée depuis plus d'un siècle. Longtemps méconnue, son importance archéologique n'a été révélée que récemment. La cavité est maintenant protégée de manière satisfaisante. L'ensemble du site minier médiéval est classé Monument Historique. Une convention est signée entre la commune, l'Etat et la Fédération Française de Spéléologie qui délègue à ses instances locales la gestion de l'activité spéléologique dans la grotte-mine afin d'en concilier l'accès et la parfaite conservation.

#### Références

- CALVET J.P., 1974, La grotte du Calé. Réseaux Pierre-Marie, Vidal-Jullia, Lacordaire, Lamolle et des Eclaireurs (Commune de Sorèze, Tarn). Bull. FTSA, Travaux et Recherches, 11, p.9-29.
- CALVET J.P., 1975, La grotte du Calé. Réseaux de la Colonne et des Grands-Boulevards (Commune de Sorèze, Tarn). Bull. FTSA, Travaux et Recherches, 12, p. 131-136.
- CALVET J.P., 1976, La grotte du Calé. Le réseau actif. Bull. FTSA, Travaux et Recherches, 13, 1976, p. 109-126.
- CALVET J.P., 1988, Inventaire spéléologique du Tarn : les Monts du Sorézois. Tome 1. Toulouse, Spelunca Librairie, Comité de Spéléologie Midi-Pyrénées, Musée National Spéléologique du Grand-Sud-Ouest, 1988, 102 p
- MAUDUIT E., 1993, Le site du Calé : gîtologie, travaux miniers et métallurgiques anciens, mémoire de maîtrise, université de Toulouse-le-Mirail
- ROUZAUD F., MAUDUIT E., CALVET J.P., 1994, L'art pariétal médiéval de la grotte-mine du Calé demeure menacé, Sorèze, Tarn (France), I.N.O.R.A. n° 9, p. 14-18
- ROUZAUD F., MAUDUIT E., CALVET J.P., 1994, La grotte-mine du Calé à Sorèze Tarn, Spelunca n° 57, p. 15-22

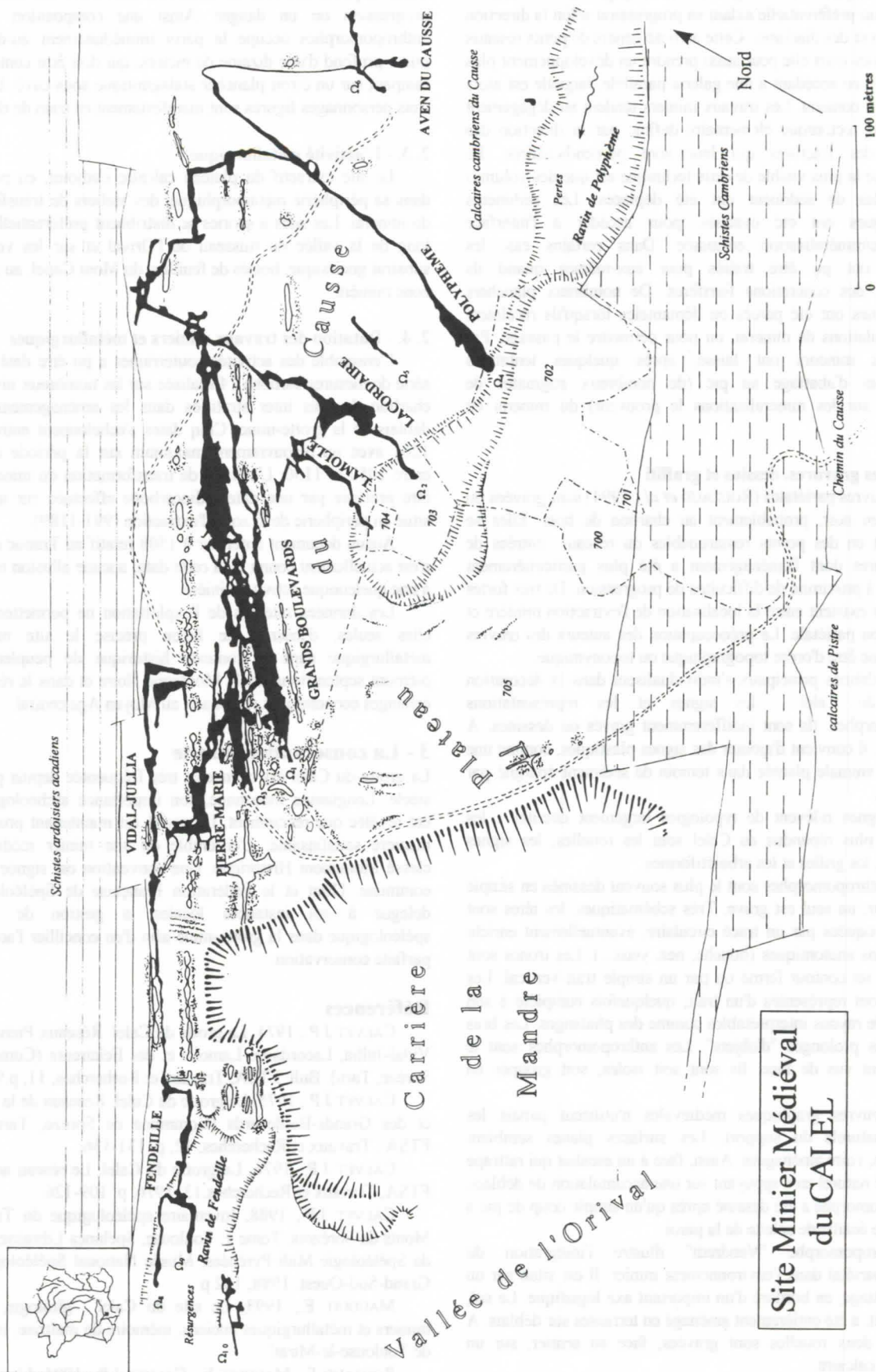


Figure : Plan du site minier médiéval du Calel - Fond géologique d'après BIG (1987), modifié par M. Bakalowicz (1990) et E. Mauduit (1993), Structures minières de surface d'après document IGN complété par des levés de terrain (1990-1994), galeries souterraines d'après topo J.P. Calvet.  $\Omega$  : Principaux accès aux galeries souterraines.

# Ancient tunnels: from Roman outlets back to the early Greek civilization

by Vittorio Castellani<sup>1</sup> and Walter Dragoni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Pisa, Piazza Torricelli 2, 56100 Pisa, Italy

<sup>2</sup>University of Perugia, Piazza Università, 06100 Perugia, Italy

## Abstract

In the last years many Roman and pre-Roman hydraulic tunnels in central Italy have been explored; here they are described and discussed. These engineering works were built according to complex projects and by using sophisticated techniques. These findings are compared with similar findings in Greece, in the tunnel of Samos, and in the outlet of Kopais, the latter which could be attributed to the Mycenaean civilisation, namely to the 12th century BC.

## 1. Introduction

In this paper we will briefly review more than twenty years of investigations devoted to hydraulic tunnels in ancient Mediterranean civilisations. Our interest in this matter goes back to the early 1970s, when we realised that Lake Albano, a well-known tourist attraction near Rome, is still regulated by a long tunnel excavated at the time of the early Roman civilisation. However, to our surprise, in the meantime we discovered that this extensive underground work was still unexplored. Taking advantage of our speleological experience, we thus started our exploration, quickly collecting several interesting findings which shed new light on the problem of ancient tunnelling, but at the same time raised several unresolved questions.

It soon became evident that the subterranean emissary of Lake Albano was only the "tip of the iceberg" of a series of impressive works carried out by early civilisations, well before the Romans conquered Italy and governed the territory, making possible widespread settlements and agricultural development. In the next section we will give a brief report on our explorations in central Italy, which disclosed the ability of ancient builders to carry out engineering projects and their technical solutions for overcoming difficulties. All this must be regarded as technical knowledge which was passed down over time, leading to the impressive works carried out during the flourishing of the Roman Empire.

In searching for the source of this technical heritage, our investigation moved outside Italy, finding evidence on the Greek island of Samos that, as early as the 6th century BC, Eupalinus of Megara was applying the same technique applied in central Italy. As the final topic up to this point of our investigations, which are still underway, we will discuss findings from the Kopais basin regarding tunnelling works which may date back to Mycenaean times, i.e., to the 12th century BC.

## 2. Central Italy

The town of Rome was founded in the VIII century BC at the place where the river Tiber approaches the foot of a system of Quaternary volcanic hills (the "Colli Albani"). Several calderas and craters scattered over the territory gave origin to closed lakes, whose levels should follow the varying balance between precipitation and evaporation, making difficult the settling of human communities. However, this is not the case, since all these basins were regulated in early times by man (CASTELLANI & DRAGONI, 1992).

Historical records of such an impressive engineering work are very rare. The most detailed is given by the historian Titus Livius ("Ab Urbe Condita" I, 35) for Lake Albano. Livius tells us that the tunnel was dug by Roman people in connection with the war against Veius, an Etruscan town a few kilometres north of Rome. According to this tradition, the basin of Lake Albano was regulated as early as the beginning of the 4th century BC, when Rome was a small town still fighting with other similar towns in central Italy, either of Latin or Etruscan origin. However, some scholars suggested that the tunnel could be even older, and that the Romans only reopened a tunnel which had collapsed previously (KELLER, 1972). The tunnel, about 1450 m long, was first explored and surveyed in the early 1970s (CARDINALE et al., 1978).

The nearby lake of Nemi is regulated by a very similar tunnel, 1653 m long, which passes under the mountain ridge to bring water into the nearby caldera of Ariccia, which is in turn drained by another tunnel crossing the southern border of the crater. The lack of any historical record was interpreted as evidence that this tunnel is not of Roman origin. The temple of Diana at the shore of the lake suggests that the *terminus ante quem* was around the end of the 6th and the beginning of the 5th century BC (COARELLI, 1981), i.e., about one century before the Albano tunnel. To orient the reader on this topic, let us mention here that the first aqueduct bringing water to the town of Rome ("Aqua Appia") was a much later work, dating to 312 BC.

In spite of the possible difference in age, the close similarity between the Albano and Nemi tunnels reveals nearly identical planning and technical procedures. Both tunnels were constructed digging two galleries ("cuniculi") from the opposite sides of the mountain which met underground. In both cases one can recognise as relevant points the use of identical procedures to remain above the water table, to maintain the planned direction of the tunnel, to narrow the beam of light for guiding the direction of digging, etc. In both tunnels one finds evidence of technical procedures which, oddly, were not recorded in the surviving ancient texts on the topic, such as those by Vitruvius or Frontinus. Along with these findings, inspection of the other craters in the area has revealed that all closed basins were regulated by ancient emissaries

(CASTELLANI & DRAGONI, 1990, 1991; CASTELLANI & CALOI, 1994). As a general rule, one finds that whenever it was possible, tunnels were excavated by first producing a series of shafts, whose bottoms were progressively connected by the final cuniculus for receiving and carrying the water flow. This is a well-known ancient technique, found early in the Near East, exhaustively described in ancient and contemporary texts and often still in use throughout Spain, southern Italy, Sicily, the Islamic world and central Asia (cf., for example, BUTLER, 1933; WAWRZYN, 1951; TROLL, 1972; CALOI & CASTELLANI, 1985; DESIO, 1989; CASTELLANI, 1994a, 1995). However, when passing at great depths, which would require too-deep shafts, the technique found in the Albano and Nemi emissaries was adopted, digging long tunnels without any (or with very few) connections to the surface.

Field investigations in central Italy have brought to light many similar works, revealing that the technical scenario discovered in the Alban hills appears to have been repeated constantly over the centuries throughout central Italy. As a matter of fact, we found quite similar works in the early 3rd-century BC aqueduct of Aesernia (CASTELLANI, 1989), in the 1st-century BC Praeneste aqueduct (CALOI et al., 1990), and in the emissary of Lake Fucino, a masterpiece of ancient tunnelling dug by the emperor Claudius (1st century AD) to drain water from the Fucino basin through a tunnel more than 6 km long, with shafts reaching depths of more than 100 meters (CASTELLANI & DRAGONI, 1989, 1992; BURRI & CASTELLANI, 1995). All this demonstrates that a well-established and rather sophisticated expertise in tunneling did exist in Rome, from early Republican times up to the height of the Roman Empire. However, the origins of this expertise are far from being clear. We already mentioned the evidence regarding the pre-Roman origins of the emissary of Nemi. Similar evidence regarding an impressive network of archaic drainage cuniculi were presented and discussed by JUDSON & KAHANE in 1963. We can add that in the neighbourhood of Rome we discovered a well-developed network of ancient aqueducts (CAPPA et al., 1990) which clearly appear to be of pre-Roman origin, and apparently supplied towns such as Querquetulus or Gabii, which were destroyed by the Romans during the expansion across ancient Latium. Thus cunicular works were developed well before the growth of Roman civilisation, and the problem arises regarding their earliest origin.

### 3. Back to the origins.

If it was not developed locally, where did the tunneling expertise, found in central Italy, come from? According to a suggestion by COARELLI (1992), one can find a possible link with the Greek civilisation in the Greek colonies in southern Italy, which at that time were deeply concerned with Latian "affairs". As a matter of fact, we have historical records testifying that tunnelling was already developed in the Greek area. Herodotus, in his "Histories", writes about a tunnel on the island of Samos that he regarded as among the most important works of the Greek people. According to modern archaeologist and historians, this work can probably be dated at around the middle of the 6th century BC, thus before the full development of the art of tunnelling in Italy.

Our investigation therefore moved to Samos, where the tunnel of Eupalinus, studied in detail by the Deutsche School of Athens (KIENAST, 1996), is still in excellent condition and can be visited. The tunnel is 1045 m long, and there one finds clear evidence of the procedure already found in the Nemi and Albano emissaries, such as the digging from the two extremities without further connections with the surface, and the use of a light beam to guide the direction of digging. Thus the expertise seen in central Italy can possibly derive from the previous Greek experience in that field, and the problem advances to the search for the origins of such an expertise.

In this context, one finds that the skill of planning difficult, sophisticated tunnelling works was probably known and applied in Greece well before the time of the Samos aqueduct. This is suggested by the closed basin of Kopais, in Boeotia, where drainage works had been carried out since very ancient times. At Kopais, according to KNAUSS (1991), works such as drainage channels and polders were first constructed at the beginning of the 2nd millennium BC. The important point is that, very probably, around the 12th century BC the Mycenaean civilisation attempted to cross the mountain ridge closing the basin with an artificial emissary discharging the water toward the sea. To accomplish this, 16 shafts were dug across the Kephalaria pass, covering a distance of 2230 m and with depths up to 63 m.

For some mysterious reason, the work was stopped when all the vertical shafts were already completed, and the cuniculi connecting the bottom of the shafts had just been started. Curiously, there is evidence of three levels of the emissary. It appears that the project was stopped just when proceeding to lower the shafts to reach the third and deepest level. One can interpret this enigmatic (but not unique) fact as evidence of progressive changes made to the project, although other hypotheses are possible, such as the building of a complex emissary capable of carrying exceptional flows, or (much more probably) which could resist strong earthquakes (TOLLE-KASTENBEIN, 1993). One important feature is that the levels of these cuniculi sloped gently and evenly downhill. Thus it is very likely that around the 12th century BC (or even earlier) there were people in central Greece who not only could dig perfectly rectangular shafts 63 m deep, but who had also mastered the topographic techniques needed to reach the precision observed in the levelling of the cuniculi.

If this is true, did this expertise originate there and then, or was it imported from elsewhere?

### 4. Conclusions

Although there are possible direct connections between the art of tunneling in ancient Rome and in Greece, the problem of ancient tunnelling in the Mediterranean world remains largely unresolved. As an example, we would like to understand whether or not the extensive tunnelling found in central Cappadocia (CASTELLANI, 1994b) can in some way be connected with the previous scenario. We would like also to know if there is any connection between the Egyptian world and the Greek art of tunneling. Other questions are posed by the peculiar Hezekiah tunnel in Jerusalem, built just before the Assyrian king Sennacherib laid siege to the city, at the end of the 8th century BC. Our study of this tunnel has just

begun: up today the general lay-out and the topographic technique employed for its construction are not fully explained, and the cultural and historical connections to the other hydraulic tunnels in the Mediterranean region are rather obscure.

In any case, it appears to us that there was a long tradition of water management through tunnelling in the ancient Mediterranean area, which probably originated in the second half of the 2nd millennium BC, and perhaps earlier somewhere else in Asia, where in the Indus and Huang-Ho river valleys expert water management was known since the 3th millennium BC (cf. PRASAD et al., 1987). This tradition was handed down over time and among civilisations up until Roman times, when the Empire was covered with aqueducts and other great engineering works. The collapse of the Roman society did not bring an end to this tradition. From time to time, one finds evidence that the ability to conceive important hydraulic tunnels and a certain degree of skill in building them was preserved throughout the Middle Ages and beyond. This is shown, for example, by the work ordered by emperor Frederick II on the emissary of Lake Fucino in the 13th century AD, by the emissary of Lake Trasimeno built by Braccio Fortebraccio in the 15th century (CASTELLANI & DRAGONI, 1989) and by the many underground aqueducts built before and later in central - southern Italy. Among these, we are currently investigating the Gravina aqueduct (18th century AD) in Apulia.

In conclusion, we wish to mention that, besides the historical interest about an ancient heritage common to many different civilisations, the study of ancient emissaries and reclamation works has provided important information regarding variations in climate and lake levels over time. This information has been used in several hydrological and hydrogeological studies regarding contemporary, practical, issues (cf. for example BASILE & DRAGONI, 1987; DRAGONI, 1982, 1996).

## References

- BASILE, G., DRAGONI, W. 1987. "Geomorphology and erosion of the southern Chiana Valley, Italy". In *International Geomorphology, Part I*, V. Gardiner editor, John Wiley & Sons.
- BURRI, E. & CASTELLANI, V. 1995. "L' emissario claudiano del Fucino: una analisi strutturale", in "Il Fucino ed il suo Emissario" p.262, Carsa ed., Perugia.
- BUTLER, M.A. 1933. "Irrigation in Persia by Kanats", *Civil Eng.*, vol. 3, no 2.
- CALOI, V. & CASTELLANI, V. 1985. "Origine e sviluppo dell' opera cunicolare nel mondo antico", *Atti Conv. Naz. 'Le Cavità artificiali'*, Napoli.
- CALOI, V., CASTELLANI, V., MECCHIA, G., PIRO, M. & DRAGONI, W. 1990. "L'acquedotto dell' antica Praeneste", XVI It. Cong. Spel., Le Grotte d'Italia XV.
- CAPPA, G., CASTELLANI, V., FELICI, A., CALOI, V. & DRAGONI, W. 1990. "Ponte Terra: evidenze per un sistema arcaico di acquedotti sotterranei", XVI It. Cong. Spel., Le Grotte d'Italia XV.
- CARDINALE, M., CASTELLANI, V. & VIGNATI, A. 1978. "L'emissario sotterraneo del lago di Albano, duemila anni dopo", *Quaderni Museo Speleologia*, IV, L'Aquila.
- CASTELLANI, V. 1992. "L'acquedotto sotterraneo dell' antica Aesernia", *Jour. Anc. Topogr.* 1, 11.
- CASTELLANI, V. 1994a. "I Rhettara del Tafilalt", XVII It. Cong. Spel., (in press)
- CASTELLANI, V. 1994b. "Evidences for hydrogeological planning in ancient Cappadocia", *Journ. Anc. Topogr.* 3, 207.
- CASTELLANI, V. 1995. "From ancient 'Qanats' to present 'Rhettaras' in the oases of moroccan Sahara", *UNESCO Intern. Symp. "Proper Uses of natural Resources"*, Matera.
- CASTELLANI, V. & CALOI, V. 1994. "Note on the ancient emissary of the lake Nemi", 3rd Inter.Sym. on Underground Quarries, Napoli.
- CASTELLANI, V. & DRAGONI, W. 1981. "L'emissario medioevale del lago Trasimeno", *Speleologia*, 6.
- CASTELLANI, V. & DRAGONI, W. 1989. "Opere idrauliche ipogee nel mondo romano: origine, sviluppo ed impatto ambientale", *L'Universo, Ist. Geogr. Militare*, vol.69.
- CASTELLANI, V. & DRAGONI, W. 1990. "Contribution to the history of underground structures: ancient Roman tunnels in central Italy", *Intern. Symp. Uniq. Undergr. Structures*, Denver, Colorado, R.S.Sinha ed.
- CASTELLANI, V. & DRAGONI, W. 1992. "Opere arcaiche per il controllo del territorio: gli emissari artificiali dei laghi albani", in "Gli Etruschi maestri di idraulica", ed. Electa, Perugia.
- CASTELLANI, V. & DRAGONI, W. 1991. "Italian tunnels in antiquity", *Tunnels and Tunnelling*, 23.
- COARELLI, F. 1981. "Dintorni di Roma", Laterza ed., Roma-Bari.
- COARELLI, F. 1992. "Gli emissari dei laghi laziali, tra mito e storia", in "Gli Etruschi maestri di idraulica", ed. Electa, Perugia.
- DESIO, A., 1989. *Geologia Applicata all' Ingegneria*, Hoepli, Milano.
- DRAGONI, W. 1982. "Idrogeologia del lago Trasimeno: sintesi, problemi, aggiornamenti", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 5.
- DRAGONI, W. 1996. "Response of Some Hydrogeological Systems in Central Italy to Climatic Variations". In "Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region", Angelakis A. & Issar A. eds; NATO - ASI Series, vol.1, 36, Springer Verlag.
- JUDSON, S. & KAHANE, A. 1963. "Underground drainageways in southern Etruria and northern Latium", *Papers British School in Rome*, XXXI.
- KELLER, W. 1970. "Den sie entzündeten das Licht", 1970, Droemersch Verlaganstalt, München.
- KIENAST, H.J. 1996. "SAMOS", ed. Rudolf Habelt GmbH, Bonn.
- KNAUSS, J. 1991. "Arkadian and Boiotian Orchomenos, centre of mycenaean hydraulic engineering", II Congr. Inter. Micenologia, ed. L'Erma di Bretschneider.
- PRASAD, T., KUMAR, B.S., KUMAR, S. 1987. "Water resources development in India - Its central role in the past and crucial significance for the future". *Proc. of the International Symposium on Water for the Future - IAHS, Rome*, 6-11.



# Cinque anni di indagini sui sotterranei in oriente

Roberto Bixio\* & Vittorio Castellani \*\*

\*Centro Studi Sotterranei, Via Pacinotti 5/6, 16151 Genova (I) - \*\*Università di Pisa, Piazza Torricelli 2, 56100 Pisa (I)

## Abstract: Five years of missions in the eastern undergrounds

We report the results of several missions in the Central Anatolic Plateau devoted to the investigation of the ancient undergrounds excavated by man in the volcanic deposits that constitute a large part of the geographical area known as Cappadocia. A list of 183 undergrounds is presented, discussing the various types and the different destinations. The potential outcomes of a planned mission in chinese Xinjiang are briefly presented.

## 1. Premessa

Ormai da tempo in Italia un crescente numero di speleologi si è indirizzato, talora saltuariamente ma talora anche prevalentemente, alla esplorazione e allo studio di cavità artificiali. L'esperienza ha infatti dimostrato come le capacità esplorative tipiche dell'attività speleologica consentano l'accesso a tutta una serie di strutture ipogee di grande interesse storico o archeologico a tutt'oggi inesplorate e il cui studio apre nuovi e talora imprevedibili orizzonti alla conoscenza delle civiltà del passato.

La grande porzione del territorio italiano interessato da depositi vulcanici ha infatti favorito sin dai tempi più antichi l'utilizzo del sottosuolo per le più svariate motivazioni, dalla deposizione dei defunti alle vere e proprie unità abitative. Di grande rilevanza, in particolare, l'esteso uso di canalizzazioni sotterranee per il drenaggio e la bonifica dei suoli e per il trasporto delle acque.

Le competenze acquisite nello studio delle strutture ipogee italiane ha peraltro da tempo condotto molti speleologi a muoversi al di fuori del territorio nazionale, estendendo in particolare le ricerche a quei paesi circummediterranei che con l'Italia condividono un bacino culturale in cui si svilupparono e colloquiarono tante antiche civiltà. In tale contesto si sono rivelate di

particolare interesse le indagini condotte nella parte centrale dell'altopiano anatolico e sulle quali intendiamo brevemente riferire nella seguente sezione. Nella sezione finale verranno succintamente riportate le motivazioni che hanno stimolato la programmazione di una missione nello Xinjiang cinese, inquadrando le diverse motivazioni che rendono estremamente promettente l'indagine di tale regione.

## 2. Le strutture ipogee della Cappadocia

Nella parte centrale dell'altopiano anatolico, ad oriente del lago Tuz, si estende la provincia vulcanica dell'Anatolia Centrale. Ivi nel passato l'attività di numerosi complessi vulcanici ha interessato un'area di circa 40.000 Km<sup>2</sup> (SUCCHIARELLI, 1995), originando un territorio largamente composto da tenere rocce vulcaniche variamente modellate dagli agenti meteorici (fig. 1). Poiché l'area è stata da antichissime epoche sede ininterrotta di numerose e prosperose civiltà, a partire da quella ittita per giungere sino a quella romana e bizantina, non stupisce di trovare che tali civiltà abbiano approfittato della natura del territorio ricavandone una serie impressionante di strutture ipogee. Tra tali testimonianze sotterranee sono ben note le chiese rupestri di epoca bizantina. Ma oltre a queste esistono molti altri siti ipogei che attendono ancora di essere compiutamente investigati.

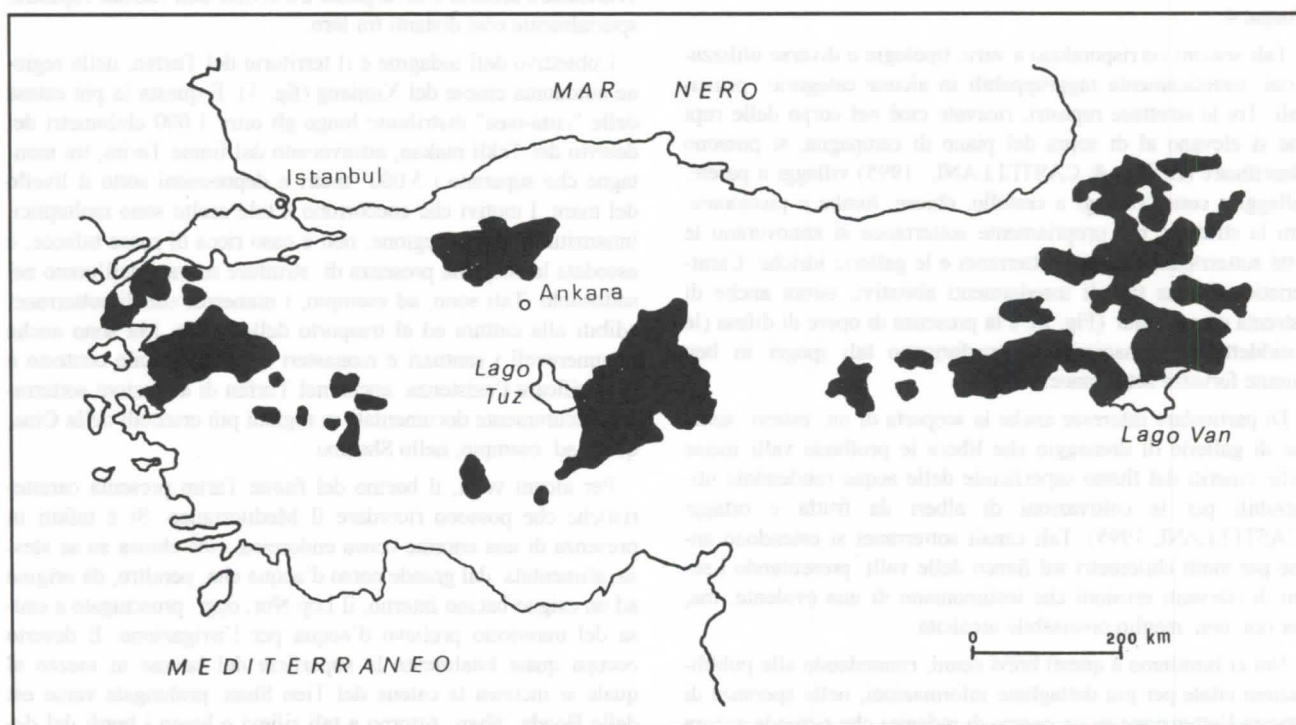
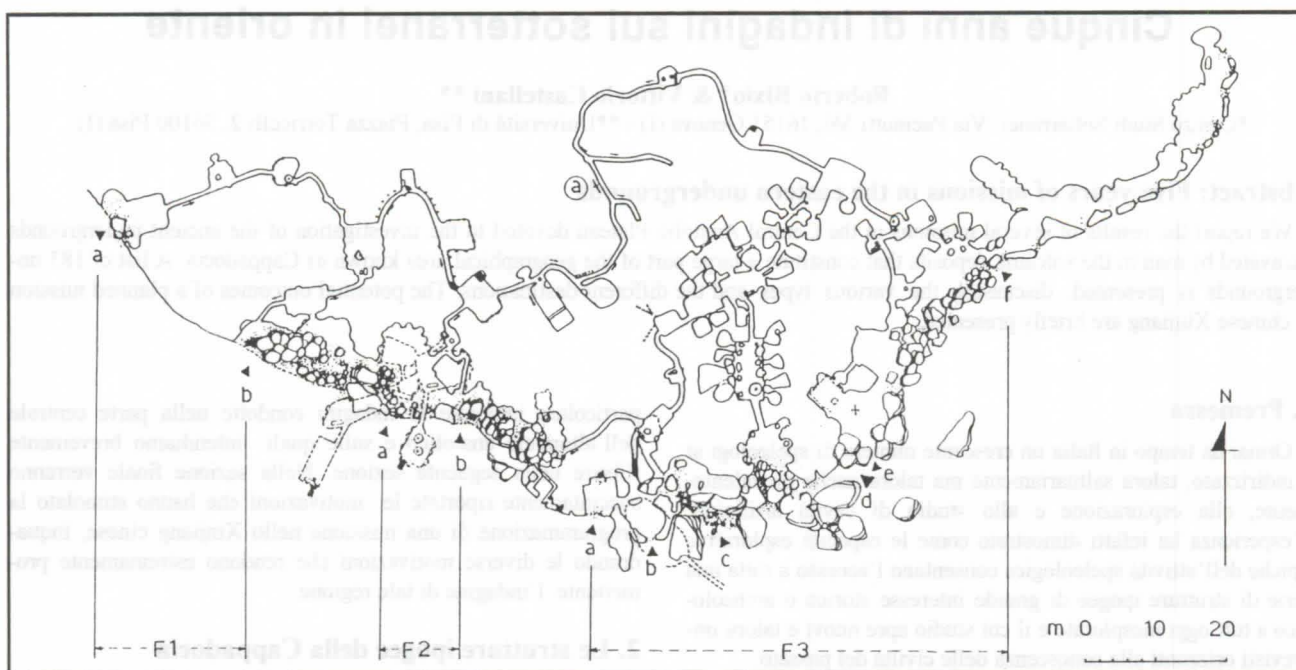


Fig. 1. Carta della Turchia. In nero sono indicate le aree costituite da depositi vulcanici. Le strutture sotterranee della Cappadocia si collocano nella estesa regione ubicata al centro della mappa, adiacente al Lago Tuz.



**Fig. 2. Insediamento di Filiktepe (villaggio di Ovaören, provincia di Nevsehir, Cappadocia). Planimetria del complesso reticolo sotterraneo costituito dai sistemi F1-F2-F3.**

A partire dal 1991 il Centro Studi Sotterranei di Genova ha organizzato una serie di missioni volte in particolare allo studio del territorio corrispondente alla antica provincia romana della Cappadocia, con capitale Caesarea (l'odierna Kayseri), oggi ripartito tra le moderne provincie di Aksaray, Kayseri, Kirsehir, Nevsehir, Nigde e Yozgat. I risultati di tali missioni sono apparsi, oltre che su numerose riviste (cfr., ad es., BIXIO 1994 a, b; BIXIO et al., 1996), anche in due volumi editi a cura del Centro medesimo (AA.VV. 1995, 1997). Globalmente sono stati identificati e catastati 183 sistemi ipogei, così divisi per provincia: Aksaray 61, Kayseri 27, Kisehir 5, Nevsehir 64, Nigde 22, Yozgat 4.

Tali sistemi corrispondono a varie tipologie e diverse utilizzazioni, sinteticamente raggruppabili in alcune categorie principali. Tra le strutture rupestri, ricavate cioè nel corpo delle rupi che si elevano al di sopra del piano di campagna, si possono identificare (BIXIO, & CASTELLANI, 1995) villaggi a parete, villaggi a cono, villaggi a castello, chiese, tombe e piccionaie. Tra le strutture più propriamente sotterranee si annoverano le città sotterranee, i ridotti sotterranei e le gallerie idriche. Caratteristica diffusa tra gli insediamenti abitativi, talora anche di estrema complessità (Fig. 2), è la presenza di opere di difesa (le cosiddette porte-macina) che trasformano tali ipogei in ben munite fortezze sotterranee.

Di particolare interesse anche la scoperta di un esteso sistema di gallerie di drenaggio che libera le profonde valli incise nelle cineriti dal flusso superficiale delle acque rendendole utilizzabili per le coltivazioni di alberi da frutta e ortaggi (CASTELLANI, 1995). Tali canali sotterranei si estendono anche per molti chilometri sul fianco delle valli, presentando i segni di rilevanti erosioni che testimoniano di una evidente, ma, per ora, non meglio precisabile arcaicità.

Noi ci limitiamo a questi brevi cenni, rimandando alle pubblicazioni citate per più dettagliate informazioni, nella speranza di attirare l'attenzione su un campo di indagini che richiede ancora molto lavoro e che, peraltro, promette nel futuro di riservare ulteriori importanti acquisizioni e grandi soddisfazioni a quanti vorranno dedicarsi.

### 3. Il Turfan

Le ricerche estese nel corso di molti anni ai siti ipogei presenti in Italia, Grecia, Marocco, Turchia, pur con riferimenti di tempo, di uso e di tecniche costruttive molto diversi tra loro, hanno in generale confermato l'esistenza di una dimensione mediterranea della cultura del costruire nel sottosuolo. "Tarim 97" è un nuovo ambizioso progetto del Centro Studi Sotterranei che, nell'ambito dell'obiettivo sopra citato, intende ampliare il raggio delle ricerche a una dimensione extramediterranea ove ricercare punti di riferimento tecnologici e culturali che possano evidenziare affinità o divergenze tra civiltà dell'habitat rupestre, spazialmente così distanti tra loro.

L'obiettivo dell'indagine è il territorio del Turfan, nella regione autonoma cinese del Xinjiang (fig. 3). È questa la più estesa delle "città-oasi" distribuite lungo gli oltre 1.000 chilometri del deserto del Takli makan, attraversato dal fiume Tarim, tra montagne che superano i 5.000 metri e depressioni sotto il livello del mare. I motivi che concorrono a tale scelta sono molteplici. Innanzitutto in tale regione, non a caso ricca di rocce tufacee, è assodata la cospicua presenza di strutture scavate dall'uomo nel sottosuolo. Tali sono, ad esempio, i numerosi canali sotterranei adibiti alla cattura ed al trasporto delle acque. Ma sono anche innumerevoli i santuari e monasteri rupestri. In tale contesto è da verificare l'esistenza anche nel Turfan di abitazioni sotterranee, sicuramente documentate in regioni più orientali della Cina, quali, ad esempio, nello Shaanxi.

Per alcuni versi, il bacino del fiume Tarim presenta caratteristiche che possono ricordare il Mediterraneo. Si è infatti in presenza di una enorme conca endoreica, cioè chiusa su se stessa, alimentata dal grande corso d'acqua che, peraltro, dà origine ad un esiguo bacino interno, il Lop Nur, oggi prosciugato a causa del massiccio prelievo d'acqua per l'irrigazione. Il deserto occupa quasi totalmente la superficie del bacino in mezzo al quale si incunea la catena del Tien Shan, prolungata verso est dalle Bogda Shan. Attorno a tali rilievi e lungo i bordi del deserto si sono insediate e sovrapposte nei secoli numerose popolazioni, unite da vie commerciali attraverso il "mare" di sabbia solcato dalle "navi del deserto", i cammelli.

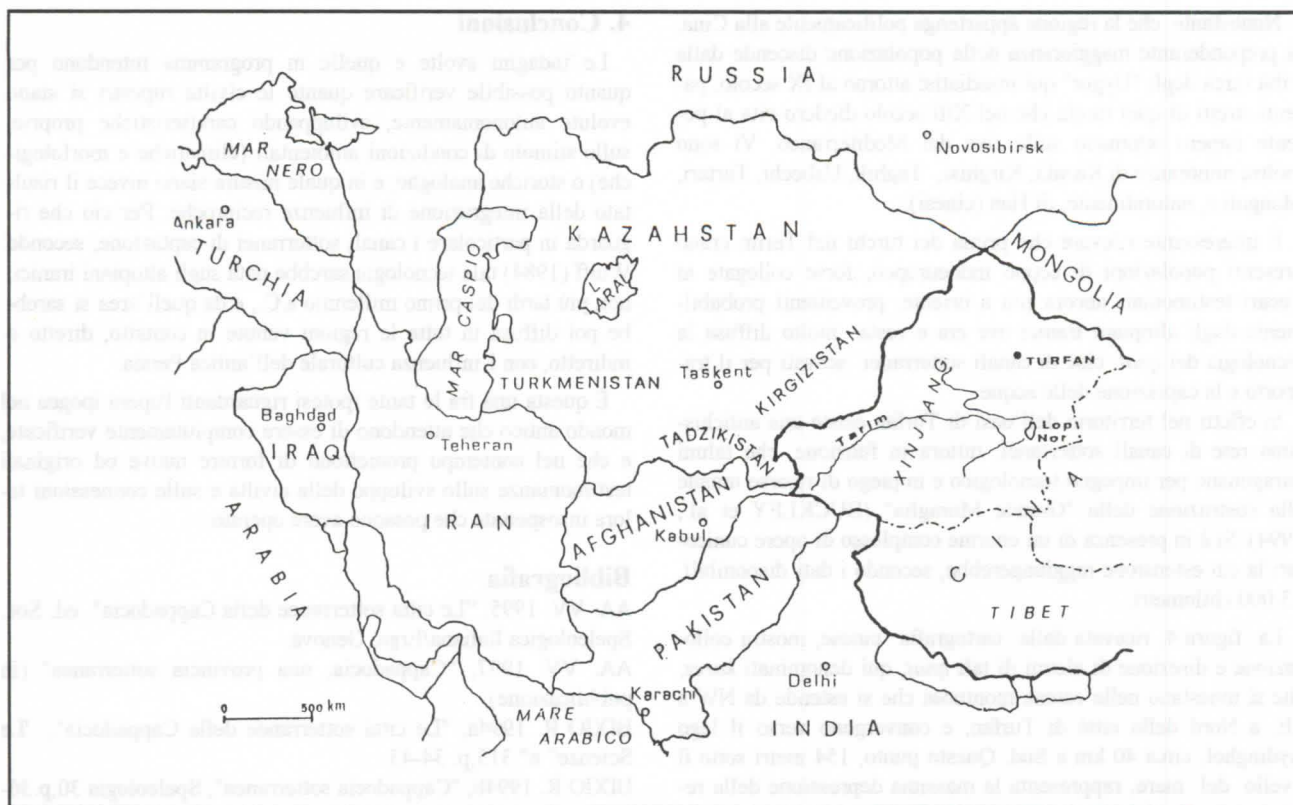


Fig. 3. Mappa dell'Asia Centrale, tra la Turchia, all'estremo Ovest, e il Xinjiang a Est (l'antico Turkestan orientale, ove si trova la città-oasi di Turfan).

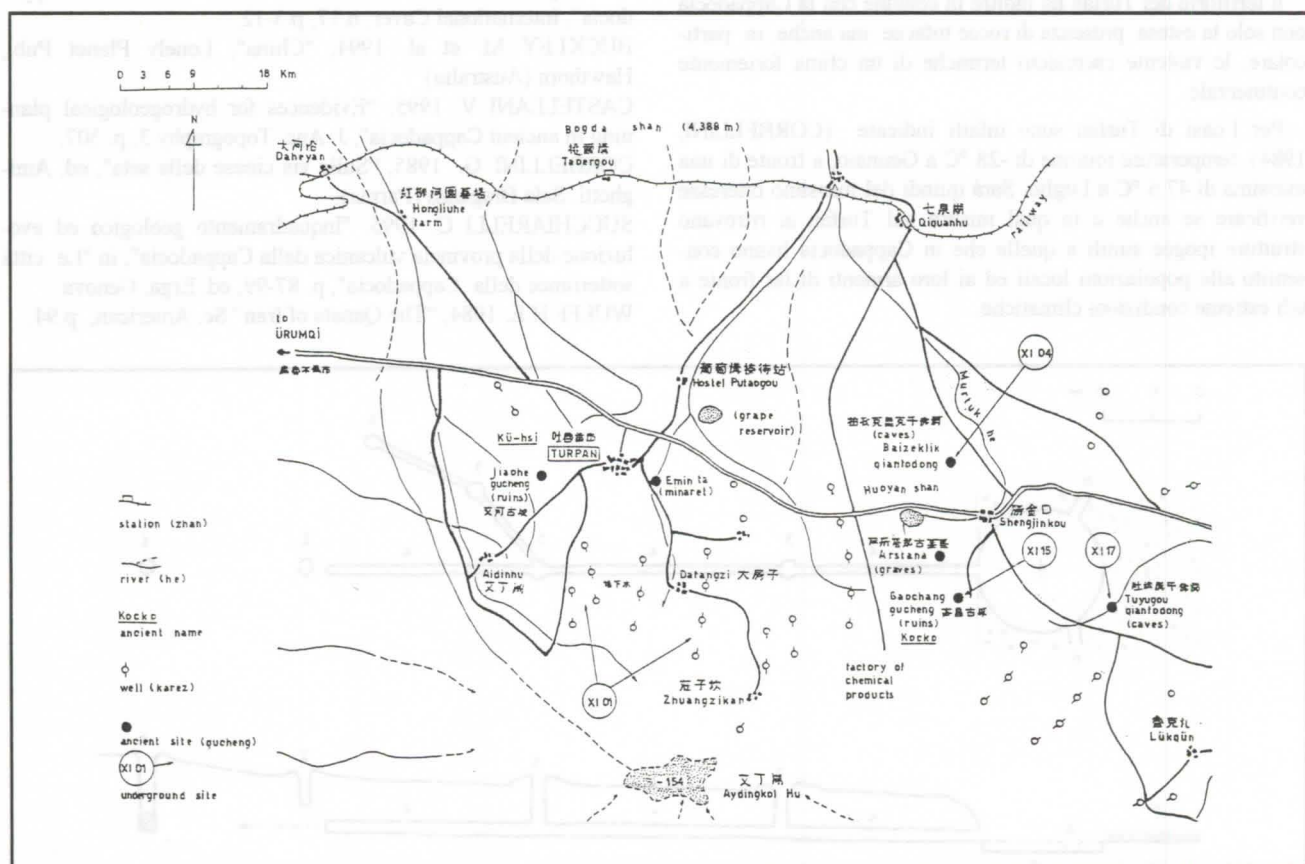


Fig. 4. Area dell'oasi di Turpan. I karez sono schematicamente individuati da un cerchio munito di trattino. Si nota che i canali sotterranei convergono dalla zona montana a nord (4.388 m s.l.m.), verso la depressione del lago Aydingkol, a sud (-154 m s.l.m.)

Nonostante che la regione appartenga politicamente alla Cina, la preponderante maggioranza della popolazione discende dalla tribù turca degli "Uygur" qui insediatisi attorno al IX secolo; parenti stretti di quei turchi che nel XIII secolo diedero vita al potente impero ottomano sulle rive del Mediterraneo. Vi sono inoltre minoranze di Kazaki, Kirghisi, Taghik, Uzbecchi, Tartari, Mongoli e, naturalmente, di Han (cinesi).

È interessante rilevare che prima dei turchi nel Tarim erano presenti popolazioni di ceppo indoeuropeo, forse collegate ai Tocari testimoniati ancora più a oriente, provenienti probabilmente dagli altopiani iranici ove era e resta molto diffusa la tecnologia dei *qnat*, cioè di canali sotterranei scavati per il trasporto e la captazione delle acque.

In effetti nel territorio dell'oasi di Turfan esiste una antichissima rete di canali sotterranei, tuttora in funzione, che taluni paragonano per impegno tecnologico e impiego di risorse umane alla costruzione della "Grande Muraglia" (BUCKLEY et al., 1994). Si è in presenza di un enorme complesso di opere cunicolari la cui estensione raggiungerebbe, secondo i dati disponibili, i 3.000 chilometri.

La figura 4, ricavata dalla cartografia cinese, mostra collocazione e direzione di alcuni di tali *qnat*, qui denominati *karez*, che si innestano nella catena montuosa che si estende da NW a SE, a Nord della città di Turfan, e convergono verso il lago Aydinghol, circa 40 km a Sud. Questo punto, 154 metri sotto il livello del mare, rappresenta la massima depressione della regione, seconda del mondo dopo quella del Mar Morto.

La fig. 5 mostra lo schema costruttivo di un *karez*, del tutto simile alla struttura dei condotti iranici o di altre aree mediterranee.

Il territorio del Turfan ha inoltre in comune con la Cappadocia non solo la estesa presenza di rocce tufacee ma anche, in particolare, le violente escursioni termiche di un clima fortemente continentale.

Per l'oasi di Turfan sono infatti indicate (CORBELLINI, 1984) temperature minime di -28 °C a Gennaio, a fronte di una massima di 47,6 °C a Luglio. Sarà quindi del massimo interesse verificare se anche e in qual misura nel Turfan si ritrovano strutture ipogee simili a quelle che in Cappadocia hanno consentito alle popolazioni locali ed ai loro armenti di far fronte a tali estreme condizioni climatiche.

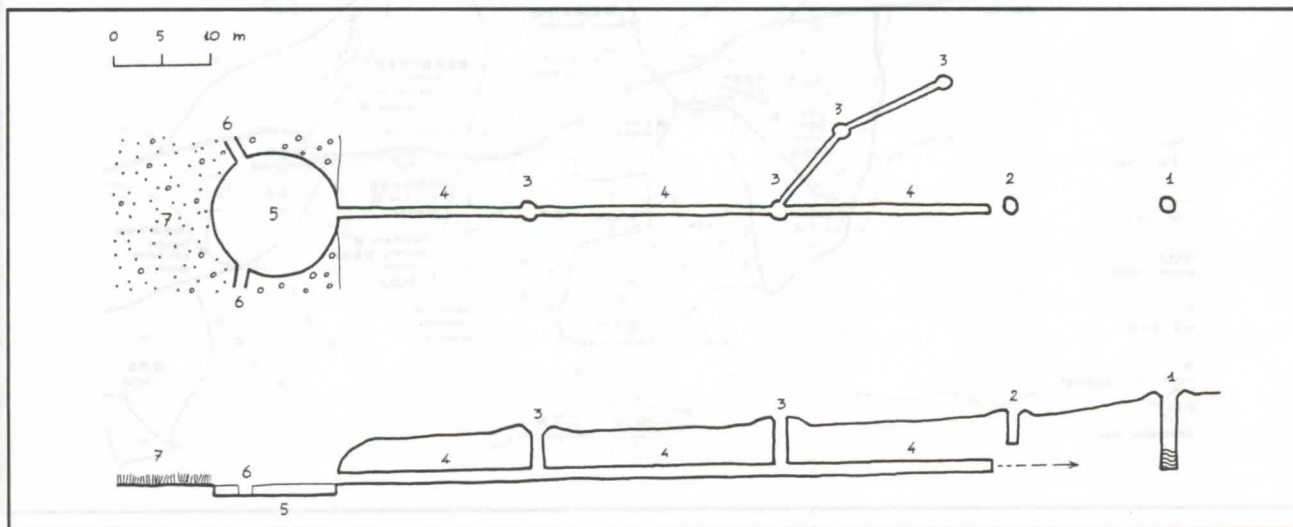
#### 4. Conclusioni

Le indagini svolte e quelle in programma intendono per quanto possibile verificare quanto le civiltà rupestri si siano evolute autonomamente, sviluppando caratteristiche proprie, sullo stimolo di condizioni ambientali (climatiche e morfologiche) o storiche analoghe, e in quale misura siano invece il risultato della integrazione di influenze reciproche. Per ciò che riguarda in particolare i canali sotterranei di captazione, secondo Wulff (1984) tale tecnologia sarebbe nata sugli altopiani iranici, non più tardi del primo millennio a.C., e da quell'area si sarebbe poi diffusa in tutte le regioni venute in contatto, diretto o indiretto, con l'influenza culturale dell'antica Persia.

È questa una fra le tante ipotesi riguardanti l'opera ipogea nel mondo antico che attendono di essere compiutamente verificate, e che nel contempo promettono di fornire nuove ed originali testimonianze sullo sviluppo della civiltà e sulle connessioni talora insospettite che possono avere operato.

#### Bibliografia

- AA. VV. 1995, "Le città sotterranee della Cappadocia", ed. Soc. Speleologica Italiana/Erga, Genova.
- AA. VV. 1997, "Cappadocia, una provincia sotterranea" (in pubblicazione)
- BIXIO R. 1994a, "Le città sotterranee della Cappadocia", *Le Scienze* n° 313, p. 34-43.
- BIXIO R. 1994b, "Cappadocia sotterranea", *Speleologia* 30, p. 36-42, ed. Società Speleologica Italiana, Milano.
- BIXIO R. & CASTELLANI V. 1995, "Categories of hypogean cappadocian structures", *Int. Symp. on Souterrains*, Maastricht.
- BIXIO R., CASTELLANI V., SUCCHIARELLI C. 1996, "Investigation of the ancient settlements in subterranean Cappadocia", *International Caver*, n.17, p.3-12.
- BUCKLEY M. et al. 1994, "China", Lonely Planet Pub., Hawthorn (Australia)
- CASTELLANI V. 1995, "Evidences for hydrogeological planning in ancient Cappadocia", *J. Anc. Topography* 3, p. 307.
- CORBELLINI G. 1985, "Sulla via cinese della seta", ed. Amighetti, Sala Braganza (Parma).
- SUCCHIARELLI C. 1995, "Inquadramento geologico ed evoluzione della provincia vulcanica della Cappadocia", in "Le città sotterranee della Cappadocia", p. 87-99, ed. Erga, Genova
- WULFF H.E. 1984, "The Qanats of Iran" *Sc. American*, p.94.



**Fig. 5. Schema di un karez.** 1) Pozzo di sondaggio per la individuazione della falda freatica. 2) Pozzo in fase di scavo 3) Pozzi di allineamento e evacuazione. 4) Canale sotterraneo allineato sui pozzi. 5) Vasca di raccolta dell'acqua (a cielo aperto). 6) Canali di irrigazione (a cielo aperto). 7) Area coltivata

# Speleologia urbana: l'ausilio dei sistemi multimediali nello studio e didattica delle cavità artificiali

di Roberto Nini

Associazione culturale Subterranea - Gruppo speleologico UTEC - Vicolo Torto 14 - 05035 - Narni (Tr) - Italia

## Abstract

*Urban Speleology: the use of multi-media system in the study and in the didactic of the artificial cavities.*

Urban speleology was born 20 years ago, when speleologists began to study the artificial cavities built by men in the underground, first in Italy and then in Europe. Supported by the technics tested and the experiences in the caves, the archeological research improved remarkably, in particular in the ancient human settlements.

Urban speleology has adopted new-born multimedial technologies to expand its knowledge so as to originate an easy didactic instrument to the coming generations. Here it is a CD ROM that has been adapted by a team of experts in the various fields, to know the underground of the ancient town, Narni, situated in the south of Umbria, exactly in the geographic center of Italy.

## 1. Introduzione

In Italia, dalla fine degli anni settanta di questo XX° secolo, l'attenzione degli speleologi si è spostata dalle grotte, ormai individuate ed esplorate nelle loro manifestazioni più evidenti ed anche in quelle minori, per orientarsi verso un nuovo modo di andare nel sottosuolo.

Ogni centro urbano della penisola ha una storia, dal più grande al più piccolo, che abbraccia almeno cinquecento anni, per non parlare di quelli di cui si ha documentazione sin dalla pre-protostoria, basti pensare a Roma.

In questo arco di tempo gli abitanti di quei luoghi hanno costruito edifici e strade in superficie e scavato vuoti nel sottosuolo, per motivi che vanno dal culto, alla deposizione di salme, alla canalizzazione di acque ecc.

Poiché gli speleologi hanno da sempre avuto un debole per l'oscurità, le cavità, gli ambienti ipogei in genere, prima per caso, poi metodologicamente, cominciarono ad interessarsi di questo sottosuolo costruito.

Nel 1981 a Narni (Tr), cittadina dell'Umbria meridionale, situata esattamente nel centro geografico della penisola italiana, vi fu un convegno organizzato dal locale Gruppo Speleologico UTEC, il primo del genere, che trattò i problemi delle cavità artificiali nei centri storici di quella regione ed italiani in particolare.

Quindici anni dopo, sempre da Narni vuole partire un nuovo suggerimento per coloro che si occupano di speleologia urbana.

## 2. Breve storia del sottosuolo di Narni

Narni ha una storia millenaria che inizia dal paleolitico con insediamenti sporadici in grotta ed all'aperto, per passare al primo centro abitato nel neolitico ed età del bronzo, alla conquista da parte dei romani nel 299 a.C.

Livio narra la presa della città, quando le truppe dei consoli, dopo un lungo assedio, riuscirono ad avere la meglio sulla città passando da un cunicolo.

Quella fu la prima testimonianza del sottosuolo scavato nella città, poi seguirono la costruzione di un acquedotto nel I° sec. d.C. denominato la Formina, che con i suoi 13 chilometri di sviluppo ed un sifone rovescio con tubi di piombo, rappresenta una significativa opera di ingegneria. Nel tracciato della galleria, tre trafori di altrettante colline, per centinaia di metri, mostrano ancor oggi quali erano le tecniche usate dai romani in questo tipo di opere. Giunta alla città, l'acqua veniva conservata in una serie di cisterne, che furono edificate fino agli inizi del XX° secolo. Ve ne sono di dimensioni e tipologia variabile, in base all'uso ed al periodo di costruzione, esse infatti potevano essere pubbliche, quelle poste nelle piazze, e private, quelle situate all'interno dei palazzi nobiliari. In età romana solitamente sono circolari, a forma di collo di bottiglia, mentre dal medioevo in poi sono rettangolari e di dimensioni considerevoli, in modo da garantire una riserva idrica durante gli assedi o le eventuali distruzioni dell'acquedotto. Una di esse, forse la più conosciuta, è il Lacus di Piazza Garibaldi, che è visitabile dalla piazza stessa attraverso una scala moderna, e che in passato diede il nome alla piazza, detta appunto del Lago.

Una fitta serie di gallerie consentirono in passato di andare da un capo all'altro della città, scavate soprattutto per garantire i collegamenti fra fabbricati appartenenti alla stessa famiglia o a famiglie alleate, oppure di accesso alla Rocca Alborno che sovrasta l'abitato.

Sotto le chiese romaniche si aprono ambienti appartenenti ad edifici di culto preesistenti.

In S. Domenico nel 1303, quando fu edificato il monastero, venne inglobata una chiesa con affreschi, che rimase nascosta dal crollo delle strutture superiori e che venne riscoperta dal Gruppo Speleologico UTEC alla fine degli anni settanta.

Nello stesso complesso è venuta alla luce una cisterna romana ed alcuni ambienti appartenenti al tribunale dell'inquisizione con una cella attigua che conserva una serie di graffiti lasciati dai condannati, tra i quali un gesuita che nel 1759 fu carcerato in quel luogo, stando alla sua testimonianza scritta. Era il periodo in cui il papa aveva ordinato ai Domenicani di frenare il potere dei Gesuiti, evento che si concluse nel 1772 con una bolla di scioglimento dell'ordine.

Nei sotterranei di S. Maria Impensole, consacrata nel 1175, abbiamo una chiesa databile tra l'VIII ed il X secolo che fu realizzata su strutture romane, tra le quali due cisterne. Essa fu abbandonata ed utilizzata come fondazione della chiesa superiore che forse riutilizzò parte dei materiali lapidei.

Questi ultimi due sotterranei sono aperti al pubblico da circa due anni, grazie all'opera di volontariato degli speleologi che, costituitisi nell'Associazione culturale "Subterranea", gestiscono le visite nel sottosuolo narnese dal gennaio 1996.

### 3. Esigenze di didattica

Nel primo anno ufficiale di apertura della "Narni sotterranea", vi sono state oltre 7000 presenze, di visitatori che si sono appassionati all'argomento trattato ed entusiasmata a sentire la storia dei sotterranei e della loro scoperta.

Le scuole principalmente hanno avuto necessità di ulteriori approfondimenti che non potevano essere spesso dati per mancanza di tempo.

Si è deciso pertanto di predisporre uno strumento didattico che consentisse, anche in assenza di una guida preparata, di dare tutte quelle notizie che potevano essere utili alla comprensione del vasto sistema ipogeo.

Poichè tra i visitatori vi sono stati anche stranieri, provenienti principalmente da Germania, Inghilterra, Francia, Olanda, è sembrato opportuno predisporre un testo bilingue italiano/inglese.

Inizialmente si pensava alla classica guida su carta ma essa sembrava troppo tradizionale e non idonea a trasmettere le emozioni di una visita nel sottosuolo con i tanti enigmi da sciogliere.

Pertanto si è optato per un CD ROM che potesse contenere un programma interattivo per far diventare anche i visitatori protagonisti delle scoperte.

### 4. Realizzazione di un CD ROM

Roberto Nini, relatore della presente, Giuseppe Pacciaroni, Andrea Liberati, Gianluigi Monaldi, con la professionalità dell'Ing. Giuseppe Fortunati e la collaborazione degli altri soci dell'Associazione "Subterranea", hanno raccolto il materiale documentario e preparato il programma che viene presentato in sede di Congresso.

La prima opzione è la scelta della lingua che per ora si limita all'italiano o all'inglese, dopo di che si passa alla individuazione di una serie di percorsi corredati da foto:

1) Storia della città 2) Visita alla città 3) Narni sotterranea

Nel primo punto vengono date notizie che sono divise per periodo storico:

1) Pre-protostoria 2) Età romana 3) Medioevo 4) Età moderna

Ognuno di questi punti ha la possibilità, quando si parla di un determinato edificio, di poter andare sulla storia dello stesso, che si trova all'interno dell'opzione "Visita alla città".

Stessa cosa si può fare quando si parla della "Narni sotterranea" e viceversa.

Un glossario, per spiegare alcuni termini usati, è possibile attivarlo in qualsiasi momento e consente di scoprire i punti più evidenti o più nascosti della città avendo sempre a fianco una guida preparata, una sorta di Virgilio dantesco.

Per tale motivo abbiamo chiamato il programma con questo nome.

Pensiamo che l'informazione sia un ottimo sistema per poter affiancare gli strumenti solitamente usati nell'insegnamento, che comunque non si limita all'età scolare, soprattutto in questi casi.

Resta il fatto che nessun sistema interattivo potrà mai sostituire l'emozione della visita di questo suggestivo mondo sotterraneo costruito dall'uomo.

Natural History Museum, City of Geneva, Switzerland  
Swiss Speleological Society (SSS/SGH)

---

# Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Speleology

Volume 3

Symposium 9

## **Biospeology**

La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 10-17.08.1997



# Root stalagmites in the mountains Elbsandsteingebirge (FRG)

T. Schöne\* and B. Wutzig

\*D-01189 Dresden, Kohlenstrasse 40, Germany

## Abstract

Root stalagmites are an interesting, but not well understood biological phenomenon in the caves of the mountains Elbsandsteingebirge. Dripping water on roots (e.g. from birches or spruces) in boulder or bed plane caves may force the root tips to grow with strong negative geotropic orientation. Due to the wither of the root tips in dry periods and/or an ice cap in winter a 'stalagmite' is formed.

Two sites were selected and different parameters, e.g. growing rates, water supply, temperature, and luminous intensity, were measured between 1986 and 1989. In addition, chemical water conditions were analyzed. Since 1989, the program was continued, measuring the same parameters two to three times per year.

## 1. Introduction

The mountains Elbsandsteingebirge (ESG), also called Saxon Switzerland, is a geological and morphological unit in the south-east of Germany, that is dominated by chalk sandstones. During the last few years various programmes took place to investigate morphological forms of the sandstone karst, surface and subsurface (e.g. BÖRNER, 1988). As a part of these programme also biological investigations were carried out, e.g. for bat research (RÜSSEL, 1975) or spiders (HIEBSCH & WINKELHÖFER, 1973).

A speciality in sandstone areas, root forms were found in caves or block debris, which are growing with a negative geotropic orientation (Fig. 1). Dripping water is a necessity, which forces this growing process. The root forms have a club or dome shaped form, like the well known stalagmites in limestone caves, but consists almost completely of roots. To understand the development and growing conditions, long-term investigations were started in 1986. During the first three years monthly observations were carried out and afterwards continued with two to three observations per year. First results were presented after one year of investigations by SCHÖNE *et al.* (1988).

## 2. Geography and climate

The ESG is bound in the north by the rock border between sandstone and granodiorite. The southern border is formed by the transition to the mountains Erzgebirge, while the western border by the transition to the river Elbe valley area. To the south-east the sandstone area extends to the territory of the Czech Republic.

The climate of the ESG belongs to the Central German Mountainous Country. The macro climate is characterized by a distribution of precipitation with continuously increasing values starting from northwest (650 mm/yr) to southeast (900 mm/yr). The precipitation of the ESG is slightly higher compared to its surroundings, and the highest precipitation tends to occur in July and August (250 - 300 mm). There are up to 120 days with at least 1 mm precipitation and up to 15 days with more than 15 mm/day of rain are recorded.

In addition, the investigated area is characterized by at least 20 to 30 days with temperatures of more than 25 °C and with the yearly mean temperature being 7.5 to 9 °C in altitudes of 300 to 400 m (all values from ANONYMOUS, 1953).

Since the ESG has a variety of morphological forms (e.g. valleys, table mountains, plains), a complicated and small scale climate with rapidly changing conditions is formed. Therefore, a complete characterization of the climate is prevented.

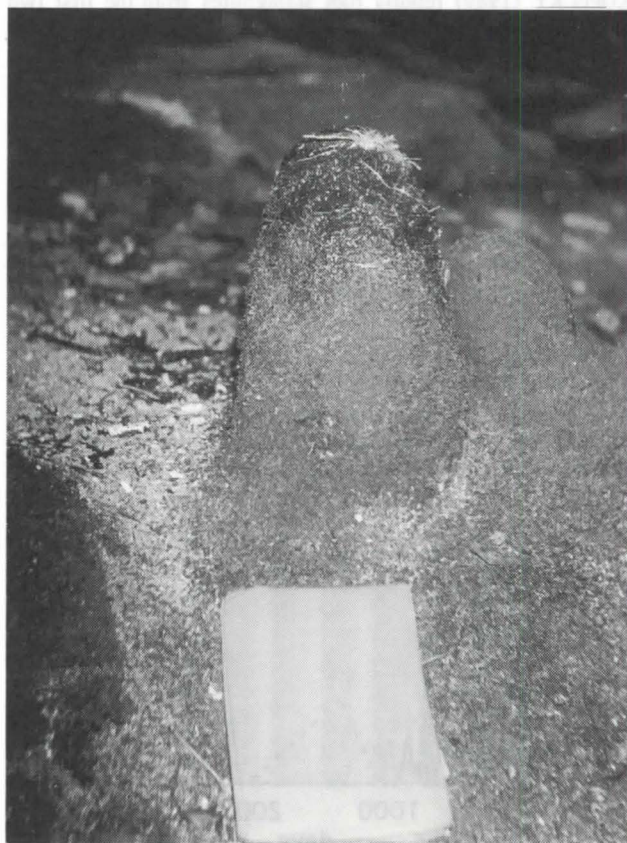


Figure 1 : A root stalagmite, height approx. 15 cm, in the ESG area. The new roots at the tip of the stalagmite are growing during the summer. The size of the foreground-marker is 9x12 cm.

## 3. Forming of root stalagmites

Root stalagmites appear at locations where big roots grow towards dripping water. If the root is located in an area with optimal environmental conditions, the dripping water may force the hair roots to grow.

By layering and dividing of the hair roots, a relatively hard root body is formed. In addition, small portions of quartzite, a byproduct of sandstone weathering, are included in the root body. The most intense growing of new roots occur at the tip of the stalagmite (the dripping point). Therefore, the upward growth is more intense than in other directions. In winter an ice cap is formed over the entire body; because of this and also because of withering in dry periods, small roots at the shaft of

the root stalagmite are destroyed. As a consequence, a dome shaped form is forced. Over long periods, the root stalagmite may reach the ceiling and form a stalactostalagmite.

Root stalagmites prefer locations with reduced illumination, e.g. in boulder debris, but were also found in dark locations such as caves. The main direction of illumination to the root stalagmites comes from east. Generally, the luminous intensity is reduced to less than 70 % of the total intensity. We assume, that higher luminous intensity forces moss and fern to grow and, therefore, prevent the growth or leads to the destruction of the root stalagmite. This may not be true for all locations, but all of the observed destroyed root forms were either destroyed by moss or by the destruction of the dripping point.

Root stalagmites in the ESG are only known from two species of trees, first from birches (*Betula pendula*) and second from spruces (*Picea abies*), in other regions from larches (*Larix decidua*) (SCHÖNE *et al.*, 1988). Also, JENIK & KOPECKÝ (1989) reports root stalagmites from the first two kinds of trees.

#### 4. Analysis of the measurements

Continuous measurements were carried out monthly between 1986 and 1989, and afterwards two to three times per year in order to monitor the growing rate. The following parameters were measured each time:

- growing rate
- air temperature (in- and outside the cave)
- volume of the dripping water
- pH-index of the dripping water
- luminous intensity.

In addition, the water was chemically analyzed at different times of one year. Here, only the investigations of one of the observed root stalagmites will be presented.

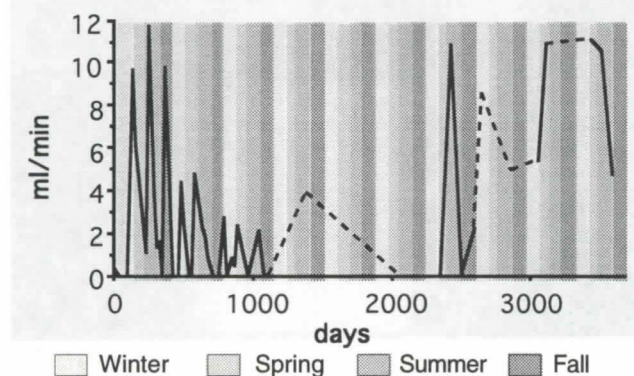


Figure 2 : Water volume per minute of the dripping water with maximum values occurring in summer and fall.

The dripping water has a tri-annual cycle with highs in summer and fall (Fig. 2), and with one peak occurring in the melting period after winter. The average volume is 3 ml/min. As a maximum 58 drops/min with a volume of 12 ml was measured, therefore, a water volume of 4 litres to a maximum of 17 litres per day is supplied to the tree. Even with the fluctuations of the water volume the water supplied by the root stalagmite is essential for the tree.

At our investigated root stalagmite, the luminous intensity is reduced to approx. 50% of the total. This illumination comes from a direction of 20° to 110°, which is consistent

with the direction of illumination of all root stalagmites found in the ESG area.

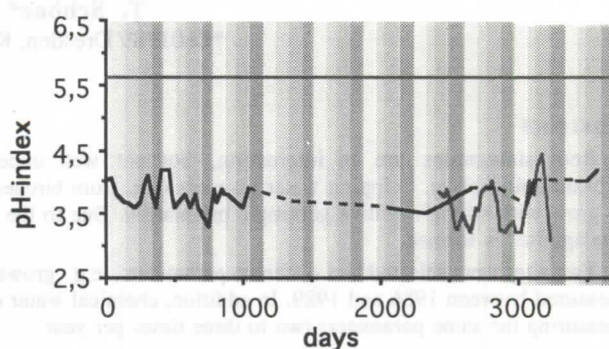


Figure 3 : The black line indicates the pH-index of the dripping water and the horizontal line indicates the pH-index of a non-influenced precipitation. The grey line indicates the pH-index of rain at a point nearby (from RABEN, 1996).

The pH-index of the dripping water is between 3.5 and 4.1 with an annual cycle (Fig. 3), that may be influenced by the chemical compounds of the sandstone and the soil. RABEN (1996) has observed a similar cycle of the pH-index in rain and thus, we assume, that the chemical composition is related more to the precipitation than to the compounds of the sandstone. However, rain and solution of chemical compounds of rock and soil, provide nutrients to the root stalagmite and tree. Chemical analyses reveals a high  $\text{SO}_4^{2-}$  (56 mg/l) and  $\text{Ca}^{2+}$  content. All of the other compounds (e.g.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) are present as a few percentages of the total content. RABEN (1996) discovered high concentrations of sulphate in rain and therefore, we assume our values are highly correlated with the sulphate found in rain.

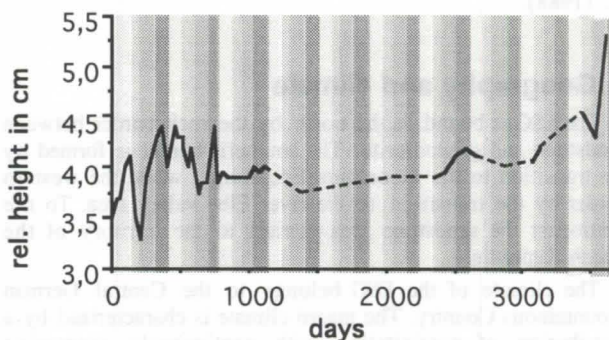


Figure 4 : Height changing of the tip of the root stalagmite. The small scale oscillation is due to the freezing and melting of the water inside the root stalagmite.

The height of the tip of the root stalagmite changes very rapidly with an annual cycle, that is not only caused by the growth but also by water content of the root body. In dry periods the stalagmite is smaller than in humid or freezing periods. The growth of new roots starts in July. During the

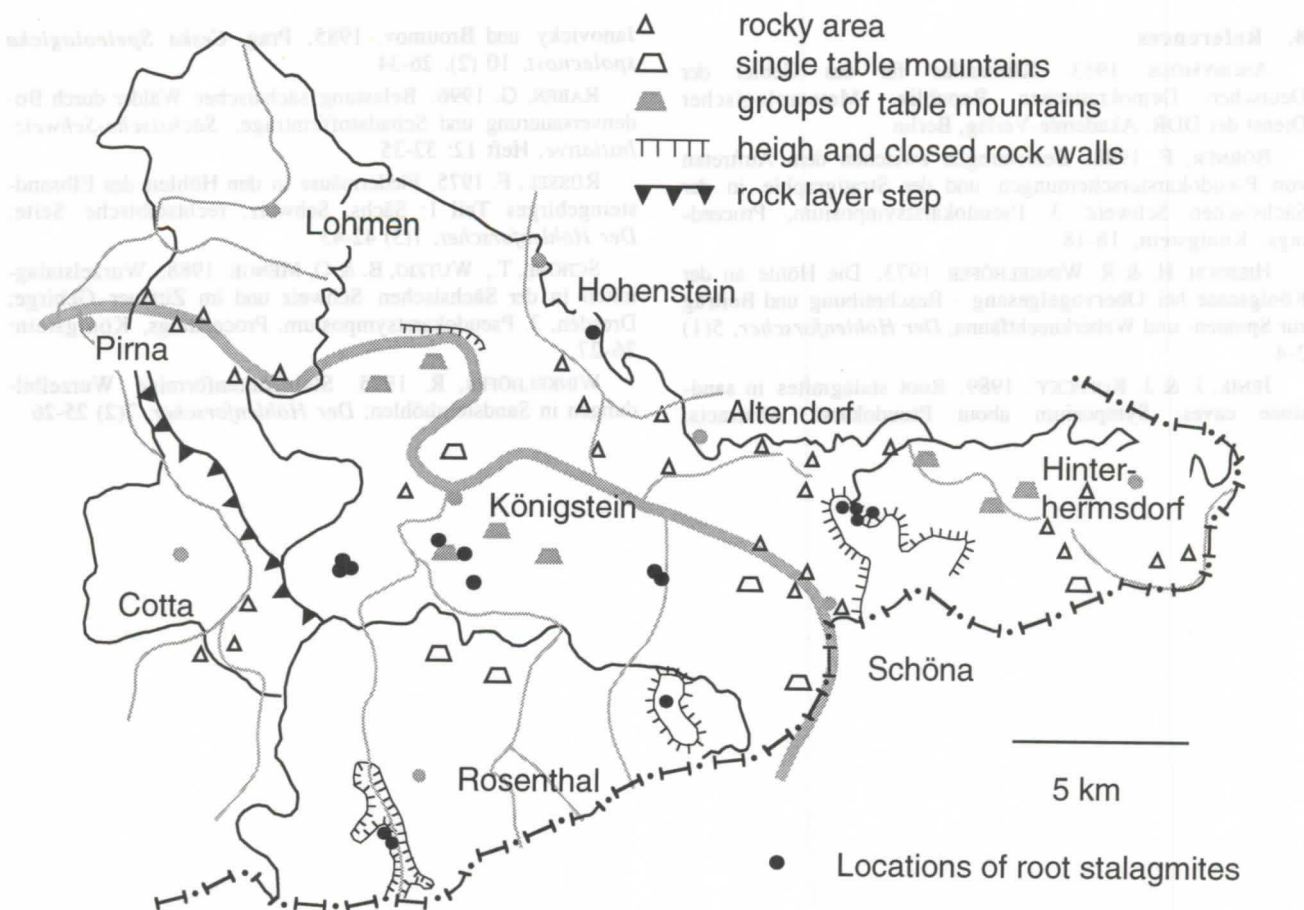


Figure 5 : Distribution of root stalagmites and the main morphological structures

growth period the color of the new roots is white to yellowish, sometimes with red tips, changing in the first month to brown.

Also at the investigated root stalagmite this height changes can be found (Fig. 4). During the first three years the height of the root stalagmite did not change and only annual cycles were observed. In the next years growth did not occur even though each year new roots were created. The first sign of growth occurred in 1996 when a growth of more than 10 mm was observed. This year was characterized by a high precipitation and a normal temperature.

Due to the limitation of episodic growth the age of the root stalagmite cannot be determined precisely. With the previously observed growth rate, unnaturally high ages would be necessary to explain the height of the root stalagmite. However, with the newly observed episodic growth, the age is reduced to less than 200 years which also seems to be too old for the stock of trees in this area, but we assume that younger root stalagmites and trees have higher growth rates.

One problem, which is still unresolved, is the question of high consistency of the dripping point. Sandstone areas are highly influenced by erosion and therefore, the position of the dripping point is varying. The root stalagmite is only capable to follow the dripping point within a small range.

## 5. Distribution of root stalagmites

Root forms are found only in sandstone areas; 19 locations with 55 root stalagmites are known in the ESG area (Fig. 5). The locations are homogeneously distributed with concentrations in single areas related to the different status of the general speleological investigations.

The locations are distributed in the altitude range of 320 m

to 330 m and between 430 m and 460 m. This is not necessarily a result of preference in other locations than the areas of block debris and bad plane cave formation. We have not found any preference for a stratification plane.

Groups of root stalagmites are found more often than single root stalagmites and a group of locations in small regions are observed more often than single locations.

## 6. Summary

For the first time the long-term measurements of the growing conditions of root stalagmites in the ESG are presented. The observed root stalagmite has an episodic growth related to the general climate with the main influence being precipitation. The average growth rate in the last years was determined to be 1.5 mm/yr. Minimal light and a source of constant dripping water in wet and dry periods are the locations that root stalagmites prefer. Since our investigations show, that only such long-term measurements are able to resolve the growing conditions and rate, the measurements will be continued.

## 7. Acknowledgements

We thank Frank Börner (Dresden) and Hartmut Simmert (Dresden) for their help with the measurements, Martina Glauche (Dresden) for the chemical analyses of the water samples, M. Brust (Auleben) and A. + M. Kupetz (Cottbus) for the fruitful discussions. We also thank Jiri Kopecky (Broumov, Czech Republic) and his colleagues for suggesting and initiating these investigations. Also the help of Jenifer Dijkstra (Bremerhaven) for improving the manuscript is acknowledged.

## 8. References

- ANONYMOUS. 1953. Klimaatlas für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik, Meteorologischer Dienst der DDR, Akademie-Verlag, Berlin
- BÖRNER, F. 1988. Beziehungen zwischen dem Auftreten von Pseudokarsterscheinungen und der Stratigraphie in der Sächsischen Schweiz; 3. Pseudokarstsymposium, Proceedings, Königstein, 16-18
- HIEBSCH, H. & R. WINKELHÖFER. 1973. Die Höhle an der Königsgrube bei Obervogelgesang - Beschreibung und Beitrag zur Spinnen- und Weberknechtfauna; *Der Höhlenforscher*, 5(1) 2-4
- JENIK, J. & J. KOPECKÝ. 1989. Root stalagmites in sandstone caves; Symposium about Pseudokarst, Abstracts,

- Janovický und Broumov, 1985, Prag, *Ceska Speleologicka spolecnost*, 10 (2). 26-34
- RABEN, G. 1996. Belastung sächsischer Wälder durch Bodenversauerung und Schadstoffeinträge; *Sächsische-Schweiz-Initiative*, Heft 12: 32-35
- RÜSSEL, F. 1975. Fledermäuse in den Höhlen des Elbsandsteingebirges Teil 1: Sächs. Schweiz, rechtselbische Seite; *Der Höhlenforscher*, 7(3) 42-43
- SCHÖNE, T., WUTZIG, B. & O. MENGE. 1988. Wurzelstalagmiten in der Sächsischen Schweiz und im Zittauer Gebirge; Dresden, 3. Pseudokarstsymposium, Proceedings, Königstein: 26-27
- WINKELHÖFER, R. 1975. Stalagmitenförmige Wurzelbildungen in Sandsteinhöhlen; *Der Höhlenforscher*, 7(2) 25-26



Figure 2: Distribution of root stalagmites and the main morphological structures

to 350 m and between 450 m and 480 m. This is not necessarily a result of preference in other locations than the area of black debris and red plane cave formation. We have not found any preference for a stratification plane.

