

January 1997

**Proceedings of the 12th International Congress of Speleology.  
Volume 4: Symposium 4, Exploration and Speleology 12th  
International Congress of Speleology. Volume 4 Symposium 4,  
Exploration and Speleology**

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 4: Symposium 4, Exploration and Speleology 12th International Congress of Speleology. Volume 4 Symposium 4, Exploration and Speleology" (1997). *KIP Talks and Conferences*. 124.  
[https://digitalcommons.usf.edu/kip\\_talks/124](https://digitalcommons.usf.edu/kip_talks/124)

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 4

### SYMPOSIUM 4: EXPLORATION AND SPELEOLOGY

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

Volume 4

Symposium 4

**Exploration and Speleology**

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

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

Volume 4

Symposium 4

## Exploration and Speleology

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

**Editor:**

**Pierre-Yves Jeannin**

## **Symposium 4: Exploration and Speleology**

**Coordination:**

**Patrick Deriaz**

**Editorial board and support:**

**Jacques Dutruit**

**Daniela Spring**

**André Pignolet**

**Jean-Jacques Bolanz**

**Pierre-Xavier Meury**

**Philippe Morel**

**Yvo Weidmann**

**Francy Bonardo**

**Catherine Perret**



ISBN 2-88374-009-7 (Vol. 4)  
ISBN 2-88374-012-7 (Vol. 1-3)

**Publisher:** Speleo Project, Thewissenstr. 43, CH-4054 Basel, Switzerland  
**Cover:** Thewissenstr. 43, CH-4054 Basel, Switzerland (Photo: Balman/Wildmer)  
**Selling:** Bibliothèque de la Société Suisse de Spéologie, c/o Bibliothèque de la Ville, Rue du Progrès 33, CH-2300 La Chaux-de-Fonds, Fax: 021 947 53 78, email: asss@vtx.ch

Printed in Switzerland

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



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)



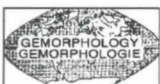
International Association of Hydrological Sciences (IAHS)  
Association Internationale des Sciences Hydrologiques (AISH)



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 2-88374-009-7 (Vol. 4)

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 editorial board. Despite this, the editorial 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 4: Exploration and Speleology

### Session 1: Exploration of large alpine caves

Häuselmann Philipp & Jeannin P.-Y.	The karstic region north of lake Thun.....	1
Bitterli Thomas	Rückblick auf 40 Jahre Forschung rund um den Hohgant: Innerbergli, Haglättsch, F1 und K2 (Berner Oberland, CH).....	5
Funcken Luc	Explorations récentes au Faustloch (Réseau des Sieben Hengste, Suisse).....	7
Funcken Luc	Bärenschacht, une exploration unique au monde.....	9
Arrigo Cyril <i>et al.</i>	Réseau Michel Gallice (P6).....	13
Perrin Jérôme & Tacchini P.	Le système karstique Grotte du Poteu - source de la Sarvaz (Valais, Suisse).....	19
Gabrovsek Franci	Two of the world's deepest shafts on Kaninski podi plateau in western Julian Alps, Slovenia.....	23
Jalov Alexey	Results from Bulgarian - Albanian speleological researches in Albanian Alps from 1991 - 1996.....	25
Kalmbach Uwe & Spahlinger W.	Forschungsstand Woising Höhlenpark, Totes Gebirge, Österreich.....	29
Menne Benjamin	Höhlen am Königssee (Nationalpark Berchtesgadener Alpen, Deutschland).....	33
Weidmann Yvo & Preiswerk Ch.	Muttseehöhle, oder -1070 Meter im Autochthon der Glarner Alpen.....	37
Lips Bernard	Etat des explorations sur le massif du Folly. Le réseau Jean-Bernard et le réseau de la Combe aux Puaires.....	41

### Session 2: Exploration in tropical karst areas

Ayub Soraya	Geospeleological study of Bonito '95 expedition / Akakor project.....	45
Brouquisse François <i>et al.</i>	1985 - 1996 : 12 ans d'explorations spéléologiques et scientifiques de l'Association Pyrénéenne de Spéléologie dans le Sud-Est asiatique.....	47
Guyot Jean Loup <i>et al.</i>	Les expéditions franco-brésiliennes GOIAS 94 et GOIAS 95 sur le karst de São Domingos, Goiás, Brésil.....	51
Jifang Shen <i>et al.</i>	The combined form of special karst in Weishui, Songzi, Hubei (China).....	55
Mouret Claude <i>et al.</i>	Giant underground rivers in Central Laos.....	57
Ruggieri Rosario	Sulawesi '94: Speleological survey in South-East Asia.....	61
Weidmann Yvo <i>et al.</i>	Lavahöhlen in Zentral- und Südkamchatka, GUS.....	65

### Session 3: Exploration of large wet systems

Casati Luigi	Diabolo de diable.....	67
Assoc. de Recherches de Font Estramar (ARFE) & Brandt C.	Font Estramar : 11 ans de recherches en plongée dans un grand réseau noyé en bord de Méditerranée.....	71
Bolanz Jean-Jacques & Giannopoulos V.	Vouliagmeni : bilan des explorations.....	75

### Session 4: Regional speleology

Cappa Emanuele <i>et al.</i>	The karstic system of Cave Formale (Carpineto Romano, Latium, Italy).....	79
Choppy Jacques & Chabert J.	Karsts of France.....	83
Coca Spencer	"Avenul de sub Coltii Grindului" (-540 m) - deepest cave in Romania.....	87
Gradzinski Michal	Polish caving 1994-1996.....	91
Kejonen Aimo	On Finnish caves.....	93
Redonte Gabriel Jorge	El sistema cavernario de Cuchillo Cura, un proyecto de investigación en la Provincia del Neuquén, República Argentina .....	99
Reisner Victor & Shelepin A.	Exploration of the "Krestik-Turist" cave system .....	103
Tulis Ján	The speleological perspectives of karst plateau called Pelc.....	107
Delaby Serge & Verheyden S.	Explorations belges en Italie.....	111
Delaby Serge & Verheyden S.	Spéléo-plongée en Turquie : synthèse des trois campagnes belges.....	115
Drouin Philippe	Trente ans de recherche d'une entrée supérieure de la grotte du Crochet (Jura français, département de l'Ain).....	119
Garasic Mladen	The deepest and the longest speleological features (Pits and Caves) in Croatia.....	123
Garasic Mladen & Kovacevic T.	Some speleological features (Caves and pits) on the trace of highway Karlovac - Rijeka (Croatia, Europe).....	125
Krutaj Farudin & Hoti M.	Réflexions sur les études spéléologiques en Albanie.....	129

# The karstic region north of Lake Thun

Ph. Häuselmann & P.-Y. Jeannin

Ph. Häuselmann, Haldenstr. 32, 3014 Bern ; P.-Y. Jeannin, Centre d'hydrologie, rue E. Argand 11, 2000 Neuchâtel

## Résumé

Présentation sommaire de la situation géographique, du contexte géologique, de la genèse et de l'hydrologie de la région karstique située au nord du lac de Thoune, qui renferme plus de 250 kilomètres de galerie explorée à ce jour, dont le "Réseau Sieben Hengste - Hohgant".

## Summary

Short presentation of geographical and geological setting, genesis and hydrology of the karst area in the north of Lake Thun. This area contains more than 250 kilometers of explored cave systems, among them the "Sieben Hengste - Hohgant Cave System".

The following presentation is an updated translation of an article by P.-Y. JEANNIN (1992), who in turn summarized an article by T. BITTERLI (1989) who tried to make a synthesis of this vast territory. This article's aim is to introduce the reader to the region, to help understand the several other articles covering this area.

## Geographical situation

The karstic system north of Lake Thun is situated in the north-western part of the alps, adjacent to the molasse basin (figure 1). From Lake Thun, its extension reaches up to the Schrattenfluh, a massif that lies beyond the deeply incised valley of the Emme. The entire chain forms a southeast-dipping slope, cut in the northwest by steep cliffs. The upper parts, between 1700 m and 2000 m a.s.l., are largely denuded and composed of limestone pavement (see also figure 4). At lower altitude, firs grow on swampy ground. The annual precipitation is in between 1500 and 2000 mm.

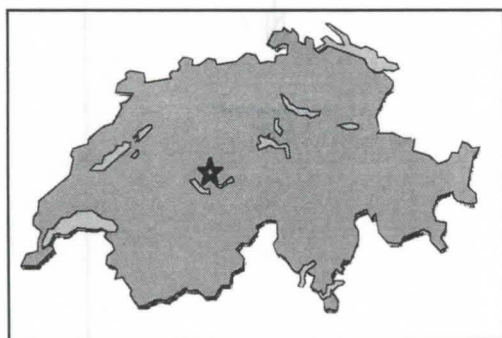


Figure 1 : Geographical Situation

during Lower Cretaceous. The Upper Cretaceous is only found in thin layers in the extreme southeast. The following Hohgant series is of Eocene (Tertiary) age. Its buildup is very complicated; quarzitic sandstones alternate with calcareous sandstones; locally even limestone can be found. The Hohgant series' thickness can reach up to 200 m.

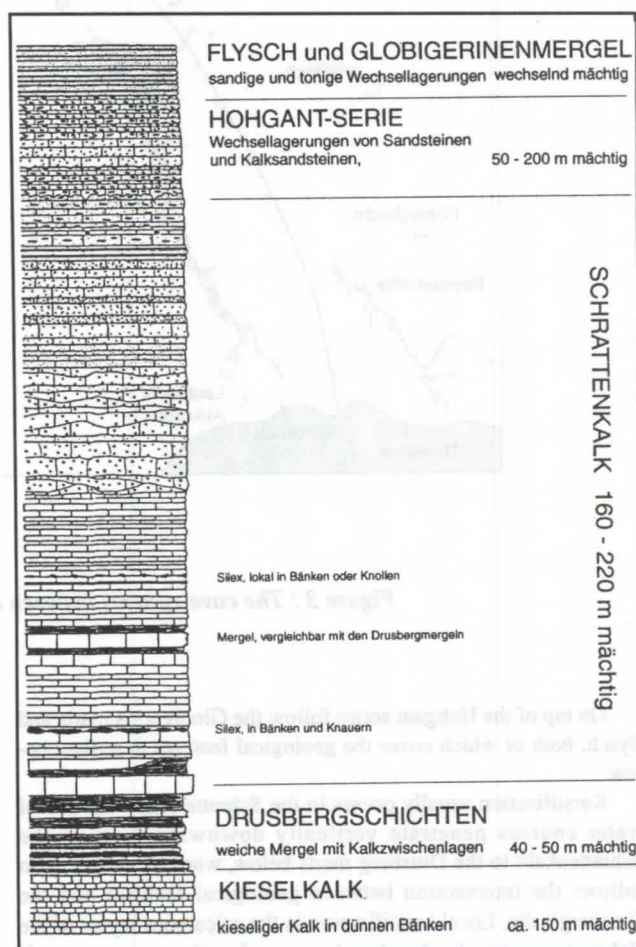


Figure 2 : The stratigraphy of the region

## Geological context

### Stratigraphy

In the helvetic domain the following strata are of interest to cavers (figure 2): At the base the Kieselkalk is found, which in general is not karstified. Its thickness can reach 160 - 200 m.

On top of the Kieselkalk lie the 40 to 50 m thick Drusberg marls which normally form the impermeable bottom of the karstic system.

Following is the Schrattenkalk with a thickness of 150 - 200 m, where most of the caves are found. The Schrattenkalk can be divided into 6 formations.

The Kieselkalk to Schrattenkalk sequence has been deposited

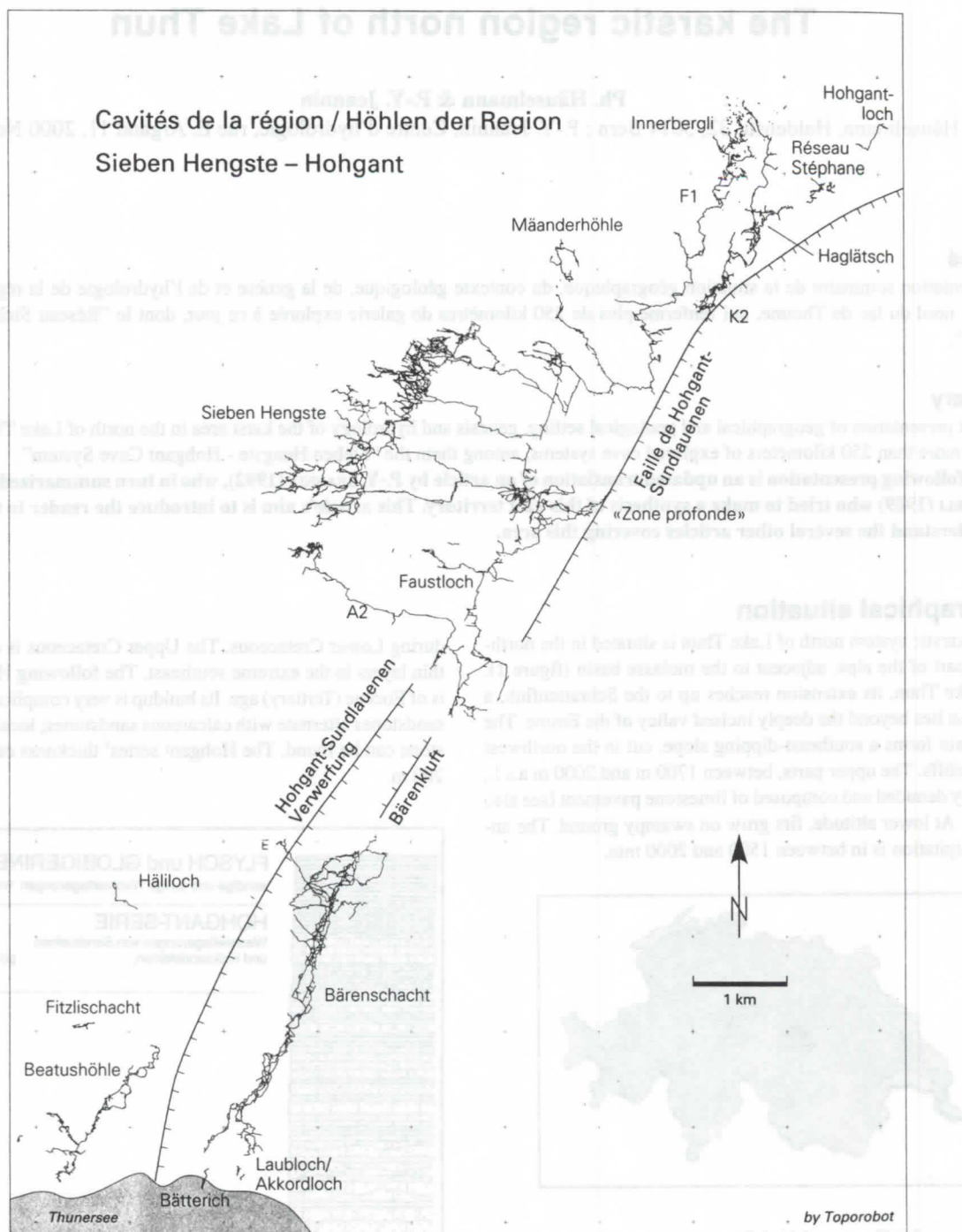


Figure 3 : The cave systems between Lake Thun and Hohgant

On top of the Hohgant series follow the Globigerins marls and flysch, both of which cover the geological features described below.

Karstification usually occurs in the Schrattenkalk. The actual water courses penetrate vertically downward through the Schrattenkalk to the Drusberg marls below, where the water then follows the intersection between geological features and the Drusberg's dip. Local karstification in the calcareous layers of the Hohgant series is quite abundant; however, those karst systems aren't always connected with the underlying Schrattenkalk, thus creating several superimposed hydraulic and cave systems.

## Tectonics

The general geological features are simple: a monoclin slope, dipping to the southeast at about 15-30° that is interrupted by a large longitudinal normal fault, extending from Lake Thun up to the Schrattenfluh (Hohgant-Sundlauenen fault). The throw of the fault is around 150 m in the Hohgant region and increases to 550 m in Sundlauenen, thus interrupting the continuous dip of the Cretaceous and Eocene sediments (figure 4). Observations in caves (JEANNIN 1989) show that the fault was active during Eocene sedimentation. STEFFEN (1981) argued that movements on similar faults started already in early Upper Cretaceous. Observations in the cave-

system - not quantified yet - seem to be in agreement with that statement.

In the northeast of the Sieben Hengste lie the frontal folds of the helvetic domain, easily visible in the Sigriswilergrat range. In the southeast of the Sieben Hengste lies the Habkern syncline, deeply buried and filled with flysch.

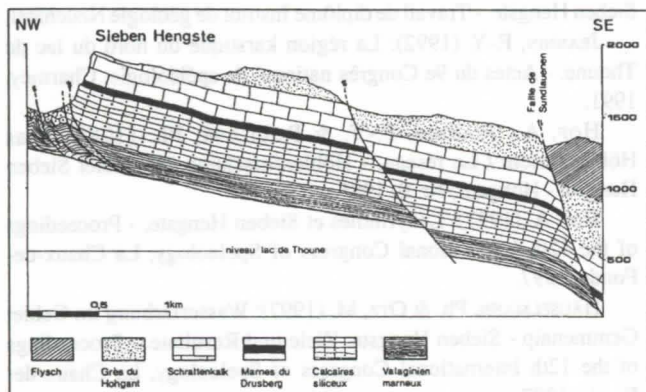


Figure 4 : Profile through the Sieben Hengste chain

The fracturing of the calcareous domain is characterised by two distinct phases: first, an Upper Cretaceous to Eocene fracture set, represented by normal faults oriented NE-SW, second, an alpine fracture set represented by a system of strike-slip faults (compression NW-SE) and associated fractures (Riedel, tension cracks etc.). The normal faults and the dextral strike-slips are the most karstified fractures. The active vadose parts of the drainage are found along the strike-slip faults, whereas the fossil parts of the cave are generally found along the normal faults.

## Genesis of the karstic system

As this subject is discussed in detail by the article of BITTERLI & JEANNIN (1997), we summarize only the very broad knowledge of this huge multi-phased system.

The three-phase model (figure 5) presented by Hof et al. (1985) for the genesis of the Sieben Hengste cave system only, suggests an early (essentially phreatic) phase where flow out of the Sieben Hengste was directed towards the valley of Eriz in the northeast. At this time, the Aar valley may not have been in existence. A second phase shows a 180° change of flow paths, such that they were directed towards the Aar valley. The Hohgant-Sundlauenen fault might have acted as a barrier. In the third and present phase, water flow is essentially vadose in the known parts of the system. The phreatic domain lies well-preserved under the Habkern syncline.

For the Sieben Hengste cave system, this model has been subject to minor changes, but the great improvement during the last five years has been the attempt to extend it to a regional scale and a longer time span. Today, it is possible to show evidence of a model of at least seven distinct phases, which so far remain compatible with those proposed by Hof et al. (1985). For further information please see BITTERLI & JEANNIN (1997).

## The karst groundwater basins

By water tracing it has been possible to distinguish two main karst groundwater basins (figure 6).

1. The basin of the Beatus cave collects water coming from Beatenberg-Niederhorn-Gemmenalphorn. The source of this system has been explored (Beatus cave, ca. 12 km), while the rest of this system is poorly known. Only the Fitzlischacht (ca. 3 km) and the Hälliloch (ca. 1 km) have been actually explored. This is partly due to the fact that most of the groundwater catchment is covered with sandstone, and thus, for cavers, not as interesting as limestone pavements. The data obtained seem to indicate that water flows almost vertically through the limestone, and then follows the dip of the Drusberg marls, eventually reaching the Beatus cave.

2. The groundwater catchment of the Bätterich and Gelberbrunnen springs can be separated into two minor basins, the one draining the Sieben Hengste and Hohgant and the other draining the Hohlaub and the Schraffenfluh (Separation not shown in figure 6).

The Sieben Hengste - Hohgant system is quite well-known. The exploration of the cave system itself, at the top of the alimentation system, dates back to the 1960-1970, whereas only in the last 10 years exploration of the Bärenschacht and the deep parts of the Faustloch has permitted insight into the lower parts of the system. In the Sieben Hengste system, the water flows essentially vertically through the limestone, cutting old phreatic galleries and creating meanders that often follow old pre-existing galleries for some metres. This results in an incredible labyrinth of mixed old and young galleries (see Hof 1997, this volume). Sometimes the rock between two totally separate galleries is only one metre thick. The waters then follows the NW-SE directed intersection between Drusberg dip and dextral strike-slips, cutting a large fossil gallery (F1-Faustloch) and subsequently the Hohgant-Sundlauenen fault before reaching the phreatic domain. At this point flow turns towards the SSW, towards the Bärenschacht before reappearing at Bätterich and Gelberbrunnen.

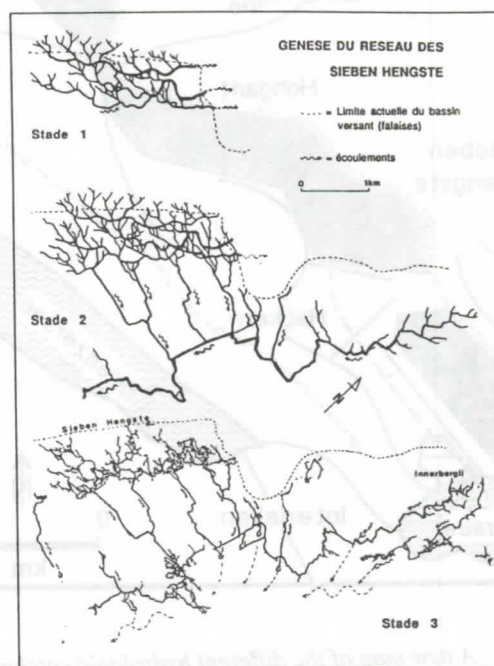


Figure 5 : The three-phase genesis model proposed by Hof et al.

The Hohlaub-Schrattenfluh system is less well known. Several important rivers resemble those of the Sieben Hengste, but the fossil galleries connecting them have yet to be found. There seem to be fewer phreatic tubes, and those which exist are more obstructed. The collector of all these waters is completely unknown, it has to underflow the deeply incised valley of the Emme, then take up the Hohlaub water before joining the Sieben Hengste waters at an unknown point. However, dye tracings have shown a rather fast flow from the Schrattenfluh (38 hours for 21 km, giving around 550 m/h).

In autumn 1996, a tracing experiment was attempted to clearly distinguish the alimentation basins of the Beatus cave and the Sieben Hengste system. Seven tracers were injected at the same time, and collection was made at 11 sites. An overview of the results is published in these proceedings (HÄUSELMANN & OTZ 1997). The tracing experiment made it possible to extend the groundwater catchment of the Beatus cave far to the north, where it is replaced by subsurface drainage (partly hidden by the fact that many water courses are flowing in calcareous parts of the Hohgant series). Further to the north, follows the groundwater catchment of the Sieben Hengste as described above.

These results made it possible to improve the delineation of the different catchments and to sketch an updated map of them (figure 6). An interesting point is that the Bärenschacht (see figure 2, "E") has its entrance in the alimentation basin of the Beatushöhle, but its waters flow towards the Bätterich/Gelber-brunnen springs.

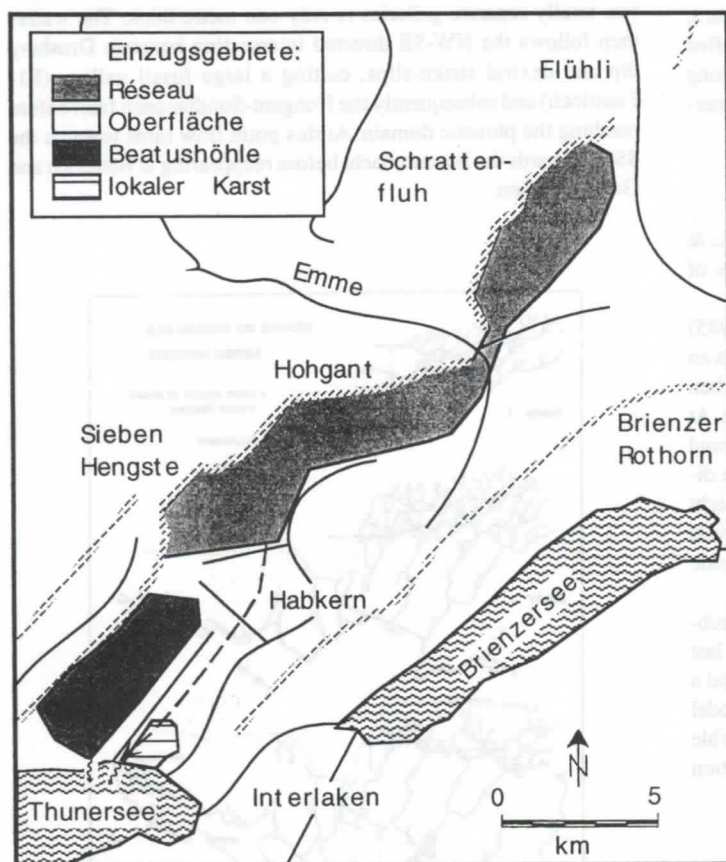


Figure 6 : A new map of the different hydrologic catchments.

## Bibliography

- BITTERLI, T. (1989): Das Karstsystem Sieben Hengste - Hohgant - Schrattenfluh. Versuch einer Synthese. - Stalactite 1-2, 1988.
- BITTERLI, T. & JEANNIN, P.-Y. (1997): Entwicklungsgeschichte der Höhlen im Gebiet Hohgant - Sieben Hengste - Thunersee (Berner Oberland, Schweiz). - Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, 1997.
- JEANNIN, P.-Y. (1989): Etude géologique de la région Burst - Sieben Hengste. - Travail de diplôme Institut de géologie Neuchâtel.
- JEANNIN, P.-Y. (1992): La région karstique du nord du lac de Thoune. - Actes du 9e Congrès national de spéléologie, Charmey, 1991.
- HOF, A., JEANNIN, P.-Y. & ROUILLER, Ph. (1985): Das Höhlensystem / Le réseau. - Höhlenforschung im Gebiet Sieben Hengste - Hohgant, Nr. 0, 1985.
- HOF, A. (1997): Labyrinth et Sieben Hengste. - Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, 1997.
- HÄUSELMANN, Ph. & OTZ, M. (1997): Wasserfärbung im Gebiet Gemmenalp - Sieben Hengste: Ziele und Resultate. - Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, 1997.
- STEFFEN, P. (1981): Zur Stratigraphie und Paläontologie des helvetischen Eozäns in der Wildhorndecke des Berner Oberlands. - Inauguraldissertation Geol. Inst. Universität Bern.

# Rückblick auf 40 Jahre Forschung rund um den Hohgant: Innerbergli, Haglättsch, F1 und K2 (Berner Oberland, CH)

von Thomas Bitterli  
Schönastr. 54, CH-4058 Basel

## Zusammenfassung

Es werden drei unmittelbar benachbarte, grosse Höhlen des Karstgebietes Hohgant–Sieben Hengste–Thunersee vorgestellt, deren Entdeckung auf die systematische Prospektion anfangs der achtziger Jahre zurückgeht. Betrachtet werden jeweils Entdeckungsgeschichte, Höhlencharakter und Entstehungshypothesen.

## Abstract

The article presents three very neighboured caves of the karstsystem Hohgant–Sieben Hengste–Thunersee, which have only been discovered in the eighties by systematic cave research. Exploration history, cave character and evolution hypotheses are illustrated.

*"Ziel: Kartierung von Karsterscheinungen und Rekognoszierung in Schächten im Innerbergli. Die eigentlichen Kartierungsarbeiten waren ein Fiasko! Es ist praktisch unmöglich, mit diesen Karten die Lage eines Punktes mit der nötigen Exaktheit zu finden, wo sich zeitweise die zu kartierenden Objekte in Abständen von 5-15 m vorfinden. Das Gelände ist derart coupiert, dass Karten mit diesen Aequidistanzen die entscheidenden Geländefeinheiten nicht mehr enthalten, sodass man regelrecht «schwimmt» mit der genauen Lage."*

F. Knuchl, 17.7.1955 (Auszug)

Das obige Zitat widerspiegelt in eindrücklicher Weise den Frust des Höhlenforschers, welcher vor lauter Schächten die Übersicht verliert und entmutigt aufgibt. Zu Unrecht allerdings, denn dieses kleine Karrenfeld von lediglich 0,35 km<sup>2</sup> Fläche mit seinen über 400 Eingängen, Spalten und Schächten bietet den Zugang zu einigen der imposantesten Höhlen der Schweiz: das K2 mit 14 km Länge und 751 m Tiefe und das F1 mit 27 km Länge. Letztere Höhle ist Teil des Hohgant–Sieben Hengste–Höhlsystems (140 km / -1340 m).

Die Bearbeitung dieser anspruchsvollen Höhlen war einer 20 Jahre jüngeren Generation vorbehalten, einer Generation, welche es sich in den Kopf setzte, dieses Karrenfeld systematisch anzugehen. Heute – nochmals 20 Jahre bzw. einen weiteren Generationswechsel später – nähert sich die systematische Prospektion des Innerbergli dem definitiven Ende. Auch wenn diese beharrlichen Arbeiten weitgehend unter dem Blickwinkel erfolgten, einen möglichst vollständigen Atlas der unterirdischen Hohlräume zu erstellen, so fielen die wichtigsten Entdeckungen gleichwohl in diese Periode: 1979 die Haglättschhöhle, 1980 das K2 und 1981 das F1.

Die Haglättschhöhle stellt wohl den unerwartetsten Fund dar: eine kleinräumige, vergleichsweise junge Schachtzone mündet in eine subhorizontale Gangflucht von überraschend grossen Dimensionen aus. Der regionale Stauerhorizont, die Drusbergmergel, befindet sich nochmals 100 m tiefer und wurde nicht erreicht. Vom Wasser, welches ursprünglich die Gangquerschnitte geschaffen hat, fehlt jede Spur. Offensichtlich handelt es sich um die Überreste eines sehr alten, phreatisch entstandenen Höhlensystems, zu dessen Entstehungszeit der Karstwasserspiegel mindestens 1100 m höher lag als heute (Phase "Glacière–Haglättsch", 1720 m ü. M.).

Das grösste Hindernis bei der Erforschung dieses über 5 km langen Höhlensystems stellen die enormen Mengen an lehmigen und sandigen Ablagerungen dar, welche nur teilweise durch spätere Gewässer wieder ausgeräumt worden sind. Es kommt immer wieder vor, dass ein seitlich angeschnittener Gang von 2-5 m Durchmesser beidseitig nach wenigen Metern durch eine regelrechte

Mauer aus feingeschichteten Sedimenten abgeschlossen wird.

Die stark an Schichtfugen aufgebaute Haglättschhöhle stellt lediglich einen Ausschnitt eines viel umfassenderen Höhlensystems dar, welchem auch einige kleinere, umliegende Höhlen zugeordnet werden können (vgl. auch Beitrag "Entwicklungsgeschichte der Höhlen im Gebiet Hohgant–Sieben Hengste–Thunersee"). Die Haglättschhöhle ist forschungsmässig in Überarbeitung begriffen.


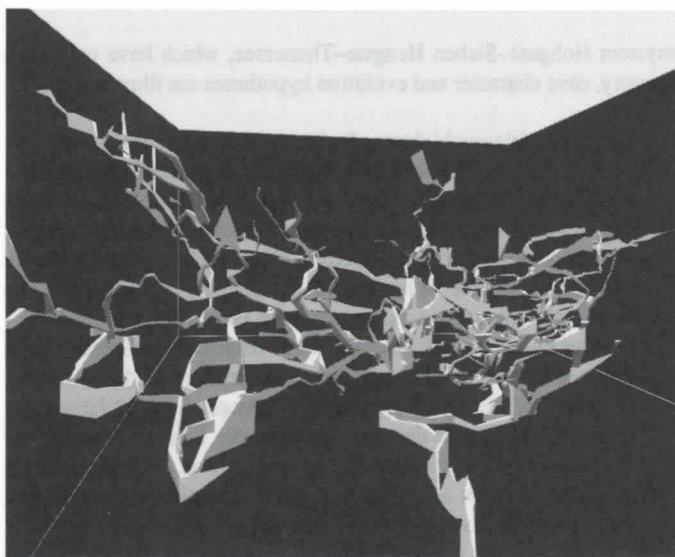
Der Eingang des K2 ist trotz seiner respektablen Grösse erst im Rahmen der systematischen Absuchungsarbeiten entdeckt worden. Bis zur Entdeckung eines unteren Einganges nach 12 Jahren galt diese Höhle als eine der schwierigsten der Schweiz, machte der hochwassergefährdete Anmarschweg ins Biwak (-600 m) doch gegen zehn Stunden aus. Und just hier sorgte ein kilometerlanges, dreidimensionales Labyrinth für jahrelangen Arbeitsvorrat.

Im Gegensatz zur Haglättschhöhle durchschlägt die Schachtzone das gesamte Paket des Schrattenkalkes und geht im Bereich des Stauerhorizontes (Drusbergmergel) in lange Mäanderstrecken über. Die ab der Schachtzone durchgehend verfolgbare Deckenellipse dürfte entstehungsmässig der Haglättschhöhle angehören. Es folgt eine labyrinthische Zone, wo noch einige hoffnungsvolle Abzweiger bestehen, sodann eine schier endlose Flucht an grossen Kastengängen und hohen Schluchtgängen. Sie unterlaufen auf tieferem Niveau die Fossilgänge der Haglättschhöhle, ohne dass sich bislang eine gegenseitige Verbindung abzeichnet. Auch dieser Gang enthält eine phreatisch entstandene Deckenellipse, welche aber jünger sein dürfte. Regionale Überlegungen deuten auf die Zugehörigkeit zur Phase "F1–Faustloch" hin, zu welcher der Karstwasserspiegel bereits um rund 280 m (1440 m ü. M.) abgesenkt war.

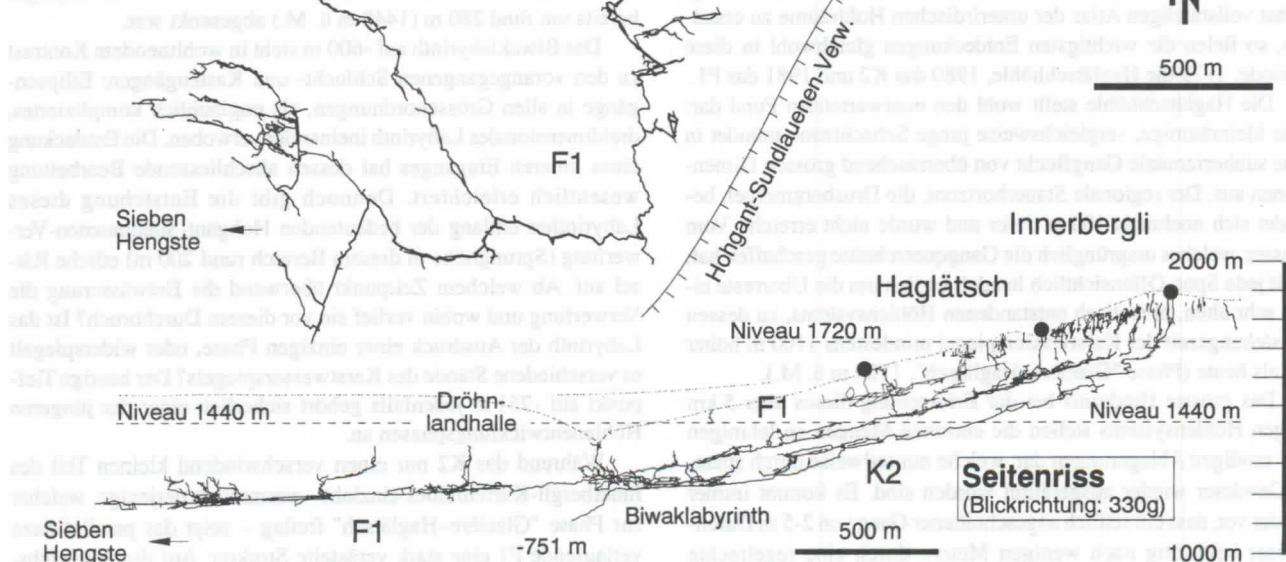
Das Biwaklabyrinth auf -600 m steht in wohlthuendem Kontrast zu den vorangegangenen Schlucht- und Kastengängen: Ellipsengänge in allen Grössenordnungen, als unglaublich kompliziertes, dreidimensionales Labyrinth ineinander verwoben. Die Entdeckung eines unteren Einganges hat dessen abschliessende Bearbeitung wesentlich erleichtert. Dennoch gibt die Entstehung dieses Labyrinthes entlang der bedeutenden Hohgant–Sundlauen–Verwerfung (Sprunghöhe in diesem Bereich rund 200 m) etliche Rätsel auf. Ab welchem Zeitpunkt überwand die Entwässerung die Verwerfung und wohin verlief sie vor diesem Durchbruch? Ist das Labyrinth der Ausdruck einer einzigen Phase, oder widerspiegelt es verschiedene Stände des Karstwasserspiegels? Der heutige Tiefpunkt auf -751 m jedenfalls gehört sicherlich einer der jüngeren Höhlenentwicklungsphasen an.

Während das K2 nur einen verschwindend kleinen Teil des Innerbergli-Karrenfeldes einzieht – vermutlich derjenige, welcher zur Phase "Glacière–Haglättsch" freilag – zeigt das parallel dazu verlaufende F1 eine stark verästelte Struktur. Auf die vergleichs-

Nach 3,5 km rutschigen Blockwerks offenbart die Höhle endlich ihr schönstes Kleid, und dies sowohl von den Gang- als auch von den Sinterformen her. Unterbrochen durch einige auflockernde Klettereien, wandelt man auf teilweise fast ebenen Sandpisten mehrere Kilometer weit Richtung Sieben Hengste. Das kurze Verbindungsstück allerdings zählt zu den unangenehmsten Höhlenteilen überhaupt.



Dröhn-  
landhalle



# Explorations récentes au Faustloch, réseau des Sieben Hengste, Suisse

par Luc FUNCKEN

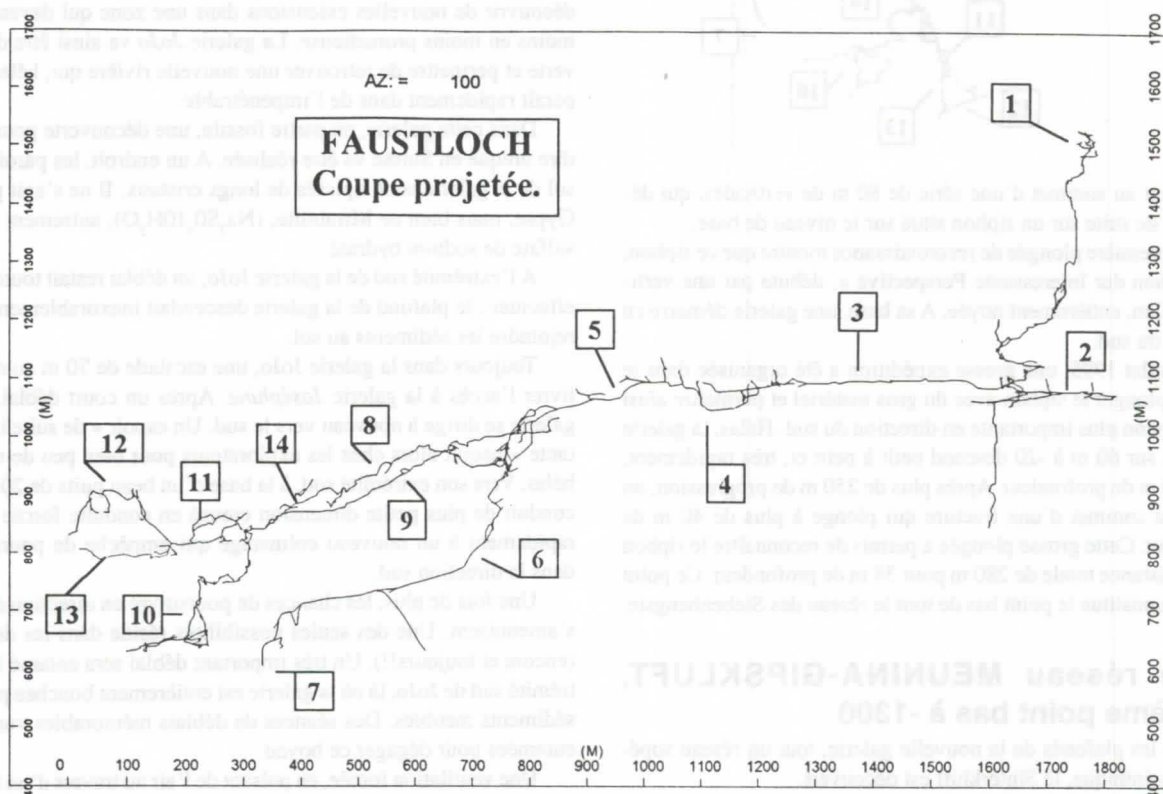
(S.C.U.C.L. Belgique et SSS Bâle), Chaussée de Wavre, 300 B 1390 Grez Doiceau, BELGIQUE

## Abstract

The Faustloch discovered in 1974 underwent the last years charge after charge of caving teams who found new extensions. In 1987 the link with the Sieben Hengste system is performed in diving. In 1990, a big clearing opened the access to huge passages that go down 400 m to a recognized sump, deepest point of the cave around 1300 m deep. In 1993, a new clearing led to new galleries and another low point. Some pole climbing have allowed to find new passages where another clearing has started to the Bärenschacht.

## Résumé

Le gouffre du Faustloch a été découvert en 1974. Récemment, diverses recherches de nouvelles extensions ont été découvertes. En 1987, la jonction est réalisée avec le réseau des Sieben Hengste. En 1990, un important déblai livre l'accès à une nouvelle galerie qui descend de 400 m jusqu'à un siphon reconnu en plongée, point bas de tout le réseau vers -1300. En 1993, un nouveau déblai donne sur un nouveau réseau et un autre point bas. Diverses escalades permettent de découvrir des extensions en direction du Bärenschacht. Divers déblais ont été entamés.



## 1. Le réseau du PFINSTGANG, premier point bas à -1300

Le gouffre du Faustloch a été découvert en 1974. Il fait partie du complexe karstique Sieben Hengste-Hohgant-lac de Thoune. Au début, le gouffre a donné beaucoup d'espoir de trouver par là un accès éventuel au collecteur drainant les eaux du système vers la résurgence de Bätterich située dans le lac de Thoune. Par la suite, les explorations se sont peu à peu essouffées, et fin des années 70, très peu de découvertes importantes ont été réalisées.

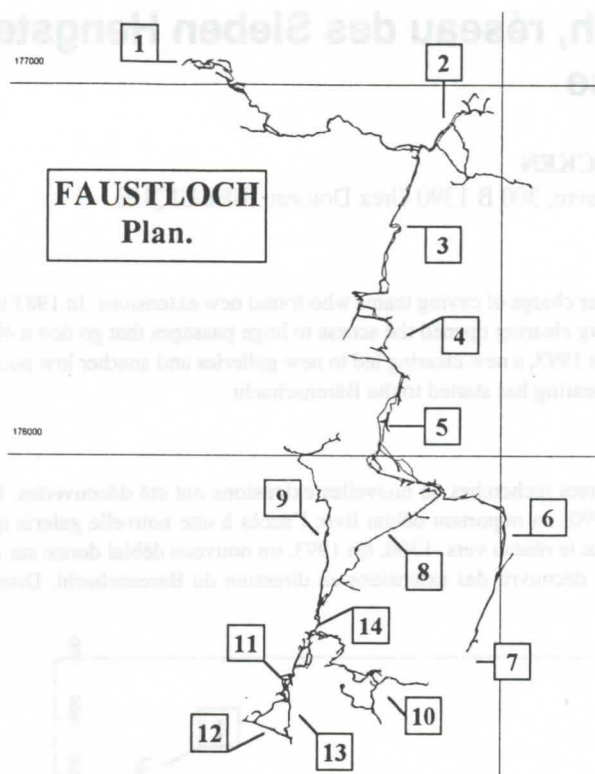
Toutefois, suite à une crue unique dite « millénaire », qui avait ravagé la zone profonde du réseau des Sieben Hengste en 1987, un siphon putride situé vers -500, allait être débouffé. Par ce siphon, la jonction, jusqu'alors infaisable avec le réseau des Sieben Hengste, est enfin réalisée.

En 1990, un déblai monstrueux, le Belgierfrust, est entrepris à l'extrémité sud de l'Ostergang, galerie fossile située vers -500. Un

nouveau passage est ouvert, menant à une importante galerie qui dévale de 400 m de dénivellée pour atteindre -900, soit le point bas du réseau des Sieben Hengste vers 1300 m de profondeur. Cette galerie présente par endroits des dimensions tout à fait impressionnantes, plus de 20 m de large.

La galerie suivie à partir du déblai, le « Pfinstgang », parvient à vaincre les caprices de la géologie. Par divers tours de passe-passe, elle suit les calcaires du Schrattenkalk, à la faveur de diverses failles et arrive sans encombre dans le bloc est de la faille de Sundlaunen-Hohgant. Un deuxième bivouac sera installé.

Sur 400 m de dénivellée, une superbe coulée de calcite, qui couvre le sol de la galerie, sera suivie. Divers puits coupent la progression. A la base d'un puits de 40 m, la galerie présente des proportions grandioses. Une série d'autres puits, de rampes et d'escala-



des mènent au sommet d'une série de 80 m de verticales, qui débouchent de suite sur un siphon situé sur le niveau de base.

Une première plongée de reconnaissance montre que ce siphon, « im Siphon der Interessante Perspektive », débute par une verticale de 20 m, entièrement noyée. A sa base, une galerie démarre en direction du sud.

En juillet 1995, une grosse expédition a été organisée dans le but de replonger le siphon avec du gros matériel et permettre ainsi une incursion plus importante en direction du sud. Hélas, la galerie reconnue sur 60 m à -20 descend petit à petit et, très rapidement, atteint 30 m de profondeur. Après plus de 250 m de progression, on accède au sommet d'une fracture qui plonge à plus de 40 m de profondeur. Cette grosse plongée a permis de reconnaître le siphon sur une distance totale de 280 m pour 38 m de profondeur. Ce point terminal constitue le point bas de tout le réseau des Siebenhengste.

## 2. Le réseau MEUNINA-GIPSKLUFT, deuxième point bas à -1300

Dans les plafonds de la nouvelle galerie, tout un réseau supérieur labyrinthique, le Sinterkluft est découvert.

Un nouveau déblai effectué dans une branche latérale du Sinterkluft mène très rapidement dans une galerie sur faille qui se dirige peu après vers le sud. Il s'agit du *Meunina* et du *Gipskluft*. Il faudra toutefois plusieurs expéditions pour en venir à bout, car de nombreux obstacles jalonnent la progression. Après plusieurs centaines de mètres, on débouche sur un élargissement. Un troisième bivouac sera installé.

Peu après ce bivouac, la cavité change de morphologie, et une série de bifurcations vont redonner espoir aux explorateurs.