Groups of root stalagmites are found more often than single stalagmites and a group of locations in small regions are observed more often than single locations.

## 6. Summary

For the first time the long-term measurements of the growth conditions of root stalagmites in the EBC are presented. The observed root stalagmites have an episodic growth related to the general climate with the main influence being precipitation. The average growth rate in the last years was determined to be 1.3 mm/yr. Minimal light and a source of constant drip water in wet and dry periods are the conditions that root stalagmites prefer. Since our investigations show that only such long-term measurements are able to describe the growing conditions and rate, the measurements will be continued.

## 7. Acknowledgements

We thank Frank Böner (Dresden) and Hans-Jürgen Stünkel (Dresden) for their help with the measurements. Martina Glaser (Dresden) for the chemical analysis of the water samples. M. Böner (Dresden) and A. M. Kopecký (Dresden) for the initial discussions. We also thank Jiri Kopecký (Dresden, Czech Republic) and his colleagues for organizing and participating in these investigations. Also the help of Jindřich Dřímal (Dresden) for improving the manuscript is acknowledged.

Growth period the color of the new roots is white to yellowish, changing to red light changing in the last month to brown.

Also in the investigated root stalagmites the height changes can be found (Fig. 4). During the last three years the height of the root stalagmites did not change and only several cycles were observed in the next years growth did not occur even though each year new roots were present. The first sign of growth occurred in 1995 when a growth of more than 10 mm was observed. That year was characterized by a high precipitation with a normal temperature.

Due to the frequency of episodic growth the age of the root stalagmites cannot be determined precisely. With the previously observed growth rate, minimally high ages would be necessary to explain the height of the root stalagmites. However, with the newly observed episodic growth, the age is reduced to less than 100 years which also seems to be in line with the state of trees in this area, but we cannot find younger root stalagmites and there have been higher growth rates.

One problem, which is still unsolved, is the question of high concentrations of the dripping point. Stalagmites near the dripping point are common and therefore, the position of the dripping point is varying. The root stalagmites in only capable to follow the dripping point within a small range.

## 8. Distribution of root stalagmites

Root forms are found only in sandstone caves. In locations with 35 root stalagmites are known in the EBC area (Fig. 2). The locations are homogeneously distributed with concentration in single areas related to the different stages of the general speleological investigations.

The locations are distributed in the altitudinal range of 350 m

# Phytogenetic formation from cave in noncalcareous host rock, Japan

by Naruhiko Kashima

Department of Resources, College of Agriculture, Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama 790, Japan

## Abstract

This paper is focused on the phytogenetic formation collected from cave in noncalcareous host rock, Japan. A coralloid formation related to phytogenetic processes is characterized by the microbial buildup of diatom and hyphae. The intensity of phytogenetic processes strongly relates to the sunlight from cave entrance and the supply of freshwater. In the investigated cave, the phytogenetic formation is developed in the cave threshold zone.

## Introduction

Recently, many studies of biological processes in karst formation and biological deposition of speleothems have been revealed of secondary mineralization in the cavern environment. Until now, the writer has been reported some biogenic speleothems in the noncalcareous caves in Japan, Korea and U.S.A.

The purpose of the present study is to report the biogenic coralloid speleothems were buildup siliceous precipitates with diatom and hyphae colonies.

## Studied cave and geological setting

The studied Sakakinabaru sea-cave is located on the southern coast of Aguni-jima Island, Okinawa Prefecture, Japan (figure 1).

Aguni-jima Island belongs to Ryukyu Islands Arc and is composed of the Tertiary Aguni Group and the Quaternary Ryukyu limestone.

Aguni Group is subdivided in a southwestern part of Aguni-jima Island. It is subdivided from lower part into the Nishi Formation, the Hudenaki Formation and the Higashi Formation, respectively.

The Nishi Formation consists mainly of dacite. The Hudenaki Formation consists of white to greyish colored fine tuff and tuff breccia. The Higashi Formation consists of intercalation of basaltic and andesitic lava flows and tuff breccia.

The Ryukyu limestone (the Douji Formation), unconformably overlain the Aguni Group, is extensively distributed in the Aguni-jima Island.

Sakakinabaru sea-cave developed in Andesitic lower flow of the Higashi Formation. The cave entrance opens at the foot of the sea-cliff. It is about 10 m wide and 6 m high and measures about 15 m in length.

## Coralloid speleothems

Coralloid speleothems were distributed on the surface of andesitic cave walls, ceiling and the fillings of open joints, where seeping portion of the fresh groundwater. The coralloid speleothems show green to yellowish and brownish colors can be expected for consisting of the phytogenetic formation.

The studied coralloid speleothems are 5 to 10 mm high and 1 to 2 mm in diameter with knobby surface are located on steeply walls in the bottom of cave (figure 2).

The specimens of coralloid speleothems were cemented on a brazen stub with electroconductive and coated with Au.

These specimens were observed with scanning microscope. The coralloid speleothems are revealed to be encrusts of diatoms

(figure 3) the genus of *Melosira* and *Foragilaria* and unclassified hyphae.

## Conclusive remarks

The nature and distribution of the cave flora was described by CUBBON (1976) and HILL & FORTI (1986).

The writer reported some diatom formation in noncalcareous caves (KASHIMA *et al.*, 1989; KASHIMA & OGAWA, 1995).

WANG *et al.* (1993) have summarized that the biokarst deposition, the biokarst carbonate deposits and the light oriented stalactite are ascribed to the microbial buildup formation.

In this paper, the diatom and the hyphae were identified on the specimens of coralloid speleothems from Sakakinabaru sea-cave in Aguni-jima Island.

Considering the previous results and this study, the growing environment of the phytogenetic coralloid speleothems can be attributed to the conditions such as threshold zone and humidity area of seeping groundwater.

Further work on phytogenetic coralloid speleothems is required to the depositional mechanism and divide into classes of the biospecies.

## Acknowledgements

The writer gives grateful thanks to Mr. Tadashi Yamauchi and the member of Scientific Exploration Group of Ehime University for help in carrying out this investigation in Aguni-jima Island.

## References

- CUBBON, B.D. 1976. Cave flora. In: (T.D. FORD and H.D. CULLINGFORD, ed.): The Science of Speleology. Academic Press, New York: 423-452.
- HILL, C.A. & P. FORTI. 1986. Cave minerals of the world. With a historical introduction by T.R. SHAW. National Speleological Society, Huntsville. 238 p.
- KASHIMA, N., IRIE, T. & N. KINOSHITA. 1987. Diatom, contributors of coralloid speleothems from Togawa-Sakaidani-do Cave in Miyazaki Prefecture, central Kyushu, Japan. *Int. J. Speleol.*, 16:95-100.
- KASHIMA, N. & T. OGAWA. 1995. A note Biogenic effects of coralloid speleothems in Round mountain lava cave, Oregon, U.S.A. *J. Speleol. Soc. Japan* 19:8-12.
- WANG, F., CAO, J., HUANG, J., JIANG, L. & WANG, J. 1993. Biosarst. Geological Publishing House, Beijing. 130 p.

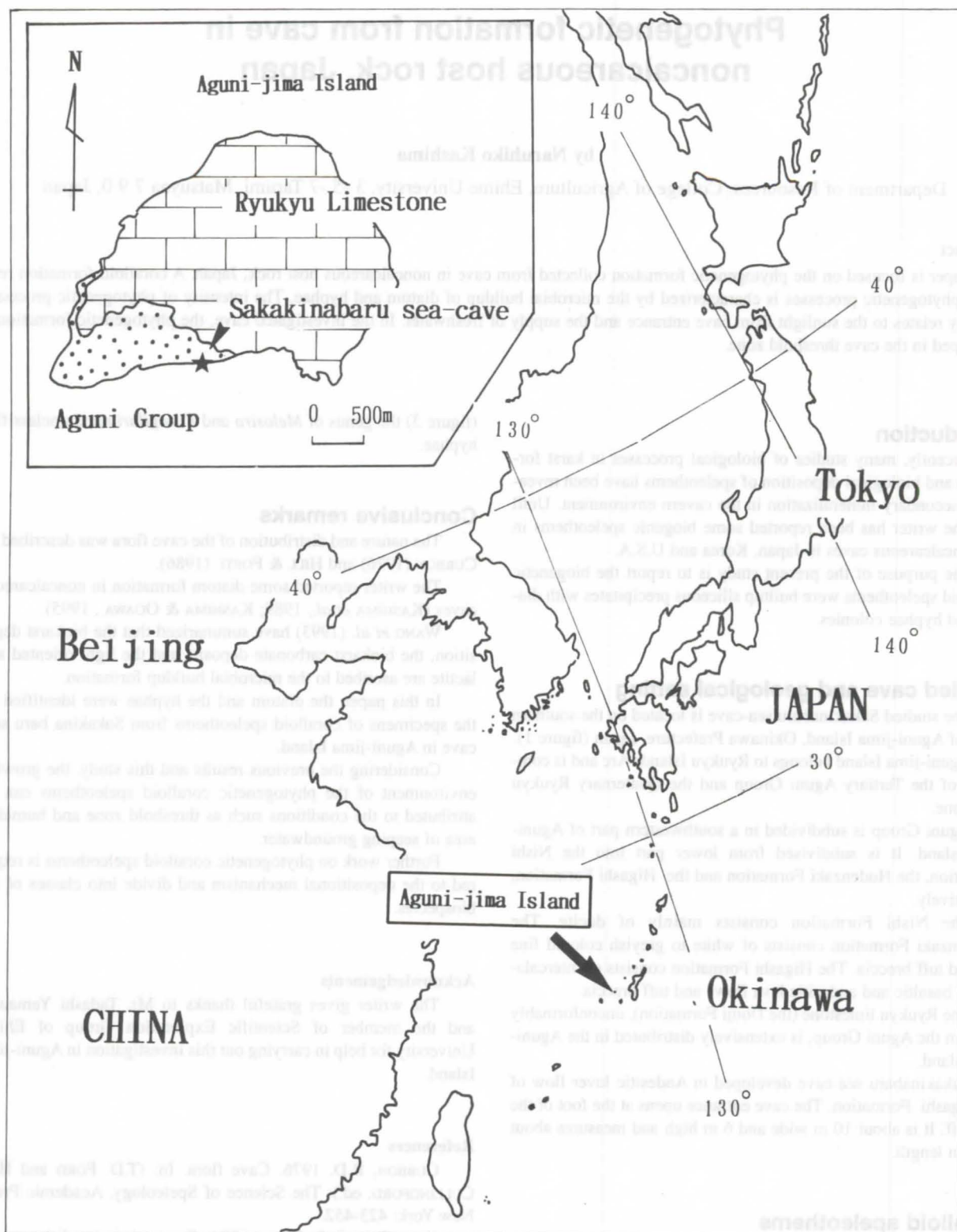
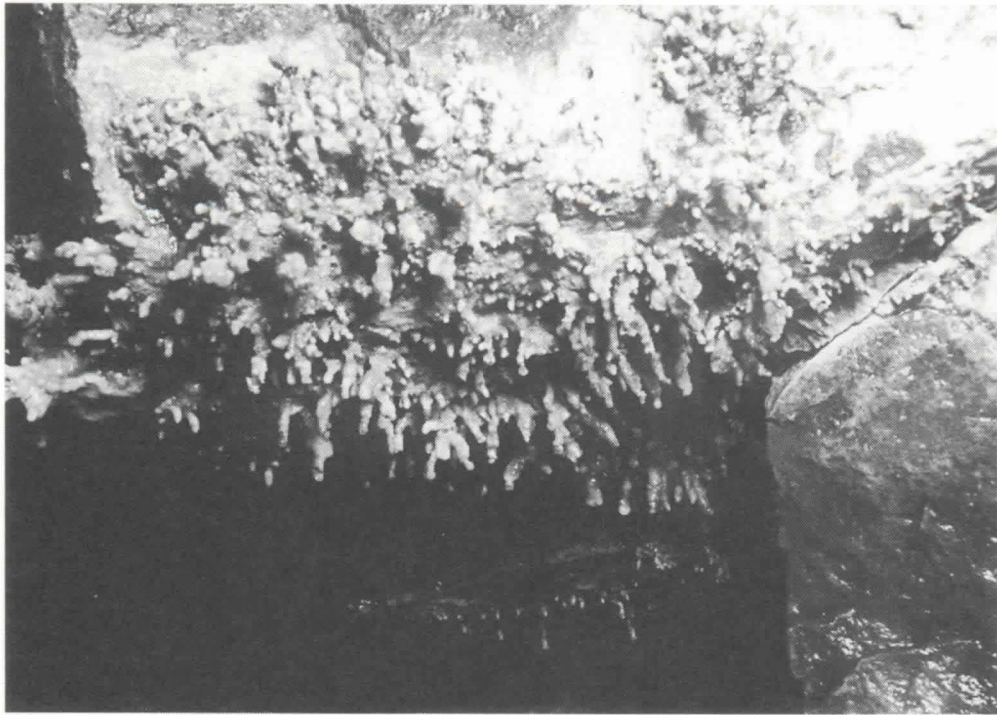
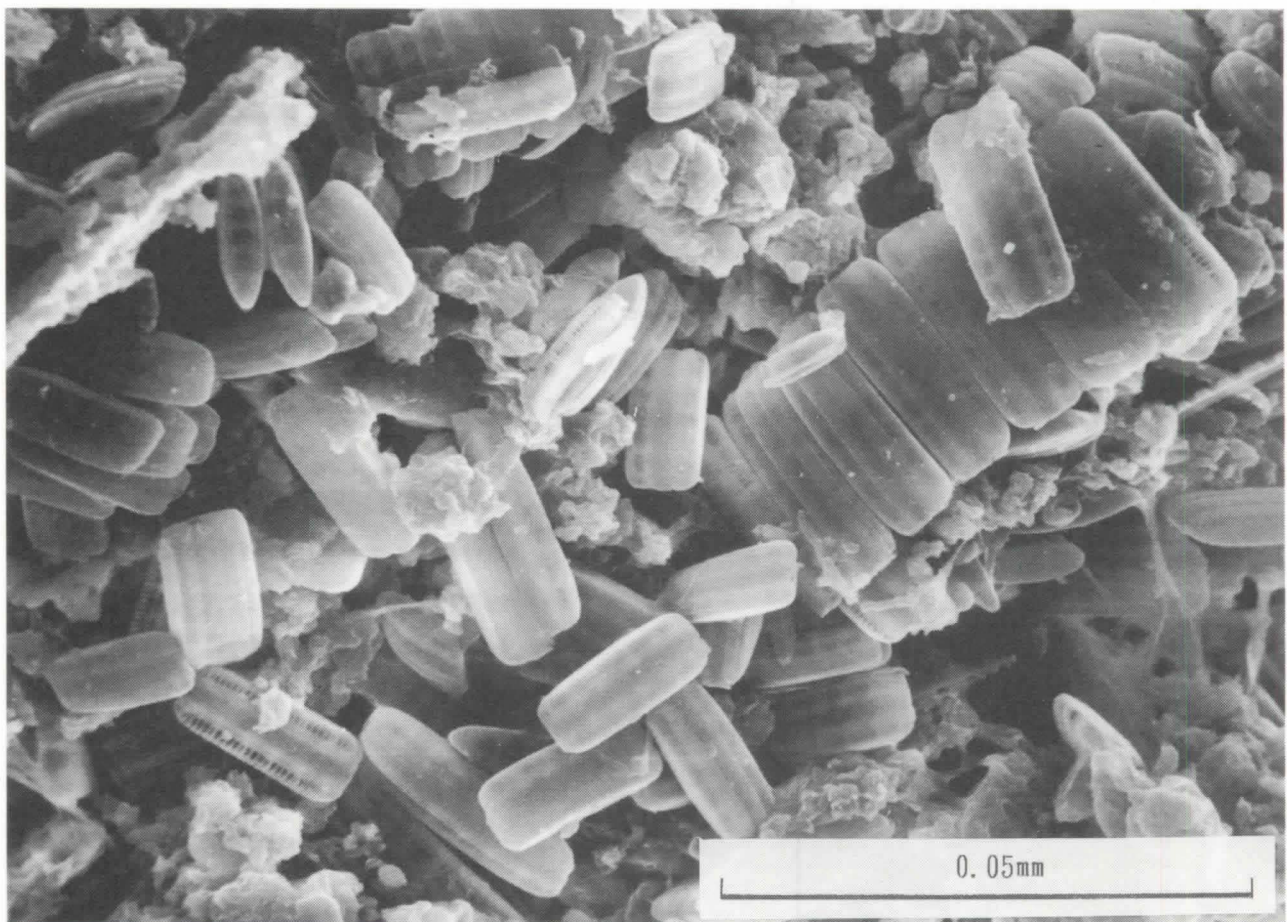


Figure 1. Location and geological setting of Aguni-jima Island and studied Sakakinabaru sea-cave.



*Figure 2. Occurences of the coralloid speleothems in Sakakinabaru sea-cave.*



*Figure 3. Scanning photomicrograph of the surface of coralloid speleothems showing diatom colonies.*



# Microbiological and enzymological researches in some Romanian caves

Elena Manolache, Mihail Dragan -Bularda and Stefan Kiss

"Babes-Bolyai" University, Vegetal Biology Department, 3400 Cluj-Napoca, Romania

## Abstract

The analysis were done in three of the most interesting caves of Romania: Tausoare Cave, Pestera Mare din Valea Firii Cave and Vantului Cave (Carpathian Mountains). The paper describes microbiological and enzymological studies on material sampled from different locations of these caves. It was found by cultivation methods that the cavernicole materials examined contained an appreciable number of aerobic heterotrophic bacteria, a relatively small number of ammonifying, nitrifying, denitrifying, sulphate-reducing and iron-reducing bacteria as well as *Azotobacter*. The counts of actinomycetes, and aerobic mesophilic microfungi were also determined. The enzymological analyses showed that at least some of the samples manifested a series of enzymatic activities. The enzymatic indicator of the biological quality (EIBQ) have been calculated for all three caves.

## 1. Introduction

Numerous countries have done studies on microorganisms from caves, but in Romania the subject has been less treated. Thus, in 1949, POP published a work on the nitrifying bacteria from the Scarisoara Cave. In 1964, DECU and PAPACOSTEA spoke about a series of microorganisms associated with cavernicole coleopteras. In 1972, HODOGEOA published the results of some microbiology and enzymology researches carried out in the Topolnita Cave. A more recently discovered cave (Movile Cave) was characterised as a subterranean chemo-autotrophically based ecosystem by SARBU *et al.* (1994, 1995). Our paper describes the first microbiological and enzymological studies on material sampled from the floor, walls and ceiling of three very interesting caves of Romania.

### General presentation of the caves and sampling places

The Tausoare Cave lies in Eocene limestone, at an altitude of 950 m at the bounds of the Rebrisoara village (Bistrita-Nasaud county), on the western slope of the Barlea Massif (Rodna Mts.). The cave has 365 m in depth and a length of 9,520 m. It is a typical tectonic cave formed on the canyon system of the rock. Its fauna is a very poor one. The underground atmosphere temperature is  $\approx 7.5^{\circ}\text{C}$ ; the relative humidity is 90% (VIEHMANN, 1973).

The Pestera Mare din Valea Firii Cave lies in the Bihor Mts., on the right slope of the Firii Valley, left side tributary stream of the Somesul Cald River. The altitude at the cave's entrance is of 1,165 m. The area belongs to the Bihor Autochthonous from a geological point of view. The cave's total length is of 14,742 m. The cave's dislevelment is of 113 m. In the underground atmosphere the thermal amplitude is  $0.4^{\circ}\text{C}$ , while the yearly average temperature is  $4.9^{\circ}\text{C}$ . Air's relative humidity: 100% (POPA, 1987).

The Vantului Cave lies at an altitude of 325 m in the Bihor Mts. on the right site of the Crisul Repede River, close to the Suncuius village. It's total length is 21,470 m being the longest cave of Romania and one of the longest cave of Europe (17<sup>th</sup> place) and of World (35<sup>th</sup> place) (SZILAGY *et al.*, 1979).

The necessary samples for the microbiological analyses were drawn in aseptic conditions, whereas those for the enzymological analyses were drawn in non-sterile conditions. In the case of the Tausoare Cave, sample materials for microbiological analyses were collected from the following points: sample no. 1 - "Balls Room", wall material, at 205 m depth; sample no. 2 - "Dining-Room", floor material, at 200 m depth; human polluted. Sample materials for the enzymological analyses were collected from the following points: sample no. 1 - "One kilometre Passage", wall material, at 150 m depth; the passage is crossed by a flow of water collected from the surface; sample no. 2 - "The 700 Steps Passage" wall material; at 180 m depth; sample no. 3 - The end of the "One kilometre Passage", wall material; sample no. 4 -

"Mountain's Room" floor material; above the entrance level; sample no. 5 - "700 Steps Passage" between "balconies" I and II; wall material; at 180 m depth; sample no. 6 - Besides the "Iron Gate", wall material; at a 83 m depth; sample no. 7 - "Gyps Passage", crystals' area; floor material, little ventilated and visited zone. sample no. 8 - "Balls Room", wall material (see microbiological sample no. 1).

In the case of Pestera Mare din Valea Firii Cave, sample materials were collected for microbiological analyses from the following points: sample no. 1 - "Dance Room", floor material; at 850 m from the cave's entrance, at -15.3 m height from the datum line; sample no. 2 - "On All Four", floor material; at 2,100 m from the entrance, at -37 m height from the datum line; sample no. 3 - "D. Coman Room", ceiling material; at 1,900 m from the entrance, at +15 m height from the datum line; by diffractometric analysis it was established that the sample consisted mostly of pulver calcite. Samples of materials for the enzymological analyses were collected from the following points of the cave: sample no.1 - "D. Coman Room", floor material (see the microbiological sample no. 3); sample no. 2 - "Room of the Fallen Dome", floor material; at 350 m from the entrance, at -15.3 m height from the datum line; sample no. 3 - "On All Four", ceiling material (see microbiological sample no. 2); sample no. 4 - "Dance Room", floor material (see microbiological sample no. 1); sample no. 5 - "Area of the Closed Circuit", floor material; from the point at 1,800 m from the entrance, at +10 m height from the datum line; sample no. 6 - close to the active passage; floor material; at 3 m above the thalweg of the main affluent, at -45 m height from the datum line; sample no. 7 - "Bringing Back" wall material; at 1,300 m from the entrance, at -20 m height from the datum line; sample no. 8 - "Pocket Room", wall material; at 1,000 m from the entrance, at +13 m height from the datum line.

For Vantului Cave the same clay samples were analysed for both microbiological and enzymological studies: sample no. 1 - "Active Gallery", floor material; at 17 m from the entrance, close to the thalweg of the main affluent, from a terrace placed 50 m above it; the zone is strongly ventilated both in summer and winter; sample no. 2 - floor material, point situated at 320 m from the entrance, close to the thalweg of the main affluent, the terrace from where it was collected being 1.5 m above it; the area is strongly ventilated; sample no. 3 - floor material; the collecting site is located at a superior floor at 700 m from the entrance; the area is very low ventilated and is almost virgin.

## 2. Methods

The samples brought to the laboratory were kept in the refrigerator for three days ( $+4^{\circ}\text{C}$ ), and then analysed in order to determine the number of bacteria belonging to different physiological

and morphological groups and to lay an emphasis on the azotobacter.

**Cultivation media.** The number of the aerobic heterotrophic bacteria was determined on gelose media. Elective media with  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  or  $\text{NaNO}_2$  were used in order to determine the most probable number of the nitrite- and nitratebacteria, respectively (POCHON, 1954). Peptonated water was used for ammonifying bacteria determination. For the denitrifying bacteria cultivation the de Barjac medium was used (POCHON, 1954), for the sulphate-reducing bacteria was used the Van Delden medium (ALLEN, 1957) and for iron-reducing bacteria determination the modified Ottow medium have been used (OTTOW, 1968).

**Cultures' examination:** Cultures were macroscopically or/and chemically examined.

The direct microscopic examination of slides by phenicated erythroline staining was performed (POCHON, 1954) for determining the number of bacteria from different morphological groups. This direct method allows for the pointing out of both living and dead bacteria, but without differentiating them.

**Azobacter's emphasising.** An elective medium with manitol was used on this purpose (FEDOROV, 1951). The inoculation was performed with the little grains of the two material samples (25 little grains/Petri dish) coming from the Tausoare Cave. Incubation: 28°C/10 days. The macroscopic and microscopic observation of the colonies proved the azotobacter's presence.

The sucrase, catalase, as well as actual and potential dehydrogenase activities were determined. Blends of witness reactions without substratum, respectively without cavernicole material were prepared when determining each enzymatic activity. The measured value of each of the activities in the case of each of the 8+8+3 analysed samples (absolute value) served in calculating the relative value, taking as 100% the maximum absolute value registered in one of the 19 samples. The sum of the relative values is the enzymatic indicator of the biological quality (EIBQ) of the sample (DRAGAN-BULARDA *et al.*, 1987). The presence of other enzyme activities (maltase, cellobiase, lactase, amilase, dextranase and inulinase) was only followed by qualitative tests (paper chromatography)(WRIGHT *et al.*, 1957).

### 3. Results and discussion

We can notice from the table no.1 that the most numerous bacteria in each sample are *aerobic heterotrophic* bacteria. Their number related to 1 g oven-dry matter varies between  $\sim 1.8 \times 10^6$  and  $\sim 8.8 \times 10^6$ . These values are very low if compared to the number of

bacteria living in 1g of fertile soil (several hundreds of million or even thousand million). The number of aerobic heterotrophs is higher in the floor material then in the wall and ceiling materials. At the same time, the floor materials from the Vantului Cave contain more aerobic heterotrophic then those from the Tausoare Cave and Pestera Mare din Valea Firii Cave. *Ammonifying* bacteria were emphasised within all analysed materials. The highest number was reached in the floor material from sample no. 1 (Vantului Cave), and the lowest in the floor material from the sample no. 2 (Pestera Mare din Valea Firii Cave)  $\sim 18,000$ , respectively  $\sim 1,000$  bacteria/g dry material. The *nitrite-* and *nitratebacteria* studied in the Pestera Mare din Valea Firii Cave and Vantului Cave were emphasized in each sample. The number of the nitritebacteria was about 10 times higher than the nitratebacteria in the floor materials ( $\sim 7,000$ , respectively  $\sim 700$  bacteria) and over 20 times higher in the ceiling material (3,441, respectively 165 bacteria) in the Pestera Mare din Valea Firii Cave, while in Vantului Cave these two groups of bacteria were found in the same proportion, less in the sample no. 2 where the nitratebacteria were lacking.

The *sulphate-reducing* bacteria were absent in the floor material from all caves (less the sample no. 2 from Vantului Cave). They were present, although in a very small numbers, in the floor and ceiling material (14, respectively 54 bacteria/g dry material). The number of the *iron-reducing* bacteria within the analysed material varied between large limits (15 and 22,779 bacteria/g dry material). The floor material contained more iron-reducing bacteria than the wall and ceiling one, in all three caves.

As expected, the number of bacteria (living + dead) obtained by direct (microscopically) method within the 5 cavernicole analysed materials show values between  $\sim 10 \times 10^6$  and  $\sim 53 \times 10^6$  which is on average, 10 times higher than the number of aerobic heterotrophic bacteria found by cultivation methods. The small cocci representing  $\sim 90\%$  out of the total bacteria number are predominant. The different sized little rods and the filaments are more rare.

The *Azotobacter* was present in the two cavernicole materials examined which came from the Tausoare Cave. Out of the total of 25 little grains inoculated in the Petri dishes with elective medium, only 4 little grains (16%), on the average, allowed the appearance of azotobacter colonies (wall material), and 11 little grains (44%), on the average, in case they came from the floor material.

The absolute and relative values of the enzymatic activities (sucrase, catalase as well as actual and potential dehydrogenase), together with the enzymatic indicator of the biological quality

| Cave                              | No. sample | Heterotrophic bacteria | Ammonifying bacteria | Nitrite-bacteria | Nitrate-bacteria | Denitrifying bacteria | Sulphate-reducing bacteria | Iron-reducing bacteria |
|-----------------------------------|------------|------------------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| Tausoare Cave                     | 1          | $1.85 \times 10^6$     | 2727                 | N.D.*            | N.D.             | 1818                  | 14                         | 15                     |
|                                   | 2          | $2.67 \times 10^6$     | 2105                 | N.D.             | N.D.             | 165                   | 0                          | 194                    |
| Pestera Mare din Valea Firii Cave | 1          | $6.11 \times 10^6$     | 17879                | 7127             | 647              | 314                   | 0                          | 1800                   |
|                                   | 2          | $4.93 \times 10^6$     | 1043                 | 6992             | 743              | 1529                  | 0                          | 22779                  |
| Vantului Cave                     | 3          | $1.79 \times 10^6$     | 2817                 | 3441             | 161              | 677                   | 54                         | 1840                   |
|                                   | 1          | $4.3 \times 10^6$      | 18392                | 432              | 432              | 4003                  | 0                          | 1190                   |
| Vantului Cave                     | 2          | $8.8 \times 10^6$      | 4373                 | 852              | 0                | 196                   | 43                         | 2296                   |
|                                   | 3          | $2.2 \times 10^6$      | 3414                 | 224              | 224              | 448                   | 0                          | 1021                   |

Table 1. The most probable number of bacteria from different physiological groups/g dry material \*N.D. - not determined

(EIBQ) of the cavernicole materials analysed are registered in table no. 2. We can notice from here that the sucrase activity was measurable in all samples.

The catalytic activity was also present in each of the cavernicole materials, except of one wall sample collected from the Pestera Mare din Valea Firii Cave. The maximum activity was registered within a wall material from the Tausoare Cave, where the wall and ceiling materials had generally higher values of the catalase activity than the floor ones. An opposite tendency can be noticed in the case of the Pestera Mare din Valea Firii Cave.

The actual dehydrogenase activity could neither be emphasized in the samples coming from the Tausoare Cave nor in sample no. 3 from Vantului Cave. This activity was measurable within 3 of the floor materials collected and within one ceiling material from the Pestera Mare din Valea Firii Cave and within 2 floor materials from Vantului Cave.

The potential dehydrogenase activity could be measured in each sample. We should notice that this activity provided the maximum value in the wall material (Tausoare Cave), where the actual dehydrogenase was absent. The absolute (and relative)

| Cave                                    | No. | Activity<br>sample exproimation* | SA**   | CA**   | DA**    |           | EIBQ*** |
|---|-----|----------------------------------|--------|--------|---------|-----------|---------|
|   |     |                                  |        |        | actual  | potential |         |
| Tausoare<br>Cave                        | 1   | a.v.                             | 0,70   | 3,85   | 0       | 2,587     |         |
|   |     | r.v.                             | 24,82  | 88,10  | 0       | 100,000   | 212,92  |
|   | 2   | a.v.                             | 0,30   | 3,83   | 0       | 0,187     |         |
|   |     | r.v.                             | 10,64  | 87,64  | 0       | 7,240     | 105,52  |
|   | 3   | a.v.                             | 0,40   | 2,15   | 0       | 1,612     |         |
|   |     | r.v.                             | 14,18  | 49,20  | 0       | 62,310    | 125,69  |
|   | 4   | a.v.                             | 0,62   | 2,61   | 0       | 0,812     |         |
|   |     | r.v.                             | 21,98  | 59,72  | 0       | 31,400    | 113,10  |
|   | 5   | a.v.                             | 0,53   | 1,30   | 0       | 0,080     |         |
|   |     | r.v.                             | 18,80  | 29,02  | 0       | 3,380     | 51,20   |
|   | 6   | a.v.                             | 0,63   | 4,37   | 0       | 0,120     |         |
|   |     | r.v.                             | 22,34  | 100,00 | 0       | 4,830     | 127,17  |
|   | 7   | a.v.                             | 0,62   | 1,39   | 0       | 0,650     |         |
|   |     | r.v.                             | 21,98  | 31,81  | 0       | 25,120    | 78,91   |
|   | 8   | a.v.                             | 0,65   | 2,87   | 0       | 0,450     |         |
|   |     | r.v.                             | 23,05  | 65,67  | 0       | 17,390    | 106,11  |
| Pestera Mare<br>din Valea<br>Firii Cave | 1   | a.v.                             | 1,51   | 3,37   | 0,075   | 0,075     |         |
|   |     | r.v.                             | 53,54  | 77,12  | 14,280  | 2,900     | 147,84  |
|   | 2   | a.v.                             | 1,97   | 2,54   | 0       | 0,837     |         |
|   |     | r.v.                             | 69,85  | 58,12  | 0       | 32,350    | 160,32  |
|   | 3   | a.v.                             | 1,56   | 3,03   | 0,012   | 0,275     |         |
|   |     | r.v.                             | 55,31  | 69,33  | 2,380   | 10,630    | 137,65  |
|   | 4   | a.v.                             | 1,62   | 0,42   | 0,062   | 0,100     |         |
|   |     | r.v.                             | 57,47  | 9,61   | 11,800  | 3,860     | 82,74   |
|   | 5   | a.v.                             | 1,63   | 1,52   | 0,525   | 0,187     |         |
|   |     | r.v.                             | 57,80  | 34,78  | 100,000 | 7,230     | 199,81  |
|   | 6   | a.v.                             | 0,70   | 3,26   | 0       | 0,137     |         |
|   |     | r.v.                             | 24,82  | 74,60  | 0       | 5,130     | 104,55  |
|   | 7   | a.v.                             | 2,82   | 1,26   | 0       | 0,225     |         |
|   |     | r.v.                             | 100,00 | 28,83  | 0       | 8,700     | 137,53  |
|   | 8   | a.v.                             | 1,59   | 0,00   | 0       | 0,087     |         |
|   |     | r.v.                             | 56,38  | 0,00   | 0       | 3,360     | 59,74   |
| Vantului<br>Cave                        | 1   | a.v.                             | 1,62   | 3,53   | 0,373   | 1,375     |         |
|   |     | r.v.                             | 57,44  | 57,89  | 71,040  | 53,150    | 239,52  |
|   | 2   | a.v.                             | 1,97   | 2,54   | 0,425   | 2,463     |         |
|   |     | r.v.                             | 69,85  | 58,12  | 80,950  | 95,200    | 304,12  |
|   | 3   | a.v.                             | 0,62   | 1,26   | 0       | 0,075     |         |
|   |     | r.v.                             | 21,98  | 28,83  | 0       | 2,890     | 53,70   |

Table 2. Enzymatic activities and EIBQ of the cavernicole samples

\* a.v. - absolute values; r.v. - relative values

\*\* SA - Sucrase activity; CA - Catalase activity; DA - Dehydrogenase activity

\*\*\* EIBQ - Enzymatic indicator of the biological quality (the sum of relative values)

values of the potential dehydrogenase activity are characterised by a large variability within the 19 cavernicole materials analysed (between 0.075 and 2.587, respectively 2.89 and 100%).

The enzymatic indicator of the biological quality (EIBQ) does not reach in either of the 19 analysed samples the maximum theoretical value (4 activities  $\times$  100% = 400), but varies between 51.20 and 304.12. The samples take different quality positions in accordance to this indicator. A floor material from the Vantului Cave having an EIBQ = 304.12 occupies the 1<sup>st</sup> position (globally it is the most active from an enzymological point of view). The 2<sup>nd</sup> position is taken also by a floor material from Vantului Cave, while the 3<sup>rd</sup> position is taken by the floor material collected from the Pestera Mare din Valea Firii Cave, whereas the last one (19<sup>th</sup>) is taken by the wall material collected in the "700 Steps Passage", between the "balconies" I and II (Tausoare Cave).

The qualitative enzymatic tests proved the presence of a weak cellobiase and maltase activity in the absence of the others (lactase, amylase, dextranase and inulinase), in each of the 8 samples coming from the Tausoare Cave but they have not been provided for Vantului Cave. Two still weak activities, could be pointed out in the Pestera Mare din Valea Firii Cave, but only in some samples, that is: the maltase activity in samples no. 1, 3, 4, 6, and 7 as well as the inulinase activity in no. 1 and 3 samples.

The floor materials from Vantului Cave distinguish themselves from those coming from Pestera Mare din Valea Firii Cave and Tausoare Cave by the higher number of aerobic heterotrophic bacteria, and by a higher average value of the EIBQ. These ascertained facts can be explained on the basis of some literature data. CAUMARTIN (1964) studying the microorganisms from different caves in France reached the conclusion that the caves containing large quantities of clay are also richer in microorganisms. HODOROGA (1972) draws the same conclusions after his studies in the Topolnita Cave (a cave with lots of clay). In the Tausoare Cave the clay is almost absent. In exchange, the Pestera Mare din Valea Firii Cave and Vantului Cave have numerous clayey zones. That the clay has the capacity of absorbing the bacteria, nutrients and enzymes is a well known fact which favours bacteria growing and enzymes accumulation.

#### 4. Conclusions

1. Several million of aerobic heterotrophic bacteria/g dry material were emphasised, by cultivation methods, out of the 8 floor, wall and ceiling material samples collected from Tausoare Cave, Pestera Mare din Valea Firii Cave and Vantului Cave. All samples or at least, some of them contain a small number of ammonifying, nitrite- and nitratebacteria, denitrifying, sulphate- and iron-reducing bacteria as well as azotobacter. Several tens of million living + dead bacteria/g material were emphasised by the

direct (microscopically) method; most of the bacteria are small cocci.

2. The 8 + 8 + 3 floor, wall and ceiling materials collected from the same three caves or at least same of the samples, manifested a series of enzymatic activities (sucrase, catalase, potential and actual dehydrogenase as well as maltase, cellobiase and inulinase). But the lactase, amylase and dextranase activities were not detectable in either sample.

The floor clay materials collected from the Vantului Cave distinguish themselves from those of the Pestera Mare din Valea Firii Cave and the Tausoare Cave by the higher number of aerobic heterotrophic bacteria and by the higher average value of the enzymatic indicator of the biological quality.

#### References

- ALLEN, O.N. 1957. Experiments in Soil Bacteriology. Third Ed., Burgess, Minneapolis, Minnesota.
- CAUMARTIN, V. 1964. Essai sur une etude au microscope electronique de la microflore des sediments argileux de cavernes. *Int. J. Speleol.*, 1(1-2), 1-12.
- DECU, V. & P. PAPACOSTEA. 1964. Anatomische und mikrobiologische Untersuchungen uber einige Arten von hohlenbewohnenden Coleopteren aus Oltenien (Rumanien). *Rovartani Kozl.*, 17(3), 76-81.
- DRAGAN-BULARDA, M., BLAGA, G., KISS, S., PASCA, D., GHERASIM, V. & R. VULCAN. 1987. Effect of long term fertilisation on the enzyme activities in a technogenic soil resulted from the recultivation of iron strip mine spoils. *Studia Univ. Babes-Bolyai, Biol.*, 32(2), 47-52.
- FEDOROV, M. V. 1951. Rukovodstvo k prakticeskim zaniatiim po mikrobiologhii. Izd. Selskhoz. Lit., Moskva.
- HODOROGA, P. 1972. Recherches microbiologiques dans la grotte de Topolnita (Roumanie). *Trav. Inst. Speol. Emile Racovitza* (Bucarest), 11: 335-342.
- OTTOW, J.C.G. 1968. Evolution of iron-reducing bacteria in soil and the physiological mechanism of iron reduction in *Aerobacter aerogenes*. *Z. Allg. Mikrobiol.*, 8: 441-443.
- POCHON, J. 1954. Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. Masson, Paris.
- POP, E. 1949. Bacterii nitrificatoare in pestera de la Scarisoara. *Bul. Stiint. Acad. Rom. Ser. A*, 1: 899-907.
- POPA, C. 1987. Date preliminare privind monografia Pesterii Mari din Valea Firii, Proc. of Theoretical and Applied Karstology Simp. (Herculane, Romania, 1987).
- SARBU, S.M., KINKLE, B.K., VLASCEANU, L. & T.C. KANE. 1994. Microbiological characterization of a sulfide-rich groundwater ecosystem. *Geomicrobiol. L.*, 12: 175-182.
- SARBU, S. M. & T. C. KANE. 1995. A subterranean chemoautotrophically based ecosystem. *NNS Bull.*, 57: 91-98.
- VIEHMANN, I. 1973. Resultats de l'expedition belgo-roumaine de la grotte de Tausoara (Monts Rodna, 1971), Proc. 6<sup>th</sup> Int. Congr. Speleol. (Olomouc, 1973), 8: 229-232.
- WRIGHT, S. W., ULSTROM, R. A., DAVIS, H.A. & C.E. RIST. 1957. Studies on carbohydrates in body fluids. Identification by means of paper chromatography. *Amer. Med. Assoc. J., Diseases Children*, 93: 173-181.

# Mikrobiologische Prozesse im Karst(wasser)Körper

von Benjamin Menne

Büro für Ingenieurbilogie, Umweltanalytik und Speläologie, Hartfeldstr. 32 D-75417 Mühlacker, Germany

## Abstract

The microbiological processes in the karst are still largely unknown. Differential processes of the subterranean microbiocenosis are represented with concrete examples. Some studies underline the division of microbiological reaction-zones in the karstsystem. Autecological methods show that sand, karst water-tables and cave streams are preferential biotopes. Strong dependences on the biotope temperature could be stated. Distance to the surface, moisture content of the sediments and sediment structure are further factors. The formation of ecological races in germs isolated from the karst was proved. The available data allow first discussions about a basic model of Karstmicrobiology.

## 1. Historische Entwicklung der karstmikrobiologischen Forschung

Im deutschen Sprachraum fand das Vorkommen von Bakterien im Karst und in Höhlen schon früh die Aufmerksamkeit der Forscher. Interessante Untersuchungen sind z.B. bei MORTON und GAMS (1926) sowie DUDICH (1930, 1932) zu finden. Schon die ersten Untersuchungen zeigen eine Zerteilung der Karstmikrobiologie in die Bereiche „Sessile Mikrobiologie“ und „Mobile Mikrobiologie“ an.

Die Untersuchung der Sessilen Mikrobiologie ist anfangs häufig eng verknüpft mit der Betrachtung der Chasmatoflora. Intensive Studien des Themas werden von CAUMARTIN (1963) und GOUNOT (1970, 1973) durchgeführt. POULSEN und WHITE (1969) weisen auf die Zusammenhänge zwischen räumlicher und zeitlicher Differenzierung der Mikroflora und Verschmutzungsprozessen hin. In neuerer Zeit sind systematische Arbeiten in dieser Richtung durchgeführt worden (MENNE & RÜCKERT, 1988; MENNE, 1992, 1996a, b). Dabei findet durch mehrere Forschergruppen auch die Biofilmbildung im Karst Einzug.

Historische Anlässe zur Erforschung der mobilen Mikrobiocenose ergaben sich unter anderem aus Epidemien in der Bevölkerung, welche auf verseuchtes Trinkwasser zurückzuführen waren (GÄRTNER, 1902). Dabei kam es auch schon früh zur Freisetzung von Bakterien ins Karstsystem als Tracer (GÄRTNER, 1915; KÄSS, 1991). Heute müssen diese Versuche, mit Ausnahme vielleicht der Sporentrift, aufgrund der meist völlig unbekannten Randbedingungen, sehr kritisch bewertet werden (HOLUBAR u. HEURITSCH, 1996). Ein wesentliches Kennzeichen aller dieser Experimente sind die oft extrem niedrigen Wiederfindungsraten (ZÖTL, 1974). Häufig tauchen in der Literatur Befunde auf, welche Quellen und Aquifere aus dem tiefen Karst als weniger mikrobiologisch „belastet“ erscheinen lassen denn Quellaustritte des seichten Karstes (SCHOLZ, 1993; MEHLHORN & FLINSBACH, 1993; SCHÖTTLER, 1995; PAVUZA & TRÄNDL, 1985). Neuere Untersuchungen zeigen jedoch auch, daß generalisierte Betrachtungen problematisch sind. Selbst im seichten Karst kommt es zu extremen Verschiedenheiten des bakteriellen Outputs von Karstquellen, selbst dann wenn relativ begrenzte Gebiete untersucht werden (SCHMIDT, 1996).

Insgesamt sind die vorhandenen Befunde noch weit davon entfernt, ein einheitliches Bild der Verteilung von Mikroorganismen im Karstsystem zu geben oder gar Prozesse gutachterlich bewertbar zu machen. Dies liegt vor allem daran, daß die überwiegende Anzahl der Befunde von aussen, mithin sozusagen ferndiagnostisch, vorwiegend über die heterotrophe Keimfrucht der Quellwässer gemacht wurden. Noch zu wenige

Forscher haben sich bisher mit dem Thema von „innen“, also im Karstsystem selbst, auseinandergesetzt.

## 2. Einige Erkenntnisse zum Vorkommen von Mikroorganismen in Karst(wasser)körpern

### 2.1 Grundlegende Vorstellungen zur Sukzession

Ausgehend von der geologischen Lehrmeinung zur Entstehung der Karbonatgesteine, also der Bildung in Flachmeeren mit anschließender diagenetischer Verfestigung und Heraushebung sowie tektonischer Beanspruchung, läßt sich ein Szenario bezüglich der Besiedelung der Karstgebirgskörper ableiten.

Vereinfachend formuliert, kann der Gesteinskörper im Anschluß an die Diagenese wohl als weitgehend steril betrachtet werden. Die ganz überwiegende Mehrheit der Organismen, die wir heute in Karstgebirgskörpern finden, ist ursprünglich von außen eingewandert. Dabei konnte die Einwanderung mit der Bildung der ersten Klüfte beginnen (MENNE & RÜCKERT, 1988). In Abhängigkeit von den herrschenden Klimaverhältnissen, der geographischen Lage und der sich auf der Landschaftsoberfläche entwickelnden und verändernden Vegetation, konnten Organismen sowohl passiv durch mechanische Verfrachtung als auch aktiv durch Eigenbewegungen in die Klüfte des Gesteins vordringen. Mit dem Ausweiten der Klüftstrukturen oder der Größe der Protocaves nimmt auch die Größe der möglichen Einwanderer zu. Sukzession und Verkarstung sind somit aufs engste miteinander verknüpft.

Es bleibt somit festzuhalten, daß Mikroorganismen die ersten Bewohner des Spaltensystems der Karbonatgesteine sind und mit dem eindringenden Wasser dort verteilt und abgelagert oder auch wieder ausgeschwemmt werden.

### 2.2 Modellhafte Darstellung der mikrobiologischen Vorgänge in Karstwasserkörpern

Untersuchen wir nun stichworthaft, welche Faktoren grundsätzlich die Besiedelung eines verkarsteten Gesteinskörpers bestimmen können (siehe PAVUZA & TRÄNDL, 1985; MENNE & RÜCKERT, 1988).

Die weitverbreitete Vorstellung, daß Bakterien vorwiegend Driftkörper im Karst sind, ergibt sich aus der oben referierten historischen Ausrichtung der Forschung. Diese Idee hat jedoch mit der Realität möglicherweise nicht allzuviel gemein. In Tabelle 1 werden die wichtigsten Faktoren aufgeführt, welche die Mikrobiocenosen des Karstes prägen.

**Tabelle 1 : Hauptfragestellungen bei der Untersuchung von Karstmikrobiocönosen**

1. Wie werden die Organismen transportiert? [aktiv, passiv; Medium]
2. Welche Organismen werden transportiert? [Bakterien, Viren, Algen, Hefen, Pilze, Protozoen etc.]
3. Woher stammen die transportierten Organismen? [Karstkörper, Oberfläche: Regen, Boden, Abwasser etc.]
4. Welche regionalen Faktoren liegen vor? [Vegetation, Höhenlage, geografische Lage, Jahreszeit, Klima etc.]
5. Welche Eintrittsarten in den Karst sind gegeben? [punktförmig, flächig; direkt, indirekt]
6. Welche Be- und Entladungsprozesse sind im Gestein vorhanden? [Tod, Fraß, Ad-/Desorption, Biofilmbildung, Sedimentation, Filterung etc.]
7. Welche biochemischen Prozesse i.w.S. sind nachweisbar? [Genexpression, Selektion etc.]
8. Welche Zusammensetzung hat die exportierte Mikrobiocönose? [unveränderte Restladung des freien Wassers, remobilisierte Zellen, Descendeten der subterranean Biocönose, desorbierte Zellen usw.]
9. Von welchem Vitalitätsstatus sind die exportierten Organismen? [normal, subletal geschädigt, Sporen etc.]

In Abhängigkeit von den erfragten Faktoren ergibt sich eine mögliche mikrobielle Besiedelung des Karstsystems, welche sowohl räumlich als auch zeitlich hoch strukturiert sein kann. Für den mehr sessilen Anteil der Biocönose kommen folgende Standorte in Frage:

- Kluft-, Spalten- und Wandflächen inklusive sekundärer mineralischer Bildungen an denselben wie: Sinter, Montmilch etc.,
- Sedimente.

Für den mobilen Anteil der Karstmikrobiocönose können folgende Lebensräume benannt werden:

- Kluft-, Spalten-, Tropf- und Sickerwässer
- „Höhlenbäche“ der vadosen Zone, Rockpools
- Karstwasserspiegel, Karstgrundwasser.

Die Diversität von Bakterienpopulationen im Grundwasser ist allgemein sehr hoch (HIRSCH *et al.*, 1992). Auch innerhalb von Höhlen wurden bei der Untersuchung von Einzelstandorten hohe Artenzahlen nachgewiesen. RUSTERHOLTZ und MALLORY (1994) untersuchten zwei Proben aus der Mammoth Cave (USA) und fanden dort an einem Höhlenstandort mehr als 100 Bakterienstämme (Arten?), von denen sie nur einen Teil endgültig determinieren konnten.

BAUER (1984) beschreibt die Tatsache, daß eingetragene Schadstoffe - auch pathogene Bakterien - sowohl schnell, als auch mit erheblicher, ja jahrzehntelanger Verzögerung aus den Quellen austreten können.

### 3. Neuere Untersuchungen zu sessilen Mikrobiocönos in Karstsystemen

Der Autor hatte hier in den vergangenen Jahren guten Erfolg mit der Organismengruppe der Myxobakterien.

Ihre Ökologie ist gut untersucht, die Determinierung auch ohne Reinraum möglich (RÜCKERT, 1980; REICHENBACH & DWORKIN; 1992). Diese Vorteile liessen eine systematische

Durchforschung von Höhlensedimenten nach Myxobakterien sinnvoll erscheinen. Wie Tabelle 2 verdeutlicht, sind Höhlen im Vergleich zu anderen „kalten“ Biotopen allgemein gut mit Myxobakterien besiedelt.

| Bezeichnung        | PZ  | %pos. | AAZ | DAZ  |
|--------------------|-----|-------|-----|------|
| (sub)alpine Böden  | 156 | 91    | 6   | 1,50 |
| alpine Böden       | 16  | 94    | 5   | 1,75 |
| subarktische Böden | 61  | 89    | 4   | 1,17 |
| arktische Böden    | 22  | 24    | 4   | 0,30 |
| subcutane Böden    | 30  | n.b.  | 5   | 1,09 |
| Meeresgrund        | 15  | 80    | 4   | 1,20 |
| Höhlenböden        | 107 | 88    | 5   | 2,14 |
| Summen/Durchs.     | 407 | 86    | 7   | 1,31 |

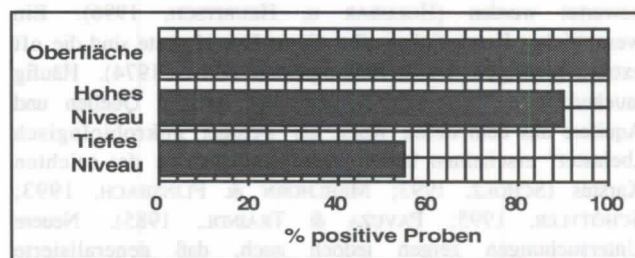
**Tabelle 2 : Myxobakterien in kalten Biotopen** (PZ = Probenzahl, %pos = Anzahl von Myxobakterien befallener Proben, AAZ = absolute Artenzahl, DAZ = durchschnittliche Artenzahl; MENNE, 1991)

Untersucht wurden Höhlen in Mitteleuropa, wobei in einigen Regionen kleine Ökosystem-Studien gemacht wurden (MENNE & RÜCKERT, 1988; MENNE, 1992, 1996). Zur Untersuchung kamen klastische Lockersedimente.

### 3.1 Vertikale Zonierung von Myxobakterien im Wildpalfensystem (Hagengebirge, Nationalpark Berchtesgaden)

Aus dem Umstand, daß der Karstkörper häufig in drei Hauptzonen aufgeteilt wird (Boden und subcutane Zone, vadosa Zone, phreatischer Bereich), ergibt sich zwanglos die Frage nach Unterschieden in der Besiedlung des Gesamtprofils.

Mit einem Flurabstand des tiefen Karstwasserspiegels von über 1000m steht am Wildpalfen eine ausgedehnte vadosa Zone zur Beobachtung offen. Die Probenahme erfolgte meist bei Neulandforschung (MENNE, 1997). Im Wildpalfensystem können zwei horizontale Gangniveaus festgestellt werden. Die Flurabstände betragen 100m bzw. 250m bis 400m. Im Höhlensystem und an der Oberfläche wurden ca. 45 Sedimente entnommen und auf ihre Besiedlung durch Myxobakterien untersucht.



**Abbildung 1a : Flurabstand und Myxobakterienbefall im Wildpalfensystem in % positiver Proben**

Es stellte sich heraus (Abb1a), daß die Zahl der myxobakterienhaltigen Proben von der Oberfläche über das hohe Niveau zum tiefen Niveau hin stetig abnahm. Dieser Befund war an sich erwartet worden, da es sich bei Myxobakterien um allgemein mesophile Boden- und Darmbakterien handelt. Zu näheren Untersuchungen gab die quantitative Verteilung Anlass (Abb.1b).

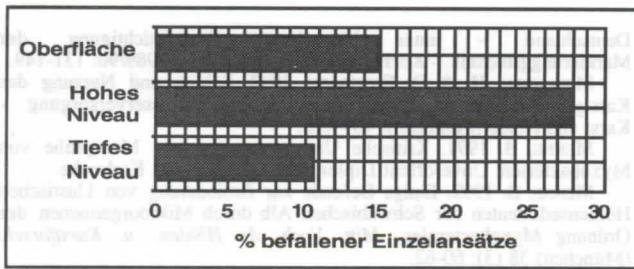


Abbildung 1b : Flurabstand und Myxobakterienbefall im Wildpalfensystem in quant. Betrachtung

Nicht an der Oberfläche, sondern im hohen Niveau konnten die meisten Myxobakterien nachgewiesen werden. Somit kommt es hier zu einer Bakterienanreicherung in den Sedimenten der obersten 100m dieses Gebirgsstockes. Die Abnahme der Anzahl positiver Proben im oberen Niveau ist wohl Zeichen der lateralen (horizontalen) Inhomogenität des Karstkörpers und somit auch Ausdruck eines Differenzierungsprozesses. Es sei noch angemerkt, daß auch die durchschnittliche Artenzahl im hohen Höhlenniveau am größten war.

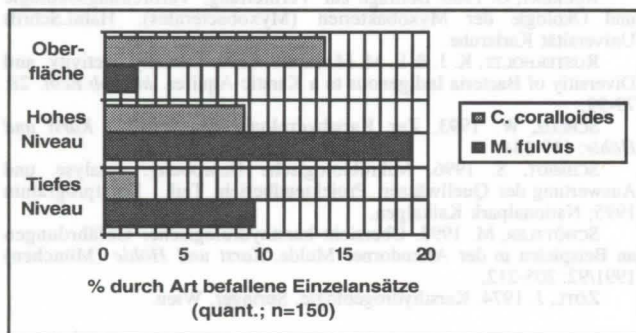


Abbildung 2 : Quantitativer Vergleich der beiden Hauptarten (Myxobakterien) im Wildpalfensystem.

Weitere Überraschungen ergaben sich, als die Daten auf Artebene differenziert wurden. Von den insgesamt fünf festgestellten Myxobakterienarten repräsentieren zwei (*Myxococcus fulvus* und *Coralloccoccus coralloides*) über 95% der Nachweise. Die Abbildung 2 zeigt die vertikale Verteilung der beiden Arten. *C. coralloides* ist an der Landschaftsoberfläche die dominierende Art. Ihr Vorkommen nimmt mit der Tiefe im Karstkörper deutlich ab. Genau umgekehrt ist es bei *M. fulvus*. Im tiefen Niveau ist *M. fulvus* die absolut dominierende Art.

### 3.2 Physiologische Anpassungen

Diese Befunde wiesen auf Vorgänge hin, die Vermutungen bezüglich der Physiologie der beiden Arten zuliessen. Obwohl aus Oberflächenisolaten derselben Arten ein Wachstumsminimum bei ca 10-12° (Optimum 30°) festgestellt worden war, zeigten Isolate aus dem Wildpalfen deutliche Anpassungen (Abb. 3). Am Fundort der isolierten Stämme wurden Temperaturen von 2,5-2,7°C gemessen. An Reinkulturen beider Arten aus dem Höhlensystem wurde folgendes festgestellt: *M. fulvus* ist noch bei 6°C in der Lage seinen vollständigen Zellzyklus, inklusive Fruchtkörperbildung in Gang zu halten. *C. coralloides* ist bei diesen Temperaturen nur noch zu einem Teil seines normalen

Zellzyklus fähig. Es gibt keine Fruchtkörperbildung mehr. Andere kontrollierte Arten waren bei so geringen Temperaturen zu keinem meßbaren Stoffwechsel fähig.

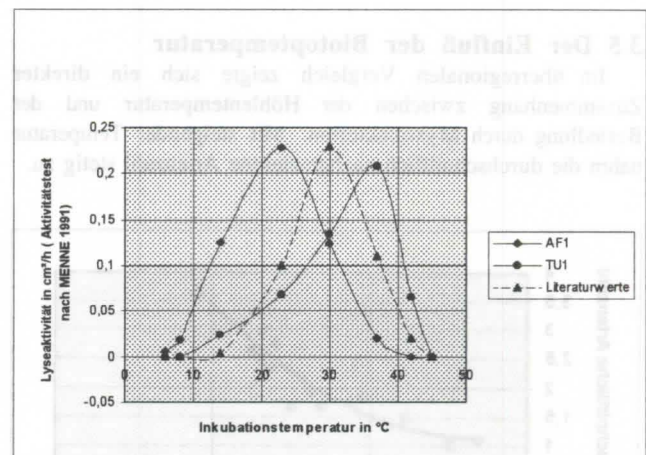


Abbildung 3 : Adaptation der Art *M. fulvus* (Stamm MFAF1) an das Höhlenmilieu im Vergleich zu Literaturdaten und Isolaten aus heißen Biotopen (rechte Kurve, Stamm MFTU1).

Wichtig an diesem Befund ist, daß sich die physiologischen Leistungen der Bakterien, welche in den Karst eingetragen wurden, deutlich von ihren an der Oberfläche lebenden Artgenossen unterscheiden.

### 3.3 Der Einfluß des Sedimenttyps

In zahlreichen Vergleichsreihen konnten wir feststellen, das sandige Sedimente reichere Myxobakterien vorkommen aufweisen als lehmige. Eine Begründung findet sich in der Nährstoffmobilität und in den Dimensionen der Poren.

Als Beispiel seien hier einige Werte aus der Rettenbachhöhle (NP Kalkalpen, Oberösterreich) angeführt :

| Sedimenttyp       | Befall in % Einzelproben |
|-------------------|--------------------------|
| Mittel-u.Grobsand | 58,3 %                   |
| Feinsand          | 45,0 %                   |
| Lehme             | 5,5 %                    |

Tabelle 3: Myxobakterien in der Rettenbachhöhle

### 3.4. Der Einfluß des verfügbaren Wassers

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsreihen ergaben sich Unterschiede. Im Wildpalfensystem konnte im tagnahen Höhlenstockwerk eine positive Korrelation zwischen Sedimentfeuchte und Myxobakterienbefall hergestellt werden, im tagfernen Bereich war dies nicht mehr möglich. Letzteres gilt auch für Befunde nahe des Karstwasserspiegels (MENNE 1992, 1996b).

In der Rettenbachhöhle (Oberösterreich) konnte gezeigt werden, daß eine enge Beziehung zwischen Populationsdichte und der Nähe zum Karstwasserspiegel besteht, wobei die Besiedelung mit der Entfernung von selbigem abnahm (MENNE, 1996b).

In Höhlenbächen wurden wiederholt besonders reiche Befunde getätigt. Nach Hochwasserereignissen konnte ein erhöhtes Vorkommen von Myxobakterien in Höhlensedimenten nachgewiesen werden. So verdoppelte sich zum Beispiel die Besiedelung der Rettenbachhöhle (Oberösterreich) nach einem massiven Hochwasserereignis um

100 Prozent, wobei sich auch das Artenspektrum verschob. In einigen Fällen wurden hohe Bakterienkonzentrationen nur in den obersten 1-2cm der Bachsedimente gefunden.

### 3.5 Der Einfluß der Biotoptemperatur

Im überregionalen Vergleich zeigte sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Höhlentemperatur und der Besiedlung durch Myxobakterien. Mit steigender Temperatur nahm die durchschnittlich nachgewiesene Artenzahl stetig zu.

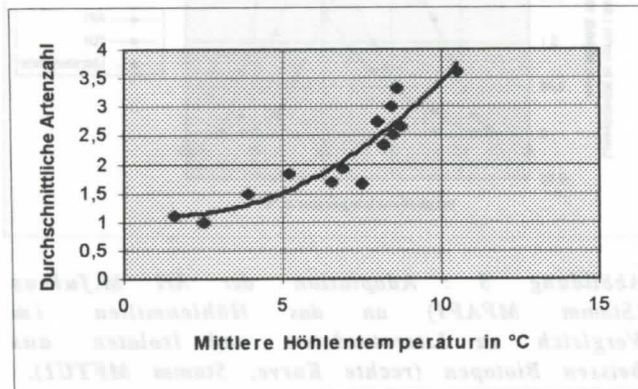


Abbildung 4 : Myxobakterien in europäischen Höhlen

### 4. Abschliessende Bemerkungen

Untersuchungen an Myxobakterien weisen auf einige grundlegende Mechanismen in der Karstmikrobiologie hin. Es kann als sicher gelten, daß Mikroorganismen nicht nur einfach in den Karst verfrachtet und wieder ausgeschwemmt werden, sondern dort arttypische Reaktionen zeigen. Diese können zu physiologischen Anpassungen, Aufkonzentrierungen in bestimmten Regionen sowie bei bestimmten Ereignissen und zu Selektionsprozessen führen. Kenntnisse, die man von Oberflächenisolaten derselben Art gewinnt, müssen nicht repräsentativ für die subterranean Rassen sein.

Weitere Untersuchungen zu Adsorptionsprozessen, zur Biofilmbildung und zur ereignisabhängigen Dynamik der Besiedlung sind angezeigt.

#### Literatur

- BAUER, F. 1984. Karstwasser als Trinkwasser - Gefährdung und Schutz. *Die Höhle* 35(3/4): 105-108.
- CAUMARTIN, V. 1963. Review of the microbiology of underground environments. *National Speleological Society Bulletin* 25: 1-14.
- DUDICH, E. 1930. Az aggteleki barlang állatvilágának élelemforrásai. Die Nahrungsquellen der Tierwelt in der Aggteleker Tropfsteinhöhle. *Állattani Közlemények* 27: 62-85.
- DUDICH, E. 1932. Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle „Baradla“. In Ungarn. *Speleologische Monographien*. Speleologisches Institut Wien (Hrsg.), Bd. 13.
- GÄRTNER, A. 1902. Die Quellen in ihrer Beziehung zum Grundwasser und zum Thyphus. G.Fischer.
- GÄRTNER, A. 1915. Die Hygiene des Wassers. XXVII, 952 S; Braunschweig.
- GOUNOT, A. M. 1970. Quelques observations sur le micropeuplement des limons des grottes arctiques. *Bull. Soc. Linn. Lyon* 39: 226-236.
- GOUNOT, A. M. 1973. Recherches sur les bacteries cavernicoles. *C. R. Cong. Natl. Soc. Savantes, Sect. Sci.* 96(3): 257-265.
- HIRSCH, P., RADES-ROHKOHL, E., KÖBEL-BOELKE, J. & A. NEHRKORN. 1992. Morphological and Taxonomic Diversity of Ground Water Microorganisms. In: MATHESS, G. et al. (Eds.) *Progress in Hydrogeochemistry*. Berlin: 311-325.
- HOLUBAR, P. & S. HEURITSCH. 1996. Konzeption und Test spezieller mikrobiol. Methoden zur Erkundung der pedogenen Organismenmobilität im Karstwasser. Ber. Proj. Karstdynamik 1603, TP 8.2.2. Hydromikrobiol. Zusatzarbeiten. NP Kalkalpen.
- KÄSS, W. 1991. Entwicklung der karsthydrologischen Forschung in

- Deutschland - unter besonderer Berücksichtigung der Markierungstechnik. - *Karst und Höhle* (München) 1989/90: 131-149.
- MEHLHORN, H. & D. FLINSBACH. 1993. Schutz und Nutzung des Karstgrundwassers der Ostalb durch die Landeswasserversorgung. - *Karst und Höhle* (München): 409-426.
- MENNE, B. 1991. Kritische Untersuchungen zur Mesophilie von Myxobakterien. Unveröff. Diplomarbeit, Universität Karlsruhe.
- MENNE, B. 1992. Einige Befunde zur Besiedlung von klastischen Höhlensedimenten der Schwäbischen Alb durch Mikroorganismen der Ordnung Myxobacterales. *Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch.* (München) 38 (3): 60-62.
- MENNE, B. 1996a. Manganhaltige Ablagerungen in der Rettenbachhöhle (Kat.-Nr. 1651/1, Oberösterreich) und ihre Zusammenhänge mit mikrobiologischen Prozessen. *Die Höhle* (Wien) 47(3): 69-74.
- MENNE, B. 1996b. Myxobakterien in der Rettenbachhöhle - Eine karstmikrobiologische Studie. Projektzwischenbericht Karstdynamik 1603, TP 7.5.3. Nationalpark Kalkalpen, Oberösterreich.
- MENNE, B. 1997. Höhlen am Königssee (Nationalpark Berchtesgader Alpen, Deutschland). *Proceedings of the 12th. Int. Congres. of Spel.* (in Vorber.)
- MENNE, B. & G. RÜCKERT. 1988. Myxobakterien (Myxobacterales) in Höhlensedimenten des Hagengebirges (Nördliche Kalkalpen). *Die Höhle* (Wien) 39(4): 120-131.
- MORTON, F. & H. GAMS. 1925. Höhlenpflanzen. *Speleologische Monographien - Speleologisches Institut Wien* (Hrsg.) 5.
- PAVUZA, R. & H. TRANDL. 1985. Zur Hydrochemie und Bakteriologie alpiner Karstwässer. *Die Höhle* (Wien) 36(4): 123-142.
- POULSEN, T.L. & W. B. WHITE. 1969. The cave environment. *Science* 165: 971-980.
- REICHENBACH, H. & M. DWORIN. 1992. The Myxobacteria. In: The Prokaryotes, Springer.
- RÜCKERT, G. 1980. Beiträge zur Verbreitung, Verbreitungsökologie und Ökologie der Myxobakterien (Myxobacterales). *Habil.Schrift Universität Karlsruhe*.
- RUSTERHOLTZ, K. J. & L. M. MALLORY. 1994. Density, Activity, and Diversity of Bacteria Indigenous to a Karstic Aquifer. *Microb.Ecol.* 28: 79-99.
- SCHLOZ, W. 1993. Zur Karsthydrologie der Ostalb. - *Karst und Höhle*: 119-134.
- SCHMIDT, S. 1996. Mikrobiologische Beprobung, Analyse und Auswertung der Quellwässer. Projektendbericht Teil I Karstprogramm 1995; Nationalpark Kalkalpen.
- SCHÖTTLER, M. 1995. Übersicht karsthydrologischer Gefährdungen an Beispielen in der Attendorfer Mulde. *Karst und Höhle* (München) 1991/92: 205-212.
- ZÖTL, J. 1974. *Karsthydrogeologie*. Springer, Wien.

# Microorganisms in the caves of former USSR: geography, ecology and geochemical activity

by A.A. Semikolennykh

Laboratory of soils geography and evolution institute of geography, Russian Academy of Science Staromonetny per., 29, Moscow, 109017, Russia

## Abstract

The analysis of some works on microbiology of caves, shows very low degree of knowledge about microbiocenoses of cave ecosystems. The associations of microorganisms of "geological young" caves have characteristic particularities for zonal soils microflora. Oligothrophic organisms (mainly corynebacteria and some fungi) are dominant in such caves. As a rule the hydrolithic microorganisms, which are kept in few units in caves, dominate in rich substrate penetrating in caves by different ways. Relic caves as well as caves with nonsurface source of substance (endogenetic gases and organic matter tinned in rocks) contain unique microbiocenosis having no analogy on the surface. In such case the methylothrophic organisms (corynebacteria, fungi together with autrophic bacteria) are dominant. The determination of microbiocenosis structure is fulfilled by limited factors which characterize the caves microclimate and the substrate conditions. Example of the caves shows very well the role of alive systems in geochemical processes which contribution of elements which is a good proof of the concept of entropy lowering as the main feature of live on the Earth.

The role of microbiocenosis in caves is so far insufficiently known. This situation is connected with the domination in caves microbiology of medical-epidemic directions from the beginning. The peak of this started in 50th years when there were organized some underground sanatoriums in the salt caves. However following research couldn't decide the problem in full because the historical tradition of microbiology starting from the search of concrete infection agents established the populations approach including the description of species but disregarding ecological function. This situation is a considerable obstacle to the interpretation of accumulating data.

We have studied some of references in caves microbiology of former USSR and having added our data prepared this review. It was a big problem how to group the data. In the caves where karst processes are active underground ecosystem in the most part is a function of soils and terrigenous' biocenosis which are typical for this bioclimatical region. The paleokarst caves can contain a relic biocenosis. Besides there is a great dependence and variety of energy origin and environment determining a big diversity of very different ecological niches. We decided to group the data in two ways by geographical principle and functional principle meaning the role of microorganisms in elementary geochemical process.

## Geographical review

**The centre of Russian Plain. Valdai upland. Poneretka Cave**

**Object:** The Poneretka Cave is the longest cave (nearly 2 km) in this region. The bedrock is limestone. The temperature is about 7-9°C. The cave is very wet (big quantity of water aerosol, high floods every year). The depth of bedding is nearly 4-10 metres.

**Microorganisms:** We discovered in the samples of caves sediment following microorganisms (microorganisms discovered only in the caves are marked by " \* ")

**Prokaryotes:** *Arthrobacter globiforme*  
*Bacillus mycoides* Flugge  
*Caulobacter* sp.  
*Mycobacterium luteum* Kiskalt\*  
*Mycobacterium mucosum* Krassilnikov  
*Mycobacterium hyalinum* Sohngen  
*Mycobacterium licheniforme* n.sp.  
*Cytophaga* sp.  
*Pseudomonas desmoliticum*  
*Nocardioidea* spp.  
*Propionibacterium* sp.\*

*Streptosporangium* sp.

*Streptovorticillum* sp.\*

*Streptomyces* sp.

*Vibrio* sp.

P.S. Some species of *Mycobacterium* are revised now, we used morphological and biochemical tests for old classification, but didn't carry out essential cytochemical tests.

**Eukaryotes. Fungi:**

*Penicillium* sp. I

*Penicillium* sp. II

*Pseudoarachniotus* sp.\*

*Saprolegnia* sp.

**Algae:** *Chlorellales* spp.

*Nostoc* sp.

**Protozoa:** *Balantiophorus elongata*

*Bodo globosus*

*Bodo lens*

*Bodo* sp. I

*Centropyxis plagiostoma*

*Hartmannella* sp.

*Mastigamoeba* sp.

The quantity of microorganisms is  $2,4 \times 10^7$  (by cultural technique) or  $2,7 \times 10^9$  (by direct calculation) colony forming units (CFU) in 1 gramm of surface soil and  $4,8 \times 10^6$  (by cultural technique) or  $1,2 \times 10^7$  (by direct calculation) CFU in 1 gr of caves sediment.

**Northern part of Russian Plain. Belomorsko-Kuloiskoe plateau. Golubinsky Proval - Kitezh cave system, Pekhorovsky Proval cave, G-1 cave**

**Object:** These are gypsum caves, bedding under the surface in 3-15 metres. The caves are very wet with high level of flood waters every year. The mean temperature is about 2-8°C in summer and nearly 0°C in winter.

**Microorganisms:** There weren't special microbiological studies in those caves, but we studied some interesting organic matter and colony in the caves and following species were determined.

*Rhizopus* sp. - It's a fungus forming long filaments on organic matter under caves ceiling (this organic matter could be both flood material and material penetrating with infiltration).

*Penicillium italicum* - This fungus was isolated from dead insects.

*Penicillium viridicatum* - There are stable colonies of these fungi on caves clay. One of fungi species which is very widespread in the caves probably.

*Pyrenochaeta* sp. - This is an accomplice of some *Penicillium* strain.

*Streptomyces* sp. and *Micromonospora* sp. were isolated from main part of mineral clay samples.

*Chlorococcus* sp. - Those algae form green spots near entrance. The spots are situated in reflected light always. Gypsumlike.

Also, we have discovered sulfatereducing bacteria which are yet unidentified in wet clay near caves stream. It's a very rare find because the temperature limitates many biological processes in the caves of this region (see below).

#### **Pridnestrovie (Ukraine). Zolushka cave [11,26]**

**Object:** The cave was formed in gypsum. The caves depth is 30 meters and less. The temperature in the cave is about 10-12°C.

**Microorganisms:** In this caves Volkov discovered many interesting microbial processes. He discovered many anaerobes bacteria in waters pools and clays such as *Desulfuricans*, *Clostridium*, *Pseudomonas denitrificans*, *Thiobacillus ferrooxidans*. *Th. thiooxidans* and *Th. thioparus* were also isolated. Volkov distinguished the following processes connected with microbial activity: increase of carbon dioxide gas and connected with it hydrocarbonate ion and hydrogen gas, production and oxidation of hydrogensulfide, change of pH and Eh, mobilization and sedimentation of Fe and Mn. Our observations show that there are much mold and basidium fungi.

#### **Central Ural, Kungurskaya, Ledyanaya Peshera (Kungur Ice Cave) [27]**

**Object:** There cave is situated in gypsum and anhydrite in depth nearly 10-30 meters. The cave is very wet and cold. The temperature is about from -10°C to 6°C.

**Microorganisms:** Species diversity in the cave is unknown, however Voldin and Pshenichcov made very interesting studies. Some of their results are shown in Table 1.

During studies it was discovered:

1. The concentration microorganisms in caves air depends on distance from entrance and air flow directions.
2. There are much bacteria in caves pool in winter and in caves ice in spring that is connected with the absorption of air in hot seasons by cold ice.
3. *E. coli* was not found but white staphylococcus, sarcina-like and micrococcus-like have a very large quantitative percent.
4. The concentration of microorganisms in caves soil substantially depends on temperature and visibility of this cave. The microorganisms are kept in the cave but usually they haven't high activity. The distance from entrance doesn't influence on the diversity of microorganisms.

#### **Middle Asia. Kugitangtow ridge (Turkmenistan). Kupp-Koutan/Promezhtuchnaya cave system [12,22]**

**Object:** The cave has a diversity of geological history including the phase of burial karst and bedds in hydrometric transformed limestone, which is overlapped in part by infiltrated evaporites stratum. The depth of bedding amounts to 300 m.

Temperature is pactly constant and is about 18-23°C. The humidity is between 60 to 100 percent.

**Microorganisms:** Microbiological investigation shows the presence of neutrophilic and acidophilic thiobacteria of *Thiobacillus* genus in the quantity  $8,5 \times 10^6 - 1,35 \times 10^7$  CFU per gr in the media with thiosulphate and  $(4,3 - 2,96) \times 10^6$  with elementary sulphur. Sulphate-reducing bacteria of *Desulfotomaculum* genus were revealed in a singular case 60 CFU/1 gr. Methylophilic corynebacteria of *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Mycobacterium* were discovered in the media with identified as *Pseudomonas*, *Pedomicrobium*, *Bacillus*, *Derxia*, *Staphylococcus*. There is a big diversity of micromycetes. There are isolated fungi as follows *Acremonium* sp., *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. terreus*, *Choetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium camembertii*, *P. purpurogenum*, *P. waksmanii*, *P. chrysogenum*, *P. glabrum*, *P. faniclesum*, *Scopulariopsis* sp., *Trichoderma harzianum*, *Ulocladium bofritis*, *Verticillium* sp. and there were also found unidentified yeast-like forms.

#### **Other reports**

There are some reports about microorganisms in caves air of salt caves. Usually aurores make conclusion that caves air correspond to air of hospitals and microflora is suppressed by salt aerosol in the air [23,27]

They inform from time to time about fungi in caves [7, 9, 15]. These reports are made usually by chance visitors. Therefore their descriptions are not sufficient for the identification. It can be understood that thing is about basidium fungi. The cavers in the C'yansky Catacomb near Moscow informed us that they observed shining fungi. The phosphorescence of the fungi is possible but we couldn't find such phenomenon.

There are some reports on ecology of algae in caves [9, 14, Maltsev per. com.]. It's probable that some groups of algae (Diatoms and Cyanobacteria) have heterotrophic way of metabolism in the caves.

### **Biochemical activity**

#### **The role of microorganisms in the transformations of organic matter**

The main processes connected with decomposition and transformation of organic matter are:

1. *The concentration of dispersed organic matter.* The process is fulfilled by microorganisms of K-strategy. The organic matter penetrating together with infiltration waters as dispersed soluble substance is kept in residual clay and is consumed by actinimycetes, Deuteromycetes and corynebacteria. The succession dynamics are absent almost in alike headquarters.

2. *The mineralization of organic matter penetrating together with flood waters, karstholes' processes and anthropogenic activity.* This process is fulfilled by microorganisms of r-strategy. In the places where there is any rich substance; *Fungi*, *myxobacteria* and others microorganisms dwelling in the soils litter develop especially violently. The speed of the mineralization in the cave is slo-

**Table 1**

| point                 | conditions                |       | CFU in 1 m <sup>3</sup> of air |        | % of sum of air |                  | CFU in 1 gr of caves soil |        | % of sum of caves soil |                  |
|-----------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|--------|-----------------|------------------|---------------------------|--------|------------------------|------------------|
|                       | distance from entrance, m | T, °C | winter                         | spring | coccus          | bacillus (fungi) | winter                    | spring | coccus                 | bacillus (fungi) |
| Grott Polarny         | 100                       | -12   | 135                            | 5677   | 81              | 19 (-)           | 9000                      | 12000  | 66,6                   | 33,4 (-)         |
| Grott Druzhba Narodov | 1500                      | +6    | 1620                           | 4459   | 80              | 17 (3)           | 500000                    | 44000  | 5,1                    | 94,8 (0,1)       |
| After lakes part      | 2500                      | +6    | 132                            | 1621   | 64              | 35 (1)           | 10000                     | 12000  | 40                     | 60               |

wed down in the cool humid zone and is increased in the arid zone where the cave's microclimate is humider then on the surface.

3. *The mobilization of tinned organic matter.* This is the single "endemic" process in which the gases moving around tectonic faults or the organic substance of rocks are consumed by caves microbiocenosis. As a rule such a substance consisting of hydrocarbon different fractions is a substrate for corynebacteria and some fungi [17, 21, 22, 24].

#### **The role of microorganisms in the immobilization - mobilization of iron and manganese**

Many kinds of anaerobes dwelling in the environments containing iron and manganese show further mobilization of these elements by the changes of eH and pH or by the fermentive reduction [2, 4, 6]. The reducing chemical composition migrate and are later immobilized with participation of microorganisms also. There are some mechanisms of such processes:

- fermentive mechanism connected with extraction of energy by means of the iron oxidation [4, 6]
- compensative mechanism by which the microorganisms having no catalase take away the peroxides to the reducing ions [18]
- absorptive mechanism of the irons accumulation on the negative charging cellular wall [4, 17]
- remainders mechanism then the iron's and manganese's precipitation is realized after decomposition of the organic-mineral complexes by heterotropic microflora [16]
- gas mechanisms connected with emission of some gases (CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S) produced by microorganisms.

It would be marked that the distribution of species iron and manganese bacteria is connected with climatical and substratum conditions.

#### **The role of microorganisms in the cycle of sulphur**

These processes are known very well [8, 10, 24] and it isn't necessary to consider them in detail. We'd like to remark some peculiarities describing some ecology of the bacteria in the sulfur cycle.

1. The sulphate-reducing bacteria (SRB) dwell both in the zone of permanent anaerobiosis and also in the zones of the changed moisture such as the central parts of the clay lumps or the cracks of rocks [3].

2. The development of acid-like bacteria is possible also in carbonate buffer (limestone rocks) however in the case the lowering of pH have a very local spreading (as an example around sulphide grains) and can be discovered only by microchemical methodes [1].

3. The participation of bacteria in sulphur oxidation isn't on question however the biogenic mechanisms have a preference if it can compete with unbiogenic processes (for example the dispersed matter is oxidated by bacteria mainly because the process is more rapid). In the environment with high concentrations of the substrate the biogenic mechanism is secondary as one cannot compete in quantitative aspect [5].

#### **The role of microorganisms in the change of carbon dioxide equilibrium**

We would like to distinguish some problems here :

1. The waters infiltrated into the caves absorb the biogenic carbon dioxide from the soils, therefore all limestone karst can be called biogenic [20].

2. The big role in usual carbonic acid corrosion belongs to others strong acids. Even the few quantity of strong acids desintegrate the rock forming a good condition for carbonic acid desolution.

3. The contribution of microorganisms in the formation of the aggressive aerosols in caves isn't sufficiently understood. Maybe it

depends on caves geology. As an example the deep karst of Middle Asia have apparently endogenic origin of carbon dioxide but the caves of Russian Plain (where much organic matter penetrate into the caves from surface) have an essential origin of microbial carbon dioxide.

4. The local concentrations of organic matter decomposed by microorganisms in conditions where diffusion of carbon dioxide is difficult are a cause of formation carbonate new forms. Carbonate concretions like the "vespine" can be formed. [Paradas, per. com.]

#### **The role of microorganisms in accumulation of biogenic elements**

The biogenic elements (nitrogen, potassium, phosphorus), which are dispersed in a rock or residual sediments, are concentrated in the biomass of organisms. The reactive concentrations of these elements are shown as an example of the Poneretka Cave in the table 2.

The data show that microorganisms concentrate nitrogen, support the concentration of potassium (which is intensively removed) and haven't significance in the accumulation of phosphorus (which have a big reserve in the rock).

**Table 2. The concentration of biogenic elements in the biomass and different substances. Poneretka Cave**

|                            | The concentration of elements, mgr/gr |           |            |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
|                            | nitrogen                              | potassium | phosphorus |
| In microorganisms          | 83                                    | 22,4      | 10,4       |
| In limestone               | ?                                     | 1,4       | 0,18       |
| In caves residual clay     | 6,2                                   | 18        | 15         |
| In karst waters, mgr/litre | ?                                     | 4         | 0,052      |
| In soils                   | 7,2                                   | 20        | 13         |

#### **The role of microorganisms in transformation of aluminium silicate.**

I would like to discuss the role of microorganisms in the formation of moonmilk. We analysed some reference about moonmilk and can make a conclusion that different authors call moonmilk the substances with diverse genesis and composition [Maltsev, Korshunov, Semikolennykh, unpub. rep.]. We will not discuss the carbonate variant of moonmilk although there is the formation of argonite by some species of bacteria [19], therefore biogenic hypothesis can be realized. We studied the moonmilk from Nikitsky Catacomb near Moscow. It was discovered that the moonmilk consist of the silicate gel which is stabilized by organic compositions. In the moonmilk and in the residual clay, which is the origin for moonmilk formation, we discovered the following species of bacteria: *Pseudomonas sp.*, *Flavobacterium sp.*, *Arthrobacter globiforme*, *Alcaligenus sp.* in the quantity of  $6,7 \pm 0,1 \times 10^7$  CFU/gr (luminescent microscopy). It's supposed that the bacteria decompose the organic matter of clays and their acid metabolites transform the aluminium silicate into the moonlike. The main mineral of residual clay's which is plagorskite transform into the amorphous silicate stabilizing by organic matter. This process is not specific because these bacteria are usual for soils of the region.

The direct way of the transformation of aluminium silicates by microorganisms is not proved so far. However, there are many nondirect ways such as influence of organic acid, carbonic acid, sulfuric acid, acid oxid of nitrogene produced by microorganisms. The high force of acid blow is realized because of the concentration of microorganisms at local positions. The classic way of alu-

minium silicate's transformation is by means of the loss of a charge following way: micas - vermiculite - smectite. In the zones of sulphuric acid weathering the aluminium silicates can be decomposed completely and new synthesized into kaolinite (gallusite) and gypite [numerous reports in tropical weathering].

#### The role of microorganisms in absorption of unbiogenic elements.

There are nonspecific absorption of ions by microorganisms bodies' surfaces. As an example the accumulation of metallic ions by fungi in caves was discovered in some references [4, 17]. This process is not very intensive but have great significance because there are formed the zones of unhomogeneous concentrations and the microorganism's bodies are the centers of a crystallization.

### The ecology of microorganisms in the caves

#### The limiting factors

The general role of limiting factors determining the structure of microbiocenosis is known very well. Temperature, humidity and origin of carbon are main limiting factors. We discussed above the influence of carbon origin on selective domination of k- and r-strategy in populations structure. However climatical and physical particularities are also very important. Temperature is a main factor for the Northern regions. As an example we'll consider the sulphate-reducing processes in the caves of Belomorsko-Kuloiskoe Plateau near the town of Archangelsk with some more details. Those processes are very intensive in terrestrial swamps ecosystems and absolutely absent in caves in spite of high concentrations of sulphate ions and organic matter. As a result of observation it was discovered that sulphidhydrogen is emitted when the temperature is 6,9°C while karst waters are about 2-5°C during the most part of year. The development of this process in caves is connected with warm summers floods for humid years. The humidity limits the growth of microorganisms in temperate dry caves. For example, the influence of condensation of aerosols on the high altitude elements of caves relief (that is connected with convection of warm air) to biological activity for the caves of the Middle Asia is supposed. The contrast humid regimes could lead to anaerobic processes from time to time.

#### Some peculiarities of ontogenesis and morphogenesis of microorganisms in caves

During our studies in caves we have taken notice of non-usual morphotypes under caves conditions and changes of ontogenetical stages because of abrupt boundary oligo- and eutrophic substrate. Like that we have discovered the growth of freshwaters fungi - *Saprolegnia* on dogs dead bodies under aeral condition in the Poneretka cave. The high concentration of waters aerosol in the caves air leads to the formation of mycelium up to 5 cm in length. In the caves of the Middle Asia we have observed the abrupt conversion of ascomycetes from conidial sporulation to sexual breeding when rich in substrates (faeces of bats) had proved to be at the oligotrophic part of cave where those fungi were growing. Also there is a interesting peculiarity in a growth of microorganisms on poor substrates where mineral and organic factors of growth are distributed mainly homogenically. In those cases microorganisms could form the isolated microcolonies on even surface (for example, on floods mineral clays) like laboratory cultures and that isn't widespread in nature.

#### Acknowledgements

The author would like to thank the colleagues who assisted him in identification of cultures, organization of field works and also made the valuable remarks, especially U.G. Gelcer (Soils Faculty, Moscow University), A.V. Golovchenko (Institute of Problems of

Evolution and Ecology, Academy of Science), S.V. Goryachkin (Institute of Geography, Academy of Science), A.E. Ivanova (Soils Faculty, Moscow University), V.V. Korshunov (Geological Faculty, Moscow University), P.V. Krasilnikov (Biological Institute, Karelian Scientific Center), V.A. Malsev (Geosystems Institute), and E.V. Shavrina (Pinezhsky State Research).

#### Reference

1. Acid Sulphate Soils, ILRI Publ. 18, 1973.
2. ARINUSHKINA, T.V. 1980. Microbiology of processes of soils formations. Moscow (in Russian).
3. BALL, T.K. & J.C. JONES. 1990. Speleogenesis in the Limestone Outcrop Worth of the South Wales Coalfield//Cave Science, London, 17 (1).
4. KARAVAIKO, G.I., ROSSI, J., AGATE, A., GRUDEV, S. & Z. AVAKYAN (Ed.). 1989. Biogeotechnology of metals. Moscow (in Russian).
5. Brief Bergey's manual of systematic bacteriology. Moscow (in Russian).
6. DUBININA, G.A. 1977. Biology of iron bacteria and their geochemical activity. Autoref. diss. Moscow (in Russian).
7. DVUZHILNAYA, G.A. 1981. Investigation of fungi in Dalnegorsky mines. Abs. "Karst Dalnego Vostoka : nauchnoe i prakticheskoe znachenie karstologicheskikh issledovaniy", Valdivostok : 62 (in Russian).
8. IVANOV, M.V. 1964. The role of microorganisms in sulphur deposits formation. Moscow (in Russian).
9. ISACHENKO, B.L. 1943. Plants form of life in caves, mines and other like those places. "Priroda" n° 1, Moscow (in Russian).
10. KARAVAIKO, G.I., SMOLSKAJA, L.S., GOLYSHINA, O.K., JAGOVKINA, M.A. & E.Y. EGOROVA. 1994. Bacterial pyrite oxidation : influence of morphological, physical and chemical properties. *Fuel processing technology* 40: 151-165.
11. KLIMCHOUK, A.B. 1994. Speleogenesis in gypsum and geomicrobiological processes in the Miocene sequence of the pre-Carpatian region. Breakthroughs in karst geomicrobiology and geochemistry. Abst. Int. Symp. Pub. by Karst Water Ins., NY : 40-42.
12. KORSHUNOV, V. & A. SEMILOENNIKH. 1994. The model of speleogenetical processes connected with bacterial Redox in sulphuric cycle in caves of Kugitangtow ridge. Breakthroughs in Karst Geochemistry and Redox Microbiology. NY.
13. KOSTOKOV, I.J. 1991. New species of algae *Chloromonasantorium* from Crimea caves. Proc. of Kiev Univ. imeni Shevchenko, 76 (7): 990-992 (in Russian).
14. GORLENKO, M.V. (Ed.) 1977. Life of plants. vol. 3. Moscow (in Russian).
15. LYAKHNITSKY, J.S. 1976. The find in the Voronsovsky caves system. "Pesheri", vol. 16, Perm (in Russian).
16. HIRSCH, P. 1974. Budding bacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* vol. 28.
17. HIRSCH, P., ECKHARDT, F.E.W. & R.J. PALMER Jr. 1995. Fungi active in weathering of rock and stone monuments. *Can. J. Bot.* vol. 73 (suppl. 1).
18. KENTEN, R.H. & P.J.G. MANN. 1950. The oxidation of manganese by peroxidation systems. *Biochem. J.* 46 (1).
19. MCCALLUM, M.T. & A. GUHATHAKURTA. 1970. The precipitation of calcium carbonate from seawater by bacteria isolated from Buhanu bank sediments. *J. Appl. Bact.* 9.
20. JAKUCS, L. 1977. Morphogenetics of karst regions. Budapest.
21. SCHLEGEL, H.G. 1985. Allgemeine microbiologie, NY.
22. SEMIKOLENNYKH, A.A., MALTSEV, V.A. & V.V. KORSHUNOV. 1996. The processes of biogenic sulphuric acid weathering in the caves of Kugitangtow ridge (Turkmenistan). Abst. symp. "Mineralogiya i zhizn : biominerálne vzaimodeistviya". Syktyvkar : 61 (in Russian).
23. SIOMIONKA, J.M. 1988. Concentration of microorganisms in speleobiotop of salt mines and karst caves perspective for speleotherapy. Proc. 10th Int. Cong. Spel. Budapest : 403-406 (in Russian, abstr. in English).
24. TEMPLE, K.L. & E.W. DELCHAMS. 1953. Autotrophic bacteria and the formation of acid in bituminous coal mines. *Appl. Microbiol.* 1: 255-259.
25. VODYANTSKY, J.N. 1992. Formation of iron oxides in a soil. Moscow (in Russian).
26. VOLKOV, S.N. 1988. Geochemical peculiarities of speleothems of Zolushka Cave. Autoref. diss. Lvov (in Russian).
27. VOLODIN, A.P. & V.A. PSHENICHKOV. 1949. Microflora of Kungur Ice Cave. Proc. Perm Stomatological Inst. 8: 393-402 (in Russian).

# Bryoflora and Some Speleothems of Karst Caves in Guizhou, SW China

by Zhang Zhaohui

Department of Biological Science and Biotechnology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, Guizhou, People's Republic of China

## Abstract

Based on a preliminary study of 535 bryophyte specimens collected from 18 karst caves in Guizhou province, SW China, 83 bryophyte species and 57 genera in 24 families are reported. The flora of bryophyte in Guizhou karst caves consists of 9 phytogeographical elements, and 8 life-forms can be distinguished. Some speleothems associated with bryophyte growth and distribution, four bryo-speleothems were found at the mouth of karst caves in Guizhou province.

## 1. Introduction

Guizhou province is a karst plateau, and located in Southwest China. As the natural environment of Guizhou is characterized by a warm and humid subtropical climate, 73% of the total area of this province is covered by carbonate rocks, and, together with its low latitude and high altitude form an unique regional environment for caves existing and developing.

Karst caves constitute an inadequate habitat for most plants, because light levels are too low. However, close to the cave mouths where at least some light filters in, the high moisture and carbonate substrate conditions that are characteristic of many caves provide suitable conditions for the establishment of some plant communities, such as bryophytes (ZIOBER, 1981; ZHANG ZHAOHUI, 1993).

Studies of the bryophyte of karst caves in China only recently (ZHANG ZHAOHUI, 1993, 1996). Supported by NSF of China and SF of Guizhou province, within a project aiming at the analysis of the flora, ecological characteristics and distribution of bryophytes in Guizhou karst area, the bryoflora of karst caves was inventoried. During 1991-1996, six bryological explorations in karst caves were arranged and about 535 bryophyte specimens were collected from 18 karst caves. In this paper we report the result of this floristic study, including an analysis of geographical elements and life-forms of the bryophyte flora inside Guizhou karst caves. Furthermore, we address that some bryophyte species associated with speleothems depositions in the mouth of karst caves.

## 2. Studied area

Huangguoshu—Huangguoshu karst caves are situated in Huangguoshu karst Area (25°40' N—26°0'15" N, 105°37' E—105°48' E), Zhenlin county, Guizhou province. Huangguoshu is a world-famous scenic area with the great Huangguoshu waterfall at its centre and many small falls around it. The annual mean temperature is 17°C; precipitation is 1200mm; the annual relative humidity is 80%, 318 bryophyte specimens come from 7 caves in this area (Table 1).

Maolan—Maolan Karst caves are situated in the

Maolan Karst Forest Area (25°09' N—25°21' N, 107°52' E—108°06' E), Lipo county, Guizhou province. Maolan is one of national natural conservation in China. The annual mean temperature is 15.3°C; precipitation is 1752.5 mm; the annual relative humidity is 83%. 217 bryophyte specimens come from 11 caves in this area (Table 1).

## 3. Result

### (1) The flora of bryophyte in karst caves:

Based on a preliminary study of 535 specimens of bryophyte collected from 18 karst caves in Maolan Karst Forest and Huangguoshu Karst Area, the bryoflora consists of 83 species and 57 genera in 24 families (Table 2). Among them, Pottiaceae (21 species in 12 genera), Fissidentaceae (10 species in 1 genus), Brachytheciaceae (8 species in 6 genera) and Bryaceae (7 species in 4 genera) are richer and more common distribution in karst caves of Guizhou province.

### (2) The phytogeographical elements of bryophyte in Guizhou karst caves.

Following WU ZHENYI & WANG HESHENG (1983), there are 9 phytogeographical elements of bryoflora in 18 karst caves of Guizhou (Table 3). Main elements of the bryoflora are East Asia elements (41.94%), Northern Temperate elements (16.13%), Tropical Asia elements (16.13%) and Pantropical elements (12.90%).

### (3) Life-forms of bryophytes in Guizhou karst caves:

Using the MADEIRA system proposed in 1982, 8 life-forms of bryophytes can be distinguished in Guizhou karst caves (Table 4). Among them, the short turfs (33.73%), wefts (31.33%), Mats (12.05%) and tall turfs (10.84%) form predominate.

### (4) Some speleothems deposition associated with bryophyte

According to light, water and bryophyte growth in environment, 4 types of bryophyte-speleothems (or tufa) are divided (Table 5). They are drop-water bryospeleothems, waterfall bryospeleothems, seasonal river bryospeleothems and phototropism bryophyte-scale.

**Table 1. The karst caves condition of bryophyte in Guizhou Province.**

| cave name                    | site        | altitude (m) | cave rock | species number | bryophyte from cave mouth(m)* |
|------------------------------|-------------|--------------|-----------|----------------|-------------------------------|
| 1. Green-cave at Huangguoshu | Huangguoshu | 935          | limestone | 27             | 0—12                          |
| 2. Tianshengqiao cave        | Huangguoshu | 1190         | limestone | 9              | 0—7                           |
| 3. Starbridge cave           | Huangguoshu | 780          | dolomite  | 13             | 0—1                           |
| 4. Doupe Pool cave           | Huangguoshu | 1020         | limestone | 16             | 0—4                           |
| 5. Cave T1                   | Huangguoshu | 740          | dolomite  | 14             | 0—9                           |
| 6. Cave T2                   | Huangguoshu | 1180         | limestone | 4              | 0—1                           |
| 7. Xiliu cave                | Huangguoshu | 1170         | dolomite  | 3              | 0—5                           |
| 8. Bianfu cave               | Maolan      | 737          | limestone | 4              | 1—5                           |
| 9. Tianzhong cave            | Maolan      | 735          | limestone | 15             | 0—20                          |
| 10. Barke cave               | Maolan      | 480          | dolomite  | 11             | 0—5                           |
| 12. Shibei cave              | Maolan      | 670          | dolomite  | 6              | 0—5                           |
| 13. Xiaoku cave              | Maolan      | 740          | dolomite  | 4              | 0—10                          |
| 14. Yongkan cave             | Maolan      | 655          | limestone | 7              | 0. 2-2                        |
| 15. Jiapang cave             | Maolan      | 660          | limestone | 2              | 0—2                           |
| 16. Cross—cave at Yongkan    | Maolan      | 740          | limestone | 3              | 0—2                           |
| 17. Xiaolan cave             | Maolan      | 721          | limestone | 1              | 3                             |
| 18. Dongdao cave             | Maolan      | 745          | dolomite  | 7              | 0—4                           |

**Table 2. The statistic of the bryophyte in Guizhou karst cave**

| family name     | genus number | species number | family name      | genus number | species number |
|-----------------|--------------|----------------|------------------|--------------|----------------|
| Porellaceae     | 1            | 1              | Bryaceae         | 4            | 7              |
| Jungermaniaceae | 1            | 1              | Mniaceae         | 1            | 1              |
| Rebouliaaceae   | 1            | 1              | Meteoriaceae     | 2            | 2              |
| Conocephalaceae | 2            | 2              | Neckeraceae      | 4            | 5              |
| Cythodiaceae    | 1            | 1              | Fabroniaceae     | 2            | 2              |
| Marchantiaceae  | 2            | 3              | Thuidiaceae      | 4            | 4              |
| Ricciaceae      | 1            | 1              | Amblystegiaceae  | 2            | 2              |
| Anthocerotaceae | 1            | 2              | Brachytheciaceae | 6            | 8              |
| Dicranaceae     | 1            | 1              | Entodontaceae    | 2            | 2              |
| Leucobryaceae   | 1            | 1              | Plagiotheciaceae | 1            | 1              |
| Fissidentaceae  | 1            | 10             | Hypnaceae        | 3            | 3              |
| Pottiaceae      | 12           | 21             | Myriaceae        | 1            | 1              |

Total: 83 species, 57 genera, 24 families

**Table 3: The statistics of the phyogeographical elements of bryoflora**

| elements                          | species number | percentage(%) |
|-----------------------------------|----------------|---------------|
| Cosmopolitans*                    | 21             |               |
| Northern Temperate elements       | 10             | 16.13         |
| Eurasian elements                 | 1              | 1.61          |
| Asian and North American elements | 2              | 3.23          |
| Temperate Asian elements          | 2              | 3.23          |
| East Asian elements               | 26             | 41.94         |
| Pantropical elements              | 8              | 12.90         |
| Tropical Asian elements           | 10             | 16.13         |
| Elements endemic in China         | 3              | 4.83          |

\*: not included in percentage

**Table 4: The life-forms of Bryophytes in Guizhou Karst caves**

| life- forms | species number | percentage(%) |
|-------------|----------------|---------------|
| Short turfs | 28             | 33.73         |
| Tall turfs  | 9              | 10.84         |
| Annuals     | 2              | 2.41          |
| Wefts       | 26             | 31.33         |
| Pendants    | 2              | 2.41          |
| Fans        | 5              | 6.02          |
| Cashions    | 1              | 1.21          |
| Mats        | 10             | 12.05         |

**Table 5: Bryophyte speleothems in Guizhou karst caves**

| bryospeleothems name           | site                           | distance from the mouth of cave | main bryophyte species name   |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|
| drop-water bryospeleothems     | screen-cave of Huangguoshu     | 0-2m, on the floor              | <i>Gymnostomum auratiacum</i><br><i>Bryum setschwanicum</i><br><i>Barbula unguicula</i> |
| waterfall bryospeleothems      | screen-cave of Doupue Pool     | 0-0.5m, at the top              | <i>Barbula consticata</i><br><i>Bryum turbiratum</i><br><i>Barbula</i> sp.              |
| seasonal river bryospeleothems | cross-cave of Tianshengqiao    | 0-7m, on the cave's walls       | <i>Timmiella anomala</i><br><i>Gymnostomum calcareum</i><br><i>Barbula</i> sp.          |
| phototropism                   | screen-cave of bryophyte-scale | 3-5m, on the floor Doupue Pool  | <i>Barbula tectorum</i><br><i>Fissidens gymnogynus</i><br><i>Timmiella anomala</i>      |

## Acknowledgment

I acknowledge with thanks the financial support provided by the National Science Foundation of China and the Science Foundation of Guizhou Province. I also thank Mr. Ran JingCheng & Mr. Mao Pinbao of Management Department of Maolan Nature Reserve and Mr. Song Zuzhen of Huangguoshu National Park in the field explorations.

## References

- MAGDEFRAU, K. 1982. life-forms of bryophytes, Bryophyte Ecology, Champan and Hall, London.
- WU ZHENGYI & WANG HESHENG. 1983. Chinese Natural Geography—PlantGeography, Science Press, Beijing.
- ZHANG ZHAOHUI. 1993. the moss communities in karst caves of Maolan, Guizhou, SW China, *Chenia*, 1:51-56.
- ZHANG ZHAOHUI, WANG ZHIHUI & ZHU AN. 1996. A preliminary study on bryokarst in Huangguoshu Area, *Carsologica Sinica*, 15: 224-232.
- ZIOBER, A. 1981. Ecological characteristics of the cave bryoflora of Krakon-Wielun upland. In: SZWEYKOWSKI, J. (eds.): New perspectives in bryotaxonomy and bryography. Adam Mickiewicz Univ., Poznan. P:135-146.

Table 4: The life-form of bryophytes in Guizhou karst caves

| life-form      | species number | percentage(%) |
|----------------|----------------|---------------|
| Shrub epiphyte | 28             | 33.33         |
| Tall herb      | 9              | 10.84         |
| Annual         | 2              | 2.41          |
| Wet            | 26             | 31.33         |
| Prostrate      | 3              | 3.61          |
| Tree           | 8              | 9.68          |
| Climber        | 1              | 1.21          |
| Moss           | 10             | 12.02         |

Table 5: Bryophyte pseudobionts in Guizhou karst caves

| bryophyte pseudobionts name | site                          | distance from the mouth of cave | main bryophyte species name  |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|
| drop-water bryophyte        | karst-cave of Huangguoshu     | 0-2m, on the floor              | <i>Gymnomitrium macrosporum</i><br><i>Gymn. aculeiformis</i><br><i>Bryopsis repens</i> |
| waterfall bryophyte         | karst cave of Dongpo Pool     | 0-0.5m, at the top              | <i>Bryopsis repens</i><br><i>Gymn. aculeiformis</i><br><i>Bryopsis</i> sp.             |
| seasonal river bryophyte    | cave-cave of Taishenggao      | 0-7m, on the cave's walls       | <i>Trematella nemoralis</i><br><i>Gymnomitrium subrepens</i><br><i>Bryopsis</i> sp.    |
| photobiont                  | karst cave of bryophyte-ecore | 3-5m, on the floor              | <i>Bryopsis repens</i><br><i>Trematella nemoralis</i><br><i>Trematella nemoralis</i>   |

# Speleobotanical characteristics of the Medjame ponor

Suzana Fiedler\* and Nenad Buzjak\*\*

\* Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia

\*\* Speleological Section of the Croatian Geographical Society, Marulicev trg 19/III, 10 000 Zagreb, Croatia

## Abstract

The Medjame ponor is located in the hilly area of Samoborsko gorje in NW Croatia. Like similar features in its vicinity, it is characterized by very interesting morphology (markedly fissurly cross-section of passages). It is originated in the Upper Triassic dolomite and it probably drained water from adjacent smallish karst plateau. Today it is dry and, for the most parts filled in by falling rocks. The Medjame ponor is also interesting from a botanical point of view. During 1996, plants on different expositions and depths were recorded and collected. Besides other plant species, 9 species of ferns which cover most parts of the entrance were recorded. Difference in florical composition of the Medjame ponor and its surroundings is a result of different ecological conditions such as air temperature and humidity, illumination etc.

## 1. Introduction

Up to now there have been no speleobotanical researches systematically carried out in Croatia. The earliest works dealing with similar investigations of this area, which date back to the very beginning of the 20 th century, are those written by F. Morton (MORTON, 1914, 1914a, 1932). Besides listing the plants growing in speleological context, Morton made the first notes about the changes in temperature and illumination from the very entrance inwards, up to the limits of the plant growth. Later works mostly focus on describing some of the plant species found at the entrances of these speleological features (VOUK, 1940; SILIC, 1969). There were more speleobotanical researches in some neighbouring countries such as Slovenia (GROM, 1959, 1959a, 1960; MARTINCIC, 1973; MARTINCIC & BATIĆ, 1979; TOMAZIC, 1955), Hungary (RAJCZY, 1989) and Italy (POLLI, 1991, 1993, 1995; TOMASELLI, 1951, 1955).

For want of systematic research, currently lacking in Croatia, we have attempted a systematic research of flora and ecological factors at the entrance parts of speleological features (FIEDLER & BUZJAK, 1996). This article is only a small part of our research.

## 2. Position and speleomorphology

The Medjame ponor is situated in northwestern Croatia, in Samoborsko gorje which is some 20 km to the west from the city of Zagreb (figure 1). It is a hilly area characterized by fluvio-karst relief with many exo- and endokarst features, the development of which being closely related to the Upper Triassic dolomite and Miocene Lithotamnium limestone beds. Because of their thickness, the depth of the karstification is also small. The water flow is directed along the contact between the above mentioned beds and impermeable Paleozoic and Lower Triassic beds at the base.

The Medjame ponor originated at a small karst plateau (also called Medjame) made of Upper Triassic dolomite which covers impermeable Lower Triassic beds (SILIC *et al.*, 1979). Dolomite is of massive fissures caused by the tectonic movements at the fault zone in its vicinity. These fissures lie mostly in a NE-SW direction. Besides the Medjame ponor, four similar features have been also found in this area (investigated by cavers from Samobor and Zagreb (BUZJAK, 1994; BUZJAK *et al.*, 1996).

The Medjame ponor is a sample, 15 m long and 6,5 m deep speleological feature (just one main passage with no other branching passages). The sinking water caused the formation of this feature along one of the above mentioned fissures. Water flowed toward the neighbouring feature Daga jama. The activation of new ponors at the edge of the Medjame karst plateau made the Medjame ponor loose hydrogeobiological function, since it remained dry. At that moment, it was the seepage water that the formation of the passage depended upon. The crumbling of dolomite



Figure 1. Position map of the Medjame ponor

went on and the result was the fall (breakdown) of the ceiling along the passage. The along narrow opening took the place of what before was the ceiling.

Nowadays, the Medjame ponor is dry. Its funnel form entrance (14 X 5 m) is covered by soil. The bottom of the passage in the vicinity of the entrance is covered by the soil drifted from the surface and in other parts by the parts of crumbling ceiling. It was possible to investigate the Medjame ponor because, unlike the above mentioned features, it is not filled in with waste.

## 3. Materials and methods

During the spring and summer in 1996, the plants growing at different expositions and at different depths within the object and in its very vicinity were collected and listed. Besides a list of the plants, some ecological factors were measured at various distances from the entrance, such as momentary illumination, air temperature and relative air humidity. Lightmeter Lunasix 3 was used to help as determine the illumination. To measure temperature and relative air humidity we used Assman psychrometer. The object is surveyed and photographed.

#### 4. Results and discussion

The Medjame ponor is situated in the forest association *Fagetum croaticum montanum* Horv. 1938 which is mostly beech forest of continental areas, their height ranging from about 160 to over 1000 m on the brown soil on calcareous and dolomitic or moderately acid base (HORVAT, 1962; SUGAR, 1971). Floristical structure in the vicinity of the object is adequate to that association with *Fagus sylvatica* L., *Carpinus betulus* L., *Castanea sativa* Miller in the layer of trees, *Crataegus monogyna* Jacq, *Ruscus aculeatus* L., *Ilex aquifolium* L. in the layer of brushes and *Aposeris foetida* (L.) Less, *Epimedium alpinum* L., *Gentiana asclepiadea* L., etc. in the layer of herbaceous plants. The listed fern species are: *Polypodium vulgare* L., *Asplenium trichomanes* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. In the Medjame ponor there are nine various fern species mostly found around the entrance. Besides ferns, eighteen species of Spermatophyta were also recorded, among which *Hedera helix* L. was the most representative one (table 1). There are less specimens and species of ferns (three) at the western exposition than at the eastern exposition mostly covered by ferns (eight species). Among these the dominating species are *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, *Dryopteris affines* (Lowe) Fraser-Jenkins, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, and *Asplenium scolopendrium* L. In the other part of the entrance, one can find mostly ferns, moss and species *Hedera helix* L. (figure 2). All these plants growing in that area are significantly smaller than the

same plants growing in the first part of the entrance, which resulted from different ecological conditions. In the first place, these changes include the quick decrease in illumination and air temperature and the increase of relative air humidity (table 2).

#### 5. Summary

In the Medjame ponor situated in the forest association *Fagetum croaticum montanum* Horv. 1938 we have listed twenty seven plant species; nine of them are ferns. Floristical structure difference between the surrounding forest and the Medjame ponor are mostly caused by microclimatic conditions such as diminished illumination, low air temperature and increased relative air humidity. These factors are responsible for the development of a great number of specimens and species of ferns in such a small area.

#### References

- BUZJAK, N. 1994. Oneciscenje podzemlja u krsu na primjeru Medjama kraj Samobora (Pollution of the karst subterrain - Medjame example). *Priroda* 801-802: 13-14.
- BUZJAK, N., PERICA, D. & Z. GREGURIC. 1996. Speleoloski objekti Samoborskog gorja (Speleological features of Samoborsko gorje). 1. hrvatski geografski kongres (Proceedings): 143-150.
- FIEDLER, S. & N. BUZJAK, 1996. Speleobotanika istrazivanja otoka

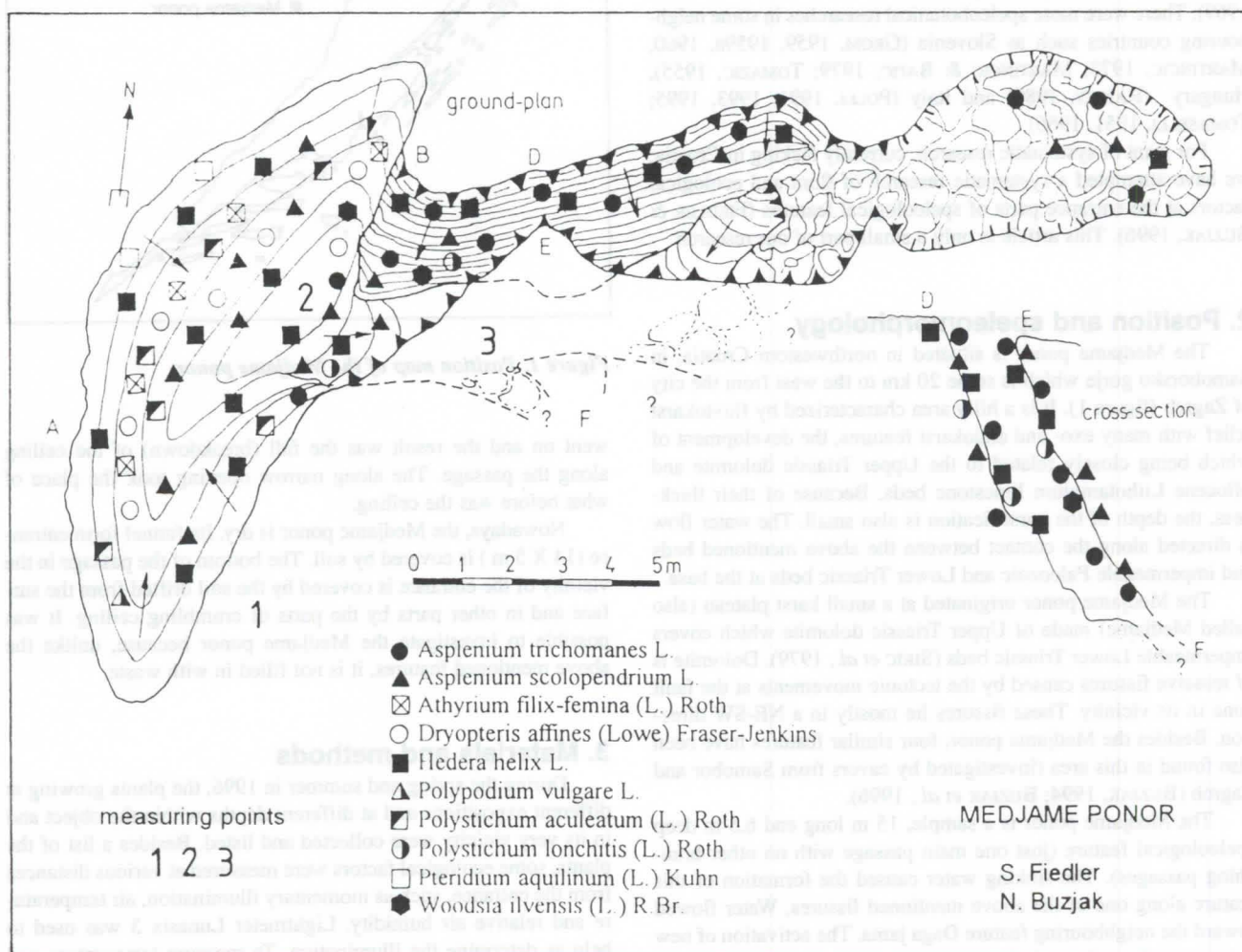


Figure 2. Distribution of plants in the Medjame ponor

Table 1. The list of the plants in the Medjame ponor

| List of plants                                  | Expositions |   |   |   |
|---|-------------|---|---|---|
|   | N           | E | W | S |
| <i>Acer campestre</i> L.                        |             | + | + | + |
| <i>Actaea spicata</i> L.                        | +           | + |   | + |
| <i>Arum maculatum</i> L.                        | +           | + | + |   |
| <i>Aruncus dioicus</i> (Walter) Fernald         | +           | + | + | + |
| <i>Asarum europaeum</i> L.                      |             |   | + | + |
| <i>Asplenium scolopendrium</i> L.               | +           | + | + | + |
| <i>Asplenium trichomanes</i> L.                 |             | + | + | + |
| <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth          |             | + |   |   |
| <i>Campanula trachelium</i> L.                  | +           |   | + |   |
| <i>Cardamine bulbifera</i> (L.) Crantz          | +           | + |   |   |
| <i>Carex digitata</i> L.                        |             | + | + |   |
| <i>Carpinus betulus</i> L.                      |             | + | + |   |
| <i>Daphne mezereum</i> L.                       |             |   | + |   |
| <i>Dryopteris affines</i> (Lowe) Fraser-Jenkins |             | + |   | + |
| <i>Epimedium alpinum</i> L.                     |             |   | + |   |
| <i>Hedera helix</i> L.                          | +           | + | + | + |
| <i>Lonicera caprifolium</i> L.                  |             | + |   |   |
| <i>Neottia nidus-avis</i> (L.) L. C. M. Richard |             |   | + |   |
| <i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.        |             | + | + |   |
| <i>Polypodium vulgare</i> L.                    | +           |   |   |   |
| <i>Polystichum aculeatum</i> (L.) Roth          |             | + | + | + |
| <i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth          | +           | + |   |   |
| <i>Primula vulgaris</i> Hudson                  |             |   | + |   |
| <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn            |             | + |   |   |
| <i>Salvia glutinosa</i> L.                      |             |   | + |   |
| <i>Sanicula europaea</i> L.                     | +           | + | + |   |
| <i>Woodsia ilvensis</i> (L.) R. Br.             |             | + |   | + |

Table 2. Air temperature (t), relative air humidity (h) and illumination (E) in the Medjame ponor (15.09.1996)

| Measuring points | t/ °C | h/ % | E/ lx |
|------------------|-------|------|-------|
| 1                | 15.2  | 61   | 2100  |
| 2                | 12.2  | 84   | 700   |
| 3                | 10.0  | 98   | 44    |

Cresa (Speleobotanical researchers of Cres Island). Prirodoslovna istraživanja rijeckog područja (Knjiga sazetaka - abstracts): 32.

GROM, S. 1959. Mahovna flora nasih jam (The bryophyte flora of our caves). *Nase jame* 1: 7-19.

GROM, S. 1959a. Prispevak k poznavanju flore v sistemu Skocjanskih jam (Contribution to the knowledge of the flora in Skocjanske jame cave system). *Acta carsologica* 2: 225-263.

GROM, S. 1960. Jamsko raslinstvo (cave flora). *Nase jame* 2: 63-67.

HORVAT, I. 1962. Vegetacija planina zapadne Hrvatske (La vegetation des montagnes de la Croatie d'ouest). *Prirodoslovna istraživanja* 30: 121-122.

MARTINCIC, A. 1973. Reliktna flora v Skocjanskih jamah in njena ekologija (Die Reliktenflora in der Grotten Skocjanske jame und ihre Ökologie). *Biološki vestnik* 21(2): 117-126.

MARINCIC, A. & F. BATIĆ. 1979. Vpliv jamskega biotopa na neke morfolosko-anatomske karakteristike cvetnic (The influence of Cave Biotop on some Morphologic and Anatomic Plant Characteristics). *Biološki vestnik* 27(2): 135-146.

MORTON, F. 1914. Beiträge zur Kenntnis der Pteridophytengattung *Phyllitis*. *Oesterreichische Botanische Zeitschrift* LXIV: 19-38.

MORTON, F. 1914a. Die biologischen Verhältnisse der Vegetation einer Höhlen im Quarnergebiete. *Oesterreichische Botanische Zeitschrift* LXIV: 277-286.

MORTON, F. 1932. La Grotta Fortis o dei Fossili nell'isola di Cherso. *La Grotte d'Italia* (6)4: 193-195.

POLLI, E. 1991. Aspetti vegetazionali della 4384 VG. *Progressione* 25: 6-9.

POLLI, E. 1994. Aspetti speleobotanici del Pozzo doppio ad ovest del Monte Voistri. *Progressione* 31: 10-14.

POLLI, E. 1995. Aspetti vegetazionali della Grotta Luksa Pozzo a N di Prosecco. *Progressione* 32: 4-7.

RAJCZY, M. 1989. The flora of hungarian caves. *Karszt es Barlang. Special iusse*: 69-72.

SIKIC, K., BASCH, O. & A. SIMUNC. 1979. Tumac OGK, list Zagreb.

SILIC, C. 1969. Prilog poznavanju taksona *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman f. *Cavernarium Schiffner et Morton* u pecinskoj flori Jugoslavije (Contribution to the knowledge of *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman f. *Cavernarium Schiffner et Morton* in cave flora of Yugoslavia). *Glasnik zem. Muzeja BIH. Prir. Nauke* 8: 69-78.

SUGAR, I. 1971. Flora vegetacija Samoborskog gorja (Flora and vegetation of Samoborska gora). Dissertation: 250 p.

TOMASELLI, R. 1951. La vegetazione della grotte. *Natura, rivista di scienze naturali* 42: 96-100.

TOMASELLI, R. 1955. Relazione sulla nomenclatura botanica speleologica. *Archivio Botanico* 31(4): 193-211.

TOMAZIC, G. 1955. Posebnost flore i vegetacije podzemlja in Krasa (Particularity of the flora and vegetation of subterranean and Kras). Prvi jugoslavenski speleoloski kongres: 93-106.

VOUK, V. 1940. Prilozi morfologiji, ekologiji i horologiji paprati *Adiantum capillus Veneris* u Jugoslaviji (Contributions to the morphology, ecology and horology of *Adiantum capillus Veneris* in Yugoslavia). *Rad. JAZU* 267: 149-182



# North Carolina's non-carbonate caves and their biological significance

by Cato Holler, Jr.

P.O. Box 100, Fort N.C. 28762 USA

## Abstract

The North Carolina Cave Survey has been investigating caves in this Mid-Atlantic state for over a quarter of a century. Of the 1200-plus caves catalogued, approximately 93% are formed in non-carbonate rocks, such as granites, gneisses, schists, sandstones, and quartzites. Included in these fissure, talus, and suffusion caves are such world class features as Bat Cave, a three-dimensional, mile-long maze developed in pre-cambrian gneiss.

Biological investigations have revealed a rich faunal assemblage, not only in these larger caves, but also from the lesser ones. This interesting biota include a number of new species of invertebrates, both aquatic and terrestrial, several range extensions, and the presence of numerous endangered vertebrates, including several species of bats, salamanders, and rodents, such as the Allegheny wood rat.

## 1. Introduction

As a Mid-Atlantic state of the U.S., North Carolina consists of three physiographic provinces with the coastal plain to the east, the piedmont in the central portion, and the Blue Ridge Mountains to the west. With the exception of some geologically recent (Eocene age) limestones on the coastal plain and a few scattered occurrences of older limestones and marbles in the mountains, North Carolina (as well as South Carolina) lack the abundance of good cave-forming carbonates found in the neighboring states of Virginia and Tennessee.

As recently as the 1960's, inquiries to the director of the North Carolina Geological Survey concerning the cave potential of the state produced virtually no information on caves except that the state had one limestone show cave open to the public: Linville Caverns. The director also casually mentioned that Bat Cave was "merely an overhanging ledge of crystalline rock beside a stream" (STUCKEY, 1960). Little did he know that this seemingly insignificant feature would ultimately turn into the state's longest cave! Having already visited dozens of caves throughout the state, several of our cavers knew better and decided to set the record straight. In the early 1970's we decided to initiate a formal survey of the state's caves. We soon found that what we were lacking in good cave-bearing limestones or even tube-forming lava fields, were more than made up for by caves in crystalline rocks in the mountains and piedmont: granites, gneisses and schists, as well as in our sandstones and quartzites.

## 2. Cave Types

The caves take on a number of different forms. These include stream-worn potholes developed along intersecting joints, rock shelters and waterfall alcoves, small tafoni caves created by honeycomb weathering, suffusion caves formed by piping of subterranean water along weak zones of decomposing granite, and last but not least, talus (boulder) caves, and tectonic (fissure) caves.

While many of these non-karstic caves are rather small, some of the talus and tectonic caves have passage lengths in the thousands of feet and depths in excess of 100 feet. Our world class Bat Cave, alluded to earlier, is an excellent example of this. Over one mile of passage has been surveyed in this fractured granite-gneiss system and more cave is still being found within the mountain.

## 3. Biology

As more and more caves were being discovered in this once-considered "caveless" state, we began noticing that many, if not most of the caves were inhabited by various and sundry organisms. Obviously, since North Carolina supposedly didn't have any caves, there had been virtually no previous study of this diverse, cavernicolous fauna.

In 1975, the cave survey was contacted by Dr. John Cooper of the North Carolina State Museum of Natural Sciences. John is a biospeleologist and was interested in learning more about these creatures we were finding in our little-known caves. The North Carolina Biospeleological Survey was initiated shortly thereafter. Pete Hertl was a biology intern with the museum at that time and was assigned to the project. We introduced Pete to many of our more interesting caves and cave areas, and the following summer intensive collecting began. Pete conducted the first systematic invertebrate survey of the Bat Cave system and also of the nearby Rumbling Bald Mountain fissure caves, as well as numerous smaller grottoes. Steve Platania, and other museum interns as well as local cavers assisted in this work. Most of the collecting was done by hand with brush and alcohol. In addition, a few baited traps were used and some berlese funnel extractions of leaf litter were carried out.

As more of our non-karstic caves were inventoried, Dr. Cooper ultimately began receiving feedback from the various taxonomists across the country to whom he had distributed the materials. As was not totally unsuspected, many new finds were being reported from this formerly caveless state. Range extensions of various organisms and numerous new species were being reported. One taxonomist said that some of the materials hinted at a whole new regional fauna.

At the same time that our initial investigations were proceeding, similar work was being done independently, and comparable conclusions were being drawn on the other side of the world. Dr. Shun-Ichi Ue'no of Japan was finding troglobiontic animals in sandstone and other non-limestone caves. In addition, he was locating these organisms in artificial voids such as mines. Thus it appeared that the presence of the majority of cave fauna was dependent not so much on the types of rock, but rather on the existence of continuous spaces capable of harbouring subterranean animals and on favorable environmental conditions. (UENO, 1977).

In 1994 a biological inventory of talus and tectonic caves in the Hickory Nut Gorge section of Western North Carolina was conducted by the author and Chris Holler for the North Carolina Wildlife Resources Commission. Our study area encompassed one

of the richest non-carbonate cave areas in the Carolina mountains. Several new caves were located during the course of this field work, and again new cavernicolous species were discovered. (HOLLER, 1994). We found that plant roots often grow downward into fissure caves, seeking water. These root masses often become quite extensive along the base of the cave walls. In some cases, they have even developed into what are known as root stalagmites. (JENIK *et al.*, 1989). Berlese funnel sampling of some of these organic masses have revealed some interesting microcosms of cave life. We found mites to be quite common in these ecosystems along with opilionids, spiders, pseudoscorpions, numerous spring-tails, and occasional symphyla.

Some of our more interesting invertebrate finds over the years include a half dozen undescribed species of amphipods of the genus *Stygobromus*, five new species of planaria of the genus *Phagocata* numerous new spiders, primarily of the genera *Hypochilus* and *Nesticus*, and a new species of dipluran, yet to be described. In addition, several new species of collembola have been described, as well as a new subspecies.

Since the beginning of the cave survey, we have catalogued over 1200 caves in North Carolina. Ninety-three percent of these occur in non-carbonate rocks. It is interesting to note that some of the more noteworthy biota have come from relatively small cave. For example, North Carolina's first subterranean water slater was collected by the author from Bennett's Mill Cave, an 81 foot long fissure cave. An undescribed species of flatworm was also collected from the same site. Sampling a small seep in a 23 foot long tectonic cave in gneiss near the author's home produced a new species of flatworm as well as an undescribed amphipod. Hog Rock Cave, a 20 foot long fissure proved to be a veritable haven of biota, including an undescribed troglobitic species of dipluran of the genus *Litocampa*.

In addition to the invertebrates being studied, several inventories of vertebrate cave-dwelling animals have also been conducted. In 1982, the discovery was made of a colony of federally endangered Virginia Big-eared bats in a fissure cave frequented by hikers on Grandfather Mountain, a popular tourist attraction. The cave was receiving considerable traffic, and hikers were even building fires in the entrance room. After notification of the U.S. Fish and Wildlife Service, the owner was approached concerning the well-being of these rare bats and readily agreed to the installation of a protective gate. Since then the population increased from the original 14 individuals to 62 after the gate was placed in 1986. An additional mid-winter count in 1988 turned up 135 individuals.

Additional bat studies have been carried out in numerous other fissure and talus caves in the state. The Bat Caves, for example, serve as winter hibernacula for at least six different bat

species, including the endangered *Myotis sodalis*.

*Neotoma floridana* the Allegheny wood rat, is often encountered in our caves. Three subspecies of this interesting rodent once populated the state, but recent habitat loss in the form of timber harvests has led researchers to believe that one these subspecies may have been nearly extirpated. Thus there is considerable interest in site documentation of these animals. (ADAMS, 1987).

Several rare amphibians have been sighted in a number of our fissure caves. Western North Carolina's salamander fauna is among the richest in the world. The crevice salamander which is found only in the vicinity of Bat Cave and Rumbling Bald Mountain was once thought to be a distinct new species. Recent studies, however, have shown it to be a local variation of the beautiful Yonahlossee salamander. The green salamander is also a crevice dweller. This state endangered species is found in the same cave areas as the crevice salamander plus some additional sites.

## 4. Conclusion

In closing, I would like to re-emphasize that fact that caves can and do occur in most any rock type. Limestone is not some mystical magnet attracting all the world's speleo-fauna to its depths. It has been common knowledge for some time that lava caves around the world harbour specialized cave animals. (UENO, 1977). Even though we all enjoy exploring and studying the large, impressive limestone systems, we should not lose sight of the fact that cavernicoles do reside in our lesser fissure and talus caves as well. What we have found in North Carolina should hopefully be an inspiration to biologists in other non-carbonate areas and an incentive to investigate their pseudokarst resources. There is much to be learned from such caves, and they should not be overlooked.

## References

- ADAMS, W.F. 1987. Eastern Wood Rat. In: Clark, M.K. (ed.). Endangered, Threatened, and Rare Fauna of North Carolina: Part I. A Re-evaluation of the Mammals Raleigh: 29-32.
- HOLLER, C.O. 1995. A survey of Invertebrate Cave Fauna in Hickory Nut Gorge and Adjoining Areas: A Report to the North Carolina Wildlife Resources Commission: 18 p.
- JENIK, J. & J. KOPECKY, 1989. Korenove Stalagmity V Piskovcovych Jeskynich Ceska Speleologicka Spolecnost Knihovna Ceske Speleologicke Spolecnosti, 2. Sympozium O Pseudokrasu: 26-34.
- STUCKEY, J. 1960. Personal correspondence from director of N.C. Division of Mineral Resources.
- UENO, S. 1977. The Biospeleological Importance of Non-Calcareous Caves. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Speleological Congress, Sheffield, England: 407-408.

# Höhlenfaunenerfassung in Westdeutschland: Stand der Arbeiten

von Dieter Weber\* & Stefan Zaenker\*\*

\*Verband der deutschen Höhlen- und Karstforscher e.V., biospeläologisches Referat, Im Wachtelschlag 33, D-67454 Hassloch

\*\*Höhlenforscherclub Bad Hersfeld e.V., Marquardstr. 9, D-36039 Fulda

## Abstract

Westphalia, Hesse, Rhineland-Palatinate/Saar territory, Swabian Alb, and Frankonian Alb have been the main field of study of the cave-fauna in Germany. While a methodical survey of the cave fauna in Westphalia (1991: 162 objects with 1258 taxa of evertebrata) and in Franconia (1978: 204 objects with 497 taxa of evertebrata) has been made since the twenties systematically, the Swabian Alb succeeded in 1968 (1975: 128 objects with 407 taxa of evertebrata), followed by Rhineland-Palatinate/Saar territory in 1978 (meanwhile: 601 objects with 976 taxa) and Hesse in 1988 (meanwhile: 447 objects with 306 taxa). The intensive preparation of the classical non-karst regions Rhineland-Palatinate/Saar territory and Hesse attracts attention. There above all, artificial caves have been investigated.

## Zusammenfassung

Schwerpunkte der Höhlenfaunenerfassung in Deutschland waren oder sind Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz/Saarland, Schwäbische Alb und Fränkische Alb. Während in Westfalen (1991: 162 Objekte mit 1258 Evertebraten-Taxa) und in Franken (1978: 204 Objekte mit 497 Evertebraten-Taxa) die Erfassung bereits in den zwanziger Jahren systematisch erfolgte, folgen Schwäbische Alb ab 1968 (1975: 128 Objekte mit 407 Evertebraten-Taxa), Rheinland-Pfalz/Saarland 1978 (heute: 601 Objekte mit 976 Taxa) und Hessen 1988 (heute: 447 Objekte mit 306 Taxa). Auffallend ist die intensive Bearbeitung der klassischen Nicht-Karstgebiete Rheinland-Pfalz/Saarland und Hessen, in denen vor allem künstliche Hohlräume untersucht werden.

## 1. Westfalen

Erst Mitte der zwanziger Jahre setzte eine systematische biospeläologische Forschung in Westfalen mit Schwerpunkt Sauerland ein, die insbesondere von zwei Namen geprägt wird: Legensdorf und Gripenburg. Bereits zu Beginn des zweiten Weltkrieges waren knapp 1000 Taxa der Evertebraten bekannt, eine Zahl, die noch heute von keinem anderen Gebiet übertroffen wird. Nach dem Krieg setzten wiederum umfangreiche Forschungen ein, aus denen mehrere Dissertationen hervorgingen und die mit 1258 Taxa Westfalen zum mit Abstand am intensivsten bearbeiteten Höhlengebiet Deutschlands werden lassen. 1961 veröffentlichte LEGENDORF die bis dahin bekannten Tierfunde, wobei er nur das Sauerland berücksichtigte. Eine Arbeit, die das ganze Katastergebiet berücksichtigt, erschien 1991 (WEBER 1991).

Auffallend dabei ist die geringe Zahl von nur 162 bearbeiteten biospeläologischen Objekten, wobei eine grosse Zahl von Höhlen aus früheren Bearbeitungen hinzu kommt, die nicht mehr zugeordnet werden kann.

## 2. Hessen

Das Bearbeitungsgebiet Hessen (= Katastergebiet 4 "Hessen" des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e.V.; Bearbeiter: S. Zaenker) umfaßt das gesamte Gebiet des Bundeslandes Hessen sowie die rechtsrheinischen Teile von Rheinland-Pfalz. Hierzu kommen noch alle Objekte aus anderen Katastergebieten, soweit diese auf Grenzblättern (TK 1:25000) zum Katastergebiet "Hessen" liegen.

Naturhöhlen sind im Untersuchungsgebiet vor allem im nordhessischen Bergland, im Westerwald sowie im rechtsrheinischen Teile von Rheinland-Pfalz vorhanden. Der hessische Taunus, der Odenwald, der Vogelsberg, die Rhön und der Spessart haben dagegen nur wenige Höhlen zu bieten, sodaß sich die Untersuchung der subterranean Fauna in diesen Gebieten in der Regel auf künstliche Objekte und Quellen beschränkt.

Seit 1988 wird in Hessen die Fauna der unterirdischen Lebensräume systematisch erfaßt. Dabei werden die kleineren Objekte in der Regel nur einmal befahren, während in größeren Objekten durch mehrmalige Befahrungen zu unterschiedlichen

Jahreszeiten versucht wird die gesamte Fauna zu erfassen. Auf Fallenfänge wurde in der Vergangenheit verzichtet, da eine regelmäßige Kontrolle der Fallen nicht gewährleistet werden konnte. Alle Funddaten werden in einer Datenbank auf PC gespeichert und erlauben so jederzeit aktuelle Einblicke in den Stand der Untersuchungen.

Die gesammelten Tiere werden nach geeigneter Konservierung soweit möglich an Experten zur Determination gegeben und nach der Bestimmung in der biospeläologischen Sammlung des Bearbeiters aufbewahrt. Da nur für wenige Tiergruppen ein entsprechender Expertenkontakt besteht, wird es eine der Zukunftsaufgaben sein, entsprechende Kontakte herzustellen, um so das Bild der hessischen Höhlenfauna zu vervollständigen.

Obwohl noch etwa 1300 Tierproben in der biospeläologischen Sammlung auf ihre Bestimmung warten, konnten in Hessen bisher 306 Taxa aus 447 biospeläologischen Objekten nachgewiesen werden. Diese Zahl wird sich nach der Bestimmung der bereits gesammelten Tiere wohl noch wesentlich erhöhen, sodaß die Anzahl der Taxa sich den anderen Bearbeitungsgebieten weiter annähern wird.

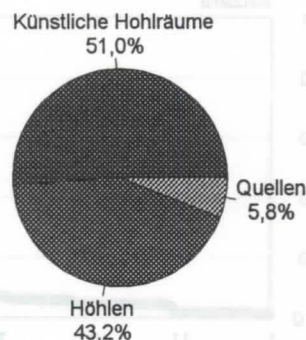


Abbildung 1: Unterteilung der Fundobjekte in Gruppen im Bearbeitungsgebiet Hessen

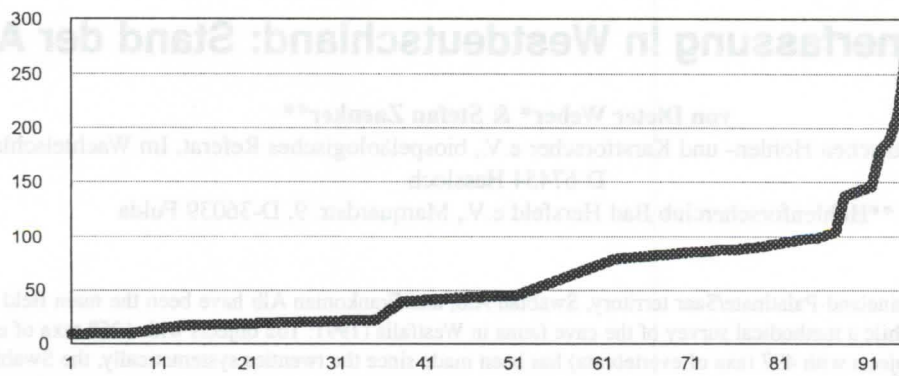


Abbildung 2: Säulendiagramm zur Anzahl der im Katastergebiet Hessen nachgewiesenen Evertebraten in Höhlen in Abhängigkeit von der Zeit von 1900-1994

### 3 Rheinland-Pfalz/Saarland

Das Bearbeitungsgebiet Rheinland-Pfalz/Saarland (Bearbeiter: D. Weber) umfasst alle deutschen Landesteile links des Rheins und südlich der Mosel, also das ganze Saarland und weite Teile von Rheinland-Pfalz und ist somit deckungsgleich mit dem Katastergebiet "Rheinland-Pfalz/Saarland" (Katastergebiet 3) des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e.V.

Da es im Bearbeitungsgebiet nur wenig Kalk gibt, ist auch die Zahl der durch Korrosion gebildeten Kalkhöhlen gering. Zu nennen sind lediglich Höhlen in einem Kalkstock bei Stromberg. Von

besonderer Bedeutung sind die Sandsteinhöhlen, die jedoch selten eine Länge über 50 m erreichen und daher für Höhlenfaunenerfassung nicht die tragende Rolle spielen. Der Mangel an grossen natürlichen Höhlen im Bearbeitungsgebiet führte dazu, dass zur Erfassung der Höhlenfauna künstlichen Hohlräume herangezogen werden. Die geologische Vielgestaltigkeit, aber auch die wechselvolle Geschichte des Untersuchungsgebietes führen zu einer überaus heterogenen Montanhistorie. Zu nennen sind Bergwerke auf Achat, Blei, Buntsandstein, Eisen, Farbpigment, Gold, Kalk, Kobalt, Kohle, Kupfer, Lehm, Mangan, Ocker, Quecksilber, Sand, Schiefer, Schwerspat, Silber, Ton und Zink. Aber auch nicht zu Abbauszwecken angelegte künstliche Hohlräume sind biopeläologisch bearbeitet: Burgbrunnen, Burgkammern, unterirdische Keller in weichem Sandstein und in Löss z. B. für Bier, Wein und Eis, Westwallstollen, Wassersuchstollen und Wassertransporttunnel.

Die Erfassung der Fauna geht meist so vor sich, dass bei einer Katasterbearbeitung der Objekte diese auch biologisch besammelt werden. In aller Regel werden die Fundobjekte dabei nur einmal befahren. Nur in Ausnahmefällen liegen Untersuchungen über einen längeren Zeitraum oder mit Fallen vor. Eine Intensivierung wäre wünschenswert, ist aber aufgrund der hohen Zahl an potentiellen Fundobjekten kaum durchführbar. Die gesammelten Tiere werden in geeigneter Weise konserviert und Experten zur Determination zugeschickt. 69 Experten haben im Laufe der letzten 17 Jahre an der Bearbeitung mitgewirkt. Die determinierten Funde verbleiben entweder bei den Experten bzw. Instituten oder kommen zurück und werden in der biopeläologischen Sammlung

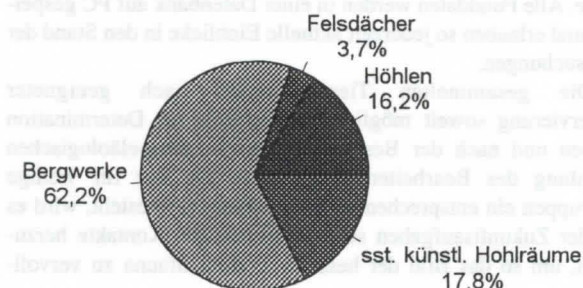


Abbildung 3: Unterteilung der Fundobjekte in Gruppen im Bearbeitungsgebiet Rheinland-Pfalz/Saarland

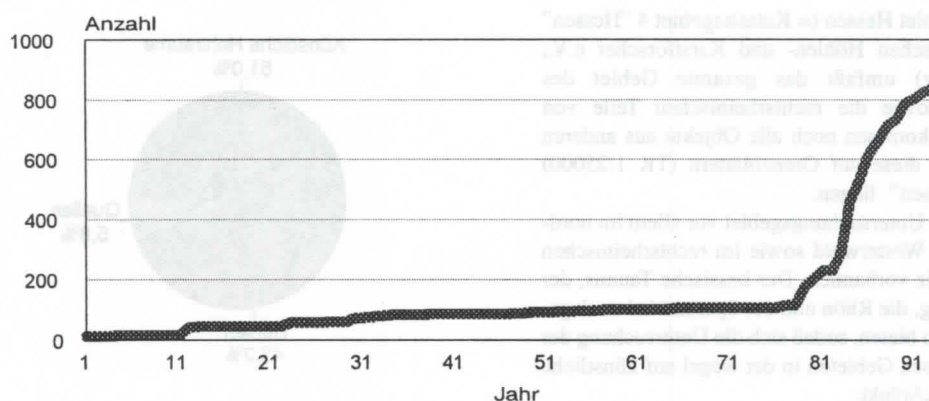


Abbildung 4: Säulendiagramm zur Anzahl der im Katastergebiet Rheinland-Pfalz/Saarland nachgewiesenen Evertebraten in Höhlen in Abhängigkeit von der Zeit von 1900-1994

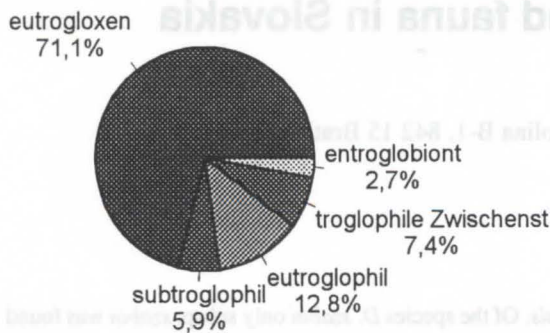


Abbildung 5: Kreisdiagramm zu den im Bearbeitungsgebiet Rheinland-Pfalz/Saarland nachgewiesenen ökologischen Gruppen (berücksichtigt 740 Taxa; Rest = nicht bekannt 28, nicht einstuftbar 208)

aufbewahrt.

Trotz 976 nachgewiesener Taxa und 601 bearbeiteter biospeläologischer Objekte und künstlichen Hohlräumen ist ein Abschluss der Erfassung der rheinland-pfälzischen und saarländischen Höhlenfauna nicht abzusehen.

Inzwischen ist das Bearbeitungsgebiet nach Westfalen das biospeläologisch am besten bearbeitete deutsche Gebiet und rangiert weit vor den klassischen Höhlengebieten Schwäbische Alb und Fränkische Alb.

Die Bearbeitung der Biospeläologie in den letzten 17 Jahren erbrachte, soweit eine Recherche der teilweise weit verstreuten Literatur über Fauna des Bearbeitungsgebietes Erstnachweise überhaupt erkennen lässt, 77 Erstnachweise für Rheinland-Pfalz (davon 4 unsicher) bzw. für das Bearbeitungsgebiet, davon 3 Erstnachweise für Deutschland und 1 Erstnachweis für Westdeutschland (Stand 1.1.96).

Publizierte Faunenkataloge fassen die Ergebnisse von jeweils ca. 5 Jahren zusammen (WEBER 1988, 1989, 1995).

#### 4. Schwäbische Alb

Das Bearbeitungsgebiet Schwäbische Alb (Bearbeiter 1968-1975: K. Dobat) umfasst das Katastergebiet "Schwäbische Alb" des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e.V., ferner auch die im gleichen Bundesland liegenden Karstgebiete Dinkelsberg und Wutachgebiet.

Das "klassische Karstgebiet Deutschlands" wurde speläologisch bereits früh bearbeitet. Um 1908 waren bereits fast 100 Taxa bekannt. Die Arbeiten beschränkten sich dabei auf sporadische Funde oder die Bearbeitung einzelner Tiergruppen oder Höhlen. Eine umfassende Untersuchung der Höhlenfauna der Schwäbischen Alb fand ca. 1960-70 durch DOBAT im Rahmen der floristischen Erfassung statt und fand mit einer Publikation in Katalogform (DOBAT 1975) ihren vorläufigen Abschluss.

Untersucht werden nahezu ausschliesslich natürliche Höhlen, ferner Quellen und Karstquellen.

407 Taxa sind nachgewiesen und 128 biospeläologische Objekte bearbeitet. Mit Sicherheit könnte eine weitere systematische Bearbeitung noch interessante Funde erbringen.

#### 5. Fränkische Alb

Das Karstgebiet Fränkische Alb, unterteilt in 12 Untergebiete, ist geologisch die Fortsetzung der Schwäbischen Alb. Nachdem 1856 der erste Höhlentierfund getätigt wurde, ist vor allem um 1926 ein grosser Aufschwung zu verspüren, ein Verdienst vor allem von Rühm und Spöcker (DOBAT 1978).

Zu einem umfassenden Faunenkatalog kam es indess erst durch DOBAT im Jahre 1978. Er führt 497 Taxa aus 204 speläologischen Objekten auf. Naturhöhlen sind deutlicher Schwerpunkt. Es treten jedoch auch einige Funde aus künstlichen Hohlräumen auf.

#### Literatur

DOBAT, K. 1975. Die Höhlenfauna der Schwäbischen Alb mit Einschluss des Dinkelberges, des Schwarzwaldes und des Wutachgebietes. *Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde, Reihe D, Paläontologie, Zoologie*, 2: 260 - 381, München

DOBAT, K. 1978. Die Höhlenfauna der Fränkischen Alb. *Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde, Reihe D, Paläontologie, Zoologie*, 3, München

LENGERSDORF, F. 1961. Die lebende Tierwelt der westfälischen Höhlen. *Jahreshefte zur Karst- und Höhlenkunde*, 2: 193 - 225, München

WEBER, D. 1988. Die Höhlenfauna und -flora des Höhlenkatastergebietes Rheinland-Pfalz/Saarland. *Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde*, 22: 1 - 157, München

WEBER, D. 1989. Die Höhlenfauna und -flora des Höhlenkatastergebietes Rheinland-Pfalz/Saarland, 2. Teil. *Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde*, 23: 1 - 250, München

WEBER, D. 1991. Die Evertbratenfauna der Höhlen und künstlichen Hohlräume des Katastergebietes Westfalen einschliesslich der Quellen- und Grundwasserfauna. *Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde*, 25: 1 - 701, München

WEBER, D. 1995. Die Höhlenfauna und -flora des Höhlenkatastergebietes Rheinland-Pfalz/Saarland, 3. Teil. *Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde*, 29: 1-322, München

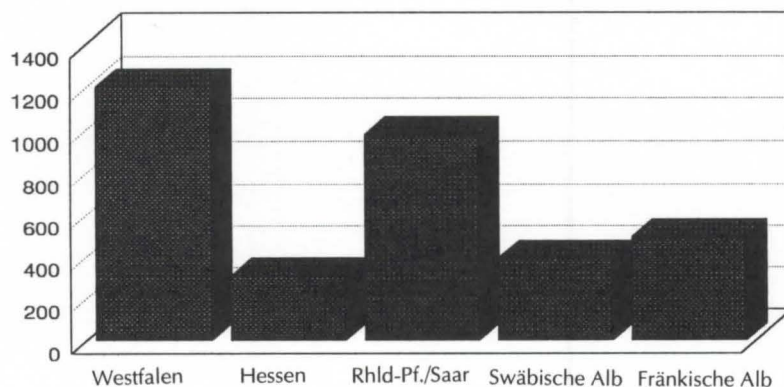


Abbildung 6: Anzahl der nachgewiesenen Taxa in den Gebieten

# Characteristics of underground fauna in Slovakia

by Vladimír Kosel

Department of Zoology, Comenius University, Mlynska dolina B-1, 842 15 Bratislava, Slovakia

## Introduction

The territory of Slovakia belongs to two geomorphological units: the mountain part is formed by the Western Carpathians and the lowlands are formed by quarternary sediments of the Danube and its tributaries. Karst regions spread over an area of 2,700 sq. km, making up about 5.5 % of the entire surface of Slovakia. About 3,750 caves with a total length of more than 100 km have been registered in limestone massifs. Sediments of the Danube lowland and large river valleys contain a great amount of phreatic waters. All types of karst massifs are represented in Slovakia. Cave fauna is much poorer than that of the Roumanian Carpathians. The richest cave fauna lives in caves within the plateau karst massifs, mainly in the Slovakian Karst Mountain (south-eastern part of the country) at the border with Hungary. Cave fauna is much poorer in more northern and western karst massifs or at higher altitudes.

Our knowledge of particular groups of subterranean fauna is on various levels. We have sufficient data on cave terrestrial groups but very incomplete on water fauna from caves and interstitial medium (phreatic). Protozoa, Turbellaria, Nematoda, Rotifera and Tardigrada are almost unknown or were studied only exceptionally (e.g. parasitic rotifer *Balatro calvus* from Enchytraeidae, Oligochaeta).

## Cave terrestrial fauna

Cave terrestrial fauna is formed mostly of troglophilic soil or guanobious species e. g. *Parasitus niveus*, *Uroobovella advena* (Acarina), *Quedius mesomelimus* (Coleoptera). As cavernicolous species (some of them being known from soil) can be considered: *Mesoniscus graniger* (Isopoda) (non-limestone substratum too), *Neobisium* (*Blothrus*) *slovacum* (Pseudoscorpionidea), *Porrhomma profundum*, *P. convexum* (Arachnida), *Poecilophysis spelea*, *Foveacheles troglodyta*, *Oribella cavatica* (Acarina), *Onichiurus troglophilus*, *Arrhopalites aggtelekiensis*, *A. slovacicus* (Collembola), *Duvalius bokori* with subspecies *bokori*, *gellidus*, *valyanus* and *broziki* (only from surface stone-soil horizon), *D. hungaricus* with subspecies *hungaricus*, *brzotinensis*, *sziliczensis*, *slovacus* (soil on non-limestone substratum only), *D. goe-*

*moeriensis*. Of the species *D. szabo*i only subsp. *szabo*i was found in cave biotope and of *D. microphthalmus* such subspecies is *D. m. spelaeus*. For caves in central part of the Carpathians there is a typical troglophilous Diplopod *Allorhiscosoma sphinx*.

## Cave water fauna

Cave water fauna living in cave brooks and lakes is not so rich and territorially not so restricted as terrestrial fauna. The distribution of some species covers the territory of the whole Carpathians: Amphipods *Niphargus tatrensis* and *Synurella intermedia*. Fauna of Harpacticoids is identical with that of phreatic waters. It seems that some endemic species developed here only in Gastropods: there is an undescribed species of *Hauffenia* in the Slovakian Karst Mt. and three recent species of *Belgrandiella* from karst springs in the NW part of Slovakia. Endemic *Sadleriana pannonica* living in karst springs of the Slovakian Karst Mt., in Hungarian part of this territory and the Bukk Mt. does not enter cave environment.

## Phreatobious fauna

This fauna inhabits interstitial medium within sediments along river valleys and in lowland country. It was studied mainly through wells. *Phreatobious* fauna is composed mainly of Copepoda, Ostracoda, Isopoda, Amphipoda and Hydracarina. Only Copepoda mainly Harpacticoida were studied intensively. The fauna in phreatic waters contrary to the cave terrestrial fauna, has low degree of endemism and most species have larger area of distribution in Europe or Palearctic Region. Only *Niphargus dudiichi* (Amphipoda) can be considered as a true endemic species in Western Carpathian. As stygobites in phreatic one can cite the following: *Troglochaetus beranecki* (Archiannelida), *Elaphoidella elaphoides*, *E. phreatica*, *Parastenocaris pannonicus*, *P. phreatica*, *P. phyllura*, *P. proserpina* (Harpacticoida), *Acanthocyclops languidus* (Cyclopoida), *Cypridopsis subterraneus* (Ostracoda), *Bathynella natans*, *Parabathynella stygia* (Bathynellae), *Proasellus slavus* (Isopoda), *Crangonyx subterraneus* (Amphipoda).



# A preliminary report on some invertebrate cave fauna of China

David A. Hubbard, Jr.\* and Daqing Wang\*\*

\*Virginia Cave Board, P.O. Box 3667, Charlottesville, VA 22903, USA

\*\*Dept. of Biological Sciences, Old Dominion University, Norfolk, VA 23529, USA

## Abstract

Limited collecting of cave invertebrates, during the XI International Congress of Speleology in China, resulted in significant discoveries. Of five caves sampled in two regions, four had been drastically altered for tourism. A non-tourist cave near Guilin yielded pomatiopsid snails, cypridid ostracods, atyid shrimps, styloniscid isopods, polydesmid millipedes, and a dytiscid beetle. The shrimp, isopods, and beetle represent new genera, the ostracods and isopods represent new species. Tourist caves on Liaoning Peninsula yielded cyclopoid copepods, ostracodes, amphipods, onychiurid collembolans, and campodeid diplurans. Some of these represent new species, others represent new cave records. These collections suggest a potentially significant biodiversity.

## Introduction

The karstlands of the Peoples Republic of China are of varied geological and geographical settings. Carbonate rocks are from Cambrian through Triassic in age and are exposed over 907,000 km<sup>2</sup> of China (YUAN, 1991: 1). Investigations of these remarkable resources have been largely concerned with: the economies of mineral, energy, and water resources; environmental problems; and show cave development. Many of the biospeleological investigations have been directed toward the show caves, because of travel restrictions.