Une première branche descendante est parcourue par un belle rivière, il s'agit de *Dantranchante Gang*.

Une série de puits et de cascades,... agrémentent la progression. Après 200 m de descente, on arrive dans une nouvelle zone basse, située sur le niveau de base. A l'extrémité d'une galerie annexe, on peut accéder sur un puits noyé, similaire à celui plongé dans le *Pfingstgang*.

De suite après le bivouac III, une autre branche remonte dans le pendoir, il s'agit de la *galerie Petit Pied*. Cette galerie, suivie sur

### Légende du plan et de la coupe :

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1. Entrée.                                 | 8. <i>Meunina-Gipskluft</i> .  |
| 2. <i>Promenadengang</i> .                 | 9. <i>Galerie Petit Pied</i> . |
| 3. <i>Ostergang</i> .                      | 10. <i>Dantranchtegang</i> .   |
| 4. <i>Belgierfrust</i> .                   | 11. <i>Galerie JOJO</i> .      |
| 5. <i>Bivouac II</i> .                     | 12. <i>Galerie Joséphine</i> . |
| 6. <i>Pfingstgang</i> .                    | 13. <i>Déblai de 50 m</i> .    |
| 7. <i>Siphon -900 (-1300), 280 m, -38.</i> | 14. <i>Bivouac III</i> .       |

plus de 800 m remonte de 200 m vers le nord. D'un côté, elle bute sur un sommet d'escalade impénétrable, et de l'autre sur un siphon émissif qui a été plongé pour mener peu après à un nouveau siphon. Ces siphons se situent à moins de cent mètres du bivouac II dans le *Pfingstgang*.

Cette galerie remontante présente par endroits des dimensions non négligeables. Elle est parcourue par une rivière dont le débit peut parfois être important. L'arrivée principale de cette rivière provient peut-être de la rivière du A2, autre gouffre non encore jonctionné, du massif des Sieben Hengste.

Peu après le bivouac III, une escalade au mâât va permettre de découvrir de nouvelles extensions dans une zone qui devenait de moins en moins prometteuse. La galerie *JoJo* va ainsi être découverte et permettre de retrouver une nouvelle rivière qui, hélas, disparaît rapidement dans de l'impénétrable.

Dans cette galerie, en partie fossile, une découverte pour ainsi dire unique en Suisse va être réalisée. A un endroit, les parois et le sol de la galerie sont tapissés de longs cristaux. Il ne s'agit pas de Gypse, mais bien de *Mirabilite*, ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), autrement dit du sulfate de sodium hydraté.

A l'extrémité sud de la galerie *JoJo*, un déblai restait toutefois à effectuer : le plafond de la galerie descendait inexorablement pour rejoindre les sédiments au sol.

Toujours dans la galerie *JoJo*, une escalade de 70 m au mâât va livrer l'accès à la galerie *Joséphine*. Après un court déblai, cette galerie se dirige à nouveau vers le sud. Un espoir « de suite importante » naquit alors chez les explorateurs pour bien peu de temps, hélas. Vers son extrémité sud, à la base d'un beau puits de 20 m, un conduit de plus petite dimension creusé en conduite forcée mène rapidement à un nouveau colmatage qui empêche de poursuivre dans la direction sud.

Une fois de plus, les chances de poursuivre en direction du sud s'amenuisent. Une des seules possibilités réside dans les déblais. (encore et toujours!!). Un très important déblai sera entamé à l'extrémité sud de *JoJo*, là où la galerie est entièrement bouchée par des sédiments meubles. Des séances de déblais mémorables vont être entamées pour dégager ce boyau.

Une ventilation forcée, en pulsant de l'air au travers d'un tuyau, grâce à un soufflet de 50 litres sera nécessaire. En effet, au front de taille, le travail de taupe devient de plus en plus pénible. Malgré le travail à la lampe électrique, les essoufflements surviennent de plus en plus vite, et une syncope sera évitée de justesse.

Plusieurs expéditions à 7 spéléos seront nécessaires pour creuser près de 50 m de conduit entièrement colmaté. En juillet 95, le déblai sera enfin franchi après avoir dégagé plus de 50 mètres cubes de sable.

Hélas, le gouffre se défend bien et, moins de 50 m plus loin, un nouveau colmatage entrave la progression.

Début novembre 1995, une nouvelle expédition a été organisée dans le but d'entamer ce nouveau déblai. Malheureusement, les diverses tentatives butent ci et là sur de la roche en place ou sur le plafond qui descend à pic dans l'épaisse couche de sédiments. De plus, à cet endroit, les sédiments sont beaucoup plus argileux et indurés que dans le déblai précédent.

Il ne faut toutefois pas se démoraliser, les explorateurs du Faustloch en ont bien vu d'autres. Et, à bientôt la jonction!!!

# Bärenschaft, une exploration unique au monde

par Luc FUNCKEN

(SCUCL Belgique et SSS Bâle), Chaussée de Wavre, 300 B-1390 Grez Doiceau, BELGIQUE.

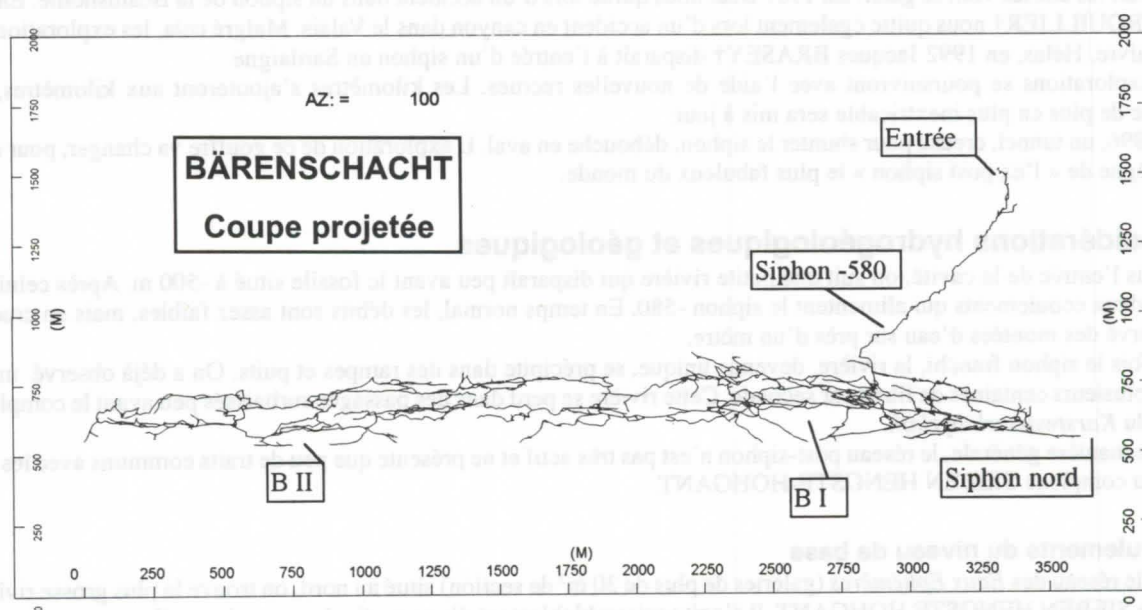
Pour plus de détails, les lecteurs intéressés peuvent se référer, à l'article qui a paru dans STALACTITE 2/94, (pp. 55-81), **BÄRENSCHACHT : Plus de 36 kilomètres post-siphon. Une exploration hors du commun.**

## Abstract

The first exploration in Bärenschaft started in the sixties. In spite of a 500m throw fault, the cave goes to 580 m deep. It's only in 1986 that the very narrow last sump was passed through. Beyond, a wonderful exploration will begin. The exhausted expeditions in the beginning will become easier due to the set-up of two bivouacs after sump. More than 20 times, a small caving team forced the secrets of the cave system. Despite geological caprices a tremendous cave network of 45 km galleries on 3 levels will be discovered.

## Résumé

Les premières explorations au Bärenschaft ont commencé dans les années 60. Malgré la présence d'une faille de 500 m de rejet, la cavité descend à -580. En 1986 l'étroit siphon terminal est franchi. Au-delà, une exploration fabuleuse commence. L'installation de 2 bivouacs va faciliter les recherches. A plus de 20 reprises un petit groupe de spéléos va forcer les secrets de ce réseau. En dépit de la géologie près de 45 km de galeries étagées sur 3 niveaux sera mis à jour.



## 1. Introduction-généralités

Le gouffre du Bärenschaft fait partie d'un important complexe karstique qui se situe près d'Interlaken (Suisse) au nord du lac de Thoune. Ce gouffre fait partie d'un complexe de cavités qui développe plus de 200 km de conduits. Il s'étend du massif de la Schrattenfluh, au nord-est, jusqu'au lac de Thoune où se situe l'exurgence, en passant par les massifs du Hohgant, les Sieben Hengste, le Niederhorn, et la région de Beatenberg-Waldegg.

Des essais de traçage ont démontré les liens hydrogéologiques entre ces différents massifs et le lac de Thoune. L'exurgence du drain souterrain se situe à 15 m de profondeur dans le lac. Elle a été repérée, en plongée, sur plus de 300 m de long et plus de 80 m de profondeur. En crue, un dôme d'eau se forme à la surface du lac, témoignant de la violence du débit. Des mesures effectuées montrent un débit de plusieurs dizaines de mètres cubes par seconde.

Le but des explorations consiste à établir le lien entre ces différentes cavités.

D'un point de vue géologique général, les cavités se développent dans les calcaires du Schrattenkalk d'une puissance de  $\pm 250$  m. Cet horizon géologique est surmonté par les grès du Hohgant, eux-mêmes surmontés par des Flysch, dépôts plus récents. Le calcaire repose sur une couche imperméable constituée par les marnes du Drusberg ou Calcschiste. Sous cet horizon imperméable, on trouve le Kieselkalk, calcaire à forte concentration en silice.

L'ensemble du système est traversé par une importante faille normale orientée nord-est / sud-ouest, la «*Hohgant Sundlauenen Verwerfung*». Elle présente un rejet de  $\pm 150$  m au NE et de 500 à 600 m au SO et décale le bloc est vers le bas.

Un réseau de failles dextres orientées NW, SE constituent les premiers drains collectant les eaux des massifs. La plupart des cavités se situent dans le bloc ouest de la grande faille. A proximité de celle-ci, les rivières souterraines, qui coulaient sur l'horizon imperméable, la traversent pour disparaître dans la couche inférieure siliceuse.

La grande faille est visible sous forme de falaises vers le nord, dans la région de Traubach, et plus vers le sud, dans la région de Beatenberg. Sous terre, on rencontre cette faille dans le gouffre du K2 au nord, dans la partie profonde du réseau des Sieben Hengste vers 800-900 m de profondeur, ainsi que dans le gouffre du **Bärenschacht**.

Seule cette cavité traverse la faille qui présente alors un rejet de  $\pm 500$  m, **phénomène pour ainsi dire unique au monde**. Au-delà de la faille, la cavité se développe dans un horizon plus calcaireux de la série des grès du Hohgant. Vers 600 m de profondeur, une flexure dans les bancs géologiques ainsi qu'une zone très indurée et siliceuse ont empêché la formation de gros conduits. Un siphon étroit, long de 50 m bloquait la progression en technique classique. La poursuite des explorations se fit en plongée. Au-delà de cet obstacle, la morphologie des conduits change très rapidement. La présence d'une autre faille normale, la *Bärenkluff*, qui décale le bloc est vers le haut a permis de reprendre pied dans la couche calcaire. Une importante série de puits mène ainsi vers 900 m de profondeur dans un gigantesque dédale de vastes conduits syngénétiques. L'état actuel des explorations a permis de découvrir plus de 45 km de galeries derrière « l'ex » siphon. Ce qui est aussi un cas absolument unique au monde.

## 2. Bref historique

Le gouffre a été découvert en 1963. En 1976, Beat BRUNOLD†, parvint à franchir le siphon terminal. A partir de cet instant, de longs raids et des expéditions plus longues vont se succéder. Deux bivouacs seront installés derrière le siphon, et une quantité invraisemblable de matériel sera nécessaire pour explorer ce réseau de plus en plus complexe. Malgré un gouffre merveilleux les choses vont se gâter. En 1987 Beat nous quitte lors d'un accident dans un siphon de la Beatushöhle. En 1990, Philippe ROUILLIER† nous quitte également lors d'un accident en canyon dans le Valais. Malgré cela, les explorations vont se poursuivre. Hélas, en 1992 Jacques BRASEY† disparaît à l'entrée d'un siphon en Sardaigne.

Les explorations se poursuivront avec l'aide de nouvelles recrues. Les kilomètres s'ajouteront aux kilomètres, et un labyrinthe de plus en plus inextricable sera mis à jour.

Fin 1996, un tunnel, creusé pour shunter le siphon, débouche en aval. L'exploration de ce gouffre va changer, pour rentrer dans le règne de « l'ex post siphon » le plus fabuleux du monde.

## 3. Considérations hydrogéologiques et géologiques

Depuis l'entrée de la cavité, on suit une petite rivière qui disparaît peu avant le fossile situé à -500 m. Après celui-ci, on retrouve deux écoulements qui alimentent le siphon -580. En temps normal, les débits sont assez faibles, mais en crue, on a déjà observé des montées d'eau sur près d'un mètre.

Une fois le siphon franchi, la rivière, devenue unique, se précipite dans des rampes et puits. On a déjà observé un débit estimé à plusieurs centaines de litres par seconde. Cette rivière se perd dans des passages surbaissés peu avant le complexe de galeries du *Karstwasserlabyrinth*.

D'une manière générale, le réseau post-siphon n'est pas très actif et ne présente que peu de traits communs avec les autres cavités du complexe SIEBEN HENGSTE-HOHGANT.

### Les écoulements du niveau de base

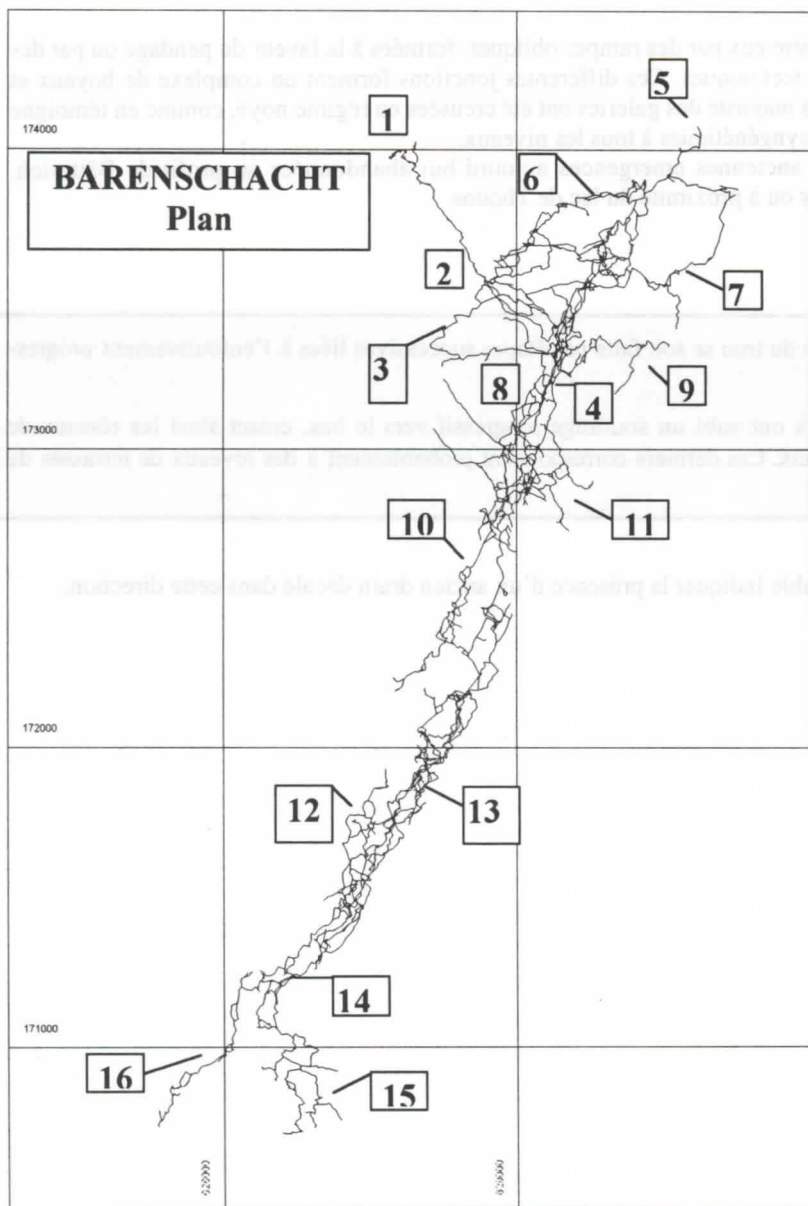
Dans le réseau des *Eaux Ephémères* (galeries de plus de 30 m<sup>2</sup> de section) situé au nord, on trouve la plus grosse rivière du complexe SIEBEN HENGSTE HOHGANT. Il s'agit vraisemblablement d'une partie des eaux du «collecteur» qui constitue un des buts des recherches.

A cet endroit, une grosse rivière émerge d'un siphon. Même en gros étiage, le débit a été estimé à 500 l/s. En fonction de l'état de saturation du massif, des galeries peuvent se mettre en charge sur plusieurs centaines de mètres, voire sur plusieurs kilomètres provoquant ainsi des montées d'eau sur plus de 50 m. En temps normal, ce «collecteur» disparaît dans des fissures, ou dans des conduits annexes. Le niveau des eaux est fonction de ce qui se passe non seulement sur les **Sieben Hengste** ou sur le **Hohgant**, mais également sur la *Schrattenfluh*, située à près de 30 km vers le nord.

La zone basse n'est accessible qu'à peu d'endroits - actuellement connus - dans la suite du réseau. Les autres regards sur la zone basse se situent beaucoup plus vers le sud. Les hauteurs de mises en charge observées à ces endroits sont nettement moindres qu'au niveau des regards situés vers le nord.

D'après ces observations, il semble qu'un rétrécissement existe dans la zone noyée. En effet, les montées des eaux sont beaucoup plus importantes au nord que dans les autres accès au niveau de base situés plus vers le sud. Toute la zone qui peut se noyer constitue une énorme réserve d'eau. Elle peut être estimée à plus de 100.000 m<sup>3</sup> accessibles directement, ce qui représente plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup>, en tenant compte du réseau de fissures annexes. Cette zone joue donc le rôle de «réservoir tampon» ou «bassin d'orage» lors des crues. Il faut faire remarquer que l'on se situe à proximité de l'exutoire d'un complexe karstique qui s'étend jusqu'au massif de la *Schrattenfluh*. Les débits de crue sont très importants comparés aux débits habituellement rencontrés sous terre.

Le rétrécissement supposé dans la zone noyée dont mention ci-avant constitue une perte de charge et temporise donc les crues et les montées d'eau en aval.



- 1 Entrée.
- 2 Siphon -580.
- 3 Karstwasserlabyrinth.
- 4 Bivouac I.
- 5 Siphon émissif nord
- 6 Long couteaux
- 7 -Réseau supérieur Nord, Little Lechuguilla.
- 8 Réseau Jessica.
- 9 Petit Bonhomme.
- 10 Tal Der Grosser Blocker.
- 11 Réseau "Est".
- 12 Réseau Croix du Sud.
- 13 Réseau intermédiaire, chaînon manquant.
- 14 Bivouac II.
- 15 Narquoï tixotrope.
- 16 Interlistige Rampe.

### Les écoulements annexes

En plus du niveau de base, des écoulements annexes existent un peu partout dans le réseau. Nous ne nous attarderons pas dans cet exposé sur ceux-ci.

Beaucoup d'arrivées d'eau se font à la faveur de fractures, entre autres grâce à la **Bärenkluft**.

### La Faille de la Bärenkluft

Comme on l'a déjà souligné, la faille de la **Bärenkluft** est très importante pour la genèse de la cavité derrière le siphon.

Cette fracture présente une direction générale Nord-Nord-Est / Sud-Sud-Ouest, et un pendage de  $\pm 80^\circ$  vers l'est. Elle décale le bloc est vers le haut par rapport au bloc ouest. Les calcaires du Schrattenkalk sont visibles au toit, peu après le siphon, vers 700 m de profondeur. Dans le réseau intermédiaire, vers 800 m de profondeur, il semble que l'on ait trouvé du Kieselkalk. Ces observations permettent de déterminer que le rejet est d'environ cent mètres. Cette faille se retrouve à de nombreux endroits dans le réseau. Compte tenu du pendage, les galeries formées à la faveur de cette faille, se décalent dans le plan horizontal en fonction de leur différence d'altitude.

### Généralités sur la genèse du trou

L'état actuel des connaissances de la cavité s'est considérablement amélioré durant les dernières années. L'hypothèse de

l'existence de plusieurs niveaux de galeries est prouvée. Actuellement, trois niveaux principaux dissociés ont été découverts :

- Le niveau supérieur se développe principalement vers 750 m d'altitude.
- Le niveau intermédiaire est constitué de vastes conduits situés vers 650 m d'altitude.
- Le réseau inférieur correspond au niveau de base accessible.

Ces différents niveaux de galeries sont liés entre eux par des rampes obliques, formées à la faveur du pendage ou par des puits creusés, le plus souvent sur des accidents tectoniques. Ces différentes jonctions forment un complexe de boyaux et conduits de plus en plus labyrinthique. La grande majorité des galeries ont été creusées en régime noyé, comme en témoigne leur forme. On trouve ainsi d'énormes conduits syngénétiques à tous les niveaux.

Les cavités en vallée correspondent à des anciennes émergences aujourd'hui abandonnées au profit de Bätterich, Gelberbrunnen et peut-être d'autres, situées dans ou à proximité du lac de Thoune.

Il semble donc bien évident que la formation du trou se soit faite par étapes successives liées à l'enfouissement progressif de la vallée de l'Aar.

Suite à l'enfouissement de la vallée, les eaux ont subi un soutirage progressif vers le bas, créant ainsi les réseaux de labyrinthes, intermédiaires aux niveaux principaux. Ces derniers correspondent probablement à des niveaux de terrasses de la vallée.

La récente découverte de conduits vers l'est semble indiquer la présence d'un ancien drain décalé dans cette direction.

# Réseau Michel Gallice (P6)

Par Cyril Arrigo, Pascal Ducimetière, Laurent Dumont et Gérald Favre

Société Spéléologique Genevoise, c/o P. Botteron, 39, rue des Lattes, CH - 1217 Meyrin

## Abstract

Within the framework of our club's camps in the Riemenstalden area (Schwyz and Uri), we have discovered a new cave, initially called P6, which reach a topographical development of 3635 m in January 1997, and a difference in height of 184 m (+48; -136). Although we did not find the deeper system which drains the mountain's waters, the cave complexity and its draughts allow us to hope for much more discoveries.

## Résumé

Dans le cadre des camps de recherche de notre club dans la région de Riemenstalden (Schwyz et Uri), nous avons découvert une nouvelle cavité, tout d'abord dénommée P6 et qui atteint aujourd'hui (janvier 1997) un développement de 3635 mètres topographiés pour une dénivellation de 184 m (+48; -136). Même si nous n'avons pas encore découvert le réseau profond qui draine les eaux du massif, la complexité du système fossile ainsi que ses courants d'air nous donnent à ce jour encore beaucoup d'espoirs de découvertes.



Figure 1: Situation map.

## Avant propos

Nous avons donné à cette cavité le nom de notre ami Michel Gallice tragiquement décédé dans une grotte de France méridionale. Michel, qui a beaucoup participé aux recherches spéléologiques dans cette région, était également responsable des secours spéléologiques français pour le département de l'Ain. Nous garderons de Michel le souvenir d'un camarade discret, sympathique et dévoué.

## Introduction

Depuis la dernière parution de nos travaux sur le karst de Achslen-Misthufen [2], nous avons étendu nos zones de prospection en direction de l'ouest (Blüemalpel, Schmal Stöckli, Gitschen, Hundstock, Dibistock). Les camps de 1988 et 1989 ont été basés exclusivement sur la recherche de nouvelles cavités qui nous ont délivré quelques belles découvertes. En 1990, nous opérons dans le massif du Hundstock - zone prospectée antérieurement par nos collègues zurichois (Höhlenclub Hadès, D. Salathé) - où nous découvrons un réseau fossile perché qui retiendra dès lors toute notre attention.

## Contexte régional

La chaîne montagneuse que nous avons prospectée qui s'étend entre Muotathal et le lac des Quatre-Cantons fait géologiquement partie de la nappe de l'Axen. Nous nous trouvons ici dans une zone de plissements frontaux. Le massif dans lequel se développe le P6 culmine au Hundstock à 2213m et présente une structure typique de synclinal perché. Ce massif est principalement constitué par une série normale du crétacé moyen [1].

En surface, nous ne trouvons aucun écoulement visible, ni à la base des parois, ni dans la pente. La seule circulation évidente est le Riemenstaldner Bach, qui coule au fond de la vallée.

Le site se distingue en deux zones. Au sud, il se présente sous la forme d'un lapiaz fortement incliné, fracturé et dénudé. Au nord, il se révèle d'une morphologie tabulaire à couvert végétal clairsemé, avant de plonger en direction de la vallée. Une faille transversale, orientée est ouest, sépare nettement ces deux régions.

Trois fractures majeures se distinguent. La première traverse le massif d'est en ouest, la deuxième, bien visible, s'étend du sud-

sud-ouest au nord-nord-est et la troisième se situe aux abords des vives herbeuses qui dominent l'entrée dans l'axe nord sud.

La cavité se développe principalement dans le Schrattenkalk inférieur où les couches du Drusberg-Schichten ont été rencontrées à plusieurs reprises dans les zones les plus déclinées ainsi que sous le lapiaz incliné du Hundstock. Les cheminées explorées nous ont permis de traverser, à la faveur de la fracturation, la strate Orbitolinen-Schichten pour continuer dans le Schrattenkalk supérieur.



Figure 2: A gauche, le lapiaz du Hundstock séparé du plateau de Hälmisbiel par la grande faille transversale est ouest. (Photo P. Ducimetière)

## Historique

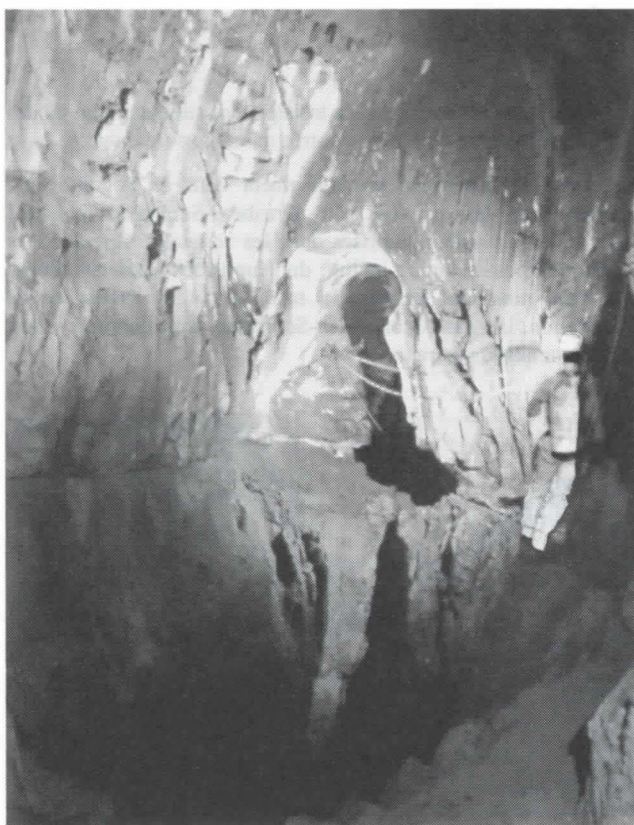
Nous sommes dans cette région depuis 1984, et nous avons commencé à prospecter la chaîne calcaire qui s'étend entre Muotathal et le lac des Quatre-Cantons à partir de son extrémité est (cf. [2]). En 1990, nous avons déplacé notre centre d'intérêt dans la région centrale de la chaîne (Blüemalpel, Chäserstock, Hundstock, Dibistock) et nous avons implanté notre camp de base à côté du lapiaz du Hundstock. C'est dans ce dernier que nous avons repris la zone prospectée précédemment par les Zurichois et qui nous a permis de redécouvrir certaines cavités marquées d'un "A". Le lapiaz incliné du Hundstock a été peu

prospecté et nous nous sommes efforcés de le ratisser de long en large, mais les résultats sont décevants. Nous décidons alors d'étendre nos recherches sur le lapiaz de Hälmisbiel dans une zone encore peu visitée.

## Explorations

C'est lors d'un camp d'été en août 1990 que Pascal Ducimetière, Wanda Stryjenska et Laurent Dumont ont découvert à la base d'une petite paroi un orifice souffleur qui allait se révéler être l'accès à un réseau perché fort intéressant à tous points de vues. Après une courte désobstruction, le méandre et la rampe inclinée sont explorés. Le lendemain, la même équipe force le passage d'un méandre étroit et descend le P11 pour déboucher dans le Cañon. Plusieurs galeries seront entrevues, ainsi que la suite de la galerie principale barrée par un puits à l'emporte-pièce (puits des Hydrophobes). Ce dernier sera descendu par Gérard Favre et Wanda et il donnera accès au méandre des Farfadets.

En septembre 1990, une traversée permet de livrer la suite de la galerie, mais le prochain obstacle ne tarde pas. Un autre puits à l'emporte-pièce arrête la progression (puits du Trèfle).



**Figure 3: Traversée du puits du Trèfle. (Photo C. Arrigo)**

Durant le camp d'août 1991, Joël Pochelon et Laurent franchissent l'obstacle et débouchent sur le Carrefour, parcourent la galerie Nord et la galerie Joël P. pour tomber sur un complexe de galeries fossiles interconnectées et le départ de la Salle Faille. Le lendemain, Serges Galley et Florian Bauer jonctionnent le réseau par la galerie des Jeunes. Un mois plus tard, le puits du Trèfle est descendu, sans continuation possible. Le 12 octobre, Gérard et Florian tentent une escalade dans une cheminée près de la Salle Faille, découvrant ainsi la galerie Bronica et explorent cinq cents mètres de galeries de belles dimensions et annoncent de nombreuses possibilités de continuations.

En juillet 1992, les galeries Nuts, Mars et les Rippérans sont explorées. Le camp du mois d'août apportera l'apothéose des

explorations. Notre équipe, renforcée par quelques clubs romands, explore la majeure partie du réseau (Balcon, galerie des Marnes, Cheminée des Fébriles, galerie des Roulez Bourrés, Méandre Nord, Bananes Flambées, Frigo).

En août 1993, le rythme se ralentit, mais les explorations continuent. Une tentative de désobstruction au méandre des Farfadets nous offre une suite certaine, mais difficile. De nombreuses petites activités se dérouleront avec beaucoup d'intérêt, sans pour autant apporter du développement à la cavité.

Vu les facilités d'accès, des sorties hivernales s'organisent dès fin 1993, ce qui permet un travail systématique dans le réseau. Jean-Pierre Scheuner et Marianne Hirt-Scheuner s'attaquent aux cheminées du Binocle qui sont toujours en exploration à ce jour.

De ce fait, les camps de 1994, de 1995 et de 1996 n'ont pas apporté un renouveau important, mais les raids hivernaux ont permis de s'attarder à de nombreux objectifs, et surtout à la topographie. En 1997, l'intégralité des galeries connues sont arpentées.

## Description de la cavité

La cavité possède actuellement deux entrées. L'entrée supérieure est constituée d'un puits d'une dizaine de mètres dont le fond est en permanence occupé par un névé. C'est ce dernier qui nous fait préférer l'entrée inférieure qui se situe en contrebas. Cette entrée n'était à l'origine qu'un petit orifice duquel un courant d'air violent s'échappait, mais est désormais élargi. Il est actuellement surmonté d'une petite cabane en pierres sèches afin de faciliter l'accès à la grotte durant l'hiver.

Quelques mètres au delà de l'entrée, la galerie s'élargit déjà (dès la jonction avec l'entrée supérieure) pour devenir un plan de plus en plus incliné.

Arrivés en bas, il faut alors s'introduire dans un méandre qui a également été élargi (puits de l'Opportuniste). A la base de ce puits, nous pouvons remarquer vers le sud ce qui devait être une suite, mais malheureusement obstruée par une trémie. En direction du nord, nous continuons notre parcours. Tout de suite, nous remarquons la présence d'un méandre de surcreusement, au fond duquel un squelette de chamois a été trouvé (il est actuellement au Musée d'histoire naturelle de Genève). C'est en suivant la galerie la plus grande que nous arrivons au Cañon.

Rapidement, nous arrivons au début d'une série de traversées. Il s'agit en fait d'une galerie ancienne entrecoupée de puits à l'emporte-pièce (puits des Hydrophobes, Rasoir, puits sans nom et enfin le puits du Trèfle). Dans le puits des Hydrophobes, une arrivée d'eau se situe en dessous de la traversée que nous effectuons. L'eau provient de la galerie des Jeunes et part dans le méandre des Farfadets qui se situe au niveau des marnes à -126m.

Arrivés au puits du Trèfle, nous nous enfions dans la galerie Nord, puis dans la galerie Quatorze pour atteindre le point bas actuel de la grotte à -136m, et à nouveau dans les marnes. Si l'on rebrousse chemin et que l'on traverse tout droit le puits du Trèfle (vers le sud), nous arrivons au Binocle qui encore une fois est un puits récent entrecoupant la galerie plus ancienne. Non loin du Binocle se trouve le puits des Présidents qui constitue une perte pour les eaux en provenance d'une cheminée située à la sortie de la galerie des Jeunes.

Dans cette zone (Binocle, galerie Joël P., les Guillotines), les galeries sont toutes de section importante et sont entrecoupées de plusieurs cheminées dont certaines remontent de plus de cent mètres (en cours d'exploration).

# RESEAU MICHEL GALLICE (P6)

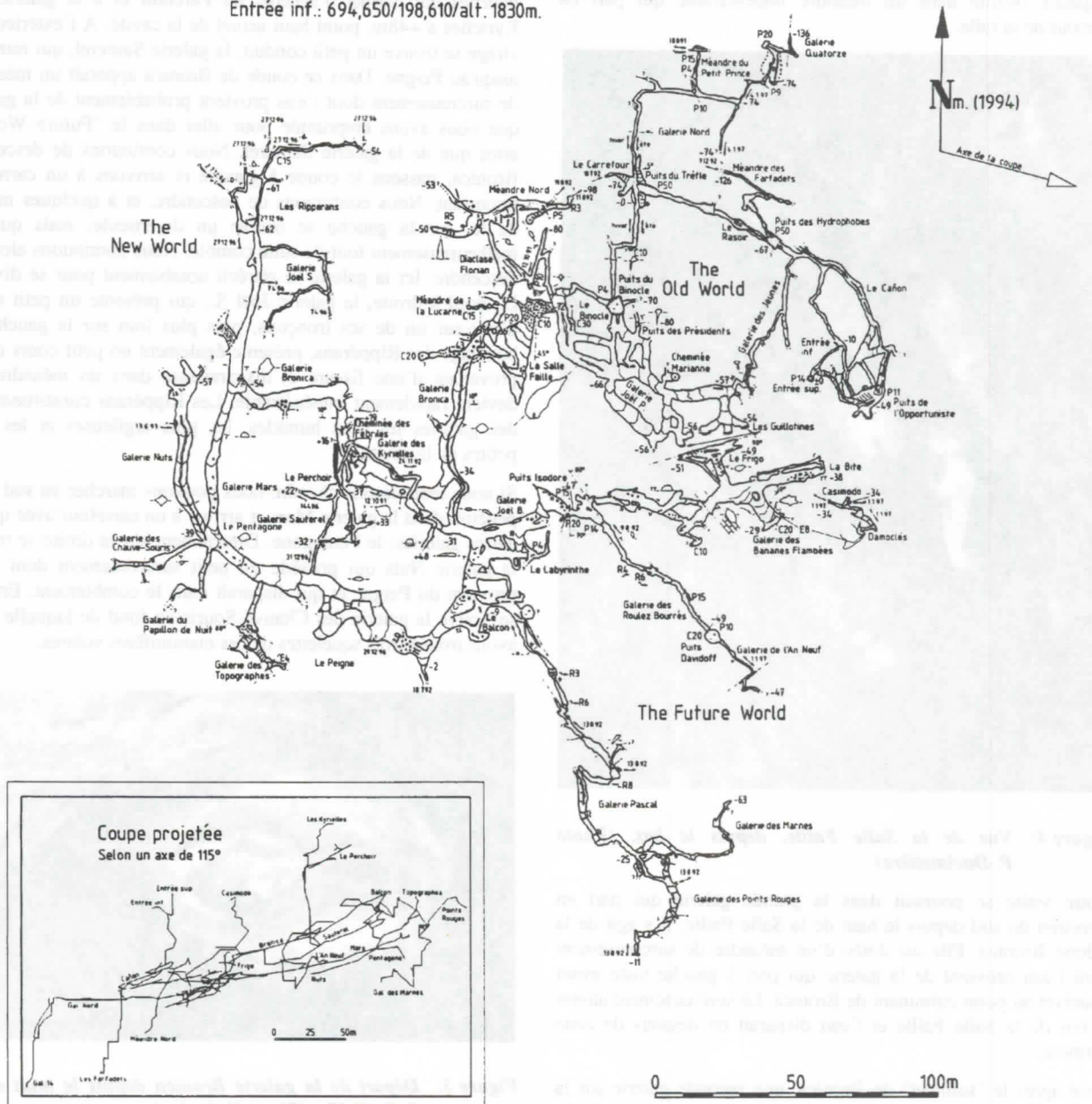
Canton d'Uri (Suisse)

Commune de Sisikon, lieu-dit Hälmsbiel

Développement: 3635m. Point haut: +48m, bas: -136m. (Dénivel.: 184m)

Coordonnées: Entrée sup.: 694,640/198,600/alt. 1840m. (C.N.S. 1172)

Entrée inf.: 694,650/198,610/alt. 1830m.



**Inventeurs:**  
Pascal Ducumetière  
Laurent Dumont  
Wanda Stryjenska  
**Dessin et calculs:**  
Gérald Favre  
Patrick Botteron  
Laurent Dumont  
David Christen  
Cyril Arrigo

**Mise au net:**  
Laurent Dumont  
Cyril Arrigo

**Topographie et exploration:**  
SSdG  
SSG  
SCMJC-Bellegarde  
SCVJ  
SCVN-D  
GS-Neuveville  
M.I.E.R.S.  
GSNV

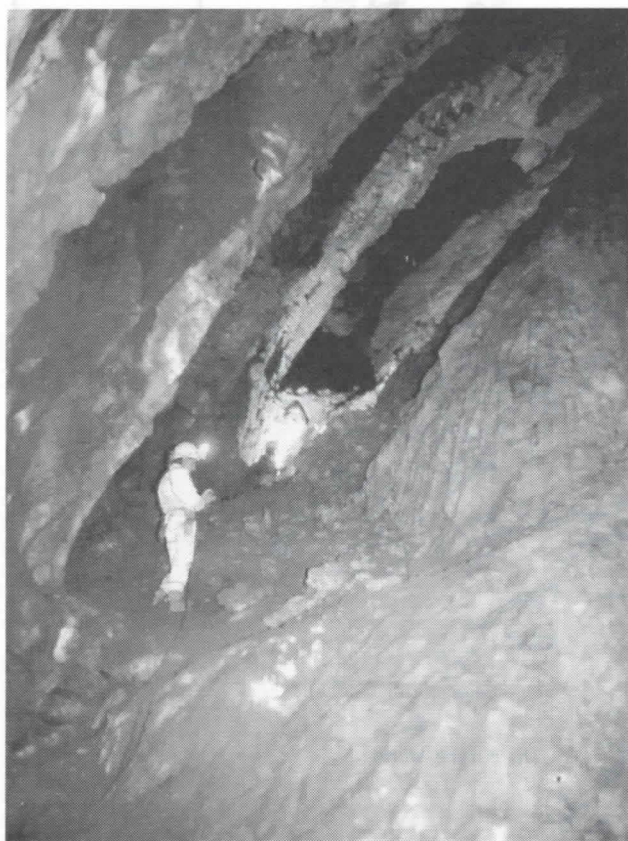
Pascal Ducumetière  
Jean-Claude Messie  
David Christen  
Wanda Stryjenska  
Marianne Herl-Scheuner  
Laurent Dumont  
Yvan Ragon  
Jean-Pierre Scheuner  
Stéphane Carbay  
Pascal Crosier  
Ursula Gallice  
Joël Scheuner  
Joël Black

Catherine Perret  
Florian Bauer  
Gérald Favre  
Michel Buchs  
Serges Gallay  
Dorine Baboaram  
Chris Brown  
Patrick Botteron  
Philippe Annen  
Joël Pochellon  
Laurent Sauterel  
Jean-Paul Southeyre  
Cyril Arrigo

François Mare  
Cédric John  
Michel Gallice  
Oliver Mare  
Roberto Buzzoni  
Pascal Zahnd  
Christian Chappard  
Madeleine Deniaz  
Frédéric Fleury  
Myriam Prette  
Alan Prette

Etat au 01 février 1997

Revenons-en à l'arrivée au Binocle pour poursuivre notre chemin par la galerie qui s'échappe au nord-ouest. Un passage bas sur la droite permet alors d'accéder à la Salle Faille. Cette salle, dont la hauteur est estimée à une quarantaine de mètres, constitue le plus grand vide de la cavité. A sa base, le sol est jonché d'innombrables blocs. Sur la droite et en contre-haut se trouve l'arrivée d'un méandre qui rejoint le haut de la salle, mais le passage le plus simple est de remonter la salle en suivant son bord gauche, puis en bifurquant à droite au replat, avant de continuer l'escalade. Arrivés en haut, nous trouvons, presque en face, une galerie qui se termine par une cheminée (qui reste à escalader) d'où de l'eau arrive pour partir ensuite dans le méandre qui communique avec le bas de la Salle Faille. Cette eau disparaît ensuite dans un méandre impénétrable qui part en dessous de la salle.



**Figure 4: Vue de la Salle Faille, depuis le bas. (Photo P. Ducimetière)**

Notre visite se poursuit dans la grande galerie qui part en direction du sud depuis le haut de la Salle Faille. Il s'agit de la galerie Bronica. Elle est dotée d'un méandre de surcreusement dont l'eau provient de la galerie qui part à gauche juste avant d'arriver au point culminant de Bronica. Le surcreusement atteint le bas de la Salle Faille et l'eau disparaît en dessous de cette dernière.

Juste après le "sommets" de Bronica, une seconde galerie sur la gauche permet d'accéder aisément au Balcon (vers le sud), accès pour la galerie Pascal, puis la galerie des Points Rouges et la galerie des Marnes (au contact des marnes). En revanche, si au lieu de monter au Balcon, nous partons à l'est dans la galerie Joël B., nous pouvons alors descendre le puits Isodore pour partir ensuite en direction du sud-est dans la galerie des Roulez Bourrés, qui commence par un P14, puis remonte avec par endroits une forte déclivité. Nous arrivons alors au puits Davidoff (encore un puits à l'emporte-pièce) qu'il faut descendre et remonter de l'autre côté pour atteindre la galerie de l'An Neuf. Ce conduit est parcouru par un courant d'air aspirant violent en

hiver, mais est malheureusement obstrué par une grosse lame de rocher.

Si nous revenons à la base du puits Isodore, nous pouvons partir en direction de l'est pour ensuite, après le passage d'une étroiture, descendre dans le Frigo. Cette salle est aussi formée par une faille et se situe presque au dessus des trémies des Guillotines. Au début et à la fin de l'hiver, il est possible d'y rencontrer des stalactites et des stalagmites de glace.

Pour atteindre le reste de la cavité, il nous faut revenir à l'endroit d'où nous avons quitté Bronica. La galerie descend pour atteindre un virage prononcé à droite. A l'intérieur du coude se trouve le passage pour atteindre la base de la cheminée des Fébriles qui permet d'accéder au Perchoir et à la galerie des Kyrielles à +48m, point haut actuel de la cavité. A l'extérieur du virage se trouve un petit conduit, la galerie Sauterel, qui remonte jusqu'au Peigne. Dans ce coude de Bronica apparaît un méandre de surcreusement dont l'eau provient probablement de la galerie que nous avons empruntée pour aller dans le "Future World", ainsi que de la galerie Sauterel. Nous continuons de descendre Bronica, passons le coude à gauche et arrivons à un carrefour important. Nous continuons de descendre, et à quelques mètres de là, sur la gauche se trouve un diverticule, mais qui est malheureusement tout de suite comblé. Nous continuons alors de descendre. Ici la galerie se rétrécit notablement pour se diviser. D'abord à droite, la galerie Joël S., qui présente un petit cours d'eau sur un de ses tronçons, puis plus loin sur la gauche, le bouclage des Rippérans, présente également un petit cours d'eau provenant d'une fissure et disparaissant dans un méandre qui devient rapidement impénétrable. Les Rippérans constituent une des galeries les plus humides, les plus argileuses et les plus petites de la cavité...

Si nous rebroussons chemin, nous pouvons marcher au sud pour pénétrer dans la galerie Mars et arriver à un carrefour avec quatre autres galeries: le Pentagone. Directement sur la droite se trouve la galerie Nuts qui possède un petit surcreusement dont l'eau provient du Peigne et qui disparaît dans le comblement. Ensuite se trouve la galerie des Chauve-Souris au fond de laquelle nous avons trouvé trois squelettes de ces mammifères volants.



**Figure 5: Départ de la galerie Bronica depuis le haut de la Salle Faille. (Photo C. Arrigo)**

Cette galerie subit dans son coude un changement de morphologie radical. Puis c'est au tour de la galerie du Papillon de Nuit au fond de laquelle existent deux petites suites probables. Enfin, le Peigne qui est la galerie principale.

Si l'on remonte le Peigne, à une vingtaine de mètres du Pentagone, sur la droite, nous trouvons la galerie des Topographes. En remontant tout droit ce conduit, nous butons sur une trémie, mais un court retour en arrière permet de trouver sur la gauche (en descendant) un passage permettant d'accéder à

l'intérieur d'une faille, et par conséquent permet de nous retrouver de l'autre côté de la trémie. Nous retrouvons au fond de cette mini salle faille (haute de bien vingt mètres) la galerie précédemment interrompue et qui se termine après une petite escalade (E4) sur des comblements argileux.

Si nous continuons de remonter le Peigne, nous trouvons sur la droite quantité de diverticules, tous connectés entre eux, lorsqu'ils ne sont pas colmatés. Arrivés au sommet du Peigne, nous pouvons entamer une descente qui nous mène au balcon, terminant ainsi notre visite.

D'une manière générale, tous les courants d'air s'inversent entre l'été et l'hiver, à l'exception d'un, aspirant toute l'année, au méandre des Farfadets.