A cursory review of the literature on the invertebrate fauna of China caves, prior the 1993 International Congress of Speleology (ICS), reveals that most of the published work has been on millipedes (ZHANG, 1977, 1981, 1985a, 1985b). The amphipod *Bogidiella sinica* Karaman and Sket (1990), a stygobiont, was described from Seven Star Cave where it inhabits hypogean waters with blind cyclopoid copepods and apparent troglotic calanoid copepods and atyid shrimp. During 1993, four papers were published on millipedes in China caves. Two were contained in a book on Karst Landscape & Cave Tourism (CHEN & ZHANG, 1993; ZHANG & WANG, 1993) and two were presented at the ICS in Beijing (MENG, 1993; ZHANG, 1993). Other important taxa described in 1993 included: the first cave-dwelling campodeid dipluran from China (CONDÉ, 1993) and four new troglotic species of the collembola *Sinella* from China (CHEN & CHRISTIANSEN, 1993). The CHEN & CHRISTIANSEN paper also discussed two non-troglotic *Sinella* found in China caves, one of which also was a new species. Taxa described in 1995 include the first Chinese troglotic gammarid amphipod (KARAMAN & RUFFO, 1995), the first Chinese troglotic oniscidean isopod (SCHULTZ, 1995), and a new troglomorphic species of the carabid beetle *Jujiroa* (TAGLIANTI, 1995). With the addition of WANG & MAURIES' (1996) study, the number of milliped species collected in China caves by 1993 included at least 12 species in 8 families: Doratodesmidae (4 sp.), Harpagophoridae (1 sp.), Pericambalidae (2 sp.), Polydesmidae (1 sp.), Mongoliulidae (1 sp.), Cambalopsidae (1 sp.), Paradoxosomatidae (1 sp.), and Sinocallipodidae (1 sp.). The troglotic terrestrial isopod described by SCHULTZ (1995), was just one of a number of significant fauna discovered in China during the last ICS.

During the XI ICS, author DAH had the opportunity to make limited collections of cave invertebrates in China and to make the acquaintance of author DQW. Specimens of 13 invertebrate taxa were sampled from a total of five caves. Despite the fact that four of the sampled caves were show caves, these collections range in significance from first cave records of known species in China to new genera (HUBBARD *et al.*, 1995).

## Sampled caves and their settings

Caves were sampled in the regions of South and North China. The cave development in the sampled area of South China is in gently folded Devonian carbonate rocks dominated by tower karst landforms. A series of diverse caves were sampled in folded Ordovician carbonate rocks in North China.

### Jiazhai Taiping Cave

A single non-commercial cave was visited in the Guilin area of Guangxi Province in south China. Jiazhai Taiping Cave is developed in upper Devonian limestone and contains 1353 m of passage characterized as passage and hall type (ZHU, 1988: 156). The cave contained deep pools in one passage not visited. Flow features in the damp mud floor indicated the cave is subject to flooding. Initial thoughts were that river waters flood the cave, however, faunal evidence suggests that the flood water may be phreatic in origin.

Collections were made from rimstone pools and mud banks. A shallow rimstone pool, less than a meter in extent, was sampled of snails, ostracodes, and an aquatic beetle. Another rimstone pool, a few meters in extent, yielded shrimp. The mud bank adjacent to this pool and a second bank yielded isopods.

### Benxi Water Cave

Benxi Water Cave is located 35 km from Benxi City in Liaoning Province. This tourist cave is developed in the limestone and dolostone of the Ordovician-aged Majiagou Formation and contains 2710 m of stream passage (CHEN, 1993), most of which are toured by boat. A small rimstone pool and a very small tributary stream yielded amphipods.

### Strange Stone Cave

This small tourist cave is located within Benxi City in Liaoning Province. Portions of this cave were exposed by quarrying and have been resealed to reestablish the cave environment along the tour route. Strange Stone Cave is developed in Ordovician-aged limestone. An artificial pool was sampled of ostracodes.

### Cloud Luster Cave

Yunguang Cave (Cloud Luster Cave) is located in Tieshashan (Steel Temple Hill) in Liaoning Province. Tieshashan is composed of Ordovician limestones of the upper Majiagou Formation (CHEN, 1993). Yunguang Cave is the largest cave in the hill and is named for the appearance of the calcite speleothems, some of which resemble clouds. The hill is the birth-place of taoism in northeastern China and is a Provincial Cultural Protection Unit.

Within Yunguang Cave, a small pool known as Xian Shei (Fairy Water Pool), was sampled of copepods.

#### Wangtian Cave

This newly developed tourist cave is located across Yahe Stream from Wangwanchuan Village in Huanren County, Liaoning Province. Developed within the Ordovician limestones of the Majiagou Formation, Wangtian Cave was reportedly "the longest show cave in northern China with an overall length of 7000 m" (CHEN, 1993). A rimstone pool at the base of a massive stalagmite and a small stream were sampled of amphipods. Diplurans and collembola were collected from cobbles among relatively dry rimstone dams. Additional dipluran specimens were collected from beneath a piece of paper on a ledge in the cave wall.

### Status of faunal collections

The thirteen taxa collected during excursions to the five caves noted above were distributed to various systematists for identification. Not all taxa were well enough represented for determination to species level, but identifications are reported as closely to species level as the collected material permitted. Information about the determinations are provided with each record. In the following listings, higher taxa are arranged in phylogenetic sequence, however lower taxa (families, genera, and species) are listed alphabetically within their respective taxonomic groups.

#### Phylum Mollusca

An aquatic snail (family Pomatiopsidae) was collected from a rimstone pool in Jiazhai Taiping Cave. The initial determination was by Dr. Robert Hershler (written communication, 1993) of the National Museum of Natural History in Washington, D.C. as appearing "to be the first subterranean pomatiopsid discovered on the mainland, and probably represents a new genus". The specimens were passed on to Dr. George Davis of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia in Pennsylvania, further identification is pending.

#### Phylum Arthropoda: Subphylum Crustacea

Specimens of six species of crustaceans were collected and included copepods, ostracods, amphipods, isopods, and shrimp. The copepods (family Cyclopidae) from Cloud Luster Cave were identified by Dr. Janet W. Reid of the National Museum of Natural History in Washington, D.C. as *Acanthocyclops robustus* (Sars) [catalogue no. USNM 259621]. She noted that this appears to be a first record of this "cosmopolitan" species in China.

Ostracodes were collected from pools in Jiazhai Taiping Cave (family Cyprididae) and Strange Stone Cave and sent to Dr. Dan L. Danielopol of the österreichische Akademie der Wissenschaften. The Jiazhai Taiping Cave specimens were passed on to Dr. Koen Martins of the Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique and determined to be a new species of *Stenocypris*. Further work with these specimens is pending. No further determination for the Strange Stone cave specimens has been received.

Amphipods were collected from pools in Benxi Water Cave and Wangtian Cave and identified by Dr. John R. Holsinger of Old Dominion University in Virginia. The Benxi Water Cave specimens (family Gammaridae) are *Gammarus nekkensis*, a non-stygobiont amphipod, and are the first record of this species from a cave and a significant range extension of the species to the northeast. The Wangtian Cave specimens (family Pseudocrangonyctidae) are the stygobiont *Pseudocrangonyx asiaticus* and are the first record of the species from a Chinese cave per se (a previous collection was from a spring).

Isopods (family Styloniscidae) were collected from mud banks in Jiazhai Taiping Cave and identified by Dr. George Schultz of New Jersey as a new genus and species and the first record of a troglobitic oniscidean from China. They were described as *Sinoniscus cavernicolus* Schultz (1995).

Shrimp (family Atyidae) were collected from a rimstone pool in Jiazhai Taiping Cave and identified by Dr. Horton H. Hobbs, IV of Wittenberg University in Ohio as a probable new genus and species, however damaged carapaces, apparently in response to the ETOH, precluded further determinations.

#### Phylum Arthropoda: Subphylum Uniramia

Among the uniramians, millipedes and insects are represented in the Chinese taxa collected. The millipedes were collected from mud banks in Jiazhai Taiping Cave and identified by Dr. Richard Hoffman of the Virginia Museum of Natural History. Specimens were of two families: Polydesmidae and Glyptiulidae. The polydesmid millipedes were an undescribed species of *Epanerchodus*. The glyptiulid milliped was represented by a female specimen, precluding successful determination as to genus.

Insects collected included springtails, diplurans, and a beetle. Collembola or springtails were collected from damp cobbles in Wangtian Cave and identified by Dr. Kenneth Christiansen of Grinnell College in Iowa. These troglobitic onychiurid springtails were determined as a new species of *Onychiurus* of the subgenus *Protophorura*.

Diplurans were collected from a wall and on cobbles in Wangtian Cave and identified by Dr. Lynn Ferguson of Longwood College in Virginia. These troglobitic campodeid diplurans were determined as a new species of *Pacificampa*. Dr. Ferguson is planning to discuss this new species at this meeting.

An aquatic beetle was collected from a small pool in Jiazhai Taiping Cave and identified by Dr. Paul Spangler of the National Museum of Natural History in Washington, D.C. This troglobitic dytiscid beetle was determined as a new genus and species. Apparently, a discussion of this new dytiscid beetle will be included in volume two of the Encyclopedia of Biospeleology.

### Discussion and Conclusions

Identifications are complete on four of the 13 taxa collected during the XI ICS: cyclopoid copepod *Acanthocyclops robustus* (Sars), a first record of this "cosmopolitan" species in China; the gammarid amphipod *Gammarus nekkensis*, a first cave record; the pseudocrangonyctid amphipod *Pseudocrangonyx asiaticus*, a first record of this stygobiont from a Chinese cave; the styloniscid isopod *Sinoniscus cavernicolus* Schultz, the first oniscidean recorded from a cave in China and a new genus and species. Specimens of three taxa were inadequate for further determination: a female specimen of glyptiulid milliped could not be determined to genus; the polydesmid milliped *Epanerchodus* sp. is undescribed; the atyid shrimp, were damaged but appear to be a new genus and species. The identity of one collection of ostracod is unknown, but it is probably not a stygobiont. Further work or publication is pending on five taxa: the troglobitic pomatiopsid snail, a probable new genus and species; the cypridid ostracod *Stenocypris* n. sp.; the troglobitic onychiurid springtail *Onychiurus* n. sp.; the troglobitic campodeid dipluran *Pacificampa* n. sp.; the troglobitic dytiscid beetle, a new genus and species.

The first words of KARAMAN & RUFFO'S (1995) article are too true: "The cavernicolous fauna is virtually unknown" Our collections suggest a potentially significant biodiversity in China. Perhaps China remains the last great frontier of biospeleology. Much detailed work will be necessary to prove such an assertion.

The focus of the collections discussed in this paper were aquatic habitats. Terrestrial fauna were collected adjacent to some

aquatic environments. Because most of the caves visited were developed for tourism, drastic alteration and destruction of habitat was observed in a number of the caves. We suspect biological inventories of unaltered caves will reveal many caves with significant biodiversity. We urge government officials to initiate biological inventories of the caves of China and to protect the most biologically diverse cave resources in their natural state.

### Acknowledgements

Special thanks are extended to Professor Zhu Xuewen for arranging the expedition to Jiazhai Taiping Cave. Assistance was provided by Qin Houren, Zhang Yuanhai, Sue Dotson, and Kirk MacGregor in sampling in Jiazhai Taiping Cave. Ma Shaowu and translators Shao Wei and Liao Ning negotiated arrangements for collections in the four caves in Liaoning Province. Sue Dotson assisted in the collections in these four caves. Dr. Lynn Ferguson assisted with collections in Wangtian Cave. Additional thanks are extended to Qiao Xi Quan and the management of Water Cave Scenic Beauty Spot for their hospitality and arranging visits to the Liaoning Province caves.

### References

- CHEN, J.X. & K. CHRISTIANSEN. 1993. The genus *Sinella* with reference to *Sinella* S.S. (Collembola: Entomobryidae) of China. *Oriental Insects* 27: 1-54.
- CHEN, S.C. 1993. Excursion Guidebook No. 20: Karst on high latitudes and coast in China. XI I.C.S., 16 p.
- CHEN, Z.F. & Z.H. ZHANG. 1993. Study on the genus *Leptoneta* in karst caves in Zhejiang Province, China. In: Karst Landscape & Cave Tourism. China Environ. Sci Press: 216.
- CONDÉ, B. 1993. Premiers Campodeidae cavernicoles de Chine, comme exemple de l'évolution souterraine de la Famille (Diplura). *Revue suisse Zool.* 100 (4): 823-828.
- HUBBARD, D.A., JR., HOLSINGER, J.R. & J. ZHANG 1995. A preliminary study of the invertebrate cave fauna of China (abs.). *NSS Bulletin*: 63.
- KARAMAN, G. & S. RUFFO. 1995. *Sinogammarus troglodytes* n. gen. n. sp.: A new troglobiont Gammarid from China (Crustacea Amphipoda). *Int. J. Spel.* 23 (3-4): 157-171.
- KARAMAN, G. & B. SKET. 1990. *Bogidiella sinica* sp.n. (Crustacea: Amphipoda) from southern China. *Biol. Vestn* 38: 35-48.
- MENG W.X. 1993. A new troglotic millipede, *Podoglyphiulus sinensis*, sp. nov. from Guizhou Province (Diplopoda, Spirostreptida, Cambalopsidae), Beijing China. *Proc. XI I.C.S.*: 130-131.
- SCHULTZ, G.A. 1995. *Sinoniacus cavernicolus*, a new genus and species of terrestrial isopod crustacean from a cave in China (Styloniscidae: Oniscidea). *Proc. Biol. Soc. Washington* 108 (2): 201-206.
- TAGLIANTI, A.V. 1995. A new Juriroa from Sichuan, China (Coleoptera, Carabidae). *Int. J. Spel.* 23 (3-4): 179-189.
- WANG, D.Q. & J.P. MAURIES. 1996. Review and perspective of study on myriapodology of China. In: J.J. GEOFFROY, J.P. MAURIES & D.-J.M. NGUYEN (eds.): *Acta Myriapodologica. Mem. Mus. Nat. Hist.* 169: 81-99.
- YUAN, D.X. et al. 1991. Karst of China. Geological Publishing House, Beijing, China. 224 p.
- ZHANG, C.Z. 1977. Eine neue Yunnanina-Art (Diplopoda) aus China. *Acta Zool. Sinica* 23: 357-359.
- ZHANG, C.Z. 1981. Über Bilingulidae fam. nov. (Diplopoda: Spirostreptida) aus dem südchinesischen Karstgebiet. *Acta Zool. Sinica* 6: 376-377.
- ZHANG, C.Z. 1985. A new species of millipedes of the genus *Junceustreptus* in southwestern China. *Acta Zool. Sinica* 10: 137-139.
- ZHANG, C.Z. 1985. A new species of millipedes of the genus *Skleroprotopus* in Stone Buddha Cave, Fanshang County, Beijing. In: Karst Geomorphology and Speleology, Science Press, Beijing: 154-156.
- ZHANG, C.Z. 1993. Diplopoda from Yunnan Caves (II): Contribution to the study of a new cavernous taxon of the Nematophoran Millipedes (Diplopoda, Callopodida). In: *Proc. XI I.C.S.*: 128-130.
- ZHANG, C.Z. & D.Q. WANG. 1993. Diplopoda from Yunnan Caves (I): A study on new genera and species of the milliped family Doratodesmidae. In: Karst Landscape & Cave Tourism. China Environ. Sci. Press: 205-220.
- ZHU, X.W. 1988. Guilin Karst. Shanghai Scientific & Technical Publishers, Shanghai, 188 p.



# A report on a new species of *Pacificampa* (Diplura: Campodeidae) from a cave in China and a comparison of some North American genera to *Pacificampa* and *Plutocampa* previously only known from the Far East of Russia

by Lynn M. Ferguson,

Dept. of Natural Sciences, Longwood College, Farmville, Virginia 23909, USA

## Abstract

During the post-Congress excursion to Benxi and Liaoning Province, China, in 1993, a new species of Campodeid Dipluran was found in Wangtian Cave. This new species belongs to the genus *Pacificampa* Chevrizov 1978, previously only known from caves in the southern part of the Far East of Russia, just northeast of Korea. There are remarkable similarities in morphology between the species of this genus and those of *Plutocampa* Chevrizov 1978 (another genus with troglotropic species from the same region of Russia), and the species of certain genera of Campodeids from western North America. Comparisons of these Palearctic and Nearctic genera are made.

## Introduction

Following the 11th International Congress of Speleology in Beijing, China, I had an opportunity to visit Benxi Water Cave and other caves in Liaoning Province, China, as part of a post-congress excursion. One of the caves visited was Wangtian Cave, located across Yahe Stream, a tributary of the Hunjiang River, from Wangwanchuan Village in Huanren County. Wangtian Cave is a cold, 80 meters deep cave containing 7000 meters of explored passages, some of which are open to tourists (CHEN, 1993). There my American colleagues and I, assisted by our Chinese guides, were able to collect several representatives of the cave's invertebrate fauna. Among these were several large specimens of campodeid diplurans, found under stones in shallow dried-up rim-stone pools at the top of a magnificent flowstone slope (one of the terminal points of the commercial tour). But the majority of the specimens were found on a discarded paper wrapper left behind

by some previous visitor, beside the tourist trail next to the cave stream and lake, below the previously mentioned flowstone slope.

## Observations

Microscopic examination of the specimens from Wangtian Cave following my return to the United States revealed that they represent a new undescribed species of *Pacificampa* Chevrizov 1978. (The species is being described in another scientific journal.) CHEVRIZOV (1978) based his description of the genus *Pacificampa* on two species (*P. birsteini* and *P. caesa*) found in caves of the Far East of Russia, north of Korea (Fig. 1). He reports only a slight difference in the chaetotaxy of these two species, in the form of the macrochaetae of the cerci for example. The new species from China has the same thoracic chaetotaxy and the same basic macrochaetal pattern on the abdomen as the

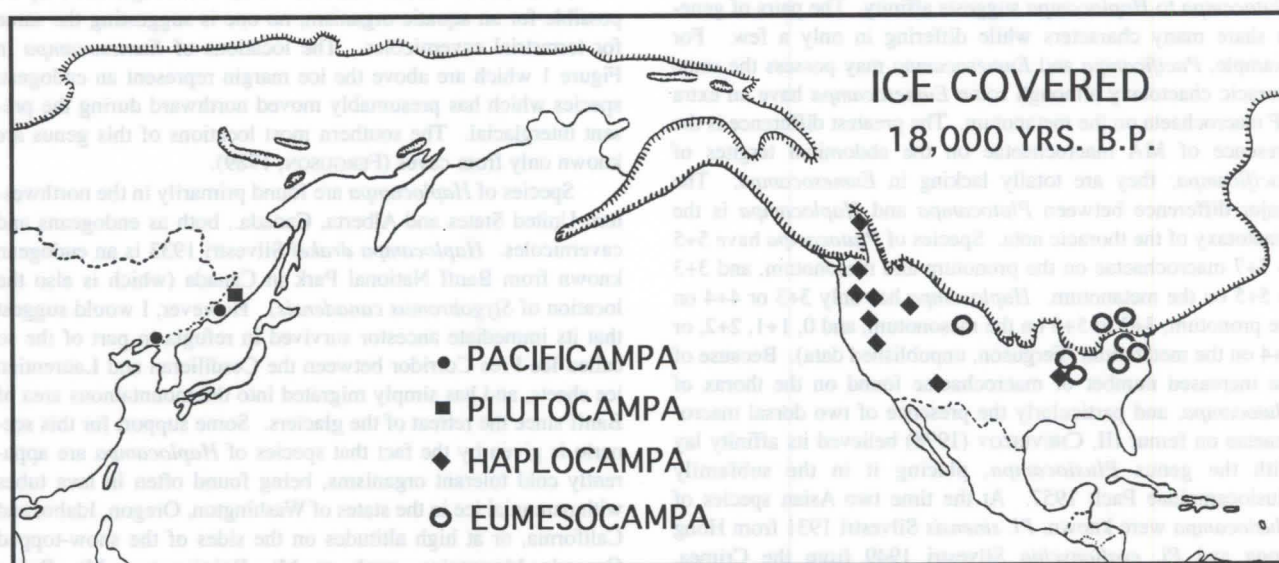


Figure 1 : Location of the Holarctic genera *Pacificampa*, *Plutocampa*, *Haplocampa*, and *Eumesocampa* superimposed on a map showing the glacial maxima of 18,000 yrs. B.P. (Map after VAN ANDEL, 1994 and PIELOU, 1991)

Russian taxa; however, the abdominal tergal chaetotaxy is different. The new species also has 7+7, instead of 6+6, macrochaetae on urosternite I. The legs, pretarsal claws, and styli are also very similar to the Russian species.

CHEVRIZOV (1978) also described the genus *Plutocampa* Chevrizov 1978 from the same region of Russia as *Pacificampa* (Fig. 1). *Plutocampa* currently contains three species: *P. speophila*, *P. paurocheta*, and *P. methoria*. The first two species were found only in caves, and also for morphological reasons are thought to be troglobites; however, *P. methoria* was found in a man-made underground space in a non-karst region and morphologically it is the least cave-adapted form, but possibly a troglophile.

The morphology of the pretarsus of *Pacificampa*, a major generic character, is similar to that of *Metriocampa* Silvestri 1912 and some other genera, which Chevrizov commented on; however, the specimens reminded me also of the North American genus *Eumesocampa* Silvestri 1933. (In 1957, PACLT included *Notocampa* Condé 1953, a monotypic genus from Madagascar, in the genus *Eumesocampa*. This synonymy is questionable.) Furthermore, Chevrizov's illustrations of the pretarsus of the genus *Plutocampa*, are identical to those of *Haplocampa* Silvestri 1912, another genus known only from North America. Therefore, I did a comparison of the Palearctic genera, *Pacificampa* and *Plutocampa*, and the Nearctic genera, *Eumesocampa* and *Haplocampa*, for all of the morphological characteristics normally used for generic ranking (CONDÉ, 1956), such as the morphology of the pretarsal claws and appendages, thoracic notal chaetotaxy, chaetotaxy of femur III, chaetotaxal pattern of the abdominal tergites, morphology and chaetotaxy of urosternite I, chaetotaxy of urosternite VIII, morphology of the styli of urosternites II-VII, plus some other characters of lesser generic value or weight. One of these, the form of the pretarsal appendage, has been questioned by CONDÉ (1959) since it appears it can change its shape during successive molts. This is not really a problem in the present study because none of the genera being discussed retain such a structure.

## Discussion

The comparison of *Pacificampa* to *Eumesocampa* and *Plutocampa* to *Haplocampa* suggests affinity. The pairs of genera share many characters while differing in only a few. For example, *Pacificampa* and *Eumesocampa* may possess the same thoracic chaetotaxy although some *Eumesocampa* have an extra LP macrochaeta on the metanotum. The greatest difference is the presence of MA macrochaetae on the abdominal tergites of *Pacificampa*; they are totally lacking in *Eumesocampa*. The major difference between *Plutocampa* and *Haplocampa* is the chaetotaxy of the thoracic nota. Species of *Plutocampa* have 5+5 to 7+7 macrochaetae on the pronotum and mesonotum, and 3+3 to 5+5 on the metanotum. *Haplocampa* has only 3+3 or 4+4 on the pronotum, 3+3 to 5+5 on the mesonotum, and 0, 1+1, 2+2, or 4+4 on the metanotum (Ferguson, unpublished data). Because of the increased number of macrochaetae found on the thorax of *Plutocampa*, and particularly the presence of two dorsal macrochaetae on femur III, CHEVRIZOV (1978) believed its affinity lay with the genus *Plusiocampa*, placing it in the subfamily Plusiocampinae Paclt 1957. At the time two Asian species of *Plusiocampa* were known, *Pl. sinensis* Silvestri 1931 from Hong Kong and *Pl. evallonychia* Silvestri 1949 from the Crimea. Noting that the presence of two dorsal macrochaetae on femur III is a rare occurrence, PACLT (1957) erected the subgenus *Didymocampa* to contain these two species. CONDÉ (1993) has recently described *Pl. lipsae* from a cave in Hubei Province, in southern China, and assigned it to the same subgenus due to the

presence of the two macrochaetae on the femur. Nevertheless, in some unquestionable species of *Haplocampa*, based on combinations of characters and zoogeography (Ferguson, unpublished data), I have found different species with 0, 1, or 2 dorsal macrochaetae on femur III. Similarly, there are many *Litocampa* species with the dorsal macrochaeta, but also some species which lack it, such as a species recently described from the Great Smoky Mountains (southern Appalachian Mtns.) of the United States (FERGUSON, in press).

Many of the shared characters found in *Pacificampa*, *Eumesocampa* and *Plutocampa*-*Haplocampa* are probably ancestral homologies (symplesiomorphies), but some of them could be derived homologies (synapomorphies). FERGUSON (1981) presented arguments for ranking these characters as either primitive or derived. For example, I consider the loss of the pretarsal appendage, the development of the latero-tergal crests on the claws, and the major difference in the size of the two claws found in *Plutocampa*-*Haplocampa* as being derived states. The question is are they derived homologies shared by the pair of genera or did they evolve separately (convergent evolution). When the same abdominal chaetotaxal pattern appears in species of different genera, as it does many times, it is an example of convergence. However, when a larger structure (presumably affected by more genes) such as the morphology of the pretarsus appears in different species, then it is more likely due to phylogenetic relationship.

As an indicator of ancient associations between the eastern Palearctic and the western Nearctic, CHEVRIZOV (1976) pointed out the relic nature of the distribution of the campodeid *Metriocampa*, being found in eastern Russia, Japan, and eastern China and the western United States. However, *Metriocampa* species are known from the central and eastern United States as well (CONDÉ & GEERAERT, 1962; CONDÉ, 1973). And CHOU & CHEN (1980) have described *Metriocampa urumuqiensis* from Xinjiang Province in western China.

Another group of organisms with a broad Holarctic distribution are the stygobiont amphipods. HOLSINGER (1986, 1987, 1994) has written extensively on the Holarctic distribution of crangonyctid amphipods and the relic nature of some species such as *Stygobromus canadensis* Holsinger 1980, which apparently survived the recent glaciation under the ice (HOLSINGER, 1980, 1981; HOLSINGER & SHAW, 1986). Although this may be possible for an aquatic organism, no one is suggesting the same for terrestrial cavernicoles. The locations of *Eumesocampa* in Figure 1 which are above the ice margin represent an endogean species which has presumably moved northward during the present interglacial. The southern most locations of this genus are known only from caves (FERGUSON, 1989).

Species of *Haplocampa* are found primarily in the northwestern United States and Alberta, Canada, both as endogeans and cavernicoles. *Haplocampa drakei* Silvestri 1933 is an endogean known from Banff National Park in Canada (which is also the location of *Stygobromus canadensis*). However, I would suggest that its immediate ancestor survived in refugia in part of the so called Ice-Free Corridor between the Cordilleran and Laurentian ice sheets, and has simply migrated into the mountainous area of Banff since the retreat of the glaciers. Some support for this scenario is given by the fact that species of *Haplocampa* are apparently cold tolerant organisms, being found often in lava tubes with perennial ice in the states of Washington, Oregon, Idaho, and California, or at high altitudes on the sides of the snow-topped Cascade Mountains, such as Mt. Rainier and Mt. Baker (FERGUSON, 1992).

The glaciations of the Quaternary Period would certainly have separated the Palearctic and Nearctic soil fauna (Fig. 1), but there is a wealth of information (PIELOU, 1991) from palynology,

paleontology (particularly fossil remains of beetles), biogeography and geology to suggest that large areas of Beringia and northern Asia were free of ice during even the glacial maxima, and thus did not exterminate all former life forms. Therefore, what we find today are possibly relicts of an even older Holarctic fauna. As LEVUSHKIN & CHEVRIZOV (1974) pointed out, the dipluran fauna of Russia has received little study. The same can be said for China. Future collections and study may help resolve some of these phylogenetic and zoogeographical issues.

## Conclusion

I think that Chevrizov was justified in proposing his two Palearctic genera. However, I believe that the similarities in morphology, the Holarctic distribution, the occurrence of similar geographic patterns for other presumably relictal forms (*Metriocampa*, *Stygobromus*), and geological data, all indicate a close affinity of these two pairs of genera (*Pacificocampa-Eumesocampa* and *Plutocampa-Haplocampa*) of campodeids. Until we have additional information, such as DNA analysis of species belonging to these genera, we can only note the apparent similarities in these forms.

## Acknowledgments

I thank my American companions Jenni Stewart, David Hubbard, and Sue Dotson, and particularly our interpreter, Shao Wei, for aiding in the collection of the campodeid diplurans. I also thank Andrey A. Semikolennykh of the Department of Soils Science and Viktor V. Korshunov, webmaster of the SpeleoPage, Moscow State University, for helping me obtain research publications on Russian diplurans, and Lena Beloozerov for translating them. I express my appreciation to the organizers of the Beijing Congress for offering the excursion to the karst of the high latitudes and the coast of China, and to Qiao Xi Quan, Director, and the staff and management of Benxi Water Cave for serving as our hosts and guides. Lastly, I thank the village of Wangwanchuan for their warm reception and hospitality, and for allowing me the opportunity to study the fauna of their cave.

## References

CHEN, S. 1993. Karst on high latitudes and coast in China. XI International Congress of Speleology (Beijing, China), Excursion Guidebook No. 20, 16 p.

CHEVRIZOV, B. P. 1976. New species of *Metriocampa* (s. str.) as an indicator of ancient associations between the eastern Palearctic and western Nearctic. *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 229(2): 513-515. (Original in Russian).

CHEVRIZOV, B. P. 1978. Two new genera of the Family Campodeidae from the Far East caves. *Zool. zh.* 57(2): 197-205. (In Russian with English summary).

CHOU, I. & T. CHEN. 1980. Two new species of campodeidae from Xinjiang (Apterygota: Diplura). *Entomotaxonomia*. 2(2): 157-160. (In Chinese with English summary).

CONDÉ, B. 1956. Matériaux pour une monographie des Diploures Campodéidés. *Mém. Mus. Nat. Hist. Natur., sér. A. Zool.* 12(1955): 1-202.

CONDÉ, B. 1959. Métamorphose des processus télotarsaux d'un Campodéidé (Insecte Diploure) au cours d'une mue postpubérale. *C. R. Acad. Sci. Paris* 248: 1402-1405.

CONDÉ, B. 1973. Campodéidés endogés de l'Est des États-Unis. *Bull. Mens. Soc. Linné. Lyon*, 42me année, no. spécial: 17-29.

CONDÉ, B. 1993. Premiers Campodeidae cavernicoles de Chine, comme exemple de l'évolution souterraine de la Famille (Diplura). *Revue suisse Zool.* 100(4): 823-828.

CONDÉ, B. & P. GEERAERT. 1962. Campodéidés endogés du centre des États-Unis. *Arch. Zool. Expériment. et Gén.* 101: 73-160.

FERGUSON, L. M. 1981. Systematics, Evolution, and Zoogeography of the Cavernicolous Campodeids of the Genus *Litocampa* (Diplura: Campodeidae) in the United States. Unpublished Ph.D. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 374 p.

FERGUSON, L. M. 1989. Taxonomy and distribution of the *Eumesocampa* (Diplura: Campodeidae) of North America. *Proc. 10th Int. Congr. Speleol.* 2: 680.

FERGUSON, L. M. 1992. Diplura of lava tube caves. In: (G. T. Rea, ed.): *Proc. 6th Int. Sym. Vulcanospeleol.* (Hilo, HI, 1991): 281-284.

FERGUSON, L. M. (in press). A new *Litocampa* (Diplura: Campodeidae) from an epigeal environment in the Great Smoky Mountains and the biogeography of cavernicolous diplurans in the Appalachians. In: (R. P. ECKERLIN, ed.): *Proc. Appalachian Biogeogr. Sym.* (Blacksburg, VA, 1995), *Virginia Mus. Natur. Hist. Spec. Pub.*, no. 3.

HOLSINGER, J. R. 1980. *Stygobromus canadensis*, a new subterranean amphipod crustacean (Crangonyctidae) from Canada, with remarks on Wisconsin refugia. *Canadian J. Zool.* 58: 290-297.

HOLSINGER, J. R. 1981. *Stygobromus canadensis*, a troglolithic amphipod crustacean from Castleguard Cave, with remarks on the concept of cave glacial refugia. *Proc. 8th Int. Congr. Speleol.* 1: 93-95.

HOLSINGER, J. R. 1986. Holarctic crangonyctid amphipods. In: (L. BOTOSANEANU, ed.): *Stygofauna mundi*. Brill/Backhuys, Leiden: 535-549.

HOLSINGER, J. R. 1987. Redescription of the stygobiont amphipod crustacean *Stygobromus pusillus* (Crangonyctidae) from the Soviet Union, with comments on taxonomic and zoogeographic relationships. *J. Crustacean Biol.* 7(2): 249-257.

HOLSINGER, J. R. 1994. Amphipoda. In: (C. Juberthie & V. Decu, eds.): *Encyclopaedia Biospeologica*, tome 1: 147-163.

HOLSINGER, J. R. & D. P. SHAW. 1986. A new stygobiont amphipod crustacean (Crangonyctidae, *Stygobromus*) from glaciated karst on Vancouver Island, Canada. *Proc. 9th Int. Congr. Speleol.* 2: 98-101.

LEVUSHKIN, S. I. & B. P. CHEVRIZOV. 1974. K faune Campodeidae (Diplura) peshcher SSSR. *Materialy VII s'ezda Vses. entomol. o'va*. 1: 72-73. (In Russian).

PACLT, J. 1957. Diplura. *Genera Insectorum* de P. Wytsman, fasc. 212E, 123 p.

PIELOU, E. C. 1991. After the Ice Age: the return of life to glaciated North America. The University of Chicago Press, Chicago, 366 p.

SILVESTRI, F. 1912. Nuovi generi e nuove specie di Campodeidae (Thysanura) dell'America settentrionale. *Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. Portici*, 6: 5-25.

SILVESTRI, F. 1933. Quarto contributo alla conoscenza dei Campodeidae (Thysanura) del Nord America. *Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. Portici*, 27: 156-204.

VAN ANDEL, T. H. 1994. New views on an old planet: a history of global change. Cambridge University Press, New York, 2nd ed., 439 p.



# The chemical communication in the underground Bathysciinae beetles (Insecta, Coleoptera)

by Oana Moldovan

Institut of Speology, Climicilor, 5, RO - 3400 Cluj, Romania

## Abstract

The chemical communication system has three components : the glandular exocrine system, that produces the pheromones; the pheromones, vectors of chemical messages; the antennal sensilla, representing the receiver part of the system. Each component has been studied in the Bathysciinae beetles, insisting on the cuticular hydrocarbons - pheromones perceived through direct contact between individuals. Several experiments proved the importance and the role of cuticular hydrocarbons in the sexual behavior.

## Introduction

The total and permanent absence of the light is the main physical feature of the underground (hypogean) environment. Consequently, the cave animals have reduced eyes or these are completely absent. In this context, it seems important to know how do these organisms orientate themselves.

Food obtainment and sexual partner search have to be accomplished by using others senses, such as tactile, gustative and/or olfactive. (The auditory sense is known only from the underground vertebrates, as the bats). These senses (their corresponding anatomical structures) become more developed through neurological tradeoff (JONES & CULVER, 1989). The central nervous system does not process independently, either anatomically or physiologically, the inputs from the optic system and the chemosensory sensilla. Thus the reduction of the unused visual structures could lead to improved function of extra-optic sensory systems by decreasing the amount of "noise" in the sensory system or by increasing the relative amount of the central nervous system used by nonvisual sensory system (MOHR & POULSON, 1966; KANE & CULVER, 1992). Increased ability to detect chemical informations from the environment is associated in underground species with the increase in antennal size, one more argument for an enhanced sensorial sensibility by comparing these organisms with their epigeal relatives.

## The chemical communication system

The chemical communication system of the beetles has three major components (fig. 1):

1. The glandular system, that produce the pheromones.
2. The pheromones, representing the vectors of the chemical messages.
3. The antennal sensilla, the receiver part of the system.

## The exocrine glandular system

The glandular system in the posterior part of the abdomen in the Bathysciinae beetles is represented by a sternal gland, three glandular fields and isolated unicellular glands (MOLDOVAN & JUBERTHIE, in press). The sternal gland is absent in females and the most adapted for the underground life males (JUBERTHIE - JUPEAU & CAZALS, 1983, 1984; MOLDOVAN & JUBERTHIE, 1994). MOLDOVAN & JUBERTHIE (in press) have proved for the *Bathysciola* genus, that the adaptation from endogean to cave life determinated the evolution of the sternal gland and the evolution of the glandular fields.

The gland's absence could be the result of an adaptational behavioural changing, rather than to a reduction of the pheromonal system role in the cave species. This assumption is supported by

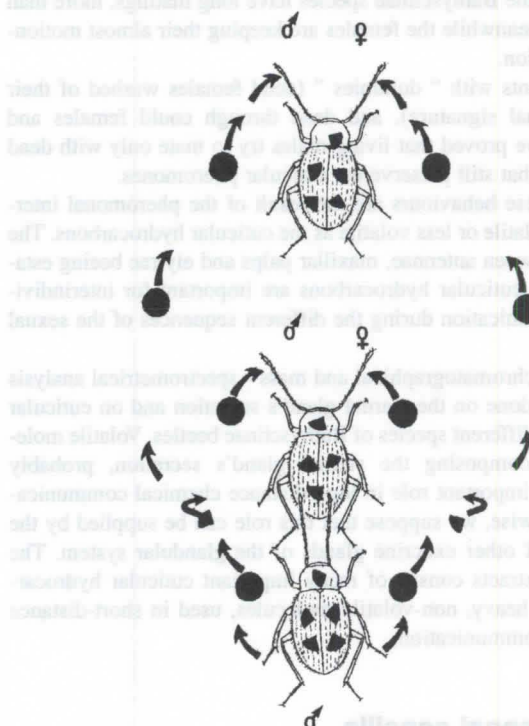


Figure 1. Volatile pheromones (O) are emitted from males exocrine glands and are received of the antennal sensilla of both males and females. Cuticular hydrocarbons (Δ) are received only through direct contact by the antennal sensilla of both males and females.

the fact that glandular fields are present in all the studied males, beeing more developed in species lacking the sternal gland.

We do not know the role of each glandular unit, but for the tergal glandular fields we presume a secretion that can act as trail pheromone on account of their position. Anyway, excepting the sternal gland, the glandular fields (tergal of sternal) have two categories of cells: one rich in smooth endoplasmic reticulum and in clear vesicles, and another rich in rough endoplasmic reticulum and dark vesicles. Therefore, the secretion could be a mixture of volatile and less volatile molecules. Concerning the sternal gland, its structure and ultrastructure is characteristic for glands that produce volatile and very volatile pheromones.

## The pheromones

The pheromones are the messengers of the chemical information from one individual to another. The pheromones can act at

long distances if they are volatile, or can be less or not volatile being perceived only through direct contact between individuals. This last category is represented by cuticular hydrocarbons. Relatively recently studied in some epigeal beetles, their role is not very well known, but in some groups of insects the intervention in sexual and species recognition has been proved.

The presence and importance of pheromones has been evidenced by behavioural studies:

- The females of Bathysciinae beetles species are able to recognise the species, while the males try to mate with homo- and heterospecific females at the same ratio. The glandular differences between the two sexes can provide the explanation.
- Males and females belonging to certain species of *Speonomus* genus are establishing "tandems"; the males are staying between successive matings behind the females and "mimic" every movement of these ones, without direct contact.
- Some of the Bathysciinae species have long matings, more than 1 hour; meanwhile the females are keeping their almost motionless position.
- Experiments with "dummies" (dead females washed of their pheromonal signature), and dead through could females and males have proved that living males try to mate only with dead females, that still preserve the cuticular pheromones.

All these behaviours are the result of the pheromonal intervention, volatile or less volatile as the cuticular hydrocarbons. The contact between antennae, maxillar palps and elytrae being established the cuticular hydrocarbons are important for interindividual communication during the different sequences of the sexual behaviour.

Gas - chromatographical and mass - spectrometrical analysis have been done on the sternal gland's secretion and on cuticular extracts of different species of Bathysciinae beetles. Volatile molecules are composing the sternal gland's secretion, probably playing an important role in long distance chemical communication. Otherwise, we suppose that this role can be supplied by the secretion of other exocrine glands of the glandular system. The cuticular extracts consist of many important cuticular hydrocarbons, with heavy, non-volatile molecules, used in short-distance chemical communication.

## The antennal sensilla

In the insects, most of the receptors are on the antennae and the sensibility of the olfactory system depends on their number (the length of the antennae) and their receptory surface, allowing a better discrimination between the different chemical molecules. So, the selection of individuals with long antennae seems obvious in the underground world (JUBERTHIE & MASSOUD, 1977, personal observations).

## Conclusions

The equilibrium between different senses is ensured at neuronal level by the balance between the functional importance of different senses and the external stresses that act in the life history of an individual at one time.

For the underground beetles, that have evolved from endo-gean, preadapted species, the adaptation for the underground environment determined changes in the chemical communication system. The geological underground structure being fragmented the long distance communication is less feasible. This could explain the absence of the sternal gland in the most adapted for the underground life species and an important balance toward short distance (or contact) through cuticular hydrocarbons communication.

It is also possible that the evolution of the glandular system is an adaptation of the entire system in the context of energy conservation, knowing the food scarcity in the underground world. The reduction of the pheromonal diversity, one compound accomplishing more functions (as for example, sexual attractant and aphrodisiac) is an parsimonious phenomenon, quoted from other groups of insects. The developing of the receiver part of the chemical communication system (the antennal sensilla) probably needs less energy than the production of pheromones. The study of the pheromonal communication system in the underground beetles is only at its beginning, but it is the first time that this kind of chemical communication has been evidenced for one of the underground fauna representatives.

## References

- JONES, R. & D.C. CULVER, 1989. Evidence for selection on sensory structures in a cave population of *Gammarus minus* Say (Amphipoda). *Evolution*, 43: 688-693.
- JUBERTHIE, C. & Z. MASSOUD, 1977. L'équipement sensoriel de l'antenne d'un coléoptère troglodyte, *Aphaenops crypticola* Linder (Coleoptera: Trechidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 6: 147-160.
- JUBERTHIE-JUPEAU, L. & M. CAZALS, 1983. Etude ultrastructurale de la glande sternale tubuleuse chez les Bathysciinae souterrains. *Mém. Biospéol.*, 10: 439-444.
- JUBERTHIE-JUPEAU, L. & M. CAZALS, 1984. Les différents types de la glande sternale tubuleuse propre aux mâles de certains Coléoptères Bathysciinae souterrains. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 298, III (4): 393-396.
- KANE T.C. & D.C. CULVER, 1992. Biological processes in space and time: Analysis of adaptation. In: A.I. Camacho (ed.), *The Natural History of Biospeleology*, Monografias, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- MOHR, C.E. & T. L. POULSON, 1996. *The Life of the Cave*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- MOLDOVAN, O. & C. JUBERTHIE, 1994. Etude comparée et ultrastructurale de la glande sternale de quelques coléoptères Bathysciinae (Coleoptera, Catopidae). *Mém. Biospéol.*, 21: 97-101.
- MOLDOVAN, O. & C. JUBERTHIE. Bathysciinae (Coleoptera, Catopidae) glandular exocrine fields. *Int. J. Insect. Morphol. Embryol.*, in press.
- MOLDOVAN, O. & C. JUBERTHIE. The evolution of the sternal gland in the *Bathysciola* genus (Coleoptera: Catopidae: Bathysciinae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, in press.

# Vertebrate fauna of the Moldavian underground

by Sergiu P. Andreev\*, Andrey G. Vasiliev\*\* & Mina N. Lozan\*\*\*

\*National Institute of Ecology, Dacia 58, MD-2060 Chisinau, Republic of Moldova

\*\*Institute of Zoology of the Moldavian Academy of Sciences, Academiei 1, MD-2028 Chisinau, Republic of Moldova

\*\*\*Moldavian State University, Mateevici 60, MD-2019 Chisinau, Republic of Moldova

## Abstract

Artificial and natural caves are very numerous and large in Moldova. Most of them are mines of hand and machine limestone exploitation of up to 200 years old. 38 species of vertebrates, occurring in undergrounds have been registered:

**Amphibia:** *Rana ridibunda*, *Bufo viridis*, *Bombina bombina*;

**Reptilia:** *Elaphe longissima*;

**Aves:** *Hirundo rustica*, *Delihon urbica*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Ph. ochruros*, *Columba livia*;

**Mammalia:** *Erinaceus concolor*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rh. hipposideros*, *Myotis blythii*, *M. myotis*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *M. bechsteinii*, *M. mystacinus*, *Plecotus austriacus*, *Pl. auritus*, *Barbastella barbastellus*, *Eptesicus serotinus*, *Apodemus sp.*, *Mus sp.*, *Rattus norvegicus*, *Glis glis*, *Dryomys nitedula*, *Vulpes vulpes*, *Canis familiaris*, *Nyctereutes procyonoides*, *Martes foina*, *Meles meles*, *Mustela nivalis*, *Felis catus*, *Capra hircus*, *Ovis ammon*, *Bos primigenus*.

Variation in behaviour and accommodation of these species determine different strategies of using undergrounds as temporary and permanent shelters and as source of water and salt.

## Introduction

The undergrounds in Moldova are very numerous and various as size and origin. We classify them into 5 different types:

1. Natural caves and grottoes (N)
2. Mines of hand exploitation of limestone (H)
3. Mines of machine exploitation of limestone (M)
4. Undergrounds with both hand and machine-exploited mines (HM)
5. Undergrounds with both natural caves and hand-exploited mines (NH)

The most numerous and largest are mines of limestone exploitation with the total length varying from a few meters to more than 50 km. Generally the mines are placed along the abrupt banks of the rivers.

Although many of these mines are known for more than 60 years, they remain almost unstudied. Except bat fauna the other groups of vertebrates that occurs in undergrounds are not studied. Some authors mentioned that foxes, stone martens and some rodents sometimes enter natural caves and mines (CORCIMARI, 1962, 1965; GANEA, 1969; GANEA, ZUBKOV, 1989). The investigations of the bat fauna have been carried out (AVERIN & LOZAN, 1961a, 1961b, 1965; LOZAN, 1965, 1966, 1969; LOZAN & SKVORTSOV, 1965; DOROSSENKO, 1975) between the 50th and 70th years, and 10 species of underground living bats have been described.

The results of the last 2 years investigations in 97 undergrounds of the Central and Northern part of Moldova are presented in this paper.

## Methods

Data were collected during summer and winter expedition period. 97 Moldavian undergrounds have been visited, including: 19 - N; 30 - H; 36 - M; 10 - HM; 2 - NH. The smaller undergrounds of up to 1000 m were studied wholly,

including all existing galleries. The larger ones, more than 1 km, were studied as far as 1500-2000 meters depth from entrance. Vertebrate animals were registered by catching and presence of their footprints as well as other traces (faeces, food remains, corpses, nests, etc.). The bats were caught, identified by species and sex after which they were ringed: the males on the left and females on the right radula. During the periods of late pregnancy, early lactation and late hibernation the bats were registered without disturbing, only identifying them visually.

## Results

38 species of vertebrates, occurring in undergrounds have been registered. Each species showed different patterns in using the undergrounds as temporary or permanent shelters. The highest adaptation to live in undergrounds showed 13 species of bats, as well as *Vulpes vulpes*, *Martes foina*, *Hirundo rustica*, *Phoenicurus ochruros*. 11 species of bats: *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis blythii*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. mystacinus*, *M. bechsteinii*, *Plecotus auritus*, *Pl. austriacus*, *Barbastella barbastellus* and *Eptesicus serotinus* used undergrounds as shelters during winter and summer periods. Breeding colonies of *M. blythii*, *M. daubentonii* and *Pl. austriacus* have been found while the others occurred in small groups or single. Three very rare species: *Rh. ferrumequinum*, *M. myotis* and *M. nattereri* have been registered only during summer period.

The most often occurring species in all types of undergrounds is *Vulpes vulpes*. Their footprints were registered at the maximal depth of more than 1.5 km and their holes at up to 400 meters from entrance. The paths of foxes in undergrounds represent narrow ways with strictly oriented directions, which denote a high adaptation to orientation in dark conditions. A very interesting fact was observed in many undergrounds where foxes occur. The so-called scent marks of foxes have been found here at different depths from entrance.

| N  | Species                         | Frequency of occurrence, % |      |      |      |    |    | Maximal depth, m |
|----|---------------------------------|----------------------------|------|------|------|----|----|------------------|
|    |                                 | ALL                        | H    | M    | N    | HM | NM |                  |
| 1  | <i>Rhinolophus ferumequinum</i> | 1                          |      |      | 5.3  |    |    | 12               |
| 2  | <i>Rhinolophus hipposideros</i> | 24.7                       | 33.3 | 8.3  | 36.8 | 40 |    | 250              |
| 3  | <i>Myotis blythii</i>           | 15.5                       | 16.7 | 16.7 | 5.3  | 20 | 50 | 450              |
| 4  | <i>Myotis myotis</i>            | 1                          |      |      | 5.3  |    |    | 10               |
| 5  | <i>Myotis dasycneme</i>         | 4.1                        | 3.3  | 2.8  |      | 20 |    | 70               |
| 6  | <i>Myotis daubentonii</i>       | 28.9                       | 20   | 38.9 | 5.3  | 60 | 50 | 1000             |
| 7  | <i>Myotis mystacinus</i>        | 12.4                       | 10   | 13.9 |      | 30 |    | 800              |
| 8  | <i>Myotis nattereri</i>         | 2.1                        | 3.3  |      |      | 10 |    | 20               |
| 9  | <i>Myotis bechsteinii</i>       | 3.1                        | 6.7  |      | 5.3  |    |    | 150              |
| 19 | <i>Plecotus auritus</i>         | 3.1                        |      | 5.6  |      | 10 |    | 50               |
| 11 | <i>Plecotus austriacus</i>      | 12.4                       | 13.3 | 16.6 |      | 20 |    | 100              |
| 12 | <i>Barbastella barbastellus</i> | 1                          |      |      |      | 10 |    | 80               |
| 13 | <i>Eptesicus serotinus</i>      | 3.1                        |      | 12.8 |      | 20 |    | 80               |

Table 1: Frequency of occurrence and maximal depth from entrance of bats in undergrounds. Species occurred only in summer period are presented shaded.

| N  | Species                         | Frequency of occurrence, % |      |      |      |    |     | Maximal depth, m |
|----|---------------------------------|----------------------------|------|------|------|----|-----|------------------|
|    |                                 | ALL                        | H    | M    | N    | HM | NH  |                  |
| 1  | <i>Rana ridibunda</i>           | 1                          | 3.3  |      |      |    |     | 20               |
| 2  | <i>Bufo viridis</i> *           | 2.1                        | 6.7  |      |      |    |     | 40               |
| 3  | <i>Bombina bombina</i>          | 1                          |      |      |      | 10 |     | 10               |
| 4  | <i>Elaphe longissima</i>        | 1                          | 3.3  |      |      |    |     | 35               |
| 5  | <i>Hirundo rustica</i> *        | 10.3                       | 10   | 8.3  |      | 40 |     | 70               |
| 6  | <i>Delihon urbica</i>           | 1                          | 3.3  |      |      |    |     | 10               |
| 7  | <i>Phoenicurus ochruros</i> *   | 9.3                        | 23.3 |      |      | 20 |     | 80               |
| 8  | <i>Ph.phoenicurus</i> *         | 1                          | 3.3  |      |      |    |     | 25               |
| 9  | <i>Columba livia</i>            | 1                          |      |      |      |    |     | 10               |
| 10 | <i>Erinaceus concolor</i>       | 1                          |      |      |      | 10 |     | 45               |
| 11 | <i>Apodemus sp.</i>             | 6.2                        | 3.3  | 2.8  |      | 40 |     | 150              |
| 12 | <i>Mus sp.</i>                  | 6.2                        | 6.7  | 11.1 |      |    |     | 45               |
| 13 | <i>Rattus norvegicus</i> *      | 1                          |      | 2.8  |      |    |     | 1200             |
| 14 | <i>Glis glis</i> *              | 1                          | 3.3  |      |      |    |     | 50               |
| 15 | <i>Dryomys nitedula</i> *       | 1                          | 3.3  |      |      |    |     | 5                |
| 16 | <i>Canis familiaris</i>         | 23.7                       | 16.7 | 30.6 | 5.3  | 50 | 50  | 50               |
| 17 | <i>Vulpes vulpes</i> *          | 47.4                       | 60   | 30.6 | 42.1 | 70 | 100 | 1500             |
| 18 | <i>Nyctereutes procyonoides</i> | 1                          |      |      |      | 10 |     | 30               |
| 19 | <i>Felis catus</i>              | 3.1                        | 3.3  | 2.8  |      | 10 |     | 80               |
| 20 | <i>Martes foina</i> *           | 21.6                       | 36.7 | 2.8  | 21.1 | 30 | 100 | 90               |
| 21 | <i>Mustela nivalis</i>          | 1                          |      |      |      | 10 |     | 8                |
| 22 | <i>Meles meles</i>              | 2.1                        | 3.3  |      |      | 10 |     | 35               |
| 23 | <i>Capra hircus</i>             | 13.4                       | 16.7 | 16.7 |      | 20 |     | 60               |
| 24 | <i>Ovis ammon</i>               | 13.4                       | 16.7 | 16.7 |      | 20 |     | 60               |
| 25 | <i>Bos primigenus</i>           | 6.2                        | 10   | 2.8  |      | 20 |     | 150              |

Table 2: Frequency of occurrence and maximal depth from entrance of vertebrates in undergrounds. (\*) -- troglone species.

Stone martens (*Martes foina*) have lower adaptations but evident preferences to choose the undergrounds if these are available in their home range area. They often build there nests which not exceed 30 meters depth from entrance but are in hidden, inaccessible and high places. The paths of stone martens are as more randomize and diffuse as they move away from the nests and entrance. This shows that stone martens use the undergrounds only as nesting shelters and they move through the dark perhaps guided by memory.

*Hirundo rustica* and *Phoenicurus ochruros* also prefer to build their nests in mines of machine and hand exploitation with wide entrance.

Some rodents (*Rattus norvegicus*, *Apodemus sp.*, *Mus sp.*) enter quite deep the undergrounds and their paths are oriented along the walls. Sometimes they enter farther to feed on organic remains of human wastes and to lick salt that often cover stones and walls in undergrounds.

Also very interesting facts of inhabited undergrounds by *Glis glis* and *Dryomys nitedula* have been described. In both cases the entrance of the hand-exploited mines were situated in the wood and covered by bushes. By using the undergrounds as shelters for nesting and breeding, the dormouses behave like real troglodytes.

Other terrestrial vertebrates enter the undergrounds accidentally and not far from entrance. Sometimes these animals are attracted by water and salt from undergrounds or they use these to cool themselves during the draughts (sheep, goats and cows).

The results presented in tables 1 and 2 show that 21 out of 37 species are troglodytes that spend a part of their life history in undergrounds. The other species are incidentals.

## References

- AVERIN, I. & M. LOZAN. 1961a. Rukokrylye Moldavii. Voprosy ekologii i hozeistvennogo znachenija nazemnoi fauny. Kishinev. 26-32.
- AVERIN, I. & M. LOZAN. 1961b. Materialy k rasprostraneniu i biologii necotoryh novyh i maloizvestnyh dlia Moldavii vidov zveri. *Izv. Mold. Filiala Acad.Nauk SSSR*, 3 (81): 65-69.
- AVERIN, I. & M. LOZAN. 1965. Rukokrylye Moldavii. Voprosy ekologii i practicheskogo znachenija ptits i mlekopitaiuschih Moldavii. Vyp.2. Kishinev.
- CORCIMARI, N. 1962. O kamennoi cunitse v Moldavii. Voprosy ekologii i practicheskogo znachenija ptits i mlekopitaiuschih Moldavii. Kishinev. 64-69.
- CORCIMARI, N. 1965. O rasprostraneniu, biologii i hozeistvennom znachenii lisitsy v Moldavii. Voprosy ekologii i practicheskogo znachenija ptits i mlekopitaiuschih Moldavii, 2, Kishinev: 85-93.
- GANEVA, I. 1969. Ptitsy skalistyh beregov Dnestra v predelakh Moldavii. Voprosy ekologii i practicheskogo znachenija ptits i mlekopitaiuschih Moldavii, 3, Kishinev: 3-17.
- GANEVA, I. & N. ZUBKOV. 1989. Redkie i ischezaiushchie vidy ptits Moldavii. Shtiintsa, Kishinev, 185 p.
- DOROSHENKO, A. 1975. Mesta obitanija i chislennosti letuchih myshei Moldavii. *Ecologija ptits i mlekopitaiuschih Moldavii*. Kishinev: 82-95.
- LOZAN, M. 1965. Fonovije vidy mlekopitaiuschih beregov srednego techenija reki Dnestr. *Izv. AN Mold. SSR, ser. biol. i him. nauk*, 5: 83-88.
- LOZAN, M. 1966. Mlekopitaiushchie doliny Dnestra ot s.Naslavchea do g.Dubossary. *Ochrana prirody*, 4, Kishinev: 69-84.
- LOZAN, M. 1969. Ostrouhaja nochnitsa (*Myotis blythii* Tom.) v Moldavii. Voprosy ekologii i practicheskogo znachenija ptits i mlekopitaiuschih Moldavii, 4, Kishinev: 69-84.
- LOZAN, M. & V. SKVORTSOV. 1965. O zimovkah letuchih myshei v Moldavii. *Zool. jurnal*, 14, 6: 941-943.



# Mechanisms of occurrence of amphibians in an underground spaces in Slovakia: preliminary data evaluation

by Marcel Uhrin\* & Gabriel Lesinsky\*\*

\* Muránska Planina Protected Landscape Area, J. Král'a 12, SK-05001 Revúca, Slovakia

\*\*Batracho-Herpetological Association, Hemmerkova 32/32, SK-04023 Kosice, Slovakia

## Abstract

In the paper data are given about mechanisms of occurrence of amphibians in underground spaces (both natural and artificial) in Slovakia. The 8 amphibian species in 41 localities are reported: spotted salamander (*Salamandra salamandra*), smooth newt (*Triturus vulgaris*), warty newt (*Triturus cristatus*), common toad (*Bufo bufo*), green toad (*Bufo viridis*), European tree frog (*Hyla arborea*), common frog (*Rana temporaria*) and agile frog (*Rana dalmatina*). On the basis of data evaluation the following mechanisms of their occurrence in underground spaces can be distinguished: active mechanisms (A) include (1) winter shelters, (2) spring-autumn occurrences and (3) feeding habitats; passive mechanisms (B) include (4) water transport and (5) accidental tumble. Some biological data are also given.

## 1. Introduction

According basic classification of cave fauna (e.g. DUDICH, 1932; GULICKA, 1975), in conditions of temperate zone amphibians are usually valued as occasional troglodytes. The role of amphibians in cave ecosystems depends on ways of their entry to underground shelters. Usually, wintering and passive mechanisms as accidental tumbles and water transport are stressed (GULICKA, l.c.; LESINSKY 1996a,b).

There is a lack of information about this topic in Slovakia. The last comprehensive book on amphibian fauna of the Czech and Slovak republics (BARUS *et al.*, 1992), partly on the basis of literary data (e.g. KABISCH, 1971), gives only a few notes about amphibians in underground. The wintering of spotted salamander (*Salamandra salamandra*) in caves and galleries is mentioned there. Several of our records concerning this problems have already been published in regional faunistic review (LESINSKY, l.c.; UHRIN *et al.*, 1996), more records are given in several short papers, mainly as a part of speleological research reports (e.g. HOLÚBEK & VAJS, 1996; KOSEL, 1975; OBUCH & KURKA, 1995; FELDMANN, 1964; HOCHMUTH, 1996).

The aim of our paper is to present data concerning the occurrence of amphibians in caves and other underground spaces in Slovakia and preliminary determining of mechanisms of this phenomenon.

## 2. Material and methods

The square number of slovak fauna mapping grid (12,0 x 11,2 km), name of geomorphological unit and altitude are given in the following list of localities where amphibians were recorded in caves and in other underground shelters. Both our original and literary data are given in the list.

### List of records

*Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758)

Bobacka cave (7286, Murán plain, 770 m a.s.l.): 7.3.1993 - 9 ind., 6.2.1994 - 5 ind., 14.12.1994 - 6 ind., 6.2.1995 - 5 ind., 31.12.1995 - 2 adult ind., January 1996 - 7 ind., 30.11.1996 - 2 ind.  
Certova cave (7285, Murán plain, 650 m a.s.l.): 18.11.1994 - 1 ind. wintering.

Dedkovské diery cave (7280, Kremnické Mts., 830 m a.s.l.): 23.11.1994 - several ind. (OBUCH & KURKA, 1995).  
Dielik railway tunnel (7285, Murán plain, 570 m a.s.l.): 4.11.1993 - 1 larva in water canal.  
Domica cave (7588, Slovak karst, 339 m a.s.l.): larvas in cave stream (GULICKA, 1975)  
Drienovská cave (7391, Slovak karst, 245 m a.s.l.): several ind. (KLADIVA in verb.).  
Floriánka old mine (7578, Stiavnické Mts., 770 m a.s.l.): 27.1.1995 - 3 ind., 14.11.1996 - 3 ind.  
Gustova karst spring (7391, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): several juv. ind. (KLADIVA in verb.).  
Klin cave (7286, Murán plain, 700-750 m a.s.l.): 21.1.1995 - 7 ind. wintering.  
Na Osiskách cave (7286, Murán plain, 530 m a.s.l.): February 1995 - 1 adult ind.  
Plesivec, cave near village (7488, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): winter 1961 - 1 wintering adult ind.  
Prakovce gallery (7191, Volovské Mts., 400 m a.s.l.): 15.11.1993 - several wintering ind.  
Slavec, cave near village (7488, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 13.10.1991 - 1 adult ind., wintering.  
Vápenná cave (7489, Slovak karst, 390 m a.s.l.): several ind. wintering (STIBRÁNYI in verb.).  
Veterná diery cave (6994, Slanské Mts., 600 m a.s.l.): winter and spring 1993 - hundreds ind. (HOCHMUTH, 1996).  
Vlčia diery cave (7286, Murán plain, 447 m a.s.l.): 20.11.1994 - 1 ind.

*Triturus vulgaris* (Linnaeus, 1758)

Pri Javore abyss (7490, Slovak karst, 570 m a.s.l.): 21.9.1996 - 1 adult female.

*Triturus cristatus* (Laurenti, 1768)

Domica cave (7588, 060, 339 m a.s.l.): winter 1995 - 1 ind. observed in cave stream.

*Bufo* sp.

Domica cave (7588, 060, 339 m a.s.l.): May 1971 - several ind. near cave stream (GULICKA, 1975).

*Bufo bufo* (Linnaeus, 1758)

Brázda abyss (7480, Slovak karst, 598 m a.s.l.): 3.7.1973 - 2 juv. ind. (KOSEL, 1975).

Domica cave (7588, Slovak karst, 339 m a.s.l.): May 1971 - several ind. near underground stream (GULICKA, 1973).  
 Dubová abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 1 adult ind. (leg. Barrandien Speleological Club).  
 L'adová jama cave (7286, Murán plain, 1170 m a.s.l.): 13.10.1989 - 1 ind. (UHRIN *et al.*, 1996).  
 Maly Szakadák abyss (7488, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 13.10.1991 and 9.10.1996 - 2 melanistic adult females.  
 Netopierov cave (7385, Murán plain, 675 m a.s.l.): 6.11.1993 - 1 ind. on the bottom.  
 Ponorná abyss (7489, Slovak karst, 550 m a.s.l.): several ind. transported by water (STIBRÁNYI in verb.).  
 Piateľská abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 1967 - several ind. (leg. Barrandien Speleological Club).  
 Stará Domica cave (7588, Slovak karst, 350 m a.s.l.): many ind. (GULICKA, 1973).  
 Strateník, karst draughts (7187, Murán plain, 875 m a.s.l.): 14.8.1994 - 1 adult female dead in draught.  
 Sviatocná abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 20.8.1996 - 1 adult female.  
 Troch abyss (7488, Slovak karst, 500 m a.s.l.): 16.10.1996 - 1 adult female.  
 Vlcia diera cave (7286, Murán plain, 447 m a.s.l.): 28.1.1993 - 1 male, 1 female.  
 Vystrelová cave (7488, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): adult females (STIBRÁNYI in verb.).

#### *Bufo viridis* (Laurenti, 1768)

Domica cave (7588, Slovak karst, 339 m a.s.l.): (GULICKA, 1971).  
 Ikova diera abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 1.9.1996 - 1 adult ind. near entrance.  
 Stará Domica cave (7588, Slovak karst, 350 m a.s.l.): June 1973 - many ind. (GULICKA, 1975).

#### *Hyla arborea* (Linnaeus, 1758)

Ikova diera abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 1.9.1996 - 1 adult ind. near entrance.

#### *Rana temporaria* (Linnaeus, 1758)

Belá-Potoky gallery (7192, Cierna hora Mts., 600 m a.s.l.): 26.12.1993 - several wintering ind.  
 Bobacka cave (7286, Murán plain, 770 m a.s.l.): 2 ind. (GULICKA, 1975).  
 Hacavská cave (7391, Slovak karst, 800 m a.s.l.): 1996 - 1 ind. (KLADIVA in verb.).  
 Hnilec gallery (7189, Volovské Mts., ca 800 m a.s.l.): 10.12.1995 - several ind. wintering.  
 Jasovská cave (7391, Slovak karst, 256 m a.s.l.): 1 dark-coloured ind. (GULICKA, 1975).  
 Kunia abyss (7391, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): two times in 1995 - 1 ind. in 200 m deep (LABUDA in verb.).  
 Pod ohradou cave (7488, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 23.10.1996 - 1 subadult female.  
 Slobody cave (7083, Law Tatras, ca 800 m a.s.l.): (GULICKA, 1975).  
 Zlomísk cave (7083, Law Tatras, ca 800 m a.s.l.): many ind. (HOLÚBEK & VAJS, 1996).

#### *Rana dalmatina* (Bonaparte, 1839)

Lácova abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 25.7.1996 - 1 juvenile ind.  
 Múnicná abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 18.4.1996 - 1 subadult ind.

Pri salasi No. 3 abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 30.9.1996 - 1 adult female.

Pri Javore abyss (7490, Slovak karst, ca 500 m a.s.l.): 21.9.1996 - 3 juvenile ind., 1 depigmented ind.

## 3. Results and discussion

In total, 8 amphibian species in 41 localities were recorded in underground shelters in Slovakia: spotted salamander (*Salamandra salamandra*), smooth newt (*Triturus vulgaris*), warty newt (*Triturus cristatus*), common toad (*Bufo bufo*), green toad (*Bufo viridis*), European tree frog (*Hyla arborea*), common frog (*Rana temporaria*) and agile frog (*Rana dalmatina*). From all localities, 19 (46,3%) were abysses, 15 (36,6%) horizontal caves, 5 (12,2%) artificial shelters (galleries, old mines and railway tunnel) and 2 (4,8%) karst springs and draughts. The geographical distribution of localities is shown in Figure 1.

Evaluating characteristics of records five mechanisms of amphibians' occurrence in underground spaces can be determined:

### A. active mechanisms

1. winter shelters
2. spring-autumn occurrences
3. feeding habitats

### B. passive mechanisms

4. water transport
5. accidental tumble

### Active mechanisms

#### 1. Winter shelters

At least in spotted salamander (*S. salamandra*) and common frog (*R. temporaria*) wintering in underground spaces seems to be very common. Their winter occurrence were documented in 13 localities. Both species were found in the horizontal caves and galleries since end of October till end of Februar. The number of wintering animals is usually not more than 10, but in Veterná diera cave in Slanské Mts. (Eastern Slovakia), hundreds of spotted salamander were found (HOCHMUTH, 1996). In longer surveyed locality Bobacka cave (Murán plain, total length of this cave is more than 3 km) the average number was 4,5 ind./1 check (max. 9 ind.). Animals hibernated only 20 m behind the cave's entrance. On the basis of records of larvae of *S. salamandra* in streams in caves and canals in galleries we suppose also its reproduction in underground spaces.

Microclimatic conditions in caves and galleries are very advantageous for amphibians. Temperature is never less than 0°C, in Bobacka cave average temperature is near wintering place 7°C. Under this condition salamanders were active, we observed active individuals of *Rana temporaria*, also in water canal in one gallery. Preliminary evaluation of individual marking in *S. salamandra* in Bobacka cave confirmed results published by FELDMANN (1967) that this locality is traditionally used for hibernation always by the same animals.

#### 2. Spring-autumn occurrence

Amphibians were found in caves several times also during active life period. It seems, that mainly in karstic landscape, during dry summer, entrances of caves are used by

amphibians as a shelter with better temperature and humidity conditions. (e.g. *Bufo bufo* in Sviatocná abyss; temperature outside cave was more than 30°C; *Hyla arborea* in cold karst hole near entrance of Ikova abyss).

### 3. Feeding habitats

This mechanism is often combined with using cave's entrances as a shelter during the spring-autumn period. Usually a lot of arthropods (e.g. Araneida, Diptera, Lepidoptera) occur in entrances of caves and this fact can be opportunistically used by amphibians (our data confirmed it in *Bufo bufo* and probably also *Hyla arborea*) for feeding.

### Passive mechanisms

#### 4. Water transport

Amphibians are transported to underground spaces by streams and by accidental storm waters. After entry they can survive in waters in caves (e.g. *Triturus cristatus* in Domica cave), in several cases also larvae were observed (*Salamandra salamandra*). A very rare case was reported by speleologists (HOLÚBEK & VAJS, 1996) in Zlomísk cave (Central Slovakia). Here, active common frogs (*Rana temporaria*) were met by speleodivers in one of 6 meters deep lake. The lake is situated approximately 500 m far from entrance.

#### 5. Accidental tumble

Accidental tumbles represent the most often way for amphibians to occur in underground habitats. Usually vertical caves represent natural traps for them. In Slovakia this phenomenon was confirmed in many cases by records of numerous osteological deposits from dead specimens mainly of *Rana temporaria* and *Bufo bufo* (OBUCH in verb.). We confirmed occurrence of 6 species fallen into vertical caves: *S. salamandra*, *T. vulgaris*, *B. bufo*, *B. viridis*, *R. temporaria* and *R. dalmatina*. The duration of surviving is individual and depends on physical conditions, species and food. One case where two specimen of *Bufo bufo* were alive in Maly Szakadák abyss after 5 years without daylight (the entrance of abyss was closed) is very extreme. Another record comes from the more than 200 m deep vertical cave Kunia abyss in Slovak karst. One adult individual of *Rana*

*temporaria* was found there by speleologists twice after 2 months 200 m in depth.

Osteological remains of amphibians are often found in caves. Usually these deposits originate from prey of owls nesting in caves or use caves as a shelter. Records of *Rana temporaria* in pellets of tawny owl (*Strix aluco*) in Slovakia were documented from many localities (e.g. OBUCH, 1985a, b, 1994; OBUCH & UHRIN, 1996).

### References

- BARUS V., KRÁL B., OLIVA O., OPATRNÝ E., REHÁK I., ROCEK Z., ROTH P., SPINAR Z. & L. VOJTKOVÁ. 1992: Obojživelníci - Amphibia. Academia, Praha, 340 pp.
- DUDICH E. 1932: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle „Baradla“ in Ungarn. *Speleologische Monografie*, Wien 13: 1-246.
- FELDMANN R. 1967. Nachweis der Ortstreue des Feuersalamanders, *Salamandra salamandra terrestris* Lacépède, 1788, gegenüber seinem Winterquartier. *Zool. Anz., Leipzig* 178: 42-48.
- HOCHMUTH Z. 1996. [New pseudokarst regions in the Slanské mountains]. *Bulletin of Slovak Speleological Society* 27(3): 18-21 (in Slovak).
- GULICKA J. 1975. [Die Fauna der slowakischen Höhlen]. *Slovensky kras* 13: 37-85 (in Slovak, Germ. summ).
- HOLÚBEK P. & J. VAJS. 1996. [News in the Zlomísk cave]. *Bulletin of Slovak Speleological Society* 27(2): 19-23 (in Slovak).
- KABISCH K. 1971. Ein Winterquartier des Feuersalamanders *Salamandra salamandra terrestris*, bei Wernigerode. *Hercynia N.F., Leipzig*, 8: 344-346.
- KOSEL V. 1975. [Faunistic investigation in the Brázda cave in Slovak karst]. *Slovensky kras* 13: 181-185 (in Slovak).
- LESINSKY G. 1996a. [Biology of *Rana dalmatina* in the conditions of karst landscape; Dolny vrch plain]. *Batracho-Herpetological Association*, Kosice, msc.: 5 pp (in Slovak).
- LESINSKY G. 1996b. [Amphibian fauna of Slovak karst; Inventory research and notes to their protection]. *Batracho-Herpetological Association*, Kosice, msc.: 12 pp (in Slovak).
- OBUCH J. 1985a. [Die Materialien zu der Nahrung des Waldkauzes (*Strix aluco*) in der Slowakei in den Jahren 1977 bis 1982]. *Sylvia, Praha* 23/24 (1984-1985): 47-45 (in Slovak, German summ.).
- OBUCH J. 1985b. [Osteological finds from the Murán plateau]. *Stredné Slovensko* 4: 160-193 (in Slovak, Russ., Germ., Engl. summ.).
- OBUCH J. 1994. [The types of osteological records in the karstic landscape]. *Bulletin of Slovak Speleological Society* 25 (2): 19-24 (in Slovak).
- OBUCH J. & M. KURKA. 1995. [Osteological research in the Dedkovské diery cave]. *Bulletin of Slovak Speleological Society* 26(1): 25-26 (in Slovak).
- OBUCH J. & M. UHRIN. 1996. [Osteological material from Pod Kl'akom cave]. *Slovensky kras* (in press).
- UHRIN M., URBAN P., TURIS P. & Z. POCHOP. 1996. [Amphibians (Amphibia) and reptiles (Reptilia) of the Muráň plain Protected Landscape Area]. *Ochrana prírody* 13 (in Slovak, Engl. summ.).

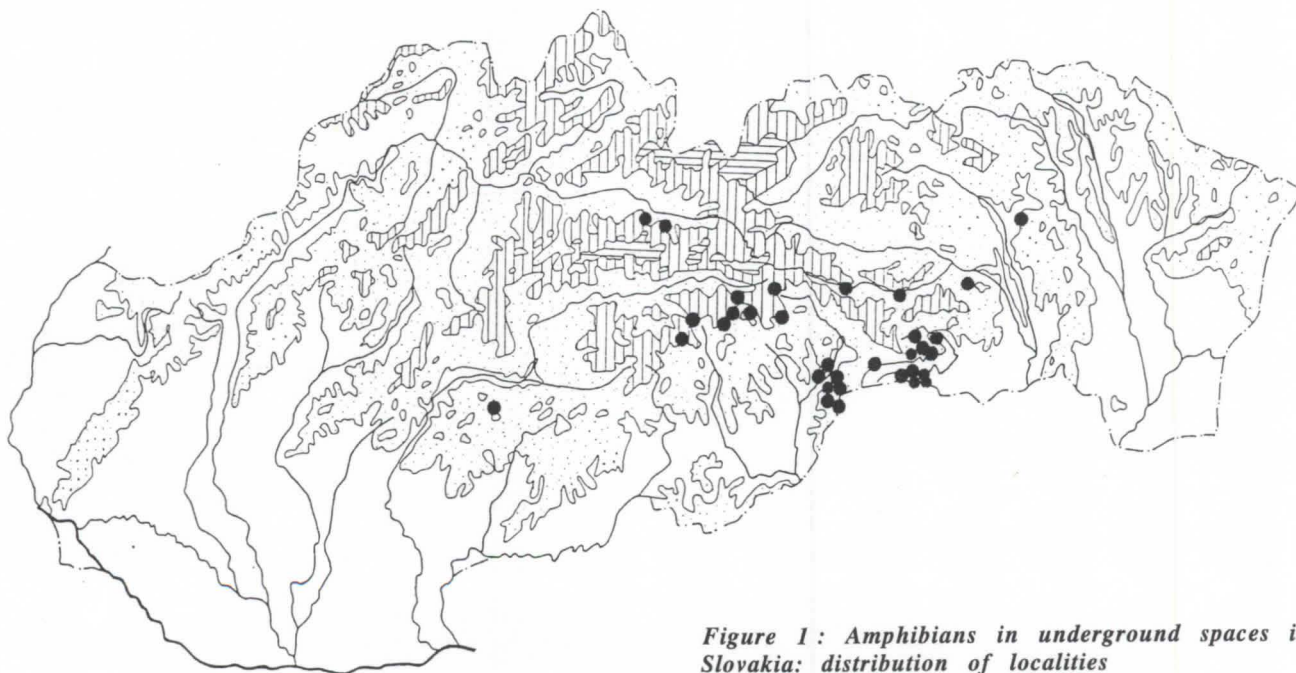


Figure 1: Amphibians in underground spaces in Slovakia: distribution of localities



# Analyse comparée de la stygofaune dans deux importantes grottes touristiques d'Autriche : Hermannshöhle (Niederösterreich) et Lurgrotte (Steiermark)

par Corneliu Plesa

Institut de Spéologie "Emile Racovitza" de l'Académie Roumaine, Str. Clinicilor 5, 3400 Cluj-Napoca 1, Roumanie

## Abstract

The stygofauna of two important tourist caves in Austria is compared. The various cave biota are described and the different faunal groups presented in histograms (presence and comparative frequency). A systematic list will be published later.

## Introduction

En novembre 1991, nous avons eu l'occasion de faire des investigations sur la Stygofaune (=faune aquatique souterraine) de deux importantes grottes touristiques autrichiennes situées dans différents départements: Hermannshöhle (Basse-Autriche) et Lurgrotte (Steiermark). Pour la description de ces grottes, nous renvoyons le lecteur à AELLEN & STRINATI (1975) et à ILMING (1979).

Le régime hydraulique manifesté pendant cette période a été très favorable (pluies et fonte des neiges), car pratiquement tous les bassins aquatiques, surtout les gours (=Sinterbecken, =Sinterschalen), étaient remplis, ce qui a beaucoup facilité nos recherches.

Nous avons prélevé le matériel avec un filet planctonique, puis nous l'avons fixé en alcool 75%. Les lieux de provenance sont les suivants:

### 1. Hermannshöhle

**Fig. 1a:** gour suspendu dans un bloc calcaire au bord d'une petite salle à proximité de la "Dietrichshalle". Température de l'eau: 5°6 C. 23.XI.1991. Contenu: 1 Copépode Cyclopide, 3 Acariens.

**Fig. 1b:** gour suspendu dans une niche, dans la paroi droite, place située à la base d'un escalier en béton à petite distance (quelques mètres) en amont du gour précédent (1.a); le lit du gour était tapissé d'une couche mince d'argile. Température de l'eau 5°6 C. 23.XI.1991. Contenu: 4 Oligochètes, 31 Copépodes (dont 30 Harpacticoïdes et 1 Cyclopide), 6 Collembolles, 8 Acariens.

Observation: beaucoup de détritus surtout organiques.

**Fig. 1c:** bassin mince dans un petit diverticule à environ 15-20 m de distance du gour précédent (1.b) vers la sortie de la grotte, dont le fond est constitué d'une couche épaisse d'argile. Bassin temporaire. Température de l'eau 6°6 C. 23.XI.1991. Contenu: 1 Nématode, 10 Oligochètes, 44 Copépodes (dont 7 Harpacticoïdes et 37 Cyclopides).

**Fig. 1d:** petit bassin sur le plancher calcaire, couvert d'une couche argileuse, situé dans un diverticule bas, à gauche du corridor bétonné d'accès. Température de l'eau 6°6 C. 23.XI.1991. Contenu: 1 Oligochète, 31 Bathynellacés, 1 Collemboule.

### 2. Lurgrotte

**Fig. 2a:** petits gours suspendus près du "chemin touristique" bétonné, à environ 350 m de distance de l'entrée. Température de l'eau 7°8 C. 27.XI.1991. Contenu: 1 Copépode Cyclopide juvénile.

**Fig. 2b:** petit bassin avec une très mince couche d'eau, suspendu dans la roche à environ 1,6 m de hauteur, à proximité du "chemin touristique" bétonné à environ 400 m de l'entrée de la grotte (accès de Semriach !); le fond du bassin est recouvert d'une couche épaisse de boue argileuse. 27.XI. 1991. Contenu: 3

Ostracodes, 1 Collemboule.

**Fig. 2c:** petit gour (15 x 20 cm) près du "chemin touristique" bétonné, ayant le fond argileux, situé un peu plus loin du précédent (2b). 27.XI.1991. Contenu: 1 Oligochète, 8 Copépodes (dont 7 Harpacticoïdes et 1 Cyclopide), 1 Bathynellacé, 1 Collemboule.

**Fig. 2d:** gour dans une grande salle où se trouve l'inscription "Max Brunello"; sans couche argileuse. 27.XI.1991. Contenu: 3 Oligochètes, 4 Copépodes Harpacticoïdes, 23 Bathynellacés.

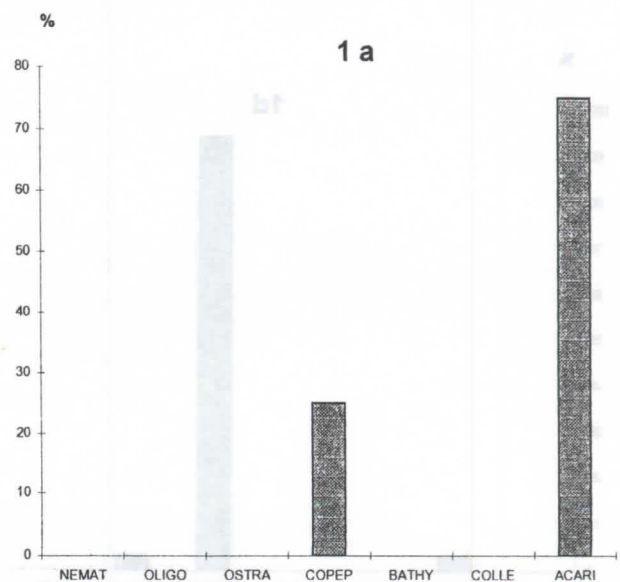
**Fig. 2e:** gours dans la grande salle, avant la descente vers la zone inférieure de la grotte. Température de l'eau 7°2 C. 27.XI.1991. Contenu: 17 Nématodes, 19 Oligochètes 1 Ostracode, 12 Copépodes (dont 10 Harpacticoïdes et 2 Cyclopides), 1 Acarien.

**Fig. 2f:** 3 petits bassins à structure semblable mais de grandeurs différentes, situés dans la zone inférieure de la grotte. 27.XI.1991. Contenu: 1 Nématode, 5 Ostracodes, 28 Copépodes (dont 12 Harpacticoïdes et 16 Cyclopides), 2 Collembolles.

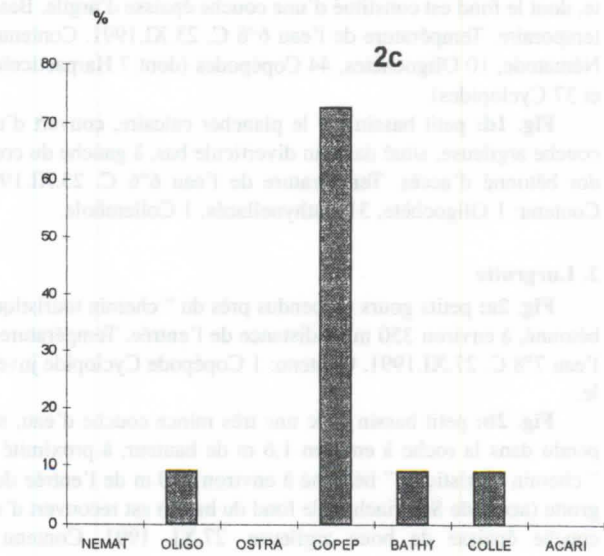
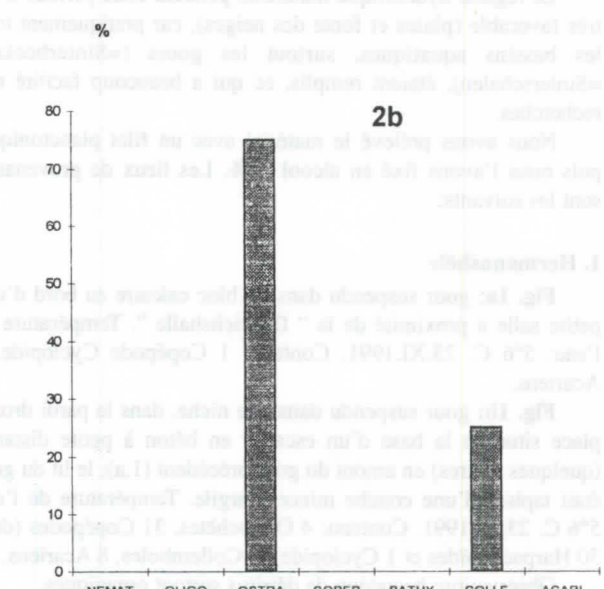
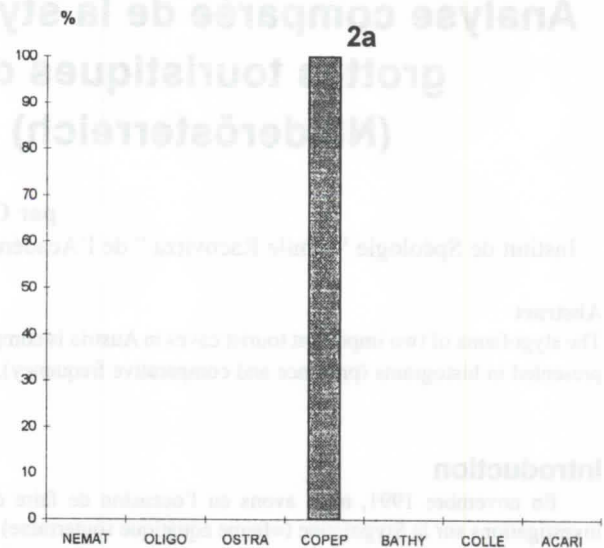
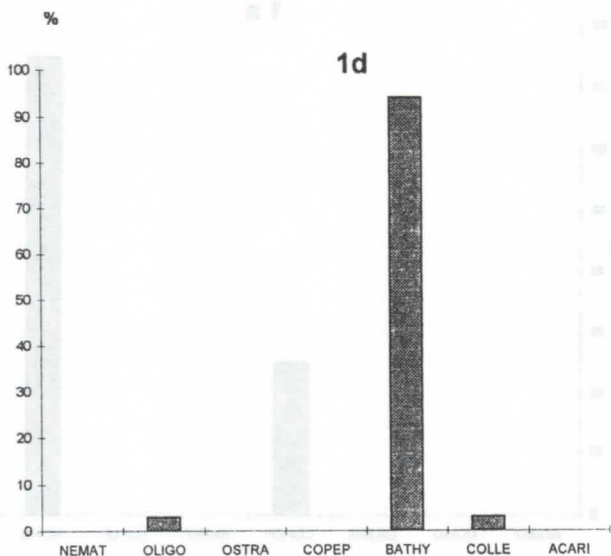
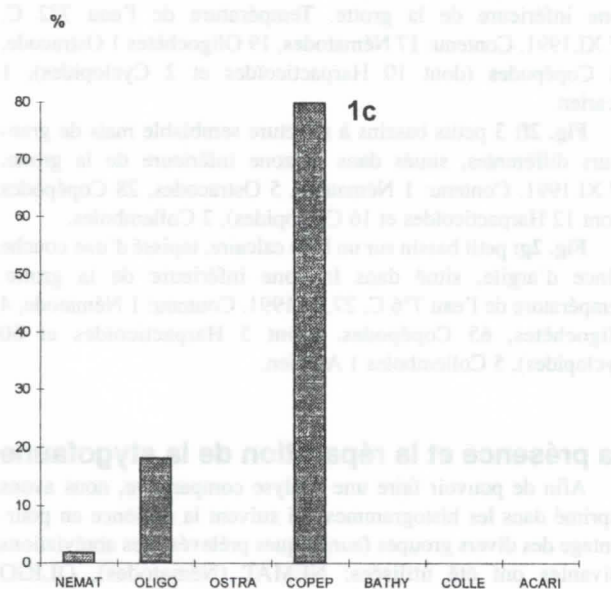
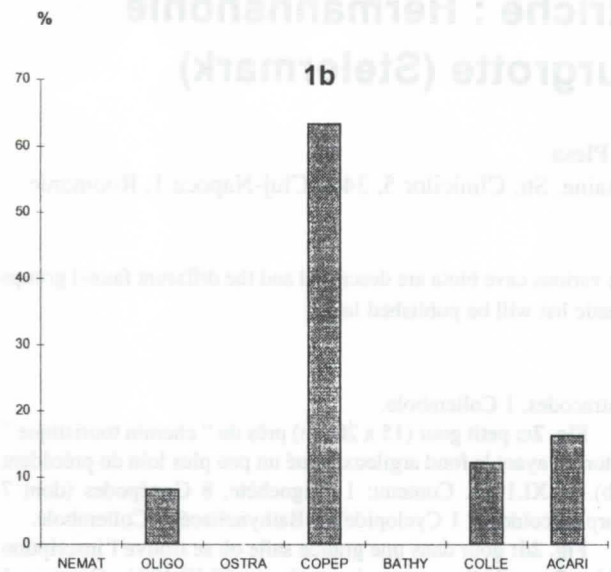
**Fig. 2g:** petit bassin sur un bloc calcaire, tapissé d'une couche mince d'argile, situé dans la zone inférieure de la grotte. Température de l'eau 7°6 C. 27.XI.1991. Contenu: 1 Nématode, 4 Oligochètes, 65 Copépodes, (dont 5 Harpacticoïdes et 60 Cyclopides), 5 Collembolles 1 Acarien.

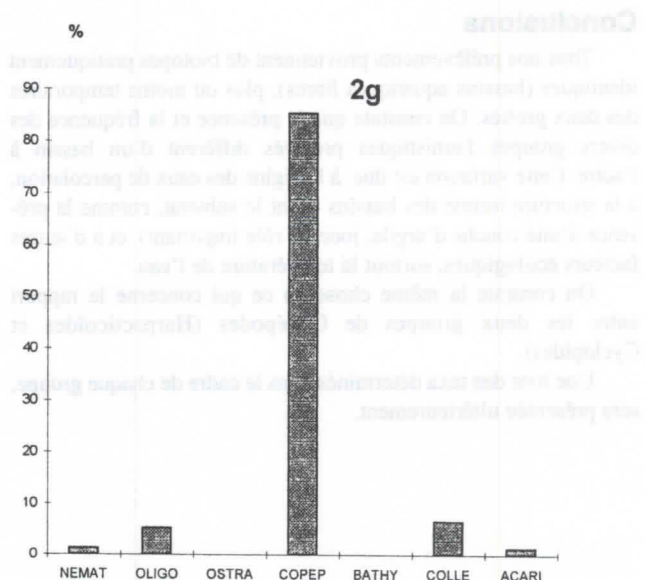
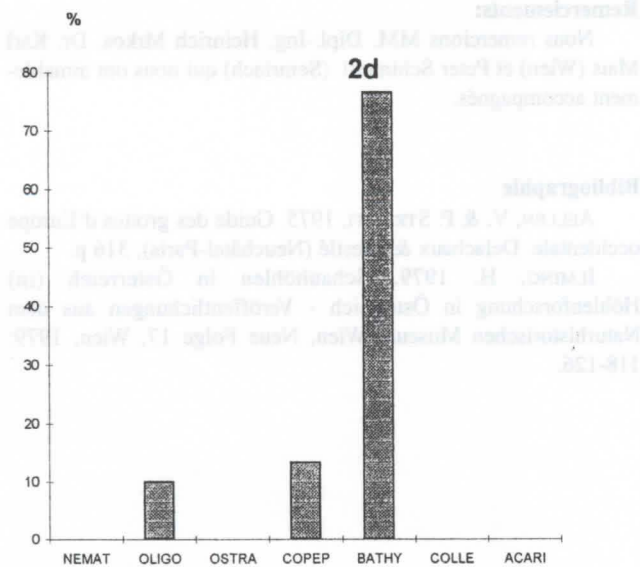
## La présence et la répartition de la stygofaune

Afin de pouvoir faire une analyse comparative, nous avons exprimé dans les histogrammes qui suivent la présence en pourcentage des divers groupes faunistiques prélevés. Les abréviations suivantes ont été utilisées: NEMAT (Nématodes), OLIGO (Oligochètes), OSTRA (Ostracodes), COPEP (Copépode),

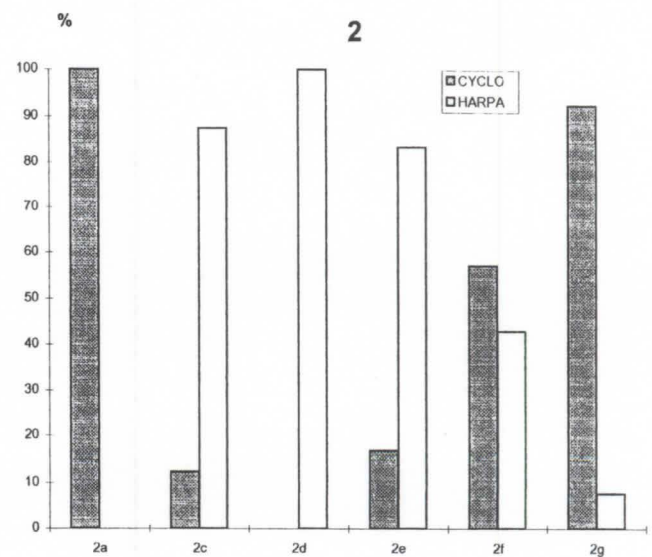
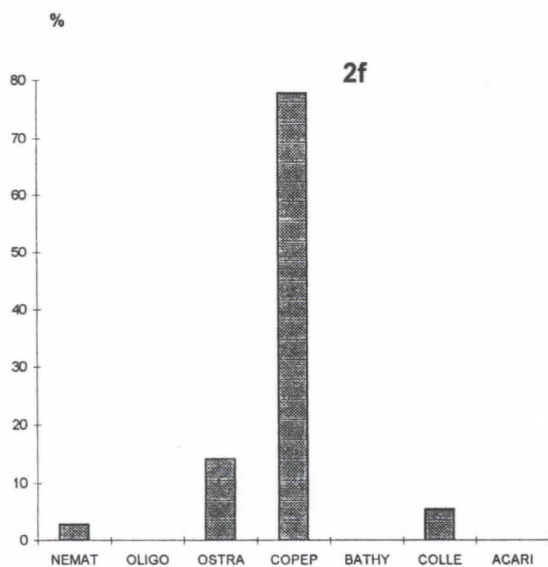
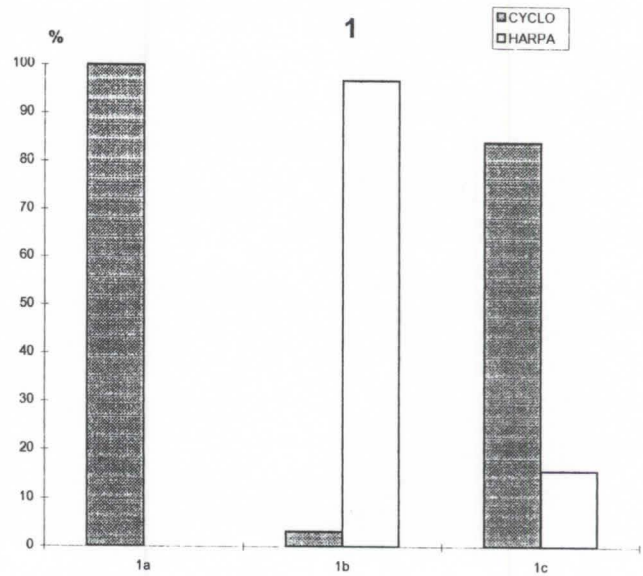
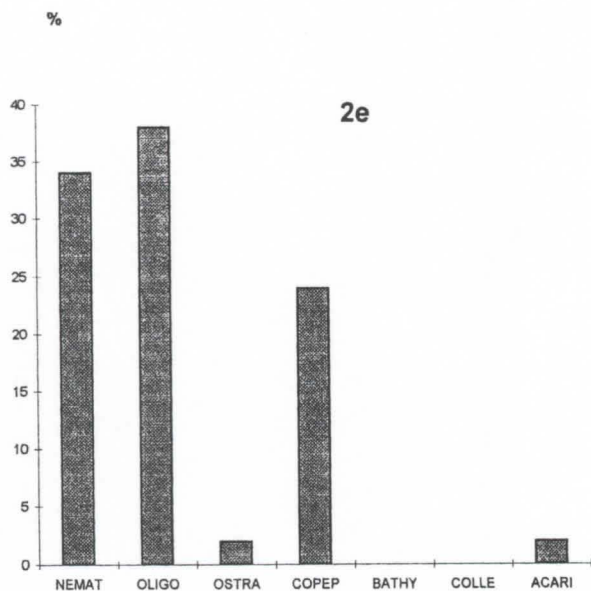


BATHY (Bathynellacés), COLLE (Collemboles), ACARI (Acariens).





### Fréquence comparative entre les deux groupes de copépodes prélevés



## Conclusions

Tous nos prélèvements proviennent de biotopes pratiquement identiques (bassins aquatiques libres), plus ou moins temporaires des deux grottes. On constate que la présence et la fréquence des divers groupes faunistiques prélevés diffèrent d'un bassin à l'autre. Cette variation est due à l'origine des eaux de percolation, à la structure intime des bassins (dont le substrat, comme la présence d'une couche d'argile, joue un rôle important), et à d'autres facteurs écologiques, surtout la température de l'eau.

On constate la même chose en ce qui concerne le rapport entre les deux groupes de Copépodes (Harpacticoides et Cyclopides).

Une liste des taxa déterminés dans le cadre de chaque groupe, sera présentée ultérieurement.

## Remerciements:

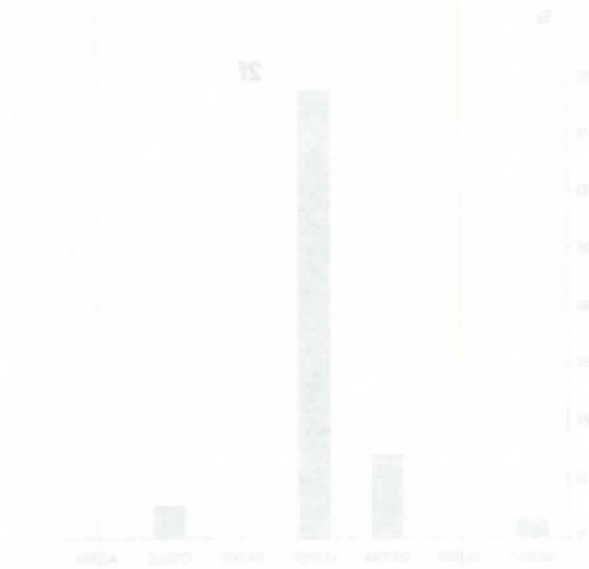
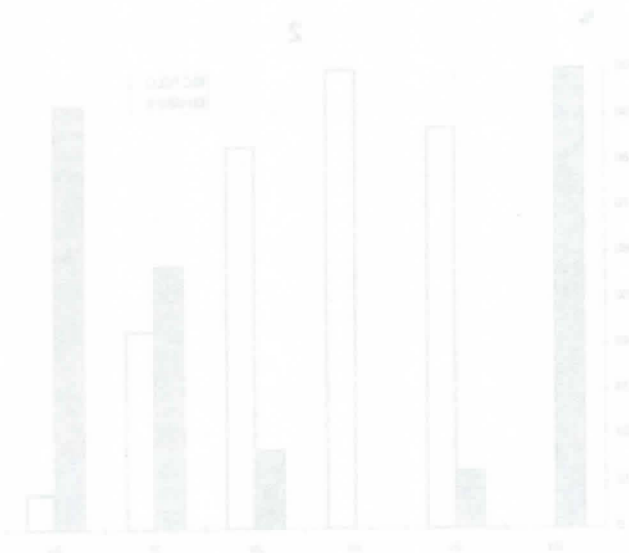
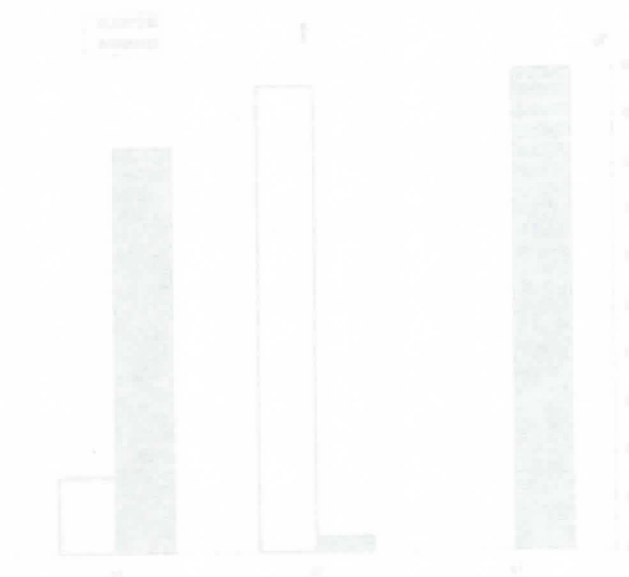
Nous remercions MM. Dipl.-Ing. Heinrich Mrkos, Dr. Karl Mais (Wien) et Peter Schinnerl (Semriach) qui nous ont aimablement accompagnés.

## Bibliographie

AELLEN, V. & P. STRINATI, 1975. Guide des grottes d'Europe occidentale. Delachaux & Niestlé (Neuchâtel-Paris), 316 p.

ILMING, H. 1979. Schauhöhlen in Österreich (in) Höhlenforschung in Österreich - Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum Wien, Neue Folge 17, Wien, 1979: 118-126.

Fréquence comparative entre les deux groupes de copépodes prélevés



# Conchological variability of *Heleobia* [*Semisalsa*] *dobrogea* (Mollusca Prosobranchia Hydrobiidae Cochliopinae) from subterranean waters of Mangalia, Dobrogea, Romania

by R. Bernasconi

Hofwilstr. 9, Postfach, CH-3053 Münchenbuchsee, Switzerland

## Abstract

*Semisalsa dobrogea* was discovered first in the thermomineral, hydrogen sulphide containing water of the Movile Cave in south Dobrogea.

Further investigations carried out on wells of the town of Mangalia showed that *S. dobrogea* lives also in the groundwater in different conchological forms; the anatomy of all samples is identical with the anatomy of the original Movile cave samples. Three new subspecies or varieties of *S. dobrogea*, all depigmented and eyeless, are described.

The karst of Dobrogea in South Romania (see Fig.1) is well known; its specific features are karstic depressions in a low plateau in the neighbourhood of the Black Sea, and a network of small caves (Movile Cave) and inaccessible fissures filled with mesothermal sulphidic mesohaline waters. This specific karst type originated by corrosion of Sarmatian lumachellic and oolitic limestones by ascending sulphurous waters connected with oscillations of the Black Sea level. The karstification occurred in Pliocene period, this first one was destroyed and replaced by the current karstification in Recent Pleistocene (Würm) (CONTANTINESCU, 1996).

An unique troglobitic fauna has been discovered in the Movile Cave. The ecosystem is chemoautotrophically based on a microbial flora that uses sulphur as a source of energy [SARBU, 1991a]; 23 new species of aquatic and terrestrial invertebrate were discovered (SARBU, 1991b).

*Semisalsa dobrogea* from Movile Cave was first erroneously described as *Paladilhia dobrogea* (GROSSU & NEGREA, 1989); a later anatomical examination showed its belonging to the genus *Semisalsa* (BERNASCONI, 1991), today this genus is synonymized with *Heleobia* from South America (HERSLER & THOMPSON, 1992).

Further investigations on wells in the town of Mangalia showed

that *Semisalsa dobrogea* is spread in the sulphidic mesohaline groundwater of the town. The examined populations found in different wells showed the same anatomical features like the original population of *Semisalsa dobrogea* from Movile cave (see Fig.3), but, surprisingly, the shell morphologies showed a great diversity. The shells of six populations from Mangalia wells have been examined by statistical biometry, leading to the establishment of three new subspecies or varieties (see Box Plots Fig. 4, table 1, fig. 2).

The variability of shell biometry at different sampling times is illustrated by the population of *S. dobrogea sarbui* of Well F.8, sampled in 1992, 1993 and 1994 (see Table 2).

The reason of the observed variability of shell biometry is not evident. All sampled wells contain sulphidic thermomineral waters, so the substratum or the porosity of the groundwater reservoir may enter in consideration to explain the different shell forms.

More evident is the origin of the snail colonization of Mangalia's groundwater. *Semisalsa dobrogea* belongs to the *Semisalsa stagnorum* - complex (GIUSTI & PEZZOLI, 1982), spread in brackish waters from the European Atlantic coast till the Black Sea. Especially *Semisalsa dalmatica* has been described from Sevastopol (Crimea, Ukraine) by CHUKHCHIN 1976 (formerly

Table 1  
Characteristic data of shell biometry (valid for 75% of all specimens) of *Semisalsa dobrogea* subspecies

| subspecies       | sampling place      | L (mm)    | D (mm)    | L/D       |
|------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>dobrogea</i>  | Movile Cave; F.Mecu | 3.1 - 3.6 | 1.3 - 1.5 | 2.2 - 2.4 |
| <i>mangaliae</i> | F.20                | 3.1 - 3.4 | 1.7 - 1.8 | 1.8 - 1.9 |
| <i>sarbui</i>    | F.8; F.1; F.Basarab | 2.2 - 3.0 | 1.3 - 1.6 | 1.6 - 1.9 |
| <i>crinului</i>  | F.Crinului          | 1.9 - 2.2 | 1.1 - 1.3 | 1.6 - 1.8 |

Table 2  
Variability of shell biometry at different sampling times on well F.8 (mean values  $\pm$  standard deviation)

| sampling time | L (mm)          | D (mm)          | L/D             |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| August 1992   | 2.27 $\pm$ 0.15 | 1.37 $\pm$ 0.10 | 1.66 $\pm$ 0.09 |
| June 1993     | 2.56 $\pm$ 0.20 | 1.53 $\pm$ 0.11 | 1.67 $\pm$ 0.06 |
| August 1994   | 2.39 $\pm$ 0.19 | 1.45 $\pm$ 0.09 | 1.65 $\pm$ 0.09 |

known as *Falsihydrobia streletzkiensis*). The speciation from the Black Sea - *Semisalsa* seems to be associated with the karstification of South Dobrogea, so, *Semisalsa dobrogica* originated probably during the Pleistocene period.

## References

- BERNASCONI, R. 1991. Sur un gastropode prosobranch de la grotte Pestera Movile, Roumanie: *Semisalsa dobrogica* (Grossu & Negrea 1989) comb. nov. (Hydrobiidae, Littoridininae - Heleobiini). *Mémoires Biospéol.*, 18: 237-241.
- CHUKHCHIN, V.D. 1976. (Functional morphology of *Semisalsa dalmanica* Radoman, a new Black Sea gastropod). (russian). *Zoologitschesky Shurnal*, 55 (11): 1627-1934.
- CONTANTINESCU, T. 1996. Le karst de type Movilé (Mangalia, Dobrogea de Sud, Roumanie). *Theoretical & Applied Karstology*, 35: 91-96.
- GIUSTI, F. & E. PEZZOLI. 1982. Gli Hydrobiidae salmastri delle acque costiere italiane: primi cenni sulla sistematica del gruppo e sui caratteri distintivi delle singole morfospécie. *Lavori Società Italiana Malacologia*, 21: 117-148.
- GROSSU, A.V. & A. NÉGREA. 1989. Paladilhia (Paladilhiopsis) dobrogica: une nouvelle espèce de la famille Moitessieriidae (Gastropoda Prosobranchia). *Miscellanea speologica Romanica*, 1: 33-37.
- HERSHLER, R. & F.G. THOMPSON. 1992. A review of the aquatic gastropod subfamily Cochliopinae (Prosobranchia Hydrobiidae). *Malacological Review*, suppl. 5: 1-140.
- SARBU, S. 1991a. Contribution to the biological investigation of the Movile cave, the species composition and trophic structure of the cave community and the origin of the fauna. *Mémoires Biospéol.*, 18: 193-197.
- SARBU, S. 1991b. Biological investigations in a thermomineral sulfurous cave. *Proceedings of the National Speleological Society Annual Meeting, July 1991*, in: *National Speleological Society Bull.* 53(2): 111.

## Appendix

### Descriptions of *Semisalsa dobrogica* subspecies:

Soft part anatomy, radulae, opercula: like *S. dobrogica* described in Bernasconi, 1991. All Mangalia's populations eyeless and depigmented.

Ctenidia: Unipectinate gill with 27 - 32 leaflets.

Opercula:

*ssp. dobrogica*; *ssp. mangaliae*; *ssp. sarbui*: 840-1040 x 530-705 µm;

*ssp. crinului*: 690-740 x 495-510 µm.

Reproductive female and male organs: s. fig. 3

Penial apocrine glands:

*ssp. dobrogica*; *ssp. mangaliae*; *ssp. sarbui*: 5-6;

*ssp. crinului*: only female specimens found (10 specimens examined).

Shell biometry: s. Table 1 (Key: L = length; D = width; L/D = ratio L/D) and Box Plots Fig.4. Measured specimens per population: between 12 (F.- Crinului) and 25 (F.8 Aug. 1994).

Derivatio nominis :

"mangaliae" from the town of Mangalia; "crinului" from the name of the sampled well in Mangalia;

"sarbui" dedicated to Dr. Serban SARBU who studied Movile cave biology and sampled the wells.

Holotypes of the new subspecies (shell biometry, type localities and MG reference numbers of the Museum of natural sciences of Geneva, where the holotypes are deposited).

*ssp. mangaliae* : L = 3.34 mm; D = 1.82 mm; L/D = 1.83. Mangalia, well F.20 located on Pictor Toniza str. nr.1. MHNG 22142.

*ssp. sarbui* : L = 2.60 mm; D = 1.56 mm; L/D = 1.66. Mangalia, well F.8 located on Nitoi str. nr.1. MHNG 22143.

*ssp. crinului*: L = 1.98 mm; D = 1.20 mm; L/D = 1.65. Mangalia, well on Crinului str. nr.34. MHNG 22144.

Paratypes: my collection.

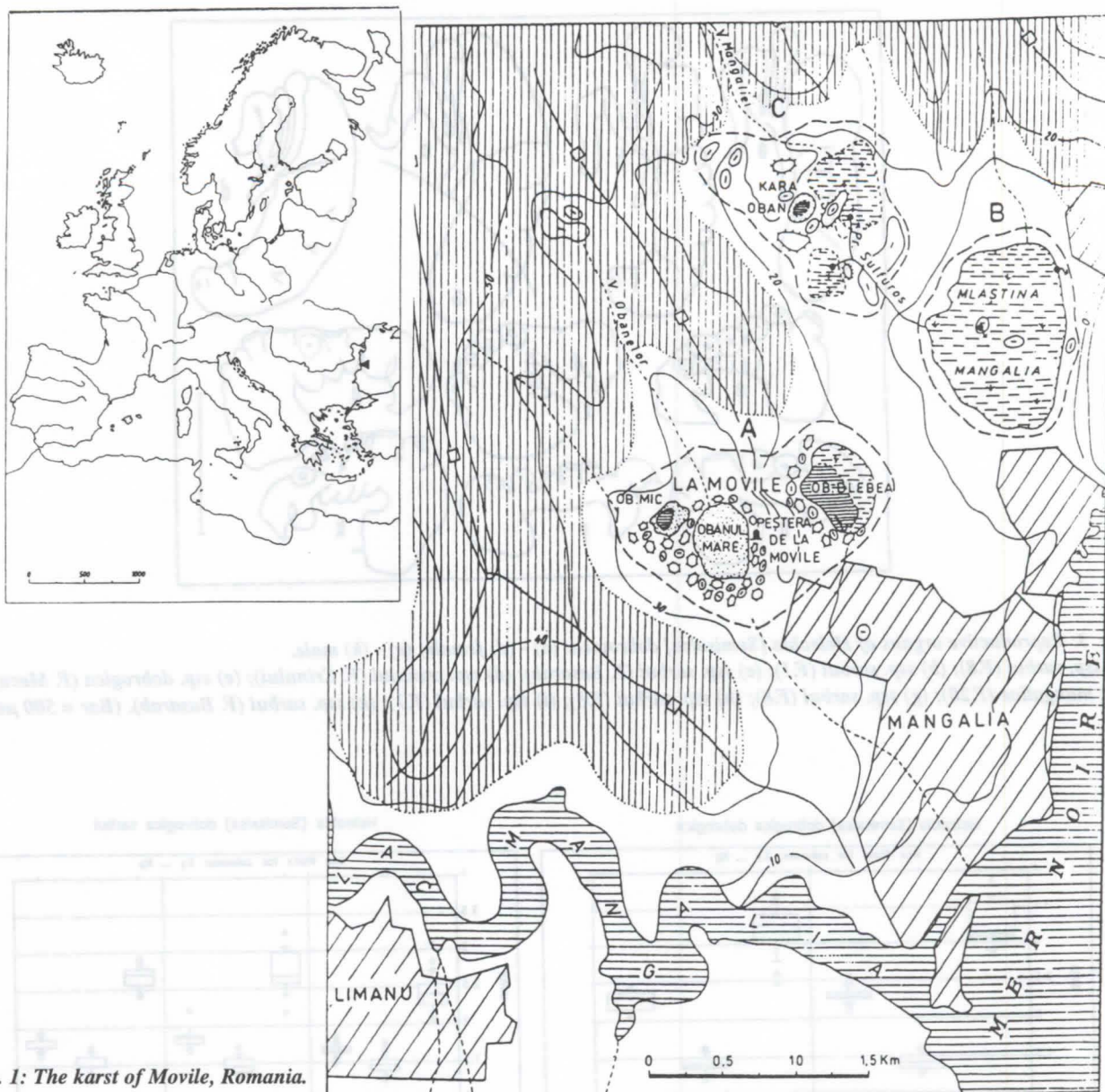


Fig. 1: The karst of Movile, Romania.

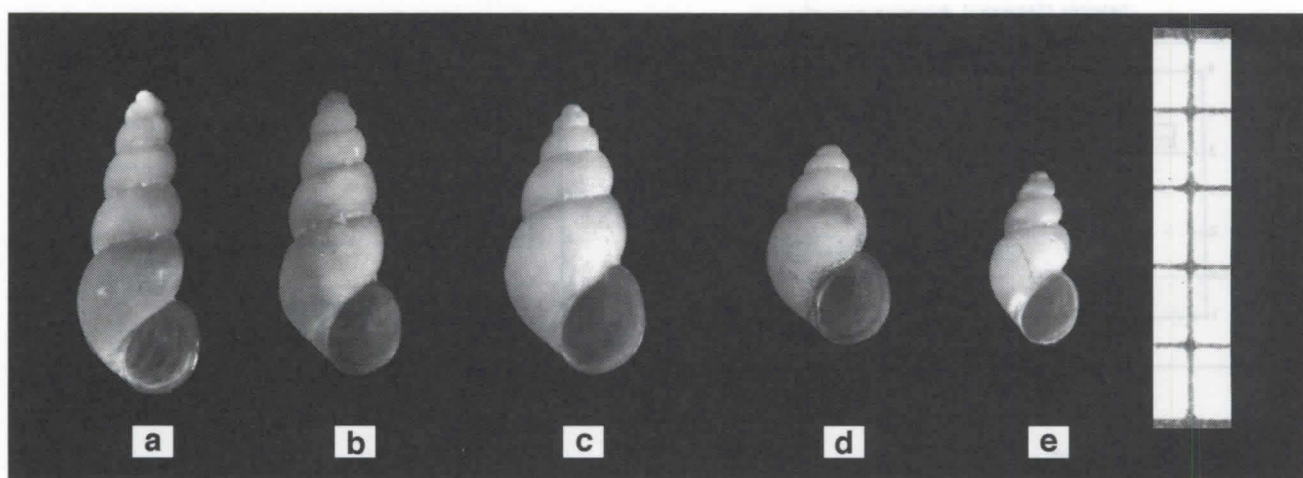


Fig. 2: Shells of *Heleobia* [*Semisalsa*] *dobrogica*: (a) *spp. dobrogica* (Movile Cave); (b) *spp. dobrogica* (F. Mecu); (c) *spp. mangaliae* (F.20); (d) *spp. sarbui* (F.8); (e) *spp. crinului* (F. Crinului). (bar = 5 mm).

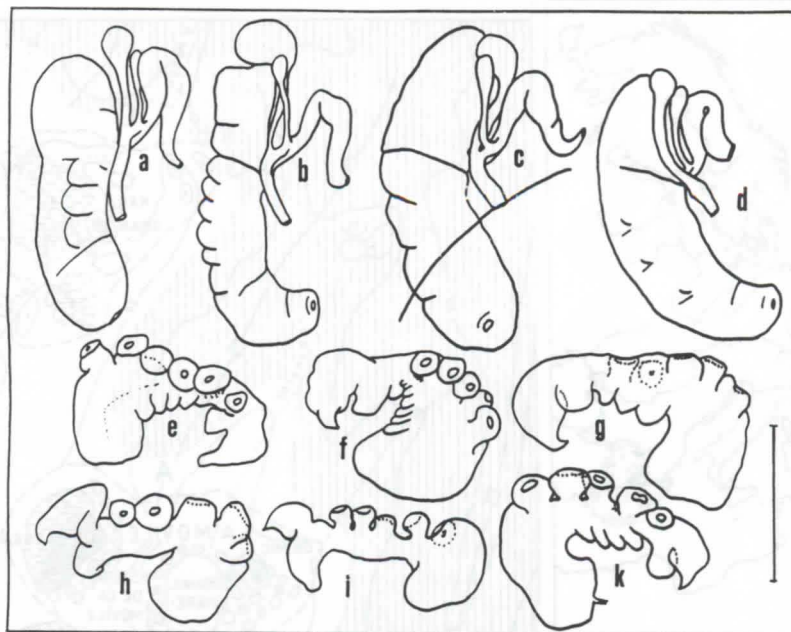


Fig. 3: Reproductive organs of *Heleobia* [*Semisalsa*] *dobrogica*: (a) - (d) female; (e) - (k) male. (a) *ssp. sarbui* (F.8); (b) *ssp. sarbui* (F.1); (c) *ssp. sarbui* (F. Basarab); (d) *ssp. crinului* (F. Crinului); (e) *ssp. dobrogica* (F. Mecu); (f) *ssp. mangaliae* (F.20); (g) *ssp. sarbui* (F.8); (h) *ssp. sarbui* (F.8); (i) *ssp. sarbui* (F.1); (k) *ssp. sarbui* (F. Basarab). (Bar = 500  $\mu$ m).

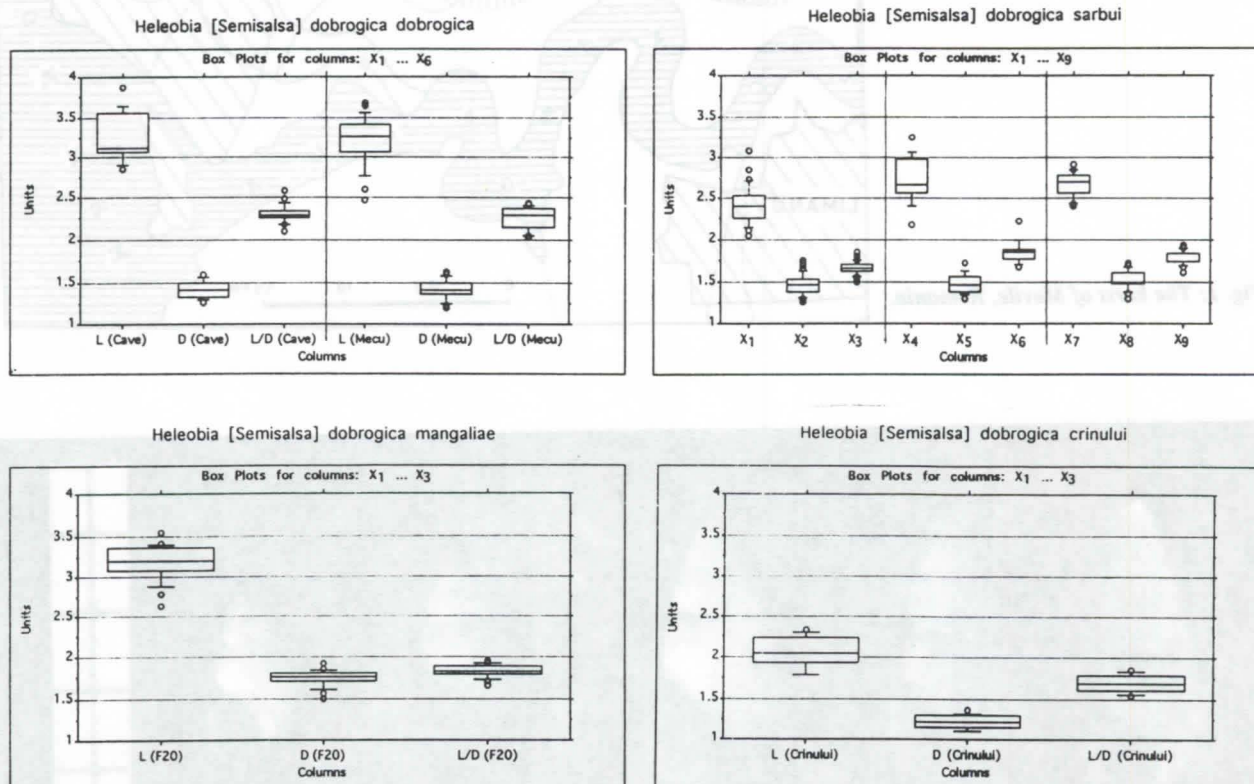


Fig. 4: Box Plots, percentiles.

Key : box = 25%; 50%; 75% of all specimens; bars = 10% and 90% of all specimens; circles = extreme values. L = shell length; D = shell width; L/D = ratio L/D. x1-x3 : *Mangalia* F.8; x4-x6 : *Mangalia* Basarab; x7-x9 : *Mangalia* F.1. L = x1; x4; x7; D = x2; x5, x8; L/D = x3; x6; x9.

# ***Bythiospeum rhenanum turneri* n. ssp., a new phreatic snail (Mollusca Prosobranchia Hydrobiidae Horatiinae) from the groundwater of Töss valley, eastern Switzerland**

by R. Bernasconi

Hofwilstr. 9, Postfach, CH-3053 Münchenbuchsee, Switzerland

## **Abstract**

A new *Bythiospeum* from a well in Töss Valley, south of Winterthur (canton Zürich), is described. The paper gives also a re-description of "*Lartetia rhenana*" LAIS 1935, of which living specimens have been re-discovered in the Rhine groundwater of Rhinau (Alsace) 30 km north of Kaiserstuhl, the original habitat of this species.

The specimens from Rhine and Töss groundwaters differ by the biometrical characteristics of shell, their anatomy is the same.

These findings prove that the genus *Bythiospeum* colonize not only the karstostygial biotope of karstic systems (deep karstic groundwater and cave streams), but is also wide - ranging in the hyporheic and phreatic mediums of fluvial groundwater.

Biological researches carried out by Creuzé des Châtelliers in the 90s till 1995 on the groundwater of Rhine and Ill rivers in the Rhinau sector south of Strasbourg (Alsace) (CREUZE *et al.*, 1992) gave the occasion to find again the "*Lartetia rhenana*" described only on empty shells by LAIS in 1935 from the hyporheic medium of the Rhine near Kaiserstuhl. *L. rhenana* has been also found near Karlsruhe, as well as from wells near Strasbourg, 100 km respectively 50 km north from Kaiserstuhl (KIEFER, 1956) (see Fig. 1).

The new findings from Rhinau are only 30 km north from Kaiserstuhl, are from the same groundwater and their shells are identical with those of *Lartetia rhenana*. The new findings included the soft parts, making an anatomical examination possible (see Appendix). Noteworthy is the facultative presence of a weak pigmentation and eye spots, difficult to explain on phreatic specimens. Are they relict features giving evidence for a relatively recent penetration in the underground waters, or are they recent features caused from vertical displacements towards the surface and light ?

Because of its anatomy, shell shape and specific biotope (hyporheic or interstitial medium, psammal), *Bythiospeum rhenanum* represents a distinct species in respect to *Bythiospeum diaphanum*. We remember that *Bythiospeum diaphanum* is a wide-ranging species colonizing the karstostygial biotope (phreatic zone and cave streams) of karstic systems of the Jura range from Rhone river to Danube river (BERNASCONI, 1990). At large scale, the distribution areas of the eight *B. diaphanum* subspecies can be summarized as follow:

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <i>ssp. diaphanum</i>       | Ain basin                                     |
| <i>ssp. dorvani</i>         | Rhone basin                                   |
| <i>ssp. charpyi</i>         | Doubs basin                                   |
| <i>ssp. francomontanum</i>  | Birse basin & closed basins in the Swiss Jura |
| <i>ssp. suevicum</i>        | Neckar basin                                  |
| <i>ssp. quenstedti</i>      | Danube basin                                  |
| <i>ssp. septentrionalis</i> | Rhine basin                                   |
| <i>ssp. sterkianum</i>      | Aare-Rhine basin & Kocher-Jagst-Tauber basins |

More recently, a few aquatic gastropods have been collected from a well in the Töss valley south of Winterthur (Leisental,

canton of Zürich) during hydrogeological researches carried out by the Institute for Limnology of the EAWAG in the Swiss Molassenbecken from April to September 1995. The gastropods were in a bad state of conservation and partially damaged by violent pumping. Nevertheless it was possible to perform an anatomical examination and to classify the gastropods as Prosobranchs of the genus *Bythiospeum* (see Appendix). The anatomical characteristics were found to be identical with those of *Bythiospeum rhenanum* sampled in the groundwater of Rhine a few years ago. Only the biometric characteristics of the shells differ from those of typical *B. rhenanum*. Consequently, the Töss specimens are considered as a subspecies of *B. rhenanum*.

Probably the "*Paladilhopsius husmanni*" C.R. BOETTGER 1963 (anatomy unknown) from the groundwater of Ruhr valley (central Germany, 390 km north from Kaiserstuhl) represents a third subspecies of *B. rhenanum*. Subfossil *P. husmanni* was recently found in between 2800 years and Recent Times old alluvial deposits of the Rhine valley in the Netherlands (KUIPER & GITTENBERGER, 1993).

These findings prove that the genus *Bythiospeum* colonize not only the karstostygial biotope of karstic systems (phreatic zone and cave streams), but is also wide - ranging in the hyporheic and phreatic mediums of fluvial groundwater.

## **References**

- BERNASCONI, R. 1990. Revision of the genus *Bythiospeum* (Mollusca Prosobranchia Hydrobiidae) of France, Switzerland and Germany. Edit. Bernasconi, Münchenbuchsee 1990, 79 pages (44 pages of text, 35 pages of figures).
- BOETTGER, C.R. 1963. Über das Auffinden einer subterranean Schnecke aus der Familie Hydrobiidae im Grundwasser des Ruhrgebietes. *Arch. Moll.* 92 : 45-48.
- CREUZE DES CHATELLIERS, M. *et al.* 1992. Structure of interstitial assemblage in a regulated channel of the river Rhine (France). *Regulated Rivers: Research and Management*, 7 : 23-30.
- KIEFER, F. 1956. Ein neuer Fundort von *Lartetia rhenana* R. LAIS. *Beitr. Naturkundl. Forsch. Südwestdeutschland* 15: 125.
- KUIPER, W.J. & E. GITTENBERGER. 1993. De grondwaterslak *Bythiospeum husmanni* (Boettger 1963) in Nederland (Gastropoda Prosobranchia Hydrobiidae). *Basteria* 57: 89-94.
- LAIS, R. 1935. *Lartetia rhenana* n. sp. *Arch. Moll.* 67 : 20-33.

## Appendix

### Description of *Bythiospeum rhenanum*

Shell, operculum, radula and soft anatomy like *Bythiospeum diaphanum* described in BERNASCONI, 1990.

Differs from *B. diaphanum* by the following features:

- shell small, not more than 2,7 mm long,
- ctenidium with a reduced number of gills (6-8),
- operculum glassy, 520-680 x 340-470 µm,
- central tooth of radula with (5)4+1+4(5) / 1+1 cusps.

Differs from *B. bressanum bressanum* described in BERNASCONI, 1990 by the following features:

- shell more cylindrical, showing a greater ratio L/D (2.15-2.45 vs 2.00-2.27),
- facultative presence of a weak pigmentation and eye spots (till now only *B. rhenanum rhenanum*),
- facultative presence of a slight microsculpture formed by spiral lines on a few whorls of the teloconch; protoconch smooth.
- length of the Z-shaped intestine loop equalling 1.5 - 2.0 times its width.

### Re - description of *Bythiospeum rhenanum rhenanum* (Lais, 1935)

First description (only shells): LAIS, 1935.

Soft anatomy : see above and Fig. 3.

Shell biometry : see table 1 and Fig. 2. Type series: Breisach - Ihrigen - Hochstetten (Kaiserstuhl, Germany). Rhinau series : wells in the sector Rhinau - Schoenau - Benfiel; groundwater of Rhine and of Ill, in a depth of 0 - 50 cm (Alsace, France).

### Description of *Bythiospeum rhenanum turneri* ssp. n.

Soft anatomy : see above and Fig. 3.

Shell biometry : see table 1 and Fig. 2.

Diagnosis: differs from *B. rhenanum rhenanum* in not having any pigmentation and eye spots; the shell is smaller and more conical, the ratio L/D is inferior to 2.2.

Holotype: The shell is 2.31 mm high and 1.07 mm wide. (Fig. 2). Deposited at the Muséum d'histoire naturelle de Genève; Ref. Nr. MHNG 22145.

Paratypes: 6 specimens (my collection).

Type locality: groundwater of Töss valley, south of Winterthur, between Kyburg and Gamser (Leisental); altitude 460 m.a.s.l.

Derivatio nominis: dedicated to Dr. Hans Turner, the editor of the "Atlas der Weichtiere der Schweiz und Liechtenstein", who entrusted to me the collected material.

Table 1  
Shell biometry of *Bythiospeum rhenanum*

|             | ssp. <i>rhenanum</i><br>Type series (LAIS) | ssp. <i>rhenanum</i><br>Rhinau | ssp. <i>turneri</i><br>Töss |
|-------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| n           | 8  | 21                             | 7                           |
| L (mm)      | 2.24 ± 0.26                                | 2.20 ± 0.19                    | 2.09 ± 0.15                 |
| L max. (mm) | 2.60                                       | 2.70                           | 2.31                        |
| D (mm)      | 0.94 ± 0.09                                | 0.95 ± 0.10                    | 0.97 ± 0.06                 |
| L/D         | 2.39 ± 0.21                                | 2.32 ± 0.10                    | 2.16 ± 0.08                 |

Key: L = shell length ; D = shell width ; n = number of specimens.

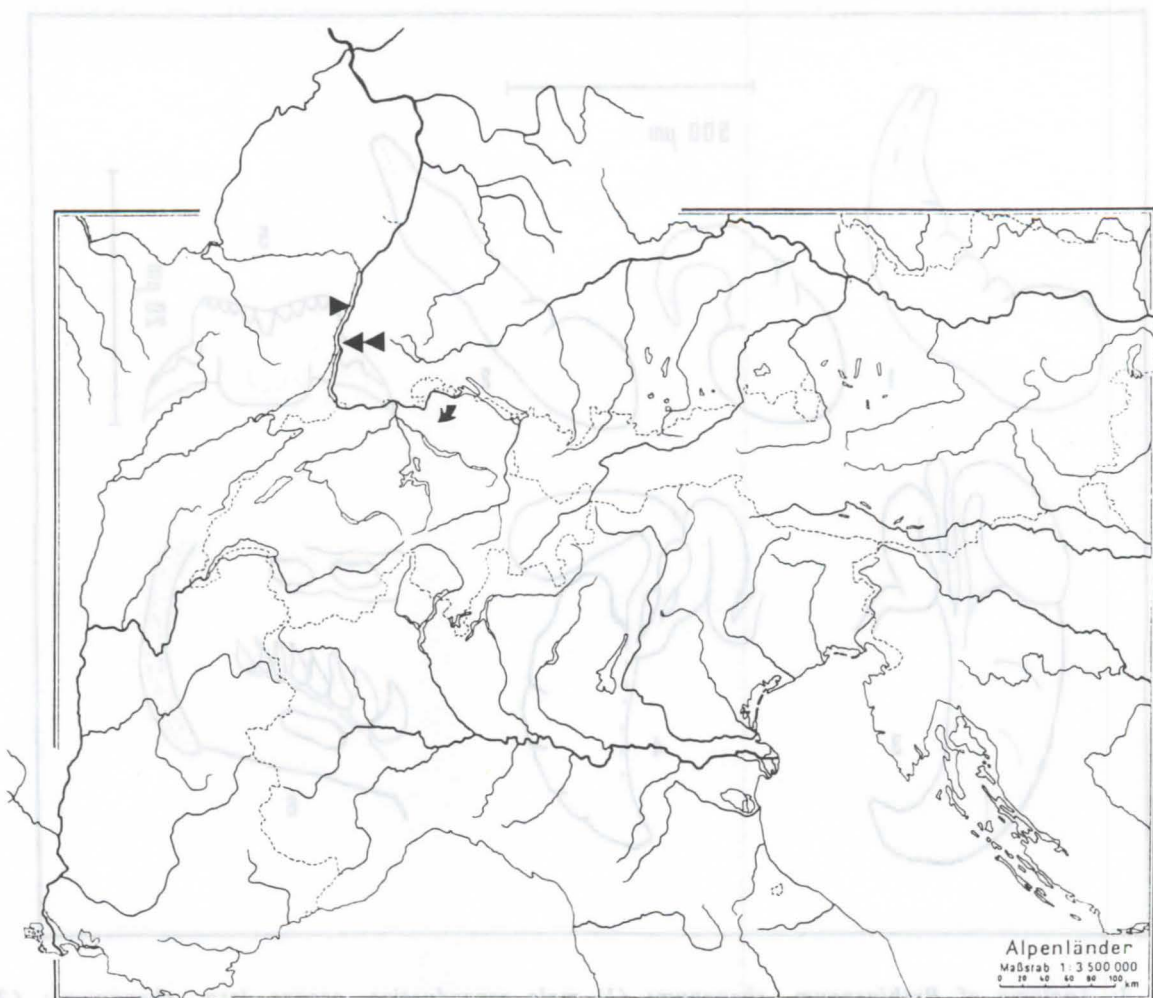


Fig. 1: Type localities of *Bythiospeum rhenanum* ssp. *rhenanum* (double triangle); ssp. *turneri* (arrow).

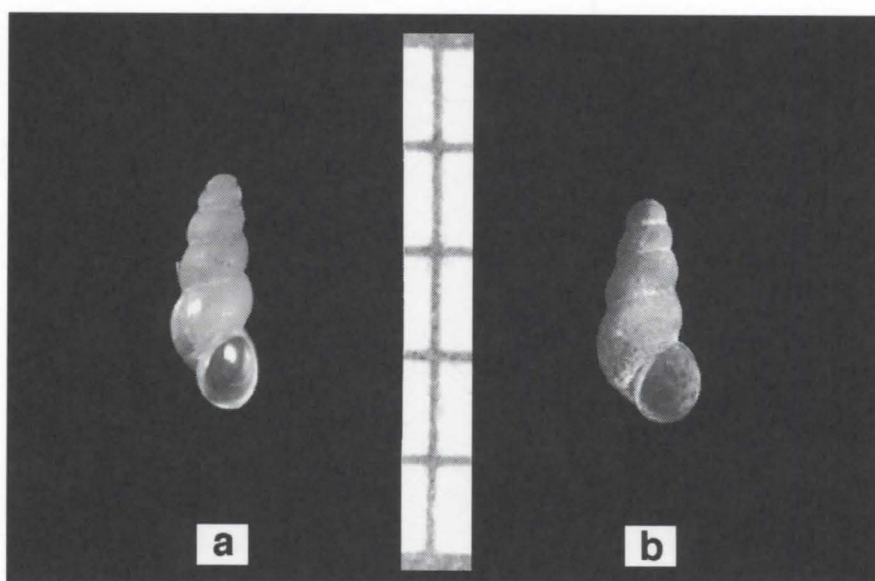


Fig. 2: Shells of *Bythiospeum rhenanum* (a) ssp. *rhenanum*. (b) ssp. *turneri*. (bar = 5 mm).

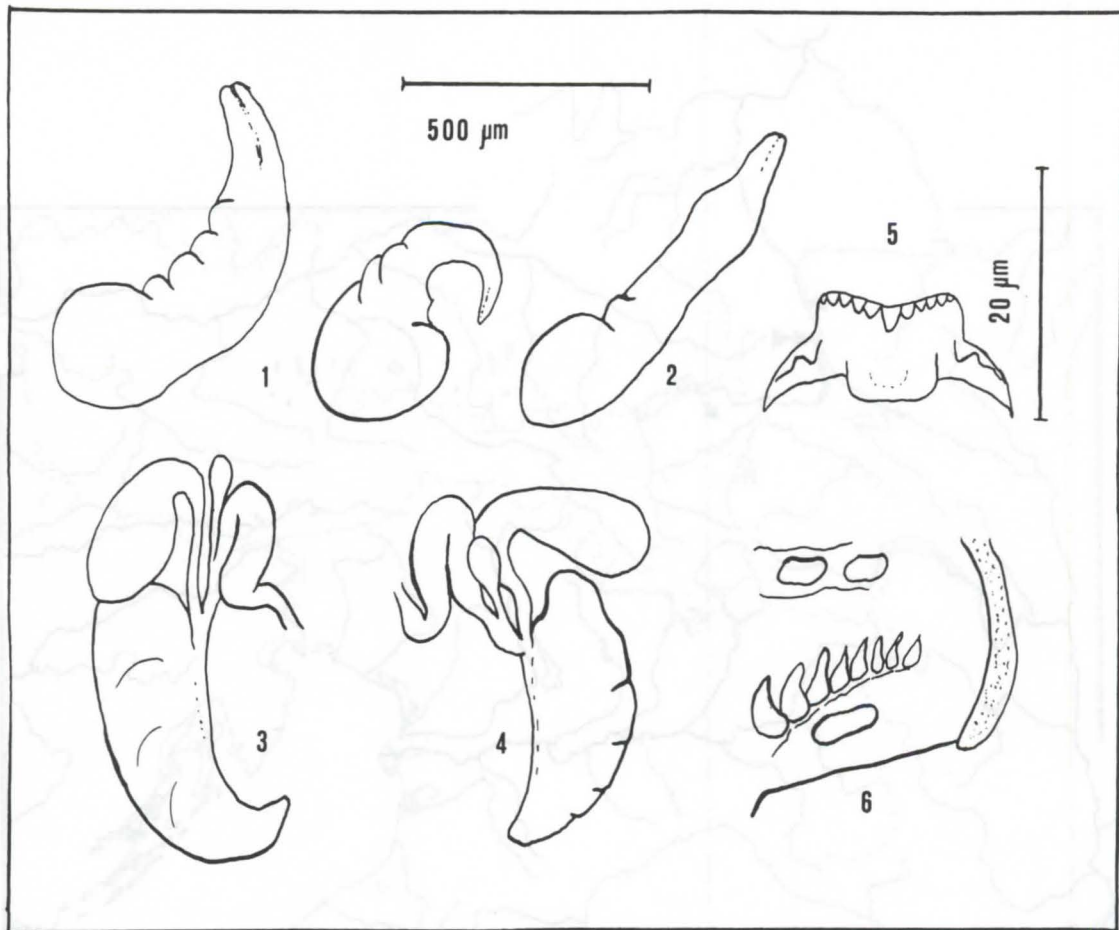


Fig. 3: Anatomy of *Bythiospeum rhenanum*: (1) male reproductive organs (ssp. *rhenanum*); (2) *idem* (ssp. *turneri*); (3) female reproductive organs (ssp. *rhenanum*); (4) *idem* (ssp. *turneri*); (5) central tooth of radula (ssp. *rhenanum*); (6) ctenidium (ssp. *rhenanum*).

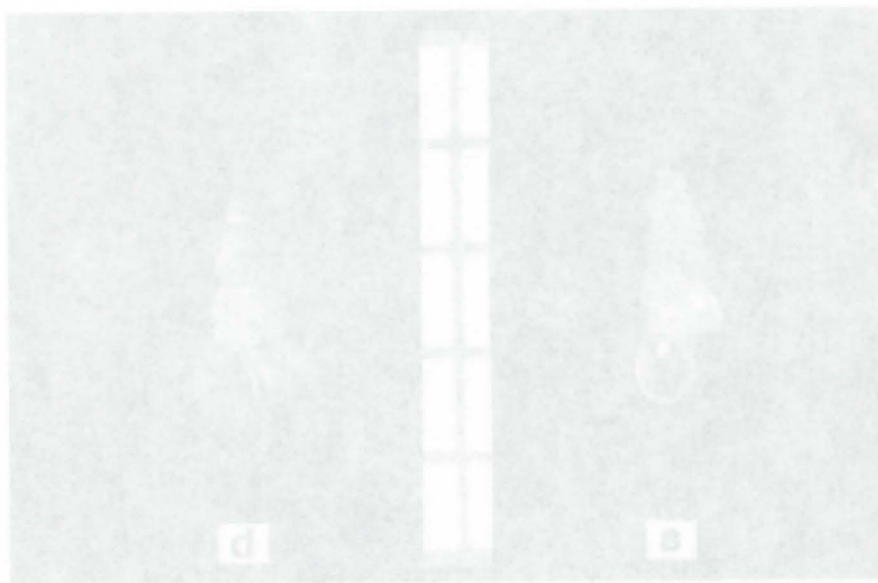


Fig. 4: SEM of *Bythiospeum rhenanum* (a) head region (b) head region (both images at 2000x magnification).

# Facteurs intrinsèques et extrinsèques de la distribution actuelle des Crustacés Isopodes des eaux souterraines d'Europe

par Guy J. MAGNIEZ

Université de Bourgogne, Dépt. Biologie Animale, 6, Bd. Gabriel, F - 21000, Dijon, France

## Abstract

The examples of some stygobitic Isopods of the families Asellidae and Stenasellidae point at the fact that a very large recolonization of underground aquatic biotopes has occurred in Middle Europe immediately after the last quaternary deglaciation. Nevertheless, only strongly eurytope species (preadapted to live in karstic biotopes as well as in interstitial ones, i.e, potentially expansive species), fully took advantage of this short suitable period, which was characterized by intense spreading of coarse alluvium, at a time when the general sea level remained still very low.

## Résumé

L'exemple des Isopodes stygobies des familles Asellidae et Stenasellidae montre qu'un vaste repeuplement des biotopes aquatiques souterrains s'est produit en Europe moyenne juste après la dernière débâcle postglaciaire. Seules les espèces très eurytopes (aptées à vivre aussi bien dans l'ambiance karstique que dans l'ambiance interstitielle et donc potentiellement expansives) ont pleinement profité de cette courte période favorable caractérisée par de grands épandages d'alluvions grossières alors que le niveau marin était encore très bas.

## 1. Généralités

En Europe, les Aselloïdes sont représentés par deux familles fort différentes: (1) les Asellidae, formes typiquement pigmentées et oculées, tel le genre *Proasellus* Dudich, 1925, dans lequel la spéciation a fait naître de nombreuses espèces dépigmentées et anophtalmes, dont le statut est celui de limnostygobies et (2) les Stenasellidae, formes apigmentées et anophtalmes d'origine intertropicale, qui sont des stygobies beaucoup plus anciens et d'origine thalassoïde directe (Fig. 1).

La répartition des espèces souterraines d'Aselloïdes européens peut paraître surprenante. Schématiquement, on remarque l'existence d'une relative richesse spécifique dans la partie méridionale du continent, mais avec une bonne représentation des formes endémiques, une grande pauvreté de l'Europe moyenne, où la faune est souvent représentée par des taxons à vaste répartition, surtout dans la zone des grands bassins hydrographiques (Danube, Rhin, Rhône), et une absence généralisée pour l'Europe septentrionale, les rares peuplements ne représentant que des prolongements extrêmes de peuplements d'Europe moyenne. Les cas des Stenasellidae (genre *Stenasellus* Dollfus, 1897) et des Asellidae (genre *Proasellus* Dudich, 1925) pourraient permettre d'expliquer cette situation.

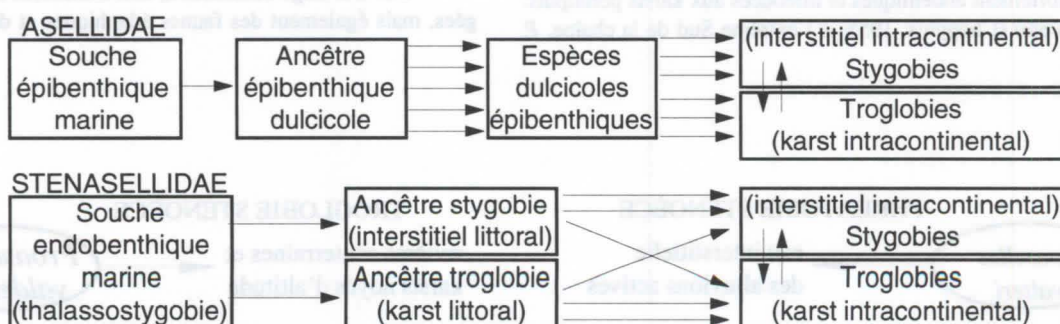
## 2. La diversité écologique d'espèces taxonomiquement voisines

Nos travaux sur les Isopodes, menés depuis plusieurs décennies, nous ont appris que, dans chaque genre, des espèces souterraines morphologiquement très voisines et étroitement apparentées, présentent souvent des aptitudes écologiques très différentes. Beaucoup se comportent comme des sténotopes, préférant soit l'eau libre du karst, soit l'eau à l'état divisé des milieux d'interstices. Seules quelques unes prolifèrent aussi bien dans les premiers que dans les seconds de ces milieux. Étant de plus eurythermes, elles se montrent alors très expansives et conquièrent de vastes aires géographiques, passant d'un massif karstique à un autre par l'intermédiaire des sous-écoulements du réseau hydrographique commun, sautant de l'interstitiel d'un réseau hydrographique à celui d'un autre réseau, par l'intermédiaire des karsts d'interfluve. Le cas du genre ibérique *Bragasellus* Henry & Magniez, 1968, récemment élucidé (AFONSO, HENRY & MAGNIEZ, 1996) est très typique, mais cet état de fait paraît général et pourrait s'appliquer à l'ensemble des stygobies.

### 2.1. Exemple des Stenasellidae

Très répandus et bien diversifiés dans la péninsule ibérique, les Stenasellidae montrent un peuplement annexe nord-pyrénéen

Figure 1



qui se développe actuellement sur le Languedoc occidental, les Corbières et une grande partie du bassin aquitain. Nous n'envisagerons que les cas de deux espèces aux comportements bien différenciés :

2.1.1. Cas de *Stenasellus buili* Remy, 1949. Cette robuste espèce thermophile est étroitement confinée entre Corbières orientales et vallée de l'Hérault. Fortement sténotope, elle se cantonne dans les biotopes d'eau libre (plan des cours d'eau souterrains et karsts noyés).

2.1.2. Cas de *Stenasellus virei* Dollfus, 1897. Très polymorphe, ce taxon, auquel on peut attribuer valeur de super-espèce, présente une immense aire transpyrénéenne de répartition (Catalogne, bassin de l'Ebre, bassin du Douro, région cantabrique, karsts des versants Sud et Nord des Pyrénées et bassin hydrographique Garonne-Dordogne) (MAGNIEZ, 1997).

Les différents travaux qui le concernent montrent son extrême ubiquité écologique : eurythermie (eaux souterraines entre 5 et plus de 23°C), capacité de vivre en eau libre dans tous les types de milieux karstiques, capacité de vivre en eau interstitielle (nappes éluviales, nappes alluviales et sous-écoulement des rivières de surface, sous-écoulement des rivières souterraines, graviers des sources, exurgences et résurgences, pour peu que la granulométrie le permette), capacité de creuser des galeries dans les argiles de grottes ou les limons alluviaux. Il a ainsi été possible de montrer que l'aire originelle de cette forme correspond à un petit territoire de la Catalogne littorale (portion de l'ancien bloc continental tertiaire Catalogne-Corse-Sardaigne), alors que la plus grande partie de la vaste aire actuelle est une zone d'expansion secondaire, correspondant à un processus de colonisation active et récente, orientée par les chenaux d'alluvions modernes des grands systèmes hydrographiques (Ebre + Douro au Sud des Pyrénées, Garonne-Dordogne au Nord).

Par un curieux retournement de situation, la population du gouffre de Padirac, considérée au temps de Viré comme une "relique tertiaire", n'est sans doute qu'une "contamination latérale", issue du peuplement post-würmien établi dans le chenal alluvial de la Dordogne toute proche (MAGNIEZ, 1979), ce qui a conduit à considérer *S. virei* comme un stygobie très ancien, mais présentant des populations très récentes dans certains biotopes karstiques ou interstitiels.

## 2.2. Exemple des Asellidae: les *Proasellus* du groupe "cavaticus"

Cette lignée évolutive relativement ancienne ne comporte plus d'espèces pigmentées-oculées, mais uniquement des espèces dépigmentées et anophtalmes. Elle a été étudiée minutieusement par HENRY (1971, 1976a, 1976b, 1977a, 1980, 1985), qui a apporté la preuve de l'indépendance biologique de ces espèces. La répartition géographique et les préférences écologiques de ces espèces sont fort intéressantes à analyser :

2.2.1. Les espèces péri-alpines. Certaines espèces de la lignée sont très fortement endémiques et inféodées aux karsts périalpins : *P. franciscoloi* (Chappuis, 1955) à l'extrême Sud de la chaîne, *P.*

*valdensis* (Chappuis, 1948), forme psychrophile du Canton de Vaud et des Préalpes françaises, *P. maleri* Henry, 1977 du Faustloch, Canton de Berne. D'autres espèces, davantage inféodées au milieu interstitiel, se sont plus ou moins répandues en aval : *P. rouchi* Henry, 1980, de la vallée du Var, *P. synaselloides* (Henry, 1963) dans la zone comprise entre Var et Ardèche, *P. strouhali* (Karaman, 1955) du bassin de la Saône à celui du Danube supérieur. Par ailleurs, la minuscule espèce psammique et thigmotropique *P. walteri* (Chappuis, 1948), s'est disséminée dans les alluvions depuis la région de Bâle jusqu'au couloir Saône-Rhône, atteignant la basse vallée de la Durance. Toutes ces formes, soit plutôt karstiques, soit plutôt interstitielles paraissent relativement sténotopes. Leur répartition le long de la convexité de l'arc alpin suggère que l'origine de cette lignée se situerait dans cette région géographique, en particulier sa portion méridionale (Fig. 2).

Cependant, la lignée en question comporte une autre espèce de répartition beaucoup plus vaste : *Proasellus cavaticus* (Leydig, 1871) sensu Henry, 1971. Elle est présente dans la même zone périalpine que les précédentes (avec des stations communes avec *P. walteri*, ce qui a permis à Henry, 1976a, de montrer la totale indépendance génétique de ces formes considérées à tort, par les auteurs anciens, comme des sous-espèces d'une même espèce), mais son aire se développe jusqu'aux Pays-Bas et l'Allemagne du N.O. et au delà de la Manche, au Sud du bassin de Londres et du Pays de Galles. Par ailleurs, au S.O. du bassin du Rhône, elle s'est infiltrée jusque dans le bassin du Tarn.

2.2.2. Un grand conquérant : *Proasellus cavaticus* (Leydig, 1871), sensu Henry, 1971.

Contrairement à toutes les autres espèces du groupe, *P. cavaticus* est extraordinairement eurytope, puisqu'on peut le trouver dans pratiquement tous les biotopes aquatiques souterrains, y compris artificiels, comme le montre la figure 3.

Les plus récentes observations (HENRY, 1985) montrent la présence de l'espèce, en écotone mixohalin, dans deux exurgences intertidales de Seine-Maritime (Étretat et Vastérial, découvertes dues au Professeur J. H. STOCK d'Amsterdam), ce qui permet de penser à l'existence d'un peuplement des karsts de la craie du bassin de Paris à l'Est de la Seine, et de raccorder l'aire continentale à l'aire britannique de l'espèce (cf. HENRY, 1985, fig. 2).

## 3. Les conséquences des glaciations quaternaires

Ces conséquences sont de nature biologique et de nature géographique. Elles se sont répétées plusieurs fois, durant les temps quaternaires, mais c'est sur l'épisode würmien qu'il convient d'insister plus particulièrement, puisqu'il est le plus récent et a donc pu effacer les conséquences des épisodes antérieurs.

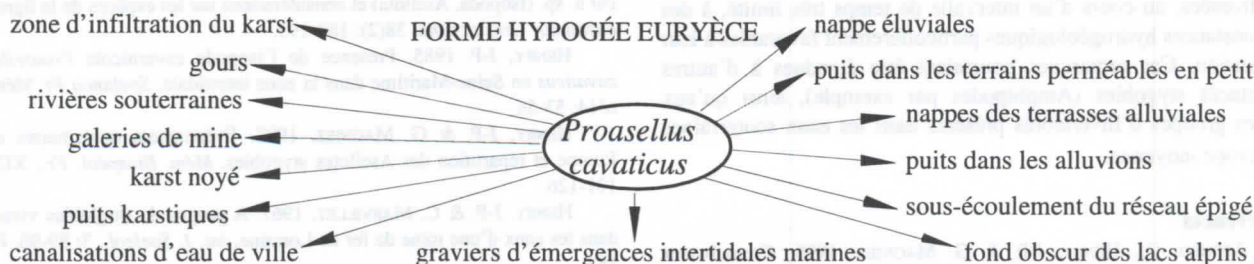
### 3.1. Destruction de la faune souterraine

Une très large élimination, non seulement des faunes hypogées, mais également des faunes édaphiques et des faunes dulci-

Figure 2



Figure 3



coles épigées s'est produite au cours des épisodes glaciaires. Les Stenasellidae français en particulier n'ont dû se maintenir que dans quelques sanctuaires thermiques très restreints de la région sous-pyrénéenne et des Corbières, ainsi qu'en Corse. Les Aselles du groupe *cavaticus* sont davantage psychrophiles et l'on peut envisager leur maintien dans la zone péréalpine, en particulier la portion méridionale de la chaîne, où se trouvent toujours plusieurs espèces endémiques du groupe.

### 3.2. Préparation de matériel clastique grossier

La gélivation des roches a provoqué la formation d'abondants matériaux meubles de granulométrie grossière, dont il subsiste localement des résidus de nature colluviale (éboulis cryoclastiques graveleux et sableux). Ces matériaux donneront plus tard les alluvions roulées et épandues par les cours d'eau post-würmiens.

## 4. Les reconquêtes post-würmiennes

Les spécialistes du Quaternaire (BELLAIR, 1974) décrivent généralement la situation régnant lors de la phase terminale de la dernière glaciation (Würm terminal, entre 22 000 et 18 000 BP) de la manière suivante: période de froid sec intense (paroxysme vers 35 000 BP), niveau général des mers aux environs de -120 à -130 m par rapport à l'actuel (estimation de -140 m pour certains auteurs), lié à un stockage gigantesque de glaces (de l'ordre de 70. 10<sup>6</sup> km<sup>3</sup> pour l'inlandsis Nord-américain du wisconsin). Un réchauffement climatique très brutal, quoique marqué de quelques rechutes intervient ensuite (certains auteurs le voient débuter vers 22 000 BP en Europe, 18 000 BP seulement en Amérique), mais par suite de leur inertie thermique, la fonte des inlandsis est très progressive (fin vers 6 500 BP seulement pour le continent américain). Il en résulte un relèvement très progressif du niveau marin (remontée d'environ 100 m entre 14 000 BP et 11 000 BP; l'immersion du Pas de Calais, vers 9 000 BP isole la Grande-Bretagne du continent et vers 8 000 BP, le niveau marin est encore à -30 m; il atteindra environ +3 m vers 6500 BP, lors de la transgression flandrienne, pour revenir ensuite vers le niveau actuel).