La région ayant subi une forte activité tectonique et sismique, nous trouvons un nombre important de failles qu'il est difficile de mettre en relation. Seules les trois failles décrites dans le contexte régional ont pu être observées, respectivement au Frigo et aux



**Figure 6: Un des squelettes découverts (Grand Murin). (Photo C. Arrigo)**

Guillotines (sens est ouest), Trémies à la base du puits de l'Opportuniste et à la galerie des marnes (sens sud-sud-ouest nord-nord-est) et enfin dans la Salle Faille (sens nord sud). De plus, la majorité des rares concrétions de la grotte n'ont pas supporté ces ébranlements et jonchent maintenant le sol.

## Descriptif de cavités en relation avec le P6

### P14

Il se situe non loin en contrebas du P6. Son ouverture est sur une faille, certainement la même que celle rencontrée au fond de la galerie Quatorze. Cette cavité est constituée d'une succession de puits permettant d'atteindre la cote -100m, au contact des marnes. Une cheminée partant de la base du dernier puits est parcourue par un courant d'air bien perceptible. Son exploration est en cours et nous pensons qu'elle nous permettra une jonction avec le réseau du P6 (galerie Quatorze).

### Glacière du P6

Cette glacière est localisée entre l'entrée du P6 et celle du P14. Le névé quasi permanent nous a fait détourner notre attention de ce gouffre jusqu'à l'été 1994, où exceptionnellement la neige à

fondé suffisamment. L'été suivant, ces conditions se sont maintenues, nous permettant ainsi d'en atteindre le fond. Une désobstruction sera tentée l'année suivante, mais la neige, ayant repris ses quartiers, nous préservera de toute avancée. L'orifice est bâché la même année dans le but d'y retourner cet été. Nous pensons pouvoir déboucher dans le puits des Hydrophobes.

### P20

Se trouvant sur le lapiaz incliné du Hundstock, ce gouffre était initialement bouché par des éboulis d'où soufflait un courant d'air prononcé. Une fois les blocs retirés, une fracture impénétrable laissait présager, au-delà, d'un vide important. Cette fracture est aujourd'hui élargie et donne accès à un puits d'une dizaine de mètres. A la base de ce dernier, nous trouvons alors un méandre, malheureusement infranchissable d'où s'échappe toujours le courant d'air. Nous pensons que cette cavité est en relation avec la galerie des Marnes ou la galerie des Points Rouges.

## Buts futurs

L'exploration et l'étude de cette cavité ne sont de loin pas terminées et nous poursuivons actuellement nos travaux. Il s'agit essentiellement de remontées de cheminées, de désobstructions ainsi que d'une étude géologique plus précise. De plus, nous attendons les résultats d'études effectuées sur le squelette de chamois et sur les squelettes de chauve-souris.

Nous pensons qu'il existe un système de drainage qui collecte les eaux du massif pour gagner en profondeur en direction de la vallée, ce qui devrait nous permettre de trouver un collecteur se développant en direction de Sisikon. C'est pour cette raison que nous souhaitons procéder à une étude plus détaillée du point de vue hydrologique.

## Synthèse et déductions

Le réseau Michel Gallice ne constitue qu'une petite partie d'un réseau bien plus grand qui devait couvrir l'ensemble de la région. Nous en avons trouvé d'autres vestiges dans le massif du Dibistock où un petit réseau fossile (Rahmschnitzel Höhle) traverse l'intégralité de la montagne. Sur le terrain nous pouvons remarquer l'existence de sommets isolés (Schmal Stöckli, Dibistock, Hundstock) qui témoignent de la disparition d'importantes couches calcaires.

Actuellement, nous ne sommes pas encore parvenus à descendre en direction de la vallée, bien que nous ayons eu un espoir avec le premier puits de la galerie Quatorze qui se trouve dans le front du plissement. D'autre part, nous n'avons encore trouvé aucun passage qui nous permettrait d'accéder en dessous de la couche marneuse.

Du côté hydrologique, cette cavité est avant tout un système phréatique actuellement fossile où de nombreux remplissages témoignent d'une importante décantation dans la quasi totalité des galeries à des niveaux variables (galerie des Kyrielles à +48, Binocle à -70, Peigne entre -39 et -2, Rippérans à -54, etc.). Ce réseau se développe vers l'ouest dans la même direction que les couches. L'activité hydrologique actuelle est présente seulement en fonte des neiges ou lors de fortes pluies. L'écoulement vadose emprunte d'anciennes galeries anastomosées et se fraye son propre système d'écoulement, qui résulte en des méandres jeunes et difficilement pénétrables. Les circulations majeures se dirigent principalement en direction du nord, en suivant le pendage, sans pour autant pouvoir confirmer cette observation, vu l'étroitesse des conduits.

## Conclusion

Depuis plus de dix ans de prospection dans la région, la découverte de cette cavité fut aussi inattendue qu'exceptionnelle. Nous espérons toujours trouver une suite dans le P6, mais nous ambitionnons de percer un réseau plus profond. Nos espoirs ne sont certainement pas infondés, sachant que ce massif est dans le prolongement de celui dans lequel se développe le fameux Hölloch.

Dans le futur, nous envisageons la parution d'un article plus détaillé sur les zones prospectées entre Blüemalpetli et le Dibistock.

## Remerciements

Nous tenons ici à remercier spécialement la famille Josef Inderbintzin, qui chaque été nous transporte notre matériel, nous loge et nous fournit des produits frais de l'alpage. Nos remerciements vont également à la famille Hans Stalder, propriétaire du téléphérique, qui pour sa part assure le transport des personnes et le logement durant la saison hivernale.

## Participants

Le travail a été effectué grâce à la collaboration de nombreux clubs et indépendants. Ont participé (par ordre alphabétique):

GSNV, GS-Neuveville, M.I.E.R.S., SCMJC-Bellegarde, SCVJ, SCVN-D, SSdG, SSG.

Annen Philippe, Arrigo Cyril, Babooram Dorine, Bauer Florian, Beaucheron Emeric, Botteron Patrick, Brown Chris, Buchs

Michel, Buck Joël, Buzzini Roberto, Carbay Stéphane, Chopard Christian, Christen David, Croisier Pascal, Deriaz Madeleine, Ducimetière Pascal, Dumont Laurent, Favre Gérard, Fleury Frédy, Gallay Serges, Gallice Michel, Gallice Ursula, Hirt-Scheuner Marianne, John Cédric, Maire François, Maire Olivier, Nissile Jean-Claude, Perret Catherine, Pochelon Joël, Prette Alain, Prette Myriam, Ragon Yvan, Sauterel Laurent, Scheuner Jean-Pierre, Scheuner Joël, Sirieys Laurent, Soucheyre Jean-Paul, Stryjenska Wanda, Zahnd Pascal.

## Remarques

Nous avons pris garde de ne pas souiller cette cavité. Pour cette raison, nous souhaitons insister sur le fait que les visiteurs éventuels prennent un soin particulier en y venant, d'une part en se tenant aux cheminements clairement empruntés et d'autre part de ressortir tous leurs déchets, y compris le vieux carburé.

La cavité étant encore en exploration, nous serions reconnaissants que l'on nous signale toute défectuosité dans l'équipement, afin que celui-ci reste dans un parfait état et que nous puissions y progresser en toute sécurité.

D'aucuns diront que ceci constitue le b.a.-ba du spéléologue, mais des expériences dans le passé ont prouvé le contraire...

## Références

- [1] Stalactite Numéro 2/1995 p. 116
- [2] Actes du 8<sup>e</sup> congrès national SSS de 1987, pp. 173 à 180

# Le système karstique grotte du Poteu-source de la Sarvaz (Valais-Suisse)

par Jérôme Perrin et Pascal Tacchini

Institut de Géologie, Université de Lausanne, Dorigny, CH-1015 Lausanne

## Résumé

Plusieurs essais de traçage et des analyses chimiques des eaux ont été réalisés ces dernières années à la source de la Sarvaz. De plus la grotte du Poteu, réseau semi-actif en liaison avec la source, a permis récemment de retrouver la rivière souterraine. Ces différentes données nous ont incités à effectuer cette synthèse hydrogéologique sur ce système dont le potentiel hydrogéologique dépasse les 2500 mètres de dénivellation. La climatologie du réseau sera en outre abordée.

## Abstract

Several dye tracings and water analyses have been made over the past few years at the Sarvaz spring. The recent explorations in the Poteu cave (situated above the spring) have allowed to find the underground river.

Our hydrogeological data and some observations about the climatology of the cave are presented here. The hydrogeological potential of this karstic system is higher than 2500 meters.

## 1. Introduction

La source de la Sarvaz est une émergence karstique d'un débit moyen d'environ 700 l/s, le débit de crue doit dépasser les 5 m<sup>3</sup>/s. Cette source située en bordure de la vallée du Rhône à 470 mètres d'altitude, est alimentée en majeure partie par un karst haut-alpin étagé entre 2000 et 3000 mètres.

Les premières données hydrogéologiques disponibles sur la source remontent à 1951: une surélévation de l'émergence était projetée afin de fournir de l'eau en suffisance pour le vignoble alentour. Dans ce cadre, deux essais de traçage sont organisés permettant une première approche de l'étendue du bassin versant de la source; ce projet de captage restera malheureusement sans suite (LUGEON, 1951; ETAT DU VALAIS, 1951). Plus tard, une carrière est ouverte au-dessus de la source, au cours de l'exploitation on remarque qu'il existe un risque substantiel de recouper des fissures karstiques en charge. Une étude hydrogéologique locale est alors mandatée, elle démontre la nécessité de stopper l'exploitation de la carrière (DE RIVAZ, 1979).

Ces dernières années, les explorations dans la grotte semi-active du Poteu ont beaucoup progressé (BETRISSEY, 1997); cette grotte fait partie intégrante du système karstique résurgant à la Sarvaz et permet d'obtenir quelques observations hydrogéologiques intéressantes.

De plus, le GEOLEP (laboratoire de géologie de l'EPF Lausanne) enregistre les débits, conductivités et températures de la source de la Sarvaz et effectue régulièrement des analyses chimiques. O. BESSON et le CRSFA-Sion (1990; 1993) réalisent quelques essais de traçage depuis les lacs de Fully (au-dessus de la source) confirmant le lien avec la résurgence.

Finalement, des recherches sur le potentiel géothermique sont entreprises et englobent quelques observations concernant la source (DUBOIS 1983; DUBOIS *et al.*, 1993).

La somme de toutes ces données additionnées d'observations originales nous ont incité à proposer cette note en guise de synthèse.

## 2. Situation géographique et géologique

La source de la Sarvaz jaillit en bordure du village médiéval de Saillon, en bordure NW de la vallée du Rhône (Valais-Suisse) (figure 1). Cette région bénéficie d'un ensoleillement particulier et

d'une pluviométrie déficitaire par rapport à la moyenne suisse.

Géologiquement cette région est complexe puisque plusieurs unités tectoniques se rencontrent. En simplifiant, on peut dire que la source de la Sarvaz s'ouvre au contact entre la couverture allochtone de la nappe de Morcles (domaine helvétique) et le socle cristallin autochtone des Aiguilles Rouges. Ce socle est surmonté par une fine bande de roches sédimentaires triasiques autochtones (dolomies, quartzites, cornieules). Cette bande vient donc s'intercaler entre le socle et la nappe de Morcles.

La stratigraphie de la nappe de Morcles consiste en une alternance de calcaires plus ou moins purs et de marnes, quelques formations sont franchement gréseuses. Cette série sédimentaire est inversée et constitue le flanc inverse de la nappe de Morcles.

Toutes ces roches sont extrêmement déformées puisque situées à proximité du plan de chevauchement de la nappe (BADOUX, 1971; BADOUX, 1972).

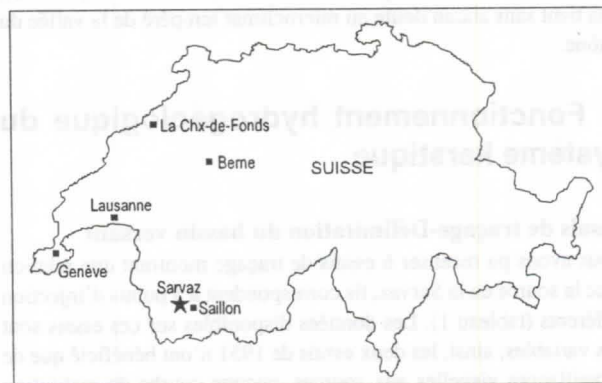


Figure 1: Situation géographique du système karstique étudié.

## 3. La grotte du Poteu, données géologiques et climatologiques

L'entrée de la grotte s'ouvre 120 mètres au-dessus de la source de la Sarvaz par un vaste porche. La totalité des galeries doit développer environ 10'000 mètres et la dénivellation positive dépasse largement les 100 mètres (BETRISSEY, 1997).

Les premières galeries de la grotte sont situées dans les calcaires siliceux du Dogger de la nappe de Morcles. Puis rapidement le réseau se développe probablement en totalité dans les calcaires du Malm. La structure du réseau peut être schématisée comme suit: on rencontre trois niveaux étagés correspondant à un réseau actif, un réseau semi-actif en charge lors des crues de fonte de neige et finalement un réseau fossile bien concrétionné. Le réseau actif n'est exploré que sur un petit tronçon dans les parties amont de la grotte.

Les galeries se sont développées selon deux directions privilégiées: les galeries horizontales, perpendiculaires au pendage de la stratification, sont orientées N30°; certains tronçons sont situés au cœur de charnières de la 3ème phase de déformation, de telles galeries ont probablement exploité les fractures de la schistosité plan axial pour leur initiation. Elles montrent généralement un profil circulaire témoin d'un régime phréatique.

Le deuxième groupe de galeries s'oriente dans le pendage de stratification et donc perpendiculairement au premier groupe, soit N113° (valeur moyenne); ces galeries consistent en des rampes fortement remontantes souvent hautes et étroites, les fractures d'origine s'observent souvent fort bien.

En amont, la rivière souterraine peut être explorée en étiage hivernal sur une centaine de mètres jusqu'à un siphon. Ce siphon est suivi d'un deuxième puis d'un troisième qui est ultime et vierge.

Nous avons relevé de nombreuses températures lors de nos expéditions et obtenu ainsi des résultats étonnants: le gradient thermométrique du réseau est inverse au gradient habituel; ainsi, plus on prend de l'altitude, plus il fait chaud!

En fait l'altitude n'est pas le paramètre à considérer pour l'évolution des températures dans un tel réseau, mais il faut s'attacher à la position de la mesure par rapport à la zone noyée. En effet, la source de la Sarvaz montre une température moyenne de 7°C, or pour son altitude d'émergence (470 mètres) on devrait trouver une température de l'ordre de 9°C (JEANNIN, 1991). Cette anomalie thermique froide, liée à la zone d'alimentation haut-alpine de la source, influence notablement les températures de l'air dans la grotte à proximité de la zone noyée. Les températures de l'air mesurées à proximité de la rivière sont d'environ 7°C alors que les températures dans les galeries fossiles à même altitude, voire plus haut, sont comprises entre 10 et 11°C, soit un écart de plus de 3°C.

Par ailleurs, les températures mesurées dans les galeries fossiles sont sensiblement supérieures à la moyenne suisse (+2.5°C), cela tient sans aucun doute au microclimat tempéré de la vallée du Rhône.

## 4. Fonctionnement hydrogéologique du système karstique

### Essais de traçage-Délimitation du bassin versant

Nous avons pu recenser 6 essais de traçage montrant une relation avec la source de la Sarvaz, ils correspondent à 3 points d'injection différents (tableau 1). Les données disponibles sur ces essais sont très variables; ainsi, les deux essais de 1951 n'ont bénéficié que de surveillances visuelles aux sources, aucune courbe de restitution n'est donc disponible!

D'autres traçages ont été réalisés dans le synclinal Permo-Carbonifère mais aucun n'a montré une relation sûre avec la source de la Sarvaz (BESSON, 1993). Le synclinal Permo-Carbonifère, à l'exception de la zone alimentant le lac inférieur de Fully, doit être écarté du bassin versant.

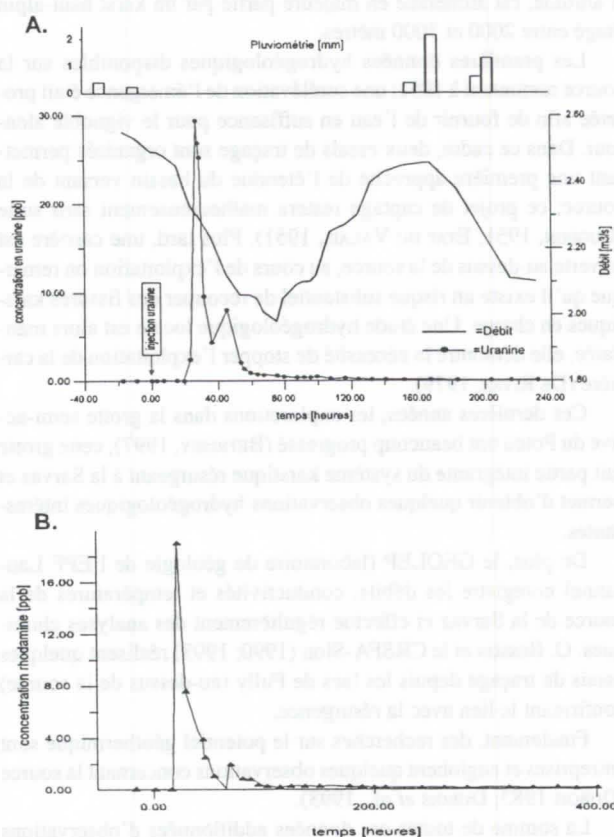
La source de la Sarvaz est alimentée par deux aquifères: l'aquifère des calcaires de la nappe de Morcles (réseau du Grand Cor-essai 1 et perte d'Euloi-essai 2) et l'aquifère des roches carbonatées et évaporitiques du Trias autochtone (lac inférieur de Fully-essai 3).

Le lac inférieur montre aussi une relation avec des sources situées dans l'autochtone (à l'opposé de la source de la Sarvaz).

A partir de ces données et de considérations géologiques, la superficie du bassin versant doit être comprise entre 18 et 22 km<sup>2</sup>. Un calcul de bilan en eau donne une superficie approximative de 13 km<sup>2</sup>; cet écart significatif est imputé à l'alimentation de l'aquifère thermal de Saillon par les eaux de ce système karstique. Ce fait est confirmé par l'étude hydrochimique des eaux de l'aquifère thermal (DUBOIS *et al.*, 1993).

### Interprétation des courbes de restitution

Deux courbes de restitution sont illustrées à la figure 2, il s'agit de l'essai de traçage réalisé au réseau du Grand Cor (essai 1, figure 2A). Ce point d'injection se situe dans la nappe de Morcles et, plus précisément, fait partie intégrante de l'aquifère Crétacé-Tertiaire (PERRIN, 1997). Le deuxième essai représenté correspond à l'injection dans le lac inférieur de Fully (essai 3b, figure 2B) par BESSON et le CRSFA (1993). Ce lac est situé dans le "synclinal Permo-Carbonifère de Salvan-Dorénaz" composé de roches telles que des grès et des argilites et qui fait partie du socle des Aiguilles-Rouges. Ce lac se vidange par une perte de faible débit située au contact entre le synclinal Permo-Carbonifère et la série triasique autochtone (dolomies, cornieules, quartzites).



**Figure 2: courbes de restitution à la source de la Sarvaz.**  
**A: injection réseau du Grand Cor, 16.07.95 (essai 1), données débit GEOLEP et données pluviométriques ISM.**  
**B: injection lac inférieur, 01.07.91 (essai 3b), BESSON 1993.**

La similitude de ces deux courbes est frappante, le pic de concentration est très brutal puis la décroissance de la concentration est très rapide. De plus on remarque un petit pic secondaire retardé respectivement de 18 heures (essai 1) et 39 heures (essai 3b). Ce pic ne peut pas être attribué à l'arrivée d'une crue remobilisant les restes de traceur puisqu'on remarque que, dans le cas de l'essai 1, le pic secondaire correspond à un minimum de débit à la source. Il faut probablement attribuer ce pic à un cheminement d'une petite partie des eaux par des conduits secondaires.

La courbe des débits annuels présente les mêmes variations brusques à la suite de précipitations et de fortes températures, les décroissances sont presque aussi brutales que les crues; ces éléments montrent le faible potentiel de stockage de l'aquifère (PERRIN, 1996).

### Comparaison des différents essais (tableau 1)

Nous allons d'abord discuter des essais réalisés lors de la fonte des neiges (essai 1 et essais 3b-3c): la vitesse de transfert est significativement plus élevée pour l'injection dans le réseau du Grand Cor, de même le taux de restitution est plus important. Ces différences sont liées aux perméabilités plus élevées rencontrées par les eaux qui restent cantonnées dans la nappe de Morcles (essai 1) alors que les eaux s'infiltrant dans la perte du lac de Fully, franchissent le plan de chevauchement de la nappe après avoir circulé dans l'autochtone moins perméable.

Remarquons la différence de restitution entre le traceur activable (essai 3c) et le traceur fluorescent (essai 3b). Elle peut provenir de la fixation de la rhodamine sur des particules argileuses ou éventuellement de difficultés lors de l'analyse des concentrations.

Ensuite, nous pouvons comparer, pour l'écoulement du lac inférieur, l'essai en étiage (essai 3d) et l'essai en crue (essai 3b-3c): on constate d'une part que la vitesse de transfert est très nettement plus lente et, d'autre part, une restitution 20% plus faible pour l'essai en basses eaux. On peut expliquer ces différences par une dispersion plus forte du traceur à cause de circulations plus diffuses et par une diffuence plus marquée en étiage.

### Traçages réalisés dans la grotte du Poteu

Lors de l'étude concernant la carrière de la Sarvaz (DE RIVAZ 1979), un essai de traçage a été réalisé dans la grotte du Poteu lors des crues de fonte des neiges. L'injection s'est faite à 200 mètres environ de l'entrée de la grotte, dans un puits partiellement noyé. Lors des grosses crues, l'eau s'écoule à la source par de nombreux griffons pouvant être regroupés en 5 zones sourcières distinctes. Les données disponibles sont regroupées dans le tableau ci-dessous:

zone	altitude [m]	dist. injection [m]	perte charge	vitesse moy [m/h]
1	469	336	0.277	403
2	473	277	0.321	396
3	488	207	0.357	660
4	490	152	0.474	240
5	490	169	0.426	338

On voit que les vitesses moyennes sont très variables, passant de 240 m/h pour la zone sourcière 4 à 660 m/h pour la zone 3. Ces différences illustrent bien l'hétérogénéité des perméabilités du secteur. On peut mettre en évidence une vague relation entre la diminution de la perte de charge et l'augmentation de la vitesse, toutefois il faudrait confirmer cette relation par de plus nombreuses données.

En étiage, la rivière souterraine est atteignable à l'extrême amont de la grotte; la perte de charge que l'on peut ainsi calculer est de 0.16, soit à peu près la moitié des pertes de charges que l'on trouve en crue. Un essai de traçage a été réalisé dans la rivière en hiver 1989, la surveillance visuelle de la source aurait donné un temps de transit de 16 heures. La vitesse moyenne calculable est donc de 94 m/h, soit 3 à 4 fois moins que les vitesses de transit en période de hautes eaux. La même constatation a pu être faite plus haut pour les essais au lac inférieur de Fully, la vitesse moyenne passant de 203 m/h en crue à 40 m/h à l'étiage.

### Apports de l'hydrochimie

Le chimisme de cette source est très particulier: les conductivités passent de 200 à la fonte des neiges à plus de 400 lors de l'étiage hivernal. Les concentrations en sulfates peuvent passer de 10 à 120 mg/l, les concentrations en magnésium de 3 à 12 mg/l et les concentrations en strontium peuvent dépasser parfois 1 mg/l. Ces concentrations surprenantes pour une source karstique s'expliquent aisément par la participation de deux aquifères à l'alimentation de la source: on a vu par les essais de traçage que l'aquifère carbonaté de la nappe de Morcles participait majoritairement au système mais qu'un autre lien existait entre le lac inférieur de Fully et la source. La perte de ce lac alimente un aquifère de type partiellement évaporitique puisque situé dans la série autochtone triasique. Ce deuxième aquifère participe de manière plus significative à l'alimentation de la source en période hivernale; il est en effet situé à plus basse altitude que l'aquifère carbonaté (dégel plus fréquent) et possède probablement une capacité de stockage plus efficace.

Un suivi hydrochimique serré sur une année hydrologique serait hautement souhaitable afin d'approfondir la connaissance du fonctionnement de ces deux aquifères.

### 5. Conclusions

Le système karstique de la Sarvaz-Poteu montre plusieurs particularités que nous allons résumer ci-dessous:

- 1) La source est alimentée par deux aquifères: l'aquifère des calcaires de la nappe de Morcles se recharge à une altitude comprise entre 2000 et 3000 mètres, l'infiltration est diffuse; ses particularités hydrochimiques sont la prépondérance de Ca et  $\text{HCO}_3$  ainsi que des conductivités et températures basses. L'aquifère des roches carbonatées et évaporitiques du Trias autochtone est alimenté par une zone comprise entre 1800 et 2200 mètres d'altitude, l'infiltration est essentiellement ponctuelle (perte du lac inférieur de Fully); ses marqueurs hydrochimiques sont Mg,  $\text{SO}_4$ , Sr, Ba ainsi que des conductivités et températures relativement élevées.
- 2) Ces deux aquifères sont reliés bien en amont de la résurgence, preuve en est la similitude des courbes de restitution (figure 2). Le stockage du système est très faible: les débits fluctuent rapidement et fortement, les courbes de restitution sont brutales et quasiment symétriques.
- 3) Un calcul de bilan en eau sur le bassin versant montre qu'une partie non négligeable des eaux échappe au système karstique de la source de la Sarvaz et alimente l'aquifère thermal de Saillon.
- 4) La grotte semi-active du Poteu permet des observations sur le fonctionnement hydrodynamique de la zone sourcière telles que la variabilité des pertes de charges et des vitesses de transfert. Les températures de l'air mesurées dans la grotte sont fortement influencées par l'aquifère: à même altitude une galerie à proximité de l'aquifère peut être 3°C plus froide qu'une galerie fossile.

À l'avenir, il serait intéressant de compléter les données sur ce système: un suivi hydrochimique détaillé à la source permettrait de

mieux saisir le fonctionnement des deux aquifères; des mesures de mises en charge dans la grotte du Poteu autoriseraient une meilleure compréhension de l'hydrodynamique de la zone sourcière; des mesures de température en parallèle fourniraient des données sur la thermique du système.

## Remerciements

Nos remerciements s'adressent aux différentes personnes et instituts qui nous ont fourni des données, soit: le laboratoire de géologie de l'EPF-Lausanne (GEOLEP), le centre d'hydrogéologie-Neuchâtel (CHYN), le centre de recherches fondamentales et appliquées-Sion (CRSFA) et Daniel Masotti à Chamoson. Ce travail a pu bénéficier du soutien technique des Instituts de Minéralogie et Géologie de l'Université de Lausanne.

## Références

- BADOUX H. 1971. Carte géologique 1305 Dt de Morcles, notice explicative. Atlas géologique suisse.
- BADOUX H. 1972. Tectonique de la nappe de Morcles entre Rhône et Lizerne. Mat. carte géol. de la Suisse, 78 p.
- BESSON O. 1990. Etude des aquifères fissuraux associés au synclinal Permo-Carbonifère de Salvan-Dorénaz. *Memoires of the 22<sup>nd</sup> Congress of IAH, Lausanne*: 1113-1117.
- BESSON O. 1993. Méthodologie des essais de traçage en milieu fissuré alpin: exemple du synclinal Permo-Carbonifère de Salvan-Dorénaz, 66 p.

- BETRISSEY F. 1997. La grotte du Poteu. *Ces Actes*.
- DE RIVAZ. 1979. Carrière de la Sarvaz-relation avec les circulations souterraines du réseau du Poteu, Etude 1868, non publié.
- DUBOIS J-D. 1983. Etude hydrogéologique et géothermique de la région de Saillon. Comm. féd. Energie géothermique. Dept. Minéralogie Univ. Genève, non publié.
- DUBOIS J-D., MAZOR E., JAFFE F. & BIANCHETTI G. 1993. Hydrochimie et géothermie de la région de Saillon. *Bulletin du CHYN*, Neuchâtel: 71-85.
- DUCLUZAUX B. & PERRIN J. 1995. Le réseau du Grand Cor. *Actes du 10<sup>e</sup> Congrès nat. de spéléologie*.
- ETAT DU VALAIS. 1951. Correction de la Sarvaz - rapport concernant l'origine des eaux alimentant les sources de la Sarvaz, non publié.
- JEANNIN P-Y. 1991. Températures dans la zone vadose du karst. *Actes du 9<sup>e</sup> Congrès nat. de spéléologie*: 71-76.
- LUGEON M. 1951. Rapport géologique sur le projet d'aménagement de la source de la Sarvaz pour son utilisation comme eau d'irrigation.
- PERRIN J. 1996. Etude géologique et hydrogéologique de la région Dent de Morcles-Grand Château. Diplôme instituts de géologie et minéralogie, Univ. Lausanne, 125 p. Non publié.
- PERRIN J. 1997. Géologie et géochimie dans le réseau du Grand Cor. *Ces Actes*.

N° de l'essai	1	2	3a	3b	3c	3d
Auteur de l'essai	GSL-Vulcains-CHYN	Etat du Valais	Etat du Valais	CRSFA (Besson)	CRSFA (Besson)	CRSFA (Besson)
Lieu d'injection	Gouffre du Grand-Cor	Euloi	Lac inférieur de Fully	Lac inférieur de Fully	Lac inférieur de Fully	Lac inférieur de Fully
Coordonnées	572.675/115.885 2570 m.	575.300/116.300 2100 m.	573.860/112.910 1990 m.	573.860/112.910 1990 m.	573.860/112.910 1990 m.	573.860/112.910 1990 m.
Date	16.07.1995	27.07.1951	03.08.1951	01.07.1991	01.07.1991	09.11.1992
d'injection	11h10-11h30	11h35-12h40	12h25-14h25	14h.	14h.	12h.
Type et quantité de traceur	5 kg. uranine	1,7 kg. uranine	3 kg. uranine	10 kg. rhodamine	1.1 mole dysprosium-DTPA	400gr sol.0.05N dysprosium-DTPA
Condition d'injection	ruisseau 3 l/s	perte à 120 l/s	perte à 40 l/s	perte du lac	perte du lac	perte du lac
Hydrodynamique	fonte des neiges	fonte des neiges	fonte des neiges	fonte des neiges	fonte des neiges	étiage
Type de surveillance	échantillons+ fluocapteurs	visuel	visuel	échantillons+ fluocapteurs	échantillons	échantillons
Réapparition Sarvaz	positif	positif	positif	positif	positif	positif
Dist. inj.-source	7500 m.	5200 m.	5700 m.	5700 m.	5700 m.	5700 m.
Temps 1ère arrivée	23 heures	?	?	27 heures	22 heures	52 heures
Vitesse 1ère arrivée	330 m/h	?	?	218 m/h	267 m/h	46 m/h
Temps conc. maximum	27 heures	23 heures 55 ( visible 6h.)	24 heures 30 ( visible 7h.)	29 heures	29 heures	60 heures
Vitesse moyenne	270 m/h	230 m/h	240 m/h	203 m/h	203 m/h	40 m/h
Conc. max. traceur	29.6 ppb	?	?	19.1 ppb	0.278 ppb	1.451 ppb
Taux de restitution	54%	?	?	12%	50%	30%
Méthode analytique	fluorimétrie directe CHYN	visuel	visuel	HPLC	activation neutronique	activation neutronique
Référence	DUCLUZAUX et PERRIN 1996	ETAT DU VALAIS 1951	ETAT DU VALAIS 1951	Rapport CRSFA BESSON 1993	Rapport CRSFA BESSON 1993	Rapport CRSFA BESSON 1993

Tableau 1: synthèse des essais de traçage réalisés dans le bassin versant supposé de la source de la Sarvaz.

# Two of the world's deepest shafts on Kaninski podi plateau in western Julian Alps, Slovenia

Franci Gabrovšek

Karst Research Institute, ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenia

## Abstract

Kanin mountains in western Julian Alps, Slovenia, is one of the most promising cave areas. On two high karstic plateaus many very deep caves have been explored, three of them beyond -1000m. The latest discoveries are two extremely deep shafts, both ranging on the top of the world scale. First is Brezno pod velbom with the entrance shaft of 501 meter and the second is Vrtiglavica, which is a continuous 643m deep shaft. A short report on this discoveries is given in this paper.

## 1. History of explorations in the Kanin area

Caves in Julian Alps have been intensively explored during the last few decades. Among many high Alpine karstic plateaus, two of them, Kaninski and Rombonski podi (Goricica) above Soca valley near Bovec, are most perspective for cavers. These plateaus are the main parts of the Kanin mountains. Upper Triassic (dachstein) micritic limestone and dolomite are the most occurrent rocks there. Kaninski podi spreads between 1950 and 2300m a.s.l., in an area of about 9 square kilometres.



Figure 1: Slovenia, Kanin mountains (shaded) and position of shafts

It was intensively explored during seventies and not much results in deep caves were achieved. First success was Skalarjevo brezno, where the depth of 911m was reached in late eighties.

On the other hand, not much attention was paid to lower Rombonski podi plateau, just a few kilometres NE from Kaninski podi. Than Italian cavers began exploration there and explored the first Slovenian -1000m cave, Crnlesko brezno. Since 1990 three caves deeper than kilometre were explored there; Crnlesko brezno (-1198m), Ceci II. (-1370m), both explored by Italians and Vandima (-1182m), explored by cavers from Ljubljana caving club (DZRJL).

### Shafts in Kanin mountains caves

Almost all deep caves in the area have at least one extremely deep shaft. The exception is Vandima, where the deepest vertical has only 90 meters. On the other hand, Ceci II., Crnlesko brezno and Skalarjevo brezno all have an interior

shafts ranging between 170 and 250 meters. Cave Zlatorog, which is also in the vicinity of Crnlesko Brezno, has 360 meters deep interior shaft, which was the world's deepest interior shaft when explored in 1991.

Brezno pod velbom, which will be presented in this paper begins with the 501m deep entrance shaft and is recently (December, 1996) 758m deep. Until October 1996, Brezno pod velbom had been the world's deepest shaft.

In August 1996 another shaft, now called Vrtiglavica, was found only about two kilometres far from Brezno pod velbom. The cave is one single 643m deep shaft.

## 2. Explorations of Brezno pod velbom

### Exploration history

The area of Kaninski podi ranks among the areas with the highest cave density in Slovenia, i.e. 25 caves per sq.km.

In the western, less accessible part, more serious prospecting began the late eighties. The entrance of Brezno pod velbom was found in 1988, but no serious excursions had been done until 1993, when the depth of 106m was reached. In 1994 we reached the bottom of the entrance shaft, 501 meter below the vault shaped entrance. In 1995 we explored the big collapse chamber at the bottom and reached the depth of 541m. In 1996 big effort was made to find a continuation at the bottom. We passed the boulderchock and found another series of shafts which lead us to the present -758m, where the cave continues with another (at least 40m) shaft. The promising strong draft is also leading the way down to the depths.

The cave has been explored by the members of Ljubljana caving club (DZRJL).

## 3. Morphology of the cave

The shaft is located at the edge of collapse depression between peaks Laška planja and Vrh Zlebi. The altitude of the entrance is 2050m. As many other deep caves in the area, the shaft is near the edge of plateau (the feature not yet explained).

The entrance is quite large for the area, since there, the northern part of the wall obviously collapsed into the shaft, what results the vault shape. Until -120m, a cross-section of the shaft is quite small, between 5x10 and 10x15m. At -100m the shaft is divided by a natural bridge. Below the depth of 120m the shaft widens as far as -300m, where the cross-section is largest, 30x10m approximately. At -377m the snow-ice blockade breaks the monotony. The ledge of snow and ice was formed around the rock blocks wedged between the walls of the shaft.

Passages between the ice and solid rock took us below the blockade where the shaft continues. The cross-section is then smaller again. About 100m below, at -470m, the shaft enters a big collapse chamber, where it ends at the top of collapse cone, at -501m. The shaft was developed in the N-S (10°-190°) fissured (fault) zone.

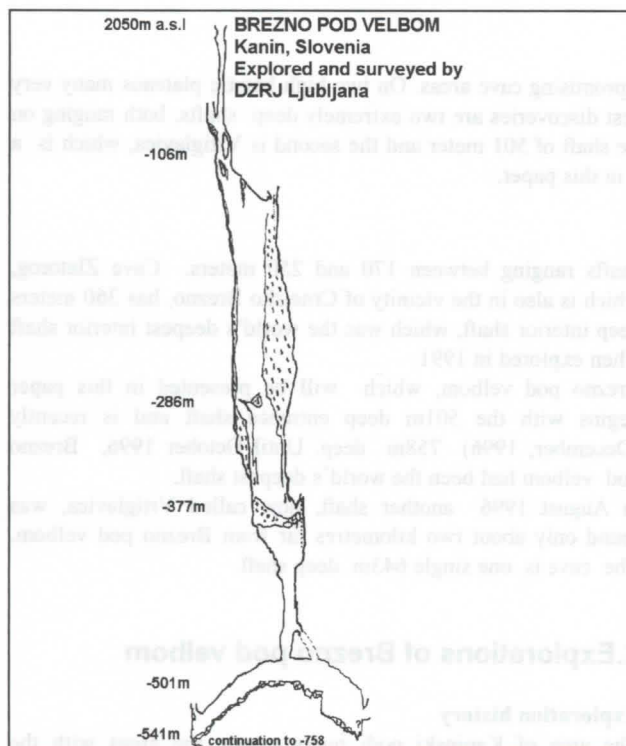


Figure 2: Extended elevation of Brezno pod velbom

The chamber is very big for the area, measuring about 100x40m in the plan. The ceiling and the walls of the chamber are extremely unstable, with many signs of recent breakdowns.

The big collapse cone is about 40 meters high and easily scalable on one side of the chamber. There is a very unstable 12m high vertical step on the other side of the chamber. There, to reach the base of the cone, a traverse below the ceiling, where the only good rock to fix the spits is, had to be made.

The passage through the boulderchock leads to a series of shafts (90,50,30,30+?) down to the present depth of 758m.

The passages were formed along fissure zones with orientations N-S, NE-SW and NW-SE, but 10°-190° direction prevails. Beds are 3-5 meters thick with the dip of about 15°. In the surface and in the cave Jurassic neptunic dikes are observable.

Ice begins about 30 meters below the entrance. Various forms of ice cover the walls down to the snow-ice blockade at -377. Very interesting is a small glacier in the chamber at -530, where the snow is about one meter thick and spreads on the area of 5x10m. It proves that the blockade at -377 is not permanent.

The temperature in the shaft is moving around the freezing point, according to the year-season. Falling icicles and blocks of ice mean the biggest threat to cavers, especially during the period when ice melting reaches deep into the shaft.

Percolating water starts below the ledge at -377, where the climate usually changes from sub to above 0°C. Affluence of water enters the passages in the shaft series below the chamber. In the lower part the explorations during the rainy season could be dangerous.

#### 4. Shaft Vrtiglavica

About 2km SE from Brezno pod velbom another shaft was found and explored between August and October 1996. The entrance is situated at 1900 a.s.l. at the junction of three fissured zones.

First 50m of the shaft is an oval shaped vertical with the diameter of 5-10m, followed by an inclined ice ledge at -50 and a vertical passage through the ice block down to -130, where a huge vertical begins and finishes at -643m. According to explorers, Vrtiglavica is one single 643m deep shaft. The diameter of the shaft varies from 5 meters between -100m and -200m, up to the 40m at -300m. Below -300m the shafts narrows. There is an affluent of water from the chimney below -300m. The bottom is flat and covered by clay and gravel.

Only possible continuation is a window 100m above the bottom. Between 50 and 250 meters the walls are covered by ice, that is up to 4m thick.

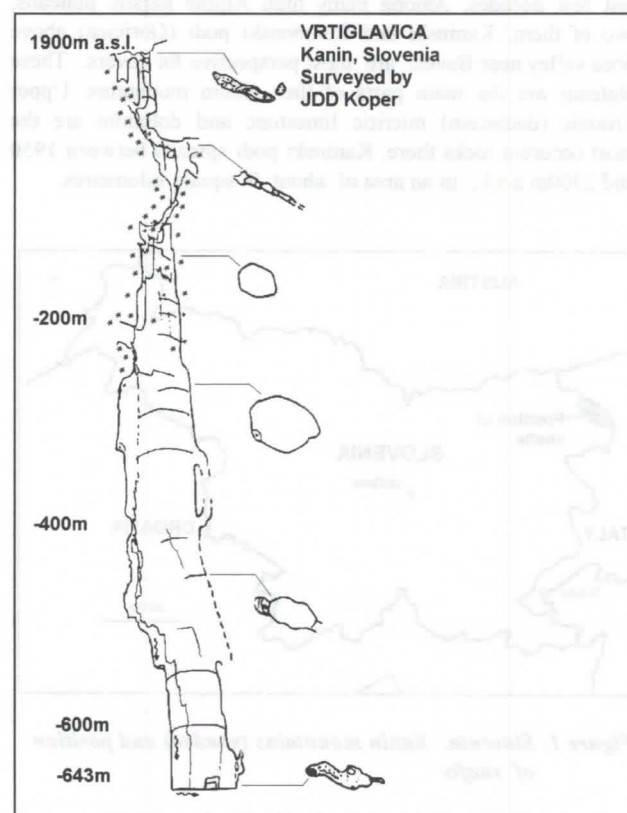


Figure 3: Extended elevation of Vrtiglavica

The cave was found by Italian cavers from Catania and Reggio Emilia and explored by cavers from Caving club Koper, Slovenia, together with the Italian cavers from Trieste, Brescia, Catania and Reggio Emilia.

#### References

- PINTAR G. 1995. Brezno pod velbom, *Naše jame*.
- GABROVŠEK F. 1996. Brezno pod velbom, the world's deepest vertical, *Presented at the 4th karstological school (to be published in Acta Carsologica)*.
- STOPAR R. 1996. Vrtiglavica, *to be published in Naše jame*.

# Results from Bulgarian-Albanian Speleological researches in Albanian Alps from 1991-1996

by Alexey Jalov

Bulgarian Federation of Speleology, 75 V. Levski Blv. 1042 Sofia, Bulgaria

## Abstract

The present work contains the data, most of which unpublished, collected during the 8th Bulgarian-Albanian speleological expeditions carried out in the Albanian Alps from 1991 to 1996. Albanian Alps is located in the North part of Albania and is the greatest mountain in Albania covering an area of 2010 sq./km. The explored area is located in Southern and Central part of the Mt. and covered an area of approx. 320 sq./km made up by Jurassic and Triassic limestones. The direction of main folds is NE-SW and NW-SE. Faults play a control role about atmospheric waters drainage as well as about mechanical transportation of debris and deep up to several hundred meter precipices open around them mainly in brecciated zones.

One hundred ninety eight new caves were discovered and surveyed. The most important vertical caves are: BB-30 at altitude 1940 m a.s.l. (-570 m); Shpella Cilicokave at 1840 m a.s.l. (-505 m) and B33 (-205 m) and 13 other caves deeper than 100 m. The most important horizontal cave is Shpella e Majes te Arapit at 1000 m a.s.l. - total length 840 m. The largest cave chamber is that of Shpella e Gjollave with an area of 8875 sq. m and volume 443 750 cub.m. The deepest and longest of karst spring who were dived is Siri i Sheganit (160m, long and deep -52 m).

The analysis of micro-climatic studies in 12 caves with typical climate pointed the temperature of 4 °C, relative humidity 48-99% and dynamic of cave atmosphere in range 0.005 - 0.020 m/sec.

## 1. General data of Albanian Alps

North Albanian Alps is a part of Dinaric Mountains. It is the largest Mt in Albania covering an area of 2010 sq.km (TALANI, 1990). This vast area due to its geographical position and its climatic as well geological conditions constitutes a typical karst region in Europe.

The climate is humid with annual precipitation of 2000-2800 mm concentrated during the period October-May. The annual average temperature is 10.2 °C.

The Alps is built of folded and fissured Mesozoic and Paleogene limestones with max. elevation of 2694 m. a.s.l. at peak Ezerca. Dislocations with dominant directions NE -SW and NW-SE divide the Mt. in a lot of single fault blocks. The mean coefficient of efficient infiltration is karst is about 0.6 - 0.7 (Hyd.Geol.Map, 1981). The aquifer is drained by many karst springs mostly of which situated at the foot of mountain. The largest of them is Siri i Sheganit near Shkodras Lake with max. capacity 6.9 m<sup>3</sup>/sec. in May and min. 0.300 m<sup>3</sup>/sec. in August (HOTI, 1990).

Geographical and geological terms determinate the theoretical vertical range of more than 1000 m.

## 2. Former studies of karst and speleology

Scientific research of surface karst phenomena may be attributed to Albanian geographers (KRISTO, 1973), (GRUDA, 1981, 1985, 1990), (HOTI, 1990) etc. The first archaeological & paleontological study of Albanian Alps (cave Gjajtanit) date from 1923. The same cave were excavated by A. Fistanj in 1961 and 1982 where the fossil remains of Hominoids were found. (FISTANI, 1982).

Numerous underground cavities have been described from the pioneers of Albanian speleology Z. Ubani, M. Uruci, G. Uruci, K. Gjilbegu, A. Codra, H. Hasa etc. (URUCI, 1994).

The beginning of biospeleological studies date from 1914 when C. Lona from Trieste collect the first Coleoptera from the caves of Mt Cukali. Some other caves were explored biospeleologically from A. Bischoff, C. Lona and A. Winkler in the period 1922-1931 (GENEST & JUBERTHIE, 1994) Czech speleologist Hanak (HANAK, 1964) and Italian (LATELLA, 1994).

In recent years starting from 1989 many foreign speleological expeditions have been carried out in Albanian Alps. The Italian expeditions in 1989, 1993, 1994, 1995 and 1996; Italian-San Marinese from 1992, 1993 and 1994 and Belgian in 1992 made detailed and systematic investigation on mountain and brought to information about numerous new caves amongst which: Shpella e Pusit depth -370 m and long 5 km - the longest cave in Albania; Shpella Uomini umidi-depth 520 m - second deepest in Albania and Shpella e Gjek Markut - 234 m deep.

The results obtained was seen generally in the following: (GARBELLI, 1993), (MANCINI, 1994), (FERRARI, 1994), (GAMBARI & LATELLA, 1994) and (UYTTERHAEGEN, 1993).

## 3. Setting of explored area

The area is located in the SW part of Albanian Alps between 42° 16' 30" and 42° 28' 30" of latitude N and 19° 23' 00" and 19° 46' 45" of longitude E. It occupies an area of approximately 320 sq.km with the following borders: from N-NW the canyon of Semi river to Tamarja vill. and then the riverside of Semi e Vuklit river to Nikci village; from S-SE the stone road from Koplik to Theth vill.; from E the axis from Theth to Nikci villages and from W the coast of Shkodras Lake from Koplik to Kastrat vill.