### 4.1. Les épandages d'alluvions fluviales grossières

La remise en activité brutale des réseaux hydrographiques de surface, alors que le niveau de base marin était très bas, leur a assuré une capacité de transport considérable et leur a permis de constituer des chenaux d'alluvions grossières (cailloutis, galets, graviers) sur de très longues distances, jusque dans les régions géographiques qui constituent de nos jours leur cours inférieur, et au delà, dans la partie aujourd'hui submergée. Dans le même temps, les systèmes karstiques pouvaient retrouver un fonctionnement normal, tandis que de grandes accumulations d'eau douce se formaient en surface. Un immense territoire riche en biotopes aquatiques obscurs (les chenaux d'alluvions du Rhin et de ses affluents: Meuse, Tamise, Weser, etc...) était désormais dispo-

nible, mais libre de faune. Entre ce vaste bassin et le val de Seine franco-britannique pouvait subsister un interfluve karstique créta-cé. Les mêmes observations peuvent être faites pour le système Saône-Rhône, ainsi que pour le bassin aquitain (ensemble hydrographique Garonne + Dordogne).

### 4.2. Réponses des espèces potentiellement expansives

Durant une douzaine de millénaires (20 000 BP - 8000 BP environ), les stygobies potentiellement expansifs, mais soumis à un confinement climatique sévère ont vu s'ouvrir de vastes territoires libres de vie, à la fois en milieu karstique (exemple des grandes auréoles karstiques orientales du bassin parisien) avec la reprise des écoulements et en milieu interstitiel alluvial (exemple du grand bassin hydrographique du Rhin) avec la formation des dépôts cités plus haut. Tout porte à croire que leur prolifération et leurs déplacements actifs leur ont permis de progresser rapidement dans ces nouveaux territoires et d'occuper ainsi l'aire que nous leur connaissons maintenant (HENRY, 1977b). Il est évident que le peuplement britannique par *P. cavaticus* est antérieur à 9 000 BP et qu'après la transgression flandrienne, le niveau marin étant proche de l'actuel, les dépôts alluviaux étant devenus plus fins, les conditions deviennent moins favorables à l'expansion dans les milieux interstitiels.

Nous ne pouvons évidemment pas prouver en toute rigueur la réalité de cette expansion, cependant, les observations effectuées au niveau des anciennes galeries de mines de Lorraine montrent que des populations de *Proasellus cavaticus*, ou du Sphéromien *Cæcosphaeroma burgundum*, ou encore de l'Amphipode *Niphargus virei* s'y sont installées avec une très grande rapidité (HENRY & MARVILLET, 1967). Dans le même temps, *Stenasellus virei* a pu, par la voie des chenaux d'alluvions récentes de la Garonne, du Tarn et de la Dordogne, étendre très largement son aire de vie dans la bassin aquitain, colonisant même des zones karstiques adjacentes, comme ce fut le cas à Padirac.

## 5. Conclusions

La présence d'Aselloïdes stygobies dans la moitié Nord de l'Europe et la Grande-Bretagne, de même que la présence de *Stenasellus virei* dans une grande partie du bassin aquitain, sont selon toute vraisemblance très récentes, liées aux conditions de milieu ayant régné immédiatement après les débâcles glaciaires, en particulier la débâcle post-würmienne.

C'est donc essentiellement la conjonction de deux événements favorables, l'un géologique (existence de grands réseaux hydrographiques Sud-Nord, paroxysme d'alluvionnement grossier et grande activité des karsts, alors que le niveau eustatique marin était encore très bas, abondance des collections d'eau douce de surface) et l'autre biologique (existence d'un vivier d'espèces stygobies potentiellement expansives, mais confinées dans la moitié méridionale de l'Europe), qui a assuré un rapide repeuplement en Europe moyenne.

Il s'agit donc d'un phénomène de peuplement actif, lié au dynamisme colonisateur de certaines espèces privilégiées, confrontées, au cours d'un intervalle de temps très limité, à des circonstances hydrogéologiques particulièrement favorables à leur expansion. Ces remarques pourraient être étendues à d'autres Crustacés stygobies (Amphipodes par exemple), ainsi qu'aux autres groupes d'Invertébrés présents dans les eaux souterraines d'Europe moyenne.

## Références

- AFONSO, O., HENRY, J-P. & G. MAGNIEZ. 1996. Groundwater Crustaceans of Spain 18: Nouvelles données sur le genre *Bragasellus* (Crustacea, Isopoda, Asellidae). *Contributions to Zoology (Bijdragen tot de Dierkunde)*, 66 (2): 109-118.
- BELLAIR, P. 1974. Quaternaire (Ère) in: *ENCYCLOPÆDIA UNIVERSALIS*, Vol. 13: 873-883.
- HENRY, J-P. 1971. Contribution à l'étude du genre *Proasellus*: le groupe cavaticus. *Vie Milieu Fr.*, 22: 33-77.
- HENRY, J-P. 1976a. Recherches sur les Asellidae hypogés de la lignée cavaticus. *Thèse Sc. Nat. Univ. Dijon*, n°CNRS A.O. 12 143, 270 p.
- HENRY, J-P. 1976b. Remarques sur l'Aselle psammique *Proasellus walteri*. *Int. Journ. Spéléol.*, 8: 75-80.
- HENRY, J-P. 1977a. Sur un Asellide aberrant d'une grotte de Suisse: *Proasellus maleri* n. sp. *Revue suisse Zool.*, 84(2): 481-490.
- HENRY, J-P. 1977b. Origine et ancienneté de *Proasellus cavaticus* (Leydig) (Crustacea, Isopoda, Asellota des eaux souterraines). *Proc. 7th*

*Int. Speleol. Congr.*, Sheffield: 243-246.

HENRY, J-P. 1980. Un Asellide interstitiel de France: *Proasellus rouchi* n. sp. (Isopoda, Asellota) et considérations sur les espèces de la lignée cavaticus. *Crustaceana*, 38(2): 183-193.

HENRY, J-P. 1985. Présence de l'Isopode cavernicole *Proasellus cavaticus* en Seine-Maritime dans la zone intertidale. *Spelunca Fr. Mém.* n°14: 53-54.

HENRY, J-P. & G. MAGNIEZ, 1992. Événements quaternaires en Europe et répartition des Asellotes stygobies. *Mém. Biospéol. Fr.*, XIX: 121-126.

HENRY, J-P. & C. MARVILLET, 1967. A propos de troglobies vivant dans les eaux d'une mine de fer de Lorraine. *Int. J. Speleol.*, 3: 89-96, Pl. 18.

MAGNIEZ, G. 1974a. Données faunistiques et écologiques sur les Stenasellidae (Crustacea, Isopoda, Asellota des eaux souterraines). *Int. J. Speleol.*, 6(1): 1-80.

MAGNIEZ, G. 1974b. Observations sur *Stenasellus virei* dans ses biotopes naturels (Crustacea, Isopoda, Asellota des eaux souterraines). *Int. J. Speleol.*, 6(2): 115-171.

MAGNIEZ, G. 1979. Les Stenasellides de France (Crustacés Isopodes Asellotes souterrains): faune ancienne et peuplements récents. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, (1978), 103(3): 255-262.

MAGNIEZ, G. 1984. Biogéographie et paléobiogéographie des Stenasellides (Crustacés Isopodes Asellotes des eaux souterraines continentales). *Mém. Biospéol. Fr.*, (1983) 10: 187-191.

MAGNIEZ, G. 1997. Histoire des Stenasellidae ibéro-aquitains (Crustacea Isopoda Asellota Aselloidea). *Mém. Biospéol. Fr.*, 23 (sous presse).

# Observations on the geographic distribution and ecology of an undescribed species of *Crangonyx* endemic to southern Indiana, USA (Amphipoda:Crangonyctidae)

Megan L. Porter\*, H.H. Hobbs III\*\*

\*Dept. of Biological Sciences, University of Cincinnati, P.O. Box 250006, Cincinnati OH 45221-0006, USA

\*\*Dept. of Biology, Wittenberg University, P.O. Box 720, Springfield OH 45501-0720, USA

## Abstract

In conjunction with an ecological assessment of karst resources in the Wayne-Hoosier National Forest, south-central Indiana, four populations of an undescribed species of the amphipod genus *Crangonyx* were investigated. The new troglophilic amphipod is endemic to seven counties in southern Indiana, occurring in eighteen caves and six springs. Observations indicate that this species is highly variable with respect to habitat, occurring in bedrock, gravel, cobble, and mud/silt substrates from pool as well as riffle sections of subterranean streams. Physicochemical data were characteristic of temperate, hardwater, karst streams. Spring effluents of Rose and Tucker Lake Spring caves support populations of distinctly different pigmented amphipods.

## 1. Introduction

Between 1992 and 1996, twenty-eight caves within the Wayne-Hoosier National Forest boundaries in southern Indiana, USA, were sampled. This study was conducted to assess ecological resources by examining the biological and physicochemical parameters of each cave. The objectives of this investigation were: to determine the distribution and relative abundance of life in the caves; to define the physicochemical characteristics of each cave; to recommend which sites are significantly unique and warrant further study; and to suggest management protocols for the protection of these karst resources.

During the study, populations of an undescribed species of the amphipod *Crangonyx* (Fig. 1), were discovered in four of the caves sampled. This new species (ZHANG & HOLSINGER, in manuscript) is a troglophile endemic to seven counties in southern Indiana, including populations from eighteen caves and six springs (HOLSINGER, pers. comm.). As very little is known about this amphipod, observations are made on the general ecology of this species. Further study of *Crangonyx* n. sp. will investigate the genetic relationship of these and other known populations using mtDNA sequence data (AVISE *et al.*, 1987; MORITZ *et al.*, 1987)

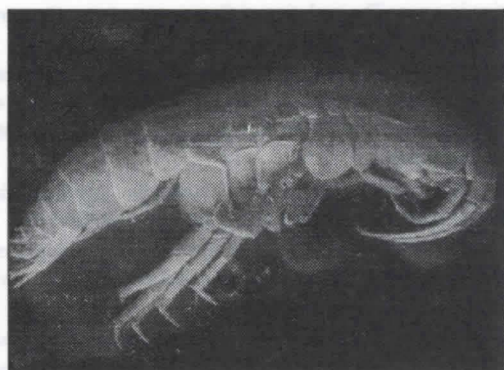


Figure 1. Juvenile of *Crangonyx* n. sp. (body length = ~1mm)

## 2. Methods

Cave fauna was sampled with bulb basters, tea strainers, drift nets, and small brushes as well as by baiting. Physicochemical data were obtained using the following instruments: YSI Model 54 Oxygen meter, YSI Model 33 S-C-T meter, Hanna Instrument pH meter (Model Hi 9025 Microcomputer), and a Corning Checkmate 90 meter.

In order to estimate population density in Dillion Cave, Orange County, a mark-recapture study was conducted at four pool sites within the cave. Each site was sampled by two people for one hour on four different dates between October and November of 1995. Population density at each site was estimated using the Schumacher-Eschmeyer index (SCHUMACHER & ESCHMEYER, 1943).

## 3. Species Description

The new species of *Crangonyx* being studied is endemic to the southern region of Indiana. Populations are known from locations in Clark, Greene, Lawrence, Martin, Monroe, Orange, and Owen Counties, including eighteen cave and six spring localities (figure 2). The three spring populations located in Clark County are the only sites not found on the Mitchell Plain or Crawford Upland physiographic units.

Crangonyctids are characteristically cold-stenothermal, photonegative amphipods, found almost exclusively from small, relatively secluded biotopes closely associated with groundwater (HOLSINGER, 1986a). *Crangonyx* n. sp. fits this general description and is found in small, cold, shallow springs and cave streams within a small geographical region. Also characteristic of the genus *Crangonyx*, the new species has small, diffuse eyes and is typically colored light gray to pale yellow (Holsinger, pers. comm.).

Crangonyctid amphipods represent a very old group of freshwater organisms that appear to have been established prior to the separation of North America and Eurasia (HOLSINGER, 1986a). Similar to *Gammarus minus* Say populations (CULVER *et al.*, 1995), *Crangonyx* species inhabit surface, coldwater streams and have invaded springs and subterranean streams directly rather than through deep groundwater (HOLSINGER, 1986b). However, as a group they are less specialized morphologically for subterranean existence.

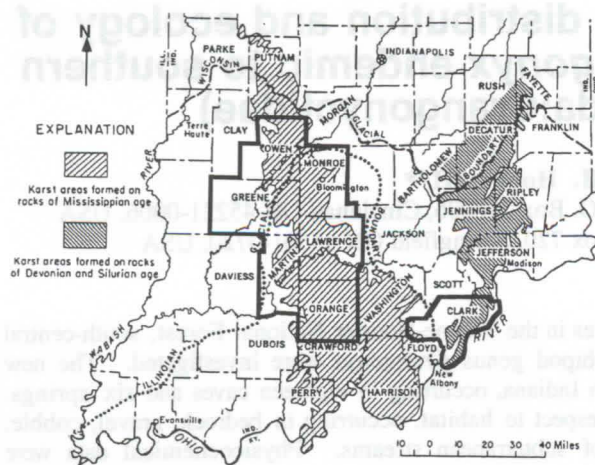


Figure 2. Geographic distribution of *Crangonyx n. sp.* (modified from POWELL, 1961).

#### 4. Site Descriptions

All sites are located in southern Indiana on Wayne-Hoosier National Forest land. Caves containing *Crangonyx n. sp.* are situated in the Mitchell Plain and Crawford Uplands, which contain limestones, shales, and sandstones of upper Mississippian and lower Pennsylvanian ages. Physicochemical data from all sites remained relatively stable (table 1).

Table 1. Physicochemical data from study sites averaged from data collected between July 1992 and November 1996 (\* - no average, single value).

|               | Water Temp. (°C) | pH    | Sp. Cond. (µS) | O <sub>2</sub> (mg/l) | TDS (mg/l) |
|---------------|------------------|-------|----------------|-----------------------|------------|
| Conrad Spring | 10.8             | 7.28* | 134            | 9.4*                  | 162*       |
| Dillion       | 10.9             | 7.52  | 266            | 9.5                   | 73.2*      |
| Rose          | 11.6             | 7.70  | 352            | 8.5*                  | -          |
| Tucker Lake   | 11.6             | 7.68* | 390            | 9.5*                  | 110*       |

#### Conrad Spring Cave, Orange County (THC: 14.3m)

Conrad Spring Cave is accessible only for approximately 4m. At the entrance, the stream flows through a narrow vertical slot in the limestone bedrock and has a good flow volume, which may be indicative of a sizable cave upstream. Eight species were observed in the cave, three of which are aquatic. *Crangonyx* specimens are abundant in the cascading stream below the entrance.

#### Dillion Cave, Orange County (THC: 714.4m)

The Dillion Cave population of *Crangonyx n. sp.* is the most studied. Population size had been estimated to be as high as  $777 \pm 108$  individuals/m<sup>2</sup> (PORTER & HOBBS, in press). This troglophilic amphipod appears to be abundant throughout the length of the stream, but is much more dense in pool areas having a bedrock substrate. Thirty-four species, including five troglobites, were noted, twelve of which are aquatic.

#### Rose Cave, Martin County (est. THC: 614m)

A total of seventeen species was observed, three of which are troglotic. Of the seventeen, seven are aquatic species. *Crangonyx n. sp.* was collected from the active stream in the lower level of Rose Cave where the substrate consists primarily of manganese dioxide-coated cobbles and from the spring outside the entrance. Amphipod occurrence in the cave is rare, with a much more abundant population occurring in the cave spring. Also there is an epigean spring population of an unidentified, pigmented species of amphipod.

#### Tucker Lake Spring Cave, Orange County (THC: 748.9m)

The stream located in Tucker Lake Spring Cave is floored mostly by cobble and gravel with some areas containing significant mud/clay substrates. Twenty-one species were recorded, of which, three are troglotic and six are aquatic. Although this cave is extensive, amphipod numbers are low, with only two to three specimens being observed per visit. Amphipods are usually found under cobbles in moderately flowing riffle areas of the stream. The spring that emerges from below the entrance contains a population of a pigmented amphipod (not identified).

#### Acknowledgments

Appreciation is extended to T. Dogwiler, Y. Fedkiw, L. Greenwood, M. Minnig, R. Payn, and J. Wood for their help with field work; J. Holsinger of Old Dominion University for sharing data concerning this undescribed amphipod; Larry Mullins of the Wayne-Hoosier National Forest who was instrumental in initiating the study and provided field assistance throughout; and T. Kane of the University of Cincinnati for sharing resources. This investigation was supported by funds from the Wayne-Hoosier National Forest, National Speleological Society, and Wittenberg University.

#### References

- AVISE, J.C., ARNOLD, J., BALL, R.M., BIRMINGHAM, E., LAMB, T., NEIGEL, J.E., REEB, C.A. & N.C. SAUNDERS. 1987. Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:489-522.
- CULVER, D.C., KANE, T.C. & D.W. FONG. 1995. Adaptation and natural selection in caves: The evolution of *Gammarus minus*. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 223p.
- HOLSINGER, J.R. 1986a. Zoogeographic patterns of North American subterranean amphipod crustaceans. In *Crustaceans Issues 4: Crustacean Biogeography*, (eds.) R.H. Gore and K.L. Heck, pp.85-106, A.A. Balkema, Rotterdam.
- HOLSINGER, J.R. 1986b. Amphipoda: Holarctic crangonyctid amphipods. In *Stygofauna mundi*, (ed.) L. Botosaneanu, pp.535-549.
- MORITZ, D., DOWLING, T.E. & W.E. BROWN. 1987. Evolution of animal mitochondrial DNA: relevance of population biology and systematics. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:269-292.
- PORTER, M.L. & H.H. HOBBS III. (in press). Population studies of an undescribed species of *Crangonyx* in Dillion Cave, Orange County, Indiana, USA (Crustacea:Amphipoda: Crangonyctidae). Proceedings of the Karst Waters Institute Conference, Nashville, February, 1997.
- POWELL, R.L. 1961. Caves of Indiana. *Indiana Geol. Surv. Cir.* 8:1-127.
- SCHUMACHER, F.X. & R.W. ESCHMEYER. 1943. The estimation of fish populations in lakes or ponds. *Journal of the Tennessee Academy of Science*, 18:228-249.

# Biogeographic Significance of Recently Discovered Amphipod Crustaceans (*Stygobromus*) in Caves of Southeastern Alaska and Vancouver Island

by John R. Holsinger\*, Kent R. Carlson\*\* & D. Patrick Shaw\*\*\*

\* Department of Biological Sciences, Old Dominion University, Norfolk, VA 23529, USA

\*\* 1155 King St., Christiansburg, VA 24073, USA

\*\*\* Environment Canada, 700-1200 W 73rd Ave, Vancouver, BC, Canada V6P 6H9

## Abstract

Recent discoveries of the amphipod *Stygobromus quatsinensis* and an undescribed species of this genus from caves and spring resurgences on islands in the Alexander Archipelago of southeastern Alaska, as well as documentation of new cave localities for *S. quatsinensis* from Vancouver Island, pose important new questions about the biogeography of freshwater subterranean crustaceans living on islands that are separated from each other and from the adjacent mainland by marine waters. Are these disjunct populations the isolated remnants of a former continuous distribution or were they isolated following dispersal at the front of glacial advances in the Pleistocene?

## Introduction

The Holarctic, freshwater amphipod genus *Stygobromus* is presently composed of 101 described species, all of which are stygobionts recorded from subterranean groundwater habitats (HOLSINGER, 1993, 1994). A majority of the species occur in North America, and most of them are found in unglaciated regions of the United States. A few, however, are endemic to areas north of the southern limits of Pleistocene glaciation in Canada and United States, where they are believed to have survived extended periods of glaciation in groundwater refugia beneath the ice (HOLSINGER *et al.*, 1983).

Extensive biological sampling of caves and karst resurgences on islands in southeastern Alaska during the summers of 1993-1995 by members of the U. S. Forest Service and the Tongass Cave Project of the National Speleological Society resulted in the discovery of the stygobiont amphipod *Stygobromus quatsinensis* (HOLSINGER & SHAW (1987) in 26 localities on the southern, outer islands of Coronation, Dall, Heceta, and Sumez in the Alexander Archipelago (Figs. 1, 2). Prior to the recent fieldwork, this species was known only from caves far to the south on Vancouver Island in British Columbia, Canada. Several new populations of *S. quatsinensis* have also been found on Vancouver Island by one of us (DPS) since publication of the species description in 1987.

Two other stygobiont amphipods in the genus *Stygobromus*, neither of which is closely related to *S. quatsinensis* morphologically, were also recently found in Alaska: a tiny (ca. 2.0 mm) undescribed species (tentatively designated n. sp. a) from two cave systems in the northern part of Prince of Wales Island, and an undescribed species (tentatively n. sp. b) from the hyporheic zone of a stream in Aniakchak National Monument on the Alaskan Peninsula (Fig. 1). Descriptions of these two species and a discussion of their taxonomic and biogeographic affinities will be published in future papers.

*Stygobromus quatsinensis* was originally described from two caves on the western side of Vancouver Island in 1987 and until recently was known only from these two sites (HOLSINGER & SHAW, 1986, 1987). However, subsequent fieldwork (by DPS, KRC and others) not only resulted in a significant range extension of this species on Vancouver Island but more importantly extended its range approximately 650 km northward to southeastern Alaska.

The highly disjunct range of *S. quatsinensis*, which includes previously glaciated karst areas and skips over nearly 650 km of marine water, is of profound biogeographic interest. In this paper we examine the biogeographical implications of the newly discovered populations and propose a hypothesis that accounts for the unusual distribution of this subterranean freshwater amphipod.

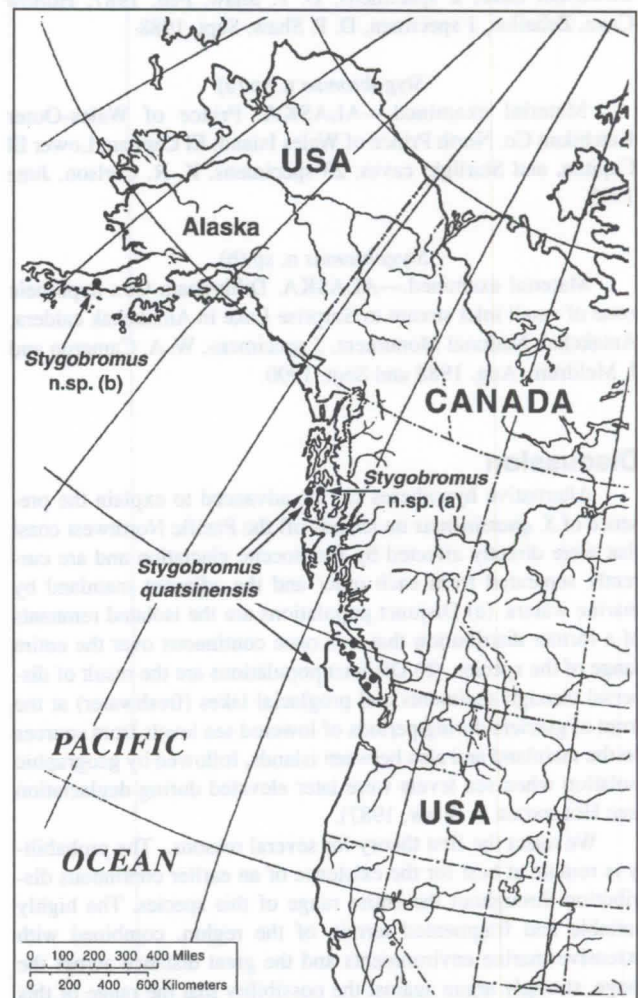


Figure 1. Geographic distribution of three species of *Stygobromus* in southern Alaska (Alaskan Peninsula and Alexander Archipelago) and western British Columbia (Vancouver Island). Solid circles indicate one or more localities.

## Systematics

*Stygobromus quatsinensis* Holsinger and Shaw

*Stygobromus* n.sp.—Holsinger and Shaw, 1986.

*Stygobromus quatsinensis* Holsinger and Shaw, 1987: 2202-2206, figs. 1-3 [type-locality: Thanksgiving Cave, Vancouver Island, British Columbia, Canada].

Material examined.—ALASKA. Prince of Wales-Outer Ketchikan County. Dall Island: Enigma, Kit n'Kaboodle and Noway caves, and 15 karst resurgences, 45 specimens, K. R. Carlson, July 1993 and 1994; Heceta Island: Arabica and Nautilus caves and 1 karst resurgence, 19 specimens, J. Baichtal, W. R. Elliott and D. Love, summers of 1993, 94, 95; Sumez Island: Full of Baloney Cave, 8 specimens, D. Love, summer 1995. Wrangell County. Coronation Island: Aat To Go and Littoral caves and 2 karst resurgences, 25 specimens, K. R. Carlson, June 1994. BRITISH COLUMBIA. Vancouver Island: Euclataws Cave in Horne Lake Caves Park NW of Nanaimo, 2 specimens, D. P. Shaw, Jan. 1986; Hanging Sump Cave in Port McNeil area, 4 specimens, D. P. Shaw, April 1995, and Tsulton River Rising, also in Port McNeil area, 1 specimen, D. P. Shaw, Aug. 1995; Hourglass Cave SW of Cowickan Lake, 2 specimens, D. P. Shaw, Feb. 1987; Hollow Cave, Zeballos, 1 specimen, D. P. Shaw, Sept. 1988.

*Stygobromus* n. sp.(a)

Material examined.—ALASKA. Prince of Wales-Outer Ketchikan Co. North Prince of Wales Island: El Capitan, Lower El Capitan, and Starlight caves, 23 specimens, K. R. Carlson, June 1995.

*Stygobromus* n. sp.(b)

Material examined.—ALASKA. Dillingham Co.: hyporheic zone of small inlet stream to Surprise Lake in Aniakchak caldera, Aniakchak National Monument, 3 specimens, W. A. Cameron and J. Meldrum, Aug. 1988 and Sept. 1990.

## Discussion

Alternative hypotheses can be advanced to explain the presence of *S. quatsinensis* on islands off the Pacific Northwest coast that were directly affected by Pleistocene glaciation and are currently separated from each other and the adjacent mainland by marine waters. (a) Disjunct populations are the isolated remnants of a former distribution that was once continuous over the entire range of the species. (b) Disjunct populations are the result of dispersal through sediments and proglacial lakes (freshwater) at the front of glaciers during periods of lowered sea levels from sources on the mainland and also between islands, followed by geographic isolation when sea levels were later elevated during deglaciation (see HOLSINGER & SHAW, 1987).

We reject the first theory for several reasons. The probability is remote at best for the existence of an earlier continuous distribution throughout the entire range of this species. The highly variable and fragmented terrain of the region, combined with extensive marine environments and the great distance across the range, strongly argue against the possibility that the range of this species could have ever been continuous over its full extent. ELLIOTT (1994) raised the possibility of a continuous fresh groundwater system fed by glaciers along the entire Pacific Northwest coast that would have facilitated the wide range of *S. quatsinensis*, but there is no evidence for the existence of a temporally continuous subterranean freshwater dispersal corridor of this extent. We favor the second theory for three reasons. First, the lowering of sea levels, possibly 120 meters in some places (MANN & HAMILTON, 1995), during glacial maxima would have increased the potential for land connections and proglacial lakes of freshwater, therefore promoting the development of dispersal corridors between islands

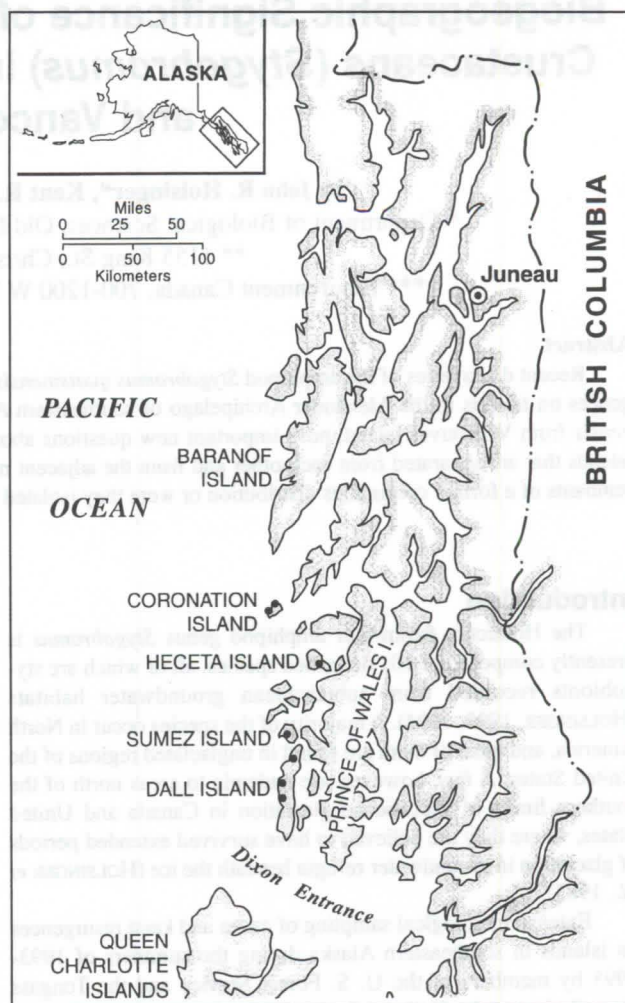


Figure 2. Geographic distribution of *Stygobromus quatsinensis* on islands in the Alexander Archipelago of southeastern Alaska. Solid circles indicate one or more localities. Map adapted from HEATON (1996).

and the adjacent mainland. Moreover, recent evidence has established that coastal areas of the outer islands of the Alexander Archipelago were either lightly glaciated or even ice free in the late Wisconsin (see LUTERNAUER *et al.*, 1989; MATHEWES, 1991; MANN & HAMILTON, 1995), therefore, accessibility of groundwater habitats and potential for dispersal of amphipods would have been greatly enhanced at this time. If it is assumed that amphipods dispersed westward at the front of glaciation, it is conceivable that populations to the east were extirpated by advancing glaciers. The absence of populations of *S. quatsinensis* from suitable habitats on the large inner island of Prince of Wales to the east (Fig. 2), compared with their presence in many localities on outer islands to the west, tends to strengthen this idea. However, the occurrence of *Stygobromus* n. sp. a in caves on Prince of Wales Island suggests that some amphipods might have survived the glaciation of this island in subglacial groundwater refugia.

Second, sand and gravel deposits, such as the Quadra Sand, laid down at the tongue and margins of advancing glaciers presumably infilled depressions and troughs between islands and the mainland (see CLAGUE, 1977, 1991), and therefore could have provided a medium for interstitial dispersal by small crustaceans such as *Stygobromus*. Prior to the discoveries in Alaska, it was suggested that interstitial dispersal through Quadra Sand sediment may

have facilitated movement of amphipods from mainland sources to groundwater aquifers on Vancouver Island (HOLSINGER & SHAW, 1987). It was also emphasized that finding populations of the species on the eastern side of Vancouver Island, where deposits of Quadra Sand have been identified, would be further evidence for the glacial dispersal theory. In this case, it seems reasonable to assume that amphipods would still inhabit groundwaters near these deposits if they had actually utilized them for dispersal across the Georgia Strait from mainland British Columbia. Recent fieldwork by DPS has established that populations do in fact occur quite commonly on the eastern side of the island in several localities.

Third, another freshwater crangonyctid amphipod, *Crangonyx richmondensis*, while epigean and widespread in North America, is recorded from Vancouver Island, Queen Charlotte Islands, and several islands in the Alexander Archipelago. Observations on the geographic distribution of this species suggest that it reached these islands by dispersal during lowered sea levels at glacial maxima in the Pleistocene (ZHANG & HOLSINGER in preparation).

As was pointed out earlier (HOLSINGER & SHAW, 1987), the occurrence of populations of *S. quatsinensis* or a closely similar species on the British Columbia mainland, if they can ever be established by fieldwork, would offer additional, strong support for the glacial dispersal theory. If such populations exist, however, their numbers would probably be quite small, owing to the strong possibility that many of them would have been extirpated by previous extensive glaciation on mainland British Columbia. It is recommended that molecular studies be carried out to determine whether genetic differences exist between the morphologically similar Vancouver and Alaskan populations, as well as to establish an approximate time for the divergence of these widely separated populations from a putative common ancestral population on the mainland.

### Acknowledgments

We are grateful to Old Dominion University Office of Publications and Graphics for assistance with the maps; to Jim Baichtal of the U. S. Forest Service, and William R. Elliott, David Love, and the many other speleologists who worked on the Tongass Caves Project for their assistance with biological collecting and logistics in southeastern Alaska; and to W. A. Cameron and J. Meldrum from the National Park Service and Bob Wisseman from Oregon State University for collecting and/or donating specimens of the new species from Aniakchak National Monument. This study was supported in part by a PEET grant from the National Science Foundation to JRH (DEB-9521752).

### Literature

- CLAGUE, J. J. 1977. Quadra Sand: a study of the late Pleistocene geology and geomorphic history of coastal southwestern British Columbia. *Geol. Surv. Can.*, Pap. 77-17, 24 pp.
- CLAGUE, J. J. 1991. Quaternary glaciation and sedimentation. In: Gabrielse, H. and Yorath, C. J. (eds.), *Geology of the Cordilleran Orogen in Canada*, pp. 419-434. The Geology of North America, Vol. G-2, Geological Society of America.
- ELLIOTT, W. R. 1994. Alaska's forested karstlands. *American Caves*, 7(1): 8-12.
- HEATON, T. H. 1996. Southeast Alaska, the fossil gold mine. *NSS News*, 54(7): 172-175.
- HOLSINGER, J. R. 1993. Biodiversity of subterranean amphipod crustaceans: global patterns and zoogeographic implications. *J. Nat. Hist.*, 27: 821-835.
- HOLSINGER, J. R. 1994. Subterranean amphipods. In C. Juberthie and V. Decu (eds.), *Encyclopaedia Biospéologica* (Tome 1). Moulis -Bucarest: 147-163.
- HOLSINGER, J. R. & D. P. SHAW. 1986. A new stygobiont amphipod crustacean (Crangonyctidae, *Stygobromus*) from glaciated karst on Vancouver Island, Canada. In *Communications of the 9th International Congress of Speleology*, Barcelona, Spain, August 1986. Vol. 2, pp. 98-101.
- HOLSINGER, J. R. & D. P. SHAW. 1987. *Stygobromus quatsinensis*, a new amphipod crustacean (Crangonyctidae) from caves on Vancouver Island, British Columbia, with remarks on zoogeographic relationships. *Can. J. Zool.*, 65: 2202-2209.
- HOLSINGER, J. R., MORT, J. S. & A. D. RECKLIES. 1983. The subterranean crustacean fauna of Castleguard Cave, Columbia Icefields, Alberta, Canada, and its zoogeographic significance. *Artic and Alpine Res.*, 15(4): 543-549.
- LUTERNAUER, J. L., CLAGUE, J. J., CONWAY, K. W., BARRIE, J. V., BLAISE, B. & R. W. MATHEWES. 1989. Late Pleistocene terrestrial deposits on the continental shelf of western Canada: evidence for rapid sea-level change at the end of the last glaciation. *Geology*, 17: 357-360.
- MANN, D. H. & T. D. HAMILTON. 1995. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of the north Pacific coast. *Quaternary Sc. Rev.*, 14: 449-471.
- MATHEWES, R. W. 1991. Climatic conditions in the western and northern Cordillera during the last glaciation: paleoecological evidence. *Géographie physique et Quaternari*, 45(3): 333-339.

# Biodiversity and biogeography in subterranean aquatic crustacean Metacrangonyctidae (Amphipoda)

by C. Boutin\*, N. Coineau\*\* & M. Messouli\*\*\*

\*Laboratoire d'Écologie Terrestre, UMR CNRS 5552, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex France

\*\*Université P. et M. Curie, Paris VI, URA, Observatoire Océanologique de Banyuls, URA CNRS 2156, Laboratoire Arago, F-66650 Banyuls-sur-Mer, France

\*\*\*Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Sémmlalia, Boulevard Prince Moulay Abdellah, B.P. S-15, Marrakech RP, Maroc

To date more than 40 species of stygobiontic amphipods belonging to the family Metacrangonyctidae have been observed. Most of them live in fresh continental groundwaters and some others in cave fresh or brackish waters. These species form only 2 genera: the genus *Longipodacrangonyx* which presently includes 7 species from Morocco and the genus *Metacrangonyx* which includes some 30 species from Morocco and 5 species from other countries, ranging from the Canary Archipelago to the Middle East. A phylogenetic study, based on comparative morphology of all these species suggests 4 groups of species, 3 of them being within the genus *Metacrangonyx*. The study of the metacrangonyctid species and of their geographic distribution in Morocco showed that these thalassoid crustaceans (= of marine origin) very likely colonized continental subterranean waters during the important marine regressions which occurred during 3 different periods: during the terminal Turonian (about 90 MY BP) for the 2 more primitive groups of species, during the late Senonian (about 70 MY BP) for the most derived group of species of *Metacrangonyx* and during the late Lutetian (40 MY BP) for the species of *Longipodacrangonyx*.

In a number of cases the identification of the different species of Metacrangonyctidae, and the inclusion of each species in one of the 4 groups of species, may be very informative either for ecologists or for geologists. As a matter of fact, 2 different species of *Metacrangonyx* may differ by their sensitivity to groundwaters quality: the occurrence of one species in some stations may indicate the good quality of the groundwaters while the absence of this species in other stations of the same region, or the occurrence of a different species, may indicate a noticeable pollution of local groundwaters. On the other hand, the discovery of a new species, especially outside Morocco, in a region where the geological history is incompletely known, may indicate that the region was covered by the sea during a certain period and emerged during one of the 3 above mentioned periods, even if marine sediments deposited during this period and expected to be datable either by fossils or by radioisotopes are not preserved and available.

# A synopsis of the hypogean fishes of the world

by Graham S. Proudlove

31 Dovedale Avenue, Prestwich, Manchester, M25 0BT, UK. Email: g.proudlove@umist.ac.uk

## Abstract

A complete checklist to all described hypogean fishes is provided. Between 1842 and 1995, 72 species have been described, representing 8 orders (of 57, 14%) and 16 families (of 482, 3%). 17 genera (of 47, 36%) are monotypic hypogean-restricted and 4 genera (of 47, 8%) multitypic hypogean-restricted. 39 species (54%) are known only from their type locality. Most hypogean sites have only one species but there are 10 cases where 2, and two cases where 3, species coexist at the same site. China has the largest number of species (14, 19%) with Central (9, 13%) and S. America (8, 11%) and Africa (8, 11%) making up the bulk of the rest. These animals are found throughout the tropical and subtropical zones up to 40°N and 25°S, with the majority being found between 16° and 35°N. This is the first comprehensive checklist of hypogean fishes since 1986 and will provide systematists, conservationists and others with information on these fascinating animals.

## 1. Introduction

Since the first hypogean fish species (*Amblyopsis spelaea*) was described in 1842, the number of species of fishes living in various types of underground habitat has increased. The number of described species has risen rapidly in the past 20 years and there is no recent account of their diversity. The present contribution lists all hypogean species formally described up to the end of 1995 and provides analyses of their systematic and geographic distribution. It does not include the c. 10 'species' collected from various sites around the world but not yet formally described. There is a great deal of interest now in conservation and there are numerous bodies and individuals actively seeking to provide protection for species considered to be threatened in some way (e.g. the IUCN globally and the USFWS in the USA). This is extremely important work but it relies on the workers knowing what species there are. Of the 72 known hypogean species, no fewer than 39 (54%) are known from just a single site in the world and therefore rare by definition. The conservation status of hypogean fishes is covered more fully in PROUDLOVE (1997). This work does not follow the convention of THINES (1969) and THINES and PROUDLOVE (1986) of including all 'blind, white fishes'. Many of these live in mud burrows or deep crevices in the bed of turbulent rivers. Only those living in karst or pseudokarst habitats, including aquifers not enterable by man, are included. Table 1 is a checklist of described species and Table 2 a list of the coexistence of 2 or more species at one site. Table 3 analyses the systematic distribution and Tables 4 and 5 the geographic distribution.

## References

- ANON. 1976. The blind white fishes of Persia. *Nature* 264:113.
- BANISTER, K.E. & M.K. BUNNI. 1980. A new blind Cyprinid fish from Iraq. *Bulletin of the British Museum (Natural History) (Zoology)* 38:151-158.
- BARR, T.C. 1967. Ecological studies in the Mammoth Cave System of Kentucky. 1. The biota. *International Journal of Speleology* 3:147-203.
- BARR, T.C. & R. KUEHNE. 1971. Ecological studies in the Mammoth Cave System of Kentucky. 2. The ecosystem. *Annales de Speleologie* 26:47-96.
- CHARDON, M. 1968. Anatomie comparee de l'appareil de Weber et des structures connexes chez les Siluriformes. *Musee Royale de l'Afrique Centrale, Annales Serie 8, Sciences Zoologiques* 169:1-277.
- DIAZ PEREZ, P.A. 1988. *Lucifuga teresinarum* sp.n. nueva especie cubana de peces troglobios. *Revista Biologia* 2:37-43.
- EAPEN, K.C. 1963. A new species of *Monopterus* from south India. *Bulletin of the Department of Marine Biology and Oceanography, University of Kerala* 1:129-132.
- EIGENMANN, C.H. 1909. Cave vertebrates of America. A Study in degenerative evolution. *Carnegie Institute of Washington Publication* no. 104.
- ESCHMEYER, W. 1990. Catalog of the genera of recent fishes. California Academy of Sciences.
- GERY, J. 1987. Note sur la faune pisciaire souterraine des Celebes et de Thaïlande. Pp. 143-146 in: *Expedition Thai-Maros 86. Rapport speleologique et scientifique*. Association Pyrénéenne de Spéléologie.
- GREENWOOD, P.H. 1976. A new and eyeless cobitid fish from the Zagros Mountains, Iran. *Journal of Zoology, London* 180:129-137.
- HOESE, D.F. & A.C. GILL. 1993. Phylogenetic relationships of eleotrid fishes. *Bulletin of Marine Science* 52:415-440.
- HUBBS, C. 1971. Fishes of Texas caves. In: LUNDELIUS, E.L. & SLAUGHTER, B.H. (eds): *Natural history of Texas caves*. Gulf Natural History.
- HUMPHRIES, W.F. & M. ADAMS. 1991. The subterranean aquatic fauna of the North West Cape peninsula, Western Australia. *Records of the Western Australian Museum* 15:383-411.
- KOTTELAT, M. & J. GERY. 1989. *Nemacheilus troglodactylus*, a new blind cave fish from Thailand. *Spixiana* 11:273-277.
- LONGLEY, G. & H. KARNEI. 1978. Status of *Trogloglanis pattersoni* and *Satan eurystomus*. US Fish and Wildlife Service endangered species report 5.
- MEES, G.F. 1962. The subterranean freshwater fauna of Yardie Creek Station, North West Cape, Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 45:24-32.
- MOSIER, D. 1984. Cave dwelling populations of *Rhamdia*. *Association for Mexican Cave Studies Newsletter* 14:40-44.
- NALBANT, T.T. 1981. A study of the subterranean species of *Lucifuga* from Cuba with the description of *Lucifuga simile*. *Resultats des expeditions biospeleologiques Cubano-roumains a Cuba* 3:185-190.
- NELSON, J.S. 1994. Fishes of the world. 3rd edition. John Wiley and Sons, New York.
- PROUDLOVE, G.S. 1997. The conservation status of hypogean fishes. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Switzerland*.
- REDDILL, J.R. 1981. A review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala and Belize. *Texas Memorial Museum Bulletin* 27.
- REDDILL, J.R. & R.W. MITCHELL. 1969. A checklist and annotated bibliography of the subterranean aquatic fauna of Texas. *International Center for arid and semi-arid land studies Special Report* 24.
- SMITH, A. 1978. The blind fishes of Persia. *Nature* 271:711.
- SUTTKUS, R.D. 1961. Additional information about blind catfishes from Texas. *Southwestern Naturalist* 6:66-64.
- THINES, G. 1969. L'évolution régressive des poissons cavernicoles et abyssaux. Masson et Cie, Paris.
- THINES, G. 1978. The blind fishes of Persia. *Nature* 271:305.
- THINES, G. & G. PROUDLOVE. 1986. Pisces. In: Botosaneanu, L. (ed) *Stygofauna Mundi*. Leiden.
- WILKENS, H. 1982. Regressive evolution and phylogenetic age: The history of colonisation of freshwaters of Yucatan by fish and crustacea. *Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies* 8:237-243.
- WOODS, L.P. & R.F. INGER. 1957. The cave, spring and swamp fishes of the family Amblyopsidae of central and eastern United States. *American Midland Naturalist* 58:232-256.
- YANG, J.X. & Y.R. CHEN. 1993. The cave fishes from Jiuxiang Limestone Cave of Yunnan, China with reference to character evolutions. *Proceedings of the 11th International Congress of Speleology, Beijing* 1993:126-128.

**Table 1. Checklist of hypogean fishes as described to the end of 1995. Generic placement and suprageneric classification follow NELSON (1994) except for Balitoridae and Cobitidae (ESCHMEYER, 1990), Uegitglanididae (CHARDON, 1968) and Gobiidae (HOESE & GILL, 1993). Currently accepted names are followed by their original author and date. Junior synonyms are indented and follow immediately after the senior synonym for the species. \* indicates a monotypic cave-restricted genus (17 genera and species, 24%) and # a cave restricted genus with two or more species (4 genera, 8% and 11 species, 15%; totals 21 genera, 45% and 28 species, 39%). (T) indicates that the species is known only from its type locality (39 species, 54%). In addition to these species there are a number which have been collected but have yet to be described. The abbreviations in parentheses on the right are used in other tables.**

## Order Characiformes

### Family Characidae

1. *Astyanax jordani* (Hubbs & Innes, 1936) (Aj)  
*Anoptichthys jordani* Hubbs & Innes, 1936  
*Anoptichthys antrobius* Alvarez, 1946  
*Anoptichthys hubbsi* Alvarez, 1947
2. *Stygichthys typhlops* \* Brittan & Böhlke, 1965 (T) (St)

## Order Cypriniformes

### Family Cyprinidae

3. *Caecobarbus geertsii* \* Boulenger, 1921 (Cg)
4. *Phreatichthys andruzzii*\* Vinciguerra, 1924 (Pa)
5. *Barbopsis devechii*\* Di Caporiacco, 1926 (Bd)  
*Eilichthys microphthalmus* Pellegrin, 1929  
*Barbopsis stefaninii* Gianferrari, 1930  
*Zaccarinia stefaninii* Gianferrari, 1934
6. *Iranocypris typhlops* \* Bruun & Kaiser, 1944(T) (It)
7. *Typhlogarra widdowsoni* \* Trewavas, 1955 (Tw)
8. *Caecocypris basimi*\* Banister & Bunni, 1980(T) (Cb)
9. *Garra barreimiae* Fowler & Steinitz, 1956(T) (Gb)
10. *Garra dunsirei* Banister, 1986(T) (Gd)
11. *Typhlobarbus nudiventris* \* Chu & Chen, 1982(T) (Tn)
12. *Sinocyclocheilus anatirostris* Lin & Luo, 1986(T?) (Sa)
13. *Sinocyclocheilus anophthalmus* Chen & Chu, 1988(T) (San)
14. *Sinocyclocheilus microphthalmus* Li, 1989(T) (Sm)
15. *Sinocyclocheilus angularis* Zheng & Wang, 1990(T) (Sang)
16. *Sinocyclocheilus hyalinus* Chen & Yang, 1994(T) (Sh)
17. *Gibbibarbus cyphotergus* Dai, 1988(T) (Gc)
18. *Barbus speleops* Roberts, 1991 (Bs)

### Family Balitoridae

19. *Nemacheilus smithi* Greenwood, 1976(T) (Ns)
20. *Nemacheilus starostini* Parin, 1983(T) (Nst)
21. *Nemacheilus troglotaractus* Kottelat & Gery, 1989 (Nt)
22. *Oreonectes anophthalmus* Zheng, 1981(T) (Oa)
23. *Triplophysa gejiuensis* (Chu & Chen, 1979)(T) (Tg)  
*Noemacheilus gejiuensis* Chu & Chen, 1979
24. *Triplophysa xiangxiensis* (Yang, Yuan & Liao, 1986)(T) (Tx)  
*Noemacheilus xiangxiensis* Yang, Yuan & Liao, 1986
25. *Triplophysa yunnanensis* Yang, 1990(T) (Ty)
26. *Triplophysa shilinensis* Chen & Yang, 1992(T) (Tsh)
27. *Homaloptera thamicola* Kottelat, 1988(T) (Ht)
28. *Schistura sijuensis* (Menon, 1987)(T) (Ss)  
*Noemacheilus sijuensis* Menon, 1987
29. *Schistura oedipus* (Kottelat, 1988)(T) (So)  
*Nemacheilus oedipus* Kottelat, 1988
30. *Schistura jarutanini* Kottelat, 1990(T)(Sj)
31. *Sundoreonectes tiomanensis* Kottelat, 1990(T) (Sti)
32. *Indoreonectes evezardi* (Day, 1878)(T) (Ie)

*Noemacheilus evezardi* Day, 1878

### Family Cobitidae

33. *Paralepidocephalus yui* Tchang, 1935 (T) (Py)
34. *Protocobitis typhlops* \* Yang, Chen & Lan, 1994 (T) (Pt)

## Order Siluriformes

### Family Ictaluridae

35. *Trogloglanis pattersoni* \* Eigenmann, 1919 (Tp)
36. *Satan eurystomus* \* Hubbs & Bailey, 1947 (Se)
37. *Prietella phreatophila* # Carranza, 1954 (Pp)
38. *Prietella lundbergi* # Walsh & Gilbert, 1995 (T) (Pl)

### Family Clariidae

39. *Clarias cavernicola* Trewavas, 1936 (T) (Cc)
40. *Horaglanis krishnai* \* Menon, 1950 (Hk)

### Family Uegitglanididae

41. *Uegitglanis zammaranoi* \* Gianferrari, 1923 (Uz)

### Family Pimelodidae

42. *Phreatobius cisternarum* Goeldi, 1904 (Pc)
43. *Pimelodella kronei* (Miranda Ribeiro, 1907) (Pk)  
*Typhlobagrus kronei* Miranda Ribeiro, 1907  
*Pimelodella lateristriga* var. *kronei* Haseman, 1911  
*Caecorhamdella brasiliensis* Borodin, 1927
44. *Rhamdia quelen urichi* (Norman, 1926)(T) (Rqu)  
*Caecorhamdia urichi* Norman, 1926
45. *Rhamdia laticauda typhla* Greenfield, Greenfield & Woods, 1982(T) (Rlt)
46. *Rhamdia reddelli* Miller, 1984 (Rr)
47. *Rhamdia zongolicensis* Wilkens, 1993(T) (Rz)

### Family Trichomycteridae

48. *Trichomycterus chaberti* Durand, 1968(T) (Tc)

### Family Loricariidae

49. *Ancistrus cryptophthalmus* Reis, 1987 (Ac)

### Family Astroblepididae

50. *Astroblepus pholeter* Collette, 1962(T) (Ap)

## Order Percopsiformes

### Family Amblyopsidae

51. *Amblyopsis spelaea* # DeKay, 1842 (As)
52. *Amblyopsis rosae* # (Eigenmann, 1898) (Ar)  
*Typhlichthys rosae* Eigenmann, 1898  
*Troglichthys rosae* Eigenmann, 1899
53. *Typhlichthys subterraneus* \* Girard, 1859 (Ts)  
*Typhlichthys osborni* Eigenmann, 1905  
*Typhlichthys wyandotte* Eigenmann, 1905  
*Typhlichthys eigenmanni* Hubbs, 1938
54. *Speoplatyrhinus poulsoni* \* Cooper & Kuehne, 1974(T) (Sp)

## Order Ophidiiformes

### Family Bythitidae

55. *Lucifuga subterraneus* # Poey, 1858 (Ls)
56. *Lucifuga dentatus* # (Poey, 1858) (Ld)  
*Stygicola dentatus* (Poey, 1858)
57. *Lucifuga spelaeotes* # Cohen & Robins, 1970 (Lsp)
58. *Lucifuga simile* # Nalbant, 1981 (Lsi)
59. *Lucifuga teresinarum* # Diaz Perez, 1988 (Lt)
60. *Ogilbia pearsei* (Hubbs, 1938) (Op)  
*Typhlias pearsei* Hubbs, 1938  
*Typhliasina pearsei* (Hubbs, 1938)

61. *Ogilbia galapagosensis* (Poll & Leleup, 1965) (Og)  
*Caecogilbia galapagosensis* Poll & Leleup, 1965

#### Order Cyprinodontiformes

##### Family Poeciliidae

62. *Poecilia mexicana* Steindachner, 1863 (T) (Pm)  
*Poecilia sphenops* Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1846  
*Mollienisia sphenops* Regan, 1913

#### Order Synbranchiformes

##### Family Synbranchidae

63. *Ophisternon infernale* (Hubbs, 1938) (Oi)  
*Pluto infernalis* Hubbs, 1938  
*Furmastix infernalis* (Hubbs, 1938)

- Synbranchus infernalis* (Hubbs, 1938)  
64. *Ophisternon candidum* (Mees, 1962) (Oc)  
*Anomatophasma candidum* Mees, 1962  
65. *Monopterus eapeni* (Eapen, 1963)<sup>(T)</sup> (Mi)

#### Order Perciformes

##### Family Gobiidae

66. *Typhleotris madagascariensis* # Petit, 1933 (Tm)  
67. *Typhleotris pauliani* # Arnoult, 1959 (Tpa)  
68. *Luciogobius pallidus* Regan, 1940 (Lp)  
69. *Luciogobius albus* Regan, 1940 (La)  
70. *Milyeringa veritas* \* Whitley, 1945 (Mv)  
71. *Caecogobius cryptophthalmus* \* Berti & Ercolini, 1991<sup>(T)</sup> (Ccr)  
72. *Glossogobius ankaranensis* Banister, 1994<sup>(T)</sup> (Ga)

**Table 2. Coexistence of hypogean species. There are 10 pairs and 2 triplets of species. Six of them (1,2,4,5,6,8) contain species within the same family and 3 (4,5,6) in the same genus. The 4 *Lucifuga* species from Cuba are most interesting and it is possible that one or more speciation events within the hypogean environment has occurred.**

| No. | Location                   | Species 1  | Species 2 and 3  |
|-----|----------------------------|--|--|
| 1.  | USA<br>(Kentucky)          | <i>Amblyopsis spelaea</i><br>(Amblyopsidae)          | <i>Typhlichthys subterraneus</i><br>(Amblyopsidae)   |
| 2.  | USA<br>(Texas)             | <i>Trogloglanis pattersoni</i><br>(Ictaluridae)      | <i>Satan eurystomus</i><br>(Ictaluridae)   |
| 3.  | Mexico<br>(Yucatan)        | <i>Ogilbia pearsei</i><br>(Bythitidae)               | <i>Ophisternon infernale</i><br>(Synbranchidae)  |
| 4.  | Mexico<br>(Acatlan)        | <i>Rhamdia reddelli</i><br>(Pimelodidae)             | <i>Rhamdia</i> sp. undet.<br>(Pimelodidae)   |
| 5.  | Cuba<br>(La Habana)        | <i>Lucifuga teresinarum</i><br>(Bythitidae)          | <i>Lucifuga subterraneus</i><br><i>Lucifuga dentatus</i> (Bythitidae)                        |
| 6.  | Cuba<br>(Matanzas)         | <i>Lucifuga simile</i><br>(Bythitidae)               | <i>Lucifuga dentatus</i><br>(Bythitidae)   |
| 7.  | India<br>(Kerala)          | <i>Horaglanis krishnai</i><br>(Clariidae)            | <i>Monopterus eapeni</i><br>(Synbranchidae)  |
| 8.  | Iraq<br>(Hadhitha)         | <i>Typhlogarra widdowsoni</i><br>(Cyprinidae)        | <i>Caecocypris basimi</i><br>(Cyprinidae)  |
| 9.  | Iran<br>(Kaaje-Ru)         | <i>Iranocypris typhlops</i><br>(Cyprinidae)          | <i>Nemacheilus smithi</i><br>(Balitoridae)   |
| 10. | Australia<br>(NW Cape)     | <i>Milyeringa veritas</i><br>(Gobiidae)              | <i>Ophisternon candidum</i><br>(Synbranchidae)   |
| 11. | Thailand<br>(Kanchanaburi) | <i>Nemacheilus troglatactatus</i><br>(Balitoridae)   | <i>Silurus</i> sp. undet.<br>(Siluridae)   |
| 12. | China<br>(Yunnan)          | <i>Sinocyclocheilus anophthalmus</i><br>(Cyprinidae) | <i>Triplophysa yunnanensis</i><br>(Balitoridae)<br><i>Paralepidocephalus yui</i> (Cobitidae) |

References: 1. Eigenmann (1909:71,73), Woods and Inger (1957:243,245), Barr (1967), Barr and Kuehne (1971), T.L. Poulson pers. comm.. 2. Suttkus (1961:55), Reddell and Mitchell (1969:12), Longley and Karnei (1978), Hubbs (1971). 3. Reddell (1981:246-247, Fig 85), Wilkens (1982:239). 4. Mosier (1984:42). 5. Eigenmann (1909:210), Nalbant (1981: 186,189), Diaz Perez (1988:41). 6. Nalbant (1981:189). 7. Eapen (1963:129). 8. Bannister and Bunni (1980:151). 9. Greenwood (1976:129-130), Anon (1976), Thines (1978), Smith (1978). 10. Mees (1962:28), Humphries and Adams (1991). 11. Gery (1987), Kottelat and Gery (1989). 12. Yang and Chen (1993).

**Table 3.** The numbers of families, genera (G), and species (S) of hypogean fishes. The last two columns refer to hypogean-restricted monotypic genera (MoG) and multitypic genera (MuG). The Ostariophysan orders Characiformes, Cypriniformes and Siluriformes are predominant (34 of 47 genera (72%), 50 of 72 species (70%)), probably because they are primary freshwater fishes and have major preadaptations to hypogean life such as barbels and a highly developed lateral line system. The number of hypogean-restricted species is high and many of these are of relictual distribution. Speciation events leading to two or more species within the system seem to be very rare or non-existent. The four hypogean-restricted genera with more than one species probably arose by multiple invasions of the hypogean environment by one ancestor species. In the Bythitidae with 4 species in Cuba it is possible that speciation has occurred. \* Indicated by an asterisk in Table 1. # Indicated by a hash sign in Table 1.

| Family                    | G  | S  | MoG* | MuG#(S) |
|---------------------------|----|----|------|---------|
| <b>Characiformes</b>      |    |    |      |         |
| Characidae                | 2  | 2  | 1    | 0       |
| <b>Cypriniformes</b>      |    |    |      |         |
| Cyprinidae                | 11 | 16 | 7    | 0       |
| Balitoridae               | 7  | 14 | 0    | 0       |
| Cobitidae                 | 2  | 2  | 1    | 0       |
| <b>Siluriformes</b>       |    |    |      |         |
| Ictaluridae               | 3  | 4  | 2    | 1(2)    |
| Clariidae                 | 2  | 2  | 1    | 0       |
| Uegitglanidae             | 1  | 1  | 1    | 0       |
| Pimelodidae               | 3  | 6  | 0    | 0       |
| Trichomycteridae          | 1  | 1  | 0    | 0       |
| Loricariidae              | 1  | 1  | 0    | 0       |
| Astroblepidae             | 1  | 1  | 0    | 0       |
| <b>Percopsiformes</b>     |    |    |      |         |
| Amblyopsidae              | 3  | 4  | 2    | 1(2)    |
| <b>Ophidiiformes</b>      |    |    |      |         |
| Bythitidae                | 2  | 7  | 0    | 1(5)    |
| <b>Cyprinodontiformes</b> |    |    |      |         |
| Poeciliidae               | 1  | 1  | 0    | 0       |
| <b>Synbranchiformes</b>   |    |    |      |         |
| Synbranchidae             | 2  | 3  | 0    | 0       |
| <b>Perciformes</b>        |    |    |      |         |
| Gobiidae                  | 5  | 7  | 2    | 1(2)    |
| Totals 16                 | 47 | 72 | 17   | 4(11)   |

**Table 4.** The distribution of hypogean fishes on the major land masses of the earth. It is of note that all of the Chinese species have been discovered since 1981 and it remains to be seen whether this level of discovery is maintained. \*<sup>1</sup> includes Trinidad and Galapagos, \*<sup>2</sup> includes Madagascar, \*<sup>3</sup> includes the Antilles and the Bahamas.

| Land area                 | Species  | Total | %  |
|---------------------------|--|-------|----|
| China                     | Tn/Sa/Tg/Tx/Oa/Gc/Pt/Py<br>/San /Sang/Sh/Sm/Tsh/Ty | 14    | 19 |
| C. America                | Aj/Pp/Pl/Op/Pm/Oi/Rlt/Rr/Rz                        | 9     | 13 |
| S. America * <sup>1</sup> | St/Pc/Pk/Rqu/Tc/Ac/Ap/Og                           | 8     | 11 |
| Africa * <sup>2</sup>     | Cg/Pa/Bd/Uz/Cc/Tm/Tpa/Ga                           | 8     | 11 |
| S.E. Asia                 | Nt/Ht/So/Sj/Sti/Ccr/Bs                             | 7     | 10 |
| N. America                | Tp/Se/As/Ar/Ts/Sp                                  | 6     | 8  |
| Arabia                    | It/Tw/Cb/Gb/Gd/Ns                                  | 6     | 8  |
| Caribbean * <sup>3</sup>  | Ls/Ld/Lsp/Lsi/Lt                                   | 5     | 7  |
| India                     | Ss/Ie/Hk/Mi  | 4     | 6  |
| Australia                 | Oc/Mv  | 2     | 3  |
| Japan                     | La/Lp  | 2     | 3  |
| C. Asia                   | Nst  | 1     | 1  |

**Table 5.** The distribution of hypogean fishes by degree of latitude. \* and # indicates that Typhlichthys subterraneus and Lucifuga spelaeotes respectively span more than 5° of latitude and the former is the species with the largest known distribution. The northern hemisphere contains 57 species (79%), the southern 15 species (21%). 40°N runs through San Francisco and Washington, DC in the USA and across central Spain and Turkey in Europe. There is little chance of finding truly hypogean species in areas north of this although there are many troglomorphic fish species in these regions. This may be due to one or both of two factors: 1. Insufficient time since the last glaciations north of 40°N for evolution of true hypogean species, and 2. Insufficient allochthonous food input because of a lower mean temperature.

| Latitude  | Species   | Total | %  |
|-----------|---|-------|----|
| 36°- 40°N | Nst/As/Ts   | 3     | 4  |
| 31°- 35°N | It/Tw/Cb/Ns/Ar/Sp/Lp/La/Ts *  | 9     | 12 |
| 26°- 30°N | Gc/Tp/Se/Pp/Lsp #   | 5     | 7  |
| 21°- 25°N | Aj/Gb/Tn/Sa/San/Sm/Sang/Sh/Oa/Tg/ Tx<br>Ss/Tsh/Ty/Py/Pt/Pl/Ls/Ld/Lsi/Lt/Lsp # | 22    | 30 |
| 16°- 20°N | Gd/Bs/Ht/So/Ie/Rlt/Rr/Rz/Oi/Op/Pm   | 11    | 15 |
| 11°- 15°N | Nt/Sj/Ccr   | 3     | 4  |
| 6°- 10°N  | Bd/Hk/Rqu/Mi  | 4     | 6  |
| 0°- 5°N   | Pa/Sti  | 2     | 3  |
| Equator   |   |       |    |
| 0°- 5°S   | Cg/Uz/Pc/Ap/Og  | 5     | 7  |
| 6°- 10°S  |   | 0     | 0  |
| 11°- 15°S | Ac  | 1     | 1  |
| 16°- 20°S | St/Cc/Tc  | 3     | 4  |
| 21°- 25°S | Pk/Oc/Tm/Tpa/Mv/Ga  | 6     | 8  |

# The conservation status of hypogean fishes

by Graham S. Proudlove

31 Dovedale Avenue, Prestwich, Manchester, M25 0BT, UK. Email: g.proudlove@umist.ac.uk

## Abstract

Hypogean fishes are vulnerable to 5 types of threat: habitat degradation, hydrological manipulations, environmental pollution, over-exploitation and introduction of alien species. Examples of each of these is given. The IUCN threat categories for the past 5 Red Lists are summarised and it is shown that the percentage species listed, of those described at the time, has risen from 18% in 1977 to 87% in 1996. The 1996 list, produced under new (1994) categories, lists 3 species Critically Endangered, 2 Endangered, 46 Vulnerable and 12 Data Deficient (63 of 72 species, 87%). Nine species (15%) are not listed. While most of the categories are appropriate some of the criteria under which they are defined are certainly incorrect. Corrections to these are suggested and the DD and not listed species are considered. Some species are much better known than others and some areas have better conservation processes. Further information and debate will be required if we wish to provide the best protection for these animals.

## 1. Introduction

This contribution has three aims: 1. to examine the types of threat to which hypogean fishes can be subjected, 2. to review the history of attempts by IUCN to assess their conservation status, and 3. to examine the level of knowledge we have of them and of conservation measures being taken. Two different schemes have been used by IUCN to summarise conservation status. The old scheme (which has been used for over 20 years upto 1994) was not particularly objective and different criteria of "threatenedness" were applied by different workers. The new scheme (IUCN, 1994) relies on measurements of relevant parameters in order to assess the actual level of risk to a species.

## 2. Threat types and some examples

BRUTON (1995a) lists 8 broad types of threat which fishes can face but three are not relevant here. The ones which can affect hypogean fishes are:

**Habitat degradation:** including removal (e.g. quarrying) and alteration (e.g. siltation due to dams or logging). WILSON (1996) reports that deforestation in the area upstream of Ankarana, Madagascar, may threaten *Glossogobius ankaranensis* by increasing the level of catastrophic scouring floods in some areas and siltation in others.

**Hydrological manipulations:** including water removal for human consumption or irrigation, and damming. *Satan eurystomus*, *Trogloglanis pattersoni*, *Uegitglanis zammaranoi*, *Barbopsis devechii*, *Phreatichthys andruzzii* and *Clarias cavernicola* inhabit sites from which water is actively removed for human use. The first two live in deep artesian waters where the water may be retained for up to 10000 years (WINOGRAD & ROBERTSON, 1982). In the case of *C. cavernicola* there has been a 20m fall in the water surface and the near-exposure of underwater ledges which appear to be the main feeding area. If the level falls further it may impair the feeding ability of this species (SKELTON, 1990; BRUTON, 1995b) which has been classed as endangered since 1977. Two species from Australia, *Milyeringa veritas* and *Ophisternon candidum*, live in an area where "the water table is declining and becoming more saline" (HUMPHREYS & ADAMS, 1991). The erection of dams on Green River in Kentucky raised the water level in Mammoth Cave and this may have affected *Amblyopsis spelaea* either because of silt deposition on previously sandy habitats and/or because of the reduction or loss of particulate organic matter, a major food supply in the aqua-

tic environment (LISOWSKI & POULSON, 1981; POULSON, 1992 for further details).

**Environmental pollution:** including eutrophication and poisoning from agricultural and industrial runoff (e.g. fertilisers, pesticides and heavy metals). *Prietella phreatophila*, *Speoplatyrhinus poulsoni*, *Satan eurystomus* and *Trogloglanis pattersoni* are all vulnerable to this threat (CULVER, 1986). The population of *Typhlichthys subterraneus* in Sloans Valley Cave, Kentucky, which is different from other populations and may be a new taxon (COOPER & BEITER, 1972), is at risk from heavy metal runoff from a land fill site (TERCAFS, 1992; but see HOPPER & HANSEN, 1996 for an optimistic outcome). Another population of *T. subterraneus* was extirpated from Hidden River Cave in Kentucky (along with all other cave life) after gross pollution lasting several decades (LEWIS, 1996). Vandike and Crunkilton (in CHAPMAN, 1993) reported the death of 1000 *T. subterraneus* after ammonium salts caused catastrophic deoxygenation at Meramec Spring, Missouri.

**Overexploitation:** *Astyanax jordani* and *Caecobarbus geertsii* have been collected for the aquarium trade. The former is easily bred in captivity and probably all specimens available to be bought are captive bred. This is not true of *C. geertsii* which is now in CITES Appendix II (see discussion). *C. cavernicola* has been recommended as a member of CITES Appendix 3 (C. Hay in BRUTON, 1995b). CULVER (1986) records that *Amblyopsis rosae* (see also CANADAY & VITELLO, 1996) and *Prietella phreatophila* are threatened by overcollection.

**Impacts of introduced aquatic animals:** BRUTON (1995b) suggests that *Clarias cavernicola* may be in danger from the introduction of *Clarias gariepinus* to its only known location. This species is already introduced into Harasib Cave lake in Namibia. The introduction of epigean specimens of *Astyanax fasciatus* into the Cueva de El Pachon (Mexico) lead to hybridisation with the very troglomorphic and isolated hypogean population of *Astyanax jordani* (LANGECKER *et al.*, 1991).

## 3. Pre-1994 threat categories

The categories relevant to the present discussion are: **E Endangered** - In danger of extinction, survival unlikely if causal factors continue operating; **V Vulnerable** - Likely to enter E category in near future if causal factors continue operating; **R Rare** - Small world population, at risk, but not in V or E categories; **I Indeterminate** - Known to be E, V or R but with insufficient

|  | I 77 | I 88 | I 90 | I 94 | I 96                    | TW          |
|--|------|------|------|------|-------------------------|-------------|
| 1. <i>Astyanax jordani</i>                     | -    | -    | R    | -    | VU (A1ac+2c, B1+2c, D2) | Not D2      |
| 2. <i>Stygichthys typhlops</i> * (T)           | -    | -    | -    | -    | DD                      | VU (D2)     |
| 3. <i>Caecobarbus geertsi</i> *                | -    | -    | R    | E    | VU (A1e, B1+2e, D2)     |             |
| 4. <i>Phreatichthys andruzzii</i> *            | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 5. <i>Barbopsis devechii</i> *                 | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 6. <i>Iranocypris typhlops</i> * (T)           | -    | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 7. <i>Typhlogarra widdowsoni</i> *             | -    | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 8. <i>Caecocypris basimi</i> * (T)             | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 9. <i>Garra barreimiae</i> (T)                 | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 10. <i>Garra dunsirei</i> (T)                  | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 11. <i>Typhlobarbus nudiventris</i> * (T)      | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 12. <i>Sinocyclocheilus anatirostris</i> (T?)  | nd   | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 13. <i>Sinocyclocheilus anophthalmus</i> (T)   | nd   | nd   | R    | -    | VU (D2)                 |             |
| 14. <i>Sinocyclocheilus microphthalmus</i> (T) | nd   | nd   | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 15. <i>Sinocyclocheilus angularis</i> (T)      | nd   | nd   | nd   | -    | VU (D2)                 |             |
| 16. <i>Sinocyclocheilus hyalinus</i> (T)       | nd   | nd   | nd   | nd   | VU (D2)                 |             |
| 17. <i>Gibbbarbus cyphotergus</i> (T)          | nd   | nd   | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 18. <i>Barbus speleops</i>                     | nd   | nd   | nd   | -    | VU (D2)                 |             |
| 19. <i>Nemacheilus smithi</i> (T)              | -    | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 20. <i>Nemacheilus starostini</i> (T)          | nd   | -    | R    | R    | DD                      | VU (D2)     |
| 21. <i>Nemacheilus troglodactylus</i>          | nd   | nd   | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 22. <i>Oreonectes anophthalmus</i> (T)         | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 23. <i>Triplophysa gejiuensis</i> (T)          | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 24. <i>Triplophysa xiangxiensis</i> (T)        | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 25. <i>Triplophysa yunnanensis</i> (T)         | nd   | nd   | nd   | -    | -                       | VU (D2)     |
| 26. <i>Triplophysa shilinensis</i> (T)         | nd   | nd   | nd   | -    | -                       | VU (D2)     |
| 27. <i>Homaloptera thamicola</i> (T)           | nd   | nd   | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 28. <i>Schistura sijuensis</i> (T)             | nd   | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 29. <i>Schistura oedipus</i> (T)               | nd   | nd   | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 30. <i>Schistura jarutanini</i> (T)            | nd   | nd   | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 31. <i>Sundoreonectes tiomanensis</i> (T)      | nd   | nd   | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 32. <i>Indoreonectes evezardi</i> (T)          | -    | -    | -    | -    | DD                      | VU (D2)     |
| 33. <i>Paralepidocephalus yui</i> (T)          | nd   | nd   | nd   | nd   | -                       | VU (D2)     |
| 34. <i>Protocobitis typhlops</i> * (T)         | nd   | nd   | nd   | nd   | VU (D2)                 |             |
| 35. <i>Trogloglanis pattersoni</i> *           | V    | R    | V    | V    | VU (D2)                 |             |
| 36. <i>Satan eurystomus</i> *                  | V    | R    | V    | V    | VU (D2)                 |             |
| 37. <i>Prietella phreatophila</i> #            | E    | I    | R    | E    | EN (A1ace+2ce, B1+2bc)  |             |
| 38. <i>Prietella lundbergi</i> # (T)           | nd   | nd   | nd   | nd   | VU (D2)                 |             |
| 39. <i>Clarias cavernicola</i> (T)             | E    | E    | E    | E    | CR (B1+2c, E)           |             |
| 40. <i>Horaglanis krishnai</i> *               | -    | -    | R    | R    | VU (D2)                 |             |
| 41. <i>Uegitglanis zammaranoi</i> *            | -    | -    | -    | -    | VU (B1+2c)              |             |
| 42. <i>Phreatobius cisternarum</i>             | -    | -    | -    | -    | DD                      |             |
| 43. <i>Pinelodella kronei</i>                  | -    | -    | -    | -    | DD                      |             |
| 44. <i>Rhamdia quelen urichi</i> (T)           | -    | -    | -    | -    | -                       | VU (D2)     |
| 45. <i>Rhamdia laticauda typhla</i> (T)        | nd   | -    | -    | -    | -                       | VU (D2)     |
| 46. <i>Rhamdia reddelli</i>                    | nd   | nd   | V    | V    | VU (C2b, D2)            |             |
| 47. <i>Rhamdia zongolicensis</i> (T)           | nd   | nd   | nd   | nd   | VU (D2)                 |             |
| 48. <i>Trichomycterus chaberti</i> (T)         | -    | -    | -    | -    | DD                      | VU (D2)     |
| 49. <i>Ancistrus cryptophthalmus</i>           | nd   | -    | -    | -    | -                       | VU (D2)     |
| 50. <i>Astroblepus pholeter</i> (T)            | -    | -    | -    | -    | -                       | VU (D2)     |
| 51. <i>Amblyopsis spelaea</i> #                | V    | V    | V    | V    | VU (D2)                 | Not correct |
| 52. <i>Amblyopsis rosae</i> #                  | V    | V    | V    | V    | VU (D1+2)               |             |
| 53. <i>Typhlichthys subterraneus</i> *         | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 | Not correct |
| 54. <i>Speoplatyrhinus poulsoni</i> * (T)      | E    | V    | E    | E    | CR (C2b)                |             |
| 55. <i>Lucifuga subterraneus</i> #             | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 56. <i>Lucifuga dentatus</i> #                 | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 | Not correct |
| 57. <i>Lucifuga spelaotes</i> #                | -    | -    | -    | I    | VU (A1ce, B1+2bc, D2)   | Not D2      |
| 58. <i>Lucifuga simile</i> #                   | nd   | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 59. <i>Lucifuga teresinarum</i> #              | nd   | nd   | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 60. <i>Ogilbia pearsei</i>                     | -    | -    | E    | E    | VU (D2)                 | EN (?)      |
| 61. <i>Ogilbia galapagosensis</i>              | -    | -    | -    | -    | DD                      |             |
| 62. <i>Poecilia mexicana</i> (T)               | -    | -    | -    | -    | -                       | VU (D2)     |
| 63. <i>Ophisternon infernale</i>               | -    | -    | E    | E    | EN (A1ac+2c, B1+2c)     |             |
| 64. <i>Ophisternon candidum</i>                | -    | I    | I    | K    | DD                      |             |
| 65. <i>Monopterus eapeni</i> (T)               | -    | -    | -    | -    | DD                      | VU (D2)     |
| 66. <i>Typhleotris madagascariensis</i> #      | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 67. <i>Typhleotris pauliani</i> #              | -    | -    | -    | -    | VU (D2)                 |             |
| 68. <i>Luciogobius pallidus</i>                | -    | -    | -    | -    | DD                      |             |
| 69. <i>Luciogobius albus</i>                   | -    | -    | -    | -    | DD                      |             |
| 70. <i>Milyeringa veritas</i> *                | -    | -    | -    | R    | DD                      |             |
| 71. <i>Caecogobius cryptophthalmus</i> * (T)   | nd   | nd   | nd   | -    | -                       | VU (D2)     |
| 72. <i>Glossogobius ankaranensis</i> (T)       | nd   | nd   | nd   | nd   | CR(B1+2c)               | CR ?        |

Table 1. A summary of the threat levels applied to hypogean fishes under the pre-1994 threat categories (I77: MILLER, 1977; I88: IUCN, 1988; I90: IUCN, 1990; I94: GROOMBRIDGE, 1993) and under the 1994 categories (I96: IUCN, 1996). Entries in the TW (= this work) column are suggestions for species omitted from the 1996 list, those classed DD and for those which are certainly incorrect.

\* Monotypic hypogean-restricted genus # Multitypic hypogean-restricted genus (T) Known only from the type locality. The threat abbreviations are described in sections 3 and 4. nd = not described at the time of that Red List, - = described at the time but not included in that Red List. Species list from PROUDLOVE (1997).

information accurately to place; **K** **Insufficiently known** - Suspected but not known to be E, V, R or I.

#### 4. 1994 threat categories

The relevant categories are: **CR** **Critically endangered**, **EN** **Endangered**, **VU** **Vulnerable**, **LR** **Lower risk** and **DD** **Data deficient**. These are defined by various criteria which include: reduction in population size, small or fragmented extent of occurrence, known small population size and known high probability of extinction (see IUCN, 1994 for full details).