From orographical point of view this region compares some well grounded internal massifs jointed transversally and lengthwisly on different hypsometric levels. The main massifs looking from W to E are: Velechik (1726 m a.s.l), Pultines (1804), Dragomires (1904), Murigelles (2191), Bridashes (2125), Livadhiti (2493), Radohines (2567) and Arapit (2217 m a.s.l) (figure 1)

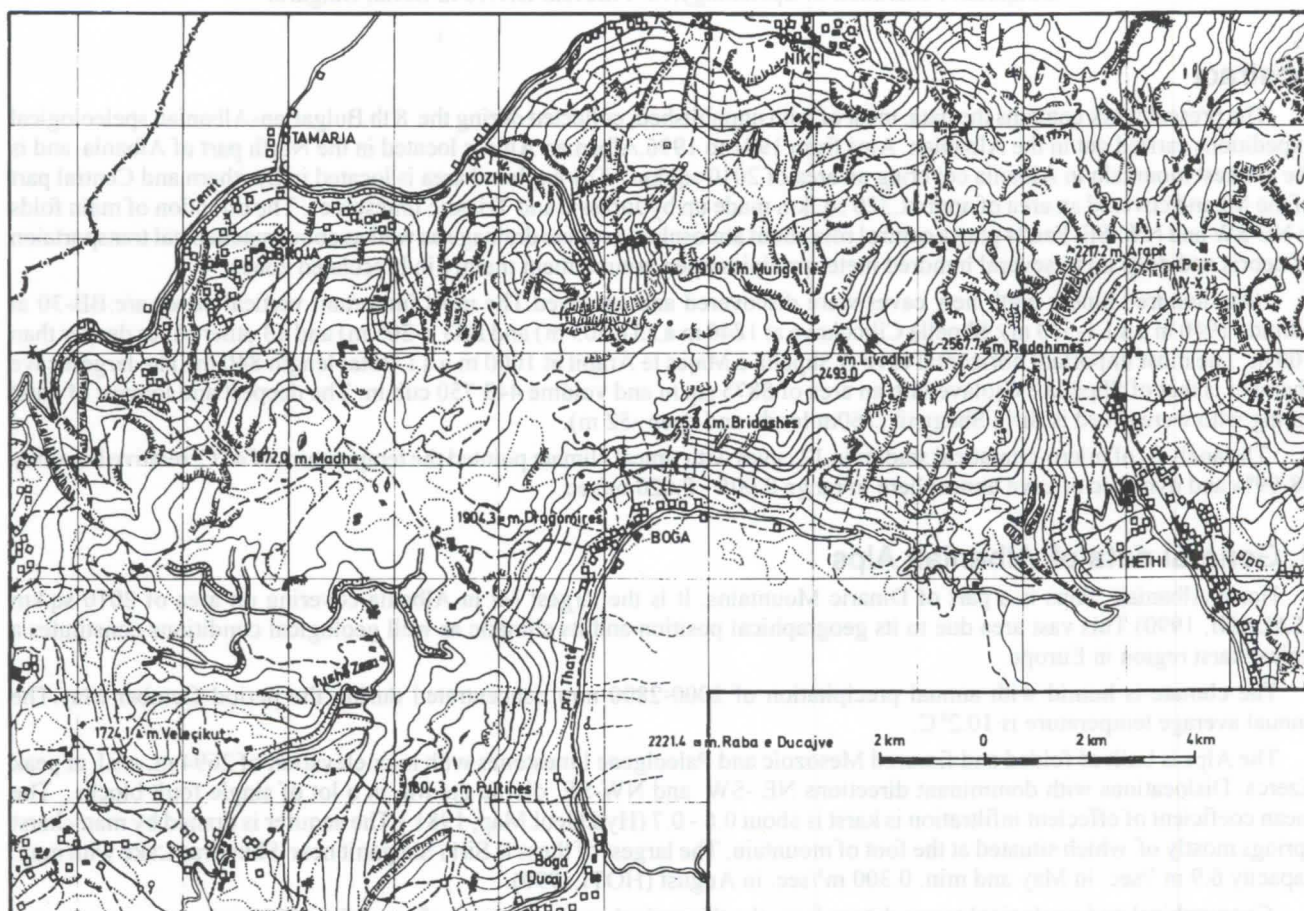


Figure 1 : Albanian Alps - main part of explored area

#### 4. History of Bulgarian-Albanian speleological explorations

The first recognize expedition were carried out in november 1991. The first 5 caves were explored by A.Jalov, N.Gladnishki & N.Landjev supported by G.Uruci, M.Quku and K.Gjylbegu. The most impressive cave were Shpella Gjollave.

From 24th July to 21 st August 1992 Bulgarian Federation of Speleology and the Albanian Speleological Association held second joint expedition. The object of expedition was the west part of Albanian Alps and especially the massifs Velechik, Pultina, Maja Zez and Arapit. Over 100 caves were discovered, of which only 52 were explored. The most interesting exploration took place in Shegan karst spring, which was explored to a length of 60 m and depth of -28 m.

From May 19 and June 11, 1993 the third expedition were held. The main exploration area were located in Bridash massif. Thirty eight mainly vertical caves were explored. The deepest of them were Shpella e Cilikokave which were explored to 390 m. The team went to Shpella Majes Arapit to continue exploration from 1992. The cave diving of terminal sump (length 90 m) and some new discoveries gives total length of 840 m. A second attempt was made to Shegan karst spring so the explored length grow to 160 m at depth 52 m. The sump continues but further exploration requires mixed gas. The expedition put the beginnings of systematical geological and bio-speleological studies on area.

In September 1993 the 4 th expedition concluded with a depth record of 505 m This was the deepest point of Shpella Cilikokave (figure 2), discovered end explored to 390 m during the previous expedition in May.

In June 1994 a group of 8 persons made a fifth bulgarian expedition. Its object were the exploration of the Drugomiri massif. Twenty four vertical caves were explored. The deepest of them BB-1 (Ice Cave) with depth 162 m. During the expedition some geological and tectonic trips were made along with bio-speleological and speleo-climathological studies.

In September of the same year the spleo club "Studenetz" Pleven went to Bridash to continued the work of cave BB-30 discovered and explored to the limit 60 m in 1992. The cave were explored to 260 m depth without reaching the end.

In June 1995 a team of 9 bulgarians supported by G.Uruci work on the caves of Korinotit and Muriqelles massifs. There were discovered and surveyed 28 new caves the deepest of which V-21 with 110 m. Some caves were explored bio-speleologically.

From 8 to 24 September 1995 the cavers from SC"Studenez"-Pleven worked again in BB-30. The superb efforts resulted in discovery of few undescended pitches to the depth 570 m without end- new depth record in Albania and 26 new caves.

The last bulgarian expedition were held in August 1996 when there were discovered and explored 26 new caves on surroundings of massifs Korinotit, Muriqelles, Drugomires and Bridash. The deepest of them were K14-148 m; Vb11 -112 m and K21-110 m. During the expedition hydrogeological, lythological, speleo-climathological and bio-speleological studies were made.

## 5.Results

The eight expedition resulted in discovery and exploration of 198 new caves in Albanian Alps. Most of them are vertical, who can to be divided in vertical ranges like follows: deeper than 100 m - 17 caves (table 1); from 80 to 90 m - 9; 70-80 m- 7; 60-70 m- 4; 50-60 m-12 and 147 caves in the range from 10 to 50 m deep.

The longest caves is: Shpella Majes te Arapit - 840 m and dinevelation + 58 m , Shpella Jubanit - 255 m and K20-205 m.

The largest cave shamber is that of Shpella e Gjolajve with an area of 8875 sq. m and volume 443 750 cub.m.

The deepest and longest of the third karst springs who were explored is Siri i Sheganit respectively - 52 and 165 m.

The deviation of 126 th of all explored caves on hypsometric levels is like follows: 300-400 m a.s.l. - 2 caves; 500-600 - 2 caves; 1000-1100 -1; 1400-1500 -13; 1500-1600-21; 1600-1700-16; 1700-1800-19; 1800-1900-41 ;1900-2000-11.

No	NAME	ALT. M A.S.L.	DEPT	LENGT	YEA
1	BB-30	1940	570	-	1995
2	Shpella e Gjolajve	1840	505	246	1993
3	B-33	1880	205	165	1993
4	BB-1	1460	162	-	1994
5	K-14	1630	148	-	1996
6	B-24	1870	135	-	1993
7	VB-50	1550	131	-	1992
8	V-11	1610	112	-	1996
9	Shpella Majes Zeze	1520	110	-	1992
10	V-21	1563	110	-	1995
11	K-21	1830	110	100	1996
12	Shpella Jubanit	410	110	225	1991
13	Shpella Urucit	1560	108	-	1992
14	BB-11	1850	106	-	1993
15	Qafa Pejes	1680	105	54	1993
16	Shpella Fushe Zeze	1500	105	-	1992
17	B-42	2000	104	80	1993

Table 1 : List of the explored caves deeper than 100 m

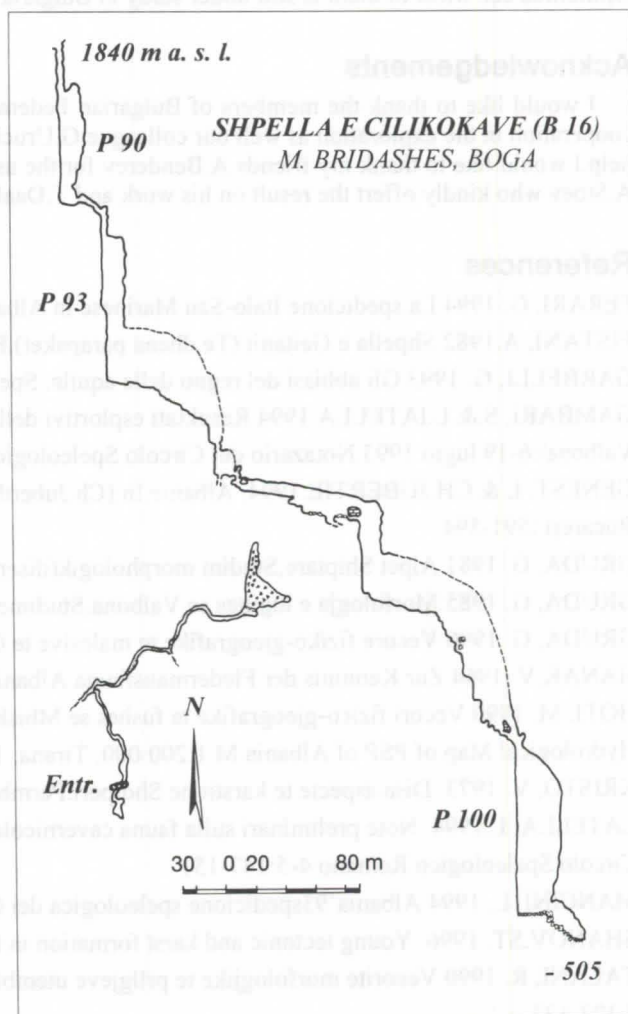


Figure 2 : Map of Shpella Cilikokave

The caves are developed in Jurassic to Cretaceous limestones with general inclination around 15-25° N-NW. Structural and tectonic information concerning the karstic massif in the Albanian Alps situated NE from Boga village settlement has been analyzed. (SHANOV, 1996). The massif is built up of Jurassic limestones, deformed at the end of the Eocene. The type of water-bearing system is jointed-karstic. The direction of the principal tectonic stress axes  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  and  $\sigma_3$ , having acted on the massif from Early Jurassic time up to present days have been determined by analysing the dispersion of the pairs conjugate shear joints as well as tectonic strations and one fault-plane solution from an earthquake near the region of our investigations. The Pyrenees tectonic phase deformations have favoured opening of the joint systems striking a NE-SW. The deformations in neotectonic phase have formed the secondary joint systems striking a NW-SE.

Faults play a control role about atmospheric waters drainage as well as about mechanical transportation of debris and deep up to several hundred meter principles open around them mainly in brecciated zones. The erosion velocity is dominating on process of massif uplift during the Quaternary, and many of superficial karstic forms are filled up by deluvial material.

This systems of fractures determinate the development of most explored caves. The analysis of direction of development of 77 explored caves pointed that 39% is developed in NE-SW; 25% in NW-SE; 16% in E-W and 20% N-S.

The development of surface karst relief is dominated by karst erosion unlike the subsurface karst forms who have mainly corrosional-tectonic origin.

The analysis of micro-climatic studies in 12 caves with typical climate allows to make the following conclusions: The cave temperature in the zone of constant temperatures is approx. 4° C. In some caves there are negative temperature anomalies who were determined from many years snow-ice generations with volume more than 10-15 cub. m. The dynamic of cave atmosphere (V) is in the range 0.005 : 0.020 m/sec. The relative humidity is in the range 85-99% from the warm and 48-70% from the cold caves.

During the expeditions were collected important series of cave Coleoptera, Chilopoda, Diplopoda, Araneida, Copepoda, Opilionida ect. Most of them is still under study in Bulgaria and from foreign specialists and will be described soon.

## Acknowledgements

I would like to thank the members of Bulgarian Federation of Speleology who support me in all expeditions for their cooperation in the exploration as well our colleague G. Uruci from Albanian Speleological Association for his friendship and help. I would like to thank my friends A. Benderev for the useful suggestions during the writing of this text, T. Shanov and A. Stoev who kindly offered the result on his work and T. Daaliev for the preparation of paper for printing.

## References

- FERARI, G. 1994 La spedizione Italo-San Marinense in Albania (93-94) *Speleologia SSI* 31:87.
- FISTANI, A. 1982 Shpella e Gaitanit (Te dhena parapaket). *Bull. shkencor. Shkoder* 1: 207-212.
- GARBELLI, G. 1993 Gli abissi del regno delle aquile. *Speleologia SSI* 28:34-40
- GAMBARI, S. & L. IATELLA. 1994 Risultati esplorativi della spedizione del C.S.R. nelle Alpi Albanesi (Area di Valbona): 6-19 luglio 1993. *Notazario del Circolo Speleologico Romano* 4-5:125-145.
- GENEST, L. & CH. JUBERTIE. 1994. Albanie. In: (Ch. Juberthie & V. Decu, eds.): *Enciclopedia biospeologica*. Moulis-Bucarest :591-594
- GRUDA, G. 1981 Alpet Shiptare, Studim morfologjik (disertacion).
- GRUDA, G. 1985 Morfologjia e lugjnes se Valbona. *Studime gjeografike. Tirana*. I:117-128
- GRUDA, G. 1990 Vecore fiziko-gjeografike te malesive te Gjakoves dhe te Hasit :133-159
- HANAK, V. 1964 Zur Kenntnis der Fledermausfauna Albaniens. *Vest. Sc. spol. zool.* 28(1):68-88.
- HOTI, M. 1990 Vecori fiziko-gjeografike te fushes se Mbishkodres. *Studime gjeografike. Tirana*. 4:159-173
- Hydrological Map of PSP of Albania M 1:200 000, Tirana. 1981
- KRISTO, V. 1973 Disa aspekte te karstit ne Shqiperi. *Permbledhje studimesh* 1:
- IATELLA, L. 1994 Note preliminari sulla fauna cavernicola raccolta durante la spedizione "Albania'93". *Notizario del Circolo Speleologico Romano* 4-5:147-151
- MANCINI, L. 1994 Albania'93 spedizione speleologica dei Gruppi Sanmarinesi e Italiani. *Speleo CAI* 13:47-48
- SHANOV, ST. 1996 Young tectonic and karst formation in the Albanian Alps. *Geologica Balcanica* 26,3 (in press).
- TALANI, R. 1990 Vecorite morfologjike te prllgjeve utembledhes te Alpeve te Shiperise. *Studime gjeografike. Tirana* 4:123-133
- URUCI, G. 1994 Historia e zhvillimit te shkences se speleologjise ne Shqiperi. *Seminari i pare nderkombetar "Shkodra ne shekuj"* (22-23 Qershor 1993) *Shkoder* :405-417
- UYTTERHAEGEN, O. 1993 Albanie. *Regards* 14:III-IV

# Forschungsstand Woising Höhlenpark Totes Gebirge Österreich

von Uwe Kalmbach und Wolf Spahlinger

Höhlenforschungsgruppe Nürtingen, D 71134 Aidlingen, Deckenpfronner Strasse 17

**Abstract:** Since 1991 karst and cave researches have been concentrated east of Woising summit area. On the surveyed area of only 350 x 500 m more than 30 cave entrances have been found in the geological formations of Dachsteinkalk (limestone). Until 1996 4.550 m of caves have been surveyed with an actual depth of 257 m. The surveying of the surface complete the datas. Interesting ice formations like ice-hairs and very thin ice polygonals have been found. 1994 two fossils were discovered, placodont reptilian and pterosaur, the first to be found in the Northern alps. In the future further explorations are planned.

## 1. Lage des Forschungsgebietes:

Das Gebiet befindet sich im westlichen Teil des Toten Gebirges (Nördliche Kalkalpen) in Österreich. Es liegt an der südlichen Flanke des Großen Woising (2064m) und wird Woising-Karln genannt. Der Anmarsch erfolgt von Grundlsee (708m) über das auf dem Hochplateau gelegene Albert-Appelhaus. Über den Woisingweg und anschließend über unwegsames Gelände gelangt man nach etwa 5 Stunden Gehzeit in den Höhlenpark.

## 2. Geologie

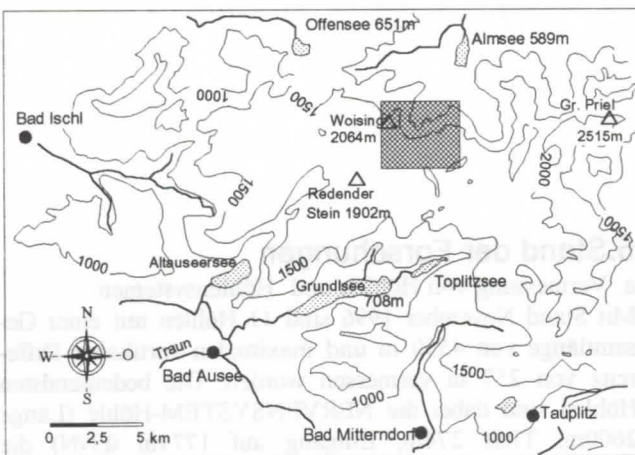
Die Höhlen im Gebiet um die Nervensystem-Höhle sind im gebankten Dachsteinkalk entwickelt, der in Richtung SE mit einer Neigung zwischen 30 und 50 Grad einfällt. Der Dachsteinkalk wird von Dachsteindolomit unterlagert, wobei nach eigenen Beobachtungen die Grenze Dolomit/Kalk im Bereich zwischen 1550 und 1650 m Seehöhe liegt. Am

bisher tiefsten Punkt der Nervensystem-Höhle bei 1540 m Seehöhe wurde nach den derzeitigen Erkenntnissen der Dolomit jedoch noch nicht erreicht. Durch Erosion bedingt, beträgt die Mächtigkeit des Dachsteinkalkes im Untersuchungsgebiet nur zwischen ca. 250 und 500 m. Für die Anlage der Höhlen sind steilstehende SW-NE streichende Klüfte maßgebend, schichtfugengebundene Gänge treten nur untergeordnet als Überleitungen zwischen den Kluftscharen auf.

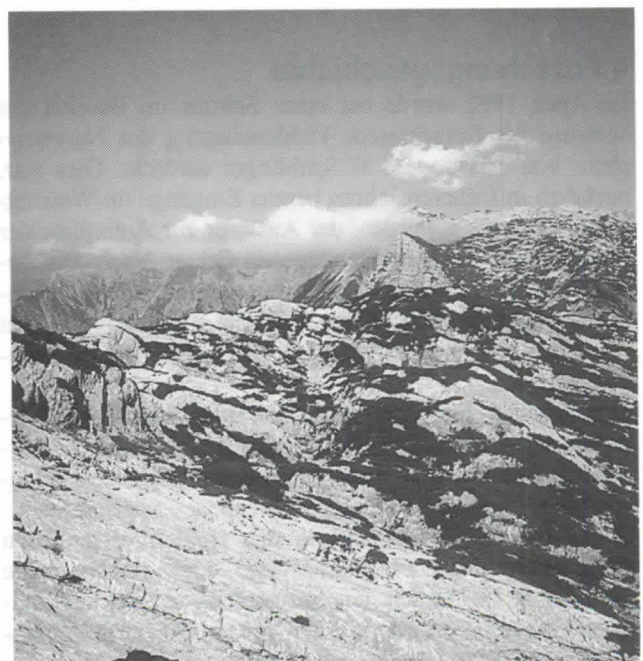
## 3. Hydrologie

Das untersuchte Gebiet verfügt nur im Bereich der Tiefen Grube über ein kurzes Oberflächengewässer. In den bisher erforschten Schächten wurden noch keine Rückstaubereiche angetroffen. Die Untersuchung des Nordabsturzes zwischen Almsee und Offensee zeigte Quellhorizonte im Dachsteindolomit bei 1000-1200m (Nesselbach und Weißeneckbach) sowie eine bisher unbeachtete periodische Karstquelle Richtung Kolmkar auf 700m, deren abrupter Ausbruch im Frühjahr 1995 mit einer Schüttung von knapp 1 m³/sec beobachtet werden konnte. Eine Untersuchung von Karstquellen wurde 1996 von C. Harlacher vorgenommen.

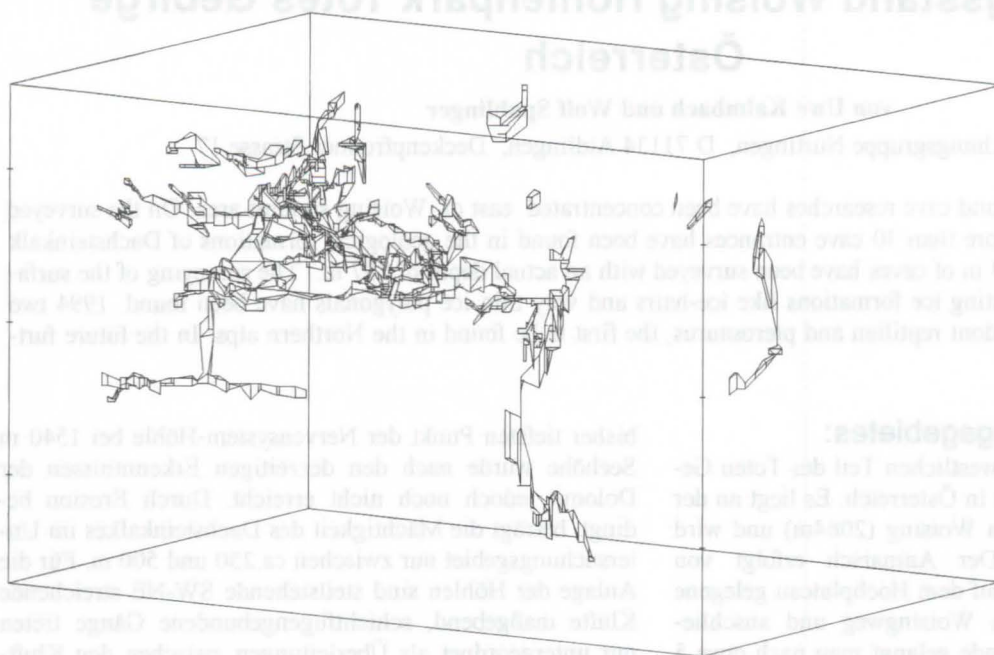
Übersichtskarte des Arbeitsgebietes Westliches Totes Gebirge



Lageskizze mit Arbeitsgebiet



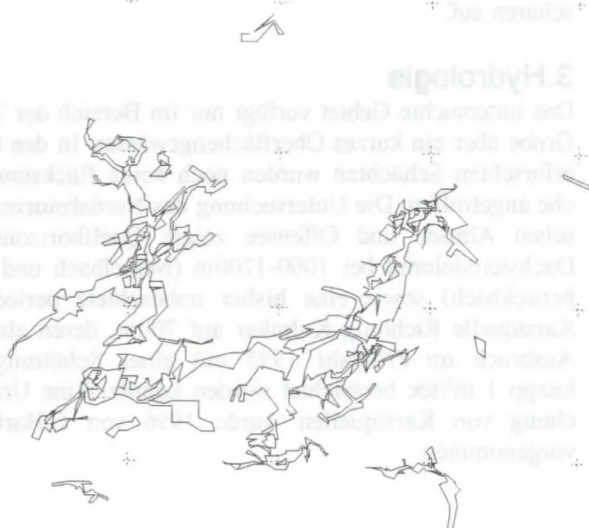
Blick über das Forschungsgebiet zum Einser, 1945 m



Aufriß bisher vermessener Höhlenteile

Maßstab 1:5000

Erstellt mit Toporobot



Grundriß

Maßstab 1:5000

Raster entspricht 125 m

#### 4. Forschungsgeschichte

Im April 1991 wurde bei einer Skitour im Bereich des Woising der freigeblasene Höhleneingang des Nervensystems von T.Beck und W.Spahlinger entdeckt. Dies war, nachdem in früheren Jahren bereits Eingänge im Woisingbereich gefunden wurden, der Auslöser zur Aufnahme der Forschungen in diesem abgelegenen Gebiet. Nach dem Zusammenschluß mehrerer Höhlenteile und der Oberflächenflächenvermessungen erwies sich das untersuchte Gebiet von 350 x 500 m als Höhlenpark mit bisher über 30 Höhleneingängen.

In jährlichen Forschungslagern werden die Höhlen erforscht und vermessen und fotografiert. Der lange Anmarschweg und die Höhenlage des Forschungsgebietes erlauben bisher nur Forschungen während des Spätsommers. Wechselnde Eisverhältnisse in den Höhlen verschließen dabei gelegentlich Forschungswege oder machen neue Höhlenteile zugänglich. Die größtenteils vertikal ausgebildeten Gangteile erfordern einen großen Seil und Zeiteinsatz, der die Forschungen erschwert.

#### 5. Stand der Forschungen

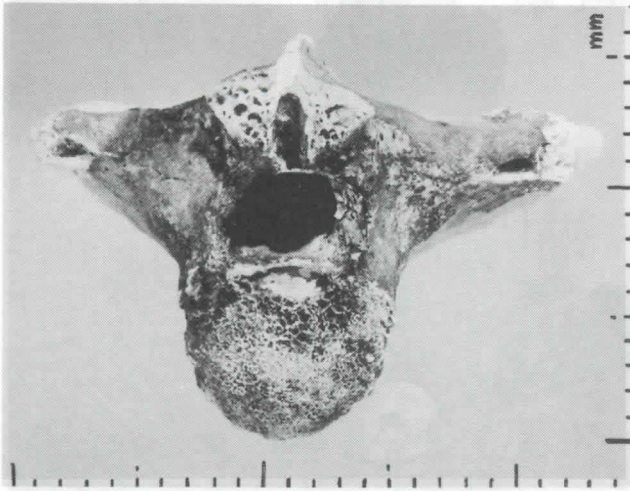
##### a. Vermessung von Höhlen und Höhlensystemen

Mit Stand November 1996 sind 11 Höhlen mit einer Gesamtlänge von 4550 m und maximalen vertikalen Differenz von 257 m vermessen worden. Die bedeutendsten Höhlen sind dabei die NERVENSYSTEM-Höhle (Länge 2600m, Tiefe 274m, Eingang auf 1774m ü.NN.) die FRAUENMANTEL-Höhle (Länge 1200m, Tiefe 110m, Eingang auf 1800m ü.NN.), die MILBENSTÜBERL-Höhle (Länge 200 m) sowie der NORDABSTURZ-Schacht (Länge 150m, Tiefe 120m). Die Meßdaten der 2-4 köpfigen Forscherteams werden von W.Spahlinger über Toporobot bearbeitet und ausgewertet.

##### b. Oberflächenvermessung

Dank der im Sommer 1990 durchgeführten Einmessung von 5 topographischen Festpunkten durch das Institut für Höhlenforschung in Wien (G. Stummer) konnten bisher 25 Höhlen und Höhleneingänge an das überregionale Gauß-Krüger-Koordinatennetz angeschlossen werden. Durch diese Oberflächenvermessungen entsteht ein immer

genaueres Abbild der Oberfläche, welches von T.Beck in einer Oberflächenkarte eingearbeitet und aktualisiert wird.



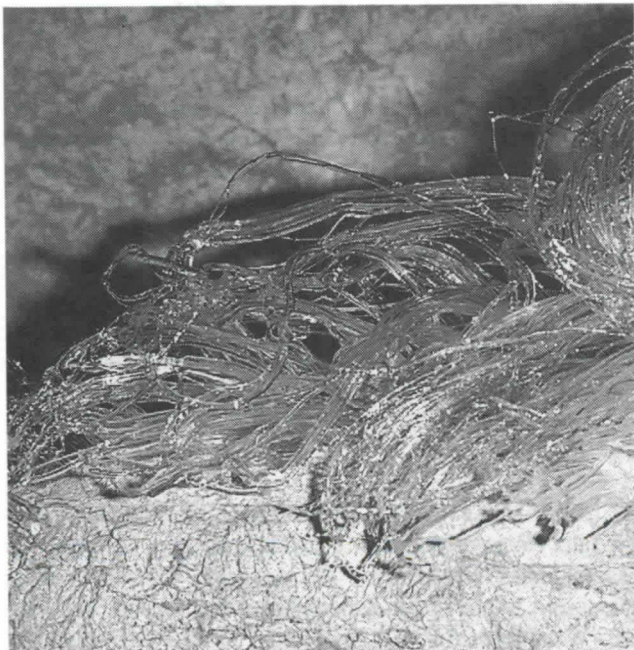
Dorsalwirbel eines Flugsauriers (Pterosaurus)

#### c. Fossile Funde

1994 wurden im NERVENSYSTEM im Sauriercanon ein Teil des linken Humerus eines Pflasterzahnsauriers (Placodont) gefunden. Am selben Tag wurden im gleichen Canon, ca. 50 m tiefer ein Dorsalwirbel eines Flugsauriers (siehe Foto) entdeckt. Die Untersuchungen wurden von Dr.R.Wild vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart vorgenommen. Der Versuch einer Altersdatierung über entnommene Gesteinsproben im Bereich der Fossilfunde durch die Analyse von Mikrofossilien hat bisher leider noch zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt.

#### d. Höhleneis

In den begangenen Höhlen findet sich an vielen Stellen Eis mit einer Mächtigkeit bis über 20 m. Eis wurde bis in 100m Tiefe des Nervensystems vorgefunden. In den vergangenen 5 Jahren wurde ein Rückgang der Eisdicke um Eishaare bis 1mm dünn Nervensystem Eisbachtal



bis zu 1m beobachtet, allerdings führte der Rückgang des Eises in den Eingangsbereichen zu einer zunehmenden Vereisung der Abflüsse im Höhleninnern. In einer kleinen Eiskammer mit konstanten Bedingungen konnten über Jahre hinweg über 5 cm große polygonale Eiskristalle mit einer Dicke von ca. 1mm aufgefunden werden. Noch ungeklärt ist die Entstehung von sogenannten Eishaaren, das sind Büschel von bis 20 cm langen und 1mm dünnen Eisbildungen, die scheinbar aus trockenem Fels wie aus der Kopfhaut wachsen.



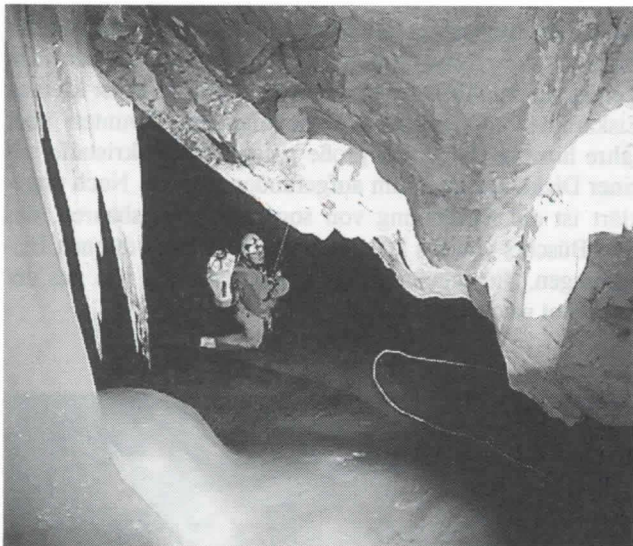
Polygonale Eiskristalle in der Eiskammer des NERVENSYSTEMS

#### e. Fotografische Dokumentation

Neben der Maßgabe, jeden neu begangenen Höhlenteil unmittelbar zu vermessen und an das Oberflächennetz anzuschließen, legen wir Wert auf eine umfangreiche fotografische Dokumentation. So besitzen Fotos eine oft höhere Aussagekraft als nur Meßdaten und können auf einen Blick den Charakter der Höhle darstellen. Langfristig geplant ist eine Verknüpfung von Höhlenplan und Fotos der Höhlenbereiche im PC, allerdings erfordert dies eine hohe Rechenleistung und Speicherkapazität.

#### f. Technische Erschließung

Insbesondere die zahlreich auftretenden Schachtabsnitte machen einen Ausbau mit Einseiltechnik erforderlich. Seit Jahren werden von uns mit Erfolg je eine Bosch bzw. Hilti Akkubohrmaschine eingesetzt. Ein Problempunkt beim Akkueinsatz ist jedoch die noch zu geringe Kapazität der Akkus, so erreicht der 24V Akku von Bosch circa. 6 Bohrlöcher, der 36 V Akku von Hilti kommt mit höherem Gewicht kaum auf 10 Bohrlöcher. Die technische Entwicklung läßt aber auf höhere Leistungsdaten der Akkus hoffen. Trotz harten Einsatzbedingungen haben diese Maschinen nach 10-jährigem Einsatz allerdings noch keine Ausfallerscheinungen gezeigt. Als Seilbefestigung werden Spreizanker mit 8 mm Durchmesser verwendet.



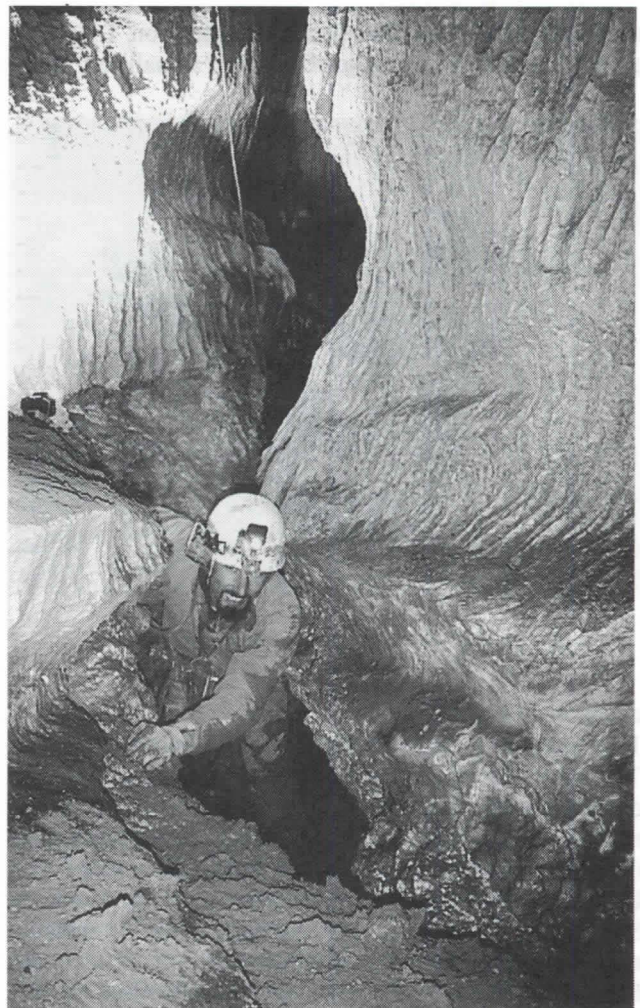
Vereister Hauptgang im NERVENSYSTEM

## 6. Ausblick und weitere Vorhaben

In den folgenden Jahren ist mit dem Zusammenschluß bisher isolierter Höhlen zu rechnen, was zu einem über 5 km langen Höhlensystem führen kann. Über 10 weitere katasterwürdige Objekte sollen 1997 an das Oberflächennetz angebunden werden. Bisher durchgeführte Begehungen ergaben eine Fortsetzung des Höhlenparks in östliche und westliche Richtung. Interessante Ergebnisse lassen auch weitere Tiefenvorstöße erwarten, insbesondere ist die Frage zu klären, ob sich auf dem Niveau der Haremshöhle (Tiefe Grube) ein Horizontalsystem befindet und wie sich die Verkarstung im Übergang Dachsteinkalk auf Dolomit verhält. Mit weiteren Oberflächenvermessungen in Ergänzung der Höhlenmeßdaten soll ein filigraneres Bild dieses Karstbereichs entstehen. Das in den letzten Jahren angetroffen Potential an Höhlen und Karsterscheinungen in unserem Forschungsgebiet wird uns noch auf Jahre mit Arbeit versorgen.



Wasserprobenahme im Eisbachtal, NERVENSYSTEM



Im Sauriercanon des NERVENSYSTEMS

## 7. Literaturhinweise

GANSS, O. (1937): Zur Geologie des westlichen Toten Gebirges. - Jahrb. d. Geol. Bundesanst. 87, Wien 1937,

GEYER, G. (1915): Aus den Umgebungen von Mitterndorf und Grundlsee im steirischen Salzkammergut Jahrb. d. k. k. geol. R. A., LXV, Bd. 1915,

HARLACHER, C. (1997): Chemische und thermische Reaktionen der Wässer von Karstquellen im Hochgebirge (Totes Gebirge Österreich) auf Niederschlagsereignisse. Diplomarbeit 1997 am Geol. Institut der Uni. Tübingen.

LEHMANN, O. (1927): Das Tote Gebirge als Hochkarst. - Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 70, Wien 1927,

PILLER, W. (1976): Fazies und Lithostratigraphie des gebankten Dachsteinkalkes am Nordrand des Toten Gebirges. - Mitt. Ges. Geol. Bergb. stud. Österr., 23, Wien, Sept. 1976,

WEISSMAIER, R. (1991): Beobachtung pleistozäner, subglazialer Wasserwege in oberflächennahen Höhlen des Glaziokarstes zwischen Hetzaukamm und Großem Woising. - Symp. üb. d. Karstgebiete der Alpen, Bad Aussee, Wiss. Beihefte z. Zt. Die Höhle, Nr. 42, Wien 1993

# Höhlen am Königssee (Nationalpark Berchtesgadener Alpen, Deutschland)

von Benjamin Menne

Büro für Ingenieurbilogie, Umweltanalytik und Speläologie, Hartfeldstr. 32, D-75417 Mühlacker, Germany

## Abstract

The Königssee is framed by the karst plateaus of the Hagengebirge and the Steinernes Meer horseshoe-shapedly at his southern parts. The two big plateaus show in the area of the «Röth» and the Teufelshörner one for the Karst science very much interesting junction zone. The connection is formed like a ridge. An important Karst spring arises from about 800 meters over the niveau of the valley. Important cave systems are in this zone. One of these caves is the Wildpalfensystem. The morphology and hydrology of these objects is different from that one of the caves of the plateaus. The differences are represented. Therefore an analysis of the developed horizontal niveaus is carried out. The distribution of the cave entrances becomes described. The dependence of the caves of tectonic structures is pointed out.

## 1. Geographie und Geologie

Der Nationalpark Berchtesgaden liegt im Südwesten Deutschlands. Seit 1978 ist eine Fläche von 210 km<sup>2</sup> unter Schutz gestellt. Ein landschaftlicher Höhepunkt ist der Königssee. Nach Norden offen, ist das fjordartige Seebecken im Westen vom Watzmannstock, im Südwesten vom Steinernen Meer, im Osten vom Hagengebirge und Gölstock umgeben. Der See selbst ist etwa 8 km lang und bis knapp über 200m tief. Der Wasserstand wird auf eine Seehöhe von 603m reguliert. Südöstlich schliesst sich der 10m höher gelegene und durch eine Sohlschwelle sowie Bergsturzmasse getrennte Obersee an.

Wichtige oberirdische Zuflüsse sind Königsbach, Röthbach, Schrainbach und der Eisgrabenbach (Watzmann). Die Entwässerung des Sees erfolgt einerseits oberirdisch durch die Königsseer Ache sowie unterirdisch (Kuchler Loch). Gleichfalls sind unterirdische Zuflüsse vor allem auf der Westseite festzustellen. Die Seenkette stellt die regionale Vorflut dar.

Die umgebende Gebirgslandschaft ist in verschiedene Höhenstufen («Verebnungsflächen») gegliedert, deren Genese schon jahrzehntelang kontrovers diskutiert wird (LANGENSCHIEDT 1986, FISCHER 1990).

Die alpinen Karststöcke rund um den Königssee bestehen in der Hauptsache aus mesozoischen Sedimentgesteinen und sind Teil mehrerer Decken, welche ab der Kreide - ausgelöst durch die beginnende Subduktion im penninischen Trog - gestapelt und nach Norden transportiert wurden. Dabei wird das Hagengebirge der Tirolischen Einheit zugeordnet (LANGENSCHIEDT 1994).

Im Einzugsgebiet des Königssees dominiert der Dachsteinkalk, welcher außerordentlich gut verkarstet. Grob schematisch lagert darunter Karnisch-Norischer- und Ramsaudolomit.

Im Rahmen dieses Aufsatzes soll die Übergangszone zwischen den beiden ausgedehnten Hochplateaus des Steinernen Meeres und des Hagengebirges speläologisch näher charakterisiert werden.

## 2. Die Übergangszone Steinernes Meer / Hagengebirge

### 2.1 Topographie

Während der Königssee einem etwa 10° streichenden Störungssystem folgt, ist der Obersee an einer mit ca. 110° streichenden Trennfläche angelegt. Beide Lineamente bilden im Untersuchungsgebiet die wichtigsten tektonischen Strukturen.

Südöstlich des Obersees stürzt der Röthbachfall etwa 500m tief

über die Steilstufe der Röthwand hinunter. Die Quellen des Baches liegen zwischen 1400 und 1460m im Almgebiet der Röth, einer ausgedehnten Verebnungsfläche. Die Röth wird überragt von dem markanten Doppelgipfel der Teufelshörner (2361m). Nördlich der Teufelshörner liegt der tief eingeschnittene Eisgraben, über dem sich der Südbasturz des Hagengebirges mit dem Wildpalfen (2241m) aufbaut. Südlich der Teufelshörner befindet sich der Schichttreppenkarst der Lawand (2312m), woran sich die Hochfläche des Steinernen Meeres anschließt. Die Höhlen der eigentlichen Hochflächen bleiben in diesem Aufsatz unberücksichtigt.

Aus der Topographie der Region ergibt sich eine natürliche Aufteilung in vier morphologische Untereinheiten: 1. Röth; 2. Eisgraben/Wildpalfen; 3. Teufelshörner; 4. Lawand/Neuhütter.

### 2.2 Die Karsthydrologie der Übergangszone

Trotz des enorm steilen hydraulischen Gradienten und der völligen Verkarstung des Dachsteinkalkes, ist im Gebiet der oberirdische Abfluß sehr bedeutend.

Allein die Quellgruppe des Röthbaches weist mehr als 12 Austritte auf. Zwar sind die Schüttungsschwankungen beträchtlich, jedoch kann an den tiefstgelegenen Quellen (1400m NN) ganzjährig ein Wasseraustritt beobachtet werden. Die Hauptquellen liegen in einer Höhe von 1420-1460m, unter anderem auch in der *Röthbachquellhöhle*.

Höhere Quellaustritte sind bis in 1700m Höhe zu bemerken, welche selbst bei Mittelwasser aktiv werden. Ein kleiner, hängender Karstwasserspiegel deutet sich im Bereich der Röth in einer Höhe von 1610m an. Hier tauchen bei Normalwasserstand die Gänge der *Hennenlochlöhle* in eine Siphonzone ein. Die Höhle liegt direkt am Fuße des mächtigen, mehrere Kilometer langen Lineamentes (10°), welches den Landtal-graben bildet.

Neben einigen verstreut liegenden kleinen Quellen soll hier noch der Bach im Eisgraben («Einsiedelbach») Erwähnung finden, welcher auf ca. 1900m aus einer Schichtfuge in der Grabensohle austritt und nach noch nicht einmal 100m im *Teufelsschlinger* wieder versinkt. Weitere kleine Bachläufe sind auch noch unter dem Wandfuß des Jägerbrunntrögs in ca. 2000m Höhe zu finden.

Wichtig zum Verständnis der gesamten hydrologischen Situation erscheint noch die Erwähnung der Blauen Lacke (1816m) am Rande des Berichtsgebietes im Steinernen Meer. Es handelt sich hier um ein kleines, mäßig durchströmtes Seebecken.

Quellaustritte an der Südostflanke der Teufelshörner, zum Blühnbachtal hin, seien erwähnt.

Ort	Temp. °C	Leitföh. $\mu\text{S/cm}$	Ca $\text{mg/l}$	Gesh. $\text{mg/l}$
Röthbachquellh.	3.1-6.4	160-210	20-37	21-39
Einsiedelbach	1.4-4.2	80-150	18-36	19-36
Biwakbach	6.8-9.2	220-?	22-36	23-38
Gamsbemerllab.	1.4-1.6	n.b.	38-50	38-50
Teufelsschlinger	3.2	n.b.	40	42
Canyon 1984	1.2	n.b.	31	32

**Tabelle 1: Einige Messwerte aus Fliess- und Höhlen-gewässern**

über die unterirdischen Abflulbahnen im Gebiet ist noch wenig bekannt. Für das Wildpalfensystem wird jedoch ein Zusammenhang mit der Röthbachquellhöhle vermutet (MENNE 1993).

Während der Forschungsarbeiten sind auch einige chemische und physikalische Messungen in den Fliessgewässern durchgeführt worden (Tab. 1).

### 3. Speläologische Kurzdarstellung einiger wichtiger Höhlen

#### 3.1 Gebiet Röth / Wasseralm

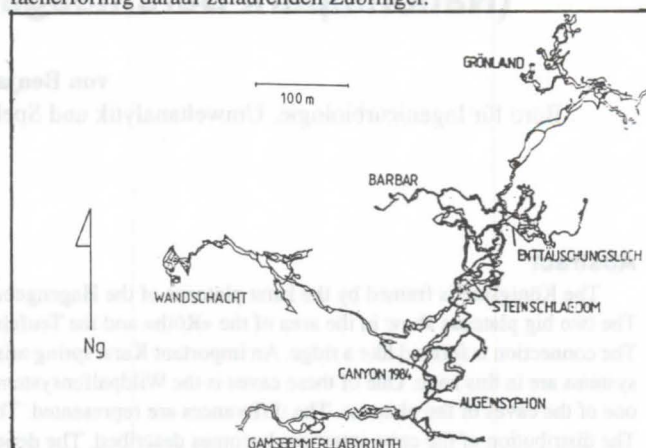
Außer den oben schon benannten Wasserhöhlen, welche nur Kleinhöhlendimensionen erreichen, wurden in dieser Landschaftszone nur sehr wenige Höhlen i.e.S. gefunden.

Erwähnenswert ist noch die *Röthalmspalte*, welche einen beeindruckenden Kluftraum direkt in der 110° streichenden Oberseestörung darstellt.