#### 5. Discussion

##### Analysis of the new category placements

The majority of species (40, 55%) are classed VU(D2) which indicates that they are of very limited distribution. This is similar, though more quantitative, than R under the old scheme. Six (8%) are classed VU under other criteria suggesting that more information was available on their actual status. Two species (3%), *Prietella phreatophila* and *Ophisternon infernale* are EN and 3 (4%), *Clarias cavernicola*, *Speoplatyrhinus poulsoni* and *Glossogobius ankaranensis* CR. It is possible that the status of *G. ankaranensis* is better than this as there appears to be strong conservation presence in Ankarana (P. Chapman pers. comm. 11/96). Twelve species (17%) are DD and 9 (12%) were not listed. Of these 21, 13 are certainly VU(D2) since they are known only from their type locality. This leaves 8 which are difficult to categorise. Two species for which the D2 criterion has been applied, *Astyanax jordani* and *Lucifuga spelaeotes* are known from much larger areas, or more sites, than allowed under D2 (Area of Occupancy < 100 km<sup>2</sup>, < 5 sites). We clearly need many more data on most of these animals in order to assess their real status.

##### Level of knowledge

There are three primary pieces of information we require in order accurately to assess the status of any population: its total population size (including details of population structure), the area (or areas) over which it is distributed, and the exact nature of any threat (or threats) to which it is subjected. These data need to be collected several times to see if they change, and ideally monitored on a regular basis. For almost all hypogean fishes we have not even remotely accurate values for any of them. There are a number of reasons for this absence of data. Many species are found in remote locations which are not often visited. Others reside in third world countries where there is little money to spend on even popular science and hypogean fishes have never been popular! This problem is exacerbated in some countries by the fact that it is not easy for Western cavers and scientists to visit them because of political problems of one sort or another. None of these ani-

mals are easy to collect or to mark (for mark, release and recapture programs for instance) and some are extremely difficult in this respect. This leaves only *Astyanax jordani* in Mexico (MITCHELL *et al.*, 1977; WILKENS, 1988), the Amblyopsids in N. America (e.g. POULSON, 1969; KEITH, 1988; BROWN & TODD, 1987; MEANS & JOHNSON, 1995), *Pimelodella kronei* in Brazil (TRAJANO, 1991), the three species from Somalia (ERCOLINI *et al.*, 1982) and possibly the Texan Ictalurids (LONGLEY & KARNEI, 1979) and the two Australian species (HUMPHREYS & ADAMS, 1991; HUMPHREYS, 1993), that can be said to be relatively well studied and only the first three of these have been studied in any depth. *Astyanax jordani* is probably the only hypogean species that can be described as totally safe. It is easy to breed in captivity and there are many individuals in tanks around the world. Whether any of these could be successfully reintroduced is however unknown.

##### Active conservation measures

It is no surprise that the most active conservation measures are being taken in the United States. *Speoplatyrhinus poulsoni*, described by the USFWS (1996) as "the rarest American cavefish and one of the rarest of all freshwater fish", lives in Key Cave, Alabama, which has been proposed (USFWS, 1996) as a National Wildlife Refuge. It is also the subject of a USFWS Recovery Plan (USFWS, 1990). *Amblyopsis rosae* is being actively studied (BROWN & TODD, 1987; MEANS & JOHNSON, 1995) and it has been shown that its habitat extends into the non-human penetrable aquifer surrounding the caves. This is good in that it suggests the populations are not as small as was thought but it does mean that we have to be protective of a larger area. It is also the subject of a public education program (CANADAY & VITELLO, 1996) and a USFWS Recovery Plan (<http://www.fws.gov/~r9endspp/>). *Amblyopsis spelaea* has been studied by KEITH (1988) who concludes that it may still be widespread though Kentucky and Indiana but that more field data are needed. The unique population of *Typhlichthys subterraneus* in Sloans Valley Cave (see above) may be better protected now that the Sloans Valley Conservation Task Force is actively managing the cave (HOPPER & HANSEN, 1996). The level of research and protection in other countries is not so good although there are some positive moves. *Caecobarbus geertsi* (Zaire) is included in Appendix II of the CITES Convention which means that specimens cannot be traded without the granting of an export permit. The owner of Aigamas Cave, Namibia is aware of the status of *Clarias cavernicola* and does not provide access to the cave. This species is proposed to be included in Appendix III of CITES (BRUTON, 1995b). The Oman cavefish, *Garra barriemiae*, has several captive breeding populations in the United Kingdom although success to date has not been high (information from Chester Zoo). The North West Cape in Australia, home of *Milyeringa veritas* and *Ophisternon candidum*, has been the subject of much recent research and there is now available a body of work upon which any future developments in the area can be based (HUMPHREYS, 1993). Jane Wilson and her

| Year | DS | NL(%)  | E | V | R  | I | K  | Σ (%)   |
|------|----|--------|---|---|----|---|----|---------|
| 1977 | 38 | 31(82) | 3 | 4 | 0  | 0 | 0  | 7 (18)  |
| 1988 | 51 | 43(84) | 1 | 3 | 2  | 2 | 0  | 8 (16)  |
| 1990 | 61 | 30(49) | 4 | 5 | 21 | 1 | 0  | 31 (51) |
| 1994 | 66 | 35(53) | 6 | 5 | 18 | 1 | 1  | 31 (47) |
| 1996 | 72 | 9(13)  | 3 | 2 | 46 | 0 | 12 | 63 (87) |

Table 2. A summary of the numbers of species listed at each of the threat categories in the last five Red Lists. There has been a marked improvement in the number of species considered.

DS = number of described species of hypogean fishes at that time, NL = number of species not listed, % = total species listed in all categories. All other abbreviations are threat levels (see sections 3 and 4).

associates (FOWLER *et al.*, 1989) have proposed a management plan for the Ankarana area of Madagascar which would protect its cave fishes and all of its other unique life forms. A recent report (P. Chapman pers. comm. 11/96) suggests that the protection of Ankarana is high and its future good.

## References

- BROWN, A.V. & C.S. TODD. 1987. Status review of the threatened Ozark Cavefish (*Amblyopsis rosae*) *Proceedings of the Arkansas Academy of Science* 41: 99-100.
- BRUTON, M.N. 1995a. Have fishes had their chips? The dilemma of threatened fishes. *Environmental Biology of Fishes* 43: 1-27.
- BRUTON, M.N. 1995b. Threatened fishes of the world: *Clarias cavernicola* Trewavas, 1936. *Environmental Biology of Fishes* 43: 162.
- CANADAY, B.D. & C.D. VITELLO. 1996. Ozark Cavefish public outreach and habitat management project. *Proceedings of the 1995 National Cave Management Symposium*: 62-65.
- CHAPMAN, P. 1993. Caves and cave life. Harper Collins, London, 224 pages.
- COOPER, J.E. & D.P. BEITER. 1972. The southern cavefish, *Typhlichthys subterraneus* (Pisces, Amblyopsidae), in the eastern Mississippian plateau of Kentucky. *Copeia* 1972:879-881.
- CULVER, D.C. 1986. Cave faunas. In SOULE, M. (ed.) Conservation biology. The science of scarcity and diversity: 427-442.
- ERCOLINI, A. *et al.* 1982. Researches on the phreatobitic fishes of Somalia: Achievements and prospects. *Monitore Zoologico Italiano* 17:219-241.
- FOWLER, S.V. *et al.* 1989. Survey and management proposals for a tropical deciduous forest reserve at Ankarana in northern Madagascar. *Biological Conservation* 47: 297-313.
- GROOMBRIDGE, B. 1993. 1994 IUCN Red List of Threatened Animals. IUCN Gland and Cambridge, 286 p.
- HOPPER, H.L. & W. HANSEN. 1996. Sloans Valley cave system: Managing an "open system". *Proceedings of the 1995 National cave management symposium*: 164-170.
- HUMPHREYS, W.F. 1993 (ed.). The biogeography of Cape Range, Western Australia. *Records of the Western Australian Museum, Supplement* 45:1-248.
- HUMPHREYS, W.F. & M. ADAMS. 1991. The subterranean aquatic fauna of the North West Cape Peninsula, Western Australia. *Records of the Western Australian Museum* 15:383-411.
- IUCN. 1988. 1988 IUCN Red List of threatened animals. IUCN Gland and Cambridge.
- IUCN. 1990. The IUCN Red List of threatened animals. IUCN Gland and Cambridge.
- IUCN. 1994. IUCN Red list categories. IUCN Gland, 21 p.
- IUCN. 1996. The 1996 IUCN Red List of threatened animals. IUCN, Gland.
- KEITH, J.H. 1988. Distribution of Northern Cavefish, *Amblyopsis spe-laeae* DeKay, in Indiana and Kentucky and recommendations for its protection. *Natural Areas Journal* 8: 69-79.
- LANGECKER, T.G., WILKENS, H. & P. JUNGE. (1991). Introgressive hybridisation in the Pachon cave population of *Asryanax fasciatus* (Teleostei, Characidae). *Ichthyological Explorations of Freshwaters* 2: 209-212.
- LISOWSKI, E.A. & T.L. POULSON. 1981. Impacts of Lock and Dam Six on base level ecosystems in Mammoth Cave. *Cave Research Foundation Annual Report*: 48-54.
- LEWIS, J. 1996. The devastation and recovery of caves and karst affected by industrialisation. *Proceedings of the 1995 National Cave Management Symposium*: 214-227.
- LONGLEY, G. & H. KARNEI. 1979. Status of *Trogloglanis patternsoni* and *Satan eurystomas*. US Fish Wildlife Service endangered species report 5.
- MEANS, M. & J.E. JOHNSON. 1995. Movement of threatened Ozark Cavefish in Logan Cave national wildlife refuge, Arkansas. *Southwestern Naturalist* 40: 308-313.
- MILLER, R.R. 1977. IUCN Red Data Book 4, Freshwater fishes. IUCN, Gland, Switzerland.
- MITCHELL, R.W., RUSSELL, W.H. & W.R. ELLIOTT. 1977. Mexican eyeless characin fishes, genus *Asryanax*: Environment, distribution and evolution. *Special Publications of the Museum, Texas Tech University* 12: 89 p.
- POULSON, T.L. 1969. Population size, density and regulation in cave fishes. *Proceedings of the 4th International Congress of Speleology, Yugoslavia* 4-5:189-192.
- POULSON, T. 1992. The Mammoth Cave ecosystem. Chapter 18. In: CAMACHO, A.I. (ed.). The natural history of biospeleology. Monografias del Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- PROUDLOVE, G.S. 1997. A synopsis of the hypogean fishes of the world. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Switzerland*.
- SKELTON, P.H. 1990. The status of fishes from sinkholes and caves in Namibia. *Namibia Scientific Society Journal* 42:75-83.
- TERCAFS, R. 1992. The protection of the subterranean environment. Conservation principles and management tools. Chapter 16. In: CAMACHO, A.I. (ed.). The natural history of biospeleology. Monografias del Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- TRAJANO, E. 1991. Population ecology of *Pimelodella kronei*, troglotic catfish from southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 30: 407-421.
- USFWS. 1990. Alabama Cavefish recovery plan. US Fish and Wildlife Service. Jackson, Mississippi: 17 p.
- USFWS. 1996. Final environmental assessment and land protection plan. Proposed establishment of Key Cave national wildlife refuge. USFWS, Atlanta.
- WILKENS, H. 1988. Evolution and genetics of epigean and cave *Asryanax fasciatus* (Characidae, Pisces): Support for the neutral mutation theory. *Evolutionary Biology* 23: 271-367.
- WILSON, J.M. 1996. Conservation and ecology of a new blind fish *Glossogobius ankaransensis* from the Ankarana Caves, Madagascar. *Oryx* 30: 218-221.
- WINOGRAD, I.J. & F.N. ROBERTSON. 1982. Deep oxygenated groundwater: anomaly or common occurrence? *Science* 216:1227-1230.

# Antiquity and Origins of Troglotic Mexican Tetras, *Astyanax fasciatus*

by Richard Borowsky and Luis Espinosa

Department of Biology, New York University, Washington Square, NY 10003, USA

## Abstract

We studied surface and cave populations of the banded tetra, *Astyanax fasciatus*, from Northeastern Mexico, by RAPD DNA fingerprinting and DNA sequencing. Parsimony analysis shows that hypogean forms of the western Micos area are of independent origin, more recent than those of the more eastern El Abra and Guatemala/Nicolas Perez regions. Hypogean forms of these latter two areas, along with the epigean fish, comprise an unresolved trichotomy. Analysis of shared bands suggests that the hypogean fishes of the three regions are genetically isolated from one another and of separate origin. Preliminary intron sequence data (374 bases) shows no differences between the hypogean forms of the Sierras de Guatemala/Nicolas Perez and the epigean forms. This is consistent with the late entry of the family into Central America (end of the Tertiary) and a time of divergence no earlier than 1.6 MYA.

## Introduction

Troglitic forms of the banded tetra, *Astyanax fasciatus* (Characidae), inhabit a series of caves in Mexico, distributed over a linear distance of 140 km (MITCHELL *et al.* 1977). Epigean forms of this species are widespread throughout Mexico, but hypogean forms are only known to occur in its northeast, in the Sierra Madre Oriental. The troglitic forms inhabit caves of three separate limestone areas — the Sierra de El Abra ("Southern," herein), the Sierras de Guatemala and Nicolas Perez ("Northern"), and the Sierra de Colmena ("Micos," from the name of a nearby town) — and, presumably, the waters of the underlying aquifers.

These regions are presently isolated from one another hydrologically. The Micos Caves lie to the west of the others and currently have no direct cavernous limestone connections with them. While caves in the Northern and Southern areas retain some cavernous limestone connection, it is tenuous (MITCHELL *et al.*, 1977). Thus, there is little or no opportunity for migration and gene flow among troglitic populations of these areas.

The troglitic forms of *Astyanax fasciatus* are the best studied of cave fishes. Their genetics, physiology, morphology, ecology and behavior have been the subjects of scores of scientific papers since their discovery in the 1930s (WILKENS, 1988). In spite of this attention, little is known about the timing of their divergence from the epigean form. MITCHELL *et al.* (1977) have observed that the troglitic forms of *Astyanax fasciatus* can be no older than late Tertiary, because of the late entry of characids into North America (MYERS, 1966). Based on morphological and genetic data, WILKENS (1988, and references therein) has concluded that the Micos forms are of separate origin, and phylogenetically younger, than those of the El Abra. Thus, it is likely that troglomorphic forms of *Astyanax fasciatus* have evolved at least twice. Can this be confirmed independently, and are multiple origins even more common than thought for this troglite?

The extent to which gene flow from epigean into hypogean populations occurs in this species is unknown. While the forms are fully interfertile, and hybrids are known from the field (MITCHELL *et al.* 1977), the existence of hybrids does not prove introgression of genes into a population.

Thus, there are three important questions that are unanswered. 1) How long ago did the hypogean lines split from epigeans? 2) How many times did troglitic forms of this species arise in this area? 3) Are the present day hypogean populations fully isolated from the surface forms?

In this paper, we present our initial findings using molecular approaches that can answer these questions. The DNA fingerprinting data, summarized below, argue for at least two, perhaps three, independent origins of cave *Astyanax fasciatus*. The DNA sequence data are consistent with a time of divergence between hypogean

forms from the Sierra de Guatemala and epigean forms during the Quaternary. The fingerprinting data also show that there has been gene flow from surface into hypogean populations, but the extent to which this is an important contemporary phenomenon is yet to be determined.

## Material and Methods

We tested the relationships among the hypogean and epigean forms using a DNA fingerprinting technique — AP-PCR or RAPD (BOROWSKY *et al.* 1995 and references therein). AP-PCR typing is based on the amplification of multiple, unlinked DNA markers by the Polymerase Chain Reaction. An advantage of AP-PCR for studies of this type is that multiple independent data sets can be generated, allowing tests of evolutionary hypotheses to be replicated (BOROWSKY *et al.* 1995).

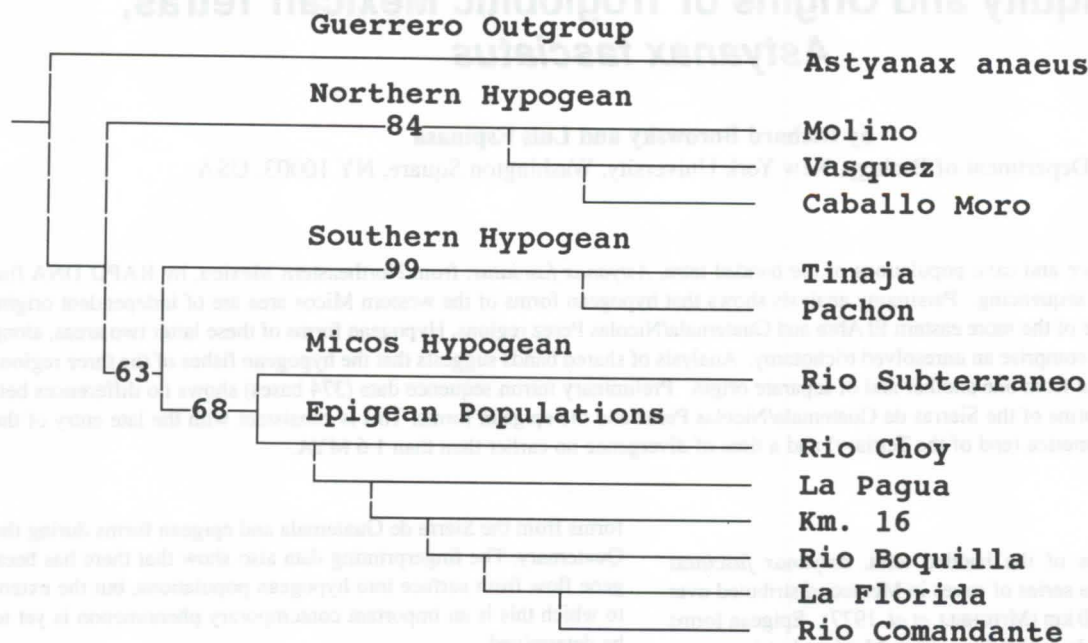
We did four sets of AP-PCR experiments (Methods based on BOROWSKY *et al.* 1995). Cave populations were as designated by MITCHELL *et al.* (1977). Phylogenetic trees were constructed using parsimony methods (Phylip, FELSENSTEIN, 1993).

## Results

Figure 1 shows the results of parsimony analysis of one the data sets. It is one of four most parsimonious trees, differing from one another only in the topology within the epigean clade. The epigean populations cluster first, then with the Micos hypogean form, followed by the El Abra ("southern") hypogean forms, and, finally, with the Guatemala/Nicolas Perez ("northern") hypogean fish. The number of steps (character changes) in this tree is 425. All branch rearrangements in which hypogean forms from different areas were clustered led to increases in tree length of three to eleven steps. Bootstrap values uniting the three populations of northern cave fish (84%), the two populations of southern cave fish (99%), and the Micos fish with the epigean forms (68%) are all robust. Only 1.5% of the bootstrapped trees clustered northern and southern cave populations.

The results suggest three separate origins of hypogean fish in Northeast Mexico — El Abra, Guatemala/Nicolas Perez and Micos. Also, the Micos fish are of more recent origin than the other hypogean forms.

The basal relationships in the radiation, however, are far from clear. While Figure 1 shows the northern forms branching off first, the increase in tree length from switching the northern and southern clades (425 to 427 steps) is probably insignificant. Thus, our data are insufficient to determine which of these two cave fish clades is basal. If, however, the two clades are of nearly equal anti-



**Figure 1 : Relationships among hypogean and epigeal populations of *Astyanax fasciatus*. One hundred and eighty-nine characters were analyzed in a branch and bound search (Wagner parsimony). Bootstrap values (percent) for important clusters are given in the tree.**

quity, the trichotomy may be unresolvable by any means, and its resolution trivial.

In order to learn more about the relationships of the three hypogean groups and the epigeal fish, we did an analysis of shared AP-PCR bands. That is, we asked how many bands united (by their mutual presence) two or more clusters against another (in which the band was absent). To do this analysis, we pooled the data from populations within the same cluster and scored a band as "absent"; only if its frequency in the pooled sample was zero. We did this analysis on two independently derived data sets (189 and 118 characters).

Bands present in two clusters but absent in a third ("uniting bands") are not necessarily synapomorphies, because outgroups were not considered in this analysis. Uniting bands include synapomorphies, autapomorphies in the excluded cluster, and bands shared due to gene flow between clusters.

Turning first to the relationships among epigeal populations and northern and southern hypogean populations (Table 1), the two experimental replicates give similar results. Only a small proportion of bands (avg. 7%) unites northern and southern cave populations against epigeal forms. Larger proportions unite southern hypogean and epigeal populations (avg. 16%) or northern hypogean and epigeal populations (avg. 23%).

We interpret these observations as follows: the small portion of shared bands between the two cave areas reflects their independent origins and limited opportunity for gene flow between them. The observed six to seven percent of sharing might well represent autapomorphic losses of bands within the epigeal cluster.

On the other hand, the high proportions of bands shared between *both* the northern and southern cave populations and the epigeal forms cannot have a phylogenetic cause. Instead, we suggest that the high proportions of uniting bands reflect gene flow into the cave populations. We stress that gene flow into the cave populations does not necessarily prove that surface genes move at any significant rate into the underlying aquifer population of hypogean fish.

Turning to the relationships between the Micos hypogean fish and those of the other clusters (Table 2), both replicates are again

**Table 1 : Shared character analysis for cave populations of the Sierra de El Abra ("Southern") and the Sierras de Guatemala/Nicolas Perez ("Northern"). Bands found in two clusters ("Clusters United") but not in a third ("Cluster Excluded"). First lines list numbers as a fraction of the total bands in the united clusters. Second lines list the same data as proportions  $\pm$  the binomial SD.**

|          |          |                   |                   |
|----------|----------|-------------------|-------------------|
| Northern | Epigeal  | 5/76              | 2/32              |
| Southern |          | $0.066 \pm 0.028$ | $0.063 \pm 0.043$ |
| Northern | Southern | 25/105            | 16/71             |
| Epigeal  |          | $0.238 \pm 0.024$ | $0.225 \pm 0.050$ |
| Southern | Northern | 17/86             | 6/61              |
| Epigeal  |          | $0.198 \pm 0.043$ | $0.098 \pm 0.038$ |

consistent with each other and with the pattern seen in Table 1. Uniting bands are fewer between Micos and the other hypogean clusters (avg. 2%), and more common between Micos and the epigeal forms (avgs. 13 and 16%). Again, we stress that the small percentage of bands uniting Micos with the other cave areas (2%) probably reflects epigeal autapomorphies. The proportions are probably smaller than seen in Table 1, because the Micos fish are phylogenetically younger than the El Abra or Guatemala/Nicolas Perez fish.

The greater proportions of bands uniting Micos and epigeal forms against other hypogean (13 - 16%) probably reflects gene flow into the Rio Subterraneo population. MITCHELL *et al.* (1977) report surface fish in Rio Subterraneo, and we found them also during our visits in 1993 and 1994.

We also obtained DNA sequence data from a fragment of the PAX6 gene. These data are preliminary results of a larger ongoing sequencing effort and are reported here only as the observed proportion of nucleotide substitutions. PAX6 mutations cause *anirri-*

**Table 2 : Shared character analysis for Mico cave fish. See caption for Table 1.**

| Clusters       | Cluster Excluded | Shared Bands ( $\pm$ sd)   |                            |
|----------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
|                |                  | Replicate 1                | Replicate 2                |
| Micos Epigean  | Southern         | 7/105<br>$0.067 \pm 0.024$ | 16/71<br>$0.225 \pm 0.050$ |
| Micos Epigean  | Northern         | 8/86<br>$0.093 \pm 0.031$  | 15/61<br>$0.246 \pm 0.055$ |
| Micos Northern | Epigean          | 1/76<br>$0.013 \pm 0.013$  | 1/32<br>$0.031 \pm 0.031$  |
| Micos Southern | Epigean          | 1/76<br>$0.013 \pm 0.013$  | 2/32<br>$0.063 \pm 0.043$  |

*dia* in humans and *small eyes* in mice. The data reported here are on non-coding regions (intron 6) of the gene. Thus, they have no functional significance for blindness in these fish, but are useful for dating the divergence of the cave and surface forms.

None of the 374 sequenced sites differs between epigean fish and samples from the northern caves, Vasquez and Molino. This is consistent with the late entry of the characidae into Central from South America, at the end of the Tertiary (MEYERS, 1966). Taking  $3.1 \times 10^{-9} \text{ yr}^{-1}$  as a typical vertebrate intron substitution rate (LI & GRAUR, 1991, p. 73), we calculated an expected value of 1.9 differences in the series of 374 bases (for a time period of 1.6 MY, see below). The observation of zero substitutions is not significantly different from this.

## Discussion and conclusions

The data show that hypogean *Astyanax fasciatus* from the three different regions are genetically divergent and probably represent three separate evolutionary lines. In all experiments, the Micos fish clustered with epigeans, as opposed to the other hypogean forms from the Sierra de El Abra or the Sierras de Guatemala/Nicolas Perez. Thus, WILKENS (1988) suggestion that the Micos hypogeans are of more recent origin than the other cave stocks is also supported by our analyses. The evidence for separate origins of the latter two stocks is less clear, apparently because they originated close in time to one another.

The replicated analyses on shared bands (character states) shows that there is no appreciable gene flow among fishes of the three cave regions. On the other hand, there is evidence of gene flow from surface fish populations into cave populations. The data, however, cannot determine the rate of gene flow or even whether it is a current phenomenon.

The preliminary sequence data are consistent with a Quaternary origin for hypogean *Astyanax fasciatus*. MEYERS (1966) has argued convincingly that characid fishes did not arrive in North America from South America before the end of the Tertiary. This is currently placed at about 1.6 MYA in North America (BALLY & PALMER, 1989, Appendix C). Our data cannot yet date the divergence of cave and surface forms, but sequencing of more intron regions is now in progress.

## Acknowledgements

This study was supported by a Research Challenge Fund grant from New York University to RB.

## References

- BALLY, A. W. & A. R. PALMER. 1989. The geology of North America; an overview. Volume A in The Geology of North America. Geol. Soc. Amer.
- BOROWSKY, R., L., CCLELLAND, M., CHENG, M., WELSH, R & J. WELSH. 1995. Arbitrarily primed DNA fingerprinting for phylogenetic reconstruction in vertebrates: the *Xiphophorus* model. *Mol. Biol. Evol.* 12: 1022-1032.
- FELSENSTEIN, J. 1993. PHYLIP: phylogeny inference package, version 3.5c. University of Washington, Seattle.
- LI, W-H & D. GRAUR. 1991. Fundamentals of molecular evolution. Sinauer, Sunderland, 284 p.
- MITCHELL, R.W., RUSSELL, W.H., & W.R. ELLIOTT. 1977. Mexican eyeless characin fishes, genus *Astyanax*: environment, distribution, and evolution. Special Publ. the Museum, Texas Tech University. 89 p.
- MEYERS, G. S. 1966. Derivation of the freshwater fish fauna of Central America. *Copeia* 1966: 766-772.
- WILKENS, H. 1988. Evolution and genetics of epigean and cave *Astyanax fasciatus* (Characidae, Pisces). *Evol. Biol.* 23: 271-367.



# Sorties crépusculaires massives de chauves-souris en Thaïlande

par Claude Mouret

La Tamanie, F-87380 Magnac-Bourg, France

## Abstract

Two caves in Central Thailand, Tham Khao Chongpran and Tham Khao Luk Chang have bat populations of no less than 3 to 5 million and 0.5 million of individuals, respectively. Massive exits of the bats occur before or at the sunset. They start at a different time at the two caves. This time itself varies throughout the year and does not closely follow the sunset time. Dynamics of the exit are different at the two caves, at both of which bats are subject to natural and human disturbances. Rules in the ecosystem and events during bats exit are exemplified. These caves, Tham Khao Chongpran specially, are exceptional and contain one of the largest bat populations in the world. They should be protected and listed as a part of the World Inheritance.

*Tadarida plicata*, Buchanan, 1800, est une chauve-souris fréquente dans le sud-est asiatique. Elle sort des grottes au crépuscule ou un peu avant et forme alors des colonnes denses. En Thaïlande, nous l'avons étudiée sur deux sites: **Tham Khao Chongpran (grotte A)**, 100 km à l'ouest de Bangkok et **Tham Khao Luk Chang (grotte B)**, environ 150 km au nord-est de cette ville. L'identification a porté sur un petit nombre d'individus (blessés et trouvés au sol).

Ces grottes étaient déjà connues pour leurs colonies (MILLER *et al*, 1988; LEKAGUL *et al*, 1988). Chacune d'elles est courte (Dév. plan = 312 et 122 m respectivement), mais possède de larges galeries, de l'ordre de 10x10 m (JARLAN *et al*, 1997). Celles-ci sont prolongées, le plus souvent en hauteur, par des galeries étroites où les chauves-souris séjournent préférentiellement. La grotte A est accessible par quatre avens, tous situés sur le flanc sud d'une colline isolée; le plus vaste, au centre de la cavité, est la sortie préférée. La grotte B possède une seule ouverture, tournée vers l'ouest. Dans les deux grottes, le guano est collecté par l'homme.

Notre but était de mettre en évidence les caractéristiques du flux de sortie crépusculaire et de le situer dans son contexte chronologique et écologique. Le dénombrement des animaux n'était pas notre but, mais nous avons néanmoins pu établir un ordre de grandeur.

## 1. Observations

L'observation a duré une dizaine de séances à la grotte A et deux pour comparaison à la grotte B, échelonnées de décembre 1992 à novembre 1994. A chaque séance, une **courbe de sortie** des chauves-souris a été établie, en pourcentage du flux maximum en fonction du temps. Les facteurs utilisés pour construire la courbe sont la section du flux de chauves-souris, sa densité et les variations de vitesse identifiables, estimés visuellement. Cette méthode est approchée, mais permet cependant de bien visualiser la dynamique de sortie et de la replacer dans son contexte. Dans une phase plus détaillée de recherche, il faudrait combiner vidéo-caméra, capteurs ultrasoniques et calibrer avec plus de détail les grandeurs nécessaires: section du flux, vitesse des animaux, etc., mais chacun de ces aspects pose un certain nombre de problèmes.

La dynamique de sortie a souvent été affectée par des **perturbations**, atmosphériques ou dues à des curieux bruyants et/ou se mettant dans le flux sortant. Les effets induits sont décrits plus bas.

## 2. Dénombrement

Une comparaison de nos courbes de sortie et de celle établie par MILLER *et al* (1988) à la grotte B à l'aide d'une vidéo-caméra

permet de fixer une fourchette chiffrée, après pondération des densités de flux. Pour les courbes données ici pour la grotte A, on trouve entre 3 et 5 millions de chauves-souris, à comparer avec le 0,5 million du 3 avril 1988 à la grotte B. Ces chiffres ne sont pas assez précis pour prouver une variation saisonnière ou dans le temps.

En se basant sur des hypothèses de nombre de chauves-souris dans 1m<sup>3</sup> et sur des hypothèses de vitesse (4 à 5m/sec, MILLER *et al*, 1988; 18 à 26 m/sec, U TUN YIN, 1993), on retrouve la fourchette de 3 à 5 millions d'individus avec la première vitesse. Elle sera donc considérée comme un minimum probable. Avec les deux autres vitesses, des chiffres de 10 à 15 millions, voire plus, sont obtenus. Ceci place la population de la grotte A à l'une des premières places mondiales.

## 3. Horaires de sortie

Ces horaires sont variables au cours de l'année, mais il n'y a pas de corrélation claire avec la saison. A la **grotte A**: 17h45' le 30 décembre 1992, 17h 37' le 19 juin 1993 et 17h 41' le 4 juillet suivant; 17h 18' 30" le 18 août 1994 et 17h46'30" le 22 novembre 1994. A la **grotte B**, les horaires sont décalés: 18h 44' le 3 juillet 1993 et 18h 15' le 19 août 1994, soit 63' 30" et 56' plus tard qu'à la grotte A, respectivement. Les 2 et 3 avril 1988, MILLER *et al* (1988) ont noté 18h 17'. Ces horaires suivent-ils des cycles? De quelle fréquence? Sont-ils liés aux cycles de la vie de ces animaux? Seule une observation quotidienne sur un an à chacune des grottes pourrait le dire. En tous cas, il n'y a pas répétitivité des horaires d'une année sur l'autre: comparer juillet 93 et août 94.

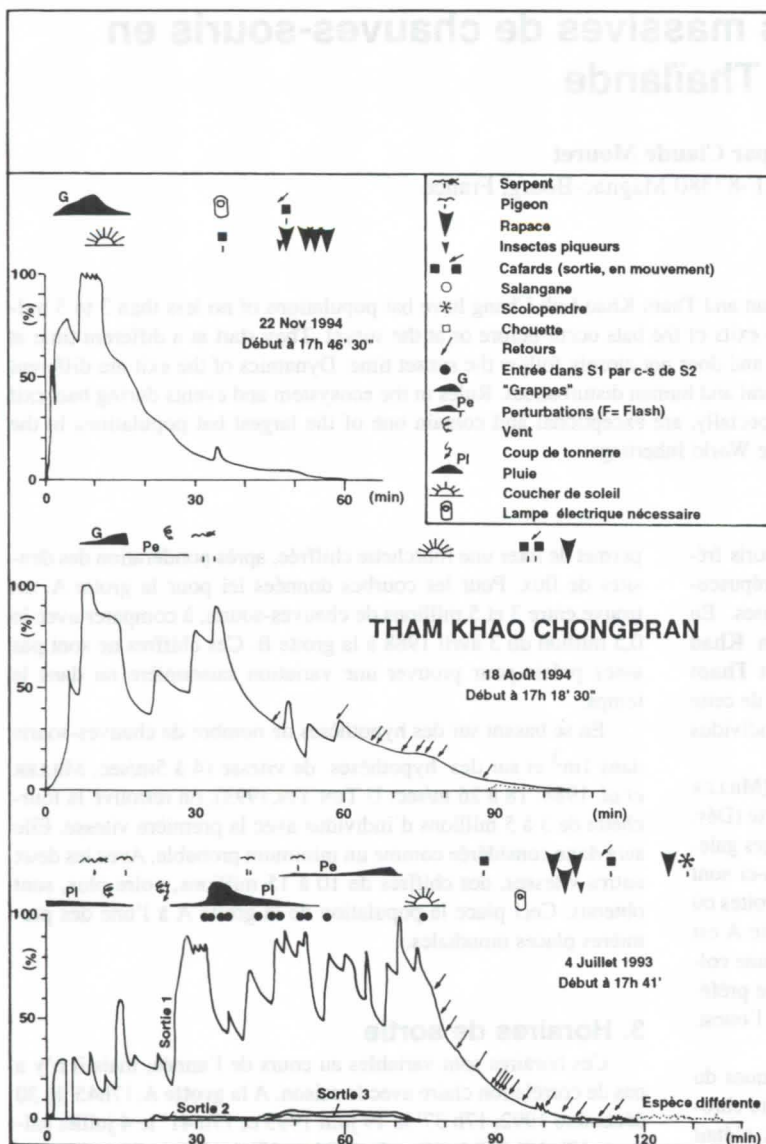
Ces horaires ne suivent pas les variations du coucher de soleil: début de sortie 45 à 60' avant, de mars à septembre; 0 à 15' avant en novembre et décembre (grotte A); 5 à 25' avant en juillet et août (grotte B); 7' après en avril 1988.

## 4. Dynamique de sortie

Cette dynamique est différente dans les deux grottes.

### Grotte A

La **durée de sortie** dépend du temps disponible entre son début et le coucher de soleil, car le flux sortant cesse toujours après le coucher du soleil. Elle varie beaucoup: depuis moins de 40 minutes jusqu'à 10% du flux résiduel, jusqu'à 80 ou 100. On ne connaît pas la cause des variations de l'horaire du début de sortie. La **densité du flux sortant** de chauves-souris diminue lorsque la durée de sortie s'allonge, car le nombre de chauves-souris est globalement peu variable, malgré les variations saisonnières et



peut-être une petite décroissance dans le temps (voir plus bas). Plus le flux est dense, moins il est sujet aux perturbations. Un flux court et dense a **une distribution log- normale** dans le temps. En période de longue sortie, l'allure log-normale est préservée s'il n'y a pas de perturbations, mais chacune d'elles occasionne un retard dans le flux, compensé par une augmentation lorsque la perturbation cesse. Si la perturbation est importante, l'allure de la courbe est très altérée (voir exemples).

Avant le début de la sortie, on note d'abord une augmentation des piailllements dans la grotte, qui finissent par former un petit grondement. Quelques chauves-souris volètent sous la voûte: leur nombre croît peu à peu, par à-coups, avec de courtes périodes d'arrêt. Elles restent d'abord dans la pénombre, puis s'avancent progressivement jusqu'à la limite de la voûte, sans sortir. Au démarrage de la sortie, deux cas peuvent se présenter: soit quelques chauves-souris isolées sortent par à-coups, pendant 1'20" au plus (présence de pluie), soit le flux augmente régulièrement dès le début. Il augmente ensuite très vite; en l'absence de perturbations, le pic de sortie est atteint en 8 minutes et dure au moins 2 à 4 minutes.

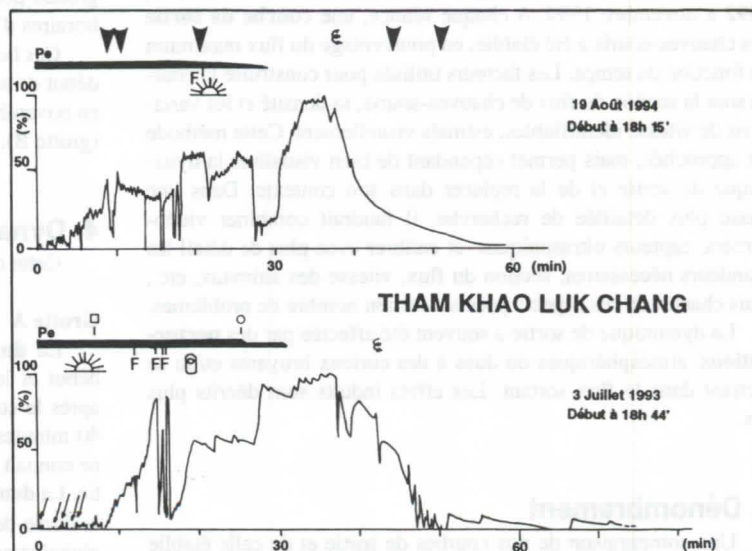
L'orifice principal de la grotte, un aven, ne suf-

fit pas à évacuer toutes les chauves-souris qui arrivent. Un tiers à un quart, parfois la moitié d'entre elles, sont obligées de faire **demi-tour** et de revenir plus tard. De plus, un bon nombre se pose, d'abord sur la paroi est de l'aven, puis sur celle au sud, enfin sur celle à l'ouest. De véritables **"grappes"** de chauves-souris se forment ainsi, lorsque le flux dépasse environ 50% du maximum. Elles disparaissent, dans l'ordre inverse, lorsqu'il atteint de nouveau cette valeur lors de sa décroissance. Toutefois après une perturbation du flux sortant (18 août 1994), elles ne se reforment pas, et a fortiori si les perturbations se sont succédées (cas du 4 juillet 1993, sans grappe du tout). Au plus fort du flux, les chauves-souris dans les **"grappes"** rampent progressivement vers la sortie, où elles s'envolent. Lorsqu'il décroît, elles s'envolent sans avoir beaucoup rampé. Un autre phénomène existe: la **sortie par deux autres orifices**, à savoir l'aven supérieur (sortie S2) et l'aven inférieur (sortie S3). Le 30 décembre 1992, ceci était très net: début de sortie à S2 au temps 10'30" et à S3 au temps 14'30"; arrêts respectifs à 40'40" et à 26'. Le temps total de sortie est donc plus court à S3 qu'à S2 et qu'à la sortie principale S1. Ceci est probablement un effet de trop-plein, plus qu'un effet de résidence dans une zone de la grotte voisine de ces orifices. Les flux sortant de ces autres avens ont décliné au cours du temps et ont disparu avant le 13 mars 1994. Même au plus fort de la sortie exceptionnellement dense du 22 novembre 1994, ils étaient absents. Ceci est peut-être une indication de diminution de la population.

Lorsque le flux est fort à la sortie principale, le jet est plus rectiligne dans le plan vertical et tend à raser voûtes et rochers. Lorsque le flux décroît, le jet devient plus sinueux.

Les **premiers retours de chauves-souris** à la sortie S1 ont lieu lorsque le flux décroît en-dessous d'environ 65%. Ceci pourrait être dû à la place disponible plus large entre le jet sortant et la paroi.

Toutefois un phénomène particulier, observé seulement le 4 juillet 1993, montre que cette hypothèse n'est pas suffisante: de nombreuses chauves-souris en provenance de S2 pénétraient avec un angle fort dans S1, alors que le flux sortant y était



élevé. Ceci a duré 25 minutes. Des retours normaux ont ensuite eu lieu.

### Grotte B

Le flux non perturbé a une distribution log-normale dans le temps, comme le montre l'enregistrement du 3 avril 1988 (MILLER *et al.*, 1988), malgré des bouffées épisodiques. Toutefois, contrairement à la grotte A, il y a à chaque sortie un long palier de départ, avec un débit de 1 à quelques chauves-souris par minute seulement: 10' le 3 avril 1988 (et pic non perturbé de 61000 individus/minute 4' après), 8'54" le 3 juillet 1993 et 4'10" le 19 août 1994. Ce palier pourrait être un signe de stress, mais ceci reste à étudier. Nos deux séances d'observation, les 3 juillet 1993 et 19 août 1994, ont été perturbées par des visiteurs peu discrets et le pic de sortie a été retardé. Il y a eu une nette augmentation du flux après leur départ, aux minutes 29 et 31, respectivement. Au cours de ces deux séances, fluctuations rapides et bouffées ont été la règle. Le pic, perturbé ou non, a toujours eu lieu après le coucher de soleil, contrairement à la grotte A. Des retours ont été notés à partir de la minute 37, avec un flux résiduel de 23%, le 3 avril 1988 et à partir de la minute 35, en petit nombre, le 19 août 1994. Il y en a eu en début de sortie (minutes 0'18" à 5'10") le 3 juillet 1993.

### Collisions

Les collisions de chauves-souris, entre elles ou avec les parois ou la voûte ont été observées dans les deux grottes. Elles sont loin d'être rares et entraînent la chute des individus au sol, assommés, souvent avec des fractures, voire blessés grièvement. Elles se produisent même lorsque la densité du flux sortant est faible, mais plus, semble-t-il, en début de sortie qu'à la fin.

## 5. Perturbations de la sortie

Plusieurs facteurs atmosphériques et anthropiques perturbent significativement la sortie des chauves-souris, alors que certains autres ont un effet mineur.

La **pluie** perturbe d'autant plus qu'elle est abondante. Le **vent** ne semble pas avoir d'effet important, mais nous l'avons toujours connu avec des vitesses normales. Les **coups de tonnerre** isolés ne semblent pas avoir d'effet. Parmi les facteurs anthropiques, on note principalement la présence humaine trop nombreuse et/ou trop près du jet de chauves-souris, les **flashes photographiques**, les **jeux électroniques** émettant des bips sonores, les **récepteurs de radio**, les **lampes** et les **bruits soudains**.

Il y a parfois des perturbations sans cause apparente, dont l'origine se trouve peut-être dans la grotte même. Selon les habitants voisins de la grotte A, les chauves-souris ne sortiraient pas certains soirs. Nous en ignorons la cause et la fréquence, mais ceci semble être assez rare.

Notons enfin que la sortie la plus dense que nous ayons observée est celle du 22 novembre 1994, notre dernière, après qu'une muraille empêchant l'accès des perturbateurs ait été installée depuis notre visite du 18 août précédent. Nous ne sommes néanmoins pas certain d'une relation de cause à effet.

## 6. Relations avec l'écosystème

Les chauves-souris sont étroitement incluses dans l'écosystème en tant que prédateur majeur d'insectes, et à une moindre échelle, en tant que proie. Elles côtoient d'autres animaux, avec lesquels elles ont des relations mal connues.

### Action prédatrice des chauves-souris

Selon les chiffres disponibles (LEKAGUL *et al.*, 1988; MILLER *et al.*, 1988), *Tadarida plicata* pèse 17 à 31g et consomme chaque nuit 20 à 30% de son poids en insectes. Ceci implique qu'environ

3,5 tonnes en sont mangées chaque nuit par les chauves-souris de la grotte B (MILLER *et al.*, 1988) et au moins 21 à 35 tonnes par celles de la grotte A! Ceci peut représenter un terrain de chasse de 1000 à 3000 km<sup>2</sup> et 6000 à 30 000 km<sup>2</sup> respectivement. Ces chiffres considérables sont compatibles d'une part avec le faible nombre de grottes ayant une telle population (ces deux seulement en Thaïlande centrale, à près de 250 km l'une de l'autre) et d'autre part avec l'immensité des plaines et plateaux qui les entourent. Tham Khao Chongpran (grotte A) est située dans un des derniers pitons dolomitiques perçant le pourtour de la plaine et le jet de chauves-souris se déplace au fur et à mesure de la sortie crépusculaire vers différentes directions de l'horizon. Tham Khao Luk Chang (grotte B) est située dans un piton faisant partie d'un ensemble perçant de hautes plaines, en bordure de l'immense plateau du Khorat.

### Les prédateurs des chauves-souris

A la grotte A, un **rapace** se manifeste régulièrement, notamment en fin de sortie. Le 19 juin 1993, il apparaît à la minute 109; le 4 juillet 1993, c'est à la minute 102 et on le voit attaquer dans le ciel à la minute 125; le 18 août 1994, il apparaît à 105'. Lorsque le flux est concentré dans le temps, là encore, il apparaît plutôt en fin de sortie: minute 49 le 30 décembre 1992, sur 51 de flux continu. Dans quelques cas, le rapace pénètre dans la grotte par l'aven où a lieu la sortie. Le 30 décembre 1992, c'est le cas à la minute 58 (flux discontinu) et il en ressort après moins de 3'. Le 22 novembre 1994, il apparaît à 48', rentre dans la grotte à 54' et y reste environ une minute. Le 13 mars 1994, il apparaît à 76', rentre dans la grotte à 77'30" et n'en ressort qu'à 81'45". Nous le revoyons jusqu'à notre départ à 95'. A la grotte B, le 19 août 1994, nous avons vu un rapace dans le ciel, à 9', 10', 20' et 51', mais un est rentré et sorti de la grotte à la minute 45, avec un flux résiduel de 20% environ. Le 3 juillet 1993, nous avons entendu une **chouette**, à 7'.

Un serpent a été observé sur les parois abruptes de l'aven de la grotte A. Il apparaît dans la zone où les premières "grappes" de chauves-souris se forment, qui est aussi l'endroit où elles durent le plus longtemps. Le 4 juillet 1993, il est apparu à la minute 10, mais il n'y avait pas de "grappe" et il est parti lentement le long de la paroi jusqu'à une anfractuosité située à plusieurs mètres de son point d'apparition et où il a disparu. Le 18 août 1994, nous en avons revu un à 31'30": il est resté près de 3 minutes, mais nous ne l'avons pas vu attaquer.

### Animaux de voisinage

Les **pigeons** du temple adjacent à la grotte A entretiennent des rapports variables avec les chauves-souris, soit indifférents, soit agressifs: coups de bec en vol. Dans le fond de la grotte B, nous avons vu un **rat**, dont le comportement vis-à-vis des chauves-souris reste inconnu. Une **salangane** (*Collocalia sp.*) en est sortie à la minute 25'25", juste avant le maximum de sortie du 3 juillet 1993. Les autres animaux sont les blattes, abondantes dans les deux grottes et dans les fissures du lapiès dolomitique entourant la grotte A, les insectes piqueurs et les scolopendres.

### Chronologie entre les différents partenaires de l'écosystème

A la grotte A, on voit d'abord apparaître le serpent, au moment où les "grappes" de chauves-souris se forment, puis en cours de sortie, il y a les heurts avec les pigeons. En fin de sortie, à partir d'environ 65% de flux résiduel ont lieu les premiers retours de chauves-souris. Les **blattes** sortent des anfractuosités du rocher (grotte A) lorsque le flux est de 10% environ et la nuit déjà presque achevée, suivi par le rapace, le plus souvent à 10% ou moins. Les **insectes piqueurs** attaquent vers 5%. Les blattes se mettent à bouger vers 1%. On voit enfin d'occasionnels **scolopendres**. A moins de 1%, à partir de la minute 118 (nuit noire) le 4 juillet 1993, une **espèce plus grosse de chauve-souris** est sortie en un

petit jet peu dense; celui-ci a décréu peu à peu, mais durait encore à 136'. Il y en a eu aussi le 18 août 1994.

A la grotte B, on observe une chouette en début de sortie, rapace du début à la fin, mais pas chaque jour.

Pour les deux grottes les humains perturbateurs arrivent soit au début, soit au cours de la sortie. Ils repartent au bout d'un moment et de toute façon lorsque la luminosité devient trop faible pour un retour confortable à travers les rochers en pente forte.

## 7. Conclusions

Les séries d'observations effectuées pendant deux ans sur les deux grottes de Thaïlande centrale ont apporté de nombreuses informations sur l'écologie locale des chauves-souris et sur la dynamique des flux de sortie. Elles ont montré qu'il existe une variation des horaires et des durées de sortie crépusculaire, de surcroît non synchrones pour les deux grottes. L'allure log-normale des sorties peut être perturbée par plusieurs facteurs climatiques et anthropiques identifiés. Les relations avec les autres parties de l'écosystème suivent une chronologie.

Ces grandeurs restent à préciser par des mesures plus nombreuses, plus systématiques pour chacune des deux grottes. Les variations de population sont à établir, ce qui est important pour leur surveillance dans le temps et l'assurance de leur pérennité, surtout en regard des nombreuses modifications ayant lieu dans les plaines environnantes: assèchement, urbanisation, culture avec pesticides, etc.

Enfin, ces populations énormes de chauves-souris peuvent être considérées comme une partie du patrimoine mondial et à ce titre méritent encore plus d'attention et de protection.

## 8. Références

- JARLAN, P. & C. MOURET. 1997. sous presse. Spelunca Bull.  
LEKAGUL, B. & MCNEELY, J.A. 1988. Mammals of Thailand. Bangkok, Assoc. for the Conservation of Wildlife, 2nd edition, 758 p.  
MILLER, L.A., MOHL, B., BROCKELMAN, W.Y., ANDERSEN, B.B., CHRISTENSEN-DALSGAARD, J., JORGENSEN, M.B. & A. SURLYKKE. 1988. Fly-out count of the bat, *Tadarida plicata*, using a video recording. Bangkok, Nat. History Bull. of Siam Society 36:135-141  
U TUN YIN. 1993. Wild mammals of Myanmar. Yangon, U SOE KYI Ed., Forest Department, 329 p.

La grotte A est située dans la zone de transition entre la zone de montagne et la zone de plaine. Elle est caractérisée par une végétation dense et une faune abondante. La grotte B est située dans la zone de plaine et est caractérisée par une végétation plus ouverte et une faune moins abondante. Les observations ont été effectuées pendant deux ans, de 1993 à 1995, et ont permis de recueillir de nombreuses données sur le comportement des chauves-souris et sur la dynamique des flux de sortie.

Les observations ont été effectuées pendant deux ans, de 1993 à 1995, et ont permis de recueillir de nombreuses données sur le comportement des chauves-souris et sur la dynamique des flux de sortie. Les résultats ont montré que la sortie des chauves-souris est influencée par de nombreux facteurs, notamment la luminosité, la température, la présence d'humains et la présence d'autres animaux.

La sortie des chauves-souris est influencée par de nombreux facteurs, notamment la luminosité, la température, la présence d'humains et la présence d'autres animaux. Les observations ont permis de constater que la sortie des chauves-souris est plus importante en début de soirée et diminue progressivement au cours de la nuit. De plus, la sortie est souvent perturbée par la présence d'humains et d'autres animaux.

## 9. Perturbations de la sortie

Les perturbations de la sortie des chauves-souris peuvent être classées en deux catégories: les perturbations naturelles et les perturbations anthropiques. Les perturbations naturelles sont dues à des facteurs climatiques et à la présence d'autres animaux.

Les perturbations anthropiques sont dues à la présence d'humains et d'autres animaux. Les humains perturbent la sortie des chauves-souris en entrant dans la grotte et en utilisant des torches. Les autres animaux perturbent la sortie des chauves-souris en entrant dans la grotte et en faisant du bruit.

Les perturbations de la sortie des chauves-souris peuvent être évitées en évitant d'entrer dans la grotte et en évitant de faire du bruit. De plus, il est important de respecter l'environnement et de ne pas perturber la sortie des chauves-souris.

## 10. Relations avec l'écosystème

Les chauves-souris sont étroitement liées à leur environnement. Elles jouent un rôle important dans l'écosystème en consommant des insectes et en dispersant des graines.

La destruction de leur habitat peut avoir des conséquences graves sur leur population. Il est donc important de protéger leur habitat et de respecter leur environnement.

# Seasonal changes of the body mass of some cave-dwelling bat species (Chiroptera) from Bulgaria

by Rumiana Pandurska\* and Stefan Shanov\*\*

\*Institute of Zoology, 1 Tsar Osvoboditel Str., 1000 Sofia, Bulgaria

\*\* Institute of Geology, 24 Acad. G. Bonchev Str., 1113 Sofia, Bulgaria

## Abstract

The seasonal changes of the body mass and the annual life cycle of the common cave-dwelling bat species *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis* and *Miniopterus schreibersii* are studied on the territory of Bulgaria. A geostatistical mathematical method has originally been used to estimate the interspecific and intersex differentiations. The curves of the average monthly body mass of each species represent higher values for the females than for the males. The individuals of the species are heaviest in the prehibernation periods (September-October).

## Initial data and mathematical approach

The variations of the body mass of the investigated species of both sexes during the period of one year (January 1992 - January 1993) were calculated with the standard deviations of the average monthly values and compared with the samples of the body mass measurements from 1994 - 1995 years. The experimental variograms are fitted to mathematical model used in the Kriging estimation procedure (RENDU, 1978; JOURNEL, 1977).

## Specific body mass variations

The specific body mass of *R. ferrumequinum* varied between 16 g and 33 g ( $\bar{x}=20,00$  g). During the hibernation period the females lost about 19% from the average weight, whereas the male's body mass decreases with up to 12 %. At parturition (June-July) the females of the greater horseshoe bat lost about 7 g (2%) of the average weight. The maximum increase of the body mass of *R. hipposideros* was in September and October (up to 7-8 g). The males of this species lost about 7% from the average values during the hibernation period. Little is known about the roosts preferences of the females of lesser horseshoe bat on the territory of Bulgaria. The females of *M. myotis* were heaviest ( $\bar{x}=26,00$  g) in the late-pregnancy period (May-June) and in December ( $\bar{x}=26,50$  g), whereas for the males it was in November ( $\bar{x}=26,00$  g). At par-

turition the females lost about 4 g. The body mass in the both sexes of *M. schreibersii* ( $\bar{x}=12,80$  - 13,00 g) was maximum in September. During the winter months the fat reserves decrease with about 8% from the average specific weight.

## Conclusions

The investigated bat species are distinctly separated in two groups on the basis of the seasonal body mass fluctuations. One group includes species with great annual body mass amplitudes (more than 30% from the average values) - *R. ferrumequinum*, *R. hipposideros* and *M. myotis*. The weight of *M. schreibersii* ranges with up to 17% of the average values during the period of one year. All the investigated species are heaviest in the prehibernation periods, which is confirmed for the insectivorous bats of the temperate regions (MC NAB, 1976).

## References

- MC NAB, B.K. 1976. The behaviour of temperate cave bats in a sub-tropical environment. *Ecology*, 55: 943-958.
- JOURNEL, A.G. 1977. Geostatistique minière, t. I et II, Centre de Geostat., Fontainebleau, 720 pp.
- RENDU, J.M. 1978. An Introduction to Geostatistical Methods of Mineral Evaluation. South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, 84 pp.



# Further Survey for the Ectoparasites of Bats in Iraq

by Jalil K. Abul-hab

Department of Community Medicine, College of Med., Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq

## Abstract

Four localities around Karbala City, central Iraq, were surveyed for bats and their ectoparasites. The following bats and their ectoparasites were found which constitute a further addition to the fauna of ectoparasites of bats of Iraq:

*Asellia tridens* was with *Raymondia huberi* (Strebliidae), *Cimex pipistrelli* (Cimicidae) and *Rhinophopsyla unipectinata* (a flea).

*Pipistrellus kuhli* This bat was with *Leptocimex vespertilionis*, *Cimex pipistrelli* (Both Cimicidae), *Argas vespertilionis* (A tick), *Spinatrix* sp. (mite) *Steatonyssus periblephorus* (a mite) and *Ornithonyssus bacoti* (a mite).

*Myotis capaccini* This bat was with *Nycteribia pedicularia* (Diptera, Nycteribiidae).

## Introduction

The mammals of Iraq include 20 species of bats (HATT, 1959). Although the bats live close to man and in his environs, not much study has been carried out on their Ectoparasites or Endoparasites. It also remains for future workers to discover the role of bats in the zoonotic diseases in Iraq.

MATTINGLY *et al.* (1973) listed the bats as animal reservoirs of several viruses which cause human diseases. As to the ectoparasites, HUBBARD (1958 and 1960) included the bats for his survey of the fleas on the vertebrates of Iraq. ABUL-HAB (1978) reported on the bed bugs he collected on bats. Again ABUL-HAB & SHIHAB (1989) published the first report specifically written on the Ectoparasites of bats and compared their findings with those of THEODOR & COSTA of Palestine (1967). The present work is a further contribution on the Ectoparasites of bats of Iraq, from localities different from those of ABUL-HAB & SHIHAB (1989).

## Material and methods

The bats were collected in one of the following ways:

1. By insect nets after the bats were flushed out of their nests.
2. Individually taken by the forceps while resting in their nests. In both cases 1 and 2 the bats were placed in tomato paste jars with phostoxin and screwed closed until death. Then the parasites were picked off the bodies, wings, jars etc and stored in 70% ethyl alcohol until mounted and studied.
3. A microelectric sweeping machine was used to gather the guano and dust off the grounds of the rooms or the flats area in the cracks. Then the parasites were recovered off the dirt either by searching directly or with the help of a berhnezi funnel.
4. Some of the parasites were hand-picked by the forceps off

the nesting grounds or walls after the bats had escaped.

During May 1995, four trips were made to three old inns and one group of caves around the City of Karbala, some 90 Km south-west of Baghdad, central Iraq. Each trip was specific for one locality. Following is a short description of the localities surveyed for bats and parasites.

## The surveyed places

Al-Autashi: An old building reminiscent of an inn built sometime in the 19<sup>th</sup> century to be as a resting station for the pilgrims to the Holy Shrine of Karbala, where Imamm Hussain is buried. Autashi is some 30 Km, west of the Euphrates River. The inn is situated amidst orchards and farming land, some 10 Km, before Karbala. The bats were collected and hunted from the crack in the out walls and the now deserted rooms.

Khan Al-Nuss: The same as the place in Al-Autashi. This inn is half-way between Karbala and Najaf, another Holy Shrine for Muslim pilgrims. It is also situated in orchard and farming land not far from the Euphrates River.

Al-Tarr Caves: There are several of them at the beginning where the highway land is low and continues so for some 10 Km; and close the coast of the Razzaza Lake. However the land is desert. From far away the hills and the caves look like deserted castles.

Al-Hurr Al-Shahid Shrine: The walls which surround the Shrine are with cracks and fissures, some of them deep and showing from inside the small rooms which used to be used by the pilgrims of the Shrine. The bats nest in these cracks and fissures or hung down the ceilings of the rooms. The Shrine is situated amidst orchards and farming land with many irrigation channels.

Table 1: Arthropodan ectoparasites collected from the bat species shown.

| Species of bat      | Species of ectoparasite                       | locality     |
|---------------------|---|--------------|
| <i>A. tridens</i>   | <i>Raymondia huberi</i>                       | Al-Hurr      |
|                     | Strebliidae                                   |              |
|                     | <i>Cimex pipistrelli</i>                      | Al-Hurr      |
|                     | <i>Rhinophopsyla unipectinata</i>             | Al-Tarr      |
| <i>P. kuhli</i>     | <i>Leptocimex vespertilionis</i>              | Autashi      |
|                     | <i>Cimex pipistrelli</i>                      | Khan Al-Nuss |
|                     | <i>Argas vespertilionis</i> (tick)            | Khan Al-Nuss |
|                     | <i>Spinatrix</i> sp. (mite)                   | Al-Hurr      |
|                     | <i>Steatonyssus periblephorus</i> (mite)      | Autashi      |
|                     | <i>Ornithonyssus bacoti</i> (mite)            | Al-Hurr      |
| <i>M. capaccini</i> | <i>Nycteribia pedicularia</i> (Nycteribiidae) | Khan Al-Nuss |

## Results and discussion

The captured bats were identified as: *Myotis capaccinii* Bonaparte, *Pipistrellus kuhlii* Kuhl and *Asellia tridens* E. Geoffroy. The first two species belong to the family Vespertilionidae, the third species belongs to the family Rhinolophidae. The table 1 shows the ectoparasites collected according to the host species.

The localities surveyed in this work are in central Iraq, the same area surveyed and reported on by ABUL-HAB & SHIBAB (1989). Thus it is no wonder that the same species of the arthropodan ectoparasites were found in this present work as the reported by these authors, with the exception of the flea (*Rhynophopsyla unipectinata*) which was found on the bat *A. tridens*. This same flea was collected by HUBBARD (1960) from the same host species in the old building of the Mustansirryyah University, some eight centuries old. No lice were encountered in the present work. THEODOR & COSTA (1967) also did not find lice in bats in Palestine and recorded only two fleas. It seems that the fleas are scare on bats when compared with other ectoparasites. In their table number 2 ABUL-HAB and SHIHAB (1989) mentioned the ectoparasites of bats which are found in Palestine according to THEODOR & COSTA (1967), which the same or related to the ones in Iraq.

### References:

- ABUL-HAB J. 1978. On the bed bugs (Hemiptera, Cimicidae) in Iraq. *Bull. End. Dis. Baghdad*, 19(1): 65-75.
- ABUL-HAB J. & B. SHIHAB. 1989. Ectoparasites of some bats from Iraq. *Bull. Iraq. Nat. Mus.* 8(2): 59-64.
- HATT, R.T. 1959. The mammals of Iraq. *Mus. Zoo., U. Michigan, Misc. Pub.*, 106.
- HUBBART, C.A. 1958 and 1960. Fleas and plague in Iraq and the Arab World. *Iraq. Nat. Hist. Mus. Publications* 15 and 19.
- MATTINGLY, P.F., CROSSKEY, R.W. & K.G.V. SMITH. 1973. Summary of arthropoda vectors. In : Smith (Ed.). *Insects and other Arthropoda of med. Importance*. Br. Mus., (Nat. Hist.) London, UK.
- THEODOR, O. & M. COSTA. 1967. A survey of parasites of wild mammals and birds in Palestine. Part 1: Ectoparasites. Jerusalem.

# Chromosomal studies of five egyptian species of bats (chiroptera: mammalia)

by Ahmed E. Yaseen\*, H.A. Hassan and I.S. Kawashti\*\*

\*Zoology Department, Faculty of Science, South Valley University, Qena.

\*\*Zoology Department, Faculty of Science, Al Azhar University (Egypt)

## Abstract

Chromosomal analysis of five species of Egyptian bats belonging to five Chiropteran families were described on the basis of conventional data and G band patterns. The three species *Pipistrellus kuhli*, *Tadarida aegyptiaca* and *Asellia tridens* have a diploid chromosome number of ( $2n = 44$ , F.N. = 50), ( $2n = 48$ , F.N. = 58) and ( $2n = 50$ , F.N. = 62) respectively. Although the two species *Rousettus aegyptiacus* and *Rhinopoma hardwickei* have the same diploid chromosome number of ( $2n = 36$ ), they are clearly different in their chromosomal morphology and karyotypes. Karyotypic data for these five species have been studied in details. To the best of the authors knowledge these results are reported for the first time in Egypt.

## Introduction

The order Chiroptera divides into the suborder Megachiroptera, comprising the single family Pteropodidae, and the suborder Microchiroptera, which includes 16 families. There are approximately 900 currently recognized species distributed in 175 genera (HONACKI *et al.*, 1982 and KOOPMAN, 1984). In Egypt, about 17 species of bats belonging to eight families have been recorded by GAISLER *et al.* (1972) and WASSIF & MADKOUR (1974).

The systematics of bats are based primarily on classical morphological characteristics such as shoulder articulation, dentition and other cranial features. More recently, karyotypic data have shown considerable promise as a valuable tool for systematic studies. The order Chiroptera is an interesting group with chromosome evolution ranging from considerably conservative to quite divergent (VARELLA - GARCIA *et al.*, 1989).

The diploid chromosome number has been reported for 128 species of bats from 13 families. Fifty species have diploid numbers ranging between 40 and 56, seventy-eight species have values above this range (MATTHEY, 1968; VARELLA - GARCIA, 1989, and REINA *et al.*, 1994). Obviously, diploid chromosome numbers of bats are considerably lower than in most other orders of eutherian mammals. The mean diploid number reported in Chiropteran is 36.8 (BAKER, 1970 & BAKER *et al.*, 1974).

As far as the available literature indicates, karyological investigations on Egyptian bats are lacking; the present paper deals with a study of chromosome number and karyotype morphology of five species *Pipistrellus kuhli*, *Tadarida aegyptiaca*, *Asellia tridens*, *Rousettus aegyptiacus* and *Rhinopoma hardwickei*.

## Materials and methods

Specimens of five species *Pipistrellus kuhli* (10 males and 6 females), *Tadarida aegyptiaca* (9 males), *Asellia tridens* (9 males and 6 females), *Rousettus aegyptiacus* (9 males and 5 females) and *Rhinopoma hardwickei* (11 males and 7 females) were captured by mistnets from different localities around Qena City in Upper Egypt.

The technique used in this study was that described by FORD & HAMERTON (1956) with some modification made by UCHIDA & ANDO (1972) and BAKER *et al.* (1982) as follows: each animal was weighted and injected with the appropriate amount of the mitotic suppresser colchicine. The humerus bone marrow cells were extracted, treated with hypotonic solution and fixed in Carnoy's fixative. These cells were used for preparation of metaphase chromosomes. At least twenty-five well spread metaphases were examined from each specimens. Ten proper spreads were photographed.

The chromosomes, in accordance with LEVAN *et al.* (1964) were grouped as metacentric (M), submetacentric (SM), subtelocentric (ST) and acrocentric (A), subsequently arranged in order of size. Fundamental number (F.N.) was defined as the total number of arms of autosomes. The G-banding techniques of SEABRIGHT (1971) was applied.

## Results and discussion

### *Pipistrellus kuhli*:

The diploid chromosome number of this species was found to be  $2n = 44$  and F.N. = 50. The karyotype showed four different groups of chromosomes, these are : Group A which have three pairs of large metacentrics (arm ratios, 1.07 - 1.13), group B is composed of one small submetacentric pair (arm ratios, 1.83), group C is composed of 14 pairs of acrocentrics arranged descendingly from medium to small size, arm ratios =  $\infty$ ; group D which has three pairs of microchromosomes and sex chromosomes. X - chromosome is a medium-sized metacentric element and the Y - chromosome has a dot-like shape (microchromosome). Secondary constrictions on the pair nr. 6 were found only in female karyotype. The means of chromosomal measurements, of ten metaphase spreads including arm ratios, relative lengths and centromeric indices are given in table 1, the mean of total haploid chromosomal lengths was found to be 11.19, the relative lengths ranging from 0.74% for Y - chromosome to 10.75% for pair nr. 1, arm ratios from 1.07 to  $\infty$  and, centromeric indices from zero to 48.31. The G- banded karyotype was used to distinguish the daughter pairs of chromosomes and sex chromosomes.

These findings seem to be in agreement with that reported by CAPANNA & CIVITELLI (1970) for *P. nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. kuhli* and *P. savii* of European bats which have the same  $2n = 44$ , F.N. = 50.

### *Tadarida aegyptiaca*:

The diploid chromosome number of this species was found to be  $2n = 48$  and F.N. = 58. The G - banded karyotype showed four different groups of chromosomes: Group A consists of four pairs of metacentrics, the first one is large and the remaining three pairs are medium size, arm ratios ranging from 1.18 to 1.48, group B is composed of two pairs that appear subtelocentric in most of the spreads, arm ratios ranging from 3.32 - 3.84, group C is composed of 12 pairs of acrocentrics arranged descendingly from medium size to small size one (arm ratios, =  $\infty$ ); group D which has five pairs in series of telocentric autosomes as dot-like shape and sex chromosomes, the X - chromosome is medium sized metacentric, and the Y - chromosome is subtelocentric.

The chromosomal measurements of this species are given in table 2, the total haploid chromosomal lengths was found to be 12.71, the relative lengths range from 1.27% to 10.57%, the arm ratios from 1.18 to  $\infty$  and the centromeric indices from zero to 45.81. The diploid chromosome number of  $2n = 48$  for *Tadarida aegyptiaca* is in agreement with that reported for *Tadarida brasiliensis*, *T. femorosacca* and *T. molossa* by CAPANNA & CIVITELLI (1970), TSUCHIYA *et al.* (1979) and HARADA *et al.* (1982).

#### *Asellia tridens:*

The diploid chromosome number of this species was found to be  $2n = 50$  and  $F.N. = 62$ , the karyotype showed four different groups of chromosomes: Group A is composed of four pairs of metacentrics arranged from large to small size in which the arm ratios ranging from 1.06 to 1.20; group B consists of three submetacentric pairs in which the arm ratios ranging from 2.22 to 2.53; group C displays fourteen acrocentric pairs, the arm ratios of which =  $\infty$ ; group D which have three pairs of microchromosomes

**Table 1. Averages of chromosomes measurements and classification, obtained from observations on ten cell spreads, of *Pipistrellus kuhli*.**

| Chromosome number | Chromosome Length |                 |                  | Relative Length % |                 |                  | Arm ratio       | Centromeric index | Classification |
|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                   | Long arm          | Short arm       | Total            | Long arm          | Short arm       | Total            |                 |                   |                |
|                   | Mean $\pm$ S.D    | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D   | Mean $\pm$ S.D    | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D   | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D    |                |
| 1                 | 0.64 $\pm$ 0.13   | 0.53 $\pm$ 0.14 | 1.21 $\pm$ 0.24  | 5.71 $\pm$ 0.49   | 5.03 $\pm$ 0.46 | 10.75 $\pm$ 0.77 | 1.13 $\pm$ 0.11 | 46.82 $\pm$ 2.57  | M              |
| 2                 | 0.59 $\pm$ 0.11   | 0.56 $\pm$ 0.11 | 1.15 $\pm$ 0.21  | 5.32 $\pm$ 0.38   | 4.97 $\pm$ 0.33 | 10.31 $\pm$ 0.54 | 1.07 $\pm$ 0.10 | 48.31 $\pm$ 2.24  | M              |
| 3                 | 0.54 $\pm$ 0.07   | 0.50 $\pm$ 0.06 | 1.04 $\pm$ 0.13  | 4.83 $\pm$ 0.30   | 4.50 $\pm$ 0.19 | 9.33 $\pm$ 0.38  | 1.07 $\pm$ 0.07 | 48.28 $\pm$ 1.65  | M              |
| 4                 | 0.22 $\pm$ 0.03   | 0.12 $\pm$ 0.02 | 0.33 $\pm$ 0.05  | 1.82 $\pm$ 0.22   | 1.19 $\pm$ 0.14 | 3.02 $\pm$ 0.28  | 1.83 $\pm$ 0.21 | 36.36 $\pm$ 3.73  | S.M            |
| 5                 | 0.63 $\pm$ 0.13   | 0.00            | 0.63 $\pm$ 0.13  | 5.64 $\pm$ 0.44   | 0.00            | 5.64 $\pm$ 0.44  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 6                 | 0.58 $\pm$ 0.10   | 0.00            | 0.58 $\pm$ 0.10  | 5.19 $\pm$ 0.26   | 0.00            | 5.19 $\pm$ 0.26  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 7                 | 0.54 $\pm$ 0.08   | 0.00            | 0.54 $\pm$ 0.08  | 4.84 $\pm$ 0.17   | 0.00            | 4.84 $\pm$ 0.17  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 8                 | 0.52 $\pm$ 0.06   | 0.00            | 0.52 $\pm$ 0.06  | 4.74 $\pm$ 0.25   | 0.00            | 4.74 $\pm$ 0.25  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 9                 | 0.47 $\pm$ 0.05   | 0.00            | 0.47 $\pm$ 0.05  | 4.25 $\pm$ 0.22   | 0.00            | 4.25 $\pm$ 0.22  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 10                | 0.46 $\pm$ 0.05   | 0.00            | 0.46 $\pm$ 0.05  | 4.14 $\pm$ 0.21   | 0.00            | 4.14 $\pm$ 0.21  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 11                | 0.45 $\pm$ 0.05   | 0.00            | 0.45 $\pm$ 0.05  | 4.06 $\pm$ 0.25   | 0.00            | 4.06 $\pm$ 0.25  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 12                | 0.43 $\pm$ 0.05   | 0.00            | 0.43 $\pm$ 0.05  | 3.94 $\pm$ 0.26   | 0.00            | 3.94 $\pm$ 0.26  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 13                | 0.38 $\pm$ 0.06   | 0.00            | 0.38 $\pm$ 0.06  | 3.43 $\pm$ 0.26   | 0.00            | 3.43 $\pm$ 0.26  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 14                | 0.38 $\pm$ 0.06   | 0.00            | 0.38 $\pm$ 0.06  | 3.42 $\pm$ 0.25   | 0.00            | 3.42 $\pm$ 0.25  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 15                | 0.38 $\pm$ 0.06   | 0.00            | 0.38 $\pm$ 0.06  | 3.41 $\pm$ 0.25   | 0.00            | 3.41 $\pm$ 0.25  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 16                | 0.35 $\pm$ 0.07   | 0.00            | 0.35 $\pm$ 0.07  | 3.16 $\pm$ 0.25   | 0.00            | 3.16 $\pm$ 0.25  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 17                | 0.33 $\pm$ 0.04   | 0.00            | 0.33 $\pm$ 0.04  | 2.96 $\pm$ 0.33   | 0.00            | 2.96 $\pm$ 0.33  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 18                | 0.28 $\pm$ 0.05   | 0.00            | 0.28 $\pm$ 0.05  | 2.51 $\pm$ 0.32   | 0.00            | 2.51 $\pm$ 0.32  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 19                | -                 | -               | 0.21 $\pm$ 0.03  | -                 | -               | 1.89 $\pm$ 0.15  | -               | -                 | Micro          |
| 20                | -                 | -               | 0.17 $\pm$ 0.03  | -                 | -               | 1.58 $\pm$ 0.24  | -               | -                 | Micro.         |
| 21                | -                 | -               | 0.16 $\pm$ 0.03  | -                 | -               | 1.48 $\pm$ 0.18  | -               | -                 | Micro.         |
| X                 | 0.35 $\pm$ 0.08   | 0.29 $\pm$ 0.07 | 0.65 $\pm$ 0.13  | 3.14 $\pm$ 0.46   | 2.62 $\pm$ 0.34 | 5.77 $\pm$ 0.39  | 1.23 $\pm$ 0.38 | 45.58 $\pm$ 6.17  | M              |
| Y                 | -                 | -               | 0.08 $\pm$ 0.01  | -                 | -               | 0.74 $\pm$ 0.14  | -               | -                 | Micro.         |
| Sum               |                   |                 | 11.19 $\pm$ 1.70 |                   |                 |                  |                 |                   |                |

**Table 2. Averages of chromosomes measurements and classification, obtained from observations on ten cell spreads, of *Tadarida aegyptiaca*.**

| Chromosome number | Chromosome Length |                 |                  | Relative Length % |                 |                  | Arm ratio       | Centromeric index | Classification |
|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                   | Long arm          | Short arm       | Total            | Long arm          | Short arm       | Total            |                 |                   |                |
|                   | Mean $\pm$ S.D    | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D   | Mean $\pm$ S.D    | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D   | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D    |                |
| 1                 | 0.72 $\pm$ 0.08   | 0.61 $\pm$ 0.06 | 1.34 $\pm$ 0.14  | 5.73 $\pm$ 0.43   | 4.84 $\pm$ 0.31 | 10.57 $\pm$ 0.66 | 1.18 $\pm$ 0.08 | 45.81 $\pm$ 1.74  | M              |
| 2                 | 0.40 $\pm$ 0.06   | 0.30 $\pm$ 0.05 | 0.71 $\pm$ 0.11  | 3.19 $\pm$ 0.39   | 2.39 $\pm$ 0.26 | 5.59 $\pm$ 0.46  | 1.34 $\pm$ 0.23 | 42.93 $\pm$ 4.37  | M              |
| 3                 | 0.34 $\pm$ 0.04   | 0.26 $\pm$ 0.05 | 0.61 $\pm$ 0.08  | 2.69 $\pm$ 0.26   | 2.09 $\pm$ 0.34 | 4.79 $\pm$ 0.36  | 1.31 $\pm$ 0.28 | 43.64 $\pm$ 5.18  | M              |
| 4                 | 0.32 $\pm$ 0.04   | 0.22 $\pm$ 0.03 | 0.54 $\pm$ 0.07  | 2.52 $\pm$ 0.26   | 1.73 $\pm$ 0.21 | 4.25 $\pm$ 0.42  | 1.46 $\pm$ 0.16 | 40.70 $\pm$ 2.68  | M              |
| 5                 | 0.55 $\pm$ 0.04   | 0.15 $\pm$ 0.02 | 0.70 $\pm$ 0.04  | 4.39 $\pm$ 0.34   | 1.17 $\pm$ 0.16 | 5.57 $\pm$ 0.38  | 3.84 $\pm$ 0.65 | 21.24 $\pm$ 2.66  | S.T.           |
| 6                 | 0.29 $\pm$ 0.04   | 0.08 $\pm$ 0.01 | 0.38 $\pm$ 0.05  | 2.30 $\pm$ 0.26   | 0.68 $\pm$ 0.06 | 2.99 $\pm$ 0.32  | 3.32 $\pm$ 0.21 | 23.13 $\pm$ 1.15  | S.T.           |
| 7                 | 0.78 $\pm$ 0.09   | 0.00            | 0.78 $\pm$ 0.09  | 6.15 $\pm$ 0.23   | 0.00            | 6.15 $\pm$ 0.23  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 8                 | 0.68 $\pm$ 0.06   | 0.00            | 0.68 $\pm$ 0.06  | 5.37 $\pm$ 0.23   | 0.00            | 5.37 $\pm$ 0.23  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 9                 | 0.66 $\pm$ 0.07   | 0.00            | 0.66 $\pm$ 0.07  | 5.20 $\pm$ 0.21   | 0.00            | 5.20 $\pm$ 0.21  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 10                | 0.63 $\pm$ 0.06   | 0.00            | 0.63 $\pm$ 0.06  | 4.96 $\pm$ 0.17   | 0.00            | 4.96 $\pm$ 0.17  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 11                | 0.58 $\pm$ 0.08   | 0.00            | 0.58 $\pm$ 0.08  | 4.59 $\pm$ 0.26   | 0.00            | 4.59 $\pm$ 0.26  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 12                | 0.58 $\pm$ 0.08   | 0.00            | 0.58 $\pm$ 0.08  | 4.55 $\pm$ 0.22   | 0.00            | 4.55 $\pm$ 0.22  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 13                | 0.55 $\pm$ 0.09   | 0.00            | 0.55 $\pm$ 0.09  | 4.35 $\pm$ 0.34   | 0.00            | 4.35 $\pm$ 0.34  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 14                | 0.48 $\pm$ 0.07   | 0.00            | 0.48 $\pm$ 0.07  | 3.78 $\pm$ 0.19   | 0.00            | 3.78 $\pm$ 0.19  | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 15                | 0.46 $\pm$ 0.07   | 0.00            | 0.46 $\pm$ 0.07  | 3.65 $\pm$ 0.23   | 0.00            | 3.65 $\pm$ 0.23  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 16                | 0.41 $\pm$ 0.04   | 0.00            | 0.41 $\pm$ 0.04  | 3.26 $\pm$ 0.09   | 0.00            | 3.26 $\pm$ 0.09  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 17                | 0.38 $\pm$ 0.05   | 0.00            | 0.38 $\pm$ 0.05  | 3.01 $\pm$ 0.25   | 0.00            | 3.01 $\pm$ 0.25  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 18                | 0.32 $\pm$ 0.03   | 0.00            | 0.32 $\pm$ 0.03  | 2.57 $\pm$ 0.20   | 0.00            | 2.57 $\pm$ 0.20  | $\infty$        | 0.00              | Acro..         |
| 19                | -                 | -               | 0.31 $\pm$ 0.03  | -                 | -               | 2.46 $\pm$ 0.15  | -               | -                 | Micro          |
| 20                | -                 | -               | 0.26 $\pm$ 0.02  | -                 | -               | 2.12 $\pm$ 0.22  | -               | -                 | Nicro.         |
| 21                | -                 | -               | 0.21 $\pm$ 0.02  | -                 | -               | 1.68 $\pm$ 0.24  | -               | -                 | Micro.         |
| 22                | -                 | -               | 0.18 $\pm$ 0.2   | -                 | -               | 1.42 $\pm$ 0.14  | -               | -                 | Micro.         |
| 23                | -                 | -               | 0.16 $\pm$ 0.02  | -                 | -               | 1.27 $\pm$ 0.11  | -               | -                 | Micro.         |
| X                 | 0.44 $\pm$ 0.08   | 0.37 $\pm$ 0.08 | 0.81 $\pm$ 0.16  | 3.46 $\pm$ 0.43   | 2.91 $\pm$ 0.39 | 6.38 $\pm$ 0.76  | 1.19 $\pm$ 0.12 | 45.70 $\pm$ 2.63  | M              |
| Y                 | 0.40 $\pm$ 0.08   | 0.11 $\pm$ 0.03 | 0.52 $\pm$ 0.12  | 3.12 $\pm$ 0.36   | 0.91 $\pm$ 0.17 | 4.06 $\pm$ 0.52  | 3.45 $\pm$ 0.43 | 22.45 $\pm$ 1.92  | S.T.           |
| Sum               |                   |                 | 12.71 $\pm$ 1.43 |                   |                 |                  |                 |                   |                |

that appear in some spreads as acrocentrics. The X - chromosome is medium-sized metacentric while the Y is subtelocentric. The chromosomal measurements of this species are given in table 3, the mean of total haploid chromosomal lengths was found to be 11.00, the relative lengths ranging between 1.65% and 9.5%, arm ratios between 1.06 and  $\infty$  and centromeric indices between zero and 48.55.