#### 3.2 Gebiet Eisgraben

In diesem Teilbereich finden sich zur Zeit die ausgedehntesten Höhlen des Untersuchungsgebietes. Unterhalb der 1900m Höhenlinie ist interessanterweise nur ein einziger Eingang bekannt. Im Eisgraben ist das oberflächennah entwickelte Ponor- und Sammlersystem des *Teufelsschlingers*, in das auch der Eisgrabenbach ver-

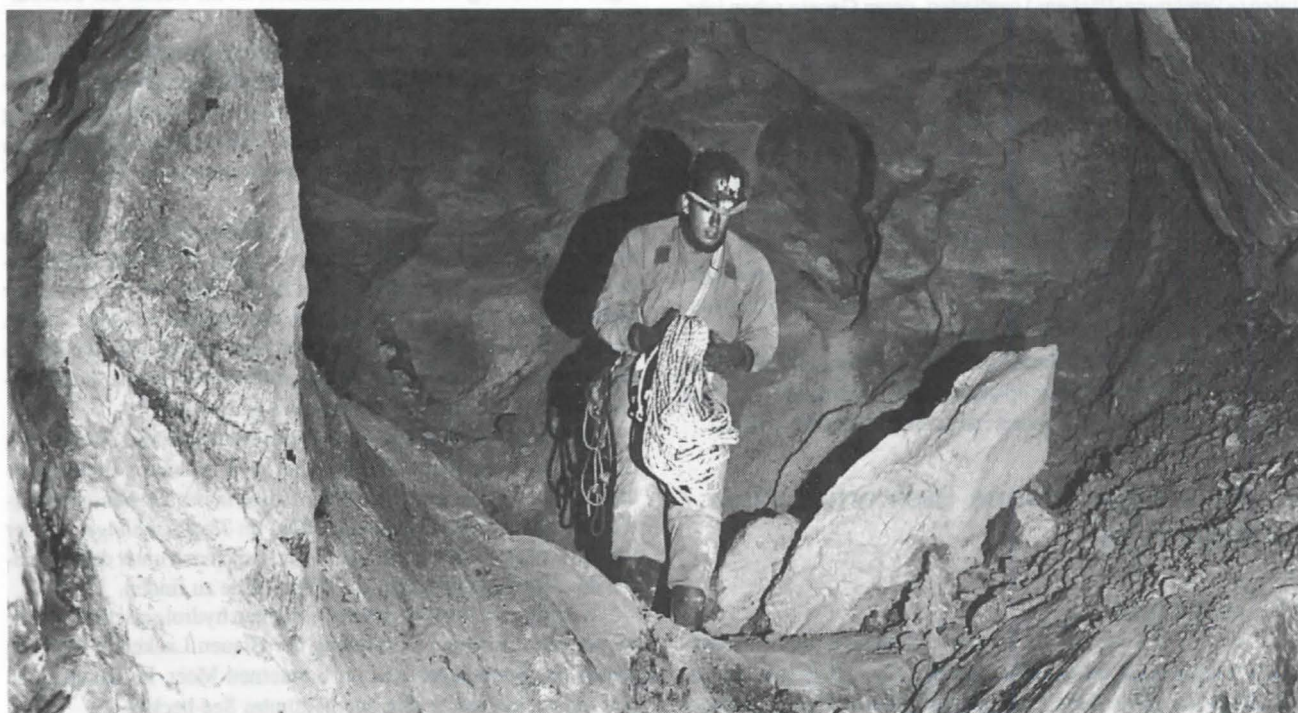
schwindet, von Bedeutung. Charakteristisch für die Höhle ist die grabenparallele Hauptachse und die zahlreichen, sehr engräumigen, fächerförmig darauf zulaufenden Zubringer.



**Abbildung 1: Gangverlaufsplan des Wildpalfensystems**

Nur 40 Meter oberhalb dieser leicht auffindbaren Höhle befindet sich in der Felswand der versteckte Eingang des *Gamsbemerllabyrinthes*, das einen der Zugänge zum Wildpalfensystem darstellt. Die Höhle ist überwiegend horizontal angelegt und streng Ost-West orientiert. Im Osten wird das Höhlensystem durch eine markante Störung abgeriegelt.

Oberhalb des Gamsbemerllabyrinth-Einganges befindet sich der P. 1994. Nördlich davon liegt in einer tiefen Doline der Eingang des *Canyon 1984*. Durch den stark bewetterten Eingangsversturz betritt man einen kleinen Kriechgang, der in einen 0,5km langen Canyon übergeht. In 140m Tiefe erreicht man durch den Silberstreifenschacht ein sehr großräumiges Horizontalniveau und den Steinschlagdom. Südlich leitet ein Schacht und geräumige Gänge zum tiefsten Punkt der Höhle in 1723m Höhe (Augensiphon). Nördlich an den Steinschlagdom schließt sich der bachdurchflossene Nordgang an, welcher über den Riesengang «MÜMÜ» in das Hochsystem «Grönland» führt. Beim Steinschlagdom zweigt schliesslich noch in westlicher Richtung der Biwakgang ab.



**Abbildung 2: Wildpalfensystem - Wandschacht: Gang zum letzten Eck; Foto: Freimut Schmidt**

Der *Wandschacht* setzt direkt am Wandfuß des Wildpalfens, nordwestlich P. 1994, an. An die 70m tiefen, teils eisigen Eingangsschächte schliesst eine imposante Halle («Rockpalast») und ein relativ leicht zu befahrender, nach ESE absinkender Gang («Spaziergang»; Abb. 2) an, welcher schliesslich in den «Wilden Westen» und zum Biwakgang des Canyon 1984 führt.

Der vierte bekannte und höchstgelegene Eingang zum Wildpalfensystem ist das mächtige Portal des Enttäuschungsloches, in 2104m Höhe mitten in der Südwand des Wildpalfen. Auf die geräumige Eingangshalle folgt ein bis 1987 völlig von Eis verschlossener Schluf. Die Höhle ist in der Hauptsache vertikal orientiert und besteht im oberen Teil aus geräumigen Schächten, in der Tiefe aus einem relativ schwierigen Canyon («Barbar»). Hier ist die Verbindung zum C84 gegeben.

Weitere interessante Höhlen im Eisgraben sind der ca. 100m lange *Kleinschlinger* und der knapp 60m tiefe, oft prächtig vereiste *Teelogschacht*.

Auf der Gipfelhochfläche des Wildpalfen wurden viele Schachthöhlen bearbeitet, ein Durchstieg in das Wildpalfensystem gelang noch nicht. Wichtige Höhlen sind der 75m tiefe *T-Shirt-Canyon* (Eisgletscher) und das extreme, knapp 100m tiefe *Schwäbische Höhlchen*.

Die Bearbeitung des Gebietes um den Jägerbrunntrög führte jüngst zu der Entdeckung einer verheissungsvollen neuen Schachthöhle («Regenhöhle»). Sie könnte ein Bindeglied zwischen dem mehr als 20km langen Jägerbrunntröghöhlensystem und dem Wildpalfensystem darstellen.

### 3.3 Gebiet Teufelshörner

Bemerkenswerterweise konnte in diesem Bergstock, zumindest auf der Seite zum Königssee hin, kein Höhleneingang gefunden werden. Dies ist besonders deshalb interessant, da der Berg den höchsten Punkt des Untersuchungsgebietes darstellt und direkt in der Achse Obersee - Röthbachquellen steht.

### 3.4 Gebiet Lawand / Neuhütter

Das Gebiet ist gekennzeichnet durch schönen Schichttreppenkarst auf der Nordseite. Wie im Eisgraben, so finden sich auch hier die ersten Höhleneingänge oberhalb 1900m.

Bislang sind noch keine ausgedehnteren Höhlen bekannt, jedoch besteht in der zur Zeit etwa 120m langen *Jubiläumshöhle* gute Aussicht. Hier führt - typisch für diesen Berg - eine recht kleinräumige Eingangszone zu einem schönen Horizontalgang.

In enger genetischer Verbindung mit der Jubiläumshöhle steht die *Sockenschleuder*. Die längste Höhle des Gebietes ist zur Zeit *Ladies First*, eine 170m lange Höhlenruine mit schönen Horizontalgängen.

Insgesamt kann am Neuhütter eine sehr große Höhlendichte beobachtet werden. Auf den zahlreichen Schichtfugen setzen sehr viele Höhleneingänge an.

Erwähnung finden sollte die nur flüchtig erforschte und stark bewettete *Fischerhöhle*.

### 3.5 Benachbarte Höhlengebiete

Auf der Nordseite des Wildpalfen forschte in den 80er Jahren eine Münchener Gruppe. Als größtes Objekt erwies sich der knapp 1km lange *Schreck laß nach*. Nördlich Jägerbrunntrög sind zahlreiche Höhlensysteme vorhanden. Hier ist vor allem das über 20km lange und mehr als 1000m tiefe *Jägerbrunntröghöhlensystem* zu nennen. Diese Höhlen entwickeln sich in das Hochplateau hinein. Im Bereich der Blauen Lacke ist die Forschung in den letzten Jahren erst richtig begonnen worden.

## 4. Speläogenetische Betrachtungen

Im Forschungsgebiet sind zur Zeit 97 Höhleneingänge erfasst. Ihre Verteilung wird in Abbildung 3 verdeutlicht. Die Eingänge sind nestartig angeordnet, was nicht am Forschungsstand liegt, da alle Bereiche gleichmässig intensiv bearbeitet wurden.

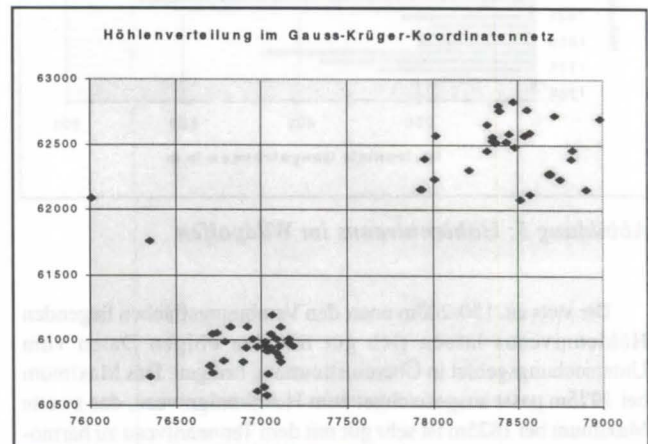


Abbildung 3: Verteilung der Höhleneingänge im Gauss-Krüger-Koordinatensystem; im Kreis: Quellschächte der Röth.

Weitere Auffälligkeiten ergeben sich, wenn man die Höhenverteilung der Eingänge ansieht (Abb. 4).

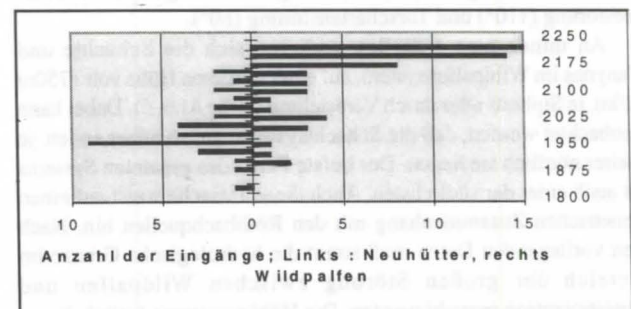


Abbildung 4: Höhenverteilung der Eingänge

Unterhalb von ca. 1900m sind kaum Eingänge zu finden. Auch dieser Befund ist nicht in der Durchforschung des Geländes begründet. Die Höhleneingänge sind nestartig verteilt, sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung. (Für den Neuhütter wird sich in Zukunft die Anzahl der Höhlen oberhalb 2050m noch erhöhen, da in dieser Region noch relativ wenig gearbeitet wurde.)

Als weiteres Charakteristikum kann die Verteilung der bekannten Höhlenstrecken selbst gelten. Schon KLAPPACHER und KNAPZYK (1979) wiesen auf die Existenz von Horizontalniveaus in der gesamten Region hin. Ausführlich diskutiert LANGENSCHIEDT (1986, 1994) diese Beobachtungen. Im Wildpalfen wurde mit einer konsequenten Umsetzung dieser Erkenntnisse beachtliche Forschungserfolge erzielt.

Gleichartig wird auch im Bereich Neuhütter ein Horizontalniveau mit einem Maximum bei 1950m festgestellt. LANGENSCHIEDT (1994) gibt für die oberirdischen Niveaus folgende Zahlenwerte an:

Hochkönigniveau : 2200m

Tennenniveau : 2000m

Gotzenniveau : 1700-1800m

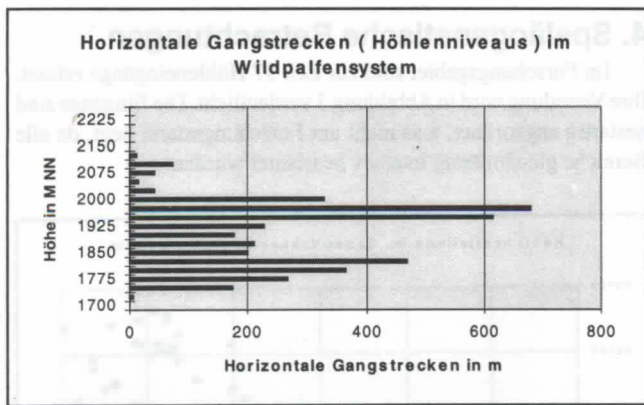


Abbildung 5: Höhlenniveaus im Wildpalfen

Die stets ca. 150-200m unter den Verebnungsflächen liegenden Höhlenniveaus lassen sich gut mit den obigen Daten vom Untersuchungsgebiet in Übereinstimmung bringen. Das Maximum bei 1975m passt ausgezeichnet zum Hochkönigniveau, das zweite Maximum bei 1825m ist sehr gut mit dem Tennenniveau zu harmonisieren. Das Gotzenniveau ist speleologisch regional nicht ausgeprägt, es sei denn, man ordnet die Quelhöhlenetage der Röth hier ein. Letzterer Ansatz könnte interessante landschaftsgeschichtliche Studien veranlassen.

Sämtliche Höhlenpläne wurden mittels Höhlenplanlineation auf Einbindung in das lokale tektonische Geschehen untersucht. Die Hauptlineamente der Landschaftsoberfläche sind durchwegs bestimmend für die Anlage der Höhlen: Königsseestörung (10-20°), Oberseestörung (110°) und Torschartenstörung (60°).

An mindestens 4 Stellen verlieren sich die Schächte und Canyons im Wildpalfensystem, auf einer mittleren Höhe von 1750m (20m, in Siphons oder durch Verästelung (siehe Abb. 6). Dabei kann beobachtet werden, daß die Schachtsysteme um so höher enden, je weiter nördlich sie liegen. Der tiefste Punkt des gesamten Systems ist auch einer der südlichsten. Auch diese Tatsache weist auf einen genetischen Zusammenhang mit den Röthbachquellen hin. Nach den vorliegenden Daten muß somit die hydrologische Grenze im Bereich der großen Störung zwischen Wildpalfen und Jägerbruntrog gesucht werden. Die Höhlensysteme östlich davon entwässern vorwiegend in das Zentralplateau hinein.

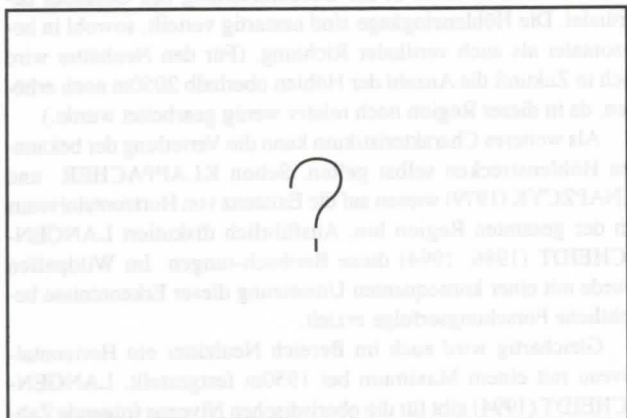


Abbildung 6: Aufriß S-N des Wildpalfensystems

Die Objekte westlich der Störung scheinen der Vorflut der Röth und des Königssees zuzustreben. Im Gamsbimmerlabyrinth stützt die Existenz entsprechender Fliessfacetten diese Interpretation.

## 5. Meteorologie, Eishaushalt

An allen bekannten Eingängen des Wildpalfensystems ist Luftzug auswärts festzustellen, wobei im Wandschacht und Enttäuschungsloch Windumkehr erfolgen kann. Die Lufttemperaturen liegen Sommers im oberen Horizontalniveau bei 0.9-1.3°C, im unteren bei 2.5-2.7°C. Alle Eingänge sind zumindest temporär vereist. Im Eingangsportal des Enttäuschungsloches bildet sich zeitweise ein sichtbarer Kaltluftsee (Nebel).

## 6. Forschungsgeschichtliche Anmerkungen

Die ersten dokumentierten Arbeiten unternahmen Münchener Höhlenforscher (Deubner, Lindenmayer). Im Jahre 1983 begann P. Lammerer (VHM) und die HFG Mühlacker (B. Menne) fast zeitgleich mit der Arbeit im Eisgraben. Die ersten Tätigkeiten am Neuhütter führte die HFG Mühlacker 1989 durch. Die Erforschung des Wildpalfensystems erfolgte trotz der Talferne ohne Hubschrauberunterstützung. Um die Erforschung der Höhle verdient gemacht haben sich: M. Fitzer, K. Jacobi, M. Pastrzig, S. Pastrzig, P. Rapp, T. Rapp, F. Schmidt, M. Schmidt, T. Schmidt, A. Schweigert, H. Wagner, W. Wagner.

Von besonderem Interesse sind die zoologischen Studien, (K. Jacobi), die Fotodokumentation mit etwa 1000 Aufnahmen (F. Schmidt) und die mikrobiologischen Arbeiten des Autors.

## 7. Literaturhinweise

FISCHER, K. (1990): Höhlenniveaus und Altreliefgenerationen in den Berchtesgadener Alpen. Mittlg. der Geograph. Gesellschaft in München, Band 75: 47-59. München.

KLAPPACHER, W.; KNAPCZYK, H. (Red.) (1979): Salzburger Höhlenbuch Band 3; Salzburg.

LANGENSCHIEDT, E. (1986): Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen. Dokumente der Landschaftsentwicklung in den nördl. Kalkalpen. Forschungsbericht 10 Nationalpark Berchtesgaden.

LANGENSCHIEDT, E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Alpen. Berchtesgaden: Berchtesgadener Anzeiger.

MENNE, B. (1993): Hagen 1990-92 - Beitr. z. Karst- u. Höhlenkde. des Hagengebirges, Mühlacker.

# Muttseehöhle, oder -1070 Meter im Autochthon der Glarner Alpen

von Y. Weidmann und Ch. Preiswerk

Steinstrasse 72, 8003 Zürich; Alpenstrasse 31, 3073 Gümligen

## Résumé

La caverne du Muttsee, située dans les Alpes glaronaises à 2500 m d'altitude servait autrefois de déversoir au lac. Dans les années cinquante la construction d'une centrale hydraulique a asséché ce système, si bien que l'accès à la caverne s'est trouvé totalement fermé par un bouchon de glace. En 1987 un groupe de l'OGH a réussi à franchir cet obstacle et, traversant un couloir horizontal, a débouché sur une zone gigantesque de puits. Au cours de ces dernières années, lors de plusieurs tentatives échouant chaque fois par manque de cordes, une série de puits profonds a été découverte. L'hiver 1994 la limite magique de -1000 m a été atteinte: la recherche continue!

## Zusammenfassung

Die Muttseehöhle, in den Glarner Alpen auf 2500m.ü.M gelegen, war einst Abflusssystem des Muttsees. Seit der Ueberlauf des Sees in den 50er Jahren durch die Kraftwerke trockengelegt wurde, war das Eingangsportal der Höhle ganzjährig durch einen Eispfropfen verschlossen. Im Jahre 1987 gelang es einer Gruppe der OGH (Ostschweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung), diesen zu überwinden und nach einem Horizontalteil in eine gigantische Schachtzone vorzustossen. Während der letzten Jahre konnte in mehreren Vorstössen, die alle infolge Seilmangels endeten, eine Serie von tiefen Schachtstufen befahren werden. Der weitere Vorstoss in die Tiefe wurde in minus 1070 Meter durch einen Syphon gestoppt. Parallel wurde aber in einer banachbarten Höhle weitergearbeitet und es konnte einen Zusammenschluss mit der Muttseehöhle vermessen werden. Zur Zeit geht es an allen Ecken und Enden der Höhle weiter.

## 1. Geographische Lage und Erforschungsgeschichte

Im südlichsten Zipfel des Kanton Glarus, im Quellgebiet der Linth, auf einem Kalkplateau in 2500m Höhe ü.M. gelegen, liegt der Muttsee. Er ist eingebettet in der kargen Gebirgsebene zwischen dem Kamm des Nüschentockes im Westen und des Ruchi im Osten. Richtung Süden zieht sich die Hochebene gegen den Bifertenstock hin, bevor sie jäh gegen den rund 700 m tiefer liegenden Limmern-Stausee abfällt.

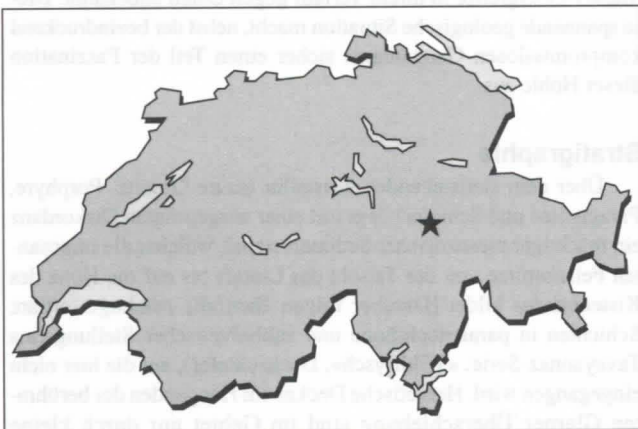


Figure 1: Lage der Muttseehöhle.

Die Geschichte der Erforschung der Muttseehöhle findet ihren Anfang in den Zwanziger-Jahren dieses Jahrhunderts. Der Geologe und Naturforscher „H. Anker“, welcher Untersuchungen und Wasserfärbungen zum Bau der Kraftwerke Linth-Limmern durchführte, war vermutlich der erste Interessent, der sich der Höhle widmete. Der damals noch als aktiver Abfluss des Muttsees funktionierende Höhlengang wurde von ihm auf einer Länge von ca. 350 m vermessen, um Aufschlüsse über den Gangverlauf zu erhalten. Die in grossen römischen Zahlen gemalten Messpunkte erinnern noch heute

an die wohl eher abenteuerliche Aktion. Die im Zuge der hydrologischen Untersuchungen getätigten Wasserfärbungen des Höhlenbaches ergaben ein sehr weitgestreutes Gebiet von Quellaustritten, u.a. bis ins Vorderreintal! (Leider müssen die uns vorliegenden Ergebnisse mit Vorbehalt interpretiert werden, da wir bis heute nicht im Besitze detaillierter Angaben sind.)

Dannach geriet die Höhle in Vergessenheit.

Da das Wasser des Muttsees in den Fünfzigerjahren zur Stromgewinnung genutzt werden sollte, wurde eine Druckleitung erstellt, die das Wasser des Sees den Turbinen des Limmernkraftwerkes zuführte. Die damit verbundene Absenkung des Seewasserspiegels liess den natürlichen Abfluss versiegen. Aufgrund der fehlenden «Schmelzwirkung» des Wassers bildete sich im Höhleneingang ein gewaltiger Deckel aus Schnee und Eis, der auch in den Sommermonaten den Zugang zur Höhle verwehrte und die Geheimnisse des Muttseeschlundes während Jahrzehnten beharrlich hütete.

In den Hinterköpfen der Speleos der OGH tauchte der Name der Höhle immer wieder auf, und es wurden sporadisch Versuche unternommen, dem Eispfropfen mit Werkzeugen zuleibe zu rücken oder ihn zu umgehen. Ausser einigen verbrannten Köpfen in der gleissenden Junisonne waren die Aktionen aber kaum von Erfolg gekrönt.

Erst das natürliche langsame Abschmelzen des Eispfropfens in den vergangenen Jahren liess wieder Hoffnung aufkommen. Am 26. September 1987 wurde ein weiterer Versuch gestartet. Mit Ketten- säge, Brecheisen und Pickel wurde gearbeitet. «... nach etwa 2 Metern eröffnete sich ein, vom Wind freigeblassener, mit langen Eisnadeln verzierter enger Gang, der sich nach wenigen Metern weiter neigte und sich im Abgrund zu verlieren schien. Mit Hilfe von Steigeisen und Seil wurde eine etwa 5 Meter hohe Eisstufe abgeseilt...nun, endlich waren wir sicher. Wir standen in einem tunnelartigen Gang, der in die Tiefe führt. Der Eispfropfen war endgültig geknackt ... die Weinflasche auch.» (Th. Preiswerk et al., 1987).

Jetzt stand weiteren Vorstössen nichts mehr im Wege. Bis Mitte 1988 wurden der Horizontalteil und all seine Abzweiger vermessen, sowie der Beginn der Schachtserie entdeckt. Während den Sommermonaten 88 und 89 folgte Vorstoss um Vorstoss in die Tiefe. Die kleine aber effiziente Gruppe arbeitete sich ohne auf nennenswerte Hindernisse zu treffen tiefer und tiefer... Jeder Vorstoss endete infolge Seilmangels, «out of rope». Ende 1989 wurde am Schachtgrund des P 135 eine Tiefe von -580 m erreicht, gestoppt durch Seilmangel und einen stattlichen Wasserfall. Die Temperaturen wenig über dem Gefrierpunkt gekoppelt mit immerwährendem Spritzwasser zehrten an der Substanz. Die trockeneren Verhältnisse in den Wintermonaten bewogen uns dazu, unsere Haupttätigkeiten in den tieferen Regionen auf diese Jahreszeiten zu beschränken. 1990 kehrte eine etwas ungewohnte Ruhe ein bis zur ersten Winter-Ex, welche mit tatkräftiger Unterstützung der Kraftwerke Linth-Limmern (KLL) möglich wurde. Da die Muttseehütte im Winter aufgrund seiner exponierten Lage nicht zugänglich ist, mussten wir uns eher unüblicher Transportmittel bedienen. Mit Hilfe der Luftseilbahn Tiefelhd-Limmernsee und einer weiterführenden Druckstollen-Kontrollbahn im Bergesinnern, wurden wir mitsamt der Ausrüstung bis fast zur Muttseehütte transportiert. Ein kurzer Horizontalstollen verbindet die Bahnstation mit der Aussenwelt. Nach einem kurzen Skiaufstieg war die Muttseehütte erreicht. Die nachfolgende Höhlenexpedition führte uns auf -650 m Tiefe und liess uns den «Horizont der Hoffnung» entdecken, in dem heute das Biwak installiert ist. Ausserdem konnten die Verbindungen zur KLL soweit gestärkt werden, dass wir die Möglichkeit erhielten zwei Expeditionen pro Winter durchzuführen.

1991 wurde auch während des Sommers intensiv geforscht. Zwischen 150 und 350 Metern Tiefe wurden rund 750 Meter Neuland entdeckt. Der spektakulärste Teil ist zweifelsohne der 200 Meter

tiefe Schacht der «Apocalypse», in dessen dunklen Schlund sich ein zischender Wasserfall ergiesst. Da dieser, dem übrigens der Schacht seinen Namen verdankt, eine beachtliche Schüttung aufweist, ist die Erforschung desselbigen äusserst schwierig, nass und frostig. Auf einzelnen Wintervorstössen wurde langsam aber kontinuierlich in die Tiefe vorgestossen. Während den Wintertouren erwiesen sich die hochalpinen Witterungsverhältnisse auf dieser Wind- und Wetter stark ausgesetzten Hochebene als ernstzunehmendes Handicap. Weihnachten 93 folgte eine weitere Ex, welche des Speleos Herzen schneller schlagen liess. Der letzte Vorstoss endete in -908 Metern Tiefe über einem weiteren Schacht und so geriet die magische Grenze von -1000 Metern in erreichbare Nähe. Nach einigen kleineren Schächten und einem horizontalen Gangstück konnte an Weihnachten 94 die Tiefe von -1070 Meter erreicht werden. Vorläufiges Ende ist Syphon.

Parallel zu der Erforschung in den Tiefen Teilen der Höhle wurde auch die Erforschung der benachbarten Marmorhöhle begonnen. In dieser konnten gleich auf Anhieb rund 1000 Meter Horizontalgänge vermessen werden. Diese befinden sich nur wenige Meter unter dem Hauptgang der Muttseehöhle und entwickeln sich absolut parallel zu dieser. An Weihnachten 96 konnte der Zusammenschluss mit der Muttseehöhle gefeiert werden. Der Zusammenschluss der beiden Höhlen fand über eine spektakuläre Traverse über den 25 Meter breite P200 statt. Das gesamte System der Muttsee- und Marmorhöhle beträgt zur Zeit rund 6,3 Kilometer.

## 2. Geologie

### Einleitung

Die Muttseehöhle liegt im autochthonen bzw. parautochthonen Sedimentmantel des östlichen Aarmassivs in den Glarner Alpen. Diese Sedimenthülle weist sowohl im Streichen wie auch in Abhängigkeit der Nähe zu ihrer Wurzelzone unterschiedliche Mächtigkeiten auf. Dies kann sowohl aus tektonischen und auch primär sedimentären Gründen der Fall sein. Lediglich 2 km südwestlich der Höhlenachse ist in der Limmernkuppel das kristalline Grundgebirge in Form eines Fensters aufgeschlossen. Infolge des Axialgefälles der Kristallinaufwölbung ist aber die Höhenlage der Massiv-Obergrenze in ihrem Verlauf gegen Osten unbekannt. Diese spannende geologische Situation macht, nebst der beeindruckend kompromisslosen Ganganlage, sicher einen Teil der Faszination dieser Höhle aus.

### Stratigraphie

Über dem steilstehenden Kristallin (saure Granite, Porphyre, Paragneise und Schiefer) liegt mit einer ausgeprägten Diskordanz ein mächtiger mesozoischer Sedimentstapel, welcher die imposanten Felsabstürze von der Talsole des Lintals bis auf die Höhe des Kistenbandes bildet [Darüber folgen ebenfalls mächtige tertiäre Schichten in parautochthone und subhelvetischer Stellung (u.a. Taveyannaz-Serie, «Wildfysch», Dachschiefer), auf die hier nicht eingegangen wird. Helvetische Decken im Hangenden der berühmten Glarner Überschiebung sind im Gebiet nur durch kleine Verrucanoreste am Gipfel des Ruchstock vertreten].

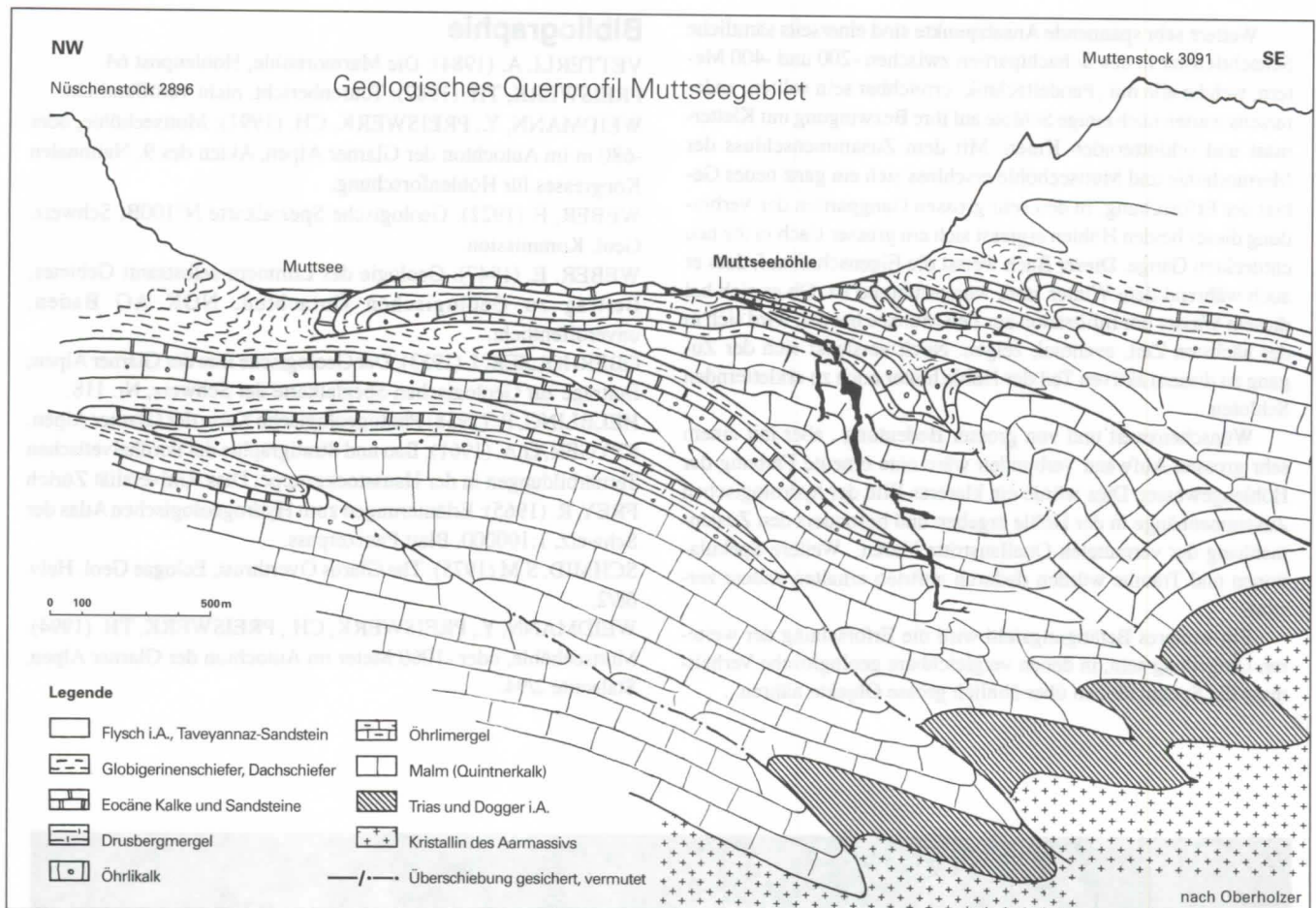
### Höhlenanlage und Geologie

In der Eingangs doline der Muttseehöhle ist an einer sekundären Störung die Kreide der südlichen Mutenbachschuppe (Drusberg und Schrattekalk) auf flach südfallenden Nummulitenkalk und Drusberg der Mutenwändlischuppe aufgeschoben. An dieser Störungsfläche verschwand auch der ehemalige Mutenbach in der Tiefe.

Im Eingangsteil werden rasch die geringmächtigen, hier recht kalkigen Drusbergschicht durchquert. Die Höhle folgt danach in



Foto 1 : Einstieg zum P100 auf -250 m.



**Figure 2: Profil durch das Muttseegebiet (ungef. 135 SE), mit aufgelegtem Seitenriss der Muttseehöhle. Projektionsrichtung 70° E.**

erstaunlicher Regelmässigkeit dem Schichtfallen (durchschnittlich 20-35°) des Öhrlikalkbandes. Die auffällig geradlinigen Calcitadern sprechen für eine Anlage der Höhle auf vertikalen Kluftfugen, an denen auch geringfügige Horizontalverschiebungen stattgefunden haben. Richtung und Versatzbetrag ist nicht bestimmbar. Unter vadosen Bedingungen hat sich in den kompakten Kalken das Mandelsteinprofil des Hauptganges entwickelt. Das monotone Abfallen des Ganges wird jeweils durch kurze horizontale Abschnitte unterbrochen, die Parallel zum Streichen verlaufen und den Gang rechtwinklig versetzten. Auf -150, kurz vor der Schachtzone, wird der Gang niedriger (eine richtige Muttsee-Engstelle!), und der Mergelgehalt nimmt zu, auch ist eine verstärkte Schieferung sowie Kleinfaltenachsen schief zum Gangverlauf zu beobachten. Dieses Niveau dürfte den nur schwach ausgebildeten Öhrlimergel entsprechen.

Die nun zu erwartende Grenze zum Malm konnten wir bisher nirgends direkt feststellen. Sicher liegen aber ab P.80 alle grossen Schächte im Malmkalk. Auffällig sind die Kieselknauer im P.80 und v.a. im P.135. Das Auftreten einer Steilzone entspricht dem Einfallen der Schichten, die hier flexurartig abkippen. Die Ausbildung einer derart gewaltigen, zusammenhängenden Schachtzone scheint aber durch eine NW-SE verlaufende Querstörung, wie wir sie auch an der Oberfläche beobachten können, sicher begünstigt worden zu sein. Solche jungen, Querstörungen werden auch in der Literatur erwähnt, ohne dass jedoch eine Richtung oder ein Verschiebungsbetrag erwähnt wird. Sie sind auch aus anderen Gebieten des Helvetikums bekannt und können horizontale wie vertikale Bewegungskomponenten enthalten. Erste Anzeichen sprechen für einen abgesenkten NE-Flügel der subparallel zum Einfallen verlaufenden Störung. An der Oberfläche besteht hingegen keiner-

lei Anzeichen für die Existenz eines solchen Bruches.

Im P.135 wird diese Störung verlassen, der Schacht durchschlägt horizontal liegenden Quintnerkalk. Der anschliessende Horizont der Hoffnung und die Wasserscheide sind wiederum an einer Kluft (evtl. Bruchfläche) angelegt, welche quer zum Streichen verläuft.

Eine erwähnenswerte Struktur ist sicher die prächtige Parallelfalte in einem kompetenten dolomitischen Band innerhalb des Quintnerkalkes im P.50. Es handelt sich eigentlich um eine Rückwärtsüberschiebung, die als blinde Überschiebung ausgebildet ist.

Auf ca. -880 ist jedoch eine Störzone zu beobachten (Klüftung, gelängte Korallen, Schächte sind kleiner und auf schiefen Klüften angelegt, der Gang beschreibt eine Spirale). Von der Höhenlage her wäre es möglich, dass hier die innerhalb des Malms verlaufende Scherfläche zwischen den beiden Schuppen die Höhle quert.

Im tiefen Bereich tritt ein neues Element hinzu: Die Schächte ab -910 sowie der Kluftgang ab -1030 sind alle an einer steilstehenden Verwerfung angelegt, welche nun nicht mehr rechtwinklig zum Streichen, sondern in einem Winkel von 10-20° dazu verläuft. Die Ausbildung der Bruch-/Kluftflächen sowie deren Beziehung untereinander bleibt noch zu untersuchen.

### 3. Zukunftsaussichten und Visionen

Ein Tauchgang im Endsiphon wird mit Sicherheit ein zentraler Ansatzpunkt in der nächsten Zeit sein. Bedingt durch die bescheidenen Gangdimensionen und die Anwesenheit einer ausgedehnten Stauzone sind die Aussichten nicht mehr so rosig wie noch vor dem letzten Vorstoss. Es besteht jedoch durchaus die Möglichkeit, dass es sich um eine sehr kurze Syphonstrecke handelt, aber wer weiss.

Weitere sehr spannende Ansatzpunkte sind einerseits sämtliche Schachtfenster in den Schachtpartien zwischen -200 und -400 Metern, welche alle mit 'Pendeltechnik' erreichbar sein sollten, andererseits warten noch einige Schlote auf ihre Bezwingung mit Klettermast und schlotternden Knien. Mit dem Zusammenschluss der Marmorhöhle und Muttseehöhle erschloss sich ein ganz neues Gebiet der Erforschung. In den sehr grossen Gangpartien der Verbindung dieser beiden Höhlen ergiesst sich ein grosser Bach in die neu entdeckten Gänge. Dieser Bach weist die Eigenschaft auf, dass er auch während dem Winter stark wasserführend ist. Ob es sich bei diesem Wasser um Infiltration aus den Muttsee handelt wird sich in der nächsten Zeit, eventuel, zeigen. Noch versteckt sich der Zugang zu diesem aktiven Teil der Höhle hinter noch zu erkletternden Schloten.

Wünschenswert und von grosser Bedeutung, aber mit einem sehr grossen Aufwand verbunden wäre eine erneute Färbung der Höhlengewässer. Dies würde ein klareres Bild der hydrologischen Zusammenhänge in der Höhle ergeben und besonders den Zusammenhang der vermuteten Quellaustritte klären. Weitere Spekulationen und Träume würden dadurch auftrieb erhalten andere zerstört.

Ein weiteres Betätigungsfeld wird die Erforschung der weiteren Umgebung sein, in denen vergleichbare geologische Verhältnisse die Spekulationen über ähnlich grosse Objekte nähren...

## Bibliographie

- VETTERLI, A. (1984): Die Marmorhöhle, Höhlenpost 64.  
 PREISWERK, TH. (1987): Tourenbericht, nicht veröffentlicht.  
 WEIDMANN, Y., PREISWERK, CH. (1991): Muttseehöhle, oder -680 m im Autochton der Glarner Alpen, Akten des 9. Nationalen Kongresses für Höhlenforschung.  
 WEBER, F. (1922): Geologische Spezialkarte N°100B, Schweiz. Geol. Kommission.  
 WEBER, E. (1947): Geologie des Limmern-selbstsanft Gebietes, Beitrag zu Geologischen Gutachten, NOK AG Baden, unveröffentlicht.  
 OBERHOLZER, J. (1933): Der Geologische Bau der Glarner Alpen; Beiträge zur Geologischen Spezialkarte der Schweiz, Nr. 118.  
 HELBLING, R. (1938) Photogeologische Karte der Glarner Alpen.  
 STYGER, G.A. (1961): Bau und Stratigraphie der nordhelvetischen Tertiärbildungen in der Hausstockgruppe, Diss. Universität Zürich  
 FREY, R. (1965): Erläuterungen zum Hydrogeologischen Atlas der Schweiz, 1:100000, Blatt Panixerpass.  
 SCHMID, S.M (1975): The Glarus Overthrust, Eclogae Geol. Helv. 68/2..  
 WEIDMANN, Y., PREISWERK, CH., PREISWERK, TH. (1994): Muttseehöhle, oder -1060 Meter im Autochton der Glarner Alpen, Stalactite 2/94.



Foto 2 : «le Bijou» auf -200 m.

# Etat des explorations sur le massif du Folly

## Le réseau Jean-Bernard et le réseau de la Combe aux Puaires

Bernard Lips, Groupe Spéléologique Vulcain

### Résumé

En 1979, le gouffre Jean-Bernard devient le plus profond du monde avec 1358 mètres de dénivelé. Depuis, de nouvelles explorations ont permis d'améliorer par six fois le dénivelé du réseau. Le dénivelé actuel est de 1602 mètres pour un développement total de 20 460 mètres.

Depuis 1991, aucune exploration n'a été effectuée mais en 1992, une coloration a permis de localiser précisément le point de sortie de l'eau dans le lit du ruisseau du Clévieux.

Le massif du Folly renferme un deuxième réseau, le réseau de la Combe aux Puaires, dont l'exploration cristallise actuellement les efforts des membres du groupe Vulcain. Plusieurs cavités importantes (grotte de l'Ermoy, LP9, CP12-CP14-CP19 bis) ont été explorées et leur développement total atteint 10 000 mètres. La jonction entre ces cavités donnerait un réseau de près de 1600 mètres de dénivelé.

### Abstract

In 1979, the «Gouffre Jean-Bernard» became the world deepest cave with 1358 meters. Afterwards, new explorations enabled us to increase the depth of the system six times. Nowadays, the depth is 1602 meters for a total development of 20460 meters. Since 1991, no new discoveries have been made, but in 1992 a dye test allowed us to locate exactly the exit point of the water in the Clévieux river.

The «massif du Folly» has a second cave system, the «Réseau de la Combe aux puaires», the exploration of which takes all the attention of the Vulcain group members.

Several important caves (Grotte de l'ermoy, LP9, CP12 - CP14 - CP19 bis) have been explored and their total development reaches 10000 meters. A junction between these caves would give a 1600 meters deep system.

### Le réseau Jean-Bernard

#### 1979 : le record du monde de dénivelé

Le 5 juillet 1979, Benoît Lefalher, Jean-Luc Dinard, Bernard et Josiane Lips effectuent la jonction entre le gouffre B21 et la rivière de la Gadoue dans le réseau Jean-Bernard. Cette jonction donne au réseau la première position mondiale en terme de dénivelé (-1358 mètres). Le développement atteint 14 kilomètres.

Ce succès est le résultat de vingt années d'efforts, souvent dans des conditions difficiles, de la part des membres du groupe Vulcain.

A l'époque, seuls trois gouffres, tous situés en France, dépassent les 1000 mètres de profondeur. Mais dans beaucoup de pays, des équipes performantes démarrent ou poursuivent l'exploration de gouffres prometteurs. En ce 5 juillet 1979, nous osons seulement espérer que notre record tiendra au moins un été.

#### 1989 : -1602 mètres

Les années 1980 sont des années d'explorations intenses dans le réseau Jean-Bernard. En 1980, 1981 et 1982, de lourdes expéditions, regroupant jusqu'à 30 spéléologues pendant huit jours, permettent à Patrick Penez, aidé par Jean-Louis Fantoli et Fred Vergier, de franchir trois siphons. Un quatrième siphon, que seul Patrick Penez a vu à ce jour, s'avère implongeable et marque le point bas de la cavité à 716 mètres d'altitude. Le dénivelé du Jean-Bernard passe successivement à 1410 mètres, 1455 mètres puis 1494 mètres, conservant sa première place mondiale.

En 1983, la découverte du B22 relance les explorations en amont. L'exploration de plusieurs kilomètres de galeries de grandes dimensions, dans une zone que nous considérons comme la tête de réseau, nous amène à revoir nos théories.

Le 2 décembre 1989, Christophe Ohl, Patrice Plantier, Thierry Millet, Philippe Rydin, Bernard et Josiane Lips réussissent la jonction entre le gouffre C37 et l'amont du réseau. Le dénivelé du réseau Jean-Bernard atteint 1602 mètres, actuel record mondial de dénivelé en spéléologie.

Cette jonction marque une pause de la dynamique de recherches du groupe Vulcain sur ce réseau.

#### 1991 : le livre

Troquant le descendeur contre un stylo, Pierre Rias, Bernard Lips et Christophe Olh rédigent la saga des explorations et éditent un livre de référence sur le réseau. Dans le cadre de cette rédaction, diverses visites de vérification sont l'occasion d'explorer et de topographier quelques galeries jusqu'alors négligées. Le réseau atteint 20460 mètres de développement.

Ce livre reste à jour puisque, depuis sa parution, aucune nouvelle exploration n'a été effectuée dans le réseau. Seuls les importants résultats de la coloration de 1992 ne figurent pas dans cet ouvrage. Dommage !

#### 1992 : la coloration

Nous ne connaissons pas l'exsurgence du réseau, n'ayant jamais eu (ou pris) le temps d'effectuer une coloration. Le 6 juin 1992, nous injectons 5 kilogrammes de fluorescéine dans la rivière souterraine au niveau du deuxième pseudo-siphon (altitude 1793 mètres). Dix-sept heures plus tard, la rivière du Clévieux qui traverse la localité de Samöens présente une magnifique teinte verte, au grand étonnement des habitants. Les eaux du Jean-Bernard sortent au fond même du lit du Clévieux à 783 m d'altitude, c'est-à-dire à une altitude supérieure de 67 mètres à celle du fond du réseau. Le temps de transit est de 16 à 17 heures pour un dénivelé de 1000 mètres et un parcours horizontal d'environ 3 kilomètres.

En fait, au niveau de la salle du Nouvel An (altitude 968 mètres), la rivière souterraine, capturée par une faille transversale, quitte l'axe du synclinal et ressort sur son flanc. En aval de la salle du Nouvel An, le réseau de Sezhommes, de faibles dimensions par rapport au reste de la cavité, n'a dû servir que de trop plein et semble actuellement fossile. Le fond de ce réseau reste cependant en communication avec la nappe de la vallée du Clévieux et l'altitude du siphon terminal coïncide probablement avec l'altitude de cette nappe.

Il faudra donc refouiller au niveau de la salle du Nouvel An ou de la salle du Chaos, juste au-dessus, pour espérer trouver la galerie actuellement active.

## 1997

Depuis 1992 aucune exploration n'a eu lieu dans le réseau, le groupe Vulcain portant tous ses efforts sur le réseau voisin. Pourtant Christophe Lafarge et André Jaillat ont repéré cet hiver, au cours d'une randonnée à skis, un gouffre maintenu ouvert dans la neige par un courant d'air soufflant. Ce gouffre serait situé à une cinquantaine de mètres au-dessus du C37. Cette découverte risque fort de nous inciter à reprendre les explorations sur ce réseau.

Par ailleurs nous prévoyons d'effectuer une coloration dans le gouffre AV8, situé à 2550 mètres d'altitude. D'après certains géologues, la zone où s'ouvre ce gouffre ferait partie du bassin versant du Jean-Bernard. La géologie du secteur est cependant complexe. Actuellement ce gouffre est connu jusqu'à une profondeur de 140 mètres et les explorations sont arrêtées par un boyau étroit. Seul un énorme travail de désobstruction, rendu difficile par l'importante marche d'approche, permettra de forcer le passage. Cet objectif ne pourra être classé parmi les priorités que si la coloration s'avère positive. Dans ce cas, il sera possible de rêver, à très long terme, d'un réseau de 1830 mètres de profondeur...

## Le Jean-Bernard en classique

Si les principales phases d'exploration du réseau appartiennent au passé (mais il y aura certainement encore quelques bonnes surprises), la carrière de « classique » du Jean-Bernard ne fait que débiter. La renommée du réseau, due à sa première place mondiale, amène de plus en plus d'équipes françaises et surtout étrangères à programmer la visite de cette cavité.

Ces diverses équipes sont animées essentiellement par deux buts :

- **descendre au siphon.** La descente au fond du réseau ne peut s'effectuer qu'en hiver lorsque la fonte du glacier des Avoudrues est stoppée par le froid. Pour éviter tout risque de crue, il faut que l'isotherme 0°C soit à une altitude inférieure à 1600 mètres. La descente jusqu'au premier siphon ne présente pas de difficultés particulières (sinon la profondeur). La course est faisable en aller-retour sans bivouac pour une équipe efficace et bien entraînée à condition que la cavité ait été préalablement équipée en grande partie. Il vaut cependant mieux prévoir de dormir au « bivouac -500 ».

Les difficultés et les dangers liés à la montagne hivernale sont plus importants que ceux purement spéléologiques. La météorologie doit être très stable car les risques d'avalanche sont très importants lors des chutes de neige. Il est indispensable, avant toute tentative, de prendre contact avec les gestionnaires du chalet du Folly afin de réserver ce chalet.

- **effectuer une traversée entre une des entrées supérieures et le V4 ou le V6.** Le C37 est actuellement l'entrée la plus haute du réseau. Mais la traversée C37 - V4 est une course longue et engagée, comportant de nombreuses difficultés : étroitures, puits remontants, problèmes d'itinéraire, cavité très froide... Actuellement, les puits du C37 ne sont pas équipés pour le rappel des cordes et il est indispensable d'équiper cette cavité en fixe et de la déséquiper après la traversée.

Suite à trois déclenchements de secours dus à des équipes en difficulté, nous avons décidé de promouvoir la traversée B22 - V6. Il s'agit d'une course très variée qui permet de visiter une grande partie des galeries amont du réseau et qui deviendra probablement une grande classique en région Rhône-Alpes, au même titre que la traversée de la Diau ou de la Dent de Crolles.

En association avec le Comité Départemental Spéléologique de Haute-Savoie et l'équipe du Spéléo Secours Français du Rhône et de la Haute-Savoie, nous avons consacré plusieurs sorties à rééquiper la cavité et mettre en place un fléchage discret mais efficace. Tous les puits sont maintenant été équipés en broches pour faciliter le rappel des cordes. La meilleure époque pour effectuer

cette traversée va de fin août jusqu'aux premières neiges de novembre. La traversée est possible au printemps mais le premier ou le deuxième pseudo-siphon peuvent être impraticables, imposant un long et fastidieux détour par le réseau des Branlots et le réseau du Colimaçon. La traversée B22 - V6 s'effectue en huit à douze heures selon les équipes.

## Le réseau de la Combe aux Puaires

### 1973-1974 : la grotte de l'Ermoy

La grotte de l'Ermoy est connue par les habitants de la région de longue date. Elle voit son développement augmenter en 1973 et 1974 grâce aux explorations du Spéléo Club de Lyon. Une étroiture, soufflant un courant d'air violent en hiver, arrête les explorateurs à 938 mètres d'altitude. A l'époque, l'Ermoy est considérée comme étant la résurgence du Jean-Bernard. Mais à partir de 1975, nous savons que ce n'est pas possible et nous comprenons qu'il existe, sur le massif du Folly, un autre réseau d'importance comparable à celui du Jean-Bernard : le réseau de la Combe aux Puaires.

C'est avec l'impression de « voler » du temps à l'exploration du Jean-Bernard que nous commençons à explorer les premiers maillons de ce réseau.

### 1976-1987 : le CP12

Le gouffre CP12 est découvert en août 1976, à l'occasion d'une prospection systématique. Nous y atteignons rapidement la cote -255 mètres, explorant et topographiant 1300 mètres de galeries.

En 1985, Christophe Ohl escalade en artificiel tous les puits remontants connus dans les conduites forcées au fond de la cavité. Ce long et fastidieux travail aboutit à la découverte de la galerie du Huit en direction de l'amont en juillet 1986. En l'espace de quelques mois, l'exploration de 2300 mètres de galeries permet la découverte de la rivière de la Tête à l'Homme, un important collecteur correspondant à la grotte de l'Ermoy. La rivière coule dans une galerie de plus de dix mètres de large mais la progression vers l'aval est malheureusement arrêtée par un important éboulis.

En 1987, de nouvelles escalades permettent la découverte d'un nouveau compartiment. Les puits du Rasoir représentent le passage clef : 50 mètres d'escalade suivis, après une margelle d'un mètre de large, par un puits de 50 mètres. Derrière, plus de 1000 mètres de galeries sont explorés aussi bien vers l'amont que vers l'aval. Nous retrouvons le trajet du collecteur de la combe aux Puaires que nous avions atteint entre-temps au fond du LP9. Il se fraye toujours un chemin dans les calcaires marneux et peu karstifiables de l'Hauterivien. Aucune progression n'y est possible.

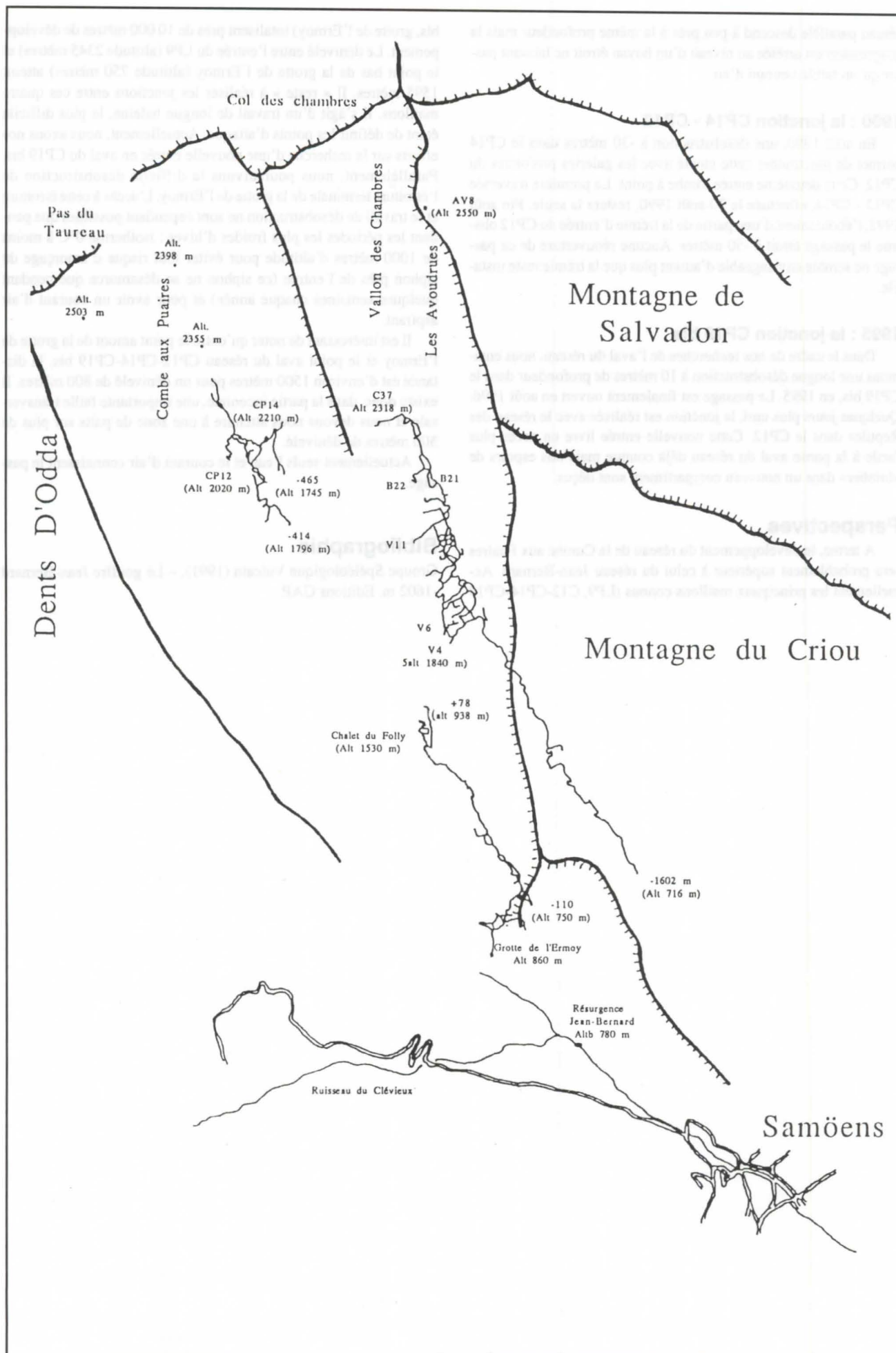
Contrairement au réseau du Jean-Bernard, fortement tributaire d'une structure synclinale, le réseau de la Combe aux Puaires s'est formé à la faveur de failles longitudinales et transversales. Ces diverses failles compartimentent le réseau et la découverte des passages clefs nécessite de longues escalades et beaucoup de persévérance sinon de chance.

Cette configuration explique que les découvertes s'effectuent par « à coups ». Vingt années d'explorations n'ont révélé qu'une faible partie des galeries existantes.

Par ailleurs, l'exploration de ce réseau a été ralentie à cause de notre passion pour le Jean-Bernard.

### 1978-1982 : le LP9

Cette cavité, actuellement la plus haute de la zone, est découverte le 2 août 1978 et elle est très rapidement explorée jusqu'à une étroiture à -180 mètres de profondeur. Après une longue désobstruction, nous atteignons, en août 1982, une belle rivière souterraine, probablement le collecteur de la combe aux Puaires à -358 mètres. Elle est impénétrable aussi bien en amont qu'en aval. Un



réseau parallèle descend à peu près à la même profondeur mais la progression est arrêtée au niveau d'un boyau étroit ne laissant passer qu'un faible courant d'air.

### 1990 : la jonction CP14 - CP12

En août 1990, une désobstruction à -30 mètres dans le CP14 permet de jonctionner cette cavité avec les galeries profondes du CP12. Cette deuxième entrée tombe à point. La première traversée CP12 - CP14, effectuée le 30 août 1990, restera la seule. Fin août 1992, l'éboulement d'une partie de la trémie d'entrée du CP12 obstrue le passage étroit à -50 mètres. Aucune réouverture de ce passage ne semble envisageable d'autant plus que la trémie reste instable.

### 1995 : la jonction CP19 bis

Dans le cadre de nos recherches de l'aval du réseau, nous entamons une longue désobstruction à 10 mètres de profondeur dans le CP19 bis, en 1995. Le passage est finalement ouvert en août 1996. Quelques jours plus tard, la jonction est réalisée avec le réseau des Reptiles dans le CP12. Cette nouvelle entrée livre un accès plus facile à la partie aval du réseau déjà connue mais nos espoirs de «tomber» dans un nouveau compartiment sont déçus.

### Perspectives

A terme, le développement du réseau de la Combe aux Puaires sera probablement supérieur à celui du réseau Jean-Bernard. Actuellement les principaux maillons connus (LP9, C12-CP14-CP19

bis, grotte de l'Ermoy) totalisent près de 10 000 mètres de développement. Le dénivelé entre l'entrée du LP9 (altitude 2345 mètres) et le point bas de la grotte de l'Ermoy (altitude 750 mètres) atteint 1595 mètres. Il « reste » à réaliser les jonctions entre ces quatre maillons. Il s'agit d'un travail de longue haleine, le plus difficile étant de définir les points d'attaque. Actuellement, nous axons nos efforts sur la recherche d'une nouvelle entrée en aval du CP19 bis. Parallèlement, nous poursuivons la difficile désobstruction de l'étranglement terminal de la grotte de l'Ermoy. L'accès à cette étroiture et le travail de désobstruction ne sont cependant possibles que pendant les périodes les plus froides d'hiver : isotherme 0°C à moins de 1000 mètres d'altitude pour éviter tout risque d'amorçage du siphon près de l'entrée (ce siphon ne se désamorce que pendant quelques semaines chaque année) et pour avoir un courant d'air aspirant.

Il est intéressant de noter qu'entre le point amont de la grotte de l'Ermoy et le point aval du réseau CP12-CP14-CP19 bis, la distance est d'environ 1500 mètres pour un dénivelé de 800 mètres. Il existe donc, dans la partie inconnue, une importante faille transversale et nous devons nous attendre à une zone de puits sur plus de 500 mètres de dénivelé.

Actuellement seuls l'eau et le courant d'air connaissent le passage...

### Bibliographie

Groupe Spéléologique Vulcain (1991). – Le gouffre Jean-Bernard -1602 m. Editions GAP.

# Geospeleological study of Bonito'95 Expedition AKAKOR PROJECT

Soraya Ayub

Graduate Program in Geochemistry and Geotectonics, Instituto de Geociências / Universidade de São Paulo  
Caixa Postal 11348 CEP 055-900 – Brazil, e-mail:ayub@spider.usp.br

## Abstract

This paper presents the results from the participation of the *Speleological Group of Geology of University of São Paulo – Brazil* in the *Bonito'95 Expedition/AKAKOR PROJECT* (Brazil-Italy), carried out in August, 1995. The Group had explored 21 caves and studied 10, like Pitangueiras and Mimoso. The caves are inserted in metasediments and metacarbonatic rocks belonging to the Corumbá Group (Neoproterozoic). These caves are in the Speleological Province of *Serra da Bodoquena* and show the typical pattern of a cave in an advanced degree of evolution, with the prevailing form being large inkasion rooms, where the flow is generally slow.

## Résumé

Ce travail a pour but de présenter le résultat de la participation du Groupe Spéléologique de Géologie de l'Université de São Paulo à l'Expedition Bonito 95/PROJET AKAKOR, réalisée en août 1995. Les cavernes étudiées à Bonito appartiennent aux formations Bocaina et Cerradinho, toutes deux du Groupe Corumbá. Elles correspondent à des métasédiments de milieu marin simple, en eaux turbulentes (Protérozoïque supérieur). Ces cavernes représentent un modèle typique de grottes à un degré d'évolution avancé qui prédominent sous la forme de grandes salles d'affaissement. Le cours souterrain des eaux est normalement lent, contrairement aux autres régions karstiques du Brésil où le cours est plutôt turbulent.

## Introduction: Bonito 95 Expedition / AKAKOR PROJECT

The Bonito 95 Expedition, of AKAKOR PROJECT, was carried through between days 02 and 25 of August of 1995, in the Bonito's municipality, Mato Grosso do Sul State, Brazil. With intention to add geologic data to the Expedition, the organizers, had invited the GGEO - Speleological Group of Geology of the University of São Paulo to carry through a preliminary Geospeleological study of the caves, with presentation of topographical maps, and an environmental diagnosis of the studied region.

## Regional Geology

The rocks displayed in the *Serra da Bodoquena* are part of the fold Belt named *Paraguai* that extends for 2500 km. To the larger side of this geological feature, the carbonate rocks of the Corumbá Group arise (where they develop the karst features and caves) they correspond to the sand and claystones, metalimestones and metadolomites of the neoproterozoic age (ALMEIDA 1965).

## General physical characteristics and distribution of the caves

It is interesting to see that different caves of the morphologic point of view exist, in the investigated region, for example the Mimoso Cave, shows the typical formation pattern of an advanced degree evolution with the prevailing form being large inkasion rooms. Near the Mimoso Cave, is the Pitangueiras Cave presenting a maze morphology pattern, according the classification of PALMER (1991), the same occurring with the Santo Antonio Cave. In these caves, we can see the phreatic phase changing to the vadose. This does not occur in the Mimoso Cave, due to their inkasion room, is not possible to see a former phreatic phase. Some caves seem to present their origin through the faults or fractures through the later dissolution of them, as is the case with the Borboletas, Periquito, Casa de Pedra and Córrego Seco Caves. Vertical caves also exist and it is possible to see their vadose phases, as is the case with the Anhumas and the Opossum Caves. They are caves that present a descending gallery, that reaches the water table and then present an

entrance in the roof. These caves have a clear tectonic conditioning, and its origin starts in the dissolution of the rock through the main fractures systems and a later block fall in halls where the process continues in a phreatic phase, after the water table having been lowered.

The GGEO-USP explored 21 caves (some in partnership with the Italian team), of a total of 38 of all the expedition (see table 01).

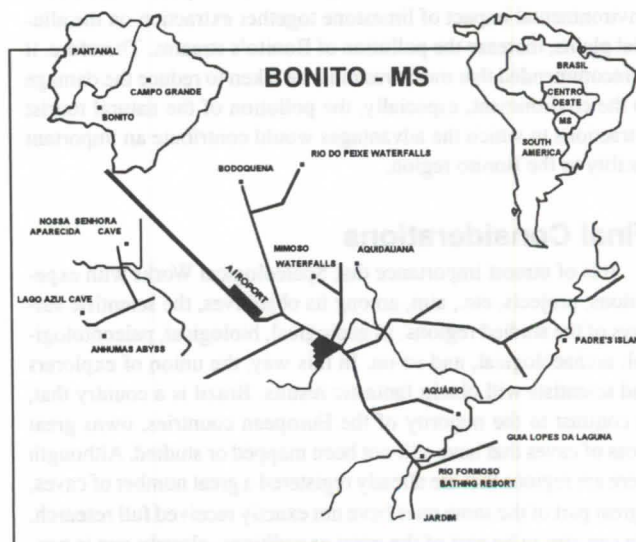


Figure 01 - Localization of Bonito

## The Speleological Province of Serra da Bodoquena

According to KARMANN and SÁNCHEZ (1979), Speleological Province is a region, comprising one geologic unit, where there occurs bodies of carbonate rocks susceptible to the action of the karst process, generating groupings of caves.

The Province that comprises the Bonito region is the Speleological Province of *Serra da Bodoquena* (KARMANN and SÁNCHEZ 1986), SW of the Mato Grosso do Sul State and that is extended in direction N-S, for about 200 km. It is constituted of caves that show an advanced degree of evolution with the prevailing form being large inkasion rooms, that they accompany the bedding dip, frequently leading to the water table (Mimoso Cave). According to the authors, vertical caves also occur, as is the case with the Anhumas.

We believe that due to the fact of not having the knowledge at the time for the authors, that the Pitangueiras and Fazenda Santo Antônio Caves, have a clear maze pattern, the definition of The Speleological Province of *Serra da Bodoquena* is incomplete, and suggests that one third of the morphologic group of caves are the same one.

The flow is generally slower than in other karst regions in Brazil, where the underground flow is much closer to being turbulent.

## Pitangueiras Cave Project

To continue research, we would recommend one project for the Pitangueiras Cave – the largest known cave of the Mato Grosso do Sul State, as an excellent alternative, to redistribute the tourism flow in the Bonito city. It is a cave that presents a development that could reach more than 2.0 km and offers excellent conditions for tourism, displacing the number of visitors to other attractions. The project must be accompanied by a phase of topographical mapping for a geospeleological study. After this could become a tourist plan. We believe that with adequate planning the idea of tourism and an extended study project will be greatly beneficial to the city.

## Environmental diagnosis of the studied region

An environmental diagnosis in the studied region shows that the quick development of Bonito caves was not accompanied by appropriate urban and rural planning. Karst aquifers are extremely vulnerable to contamination if an appropriate planning is not undertaken. Due to this, the replacement of the forest along the rivers by agriculture, with exposure of the ground on the river banks to intense erosion, with a lack of controlled use of pesticides and the environmental impact of limestone together extraction on the alluvial plains, increase the pollution of Bonito's streams. Therefore, it is recommended that measures must be taken to reduce the damage to the environment, especially, the pollution of the natural tourist attractions to which the advantages would contribute an important facility to the Bonito region.

## Final Considerations

It is of utmost importance that Speleological Works with expeditions, projects, etc., aim, among its objectives, the scientific surveys of the studied regions, as geological, biological, paleontological, archaeological, and so on. In this way, the union of explorers and scientists will obtain fantastic results. Brazil is a country that, in contrast to the majority of the European countries, owns great areas of caves that have still not been mapped or studied. Although there are regions that are already registered a great number of caves, a great part of the same ones have not exactly received full research. We can aim to be part of the great expeditions, already one is possible in our country, the accomplishment of projects between the

cities, can result in a clearer view to the population of the importance of a study in karst regions, where it can verify the presence of caves.

## References

- ALMEIDA, F. F. M. de 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Bull. of the Division of Geology and Mineralogy*, DNPM, Rio de Janeiro, Brazil. 219: p.1-96.
- AYUB, A., SALLUN FILHO, W., FERREIRA, N. B., ABREU, A. E. S., TEIXEIRA, L. G. P., ELEUTERIO, T. S. H. 1996. Caracterização Geo-Espeleológica Preliminar das Cavernas da Porção Central da Serra da Bodoquena, na Região de Bonito, MS. Report GGEO-USP/Expedição Bonito'95/PROJETO AKAKOR (unknown).
- KARMANN, I. and SÁNCHEZ, L. E. 1979. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. *Espeleo-Tema*, Publication of the Brazilian Speleological Society, v.13, p.105-164.
- KARMANN, I. and SÁNCHEZ, L. E. 1986. Speleological Provinces in Brazil. In: *International Congress of Speleology*, 9, Barcelona. v.1, p.151-153.
- PALMER, A. N. 1991. Origin and morphology of limestone caves. *Bull. of Geological Society of America*, v.103, n.1, p.1-21.

NAME	N	TOPOGRAPHIC TEAM
ANHUMAS	MS-04	GGEO-USP/ITALY
MIMOSO	MS-12	GGEO-USP/ITALY
PITANGUEIRAS	MS-38	GGEO-USP/ITALY
CÓRREGO SECO	MS-45	GGEO-USP
DA PATA	MS-47	GGEO-USP
CORPAL	MS-48	GGEO-USP
CORUJA	MS-60	GGEO-USP/ITALY
BORBOLETAS	MS-62	GGEO/ITALY
PERIQUITO	MS-65	GGEO-USP
CASA DE PEDRA	MS-66	GGEO-USP
DOM BOSCO	MS-67	GGEO-USP
MONTE CRISTO	MS-68	GGEO-USP
FAZENDA AMÉRICA	MS-69	GGEP-USP
FAZENDA SANTO ANTÔNIO	MS-72	GGEO-USP
MORRO DO MATEUS	MS-05	GGEO-USP
CASA NOVA	MS-46	GGEO-USP
TABOQUINHA	MS-76	GGEO-USP
MARIMBONDOS	MS-61	GGEO-USP/ITALY
GUAVIRAL	MS-31	GGEO-USP
OPOSSUM	MS-63	ITALY/GGEO-USP
FAZENDA SERRADINHO	MS-49	GGEO-USP

**Table 01 - Caves explored for GGEO-USP/Bonito 95 Expedition/AKAKOR PROJECT**

# 1985 - 1996 : 12 ans d'explorations spéléologiques et scientifiques de l'Association Pyrénéenne de Spéléologie dans le Sud-Est asiatique

par François Brouquisse, Louis Deharveng, Didier Rigal, Anne Bedos

Association Pyrénéenne de Spéléologie, 103 Rue de la Providence - 31500 - Toulouse (France)

## Abstract

Since 1985, the Association Pyrénéenne de Spéléologie has largely contributed to karst exploration in south-east Asia. In 24 field trips, most of them in Thailand and Indonesia, over 400 caves were checked and 130 km of passages surveyed. Scientific investigations were carried out in parallel to cave exploration. In biospeleology, extensive collections of soil and cave fauna led to major taxonomic and ecological discoveries. Hydrochemistry parameters were recorded and carbon dioxide measured in numerous sites. Collaboration with local counterpart was developed through caving technics training.

## Résumé

Depuis 1985, l'Association Pyrénéenne de Spéléologie a apporté une large contribution à l'exploration des karsts du Sud-Est asiatique. En 24 séjours, principalement en Thaïlande et Indonésie, plus de 400 cavités ont été explorées et 130 km de réseau topographiés. Des activités scientifiques ont été menées conjointement à l'exploration. En biospéologie un travail extensif de collecte de la faune cavernicole et édaphique a conduit à des découvertes écologiques et taxonomiques majeures. En karstologie l'accent a été mis sur la chimie des eaux et les mesures du CO<sub>2</sub>. Une collaboration locale s'est développée, au travers de la formation aux techniques d'exploration et d'étude du milieu souterrain.

## 1. Historique

C'est en janvier 1983 que naissait, à l'initiative d'un petit groupe de spéléologues et scientifiques dont F. BROUQUISSE et L. DEHARVENG, l'Association Pyrénéenne de Spéléologie. Celle-ci devait servir de cadre à un projet d'exploration et d'étude des karsts du Sud-Est asiatique. Deux ans et demi de préparation allaient déboucher, après quelques vicissitudes et épisodes homériques, sur un premier séjour en Thaïlande et en Indonésie, puis permettre au fil des années de dégager un noyau capable d'inscrire un travail dans une certaine continuité. Depuis 1985, c'est plus d'une vingtaine de campagnes d'explorations de 15 jours à 3 mois qui se sont déroulées sous l'égide de l'APS ou avec la participation de certains de ses membres, en Indonésie, Thaïlande, Papouasie - Nouvelle Guinée, Laos et Vietnam. Nous pouvons aujourd'hui présenter un bilan qui vient confirmer l'esprit dans lequel nous avons lancé ce projet et la possibilité, dans un cadre associatif, de réaliser un travail de qualité avec des participants motivés, sans que ceux-ci soient nécessairement de « gros bras » ou de « grosses têtes ».

La première expédition de l'APS, première grande expédition française en Thaïlande, se déroule en 1985. En 2 mois, 75 cavités seront explorées sur les secteurs de Chiang Dao, Chiang Rai, Mae Hong Son, Kanchanaburi et Phangnga. Plus de 16 km seront topographiés. La grotte sanctuaire de Chiang Dao déjà levée sur 4850m en 1980 par L. DEHARVENG et A. GOUZE est portée à 5170m. Tham Pha Mon (3989m), Tham Klaeb Yai (2190m) et Tham Pong Chang (1150m) s'ajoutent à Tham Pha Tai (1180m) explorée en 1980 (ib). En 1986, onze nouvelles cavités sont reconnues sur Phangnga, Kanchanaburi: Tham Nam (1100m), Mae Hong Son: Tham Nam Ru Hua Koa (1566m), et Mae Sai: Tham Luang (700m). Durant l'été 1987, l'APS prospecte de nouveaux karsts sur Phetchabun, Khon Kaen, Chaiyaphum, Ratchaburi, Phetchaburi, Prachuap Khiri Khan, Chumphon et Surat Thani. Puis début 1988, une équipe dirigée par L. MAFFRE poursuit les explorations sur le Triangle d'or et Phangnga. Plus de 15 km seront levés sur 70 cavités lors de ces deux années. Tham Luang est porté à 6220m, Tham Hud à 1365m et Tham Nam Lot à 1095m. L'activité de l'association va se porter ensuite sur d'autres pays d'Asie du Sud-Est, mais des reconnaissances se poursuivent sur la Thaïlande de 1989 à 1996, de façon plus autonome ou en collaboration avec d'autres individuels comme C. MOURET. Plusieurs dizaines de cavités sont ainsi explorées dont Tham Khao Wong (344m) dans le parc du même nom (Province de Surat Thani), Tham Baa Nam Tip (343m) dans la région de Nan, Tham Patiharn (776m) cavité creusée dans les grès près de Khong Chiam.

Dans la foulée des premières incursions de l'APS en Thaïlande sont réalisées dès 1985 les premières explorations sur le karst de Maros à Sulawesi (topographie de 15km sur 56 cavités, dont Gua Salukkan Kallang: 8076m). En 1986, 6 nouveaux km sont topographiés sur 16 cavités et Gua Salukkan Kallang est porté à plus de 12km. Les expéditions se poursuivent en 1988 et 1989 sur ce même karst. Près de 18km sont rajoutés sur une cinquantaine de nouvelles cavités dont: Gua Tanette (9702m), Gua Londron (2196m), Gua Mimpì (1395m), Gua Saripa (1175m), et deux grands puits: Lubang Kapa Kapasa (-210m) et Lubang Tomanangna (190m). En 1990, 13 nouveaux kilomètres sont topographiés. En 1992, une expédition franco-indonésienne conjointe - APS, Groupe « Indonésie 92 » et Acintyacunyata Speleological Club - dirigée par D. RIGAL, se déroule sur Maros; Leang Passuloang exploré en 1985 par l'équipe italienne de T. DE VIVO sur 3,5km passe à 5700m (4763m topo.), Gua Londron est porté à 5893m, Lubang Leaputte (-263m) gouffre géant d'effondrement (3 millions de m<sup>3</sup>) est descendu. En 1994, F. et R. BROUQUISSE, en collaboration avec Kharisma Indonésia et le PPA (Eaux et forêts), explo-

rent 37 nouvelles cavités sur Maros, dont Gua Kacici (1058m). La dernière expédition de 1996, conduite par D. RIGAL, permet de dépasser les 6,5 km à Leang Passuloang.

L'île d'Halmahera dans les Moluques du nord a constitué très tôt un autre objectif majeur. Dès 1986, l'APS y organise une expédition au cours de laquelle F. M. et P. BROUQUISSE explorent Batu Lubang sur 3,5km. En 1988, le développement du réseau est porté à 7,5km, puis à 8685m et +190m en 1990.

Les premières reconnaissances sur l'île de Sumatra sont réalisées en 1991 et 1992 par L. DEHARVENG et A. BEDOS, dans les secteurs de Krui, Bukittinggi, Nias et Bukit Lawang. Rejoints par F. BROUQUISSE, ils topographient 3,5km en 1993 dans 5 cavités de la région de la Batang Sinamar dont Ngalau Surat (2027m) et Ngalau Air Lulus (539m). Le système de Ngalau Surat est porté à plus de 4,5km en 1995 puis 6,5km en 1996 avec l'aide de F. BELUCHE et M.A. CANTO. Cette même année, Ngalau Puangan Hilir, un affluent potentiel de Ngalau Surat reconnu sur 200m en 1993, passe à 1500m topographiés.

D'autres reconnaissances ont enfin été menées par l'APS de 1985 à 1996. En 1986, une petite équipe dirigée par E. DELNATTE poursuit près de Kandrian en Nouvelle-Bretagne le réseau Arakis et découvre Plek Lambu Cave (337m) et Wallaby Cave (315m), dans des conditions particulièrement difficiles. Une nouvelle incursion sur la Nouvelle Guinée, mais cette fois en Irian Jaya dans la région de Fak Fak, est réalisée en 1992 sous la direction de P. LECLERC, avec l'exploration de Gua Nomonkendik (1515m), Lubang Kayu Merah (445m) et Gua Giragandak (275m). Au Vietnam, quelques karsts mineurs sont reconnus en 1993 et 1995 par L. DEHARVENG et A. BEDOS en collaboration avec des chercheurs de Ho Chi Minh Ville. Au Laos, après un premier contact en 1992, F. BROUQUISSE participe en 1996 aux explorations d'une trentaine de cavités, dont Tham Houay Sai topographié sur 3km, dans la province de Khammouan.

## 2. Résultats spéléologiques

A ce jour nous avons publié les résultats d'exploration de 357 cavités pour 123,188 km topographiés. Globalement les cavités sont à dominante horizontale avec parfois d'importants cours d'eau souterrains. Quelques grandes verticales ont été rencontrées, souvent en cavités isolées. Les difficultés sont liées le plus souvent à la prospection et aux marches d'approche... et parfois au CO<sub>2</sub>.

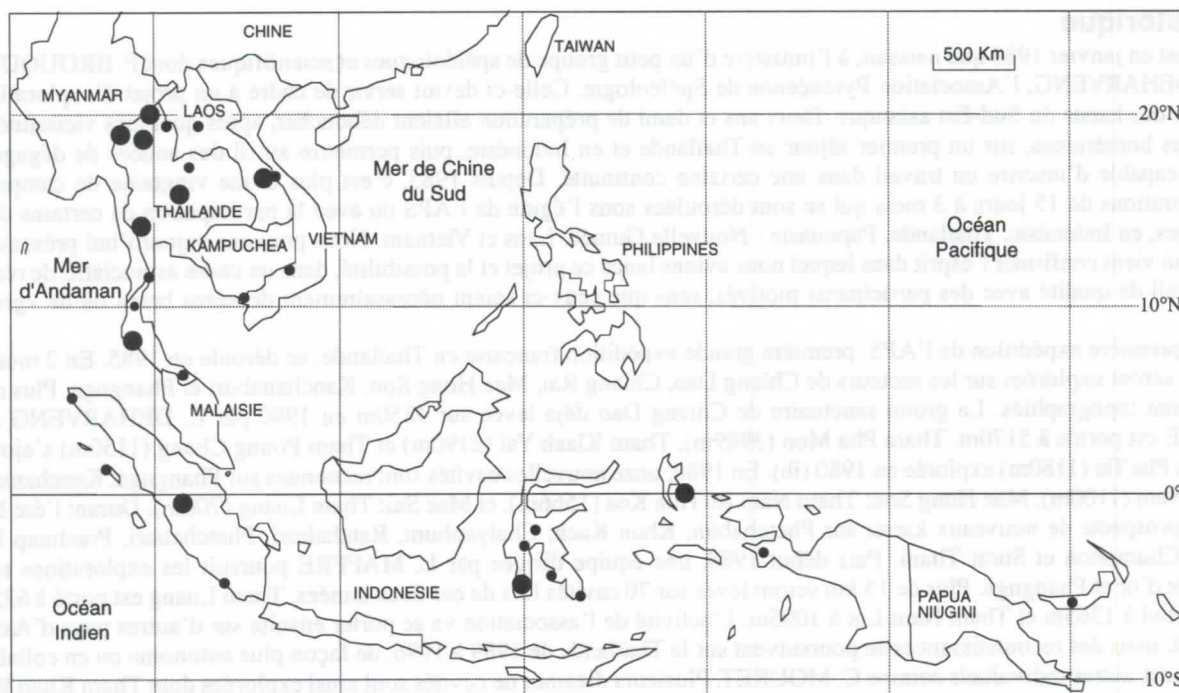


Fig. 1 - Explorations de l'APS dans le Sud-Est asiatique de 1985 à 1996

Régions	Développement topographié (m)	Nombre de cavités explorées
<b>THAILANDE</b>		
* Chiang Mai - Mae Sai	13403	44
* Nam Lang - Mae Hong Son	9626	28
* Centre - Est	1760	12
* Kanchanaburi - Prachuap	3316	12
* Phangnga - Sud	9993	49
Total	38098	145
<b>INDONESIE</b>		
* Sulawesi	61091	189
* Halmahera	8685	1
* Irian Jaya	2235	7
* Sumatra	10454	11
Total	82465	208
<b>PAPOUASIE N-G.</b>		
* Nouvelle-Bretagne	2625	4
<b>TOTAL</b>	<b>123188</b>	<b>357</b>

Principales cavités explorées	Développement topographié (m)
Gua Sallukan Kallang (Sulawesi)	12263
Gua Tanette (Sulawesi)	9472
Batu Lubang (Halmahera)	8685
Ngalau Surat (Sumatra)	6500
Tham Luang (Thaïlande)	6220
Gua Londron (Sulawesi)	5893
Tham Chiang Dao (Thaïlande)	5170
Leang Passuloang (Sulawesi)	4763
Tham Pha Mon (Thaïlande)	3989
Lubang Leaputte (Sulawesi)	P 263
Lubang Kapa Kapasa (Sulawesi)	P 210
Lubang Tomanangna (Sulawesi)	P 190

Quelques collaborations ont pu se développer avec nos homologues locaux, au travers de la formation aux techniques d'exploration et d'étude du milieu souterrain et d'explorations conjointes. Ainsi en Thaïlande avec des organismes officiels tels que le National Research Council of Thailand ou des individualités comme le Dr. PAITON LEKSASAWSDI de l'Université de Chiang Mai; en Indonésie avec des universitaires de l'Université Hassanuddin d'Ujung Pandang, de Java et Sumatra, le PPA, Kharisma Indonesia et Acintyacunyata Speleological Club.

### 3. Résultats scientifiques

Les activités de recherche et d'études à caractère scientifique ont souvent été menées de pair avec l'exploration et la topographie des cavités. La plupart des équipes ont collecté de nombreuses données sur le milieu souterrain, en dépit des difficultés d'instrumentation, des périodes généralement trop courtes et de la nécessité de mener de front un grand nombre de tâches.

#### Biospéologie

C'est en biospéologie que les résultats les plus remarquables sont obtenus. En une dizaine d'années, les biospéologues de l'APS (A. BEDOS, J.P. BESSON, L. DEHARVENG, P. LECLERC), aidés par les spéléologues présents, réuniront un matériel biologique considérable, principalement en Thaïlande et Indonésie mais aussi au Vietnam, au Laos et en Nouvelle-Bretagne. En Thaïlande les collectes permettront la découverte de centaines d'espèces nouvelles pour la science. L'étude de ce matériel est aujourd'hui bien avancée grâce à la collaboration de nombreux spécialistes. De remarquables formes cavernicoles relictuelles ont déjà été décrites: Opilioacaridés, Isopodes amphibiens, Coléoptères Caraboidea et Dytiscidae. Plusieurs groupes ont fourni des espèces troglobies, certaines très évoluées: Poissons, Planaires, Bogidiellidae, Stenasellidae, Crabes, Isopodes terrestres, Araignées, Pseudoscorpions, Palpigrades, nombreux Collembolés. La faune souterraine de Thaïlande est aujourd'hui la mieux connue d'Asie du Sud-Est, ce qui a permis de réaliser quelques études sur la structure des peuplements, la biogéographie régionale et l'évolution des lignées. Le système de Tham Chiang Dao devient la première référence intégrée

du milieu souterrain en Thaïlande. En Indonésie, en particulier sur Sulawesi et Sumatra, la faune troglobie mise en évidence se montre d'une richesse inattendue, avec de très nombreuses espèces nouvelles et plusieurs formes troglomorphes évoluées. Quelques-unes d'entre elles ont été décrites par différents spécialistes français et internationaux (poissons, planaires, scorpions, palpigrades, crustacés aquatiques), et d'autres sont en cours d'étude. Le karst de Maros et celui du Gunung Seribu figurent désormais, eux aussi, parmi les toutes premières références pour la faune cavernicole du sud-est asiatique. Une synthèse de tous ces résultats, dispersés dans de nombreux périodiques spécialisés, paraîtra en 1997 dans l'Encyclopaedia Biospeologica.

## Karstologie

L'APS découvre plusieurs cavités à fortes teneurs en  $\text{CO}_2$  (jusqu'à 8,5% à Tham Kubio), uniques en Asie du Sud-est. Différentes études sont menées sur les effets physiologiques de ce gaz et ses relations avec les types de karst. L. DEHARVENG travaille sur la sédimentologie de Tham Klab Yai et Tham Chiang Dao. Avec D. RIGAL qui aborde également l'hydrologie de Tham Chiang Dao, elle met en évidence l'ancienneté de la cavité de Tham Pha Tai par datation des tufs rhyolitiques (dix millions d'années). F. BROUQUISSE couvre les aspects géologiques, hydrologiques et climatologiques, mais surtout hydrogéochimiques avec D. DALGER. Plus de 80 sites sont ainsi échantillonnés, et des études plus synthétiques menées sur les systèmes de Batu Lubang, Gua Salukkan Kallang, Tham Chiang Dao, Tham Nam et Tham Pong Chang. La similitude des caractères hydrochimiques entre karsts tropicaux et tempérés est confirmée, ainsi que l'influence de la couverture détritique dans le chimisme des eaux et les  $\text{pCO}_2$ , comme le montrent les différences entre les karsts de la Nam Lang ou de Kanchanaburi et ceux de Phangnga ou de Maros. L'influence des dykes de roches éruptives dans la genèse de certaines cavités et la morphologie de surface est également précisée. Une synthèse hydrogéologique du karst de Maros est publiée par D. RIGAL.

A Sulawesi P. LECLERC décrit des fragments de poteries et dessins pariétaux de grottes du karst de Maros.

L'ensemble des données collectées par l'APS au cours de ses 12 années de pérégrinations est encore loin d'avoir été exploité mais certains sites tels Tham Chiang Dao, Ngatau Surat ou le système Gua Salukkan Kallang-Tanette-Towakkalak s'imposent désormais comme des références majeures dans la connaissance des karsts du Sud-Est asiatique.

## Références

- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1986. Expédition Thaï-Maros 85, rapport spéléologique et scientifique. 215p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1987. Expédition Thaï-Maros 86, rapport spéléologique et scientifique. 177p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1988. Expédition Thaï 87 - Thaï 88, rapport spéléologique et scientifique. 128p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1988. Expéditions de l'APS en Asie du Sud-Est, Travaux scientifiques-1. 52p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1989. Expédition Batukarst 88, rapport spéléologique et scientifique. 90p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1990. Maros 88-89, rapport spéléologique. 51p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1992. Expédition Indonésie 90, rapport spéléologique et scientifique. 104p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE, GROUPE «INDONESIE 92», ACINTYACUNYATA SPELEOLOGICAL CLUB, 1994. Indonésie 92, rapport spéléologique. 69p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1995. Expédition Sumatra 93, rapport spéléologique et scientifique. 63p.
- ASSOCIATION PYRENEENNE DE SPELEOLOGIE 1997. Expédition Maros 94, rapport spéléologique et scientifique. 70p. (à paraître).
- DEHARVENG, L. & GOUZE, A. 1983. Grottes et karsts des environs de Chiang Mai (Thaïlande). *Karstologia* N°2 (1983): 55-60.
- DELNATTE, E. 1987. Expédition Kandrian 1986 (Papouasie - Nouvelle Guinée, île de Nouvelle-Bretagne, province Ouest). *Spelunca* N°27 (1987): 26-33.

# Les expéditions franco-brésiliennes GOIÁS 94 et GOIÁS 95 sur le karst de São Domingos, Goiás, Brésil

par Jean Loup Guyot <sup>(1,3)</sup>, Guilherme Vendramini <sup>(1)</sup>, Leonildes Melo Filho <sup>(1)</sup>,  
Ezio Rubbioli <sup>(2)</sup> & Jean François Perret <sup>(3)</sup>

1 : GRECEO, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, CP 4383, 79919-970 Brasília, DF, Brésil

2 : GBPE, CP 488, 30161-970 Belo Horizonte, MG, Brésil

3 : GSBM, 38 rue Auguste Blanqui, 30130 Pont Saint Esprit, France

## Abstract

The São Domingos area (Goiás, Brazil) is one of the richest Brazilian regions in terms of karstic phenomena. It is characterised by high discharge hydrological systems, which cross this karst from East to West. Revealed to the speleological community by the first SEE expeditions (Ouro Preto, MG, Brazil) in 1970, this karstic zone, nowadays, adds up to more than 70 km of topographized galleries.

In July 1994, the French group GSBM (Bagnols sur Cèze, Gard) joined the Brazilian groups of GRECEO (Brasília, DF) and GBPE (Belo Horizonte, MG) in order to restart the exploration of part of São Domingos massif. This French-Brazilian expedition GOIÁS 94, the most important caving expedition ever accomplished in Brazil, congregated more than 80 cavers. Numerous continuations were discovered and 29 km of galleries were topographically registered.

In July 1995, GRECEO and GSBM were together again for a new expedition to São Domingos, which gathered twenty French and Brazilian cavers. Approximately 3 km of galleries were discovered and topographized, including the promising continuation of the São Bernardo-Palmeiras system, which will be one of the aims of the GOIÁS 97 expedition.

## Résumé

La région de São Domingos (Goiás, Brésil) est l'une des régions du Brésil les plus riches en phénomènes karstiques. Elle est caractérisée par des systèmes hydrologiques à fort débit, qui traversent ce karst d'Est en Ouest. Révélée à la communauté spéléologique par les premières expéditions de la SEE (Ouro Preto, MG, Brésil) en 1970, cette zone karstique totalise aujourd'hui plus de 70 km de galeries topographiées.

En juillet 1994, les groupes brésiliens GRECEO (Brasília, DF) et GBPE (Belo Horizonte, MG) s'associent au groupe français GSBM (Bagnols sur Cèze, Gard) pour reprendre l'exploration d'une partie du massif de São Domingos. Cette expédition franco-brésilienne GOIÁS 94, la plus importante expédition spéléologique réalisée au Brésil, rassemble plus de 80 spéléologues. De nombreuses continuations sont découvertes et 29 km de galeries sont topographiées.