The diploid chromosome number of  $2n = 50$  and F.N. = 62 for this species are in agreement with that reported for the same species of Tunisian bats by BAKER *et al.* (1974).

#### *Rousettus aegyptiacus*:

The diploid chromosome number of this species was found to be  $2n = 36$  and its F.N. = 64 based on counting about sixty metaphase spreads for both male and female specimens from the bone marrow preparations. The karyotype showed four different groups of chromosome pairs: Group A is composed of nine pairs of metacentrics, the arm ratios ranging from 1.05 to 1.23; group B is composed of two pairs of submetacentric autosomes with arm ratios ranging from 1.76 - 1.89; group C is composed of four pairs of subtelocentric chromosomes with arm ratios ranging from 3.15 to 3.52; group D which has two pairs of acrocentric chromosomes with arm ratios =  $\infty$ . The first pair shows a rather large size but the second pair is very small one, the X - chromosome is a medium - sized metacentric and Y - chromosome is a minute dot-like shape one. The G - banded karyotype of the female specimen is very useful in the identification of the daughter chromosome pairs and sex chromosomes. The metrical analysis of the chromosomes of this species are given in Table 4, the mean of total haploid chromosomal lengths was found to be 11.38, the relative lengths ranging from 1.25% to 9.67%, the arm ratios from 1.05 to 3.42 and the centromeric indices from 22.72 to 48.93.

The diploid chromosome number of  $2n = 36$  of *Rousettus aegyptiacus* is in agreement with HARADA *et al.* (1982) who reported that the diploid chromosome numbers of members of the family Pteropidae - to which this species belongs - ranges from 24 to 38.

#### *Rhinopoma hardwickei*:

The diploid chromosome number of long - tailed bat was found to be  $2n = 36$  and F.N. = 38. The conventional and G - banded karyotype of this species showed three different groups of chromosomes: Group A is composed of 11 pairs of large metacentrics based on size (arm ratios, 1.00 - 1.49), group B is composed of three large submetacentric chromosomes graded in size (arm ratios, 1.79 - 2.87) and, group C which has three subtelocentric pairs (arm ratios, 3.24 - 3.77). The X-chromosome is a medium sized metacentric, but the Y chromosome has a dot-like shape in all the mitotic spreads (microchromosome). The chromosomal measurements of this species are given in table 5, the mean of total haploid chromosomal lengths was found to be 10.63, the relative lengths ranging from 1.67% to 8.71%, arm ratios from 1.0 to 3.77 and the centromeric indices from 21.29 to 49.83. The diploid chromosome number of  $2n = 36$  of this species is identical with that of the same species in India as reported by RAY-CHAUDHURY & PATHAK (1966).

The present investigations confirmed that each species has a particular chromosome complement, so the authors concluded that the use of the chromosomal analysis is very important nowadays to the taxonomist, especially in sibling species, in addition to the morphological and anatomical characters.

#### References

- BAKER, R.J. 1970. Karyotypic trends in bats. in: Biology of bats (WIMSATT, W.A.). Academic Press, New York: 1: 65-96.
- BAKER, R.J., DAVIS, B.L., JORDAN, R.G. & A. BINOUS, 1974. Karyotypic and morphometric studies of Tunisian Mammals: Bats *Mammalia* 38: 695-710.
- BAKER, R.J., HAIDUR, M.W., BROBBINS, A., CADENA, A. & B.F. KOOP. 1982. Chromosomal studies of South American bats and their implications. *Spec. Publ. Pymatuning Lab. Ecol.* 6: 303-327.
- CAPANNA, E. & M.V. CIVITELLI (1970). Chromosomal mechanisms in the evolution of chiropteran karyotype. *Chromosomal tables of Chiroptera. Caryologia* 23 (1): 79-111.
- FORD, C.E. & J.L. HAMERTON. 1956. A colchicine hypotonic citrate

Table 3. Averages of chromosomes measurements and classification, obtained from observations on ten cell spreads, of *Asellia tridens*

| Chromosome number | Chromosome Lengths |                 |                  | Relative Length % |                 |                 | Arm ratio       | Centromeric index | Classification |
|-------------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                   | Long arm           | Short arm       | Total            | Long arm          | Short arm       | Total           |                 |                   |                |
|                   | Mean $\pm$ S.D     | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D   | Mean $\pm$ S.D    | Mean $\pm$ S.D  | Mean $\pm$ S.D  |                 |                   |                |
| 1                 | 0.53 $\pm$ 0.06    | 0.50 $\pm$ 0.05 | 1.04 $\pm$ 0.11  | 4.88 $\pm$ 0.18   | 4.61 $\pm$ 0.29 | 9.50 $\pm$ 0.31 | 1.06 $\pm$ 0.08 | 48.55 $\pm$ 2.04  | M              |
| 2                 | 0.49 $\pm$ 0.07    | 0.45 $\pm$ 0.05 | 0.95 $\pm$ 0.12  | 4.48 $\pm$ 0.31   | 4.13 $\pm$ 0.40 | 8.62 $\pm$ 0.53 | 1.09 $\pm$ 0.13 | 47.94 $\pm$ 2.92  | M              |
| 3                 | 0.30 $\pm$ 0.03    | 0.25 $\pm$ 0.05 | 0.55 $\pm$ 0.08  | 2.74 $\pm$ 0.19   | 2.31 $\pm$ 0.31 | 5.06 $\pm$ 0.32 | 1.20 $\pm$ 0.19 | 45.73 $\pm$ 4.13  | M              |
| 4                 | 0.17 $\pm$ 0.03    | 0.15 $\pm$ 0.01 | 0.33 $\pm$ 0.04  | 1.62 $\pm$ 0.32   | 1.42 $\pm$ 0.11 | 3.05 $\pm$ 0.34 | 1.14 $\pm$ 0.25 | 47.08 $\pm$ 4.67  | M              |
| 5                 | 0.47 $\pm$ 0.02    | 0.19 $\pm$ 0.02 | 0.66 $\pm$ 0.03  | 4.35 $\pm$ 0.31   | 1.72 $\pm$ 0.21 | 6.09 $\pm$ 0.43 | 2.53 $\pm$ 0.29 | 28.47 $\pm$ 2.44  | S.M            |
| 6                 | 0.42 $\pm$ 0.03    | 0.17 $\pm$ 0.03 | 0.59 $\pm$ 0.05  | 3.89 $\pm$ 0.25   | 1.58 $\pm$ 0.24 | 5.44 $\pm$ 0.34 | 2.50 $\pm$ 0.36 | 28.98 $\pm$ 3.19  | S.M            |
| 7                 | 0.29 $\pm$ 0.09    | 0.12 $\pm$ 0.02 | 0.42 $\pm$ 0.12  | 2.58 $\pm$ 0.60   | 1.15 $\pm$ 0.14 | 3.77 $\pm$ 0.75 | 2.22 $\pm$ 0.40 | 31.22 $\pm$ 4.17  | S.M            |
| 8                 | 0.53 $\pm$ 0.07    | 0.00            | 0.53 $\pm$ 0.07  | 4.94 $\pm$ 0.16   | 0.00            | 4.94 $\pm$ 0.16 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 9                 | 0.51 $\pm$ 0.07    | 0.00            | 0.51 $\pm$ 0.07  | 4.64 $\pm$ 0.17   | 0.00            | 4.64 $\pm$ 0.17 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 10                | 0.49 $\pm$ 0.06    | 0.00            | 0.49 $\pm$ 0.06  | 4.45 $\pm$ 0.13   | 0.00            | 4.45 $\pm$ 0.13 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 11                | 0.48 $\pm$ 0.06    | 0.00            | 0.48 $\pm$ 0.06  | 4.39 $\pm$ 0.18   | 0.00            | 4.39 $\pm$ 0.18 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 12                | 0.45 $\pm$ 0.05    | 0.00            | 0.45 $\pm$ 0.05  | 4.11 $\pm$ 0.16   | 0.00            | 4.11 $\pm$ 0.16 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 13                | 0.42 $\pm$ 0.04    | 0.00            | 0.42 $\pm$ 0.04  | 3.81 $\pm$ 0.08   | 0.00            | 3.81 $\pm$ 0.08 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 14                | 0.40 $\pm$ 0.04    | 0.00            | 0.40 $\pm$ 0.04  | 3.69 $\pm$ 0.18   | 0.00            | 3.69 $\pm$ 0.18 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 15                | 0.37 $\pm$ 0.03    | 0.00            | 0.37 $\pm$ 0.03  | 3.37 $\pm$ 0.12   | 0.00            | 3.37 $\pm$ 0.12 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 16                | 0.34 $\pm$ 0.04    | 0.00            | 0.34 $\pm$ 0.04  | 3.08 $\pm$ 0.17   | 0.00            | 3.08 $\pm$ 0.17 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 17                | 0.31 $\pm$ 0.03    | 0.00            | 0.31 $\pm$ 0.03  | 2.86 $\pm$ 0.08   | 0.00            | 2.86 $\pm$ 0.08 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 18                | 0.30 $\pm$ 0.04    | 0.00            | 0.30 $\pm$ 0.04  | 2.79 $\pm$ 0.11   | 0.00            | 2.79 $\pm$ 0.11 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 19                | 0.28 $\pm$ 0.02    | 0.00            | 0.28 $\pm$ 0.02  | 2.58 $\pm$ 0.20   | 0.00            | 2.58 $\pm$ 0.20 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 20                | 0.26 $\pm$ 0.01    | 0.00            | 0.26 $\pm$ 0.01  | 2.40 $\pm$ 0.16   | 0.00            | 2.40 $\pm$ 0.16 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 21                | 0.24 $\pm$ 0.03    | 0.00            | 0.24 $\pm$ 0.03  | 2.17 $\pm$ 0.20   | 0.00            | 2.17 $\pm$ 0.20 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 22                | -                  | 0.00            | 0.22 $\pm$ 0.02  | -                 | -               | 2.03 $\pm$ 0.22 | -               | -                 | Micro.         |
| 23                | -                  | 0.00            | 0.19 $\pm$ 0.03  | -                 | -               | 1.79 $\pm$ 0.23 | -               | -                 | Micro.         |
| 24                | -                  | 0.00            | 0.18 $\pm$ 0.04  | -                 | -               | 1.65 $\pm$ 0.32 | -               | -                 | Micro.         |
| X                 | 0.20 $\pm$ 0.06    | 0.18 $\pm$ 0.04 | 0.38 $\pm$ 0.11  | 1.83 $\pm$ 0.48   | 1.62 $\pm$ 0.26 | 3.47 $\pm$ 0.69 | 1.08 $\pm$ 0.13 | 47.45 $\pm$ 3.99  | M              |
| Y                 | 0.28 $\pm$ 0.10    | 0.08 $\pm$ 0.03 | 0.37 $\pm$ 0.13  | 2.56 $\pm$ 0.49   | 0.74 $\pm$ 0.15 | 3.31 $\pm$ 0.65 | 3.45 $\pm$ 0.19 | 22.46 $\pm$ 0.96  | S.T            |
| Sum               |                    |                 | 11.00 $\pm$ 1.27 |                   |                 |                 |                 |                   |                |

**Table 4. Averages of chromosomes measurements and classification, obtained from observations on ten cell spreads, of *Rousettus aegyptiacus*.**

| Chromosome number | Chromosome Length |                 |                 | Relative Length % |                 |                 | Arm ratio       | Centromeric index | Classification |
|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                   | Long arm          | Short arm       | Total           | Long arm          | Short arm       | Total           |                 |                   |                |
|                   | Mean $\pm$ S.D.   | Mean $\pm$ S.D. | Mean $\pm$ S.D. | Mean $\pm$ S.D.   | Mean $\pm$ S.D. | Mean $\pm$ S.D. |                 |                   |                |
| 1                 | 0.58 $\pm$ 0.17   | 0.51 $\pm$ 0.14 | 1.09 $\pm$ 0.30 | 5.10 $\pm$ 0.35   | 4.56 $\pm$ 0.39 | 9.67 $\pm$ 0.58 | 1.12 $\pm$ 0.11 | 47.17 $\pm$ 2.53  | M              |
| 2                 | 0.54 $\pm$ 0.14   | 0.49 $\pm$ 0.16 | 1.03 $\pm$ 0.30 | 4.83 $\pm$ 0.35   | 4.25 $\pm$ 0.29 | 9.09 $\pm$ 0.32 | 1.14 $\pm$ 0.14 | 46.85 $\pm$ 3.07  | M              |
| 3                 | 0.52 $\pm$ 0.16   | 0.44 $\pm$ 0.12 | 0.96 $\pm$ 0.28 | 4.60 $\pm$ 0.35   | 3.93 $\pm$ 0.29 | 8.53 $\pm$ 0.37 | 1.17 $\pm$ 0.13 | 46.11 $\pm$ 2.99  | M              |
| 4                 | 0.51 $\pm$ 0.19   | 0.40 $\pm$ 0.11 | 0.92 $\pm$ 0.31 | 4.43 $\pm$ 0.51   | 3.59 $\pm$ 0.19 | 8.03 $\pm$ 0.50 | 1.23 $\pm$ 0.16 | 44.95 $\pm$ 3.51  | M              |
| 5                 | 0.35 $\pm$ 0.14   | 0.31 $\pm$ 0.09 | 0.66 $\pm$ 0.24 | 3.01 $\pm$ 0.48   | 2.71 $\pm$ 0.16 | 5.73 $\pm$ 0.56 | 1.11 $\pm$ 0.16 | 47.62 $\pm$ 3.51  | M              |
| 6                 | 0.28 $\pm$ 0.11   | 0.25 $\pm$ 0.08 | 0.53 $\pm$ 0.19 | 2.49 $\pm$ 0.44   | 2.18 $\pm$ 0.27 | 4.67 $\pm$ 0.60 | 1.14 $\pm$ 0.19 | 46.89 $\pm$ 4.32  | M              |
| 7                 | 0.22 $\pm$ 0.07   | 0.20 $\pm$ 0.07 | 0.43 $\pm$ 0.15 | 1.98 $\pm$ 0.32   | 1.73 $\pm$ 0.27 | 3.72 $\pm$ 0.49 | 1.14 $\pm$ 0.21 | 46.70 $\pm$ 4.50  | M              |
| 8                 | 0.19 $\pm$ 0.05   | 0.17 $\pm$ 0.05 | 0.37 $\pm$ 0.11 | 1.75 $\pm$ 0.26   | 1.56 $\pm$ 0.18 | 3.31 $\pm$ 0.37 | 1.13 $\pm$ 0.19 | 47.21 $\pm$ 4.07  | M              |
| 9                 | 0.16 $\pm$ 0.05   | 0.15 $\pm$ 0.05 | 0.31 $\pm$ 0.10 | 1.40 $\pm$ 0.21   | 1.34 $\pm$ 0.12 | 2.75 $\pm$ 0.29 | 1.05 $\pm$ 0.14 | 48.93 $\pm$ 3.01  | M              |
| 10                | 0.41 $\pm$ 0.11   | 0.23 $\pm$ 0.08 | 0.64 $\pm$ 0.19 | 3.70 $\pm$ 0.76   | 2.09 $\pm$ 0.33 | 5.80 $\pm$ 1.05 | 1.76 $\pm$ 0.19 | 36.35 $\pm$ 2.60  | S.M            |
| 11                | 0.34 $\pm$ 0.08   | 0.18 $\pm$ 0.05 | 0.52 $\pm$ 0.14 | 3.10 $\pm$ 0.52   | 1.64 $\pm$ 0.29 | 4.75 $\pm$ 0.77 | 1.89 $\pm$ 0.24 | 34.72 $\pm$ 2.68  | S.M            |
| 12                | 0.56 $\pm$ 0.18   | 0.17 $\pm$ 0.05 | 0.73 $\pm$ 0.22 | 4.89 $\pm$ 0.11   | 1.49 $\pm$ 0.26 | 6.39 $\pm$ 0.30 | 3.35 $\pm$ 0.55 | 23.25 $\pm$ 2.99  | S.T.           |
| 13                | 0.54 $\pm$ 0.16   | 0.15 $\pm$ 0.04 | 0.70 $\pm$ 0.20 | 4.81 $\pm$ 0.26   | 1.37 $\pm$ 0.14 | 6.19 $\pm$ 0.21 | 3.52 $\pm$ 0.48 | 22.72 $\pm$ 2.36  | S.T            |
| 14                | 0.46 $\pm$ 0.15   | 0.14 $\pm$ 0.03 | 0.60 $\pm$ 0.19 | 3.99 $\pm$ 0.35   | 1.29 $\pm$ 0.23 | 5.29 $\pm$ 0.43 | 3.15 $\pm$ 0.50 | 24.40 $\pm$ 3.51  | S.T.           |
| 15                | 0.41 $\pm$ 0.15   | 0.12 $\pm$ 0.03 | 0.53 $\pm$ 0.18 | 3.56 $\pm$ 0.47   | 1.06 $\pm$ 0.20 | 4.62 $\pm$ 0.58 | 3.42 $\pm$ 0.74 | 23.03 $\pm$ 3.18  | S.T.           |
| 16                | 0.51 $\pm$ 0.13   | 0.00            | 0.51 $\pm$ 0.13 | 4.53 $\pm$ 0.56   | 0.00            | 4.53 $\pm$ 0.56 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| 17                | 0.20 $\pm$ 0.04   | 0.00            | 0.20 $\pm$ 0.04 | 1.62 $\pm$ 0.63   | 0.00            | 1.62 $\pm$ 0.63 | $\infty$        | 0.00              | Acro.          |
| X                 | 0.35 $\pm$ 0.07   | 0.31 $\pm$ 0.08 | 0.66 $\pm$ 0.15 | 3.16 $\pm$ 0.55   | 2.79 $\pm$ 0.32 | 5.95 $\pm$ 0.82 | 1.13 $\pm$ 0.13 | 47.07 $\pm$ 3.08  | M              |
| Y                 | -                 | -               | 0.10 $\pm$ 0.01 | -                 | -               | 1.25 $\pm$ 0.22 | -               | -                 | Micro.         |
| Sum               | 11.38 $\pm$ 3.42  |                 |                 |                   |                 |                 |                 |                   |                |

**Table 5. Averages of chromosomes measurements and classification, obtained from observations on ten cell spreads, of *Rhinopoma hardwickei*.**

| Chromosome number | Chromosome Length |                 |                 | Relative Length % |                 |                 | Arm ratio       | Centromeric index | Classification |
|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                   | Long arm          | Short arm       | Total           | Long arm          | Short arm       | Total           |                 |                   |                |
|                   | Mean $\pm$ S.D.   | Mean $\pm$ S.D. | Mean $\pm$ S.D. | Mean $\pm$ S.D.   | Mean $\pm$ S.D. | Mean $\pm$ S.D. |                 |                   |                |
| 1                 | 0.46 $\pm$ 0.07   | 0.46 $\pm$ 0.07 | 0.93 $\pm$ 0.14 | 4.37 $\pm$ 0.23   | 4.34 $\pm$ 0.24 | 8.71 $\pm$ 0.47 | 1.00 $\pm$ 0.01 | 49.83 $\pm$ 0.26  | M              |
| 2                 | 0.44 $\pm$ 0.07   | 0.42 $\pm$ 0.07 | 0.87 $\pm$ 0.15 | 4.13 $\pm$ 0.25   | 4.00 $\pm$ 0.32 | 8.14 $\pm$ 0.52 | 1.03 $\pm$ 0.07 | 49.13 $\pm$ 1.64  | M              |
| 3                 | 0.41 $\pm$ 0.06   | 0.32 $\pm$ 0.06 | 0.73 $\pm$ 0.12 | 3.83 $\pm$ 0.21   | 3.01 $\pm$ 0.29 | 6.85 $\pm$ 0.39 | 1.27 $\pm$ 0.10 | 43.92 $\pm$ 2.31  | M              |
| 4                 | 0.39 $\pm$ 0.05   | 0.31 $\pm$ 0.04 | 0.71 $\pm$ 0.09 | 3.71 $\pm$ 0.15   | 2.94 $\pm$ 0.16 | 6.66 $\pm$ 0.13 | 1.26 $\pm$ 0.10 | 44.20 $\pm$ 2.22  | M              |
| 5                 | 0.36 $\pm$ 0.05   | 0.31 $\pm$ 0.04 | 0.67 $\pm$ 0.10 | 3.42 $\pm$ 0.21   | 2.90 $\pm$ 0.11 | 6.34 $\pm$ 0.28 | 1.17 $\pm$ 0.07 | 45.86 $\pm$ 1.65  | M              |
| 6                 | 0.35 $\pm$ 0.04   | 0.28 $\pm$ 0.03 | 0.64 $\pm$ 0.07 | 3.32 $\pm$ 0.18   | 2.69 $\pm$ 0.32 | 6.04 $\pm$ 0.42 | 1.24 $\pm$ 0.16 | 44.40 $\pm$ 3.07  | M              |
| 7                 | 0.32 $\pm$ 0.04   | 0.24 $\pm$ 0.03 | 0.57 $\pm$ 0.06 | 3.09 $\pm$ 0.28   | 2.28 $\pm$ 0.22 | 5.38 $\pm$ 0.27 | 1.36 $\pm$ 0.20 | 42.45 $\pm$ 3.92  | M              |
| 8                 | 0.31 $\pm$ 0.06   | 0.21 $\pm$ 0.06 | 0.53 $\pm$ 0.12 | 2.95 $\pm$ 0.42   | 2.01 $\pm$ 0.33 | 4.97 $\pm$ 0.61 | 1.49 $\pm$ 0.28 | 40.53 $\pm$ 4.69  | M              |
| 9                 | 0.27 $\pm$ 0.03   | 0.22 $\pm$ 0.02 | 0.49 $\pm$ 0.05 | 2.51 $\pm$ 0.25   | 2.08 $\pm$ 0.21 | 4.62 $\pm$ 0.30 | 1.22 $\pm$ 0.15 | 45.06 $\pm$ 3.24  | M              |
| 10                | 0.21 $\pm$ 0.03   | 0.17 $\pm$ 0.02 | 0.39 $\pm$ 0.04 | 2.06 $\pm$ 0.26   | 1.65 $\pm$ 0.17 | 3.72 $\pm$ 0.26 | 1.26 $\pm$ 0.25 | 44.61 $\pm$ 4.80  | M              |
| 11                | 0.19 $\pm$ 0.03   | 0.13 $\pm$ 0.03 | 0.32 $\pm$ 0.06 | 1.80 $\pm$ 0.26   | 1.25 $\pm$ 0.26 | 3.07 $\pm$ 0.46 | 1.46 $\pm$ 0.28 | 40.90 $\pm$ 4.47  | M              |
| 12                | 0.52 $\pm$ 0.06   | 0.26 $\pm$ 0.03 | 0.78 $\pm$ 0.09 | 4.90 $\pm$ 0.26   | 2.44 $\pm$ 0.27 | 7.35 $\pm$ 0.39 | 2.02 $\pm$ 0.24 | 33.25 $\pm$ 2.65  | S.M            |
| 13                | 0.49 $\pm$ 0.04   | 0.17 $\pm$ 0.03 | 0.67 $\pm$ 0.07 | 4.64 $\pm$ 0.46   | 1.66 $\pm$ 0.23 | 6.37 $\pm$ 0.45 | 2.87 $\pm$ 0.54 | 25.17 $\pm$ 3.02  | S.M            |
| 14                | 0.30 $\pm$ 0.05   | 0.18 $\pm$ 0.03 | 0.48 $\pm$ 0.08 | 2.86 $\pm$ 0.27   | 1.69 $\pm$ 0.14 | 4.56 $\pm$ 0.29 | 1.79 $\pm$ 0.22 | 25.17 $\pm$ 3.02  | S.M            |
| 15                | 0.42 $\pm$ 0.04   | 0.11 $\pm$ 0.02 | 0.54 $\pm$ 0.05 | 4.01 $\pm$ 0.31   | 1.10 $\pm$ 0.21 | 5.16 $\pm$ 0.45 | 3.77 $\pm$ 0.92 | 21.29 $\pm$ 2.92  | S.T.           |
| 16                | 0.37 $\pm$ 0.03   | 0.10 $\pm$ 0.02 | 0.47 $\pm$ 0.05 | 3.50 $\pm$ 0.27   | 1.02 $\pm$ 0.23 | 4.52 $\pm$ 0.49 | 3.67 $\pm$ 1.33 | 22.40 $\pm$ 3.90  | S.T            |
| 17                | 0.24 $\pm$ 0.07   | 0.07 $\pm$ 0.01 | 0.29 $\pm$ 0.06 | 2.14 $\pm$ 0.57   | 0.66 $\pm$ 0.12 | 2.81 $\pm$ 0.64 | 3.24 $\pm$ 0.90 | 24.39 $\pm$ 4.50  | S.T            |
| X                 | 0.33 $\pm$ 0.05   | 0.28 $\pm$ 0.03 | 0.61 $\pm$ 0.08 | 3.17 $\pm$ 0.20   | 2.62 $\pm$ 0.11 | 5.80 $\pm$ 0.17 | 1.20 $\pm$ 0.11 | 45.32 $\pm$ 2.40  | M              |
| Y                 | -                 | -               | 0.18 $\pm$ 0.03 | -                 | -               | 1.67 $\pm$ 0.25 | -               | -                 | Micro.         |
| Sum               | 10.63 $\pm$ 1.24  |                 |                 |                   |                 |                 |                 |                   |                |

squash sequence for Mammalian chromosomes. *Stain Techn.* 31: 247-251.

GAISLER, J., MADKOUR, G. & J. PELIKAN. 1972. On the bats (Chiroptera) of Egypt. *Acta. Sc. Brno* 6(8): 1-40.

HARADA, M., MINEZAWA, M., TAKADA, S. & S. YENBUTRA. 1982. Karyological analysis of 12 species of bats from Thailand. *Caryologia*. 35 (2): 269-278.

HONACKI, J.H., KINMAN, K.E. & J.W. KOEPL. 1982. Mammal Species of the World: a taxonomic and geographic reference. Association Systematic Collections, Kansas.

KOOPMAN, K.F. 1984. A synopsis of the families of bats. *Bat Research News* 25: 25-29.

LEVAN, A., FREDGA, K. & A.A. SANDBERG. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220.

MATTHEY, R. 1968. General survey of the chromosome number by Eutherian mammals. *Mammalian Chromosomes Newsletter* 9: 17

RAY-CHAUDHURI, S.P. & S. PATHAK. 1966. Studies on the chromosomes of bats. List of worked out Indian species Chiroptera. *Mammalian chromosomes Newsletter* 22: 206.

REINA, J.M., PAZ, O., PEREZ-SUAREZ & J. NAVLET. 1994. Chromosome studies of six species of the Genus *Myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) from Spain. *Cytologia* 59: 219-223.

SEABRIGHT, M. 1971. A rapid banding technique for chromosomes. *Lancet*. 2: 971-972.

TSUCHIYA, K., YOSIDA, T., MORIWAKI, K., OHTANI, S., KULTA-UTHAL, S. & P. SUDTO. 1979. Karyotypes of twelve species of small mammals from Thailand. *Rep. Hokkaido Inst. Pub. Heal.* 29: 26-29.

VARELLA-GARCIA, M., ELIANA, M. & A.T. VALDIR. 1989. A survey of cytogenetic data on Brazilian bats.

UCHIDA, T.A. & K. ANDO. 1972. Karyotype analysis in Chiroptera. 1. Karyotype of Eastern barbastelle, *Barbastella leucomelas darjelingensis* and comments on its phylogenetic position. *Sci. Bull. Fac. Arg. Kyushu Univ.* 26: 393-398.

WASSIF, K. & G. MADKOUR. 1974. The wing skeleton in Egyptian bats (Microchiroptera) *Bull. Zool. Soc. Egypt.* 25: 68-78.

# Authors' Index

|                            |     |     |
|----------------------------|-----|-----|
| <b>AAEMM</b>               | III | 191 |
| Abbate R.                  | II  | 205 |
| <b>Abdul-Nour Hani</b>     | III | 35  |
| <b>Abul-Hab Jalil</b>      | III | 369 |
| Adank Markus               | IV  | 65  |
| <b>Adbesselam Malek</b>    | II  | 247 |
| Aigoun C.                  | II  | 247 |
| <b>Aimé Gérard</b>         | III | 5   |
| Allison Cara               | I   | 16  |
| <b>Ancel Bruno</b>         | III | 195 |
| <b>Ancel Bruno</b>         | III | 245 |
| <b>Ancel Bruno</b>         | III | 249 |
| <b>Andreev Sergiu P.</b>   | III | 321 |
| <b>Andreo B.</b>           | II  | 251 |
| Arcenegui Rocio            | I   | 183 |
| <b>Argant Alain</b>        | III | 105 |
| <b>Argant Alain</b>        | III | 160 |
| Arlt Thilo                 | III | 203 |
| <b>Arlt Thilo</b>          | III | 253 |
| Arlt Thilo                 | III | 257 |
| <b>Armand Dominique</b>    | III | 109 |
| <b>Arrigo Cyril</b>        | IV  | 13  |
| Astruc J.-G.               | I   | 424 |
| <b>Atteia Olivier</b>      | II  | 125 |
| Atteia Olivier             | II  | 141 |
| <b>Audra Philippe</b>      | I   | 165 |
| <b>Audra Philippe</b>      | I   | 337 |
| Audra Philippe             | I   | 429 |
| Auler A.                   | II  | 271 |
| <b>Ayub Soraya</b>         | IV  | 45  |
| <b>Ayub Soraya</b>         | V   | 35  |
| Badescu Adrian             | I   | 25  |
| <b>Badino Giovanni</b>     | I   | 483 |
| <b>Bakalowicz Michel</b>   | II  | 23  |
| Bakalowicz Michel          | II  | 55  |
| Balbi A.                   | I   | 69  |
| Balderer Werner            | II  | 275 |
| Banton O.                  | II  | 283 |
| Barczewski M.              | II  | 55  |
| <b>Barredo Silvia P.</b>   | I   | 69  |
| <b>Barsanti Cecilia M.</b> | III | 217 |
| Bartholeyns Jean-Pierre    | V   | 103 |
| <b>Bärtschi Hans-Peter</b> | III | 233 |
| <b>Bayle Christian</b>     | II  | 1   |
| Becker José Henrique       | V   | 35  |
| Bedos Anne                 | IV  | 47  |
| Bella P.                   | I   | 85  |
| <b>Benderev Alexey</b>     | II  | 255 |
| Bengeanu Monica            | I   | 235 |
| <b>Benischke Ralf</b>      | I   | 425 |
| <b>Bernasconi Reno</b>     | III | 333 |
| <b>Bernasconi Reno</b>     | III | 337 |
| <b>Berstad Ida Malene</b>  | I   | 53  |
| <b>Bini Alfredo</b>        | I   | 345 |
| Bitinskaya L. N.           | V   | 31  |
| <b>Bitterli Thomas</b>     | IV  | 5   |
| <b>Bitterli Thomas</b>     | I   | 349 |
| <b>Bixio Roberto</b>       | III | 269 |
| Bland J.                   | I   | 111 |
| Blinov S. M.               | II  | 319 |
| Blondel C.                 | I   | 424 |
| <b>Bock Matthias</b>       | III | 199 |
| <b>Bodin Jacques</b>       | II  | 259 |
| <b>Boehm Peter</b>         | III | 203 |
| <b>Bohly Bernard</b>       | III | 221 |
| <b>Bolanz Jean-Jacques</b> | IV  | 75  |
| <b>Bolliger Thomas</b>     | III | 141 |
| <b>Bonacci Ognjen</b>      | II  | 27  |

|                                |     |     |
|--------------------------------|-----|-----|
| <b>Borowsky Richard</b>        | III | 359 |
| Borsato Andrea                 | I   | 247 |
| Borsato Andrea                 | I   | 77  |
| <b>Borsato Andrea</b>          | II  | 57  |
| <b>Boutin Claude</b>           | III | 350 |
| Boyd Clifford C.               | III | 37  |
| Brandt Cyrille                 | IV  | 71  |
| Brouquisse François            | II  | 299 |
| <b>Brouquisse François</b>     | II  | 61  |
| <b>Brouquisse François</b>     | IV  | 47  |
| Buchas Holger                  | I   | 453 |
| <b>Bulichov Anatoly</b>        | V   | 89  |
| <b>Bundschuh Jochen</b>        | II  | 129 |
| <b>Burri Ezio</b>              | II  | 201 |
| Buzjak Nenad                   | III | 301 |
| Calvet Jean-Paul               | III | 261 |
| Cañaveras J. C.                | II  | 103 |
| <b>Capellini Dante Terence</b> | III | 145 |
| <b>Cappa Emanuele</b>          | III | 9   |
| <b>Cappa Emanuele</b>          | IV  | 79  |
| Cappa Giulio                   | III | 9   |
| Cappa Giulio                   | IV  | 79  |
| Carlson Kent R.                | III | 347 |
| Carrasco F.                    | II  | 251 |
| <b>Casati Luigi</b>            | IV  | 67  |
| <b>Cassou Jean-Pierre</b>      | V   | 53  |
| <b>Castellani Vittorio</b>     | III | 265 |
| Castellani Vittorio            | III | 269 |
| <b>Cech Brigitte</b>           | III | 209 |
| Chabert Jacques                | IV  | 83  |
| <b>Chabert Jacques</b>         | V   | 111 |
| Changyun Zhang                 | IV  | 55  |
| Chauve Pierre                  | II  | 247 |
| <b>Chazine Jean-Michel</b>     | III | 101 |
| <b>Choppy Jacques</b>          | I   | 3   |
| <b>Choppy Jacques</b>          | I   | 367 |
| <b>Choppy Jacques</b>          | I   | 401 |
| <b>Choppy Jacques</b>          | IV  | 83  |
| Christe Romain                 | II  | 221 |
| <b>Cigna Arrigo A.</b>         | I   | 203 |
| <b>Cimino Antonio</b>          | II  | 205 |
| Cinq-Mars J.                   | II  | 287 |
| Clark I. D.                    | II  | 287 |
| <b>Clemens Torsten</b>         | I   | 301 |
| Clemens Torsten                | II  | 107 |
| <b>Clemens Torsten</b>         | III | 65  |
| Clemens Torsten                | I   | 307 |
| Closson Damien                 | V   | 13  |
| Closson Damien                 | I   | 322 |
| <b>Clottes Jean</b>            | III | 103 |
| <b>Clottes Jean</b>            | III | 4   |
| <b>Coca Spencer</b>            | IV  | 87  |
| <b>Codrea Vlad</b>             | III | 179 |
| Coineau N.                     | III | 350 |
| <b>Collet Guy-Christian</b>    | III | 83  |
| <b>Collignon Bernard</b>       | II  | 263 |
| Collignon Bernard              | IV  | 57  |
| Cordonnier M.                  | II  | 69  |
| Cortel Adriano                 | I   | 183 |
| Cortel Adriano                 | I   | 179 |
| <b>Coste Thierry</b>           | V   | 85  |
| Cours Serge                    | III | 79  |
| Cox Nicholas J.                | I   | 285 |
| <b>Craven Stephen Adrian</b>   | V   | 15  |
| <b>Crochet Jean-Yves</b>       | I   | 424 |
| Cruz C. M.                     | II  | 95  |
| Cruz de la A. V.               | II  | 95  |
| Dalmeri Gianpaolo              | I   | 77  |

|                              |     |     |
|------------------------------|-----|-----|
| Damyantov Y.                 | I   | 111 |
| Damyantov Y.                 | I   | 105 |
| Damyantov Y.                 | I   | 107 |
| Damyantov Y.                 | I   | 110 |
| Damyantov A.                 | I   | 110 |
| Damyantov A.                 | I   | 111 |
| Damyantov A.                 | I   | 105 |
| Damyantov A.                 | I   | 107 |
| Daonian Yuan                 | I   | 300 |
| <b>Daonian Yuan</b>          | II  | 123 |
| Day Michael J.               | I   | 133 |
| Day Michael J.               | I   | 215 |
| de Bonis L.                  | I   | 424 |
| <b>De Broyer C.</b>          | V   | 103 |
| <b>De Paola Marco</b>        | I   | 202 |
| Décéréau Frédéric            | III | 91  |
| Deflandre G.                 | I   | 93  |
| Deharveng Louis              | IV  | 47  |
| <b>Delaby Serge</b>          | IV  | 111 |
| <b>Delaby Serge</b>          | IV  | 115 |
| Delannoy Jean-Jacques        | I   | 61  |
| Delannoy Jean-Jacques        | II  | 69  |
| Delannoy Jean-Jacques        | I   | 257 |
| Dematteis Antonio            | II  | 291 |
| <b>Denneborg Michael</b>     | I   | 341 |
| Denys Christiane             | I   | 424 |
| Denys Christiane             | III | 165 |
| Denys Christiane             | III | 178 |
| Destombes Jean-Luc           | I   | 257 |
| <b>Destombes Jean-Luc</b>    | II  | 69  |
| Destombes Jean-Luc           | I   | 61  |
| Dimuccio Luca Antonio        | I   | 202 |
| <b>Dimuccio Luca Antonio</b> | I   | 400 |
| <b>Djurovic Predrag</b>      | I   | 421 |
| <b>Dodelin Christian</b>     | V   | 73  |
| <b>Doerfliger Nathalie</b>   | II  | 133 |
| <b>Doerfliger Nathalie</b>   | II  | 209 |
| Doerfliger Nathalie          | II  | 47  |
| Dogwiler Toby                | I   | 178 |
| Dominguez Carmen             | I   | 485 |
| Dragan-Bularda Mihail        | III | 285 |
| Dragoni Walter               | III | 265 |
| <b>Draily Christelle</b>     | III | 61  |
| <b>Dreybrodt Wolfgang</b>    | II  | 75  |
| Dreybrodt Wolfgang           | II  | 81  |
| <b>Drouin Philippe</b>       | IV  | 119 |
| <b>Drouin Philippe</b>       | III | 113 |
| Drysdale R. N.               | I   | 73  |
| Du Fayet de la Tour Alain    | III | 79  |
| <b>Dublyansky Yuri V.</b>    | II  | 267 |
| <b>Dublyansky Yuri V.</b>    | I   | 271 |
| Dubois Paul                  | I   | 3   |
| Ducimetière Pascal           | IV  | 13  |
| Duday Henri                  | III | 79  |
| Duffaud S.                   | I   | 424 |
| Dumont Laurent               | IV  | 13  |
| Ehret Michel                 | III | 221 |
| Einevold Solvi               | I   | 53  |
| <b>Eisenlohr Laurent</b>     | II  | 81  |
| <b>Eiswirth Matthias</b>     | II  | 213 |
| Ek Camille                   | I   | 297 |
| <b>Ek Camille</b>            | I   | 322 |
| <b>Ek Camille</b>            | V   | 13  |
| Emblanch Christophe          | II  | 17  |
| <b>Emblanch Christophe</b>   | II  | 5   |
| Engel Scott                  | I   | 21  |
| <b>Epis Lorenzo</b>          | V   | 29  |
| Eraso Adolfo Romero          | I   | 483 |

|                                       |     |     |                             |     |     |                               |     |     |
|---------------------------------------|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|-------------------------------|-----|-----|
| <b>Eraso Adolfo Romero</b>            | I   | 485 | <b>Ginés Angel</b>          | I   | 37  | <b>Hückinghaus Dirk</b>       | II  | 107 |
| <b>Espinasa Luis</b>                  | III | 359 | <b>Ginés Joaquín</b>        | I   | 37  | <b>Hückinghaus Dirk</b>       | II  | 145 |
| <b>Eszterhás István</b>               | I   | 469 | <b>Glazek Jerzy</b>         | I   | 85  | <b>Hückinghaus Dirk</b>       | II  | 65  |
| <b>Faeh A.</b>                        | II  | 9   | <b>Glazek Jerzy</b>         | I   | 405 | <b>Huff Warren</b>            | I   | 25  |
| <b>Fage Luc-Henry</b>                 | III | 101 | <b>Glazek Jerzy</b>         | I   | 45  | <b>Huggenberger Peter</b>     | II  | 221 |
| <b>Faillat Jean-Pierre</b>            | II  | 111 | <b>Glowacki Piotr</b>       | I   | 366 | <b>Huntoon Peter W.</b>       | I   | 311 |
| <b>Faillat Jean-Pierre</b>            | II  | 85  | <b>Gobrunova K. A.</b>      | II  | 319 | <b>Imper David</b>            | III | 229 |
| <b>Fairchild Ian J.</b>               | I   | 247 | <b>Goggin Keith E.</b>      | I   | 381 | <b>Isayevitch A. G.</b>       | V   | 31  |
| <b>Fang Jinfu</b>                     | I   | 395 | <b>Gogniat Stéphane</b>     | II  | 229 | <b>Jaillet Stéphane</b>       | I   | 171 |
| <b>Farina Daniele</b>                 | I   | 143 | <b>Goldie Helen S.</b>      | I   | 285 | <b>Jalov Alexey</b>           | IV  | 25  |
| <b>Favre Gérard</b>                   | IV  | 13  | <b>Goodbar James</b>        | V   | 3   | <b>Jambresic Gordana</b>      | III | 157 |
| <b>Felici Alberta</b>                 | IV  | 79  | <b>Grady Frederick</b>      | III | 175 | <b>Jan Vit</b>                | I   | 45  |
| <b>Felici Alberto</b>                 | III | 9   | <b>Gradzinski Michal</b>    | I   | 275 | <b>Jeanbourquin Pascal</b>    | II  | 13  |
| <b>Felisiak Ireneusz</b>              | I   | 17  | <b>Gradzinski Michal</b>    | I   | 81  | <b>Jeannin Pierre-Yves</b>    | I   | 195 |
| <b>Ferguson Lynn M.</b>               | III | 315 | <b>Gradzinski Michal</b>    | I   | 85  | <b>Jeannin Pierre-Yves</b>    | II  | 149 |
| <b>Fernandez-Jalvo Yolanda</b>        | III | 165 | <b>Gradzinski Michal</b>    | IV  | 91  | <b>Jeannin Pierre-Yves</b>    | II  | 91  |
| <b>Fiedler Suzana</b>                 | III | 301 | <b>Grandgirard Vincent</b>  | I   | 331 | <b>Jeannin Pierre-Yves</b>    | IV  | 1   |
| <b>Filippov Andrey G.</b>             | I   | 465 | <b>Grasso Alessandro D.</b> | II  | 91  | <b>Jeannin Pierre-Yves</b>    | I   | 293 |
| <b>Fischer M. J.</b>                  | I   | 73  | <b>Guadelli Jean-Luc</b>    | III | 117 | <b>Jeannin Pierre-Yves</b>    | I   | 349 |
| <b>Fluck Pierre</b>                   | III | 187 | <b>Guardiario J. D. A.</b>  | II  | 199 | <b>Jifang Shen</b>            | IV  | 55  |
| <b>Foltete Jacques</b>                | I   | 169 | <b>Guglielmi Yves</b>       | II  | 137 | <b>Johnson Jerald</b>         | III | 41  |
| <b>Font Estramar, Ass. Rech.</b>      | IV  | 71  | <b>Guyot Jean Loup</b>      | IV  | 51  | <b>Jonnsson Sigurdur S.</b>   | I   | 485 |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 44  | <b>Guyot Jean-Loup</b>      | II  | 271 | <b>Jordan P.</b>              | II  | 275 |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 88  | <b>Guzvica Goran</b>        | III | 121 | <b>Jordi Martin</b>           | V   | 77  |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | II  | 120 | <b>Habermann Dirk</b>       | I   | 251 | <b>Jull Timothy A. J.</b>     | I   | 65  |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | II  | 195 | <b>Halliday William R.</b>  | I   | 437 | <b>Junwei Wan</b>             | IV  | 55  |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 105 | <b>Halliday William R.</b>  | I   | 199 | <b>Kadlec Jaroslav</b>        | I   | 13  |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 107 | <b>Halliday William R.</b>  | I   | 461 | <b>Kadlec Jaroslav</b>        | I   | 387 |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 111 | <b>Hanneberg Armin</b>      | III | 203 | <b>Kalmbach Uwe</b>           | IV  | 29  |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 146 | <b>Hanneberg Armin</b>      | III | 253 | <b>Karlén W.</b>              | I   | 55  |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 261 | <b>Hanneberg Armin</b>      | III | 257 | <b>Kashima Naruhiko</b>       | III | 281 |
| <b>Ford Derek C.</b>                  | I   | 262 | <b>Hapka Roman</b>          | III | 3   | <b>Käb Werner</b>             | II  | 187 |
| <b>Forgeot Olivier</b>                | I   | 9   | <b>Hapka Roman</b>          | III | 57  | <b>Käb Werner</b>             | II  | 55  |
| <b>Fornos Joan J.</b>                 | I   | 37  | <b>Harlacher Christof</b>   | I   | 307 | <b>Kawashti I. S.</b>         | III | 371 |
| <b>Forti Paolo</b>                    | I   | 187 | <b>Hartenberger J.-L.</b>   | I   | 424 | <b>Kejonen Aimo</b>           | III | 53  |
| <b>Forti Paolo</b>                    | I   | 226 | <b>Hartmann A.</b>          | II  | 239 | <b>Kejonen Aimo</b>           | IV  | 93  |
| <b>Fosse Philippe</b>                 | III | 149 | <b>Hartmann Jens</b>        | I   | 100 | <b>Kempe Stephan</b>          | I   | 100 |
| <b>Fratila Gheorghe</b>               | III | 179 | <b>Hartmann Jens</b>        | I   | 453 | <b>Kempe Stephan</b>          | I   | 453 |
| <b>Fratila Gheorghe</b>               | I   | 231 | <b>Hassan H. A.</b>         | III | 371 | <b>Kempe Stephan</b>          | III | 13  |
| <b>Frisia Silvia</b>                  | I   | 247 | <b>Hauns Michael</b>        | II  | 141 | <b>Kempe Stephan</b>          | I   | 445 |
| <b>Frisia Silvia</b>                  | I   | 77  | <b>Häuselmann Philipp</b>   | II  | 31  | <b>Kempe Stephan</b>          | I   | 449 |
| <b>Frumkin Amos</b>                   | I   | 139 | <b>Häuselmann Philipp</b>   | IV  | 1   | <b>Keppens E.</b>             | I   | 93  |
| <b>Fuchs Gerald</b>                   | I   | 425 | <b>Havlicek David</b>       | I   | 481 | <b>Ketz-Kempe Christild</b>   | III | 13  |
| <b>Funcken Luc</b>                    | III | 205 | <b>Heaton Tim</b>           | I   | 77  | <b>Kicinska Ditta</b>         | I   | 168 |
| <b>Funcken Luc</b>                    | IV  | 7   | <b>Heijnis H.</b>           | I   | 73  | <b>Kienle J.</b>              | II  | 163 |
| <b>Funcken Luc</b>                    | IV  | 9   | <b>Heller Martin</b>        | V   | 127 | <b>Kiss Stefan</b>            | III | 285 |
| <b>Furquim Scaleante Oscarlina A.</b> | I   | 363 | <b>Hercman Helena</b>       | I   | 45  | <b>Klimchouk Alexander</b>    | I   | 157 |
| <b>Gaál Lúdvít</b>                    | I   | 464 | <b>Hercman Helena</b>       | I   | 85  | <b>Klimchouk Alexander</b>    | I   | 161 |
| <b>Gabrovsek Franci</b>               | IV  | 23  | <b>Hercman Helena</b>       | I   | 87  | <b>Klimchouk Alexander</b>    | I   | 306 |
| <b>Gadat J.-Y.</b>                    | II  | 69  | <b>Hermann Felix</b>        | II  | 141 | <b>Knez Martin</b>            | II  | 279 |
| <b>Gaiffe M.</b>                      | I   | 297 | <b>Herold Thilo</b>         | II  | 275 | <b>Knez Martin</b>            | I   | 156 |
| <b>Galdenzi Sandro</b>                | I   | 187 | <b>Hill Carol A.</b>        | I   | 226 | <b>Korshunov Viktor A.</b>    | I   | 29  |
| <b>Gale S. J.</b>                     | I   | 73  | <b>Hill Carol A.</b>        | I   | 390 | <b>Korzhyk Vitali</b>         | V   | 7   |
| <b>Galik Alfred</b>                   | III | 65  | <b>Hobbs III H. H.</b>      | III | 345 | <b>Kósa Attila</b>            | V   | 129 |
| <b>Gallerini Giuliano</b>             | I   | 143 | <b>Hobléa Fabien</b>        | II  | 35  | <b>Kosel Vladimir</b>         | III | 310 |
| <b>Garasic Mladen</b>                 | IV  | 123 | <b>Hobléa Fabien</b>        | I   | 429 | <b>Kostov Konstantin</b>      | I   | 409 |
| <b>Garasic Mladen</b>                 | IV  | 125 | <b>Hof Alex</b>             | I   | 137 | <b>Kovacevic Tihomir</b>      | IV  | 125 |
| <b>Garasic Mladen</b>                 | I   | 147 | <b>Hofenpradli Angelica</b> | I   | 235 | <b>Krasnoshtein Arkady E.</b> | V   | 31  |
| <b>Garcia A. E.</b>                   | II  | 95  | <b>Hoffmann Guido</b>       | V   | 65  | <b>Krawczyk Wieslawa Ewa</b>  | I   | 493 |
| <b>Garcia Michel</b>                  | III | 79  | <b>Holland Ernst</b>        | V   | 39  | <b>Krekele Mark P. S.</b>     | I   | 21  |
| <b>Gaspar E.</b>                      | I   | 41  | <b>Holler Cato Jr.</b>      | III | 305 | <b>Krklec Nevenka</b>         | III | 157 |
| <b>Gaspar Radu D.</b>                 | II  | 175 | <b>Holmgren K.</b>          | I   | 55  | <b>Krouse Roy H. P.</b>       | I   | 105 |
| <b>Gaspar Radu D.</b>                 | II  | 217 | <b>Holsinger John R.</b>    | III | 347 | <b>Krouse Roy H. P.</b>       | I   | 107 |
| <b>Genereux D.</b>                    | II  | 199 | <b>Horat Peter</b>          | II  | 9   | <b>Krouse Roy H. P.</b>       | I   | 65  |
| <b>Genty Dominique</b>                | I   | 61  | <b>Hoti Makir</b>           | IV  | 129 | <b>Krutaj Farudin</b>         | IV  | 129 |
| <b>Genty Dominique</b>                | I   | 257 | <b>Hötzl Heinz</b>          | II  | 187 | <b>Kusch Heinrich</b>         | III | 17  |
| <b>Georgiev L. N.</b>                 | I   | 105 | <b>Hötzl Heinz</b>          | II  | 213 | <b>Labau V.</b>               | I   | 41  |
| <b>Georgiev L. N.</b>                 | I   | 107 | <b>Hötzl Heinz</b>          | II  | 303 | <b>Laiconas Erikas</b>        | III | 169 |
| <b>Ghargari Lucretia</b>              | I   | 231 | <b>Hoyos M.</b>             | II  | 103 | <b>Lami H.</b>                | II  | 247 |
| <b>Ghargari Lucretia</b>              | I   | 227 | <b>Huang Yiming</b>         | I   | 77  | <b>Larocque Marie</b>         | II  | 283 |
| <b>Giannandrea Paolo</b>              | I   | 202 | <b>Hubbard David</b>        | III | 37  | <b>Lascu Cristian</b>         | I   | 25  |
| <b>Gietl Diana</b>                    | I   | 497 | <b>Hubbard David</b>        | III | 175 | <b>Lastennet Roland</b>       | II  | 17  |
| <b>Gillieson David</b>                | I   | 327 | <b>Hubbard David A. Jr.</b> | III | 311 | <b>Lastennet Roland</b>       | II  | 5   |

|                          |     |     |
|--------------------------|-----|-----|
| Laudet Frédéric          | I   | 424 |
| Laudet Frédéric          | III | 165 |
| Laudet Frédéric          | III | 178 |
| Laureti Lamberto         | III | 236 |
| Lauriol Bernard          | III | 287 |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 178 |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 45  |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 55  |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 57  |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 85  |
| Lauritzen Stein-Erik     | II  | 320 |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 49  |
| Lauritzen Stein-Erik     | I   | 53  |
| Le Bec G.                | II  | 111 |
| Le Pennec Robert         | II  | 39  |
| Lee-Thorp J.             | I   | 55  |
| Leel-Ossy Szabolcs       | I   | 116 |
| Legendre S.              | I   | 424 |
| Lesinsky Gabriel         | III | 325 |
| Leszkiewicz Jan          | I   | 489 |
| Lewandowski Klaus        | III | 213 |
| Lhenaff R.               | I   | 297 |
| Li Juzhang               | I   | 395 |
| Liedl Rudolf             | II  | 107 |
| Liedl Rudolf             | II  | 145 |
| Liedl Rudolf             | II  | 153 |
| Liedl Rudolf             | II  | 65  |
| Liedl Rudolf             | I   | 195 |
| Liessmann Wilfried       | III | 237 |
| Lignereux Yves           | III | 71  |
| Lin Junshu               | I   | 395 |
| Linge Henriette          | I   | 49  |
| Lips Bernard             | IV  | 41  |
| Liu Zaihua               | I   | 300 |
| Liyanyun X. C. C.        | II  | 21  |
| Ljubojevic Vladimir      | I   | 421 |
| Lochner Bernd            | III | 241 |
| Loiseleur Bernard        | I   | 355 |
| Loiseleur Bernard        | I   | 441 |
| Longinelli Antonio       | I   | 247 |
| Looser Michel            | II  | 291 |
| López-Chicano M.         | II  | 43  |
| Lowe David J.            | I   | 436 |
| Lozan Mina N.            | III | 321 |
| Lundberg Joyce           | I   | 178 |
| Lundberg Joyce           | I   | 101 |
| Macaluso M.              | II  | 205 |
| MacDonald William D.     | I   | 105 |
| MacDonald William D.     | I   | 107 |
| MacDonald William D.     | I   | 60  |
| Madry B.                 | II  | 81  |
| Magniez Guy J.           | III | 341 |
| Maire Richard            | I   | 359 |
| Maltsev Vladimir A.      | I   | 29  |
| Maltsev Vladimir A.      | I   | 219 |
| Maltsev Vladimir A.      | I   | 267 |
| Mangan C.                | II  | 137 |
| Mangin Alain             | II  | 283 |
| Mania Jacky              | II  | 247 |
| Manolache Elena          | III | 285 |
| Marandat B.              | I   | 424 |
| Maréchal Jean-Christophe | II  | 149 |
| Maréchal Jean-Christophe | II  | 291 |
| Marinova E.              | I   | 107 |
| Martin Philippe          | I   | 129 |
| Martin Rosales W.        | II  | 43  |
| Martinek Klaus-Peter     | III | 253 |
| Martinek Klaus-Peter     | III | 257 |
| Martini Jacques E.J.     | I   | 223 |
| Martini Sergio           | III | 217 |
| Martini Sergio           | I   | 315 |
| Masotti Daniel           | V   | 21  |
| Masotti Daniel           | V   | 25  |

|                              |     |     |
|------------------------------|-----|-----|
| Masotti Daniel               | V   | 9   |
| Massoli-Novelli R.           | II  | 201 |
| Matthews Peter               | V   | 72  |
| Matthews Peter               | V   | 72  |
| Matthews Peter               | V   | 72  |
| Maucha Laszlo                | II  | 157 |
| Maucha Laszlo                | II  | 321 |
| Mauduit Eric                 | III | 261 |
| Mavlyudov Bulat R.           | I   | 191 |
| Maximovich N. G.             | II  | 319 |
| McDermott Frank              | I   | 77  |
| Mecchia Marco                | I   | 483 |
| Medville Douglas M.          | I   | 381 |
| Medville Douglas M.          | I   | 457 |
| Medville Hazel E.            | I   | 457 |
| Meier Edi                    | II  | 221 |
| Melloul Abraham J.           | II  | 225 |
| Melo Filho Leonildes         | IV  | 51  |
| Melo-Filho Leonildes         | II  | 271 |
| Menichetti Marco             | I   | 187 |
| Menne Benjamin               | II  | 119 |
| Menne Benjamin               | IV  | 33  |
| Menne Benjamin               | III | 289 |
| Messouli M.                  | III | 350 |
| Meus Philippe                | II  | 55  |
| Michel G.                    | V   | 103 |
| Michel J.                    | V   | 81  |
| Michel Raymond               | V   | 13  |
| Michie Neville               | V   | 43  |
| Middleton Gregory            | I   | 437 |
| Mihevc Andrej                | I   | 57  |
| Mijatovic Borivoje F.        | II  | 295 |
| Miserez Jean-Jacques         | II  | 229 |
| Mixon David                  | I   | 21  |
| Mohrlök Ulf                  | II  | 163 |
| Mohrlök Ulf                  | II  | 167 |
| Moldovan Oana                | III | 319 |
| Montandon Paul-Etienne       | II  | 229 |
| Montero Garcia Ismael Arturo | III | 20  |
| Montero Garcia Ismael Arturo | V   | 80  |
| Morel Laurent                | V   | 99  |
| Morel Philippe               | III | 3   |
| Morel Philippe               | III | 137 |
| Morin Denis                  | III | 225 |
| Motyka Jacek                 | II  | 171 |
| Motyka Jacek                 | II  | 235 |
| Mouret Claude                | II  | 299 |
| Mouret Claude                | IV  | 57  |
| Mouret Claude                | III | 363 |
| Mousny Vincent               | V   | 13  |
| Mudry Jacques                | II  | 137 |
| Mudry Jacques                | II  | 17  |
| Mudry Jacques                | II  | 247 |
| Mudry Jacques                | II  | 251 |
| Mudry Jacques                | II  | 5   |
| Mueller Robert J.            | I   | 215 |
| Muglova Penka                | III | 95  |
| Muglova Penka                | I   | 207 |
| Mulaomerovic Jasminko        | III | 87  |
| Müller Claudia               | I   | 301 |
| Müller Elisabeth             | II  | 239 |
| Müller Imre                  | II  | 221 |
| Müller Imre                  | II  | 243 |
| Muñoz Alfonso                | I   | 179 |
| Munson Cheryl Ann            | III | 45  |
| Munson Patrick J.            | III | 45  |
| Mylroie John E.              | I   | 178 |
| Naef F.                      | II  | 9   |
| Niggemann Stefan             | I   | 251 |
| Niggemann Stefan             | I   | 151 |
| Nini Roberto                 | III | 273 |
| Oberwinder Matthias          | I   | 453 |
| Oberwinder Matthias          | I   | 449 |

|                           |     |     |
|---------------------------|-----|-----|
| Olze Rainer               | I   | 251 |
| Onac Bogdan Petroniu      | I   | 235 |
| Onac Bogdan Petroniu      | I   | 227 |
| Onac Bogdan Petroniu      | I   | 231 |
| Orecchio S.               | II  | 205 |
| Otonicar Bojan            | I   | 417 |
| Otz Martin                | II  | 31  |
| Paar Werner               | III | 209 |
| Pacher Martina            | III | 65  |
| Pajón Morejón Jesús M.    | I   | 97  |
| Pajón-morejón Jesús M.    | II  | 95  |
| Pandurska Rumiana         | III | 367 |
| Partridge T. C.           | I   | 55  |
| Pascu Maria               | II  | 175 |
| Pashenko Serguei E.       | I   | 271 |
| Patrick Rosenthal         | III | 225 |
| Paunica I.                | II  | 217 |
| Paunica T.                | I   | 41  |
| Pavuzo Rudolf             | I   | 7   |
| Pechhold Eberhard         | I   | 211 |
| Pedde Sara                | III | 67  |
| Perego Renata             | III | 124 |
| Perego Renata             | III | 136 |
| Perna Giuliano            | I   | 397 |
| Perret Catherine          | IV  | 65  |
| Perret Jean François      | IV  | 51  |
| Perrette Yves             | I   | 257 |
| Perrette Yves             | I   | 61  |
| Perrin Jérôme             | II  | 99  |
| Perrin Jérôme             | IV  | 19  |
| Petitta Marco             | II  | 201 |
| Petrochilou Anna          | III | 64  |
| Philippe Michel           | III | 113 |
| Philippe Michel           | III | 125 |
| Philippe Michel           | III | 136 |
| Philippe Michel           | III | 161 |
| Pinto Ana Cristina        | III | 171 |
| Plagnes Valérie           | II  | 179 |
| Plesa Corneliu            | III | 329 |
| Porter Megan L.           | III | 345 |
| Postawa A.                | II  | 235 |
| Preiswerk Christian       | IV  | 37  |
| Prokhorenko Vitaliy       | V   | 93  |
| Prokhorenko Vitaliy       | V   | 95  |
| Proudlove Graham S.       | III | 351 |
| Proudlove Graham S.       | III | 355 |
| Puech Vincent             | I   | 293 |
| Puig J. M.                | II  | 5   |
| Pulido-Bosch Antonio      | II  | 43  |
| Pulina Marian             | I   | 323 |
| Pulina Marian             | I   | 366 |
| Pulina Marian             | I   | 489 |
| Pulina Marian             | I   | 493 |
| Quinif Yves               | I   | 93  |
| Quinif Yves               | I   | 257 |
| Quinif Yves               | I   | 61  |
| Radanovic-Guzvica Biserka | III | 121 |
| Rage J.-C.                | I   | 424 |
| Ragsdale Michael          | I   | 21  |
| Rathgeber Thomas          | III | 153 |
| Ravazzi Cesare            | III | 124 |
| Razack M.                 | II  | 259 |
| Razack M.                 | II  | 283 |
| Ré G.                     | I   | 69  |
| Redonte Gabriel Jorge     | IV  | 99  |
| Rehák Josef               | I   | 493 |
| Reichert Barbara          | II  | 303 |
| Reiner Gerhard            | III | 181 |
| Reisinger Christian       | III | 129 |
| Reisner Victor            | IV  | 103 |
| Remy J.-A.                | I   | 424 |
| Renner Sven               | II  | 153 |
| Reynard Emmanuel          | V   | 17  |

|                               |     |     |                                      |     |     |                                  |     |     |
|-------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|----------------------------------|-----|-----|
| Reynaud A.                    | II  | 137 | Sigé B.                              | I   | 424 | Vacquié Jean-François            | IV  | 57  |
| Richter Detlev K.             | I   | 251 | Simões Washington                    | III | 83  | Vadillo I.                       | II  | 251 |
| Rigal Didier                  | IV  | 47  | Simon-Coinçon R.                     | I   | 424 | Valdés J. J.                     | II  | 95  |
| Rogers Bruce W.               | III | 45  | <b>Singh Ramesh B.</b>               | I   | 369 | Vallejos A.                      | II  | 43  |
| Rognon P.                     | II  | 229 | <b>Slabe Tadej</b>                   | I   | 377 | <b>van Beyden P. E.</b>          | II  | 120 |
| <b>Rosendahl Wilfried</b>     | III | 25  | <b>Smart Chris C.</b>                | II  | 183 | <b>Van Beynen P. E.</b>          | I   | 262 |
| Rospondek Mariusz             | I   | 81  | <b>Smart Chris C.</b>                | II  | 315 | <b>Vanara Nathalie</b>           | II  | 115 |
| <b>Rossi Carlos</b>           | I   | 179 | <b>Smart Chris C.</b>                | II  | 51  | <b>Vanara Nathalie</b>           | I   | 359 |
| <b>Rossi Carlos</b>           | I   | 183 | Smart Peter L.                       | I   | 16  | <b>Vasileva Danica</b>           | I   | 175 |
| <b>Rousset Claude</b>         | II  | 307 | Smyk Boleslaw                        | I   | 275 | Vasiliev Andrey G.               | III | 321 |
| Rouvinez Fabienne             | III | 57  | Soler V.                             | II  | 103 | Vendramini Guilherme             | IV  | 51  |
| <b>Rouzaud François</b>       | III | 261 | <b>Somelette Luc</b>                 | II  | 111 | <b>Veni George</b>               | I   | 373 |
| <b>Rouzaud François</b>       | III | 49  | <b>Song Linhua</b>                   | I   | 279 | <b>Verheyden Sophie</b>          | I   | 93  |
| <b>Rouzaud François</b>       | III | 71  | <b>Song Linhua</b>                   | I   | 319 | Verheyden Sophie                 | IV  | 111 |
| <b>Rouzaud François</b>       | III | 79  | <b>Song Linhua</b>                   | I   | 433 | Verheyden Sophie                 | IV  | 115 |
| <b>Rouzaud François</b>       | III | 97  | Souillac, Spéléo-Club de             | III | 161 | <b>Versa Dorotea</b>             | V   | 69  |
| <b>Rouzaud François</b>       | III | 91  | Soulier Michel                       | III | 71  | Vianey-Liaud M.                  | I   | 424 |
| Rouzaud Jean-Noël             | III | 91  | Spahlinger Wolf                      | IV  | 29  | <b>Viehmänn Iosif</b>            | I   | 227 |
| <b>Rowling Jill</b>           | I   | 263 | Spicher Michel                       | I   | 331 | <b>Viehmänn Iosif</b>            | III | 133 |
| Rozkowski Jacek               | I   | 323 | Spiro Baruch                         | I   | 77  | Vremir Matei                     | I   | 413 |
| Rubbioli Ezio                 | IV  | 51  | <b>Stibrányi Gustáv</b>              | V   | 119 | Wan Junwei Y.                    | II  | 21  |
| <b>Ruggieri Rosario</b>       | IV  | 61  | Stichler W.                          | II  | 303 | Wang Daqing                      | III | 311 |
| <b>Ruggieri Rosario</b>       | I   | 125 | Stiefelhofen Willy                   | II  | 221 | Wang Fuchang                     | I   | 433 |
| Sailers J. E.                 | II  | 199 | <b>Stoiev Alexey</b>                 | I   | 207 | <b>Watson Patty Jo</b>           | III | 29  |
| <b>Salvatori Francesco</b>    | V   | 107 | <b>Stoiev Alexey</b>                 | III | 95  | <b>Weber Dieter</b>              | III | 307 |
| <b>Salvatori Francesco</b>    | V   | 115 | Stoiev Dimitar                       | I   | 207 | <b>Weidmann Yvo</b>              | IV  | 37  |
| <b>Salvatori Francesco</b>    | V   | 117 | Stoieva Mina                         | III | 95  | <b>Weidmann Yvo</b>              | IV  | 65  |
| <b>Sanchez-Moral S.</b>       | II  | 103 | Strassenburg Jan                     | I   | 453 | <b>Weisgerber Gerd</b>           | III | 216 |
| Sanz-Rubio E.                 | II  | 103 | <b>Striebel Thomas</b>               | I   | 473 | Weissensteiner Volker            | I   | 425 |
| Sarbu Serban                  | I   | 25  | <b>Stroutchkova Tatiana</b>          | III | 78  | <b>Werner Andreas</b>            | II  | 187 |
| Sasowsky Ira                  | I   | 25  | Stuart-Williams Hilary               | I   | 88  | White Elisabeth L.               | II  | 191 |
| <b>Sauter Martin</b>          | II  | 107 | Sudre J.                             | I   | 424 | <b>White Elizabeth L.</b>        | I   | 155 |
| Sauter Martin                 | II  | 145 | Summers Engel Annette                | I   | 21  | White Elizabeth L.               | I   | 305 |
| Sauter Martin                 | II  | 153 | <b>Summers Engel Annette</b>         | I   | 25  | <b>White William B.</b>          | II  | 191 |
| Sauter Martin                 | II  | 167 | <b>Sustersic France</b>              | I   | 117 | White William B.                 | I   | 155 |
| Sauter Martin                 | II  | 65  | Swinburne Nicola                     | I   | 88  | <b>White William B.</b>          | I   | 305 |
| Sauter Martin                 | I   | 195 | Szulc Joachim                        | I   | 275 | <b>White William B.</b>          | I   | 89  |
| Sauter Martin                 | I   | 301 | Szulc Joachim                        | I   | 81  | <b>Wilcock John D.</b>           | V   | 61  |
| Sauter Martin                 | I   | 307 | Tacchini Pascal                      | IV  | 19  | <b>Willems Luc</b>               | I   | 477 |
| <b>Sauter Martin</b>          | I   | 318 | <b>Tamas Tudor</b>                   | I   | 413 | <b>Williams Paul W.</b>          | I   | 92  |
| <b>Sbai Abdelkader</b>        | I   | 297 | <b>Tankersley Kenneth B.</b>         | III | 75  | Wollman S.                       | II  | 225 |
| <b>Sbai Abdelkader</b>        | II  | 311 | Tankersley Kenneth B.                | III | 45  | Wolniewicz Klaus                 | I   | 453 |
| Schäferjohann Volker          | I   | 473 | <b>Tarhule-Lips Rozemarijn F. A.</b> | I   | 146 | <b>Wookey</b>                    | V   | 57  |
| <b>Scherrer Nadim C.</b>      | I   | 73  | <b>Tarhule-Lips Rozemarijn F. A.</b> | I   | 261 | <b>Worthington Stephen R. H.</b> | II  | 195 |
| Scherrer S.                   | II  | 9   | Tasler R.                            | I   | 481 | Wutzig B.                        | III | 277 |
| Schifferdecker François       | III | 137 | <b>Terlau Craig A.</b>               | I   | 133 | Xiying Xiao                      | IV  | 55  |
| Schmid G.                     | II  | 55  | Teutsch Georg                        | II  | 163 | <b>Xuewen Zhu</b>                | II  | 121 |
| <b>Schnegg Pierre-André</b>   | II  | 47  | Teutsch Georg                        | II  | 65  | <b>Yaseen Ahmed E.</b>           | III | 371 |
| <b>Schöne Tilo</b>            | III | 277 | Thys G.                              | V   | 103 | Yonge Charles J.                 | I   | 107 |
| Schwarzc Henry P.             | I   | 88  | Tognini Paola                        | I   | 345 | Yonge Charles J.                 | I   | 111 |
| Schwarzc Henry P.             | II  | 120 | <b>Tomova Bisera</b>                 | V   | 131 | <b>Yonge Charles J.</b>          | I   | 436 |
| Schwarzc Henry P.             | I   | 262 | Toth V. A.                           | II  | 120 | Yonge Charles J.                 | I   | 65  |
| Scott Jane                    | IV  | 436 | <b>Toussaint Michel</b>              | III | 21  | Yonge Charles J.                 | I   | 105 |
| <b>Sebela Stanka</b>          | I   | 113 | <b>Tremblay Marc</b>                 | I   | 497 | Yonge Charles J.                 | I   | 60  |
| Seiler Klaus-P.               | II  | 239 | Trimborn P.                          | II  | 303 | Zabo L.                          | II  | 51  |
| Semikolenykh Andrei A.        | I   | 29  | <b>Trofimova Elena</b>               | I   | 391 | Zaenker Stefan                   | III | 307 |
| <b>Semikolenykh Andrey A.</b> | V   | 87  | Tsankov Ludmil T.                    | I   | 105 | Zambo Laszlo                     | I   | 44  |
| <b>Semikolenykh Andrey A.</b> | III | 293 | Tsankov Ludmil T.                    | I   | 107 | <b>Zechner Eric</b>              | II  | 199 |
| Shanov Stefan                 | II  | 255 | Tsankov Ludmil T.                    | I   | 110 | Zhao Jingbo                      | I   | 300 |
| Shanov Stefan                 | III | 367 | Tsankov Ludmil T.                    | I   | 111 | <b>Zhaohui Zhang</b>             | III | 297 |
| Shaw D. Patrick               | III | 347 | Tsankov Ludmil T.                    | I   | 65  | <b>Zhu Xuewen</b>                | I   | 385 |
| Shaw P. A.                    | I   | 55  | <b>Tuccimei Paola</b>                | I   | 37  | <b>Zhu Yuanfeng</b>              | V   | 47  |
| Shelepin Aleksey              | IV  | 103 | <b>Tulis Ján</b>                     | IV  | 107 | Zuber A.                         | II  | 171 |
| <b>Shen Jifang</b>            | II  | 21  | Turberg Pascal                       | II  | 243 | Zuccoli Luisa                    | I   | 345 |
| <b>Shopov Yavor Y.</b>        | I   | 105 | <b>Turchinov Igor</b>                | I   | 121 | <b>Zupan Hajna Nadja</b>         | I   | 33  |
| <b>Shopov Yavor Y.</b>        | I   | 107 | <b>Turchinov Igor</b>                | I   | 239 | Zurbrugg Ch.                     | II  | 9   |
| <b>Shopov Yavor Y.</b>        | I   | 110 | <b>Tyc Andrzej</b>                   | I   | 289 | Zwahlen François                 | II  | 209 |
| <b>Shopov Yavor Y.</b>        | I   | 111 | Tyc Andrzej                          | I   | 323 |                                  |     |     |
| <b>Shopov Yavor Y.</b>        | I   | 65  | Tyson P. D.                          | I   | 55  |                                  |     |     |
| <b>Shopov Yavor Y.</b>        | I   | 103 | Tysseland Magne                      | I   | 235 |                                  |     |     |
| <b>Shrivastava V. K.</b>      | III | 31  | <b>Uhrin Marcel</b>                  | III | 325 |                                  |     |     |
| <b>Siebenlist-Kerner V.</b>   | III | 203 | <b>Urbani Franco</b>                 | I   | 243 |                                  |     |     |
| Siemens H.                    | II  | 75  | <b>Usuloglu Ender</b>                | V   | 123 |                                  |     |     |



Pferd, Lascaux (Photo Hans Hinz)



Huautla, Oaxaca, Mexico (Photo Urs Widmer)



Grosse Hufeisennase / Rhinolophe grand fer-à-cheval (Photo Serge van Poucke)