En juin 1995, le GRECEO et le GSBM s'associent à nouveau pour une nouvelle expédition à São Domingos, qui réunira une vingtaine de spéléologues français et brésiliens. Près de 3 km de galeries sont découvertes et topographiées dont la suite prometteuse du système São Bernardo-Palmeiras, qui sera l'un des objectifs de l'expédition GOIÁS 97.

## 1. Le massif karstique de São Domingos

La région de São Domingos est située à 300 km au Nord de Brasília, dans l'état de Goiás, qui avec les états voisins du Mato Grosso du Sud, du Mato Grosso et du District Fédéral, forment la région Centre-Ouest du Brésil. Cette région, caractérisée par une faible densité de population (5.9 hab./km<sup>2</sup>) essentiellement urbaine, est soumise à un climat tropical chaud, marqué par un hiver sec et un été pluvieux. Les précipitations moyennes annuelles varient de 1000 à 1500 mm pour une température moyenne annuelle supérieure à 20° C. Ces conditions climatiques favorisent le développement d'une végétation d'arbustes et de graminées « Cerrado », qui passe à une végétation plus dense en bordure des cours d'eau, des falaises et des cavernes (DUTRA, 1997).

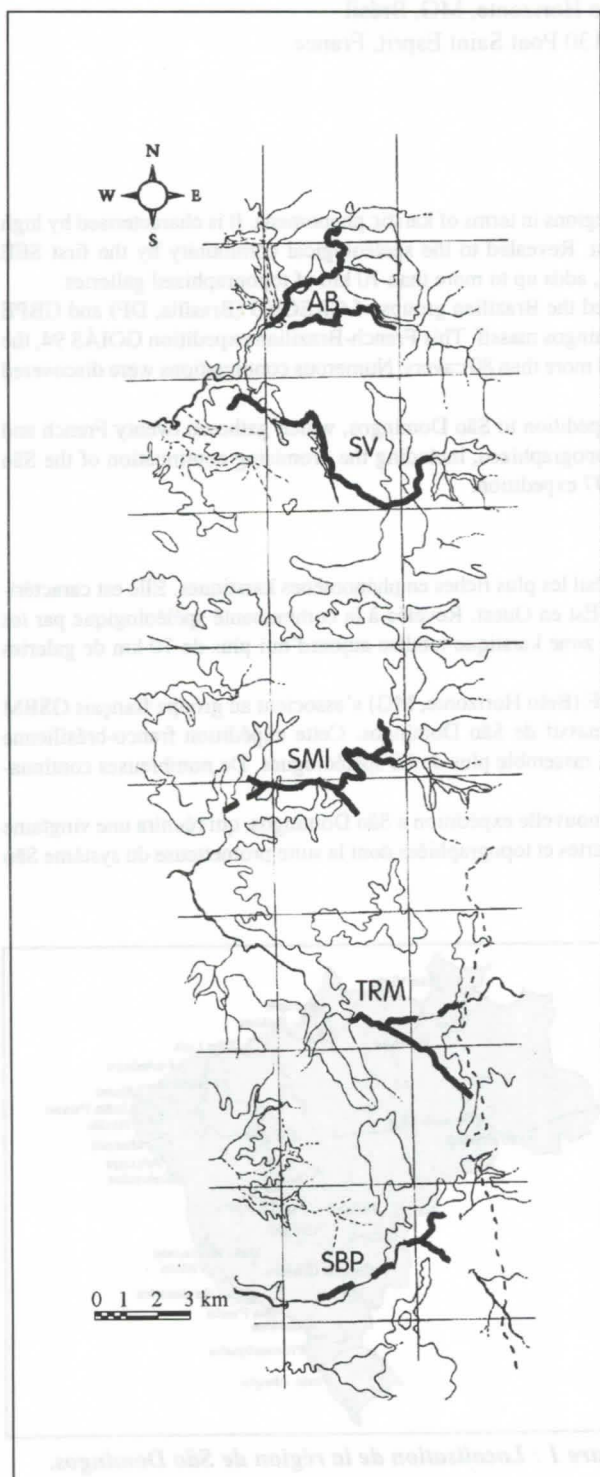
La région de São Domingos fait partie de l'ensemble morphologique du « Planalto Central » brésilien, qui est ici divisé en trois domaines lithologiques distincts : la « Serra Geral de Goiás », le massif calcaire de São Domingos (« Serra do Calcário »), et la surface d'érosion sur laquelle est située la ville de São Domingos. La « Serra Geral », constituée de grès du Crétacé, forme une crête d'axe nord-sud culminant vers 1000 m d'altitude, limite naturelle entre les états de Goiás et Bahia. Sub-parallèle à la « Serra Geral », le massif calcaire (Bambuf) de la province spéléologique de São Domingos s'étend du sud vers le nord sur une soixantaine de km, avec des altitudes maximum variant de 620 à 900 m (MELO FILHO L., 1997).



Figure 1 : Localisation de la région de São Domingos.

Les eaux de pluie absorbées par le massif gréseux de la « Serra Geral » résurgent à la base des falaises de grès et forment des rivières qui s'écoulent vers l'ouest et viennent buter contre la lisière de la « Serra do Calcário ». Ces rivières traversent alors le massif calcaire par des cours souterrains et vont rejoindre le rio Paranã, formateur du grand rio Tocantins (LE BRET, 1991).

La région karstique de São Domingos peut être définie comme un vaste « cause » , ensemble karstifié présentant un amont à cours d'eau exogènes constitués, de fort débit (de plusieurs centaines de l/s à plus de 5m<sup>3</sup>/s en étiage) qui, en traversant le massif calcaire, se perdent dans d'impressionnantes goules. Ces dernières se développent en galerie-tunnel de grand diamètre. Celle de la Lapa da Terra Ronca est supérieure à 50 m. Ces mêmes cours d'eau réapparaissent plusieurs kilomètres en aval par de puissantes résurgences dont certaines sont pénétrables (RODET, 1997).



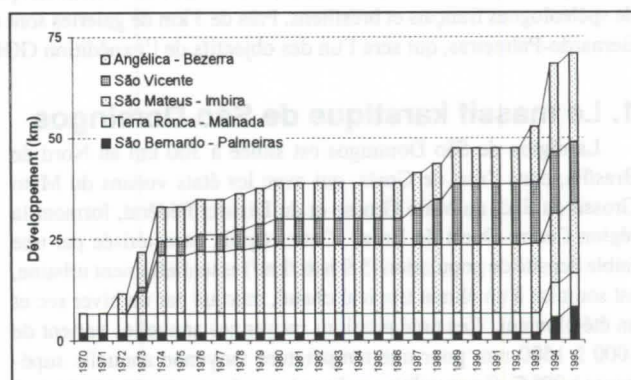
**Figure 2 :** Les grands systèmes karstiques de la Serra do Calcário (AB : Système Angélica-Bezerra, SV : Système São Vicente, SMI : Système São Mateus-Imbira, TRM : Système Terra Ronca-Malhada, SBP : Système São Bernardo-Palmeiras).

## 2. Historique des explorations

La taille imposante des entrées des cavernes de la « Serra do Calcário » n'a pas échappé à l'esprit observateur de quelques naturalistes du siècle passé (GARDNER, 1846 ; MATTOS, 1875).

Et c'est en 1970 que la SEE de Ouro Preto (MG, Brésil) révèle à la communauté spéléologique l'énorme potentiel karstique de cette région très peu connue (BRAUN, 1970). La première expédition lancée en décembre 1970 par la SEE et le groupe BAGRUS (São Paulo, Brésil) explore et topographie les traversées de Terra Ronca et São Bernardo. En 1971, la jeune Société Brésilienne de Spéléologie (SBE) organise une reconnaissance de l'ensemble du massif. En 1972, le groupe BAGRUS explore et topographie 4750 m dans la perte du rio Angélica. En 1973, une expédition conjointe du groupe BAGRUS et du CEU de São Paulo, divisée en 4 groupes distincts, découvre, explore et topographie la Lapa do Bezerra, la résurgence du système Angélica-Bezerra, la perte du rio São Vicente, la résurgence du rio São Mateus et l'accès au système São Mateus-Imbira. En 1974, le CEU retourne à São Mateus, alors que le CAP (São Paulo) continue l'exploration du système São Vicente. En 1976, ces deux groupes poursuivent leurs recherches dans São Mateus et São Vicente. En 1978, le CAP s'associe au groupe KARST (Argentine) pour continuer l'exploration de São Vicente, alors que le CEU retourne dans São Mateus. Ces activités se poursuivent en 1979 et 1980, avec la participation du Spéléo Club de Paris (SCP) dans São Vicente en 1980.

Après une période d'accalmie, le CAP et le CEU, associés au SCP, reprennent les explorations de São Vicente et São Mateus en 1986. En 1987 et 1988, le CAP et le SCP continuent leurs recherches dans São Vicente, alors que le GREGEO (Brasília, Brésil) reprend l'étude du système São Mateus-Imbira. En 1989, le CAP et le SCP s'associent à la CGEB (Trieste, Italie) pour continuer l'exploration de São Vicente. En 1993, le GBPE (Belo Horizonte, Brésil) reprend l'exploration du système Angélica-Bezerra alors que le GREGEO retourne à São Mateus et São Bernardo-Palmeiras (PASTORINO *et al.*, 1997).



**Figure 3 :** Evolution des développements topographiés sur le karst de São Domingos, Goiás, de 1970 à 1995.

## 3. Les expéditions GOIÁS 94 et GOIÁS 95

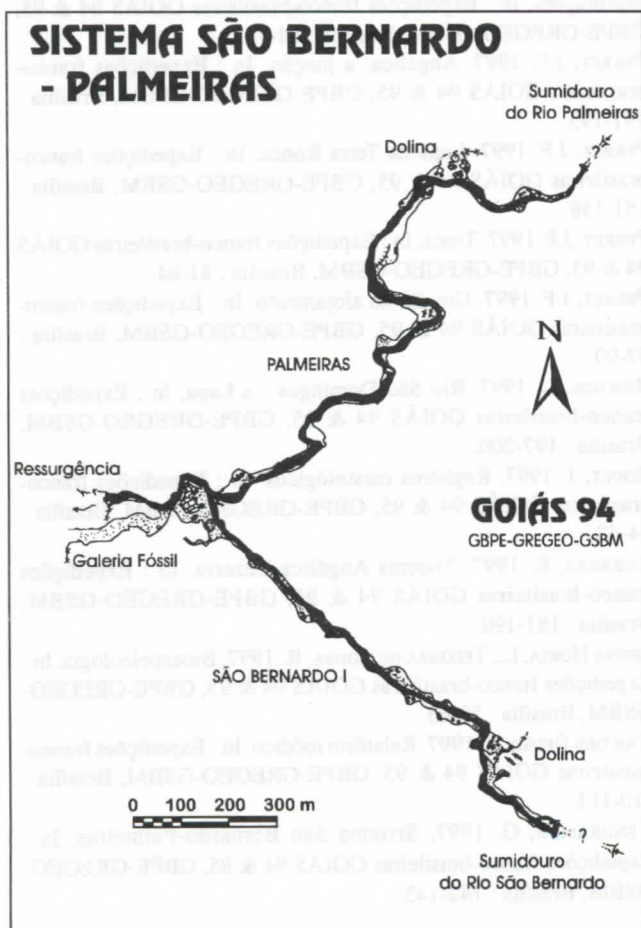
L'expédition spéléologique franco-brésilienne GOIÁS 94, organisée conjointement par le Groupe Spéléo de l'Institut de Géologie de l'Université de Brasília (GREGEO), le Groupe Bambuí de Recherches Spéléologiques de Belo Horizonte (GBPE) et le Groupe Spéléo Bagnols Marcoule (GSBM), patronnée par la Fédération Française de Spéléologie (FFS) et la Société Brésilienne de Spéléologie (SBE), s'est déroulée du 2 juillet au 5 août 1994.

Après une première reconnaissance du massif les 2 et 3 juillet, les spéléos du GSBM organisent à Brasília (sur la tour d'exercice des pompiers) et au «Buraco dos Araras» (Formosa, Goiás) un entraînement de spéléo secours pour l'équipe d'intervention (une trentaine de personnes) du Corps des Pompiers Militaires du District Fédéral (CBMDF), exercice auquel est associé le GREGEO (PERRET, 1997).

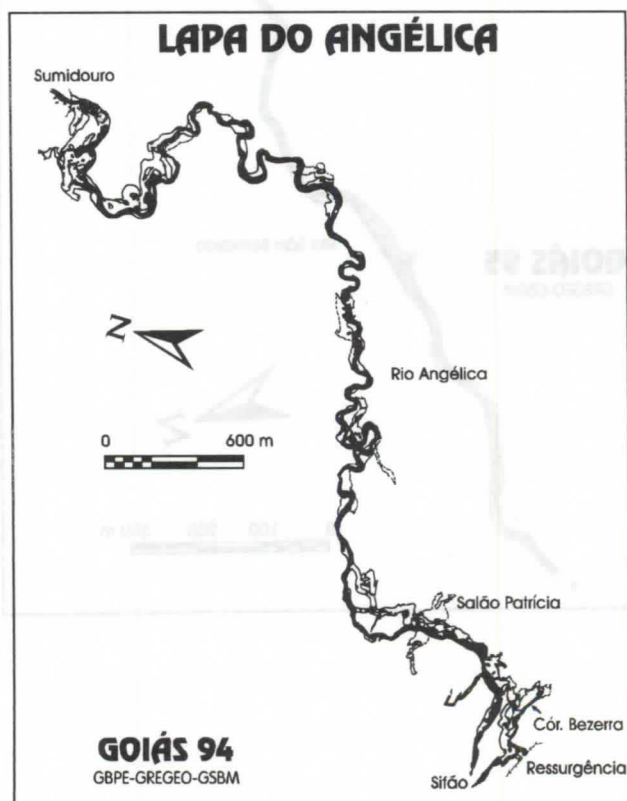
L'expédition spéléologique sur le massif de São Domingos débute réellement le 10 juillet, avec l'arrivée du GBPE de Belo Horizonte. Trois pompiers du CBMDF se sont associés à l'expédition GOIÁS 94, ainsi que quelques individuels des groupes spéléos de Monte Sião (EGMS, MG, Brasil), Campinas (GESCAMP, SP, Brasil), Goiânia (GREGO, GO, Brasil), Rio de Janeiro (SPEC, RJ, Brasil) et du Spéléo Club de Paris (France). Le Docteur Edgar et son équipe assurent une antenne médicale sur le site durant toute l'expédition (VAN DEN BEUSH, 1997). Un groupe de scientifiques d'horizons divers (CNRS, CPRM, ORSTOM, Universités de Brasília, Bristol) effectuent de nombreux relevés sur l'hydrologie, la géomorphologie, la géochimie et la biospéléologie de la région (GUYOT, 1997; GUYOT *et al.*, 1997; RODET, 1997; SENNA HORTA *et al.*, 1997).

GOIÁS 94, qui rassemble 89 spéléologues, s'installe dans l'école de São Domingos, d'où les différents groupes partent en exploration pour 3 à 4 jours. A leur retour, les données topographiques sont traitées à l'école sur compatibles IBM-PC, ce qui permet d'orienter la suite des explorations (OBSTANCIAS, 1997; PERRET, 1997).

D'emblée, des équipes spéléos se dirigent vers les trois grands systèmes de São Bernardo-Palmeiras, Terra Ronca et Angélica. Les topographies de ces classiques sont entièrement refaites en portant une attention particulière aux galeries supérieures. Dans São Bernardo-Palmeiras, de nombreuses galeries fossiles sont découvertes, et vers l'aval, le système de São Bernardo II est découvert et exploré sur 2150 m (VENDRAMINI, 1997).



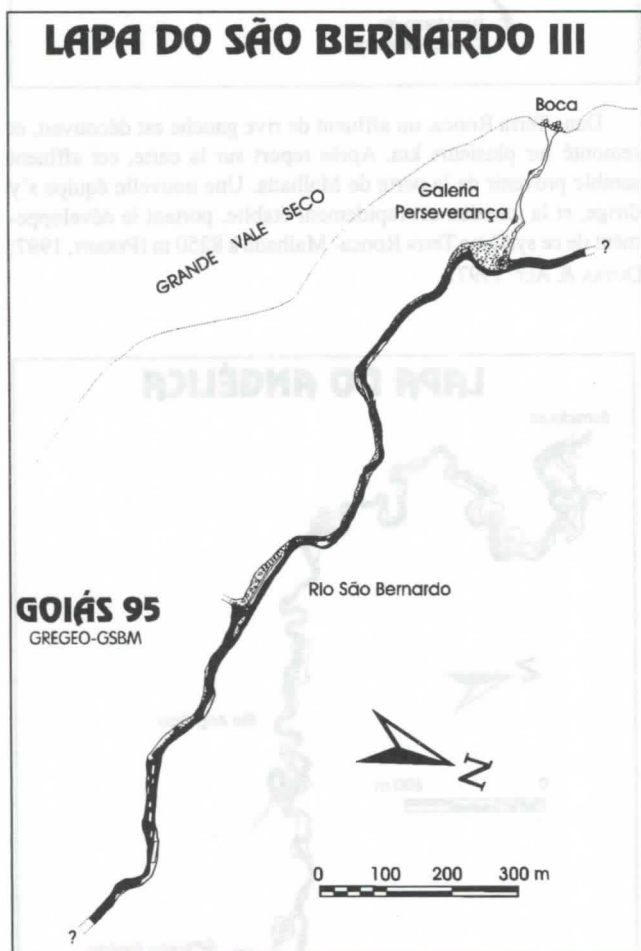
Dans Terra Ronca, un affluent de rive gauche est découvert, et remonté sur plusieurs km. Après report sur la carte, cet affluent semble provenir de la perte de Malhada. Une nouvelle équipe s'y dirige, et la jonction est rapidement établie, portant le développement de ce système Terra Ronca- Malhada à 8250 m (PERRET, 1997; DUTRA & ALT, 1997).



Dans la perte du rio Angélica, la topographie avance plus lentement en raison du fort courant de la rivière et des cascades. De nombreuses galeries supérieures sont découvertes. Le 20 juillet, alors que le terminus historique de la grotte vient d'être franchi (pseudo-siphon), Patricia chute mortellement de 27 m alors qu'elle topographie des galeries supérieures. Après le sauvetage (42 spéléos pendant 25 heures), le GBPE quitte l'expédition, qui va toutefois continuer avec un moral bas. Quelques jours plus tard, la jonction entre la perte et la résurgence du rio Angélica est établie, portant le développement du réseau à 13800 m (PERRET, 1997; RUBBIOLI, 1997).

Durant l'expédition GOIÁS 94, 28600 m de galeries sont topographiés dont 16000 m en première.

L'expédition spéléologique franco-brésilienne GOIÁS 95, également patronnée par la FFS et la SBE, rassemble du 01 au 18/06/95, 26 spéléologues du GREGEO, du GSBM et du CBMDF. GOIÁS 95 débute en réalité avec un entraînement spéléo secours des pompiers de Belo Horizonte, organisé par le GSBM, le GBPE et le CBMDF de Brasília. A São Domingos, les efforts se concentrent sur le secteur de la résurgence de Angélica, la percée du rio São Domingos (RESENDE, 1997), puis sur l'aval du système São Bernardo-Palmeiras (MELO FILHO, 1997). Le dernier jour de l'expédition, le collecteur du système est retrouvé (São Bernardo III, 1740 m) avec arrêt sur rien à l'amont comme à l'aval. Ce sera le principal objectif de l'expédition GOIÁS 97.



## Références

- BRAUN, O.P.G. 1970. Breve notícia sobre o relevo cárstico do Leste de Goiás. *Espeleologia*, 2 : 39-40.
- DUTRA, G. 1997. Geografia da região. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 15-19.
- DUTRA, G., ALT, L. 1997. Lapa do Malhada. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 159-160.
- GARDNER, G. 1846. Travels in the interior of Brazil. (Viagem ao interior do Brasil, 1975, Editora Itatiaia, Belo Horizonte, 260 p.)
- GUYOT, J.L., AULER, A., OGA, D., OBSTANCIAS, I., APPAY, J.L. 1997. Balanço hidrogeológico. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 52-58.
- GUYOT, J.L. 1997. Hidroclimatologia da região. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 43-51.
- LE BRET, M. 1991. Le district spéléologique de São Domingos, Etat de Goiás, Brésil. In : Actes de la Première rencontre d'Octobre, N° 1, Spéléo Club de Paris, Paris : 41-55.
- MATTOS, R.J.C. 1875. Chorographia histórica da província de Goyas. *Revista do Instituto Histórico, Geográfico e Ethnographico do Brasil*, 38 : 5-150.
- MELO FILHO, L. 1997. Aspectos geológicos. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 20-23.
- MELO FILHO, L. 1997. Na procura de São Bernardo III. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 146-150.
- OBSTANCIAS, I. 1997. Um dia com os cientistas. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 91-98.
- PASTORINO, V.R., AULER, A., COLLET, G. 1997. Histórico das explorações. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 64-74.
- PERRET, J.F. 1997. Angélica, a junção. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 191-195.
- PERRET, J.F. 1997. Lapa da Terra Ronca. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 151-158.
- PERRET, J.F. 1997. Troca. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 81-84.
- PERRET, J.F. 1997. Um dia no alojamento. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 87-90.
- RESENDE, L. 1997. Rio São Domingos : a Lapa. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 197-200.
- RODET, J. 1997. Registros carstológicos. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 24-42.
- RUBBIOLI, E. 1997. Sistema Angélica-Bezerra. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 181-190.
- SENNA HORTA, L., TEIXEIRA DE MOURA, R. 1997. Bioespeleologia. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 58-63.
- VAN DEN BEUSH, E. 1997. Relatório médico. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 110-112.
- VENDRAMINI, G. 1997. Sistema São Bernardo-Palmeiras. In : Expedições franco-brasileiras GOIÁS 94 & 95, GBPE-GREGEO-GSBM, Brasília : 142-145.

# The combined form of special karst in Weishui Songzi, Hubei, China

Shen Jifang<sup>1</sup>; Wan Junwei<sup>1</sup>; Xiao Xiyang<sup>2</sup>; Zhang Changyun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China University of Geosciences, Wuhan; <sup>2</sup>The Municipal Government of Songzi, Hubei

## Abstract

The Weishui karst scenic spot is a new tourist place in Songzi, China. The Cambrian carbonate rocks are exposed to the surface in this area, which has evolved a style of karst landform of its own. As most of karst cave systems and subterranean streams are closely related to surface drainage systems, karstification is active at present. Because paleoenvironment change is periodic, the carbonate alternately corrode and sediment within the large caves, which have grown to a system of karst landscape.

This paper first introduces the karst characteristics of Weishui and gives emphasis to discuss the combined forms of the underground karst, namely rare secondary speleothems and variform remains of corrosions, as found in Xinshen Cave.

## 1. Geographical position

The Weishui karst is located in the south-west of Songzi, Hubei. It is a new tourist place, where mountains and water integrate with caves, and includes many historic sites. It is situated in the center of three famous sites, i.e. Three Gorges of Yangzi River and historic city of Jingzhou as well as Zhangjiajie. The Jiaoliu railroad passes through its east side, and continues to Beijing, Zhangjiajie and Guilin. The distance to Yichang – the door of Three Gorges – is about 70 km, and is linked by mainline high-way. The traffic is very convenient (see figure 1).

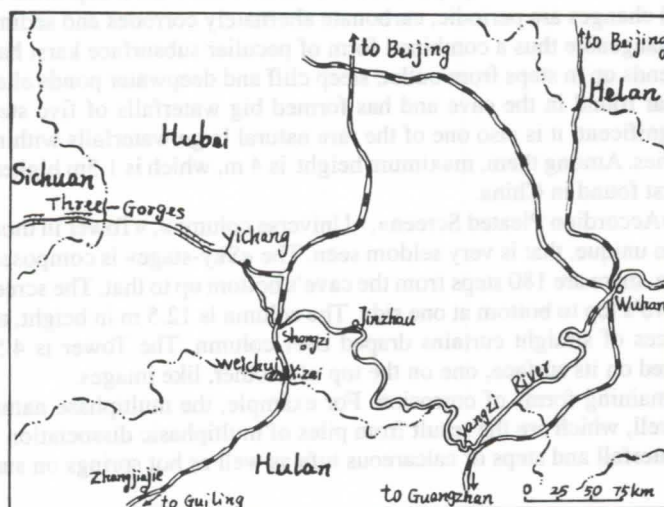


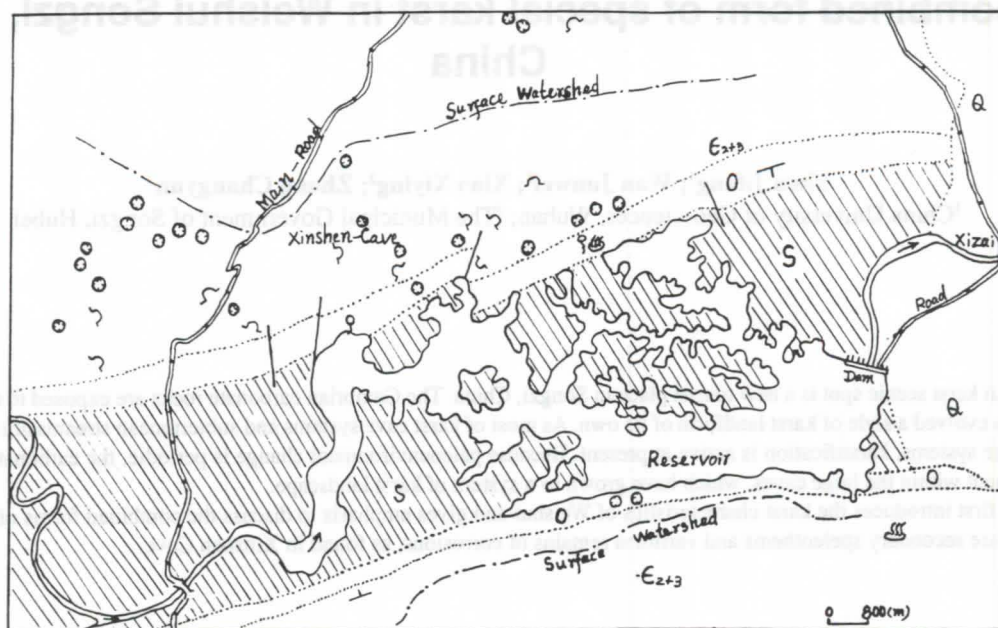
Figure 1 : Geographical position of Weishui scenic spot

## 2. Geologic background

This region is located in a transitional zone between the southwestern mountain area of Hubei and the Jiangnan plain. Geologic structure is a synclinorium with axis near east-west. The syncline trough is composed of sandstone and shale. It is a mountain trench and hilly land and contains Weishui reservoir with a water area of 37 km<sup>2</sup>. There are 159 islets distributed in the reservoir, and a large amount of peninsulas and branch streams distribute along the bank of reservoir (See Figure 2). This reservoir area has an own microclimate—In winter, it is warm and in summer, it is cool. Two limbs of synclines are shown as sub-anticline. Their cores are the surface watersheds in the south and north of reservoir which are composed of carbonate rocks of Cambrian origin and form a special landscape. This paper will emphasize on landforms of subsurface karst in the north-mountain of the reservoir.

## 3. Character of karst development and its special subsurface landscapes

In the layers of the Cambrian-Ordovician system of this region, surface karst are widely distributed and large-scale karsts conduits and cave systems have developed. Thirteen caves have been found. These caves link to the surface drainage system, therefore there are nice conditions of converge and recharge. Because paleoenvironmental change is periodic, and change of discharge level is also periodic, subsurface karst landforms have a unique style, such as magnetic stepped drops or waterfalls



**Figure 2 : Karst geologic sketch map of Weishui scenic spot**

and deepwater ponds as well as flowstone dams series etc. The Xinshen Cave is representative of them.

Height and width of Xinshen Cave both can reach 40 m. Because the cave is very dangerous and rugged, and we have made a survey of only 5000 m due to lack of equipment. Now 1000 m have been exploited as touristic route. Due to the fact that the palaeoenvironmental changes are periodic, carbonate alternately corrodes and sedimentates within the cave, and the state of subsurface flow is changeable thus a combined form of peculiar subsurface karst has grown up :

- The base of this cave extends up in steps from outlet, steep cliff and deepwater ponds alternate, and groundwater uninterruptedly flows all the year round in the cave and has formed big waterfalls of five steps. Among these, the Shenlong Waterfall is the most magnificent, it is also one of the rare natural large waterfalls within caves in China.
- Large flowstone dams series. Among them, maximum height is 4 m, which is 1.5m higher than the previously highest one of China. This scale is first found in China.
- The «Sky-stage» and its «Accordion Pleated Screen», «Universe column», «Tower in thousand buddhas», etc. Their scale is so grand, modeling is so unique, that is very seldom seen. The «Sky-stage» is composed by plats of calc-tufa, its height and width both reach 20 m, there are 180 steps from the cave's bottom up to that. The screen is a large complex of curtains, which extend from the cave's top to bottom at one side. The column is 12.5 m in height, and 10.5 m in girth, and its top is special : there are 28 slices of straight curtains draped over column. The Tower is 4.5 m in height and thousands of stoneflowers are distributed on its surface, one on the top of another, like images.
- Various or large scale remaining forms of corrosion. For example, the multiphase natural bridges, as well as variform protrusions on the cave-well, which are the result from piles of multiphase dissociation and erosion by groundwater. Besides, there are also waterfall and steps of calcareous tufa as well as hot springs on surface.

#### **4. Study significance and exploit prospects**

The karst of this area is very developed, and underground caves are numerous. Maybe there is a large complex of cave systems, linked to each other. But it is yet short of systematic survey and assess.

Thanks to the cave-group represented by Xinshen Cave, and its superior regional setting, as well as the full view of the Weishui scenic spot, it becomes the comprehensive exploitation region of tourism and economy, and has values in scientific research, in archaeological studies, as well as in enjoying one's holidays etc.

This region is already in initial stage of study and development, we welcome international specialists survey or exploit it.

# Giant underground rivers in Central Laos

Claude Mouret (\*), Bernard Collignon (\*\*), Jean-François Vacquié (\*\*\*)

\* La Tarnie, F-87380 MAGNAC-BOURG

\*\* 11, rue Simonet F-75013 PARIS

\*\*\* 33bis, rue d'Antipoul, F-31300 - TOULOUSE

## Abstract

In 1994 and 1995, the two Nam Hin Boun and Xe Bang Fai giant underground rivers were explored. The full mountain-crossings along the water flow are 7.5 and 6.7 km long respectively, and the all-cave length 11.2 and 9 km. Passages width varies between 20 and 100 m, with an average around 40-50 m. Height is 10 to 90, with an average around 40-60 m. Both caves receive strong water inflows. The Nam Hin Boun swallow hole, at a 155 m a.s.l. elevation, is mostly fed by nearby plateaus of sandstone, which range between 600 and 1578 m a.s.l. and are bounded by slopes up to 500 m/km. Floods can be violent, owing to yearly rainfall depths of 2.1 to 2.5 m and to these high slopes. For the Xe Bang Fai, the flood discharge exceed probably 500 m<sup>3</sup>/sec, owing to a very large watershed (1300 km<sup>2</sup>). The flow is very low during the dry season, because there is little storage in the limestones.

## Résumé

En 1994 et 1995, la Nam Hin Boun et la Xé Bang Fai souterraines ont été explorées. Ce sont deux rivières géantes du Laos, traversant leur massif calcaire de part en part (7,5 et 6,7 km), dans des galeries d'une cinquantaine de mètres de diamètre. Ces deux cavités sont parcourues par des crues très violentes. La perte de la Nam Hin Boun (155 m d'altitude) est principalement alimentée par les plateaux gréseux tout proches. Les crues y sont très violentes, à cause de la forte pente du bassin amont (jusque 500 m/km). Les crues peuvent être brutales en raison des violentes précipitations de mousson et des fortes pentes sur des grès qui constituent le bassin versant. Pour la Xé Bang Fai, le débit de crue dépasse probablement 500 m<sup>3</sup>/sec, par suite de la taille énorme du bassin versant (1 300 km<sup>2</sup>). Les débits d'étiage sont très faibles, ce qui indique qu'il y a peu de réserves permanentes.

In 1994 and 1995, we explored two major underground rivers in Laos, among other caves studied from 1991 to 1996. The Nam Hin Boun (NHB on the map) and Xe Bang Fai (XBF) Rivers cross through 4 to 5 km-wide mountain ranges. Their very specific characteristics are related to their geological, morphological and climatic settings, which will now be reviewed. The two watersheds include a significant proportion of sandstone and shale massifs which have a higher elevation. Besides, some other underground rivers share some of these features.

Since at least around 65 MA, at the dawn of Cenozoic times, regional uplift and related erosion were the rule. At least 800m were eroded, as proved by regional geometry, but far greater eroded thicknesses were proved in nearby NE Thailand, up to 3250m. Upper Miocene basalt lava flows originating from the Bolovens Plateau further south fossilize most of the topography and indicate that most of the erosion occurred prior to their emplacement.

Erosion of karst cover also takes place along the bordering cuestas of silici-clastic massifs.

## 1. Geological setting

Based on MOURET (1994 a,b,c)

The karst lithology is dolomitic limestone, with a variable, usually moderate, proportion of interstratified dolomite. In the studied areas, these carbonates are mostly Middle to Upper Carboniferous, though regionally Lower Carboniferous, Middle Devonian and Lower Permian carbonates are also known. The substratum of the karst includes sandstones and shales, which are Lower Carboniferous (between Lower and Middle Carboniferous carbonates), and Lower Carboniferous to Devonian. The cover of the carbonates, where it is preserved, is mostly continental sandstones and shales, deposited during the Liassic to Cretaceous times. Triassic sediments were likely deposited in transtensional basins, though probably in areas of limited extent.

A long erosion period related to the Indosinian orogeny took place in the Triassic and Liassic times, with a stratigraphic gap of 60 MA, favorable to paleokarst formation. It may have completely removed the unknown thickness of Middle Permian to Lower Triassic silici-clastic karst cover which was possibly deposited, as in nearby Thailand, but this remains to be proved.

## 2. Morphological setting

The Nam Hin Boun watershed, upstream of the sinking point at 155 m A.S.L., is mostly Mesozoic sandstone and shale, forming plateaus up to 1578 m a.s.l., which are remaining synclines. Slopes are usually steep (up to 500 m/km) and cliffs common in sandstone intervals. The high elevation of the drainage basin above the sinking point allows fast stream velocities, which are prone to flash floods. Such floods may be devastating for whoever is in the cave.

In the Xé Bang Fai area, conditions are a little different, in the sense that the watershed is less steep and bounded to the East by the crest-line of the Annamitic Cordillera. But this is compensated by a larger watershed (1 300 km<sup>2</sup>).

## 3. Climatic setting

Except for the upstream part of the Xé Bang Fai watershed, which is more subject to (unmeasured) influences from Vietnam weather related to South China Sea conditions, the climate is of a Laotian type.

1991 rainfall heights are known for a number of localities (XXX,1994) in and around the karst area. Long term data are known only at Nakhon Phanom (NP), a city in

Thailand (140 m a.s.l.) facing Thakhek in Laos (METEOROLOGICAL DEPARTMENT, 1987). They show a tropical regional climate, with two seasons:

- a dry season from October to April, with rainfall depths between 0 and 110 mm/month
- a rainy season from May to October, with a peak in June (470 mm and 23 days of rain) and another one in August (620 mm and 26 days).

Heavy typhoon-related rains are common. At Nakhon Phanom, daily values up to 459 mm have been recorded !

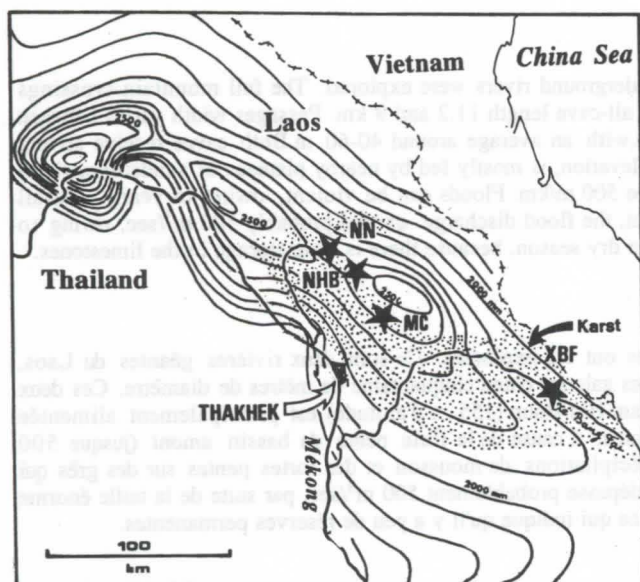


Figure 1. 1991 Rainfall heights in the Central Laos.

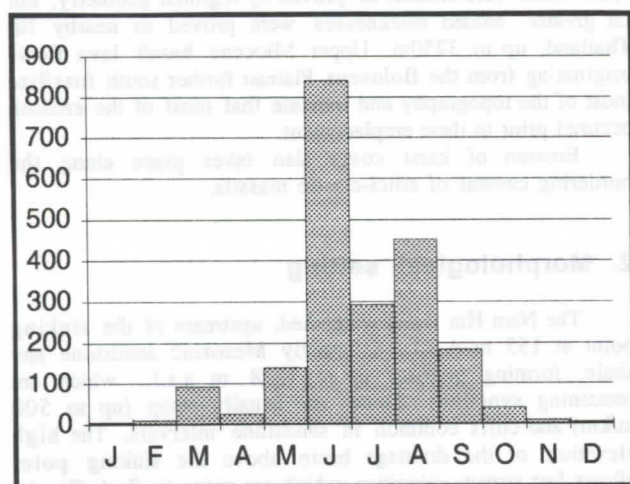


Figure 2. Monthly Rainfall near Thakek during 1991.

#### 4. Flow dynamics

A good gauge station exists on the Xe Bang ++Fai at Mahaxai, 60 km downstream the resurgence. Its watershed is 4 500 km<sup>2</sup>. There are 5 to 10 floods per year. Their duration is very short (less than a week). The delay to reach the peak does not exceed 2 days while the discharge decrease by a 3 factor in less than 5 days. These floods take place from June to October. The maximal discharge reached during 1991 was 2 080 m<sup>3</sup>/s (to give an idea, that is more than the Seine River discharge at Paris during the floods). The short duration of floods is linked with the strong slope of the water shed.

The drying up is 7 months long (all during the dry season, from November to May). The discharge is very weak in the end of May (less than 5 m<sup>3</sup>/s) and explorations are easy and without any danger from January to May, with possibly a lack of water to use boat in some rivers.

The specific discharge is very strong (52 l/s by km<sup>2</sup>). The flowed annual volume (7.5 billions m<sup>3</sup>) represents 80% of the precipitations, what means that the evaporation is weak, because of the short duration of the rain season (90% of rains fall in 4 month).

The watersheds of the Nam Hin Boun and Xe Bang Fai resurgences comprise the same proportion of limestones (approximately 65%) that for the Mahaxai station basin. We have therefore used for these basins the same specific discharge values and the same ratio flood discharge/ average discharge/ low discharge. These calculations do not replace a station of measure, but they give a good idea of the fantastic debits which are passing through these caves. This interpolation gives more 500 m<sup>3</sup>/ dry to the Xe Bang Fai, where it would not be carefull to swim during Summer. Applied on Nam Non, the same method indicates underestimate probably the peak discharge, because the longitudinal slope of this river is much more than in Xe Bang Fai (12.9 m/km).

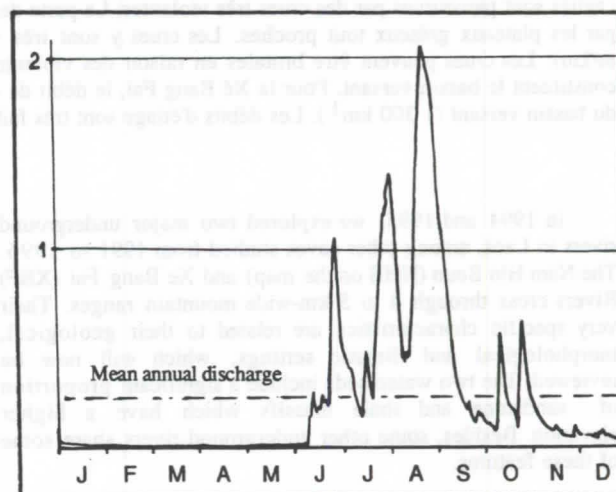


Figure 3. 1991 Discharge at the Mahaxai Gauge Station (XXX, 1994)

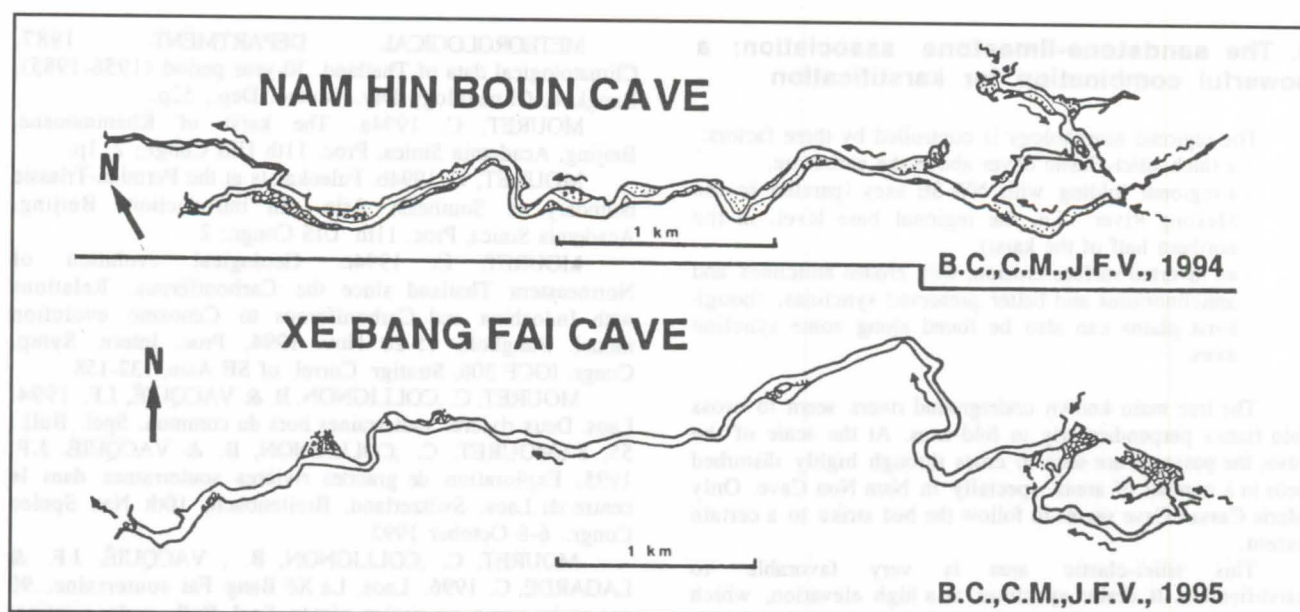
#### 5. Nam Hin Boun: "limestones river" (10.7 km already explored)

Nam Hin Boun consist mainly in a magnificent underground river of 7,5 km, with large meanders nicking sediments that it has deposited. Sections are always very large (1000 to 3000 m<sup>2</sup>) because this gallery is active since the origin of the cavity. Widths can reach up to 100 m and heights up to 80 m. Only the downstreammost part of the river passage is narrower: 30 x 15 m. It is located downstream the jonction with a large fossil passage leading to the outside and is likely younger. It may have formed as a leak from the main passage at the junction, possibly in response to lowering of the base level.

There are only some calcite dams because the river is fed by few saturated waters flowing from a sandstone catchment.

Some very dry upper galleries are connected to the river or pass it. There are few affluents, maybe because the karstic plateau is drained itself directly to the plain situated

downstream through small local underground channels, independent of Nam Hin Boun.



Nam Hin Boun is the good place to make an extraordinary travel across the mountain, in boat, with fishermen of neighboring villages. It is the most used way of passage by villagers to reach the upper basin, inaccessible by the track. It is also possible to swim along the river, with good palms and some courage (7000 m of swimming and walking in the water).

#### 6. Xé Bong Fai (9 km already explored)

Villagers know only the entries of the cavity, because it is impossible to go in by boat. It is composed of one active passage, which is 6.7 km long, 40 x 40 m wide and has no significant tributary. The daylight is perceptible until a 1 km of the entrance.

The cave is occupied by a ten of deep basin. You need to swim or to use a pneumatic boat. The progression there is always easy and nice. Some small rapids present no technical difficulty (during the dry season !). On the other hand, it has not always been simple to prepare the survey, because most of measure points are made in deep water, along walls that disappear vertically in the deep water.

There are few upper galleries superior, but immediately downstream the sinking point, a large temporary passage (30 x 15 m) leads a dry sump, then to 50 to 80 m wide fossil side-passages. Beyond a lake (a sump at high water), the temporary passage continues with a 5 x 5 m width. During floods, water can rise quite high: at least 28 m at the junction of the temporary and active passages.

The 80 m wide passages show numerous high-rising big stalagmites. Higher levels of the active passage are also rich in speleothems: flowstones, rimstone pools, stalactites, etc. A vast natural pit illuminates the first hundred of meters, and you can sleep there protected from the rain.

#### 7. Other big underground rivers

In 1994, we explored also the Nam Non Cave (NN). It is a temporary flowing resurgence, with a main passage leading to a questionable sump and a downstream-directed side branch: a flow diversion way. The former passage is around 30 x 30 m wide and the latter around 8 x 8 m. The main passage has abundant cobbles. Some sandstone cobbles with a diameter up to 60cm large are found near the cave outlet. They can originate only from mountains located upstream the cave and have therefore crossed the whole karst through 4 km in a straight line (and probably more than 6 km along the underground river). This indicates violent flash floods, which is corroborated by the steep slope of the watershed: 1400m of loss of elevation for a 11 km distance, i.e. 12,9 %; a significantly higher slope of 23 % over 3.5 km is a strong water accelerator just above the sinkhole.

The underground Huai Hat (Huai=Creek) was surveyed over more than 3 km from the resurgence in "Marie Cassan Cave" (MC) by CASSAN and his team in 1948 and 1953. Tham Deua was also explored (CASSAN, 1950, 1953): it is the corresponding sinking point of another river originating from sandstone mountains.

	catchment km2	limest. %	Δ h m	L km	slope m/km	Discharge(m3/s)			Spec.Disch. l/s.km2
						min	moy	max	
Measures									
Mékong - Thakek	373 000					857	6 200	32 900	17
Xé Bang Faï - Mahaxaï	4 520	65%	1 088	140	7,8	7,5	236	2 080	52
Interpolation									
Xé Bang Faï - Resurgence	1 310	63%	1 088	80	13,6	2,2	68	603	52
Nam Hin Boun - Resurg.	215	62%	1 418	21	68	0,36	11,2	99	52
Nam Non - Resurgence	50	26%	1 418	11	129	0,08	2,6	23	52
Seine - Paris	44 320					19	300	1650	6,8

Table 1. Some hydrological parameters of the 3 main explored rivers, deduced from measures on the national hydrological network.

## 8. The sandstone-limestone association: a powerful combination for karstification

The regional morphology is controlled by three factors:

- a thick silici-clastic cover above the carbonate,
- a regional folding with NW-SE axes (parallel to the Mekong River, i.e. the regional base level, in the northern half of the karst)
- an inverted surface-erosion, with eroded anticlines and anticlinoriums and better preserved synclines, though karst plains can also be found along some syncline axes.

The tree main known underground rivers seem to cross fold flanks perpendicularly to fold axes. At the scale of the cave, the passages are seen to cross through highly disturbed beds in a number of areas, specially in Nam Non Cave. Only Marie Cassan Cave seems to follow the bed strike to a certain extent.

This silici-clastic area is very favorable to karstification. It drains synclines at a high elevation, which is very favorable to larger water flows, specially during floods. It provides a high velocity to the water, due to steep slopes. It also makes water more acidic and provides abundant abrasive sand particles, pebbles and cobbles which largely contribute to cave erosion during the floods.

## 9. References

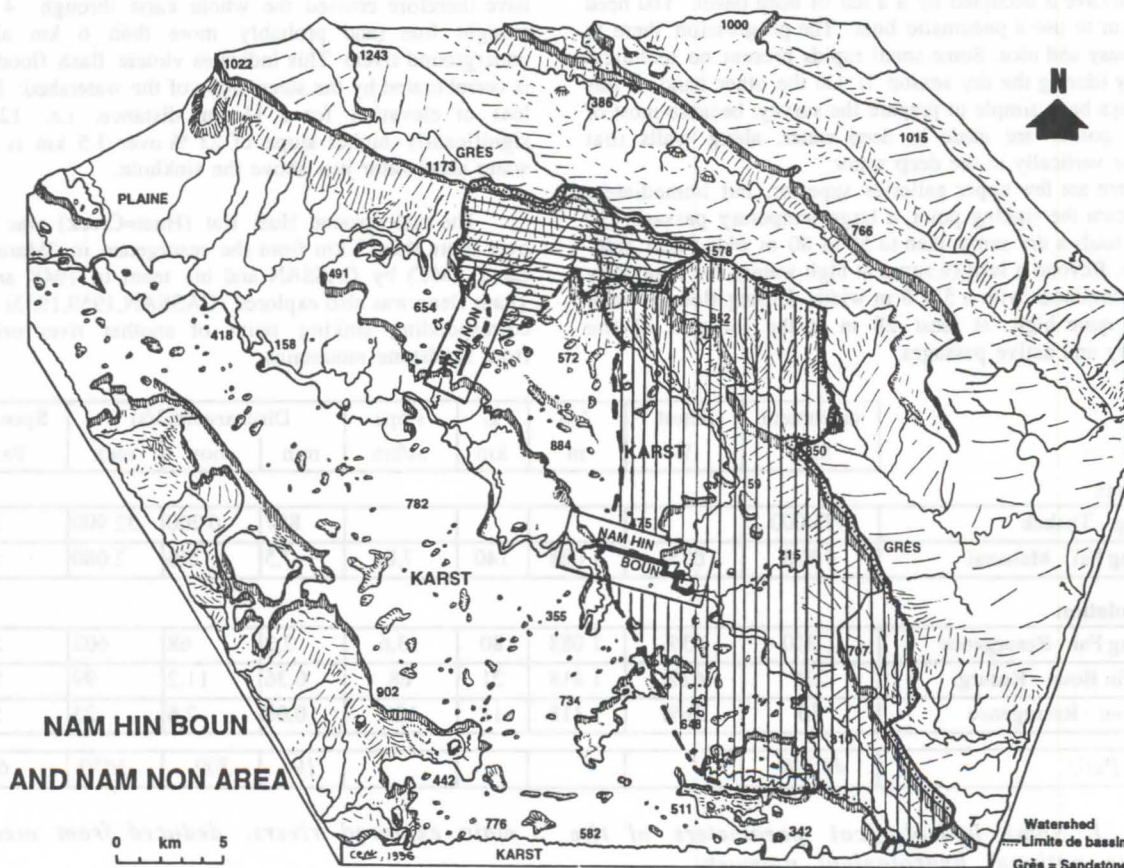
- BROUQUISSE F., MOURET C., COLLIGNON B. 1996. Reprise des explorations spéléologiques françaises au Laos: 1991-1996. Proc. 2nd European Colloquium on Exploration Speleology, Méjeannes-Le-Clap, under printing.
- CASSAN, H.F.A. 1950. Un spéléologue en Indochine. Science et Voyage: 59, 378-382.
- CASSAN, H.F.A. 1953. A la conquête des dernières terres vierges de l'Indochine. Paris, Indochine, Sud-Est Asiatique: 2nd year, 2, August, 23-27.

- METEOROLOGICAL DEPARTMENT. 1987. Climatological data of Thailand. 30-year period (1956-1985). Bangkok, Climatology Div., Meteo. Dep., 52p.
- MOURET, C. 1994a. The karst of Khammouane. Beijing, Academia Sinica, Proc. 11th UIS Congr.: 2, 1p.
- MOURET, C. 1994b. Paleokarsts at the Permian-Triassic boundary in Southeast Asia. An introduction. Beijing, Academia Sinica, Proc. 11th UIS Congr.: 2
- MOURET, C. 1994c. Geological evolution of Northeastern Thailand since the Carboniferous. Relations with Indochina and Carboniferous to Cenozoic evolution model. Bangkok, 15-20 Nov. 1994, Proc. Intern. Symp. Congr. IGCP 306, Stratigr. Correl. of SE Asia, 132-158
- MOURET, C., COLLIGNON, B. & VACQUIÉ, J.F. 1994. Laos. Deux rivières souterraines hors du commun. Spel. Bull.: 55, 5-6 MOURET, C., COLLIGNON, B. & VACQUIÉ, J.F. 1995. Exploration de grandes rivières souterraines dans le centre du Laos. Switzerland, Breitenbach, 10th Nat. Speleo Congr., 6-8 October 1995
- MOURET, C., COLLIGNON, B., VACQUIÉ, J.F. & LAGARDE, C. 1996. Laos. La Xé Bang Fai souterraine...90 ans après: une autre rivière géante. Spel. Bull., under printing
- XXX. 1994. Lower Mekong hydrologic yearbook 1991. Bangkok, Interim Committee for Co-ordination of investigations of the Lower Mekong Basin, env. 300p.

## Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge their Laotian friends, without the help of whom nothing would have been possible, specially the regretted late Mr Claude VINCENT, Mr Vannivong SOUMPHOLPHAKDY and Mr LAI. They sincerely wish to express here their hope that the work accomplished will be useful to Lao people.

Figure 5. 3-D Diagram of the watershed upstream Nam Hin Boun and Nam Non Caves.



# SULAWESI '94

## Speleological survey in South-East Asia

by Rosario Ruggieri

(Centro Ibleo di Ricerche Speleo-Idrogeologiche, via Carducci 165, 97100 Ragusa, Italy)

### Abstract

In September and October 1995 a team from the CIRS, Ragusa, together with two members of the Indonesian Speleological Federation carried out a speleological reconnaissance of the southern sector of the island of Sulawesi with the aim of examining the Karst potential of some carbonate outcrops present in that area. As a result of a preliminary survey eight Karst caves were explored and studied. These caves were located in four different areas of the island and some certainly merit further investigation. A particularly promising area for further research and discovery would certainly seem to be Maros where, in the heart of the dense rain-forest an advanced Karst landscape is to be found. Here the expedition explored several deep wells and some doline from 150 to 270 metres deep. Another interesting result of the survey has been the collection of hypogean fauna; certain of these cave-dwelling animals are now being studied.

### Riassunto

Nel periodo settembre-ottobre del 1994 un team del CIRS di Ragusa insieme a due membri della Federazione Speleologica Indonesiana, hanno effettuato alcune ricognizioni speleologiche nel settore meridionale dell'isola di Sulawesi al fine di verificare il potenziale carsico di alcuni affioramenti carbonatici ivi presenti. Il risultato di tale preliminare prospezione è stato l'esplorazione e la documentazione di 8 cavità carsiche, ubicate in 4 differenti settori dell'isola, alcune delle quali con buone possibilità di ulteriore prosecuzione. In particolare viene segnalata come area sicuramente promettente, per ulteriori ricerche e scoperte, quella di Maros dove nell'interno della fitta foresta pluviale, in cui è presente un carsismo di superficie molto esasperato, sono stati esplorati alcuni profondi pozzi e alcune doline profonde da 150 a 270 metri. Interessanti risultati sono altresì provenuti dalla raccolta di fauna ipogea per il ritrovamento di animali cavernicoli attualmente in corso di studio.

### 1. Introduction

As part of the Project "*Karst Evolution in Tropical Areas*", which is aimed at the study of Karst morphology and the evolution of fauna in tropical underground environments, the Hyblaean Centre for Speleological and Hydrogeological Research, Ragusa, carried out its fifth international expedition in September and October 1994 to some Karst areas on the island of Sulawesi (formerly known as Celebes) in Indonesia.

One of the main aims of the project is the study of Karst paleoforms in the Mediterranean area and, in particular, in Sicily, originating in the Plio-Pleistocene, when the climate was much wetter than it is today. The final aim of the Project is to build up a speleogenetic model of the genesis, evolution and subsequent fossilization of these karst paleosystems.

Similar aims are concerned with research regarding hypogean fauna, in order to interpret evolutionary phenomena and the capacity to adapt to a cave habitat in a tropical climate.

The island of Sulawesi is part of the Indonesian archipelago, which is made up of more than thirteen thousand islands stretching from Asia to the Australian continent. The CIRS from Ragusa, in collaboration with the Indonesian Speleological Federation, carried out a series of preliminary surveys in the southern area of the island, which is characterized by outcrops of both volcanic and metamorphic rock and sedimentary rocks.

### 2. Physical and climatic features of the southern sector of Sulawesi

The areas of the island of Sulawesi studied by the CIRS from Ragusa are part of the territory between longitude 119°30' and 120°15' and latitude 3°00' south and 5°00'. Two parallel mountain chains cross this area in a north-north-west direction and are separated by the valley of the Walanae river.

The average height of the mountains is about 1500 m and the highest point is 1,694 m. The land is chiefly of volcanic origin except on the western slope where the relief takes on aspects of karst morphology due to the presence of outcrops of calcareous rocks. In

the southwest area the high land is bounded by the plain of Pangkajene-Maros, which is the northernmost extension of the vast southern lowlands.

Unlike the western mountains, the eastern range is narrower and lower reaching an average height of 700 m; the highest point is only 787 m. Outcrops of volcanic rocks also dominate this area, while in the west-central part there are uplands consisting of conical-shaped hills. In the north-east sector there is the vast Bone plain, which covers about one-third of the whole eastern area.

The relief affects the climatic situation, which is dominated by the monsoons and presents two climates: wet in the western sector from November to April, and dry in the eastern sector from May to October.

### 3. Karst area of Kappang (Maros)

#### Geological and structural features

The first reconnaissance covered part of the Kappang area, 50 km east-north-east of Maros on the edge of the Karst reserve of Bantimurung. Limestone of the Tonasa Formation is to be found in this area overlaid in the east by volcanic rocks belonging to the Cambrian Formation. In some sectors, however, there are intrusions of magmatic material, such as dykes, and basalt and diorite masses.

According to SUKAMTO (1982), the Tonasa Formation is composed of solid coral limestone, partly crystallized, ranging in colour from white to grey; bioclastic limestone and calcarenite, which may be white, brown or grey, partly well stratified, alternating with tuffaceous globigerina marl. This solid limestone is considerably fractured and has a high fossil content which dates the rock between the Lower Eocene and the Middle Miocene. This formation is probably at least 3000 m deep and overlays the Malawa Formation in a concordant way. As has been said, it is, in its turn, overlaid, in angular unconformity, by the limestones belonging to the Camba Formation.



Fig. 1 Karst Area of reconnaissance

From a structural point of view the area being surveyed is affected by a system of parallel faults running from NS to NNE.

### Karst morphological features

From a geomorphological point of view the upland has typical Karst features with areas of conical-shaped hills, both isolated and in groups, with Karst cavities at various levels on the slopes. Where it reaches the alluvial plain the upland has a level of Karst cavities which represent the present base level of erosion. Not far from the vertical slopes, in some sectors of the plain below there are remains of calcareous outcrops with paleomorphological Karst forms, such as karren and small basins, etc. which are evidence of an older phase of surface Karst erosion.

In the upper part of the highland area (Maros plateau) the surface morphology of the calcareous outcrops is marked by more advanced Karst activity caused by the tropical climate and the dense vegetation of the rain-forest. The rock surface is full of a series of fissures, deep cracks and alveolate forms of various shapes and sizes, covered and penetrated by the thick luxuriant tropical vegetation.

### Caves explored

A large dolina and two Karst wells in the Kappang area were explored during a three-day camp in the forest.

### The "Dinosaur" doline

Situated in the middle of dense forest and located only by means of aerial photographs belonging to the Forestry Department, the "Dinosaur" dolina, as we called it, because of a configuration with the shape of this creature on one of its walls, is composed of a large, deep, more or less elliptic depression about 150 m deep with a major axis of 160 m and a minor axis of about 70 m.

At the bottom of the dolina there are fallen rocks and detritus, and in the centre of the depression these have formed a small hilly area which is covered with dense vegetation. On the high vertical walls there are some interesting Karst windows, located in particular on the north-north-west wall and the east wall and with a large opening to the west. It was possible to climb up to this last opening, which then led to a high gallery, about 30 m long, which sloped gently downwards and opened out at the end onto the vertical wall of a similar and deeper dolina.

It was later found out that the second depression, called Leang Putae or "the white dolina" was about 270 m deep and had been explored by a French expedition in 1992, but they had not realized, during their exploration, that a "twin" dolina existed next to it.

### Karst pits in the forest

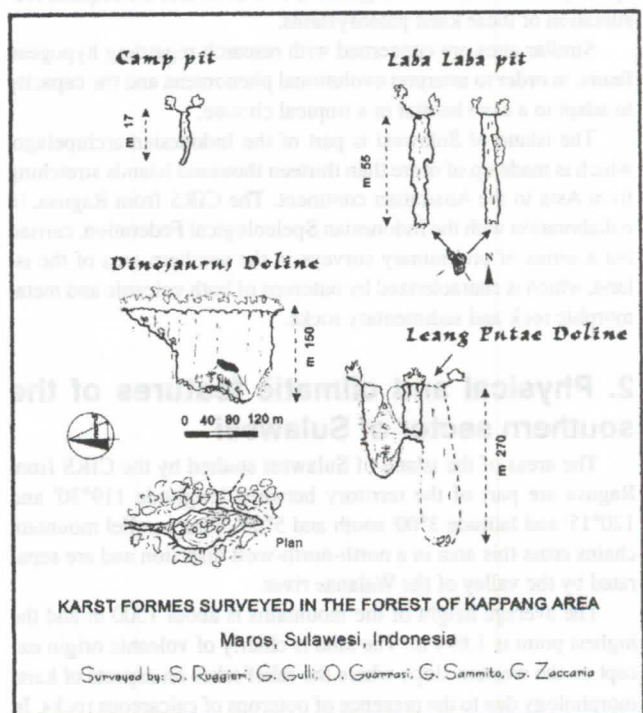
Not far from the dolina two Karst shafts were explored - one was called Labu Labu pit or the "Tarantola pit" and the other, which was near our camp, we named "Camp pit".

### Laba Laba pit

This cavity was in the shape of a well with an entrance at 490 m. It is 55 m deep and located on a fracture in direction N 30° W. Calcareous rocks of the Tonasa Formation here show a dip of N 120° and a plunge of 14°. The average width of the well varies from 7 to 10 m in the middle and upper part to 5 m in the final part. The bottom is blocked by calcareous detritus. On the walls, halfway down the well, there are niches with abundant calcite deposits.

### The Camp pit

The Camp pit is about 20 m deep and about 2.5 m wide. It is located on two fractures N 10° W and N 60° W. As the cavity is near the "Dinosaur" dolina, it is very likely that it belongs to vadose structural system which has encouraged water drainage towards this depression.



## 4. Karst area of Tacipi (Watampone)

### Geological and structural features

The second reconnaissance covered an area around Tacipi about 70 km west of Watampone. In this area there are outcrops of carbonate rocks which make up the Tacipi Member of the Walanae Formation dating back to the Middle Miocene-Pliocene. According to SUKAMTO (1982) the Tacipi Member is composed of coral limestone with intercalations of stratified limestone, marls, arenaceous rocks and tufa which are porous in part and solid in part, locally breccia and of conglomerate structure. The depth of the Member is about 1700 m.

The Walanae Formation, composed of arenaceous rocks alternating with siltite, marl, argillite and limestone, outcrops over a wide area of the Walanae valley to the east of Lake Tempe and in the area around Watampone. It is generally slightly folded with plunge of about 15°; instead in faulted sectors folds are more accentuated with plunge of up to 60°.

### Karst morphology in surface relief

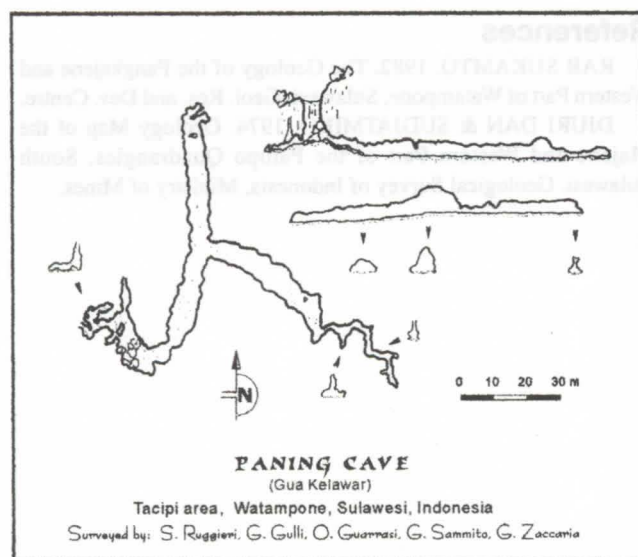
From a geomorphological point of view where coral limestone outcrops, the landscape is typically Karst with low conical hills, while west of Watampone there is a long ridge parallel to the coast.

### Caves explored

Two caves were explored in this area the Paning cave (or the Cave of the Bats) and the Sala Uta cave (the River Cave).

### The Paning Cave (Gua Kelawar)

The cave, which is completely fossilized, has a well entrance which is about 10 m deep and 15 m x 7 m wide. It then continues for 215 m in a horizontal direction with two galleries - the first in an almost NS direction, and the second in a NW-SE direction. The width of the galleries varies from 5 to 8 metres and the height is about 10 metres. In the end part of the second gallery a low passage leads to a final narrow section with a narrow meandering shape following fractures in direction N 130° and N 180°.

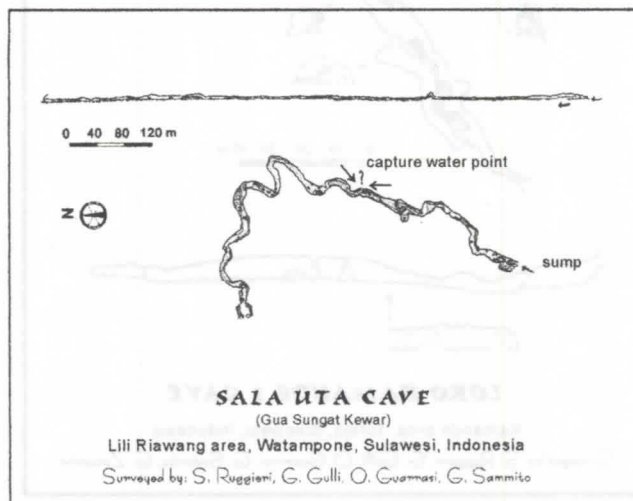


### Sala Uta Cave (Gua Sungat Kewar)

The Sala Uta cave, situated in the Lili Riawang area, is composed of a single gallery varying in width from 6 to 10 m with a height of from 1.5 to 6-8 m, stretching to a total length of 850 m

and including two streams and some small lakes. At one point, about halfway along, two streams flow into a sinkhole, while at the end of the gallery there is a small lake and a siphon.

Further exploration could be attempted through these points of capture or source of the water and there is a good chance of the system continuing.



## 5. Karst area of Makale (Toraja land)

### Geological and Karst morphological aspects of relief

The third reconnaissance covered the Toraja area, in the centre-southern sector of the island of Sulawesi at a latitude about 3° south.

In this area there is an alternating outcrop of reef limestone and marl, classified according to DJUN DAN & SUDJATMIKO (1974) as Malawa Formation of the Lower and Middle Miocene (Tonasa Formation according to Sukamto ?).

From a geomorphological point of view there is Karst landscape characterized by superficial structures caused by solution, with slopes steeply inclined or vertical. The marl outcrops make up the impervious bedrock of the level of the hydro-Karst erosion of the overlying limestone, with the result that the present-day structures are located where the two lithotypes meet.

### Caves explored

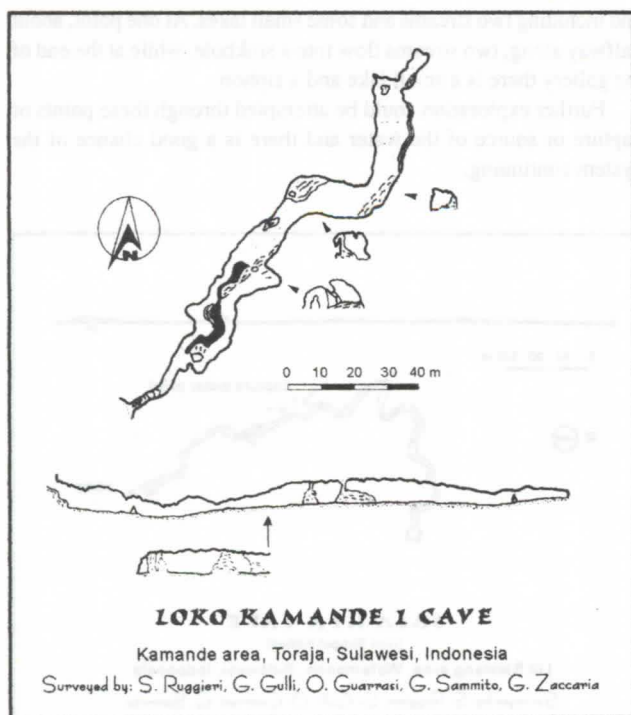
In the Kamande area between the towns of Makale and Rantepao two adjoining caves were explored - Loko Kamande I and Loko Kamande II.

### Loko Kamande Cave I

This cave, at 835 m above sea level, extends for about 220 m in one big gallery, which is completely fossilized and has deposits and concretions of various types, especially re-eroded. The cave extends first in a NE direction, then NS and finally, in the short section which was blocked by deposits of detritus, NE again.

### Loko Kamande II

The second smaller cave, at a lower level than the first, is characterized by the presence of abundant calcite deposits and speleothema of various shapes and sizes which, in some sectors, have blocked the conduits along which the cave was probably developing. The processes of collapse and settling of the calcite structures, such as columns, large stalagmites, etc., are also in an advanced phase, both because of geostatic weight and probable seismic movements.



## 6. Karst area of Barru

### Geological and structural features

The fourth and last expedition covered an area to the east of the city of Barru on the western coast of the island, next to the village of Desa Birue.

In this area, where there are outcrops of solid coral limestone of the Tonasa Formation, already described in connection with the Kappang area, there is an anticlinal structure on an NNW-SSE axis. On the crest of the ridge the groundwater flows ESE on one side and WSW on the other.

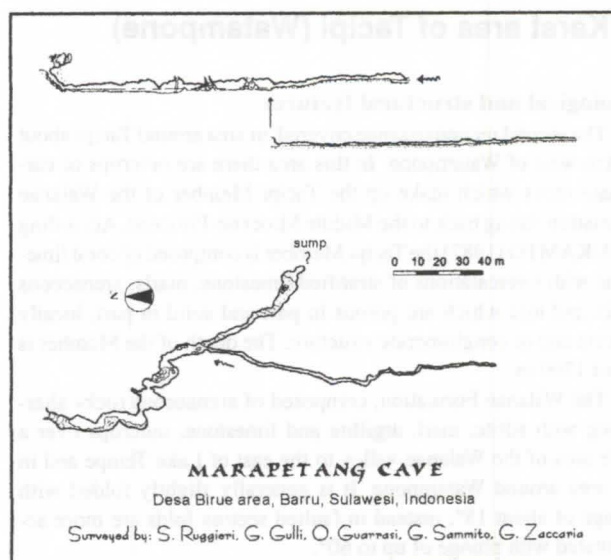
### Karst morphological features

The surface calcareous relief is considerably karstified with many karren-type structures and small basins of various sizes, while the present base-level of hydro-karst solution is at not more than about 15 m below ground level. This explains the extreme vulnerability of the Karst aquifer which is in direct contact with the outside by means of Karst chimneys and small collapsed wells like those noted in the Marapetang cave.

### Marapetang Cave

This was the last cave to be explored. It extends for 304 m, has a drop of 5 m and develops into two branches of which the main one is oriented more or less SSE and the secondary one NS. The main branch is composed of a first gallery, connected to the outside by a steep conduit, and a series of other areas in which water is to be found. In some mid points the roof has fallen in and the outside surface can be seen. This branch then comes to an end with a small lake at the end of which a siphon can be seen.

The secondary branch is much narrower and lower than the preceding one and extends along an interstratum along fractures in a NNE-SSW direction at first and then NS towards the end. A small stream flows through the gallery and has dug out a vadose channel in some places; on the floor there is a continuous series of rough, sharp calcite forms: remains of casts which must have harboured fossils dissolved by chemical corrosion. On the floor of this conduit, which we called the "Via Crucis", there are also numerous small pebbles rounded and blackened on the outside by a process of chemical alteration linked to the external climate conditions.



## Conclusion

All the four areas explored presented interesting Karst features both on the surface and underground. In this general context the best potential place for further exploration would seem to be above all in the south-west sector of the island (Maros area), where the presence of large Karst structures, such as the big "Dinosaur" dolina and the "white" dolina which are respectively 150 m and 270 m deep are witness to past phases of intense Karst activity, most probably still at work further down.

In the Watampone, Toraja and Barru sector the presence of a mature Karst landscape also as regards the level of external corrosion, characterized by low conical-shaped hills and levels of permeability to Karst corrosion, encourage the exploration of active Karst systems with rivers, lakes and siphons located at levels which are relatively near to the outside surface. This is different from the Karst network located at various levels in the overlying relief of the areas described, which are, instead, evidence of a state of advanced fossilization.

## References

- RAB SUKAMTO. 1982. The Geology of the Pangkajene and Western Part of Watampone, Sulawesi. Geol. Res. and Dev. Centre.
- DJURI DAN & SUDJATMIKO. 1974. Geology Map of the Majene and Western Part of the Palopo Quadrangles, South Sulawesi. Geological Survey of Indonesia, Ministry of Mines.

# Lavahöhlen in Zentral- und Südkamchatka, GUS

von Yvo Weidmann<sup>1</sup>, Catherine Perret<sup>2</sup>, Markus Adank<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Steinstrasse 72, 8003 Zürich, <sup>2</sup>Rue de la Côte 85, 2000 Neuchâtel, <sup>3</sup>St. Luzi 27d, 7306 Fläsch

## Zusammenfassung

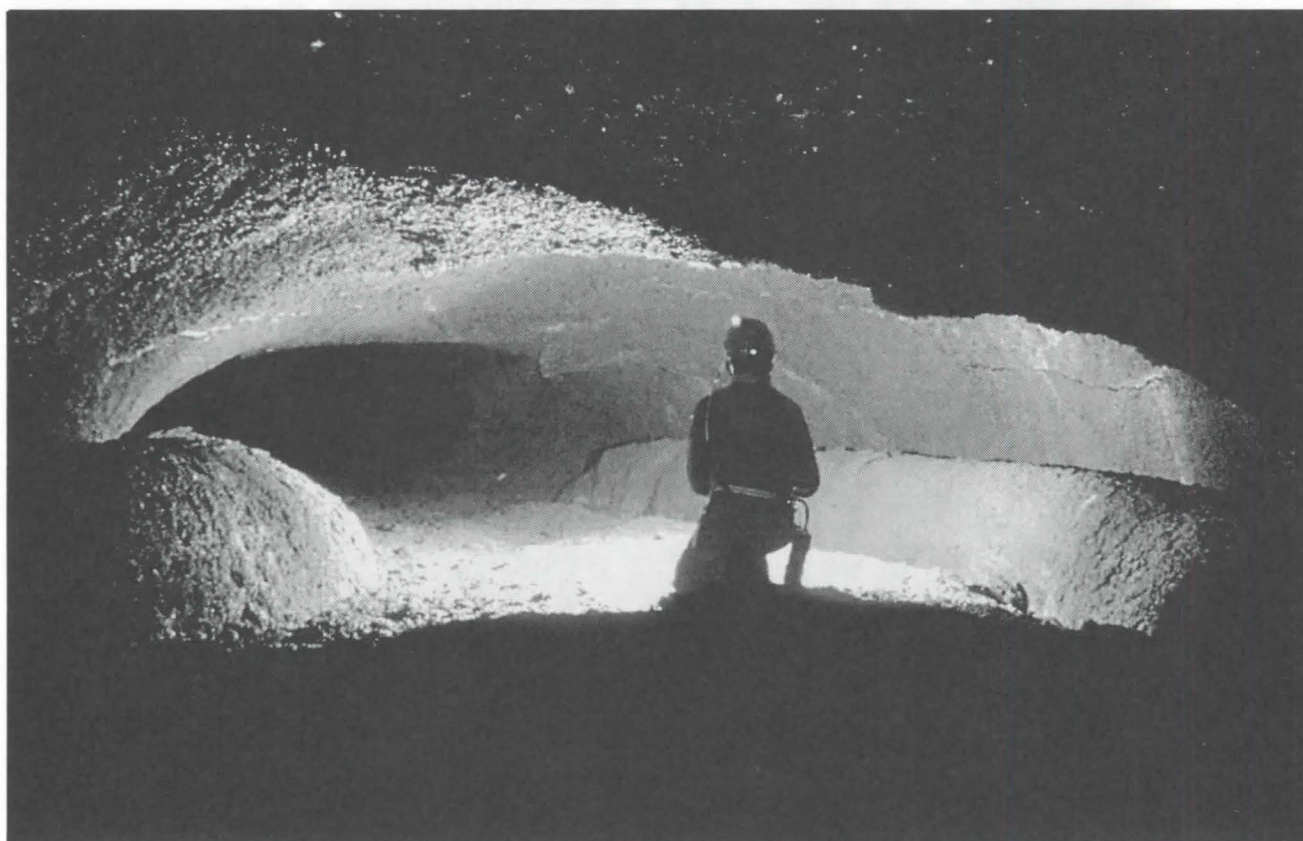
Kamchatka ist eine Halbinsel, bildet den fast östlichste Teil des eurasischen Kontinentes und befindet sich etwas nördlich von Sachalin und Japan. Diese Halbinsel ist auf dem sogenannten Feuerring angelegt und ist eines der vulkanisch aktivste Gebiet der Erde. Viele der Dutzenden von Vulkanen besitzen lange Lavaströme die zum Teil erst zwanzig Jahre alt sind und laden nun nach dem Erstarren zum Lavahöhlenforschen ein. Eine kleine Gruppe von Schweizer Höhlenforscher besuchten im Sommer 1996 diesen abgelegenen Teil der Erde um Lavahöhlen zu vermessen. Quer durch den russischen Urwald der Administration und russischen Seele mit allen organisatorischen Hindernissen und Schwierigkeiten gelang es, während vier Wochen in zwei verschiedenen Lavaströmen nach Höhlen zu suchen. Diese war einerseits das Gebiet im Südtolbachik und andererseits im Nordgorely. Es konnten in beiden Gebieten je rund 15 Höhlen entdeckt und vermessen werden. Die Höhlen verlaufen direkt unter der Oberfläche und sind zwischen 15 und 500 Meter lang. Während dieser Zeit konnten auch sehr enge Kontakte mit dem Institut für Vulkanologie geknüpft werden, was für die Weiterführung des Projektes äusserst wichtig ist. Denn es warten noch einige Lavaströme auf die Bearbeitung, aber auch Wodka Kartoffeln und Kaviar warten.



*Typischer Eingang im Gorely-Lavastrom, Südkamchatka*



*Eispfropfen im Gorely-Lavastrom, Südkamchatka*



*Lavatube im Gebiet vom Gorely-Vulkan in Südkamchaka*

# Diable de diable

Luigi Casati

Via Seminario 7, 22053 Lecco, Italie

## Résumé

Récit de deux séries de plongées d'exploration effectuées dans la source du Diable dans le Vercors (France). Détails sur l'organisation et le matériel utilisé. La profondeur de 137 mètres est atteinte mais la galerie continue à descendre.

## Riassunto

Racconto di alcune immersioni effettuate nella sorgente «du Diable» nel Vercors (Francia). Spiegazioni sull'organizzazione e il materiale utilizzato. La profondità massima raggiunta è di 137 metri. La galleria continua a scendere.

Je n'avais jamais entendu parler de la source du Diable. Un jour, Jean-Louis Camus, un ami français, me téléphone pour m'engager : il l'a déjà explorée jusqu'à une profondeur honorable et, pour m'allécher davantage, il m'envoie par fax le croquis topographique de sa plongée avec le dessin de deux petites silhouettes de spéléo-plongeurs : l'une représente Jean-Louis, l'autre, moi. La profondeur maximum alors atteinte est de -87 mètres, et la continuation suppose une soigneuse préparation du matériel, des gaz, des temps de décompression, etc.

Pour en arriver à cet instant, j'avais forgé mon expérience petit à petit : j'avais commencé, jeune garçon enthousiaste, à l'âge de seize ans, par des plongées en lac; puis, au fil des ans, pour pouvoir m'adonner davantage à ma passion, j'avais été intégré comme plongeur militaire à un groupe spécialisé, durant trois ans, après avoir réussi plusieurs tests d'aptitude physique et psychologique. Ensuite par un heureux hasard j'avais connu Jean-Jacques Bolanz et le monde entier de la spéléo-plongée s'était levé à l'horizon.

Fier des mes antécédents, je pensais pouvoir rapidement et facilement égaler mon nouvel ami. Après avoir observé sa plongée aux mélanges au Gorgazzo, où il avait dépassé -100 m, je croyais qu'il me livrerait peu après le secret des calculs des plongées profondes en grotte. Je me trompais : je devais faire mes premières armes dans ce nouveau terrain, et ceci en suivant le maître (désormais je le considérais ainsi), en l'assistant, en l'observant, en discutant avec lui – et en me contentant de profondeurs moins importantes. Les mètres de plus, je les gagnais en ruminant et en réfléchissant sur les nouveaux milieux où je plongeais, souvent différents les uns des autres par leur morphologie et les conditions du milieu; quelquefois je commis des erreurs plus ou moins sérieuses, et parfois je dus remercier la Fortune de m'en être sorti sans aucun accident.

Cela va de l'erreur la plus banale à celle dont on ne réchappe que parce que notre heure n'est pas encore venue, mais quelle qu'elle soit, l'erreur doit être mise à profit pour relativiser et réévaluer la trop grande confiance que l'on a dans ses propres capacités physiques et psychologiques et dans ses connaissances. J'ai développé de la sorte non seulement un profond respect pour le milieu naturel, impitoyable lorsque l'on défie ses limites sans préparation, mais aussi une attitude critique vis-à-vis des expériences que je construis jour après jour, plongée après plongée, et ce d'une manière toujours plus tranquille et consciente.

La source du Diable se trouve en France, dans la région du Vercors; son débit est assez constant sauf lors de rares pluies torrentielles et continues qui font croître lentement le courant jusqu'à la rendre impraticable.

Son exploration commença en 1968 par Robert Jean et Guy Sevenier, lesquels atteignirent à 330 m de distance la profondeur

de -50 m; puis Fredo Poggia continua l'exploration en 1976 et 1981, la dernière étape est celle de Jean-Louis Camus en 1994 : la cote extrême atteinte fut -87 m, à environ 500 m de l'entrée.

Du point où on laisse la voiture, il faut descendre par un sentier une centaine de mètres et l'on rejoint l'entrée de la grotte fermée par une traditionnelle et désagréable grille (du moins pour les spéléos). L'eau s'écoule au travers de cette dernière, parcourt encore 5 m avant de cascader de 20 m dans la rivière au-dessous.

Je choisis de partir pour ma première exploration le 1er mai 1996, non sans que Jean-Louis Camus ne m'ait rassuré sur le très faible rôle des conditions météo dans la réalisation d'une plongée de pointe. En effet, dans ma région, les pluies continues avaient gonflé toutes les sources, empêchant ainsi d'effectuer des plongées significatives.

Grâce aux indications de J.-L. Camus je rejoins Choranche et, mes notes en main, je me dirige vers la grotte où l'on s'est donné rendez-vous. Le chemin de terre se termine alors, et de là part le sentier menant à l'entrée. Ne connaissant pas l'endroit et n'y trouvant personne, je décide de rebrousser chemin et de chercher ailleurs.

Dans ma jeep surchargée de matériel, la visibilité n'est possible à l'arrière que par les rétroviseurs extérieurs. Je baisse la vitre pour me pencher et regarder en arrière, tout en pensant que mon compagnon fait la même chose. Je commence la marche arrière, et à cinq mètres de là, à proximité d'un petit virage, je sors de la chaussée du côté où je n'ai pas de visibilité, je me retrouve avec la voiture qui glisse complètement au-dehors : ce n'est que par chance qu'elle ne se retourne pas.

Valerio, mon compagnon de voyage et d'aventure, qui ne m'avait pas prévenu du péril, rapide comme la foudre, saute à l'extérieur de la voiture en sortant de mon côté, seule voie de fuite apparemment sûre. Nos vacances commencent bien ! Je pars chercher du secours et un orage, bien à propos, se déclenche ! Après quelques minutes de recherche, je rencontre avec soulagement J.-L. Camus, Marc Cottin et Jean-Claude Pinna. Ce dernier a une jeep avec un treuil. Parfait ! Avec cet instrument très indiqué nous revenons à ma voiture, la vidons de ses 100 kg de matériel, et nous la récupérons sans problèmes. Nous profitons d'être déjà sur place pour transporter une bonne partie du matériel et des bouteilles le long du chemin qui mène à la source, 100 m environ, mais rendus glissants par la pluie. Le soir, nous examinons tranquillement et en détail ce qu'il convient de préparer, et comment, pour la plongée.

J.-L. Camus me décrit le siphon comme étant sans passages étroits; il affirme cependant qu'en certains endroits, il vaut mieux avoir au dos deux bouteilles de 20 l plutôt que trois. Je considère attentivement le fait que J.-L. Camus a utilisé quatre bouteilles de 20 l, et je décide que je vais effectuer une plongée de reconnaissance avec trois bouteilles de 20 l, dont deux sur le dos, remplies de

20% d'hélium, et l'autre fixée devant, remplie d'air. Avec une bouteille de 15 l chargée d'un mélange hyperoxygéné, je vais atteindre -40 m, puis, avec l'air, j'arriverai jusqu'à -60 m environ, où je pourrai laisser la bouteille dans un endroit convenable, une sorte de fenêtre, et de là, jusqu'à la fin de mon autonomie, sur les deux autres bouteilles.

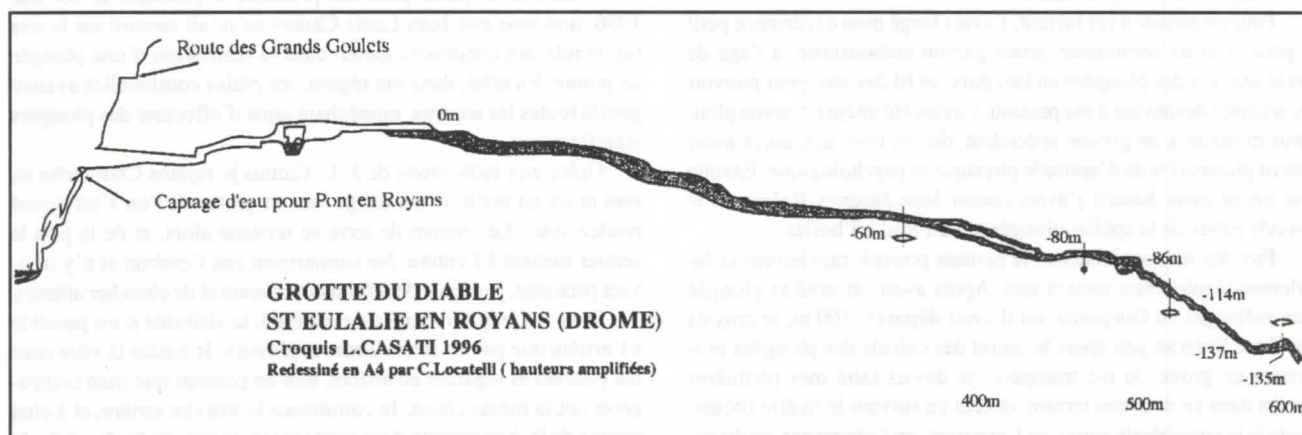
Pendant la nuit un violent orage éclate sur la région mais, le matin, une journée limpide nous attend. Après avoir gagné la source, nous observons que le niveau est monté de quelques centimètres; J.-L. Camus, qui la connaît mieux que nous tous, apaise mes craintes de ne pas pouvoir mener une plongée fructueuse à terme.

Pendant que je prépare l'équipement, je continue à me demander s'il est sage de plonger, vu que j'aurai trois heures environ de décompression et que personne, parmi les présents, ne connaît le temps de réponse de la source après de violents orages. Je tergiverse pendant deux heures, je jouis du panorama, j'invente de petites occupations et des bavardages. Entre-temps, mes compagnons diligents ont transporté les deux bouteilles que j'ai l'intention d'utiliser, déjà assemblées, en les portant sur le dos, jusqu'au premier siphon, situé à une centaine de mètres de l'entrée.

Quelques-uns transportent les bouteilles d'O<sub>2</sub> pur, pour la décompression, aux profondeurs que je leur indique; pour les étapes plus profondes, j'ai l'intention d'utiliser un mélange hyperoxygéné à 40%. Il est 11h30 environ quand je rejoins le premier siphon, je prends les bouteilles et je plonge : il est long d'une dizaine de mètres, je le passe et je m'achemine, avec l'équipement qui me décore

prend dans le fil; pendant que je la dégage, la visibilité se réduit rapidement à cause de l'argile qui se détache du plafond en quantités toujours plus grandes. Je décide, après avoir dégagé la bouteille de l'emmêlement, de l'abandonner. Maintenant je continue plus rapidement, avec deux bouteilles seulement; après une trentaine de mètres j'atteins l'endroit, décrit par J.-L. Camus, où je peux laisser la bouteille-relais. De là on parvient rapidement à la belle conduite forcée, qui se maintient sur une centaine de mètres à la profondeur de -84m et qui conduit à la cote maximale de l'exploration, à 500 m environ de l'entrée du siphon. Ici, à -87m, j'atteins le point que j'établis comme ma limite pour cette journée : j'ai encore du gaz pour continuer, mais je me contente d'observer la suite du chemin en regardant vers une galerie elliptique en descente quasi verticale. Je n'imaginais même pas m'aventurer si loin !

Pendant l'aller, j'ai rempli la table avec le profil de plongée préparée avant de partir, où l'itinéraire avait été divisé en cinq secteurs de profondeur, et où l'on a indiqué les temps prévus, pour pouvoir calculer la décompression pendant la plongée elle-même. Le temps que j'ai mis à l'aller est de 28 minutes. J'entame le retour : la visibilité jusqu'à la sortie est désormais réduite par les bulles qui creusent l'argile au plafond et, en certains endroits, elle atteint à peine deux mètres. Il me faut 16 minutes pour arriver à -40 m. Comme j'ai utilisé une *giclette*, je fais la décompression en utilisant l'*Aladin* et en modifiant les temps pour les étapes profondes. Pendant le «dolce farniente» des paliers de décompression je médite sur la probabilité d'un renforcement du courant et sur une éven-



comme un sapin de Noël, vers l'entrée du second siphon à trente mètres environ. Le petit groupe des amis pleins de bonne volonté m'attend ici pour m'aider. On peut contourner le premier siphon par un passage supérieur inconfortable, il est donc plus facile de transporter le matériel le long du siphon. Je demande si toutes les bouteilles ont été placées aux endroits indiqués et, après confirmation, je finis de m'habiller et je pars.

Le courant est agaçant, en raison du volume gênant des quatre bouteilles que je porte. Pendant que je parcours le siphon, je ne reconnais que les points principaux des descriptions entendues : la fantaisie m'avait suggéré en avant-première une représentation du parcours, en utilisant les images décrites par ceux qui y avaient déjà été, et elle est confrontée à la réalité. Cette dernière est supérieure en beauté à toutes les attentes : formes magiques, roche claire, eau limpide aux mille reflets. Après avoir atteint les -40 m, je laisse la première bouteille et j'accélère ma vitesse de progression. J'entre dans un canyon rocheux de dimensions modestes; je m'aperçois qu'il serait peu agréable d'utiliser trois bouteilles de 20 l sur le dos, en raison des dimensions de certains passages; à la fin du canyon on arrive à un passage en interstrate. A -60 m environ, je rencontre quelques difficultés quand la bouteille que j'utilise comme relais se

tuelle crue; j'examine le milieu qui m'entoure, j'essaie les endroits où la poussée de l'eau est moins forte et j'attends. Je suis très satisfait de cette première plongée et je suis impatient de sortir pour préparer les bouteilles pour la vraie exploration. Après 206 minutes, j'émerge, regarde autour de moi : il n'y a personne. Tranquille et paisible, je me dirige vers la sortie.

Mes compagnons sont là, le soleil resplendit, mais mon programme est tout de suite anéanti quand J.-L. Camus me raconte que, pendant que je nageais dans la montagne, il s'est déchaîné au-dessus un orage suffisamment violent pour interdire, selon son expérience, n'importe quelle plongée ultérieure. A contrecœur, on redescend tout le matériel à la voiture, je la charge et je rentre en Italie.

Trois mois passent et dans mon agenda les week-ends sont tous réservés pour d'autres explorations. Les nuages en Italie déversent des torrents d'eau sur mes montagnes et remplissent les sources, de telle sorte que ma pensée se tourne à nouveau vers la source du Diable. Et pourquoi pas ? Je lance un coup de fil à Zdenek et à Jean-Jacques Bolanz, je téléphone à Bigeard qui, à son tour, réussit à trouver Camus et Marc Cottin et, aussitôt dit, aussitôt fait, nous organisons notre retour à la source du Diable. Dans le Vercors les

conditions météo sont parfaites, et le niveau de la source, très bas, garantit un courant moins intense, donc pour moi, moins de difficultés à la progression. La quantité de bouteilles que l'on transporte sur place est substantielle : une trentaine environ, de 20 l, 15 l et 12 l. J'ai en effet l'intention de réaliser si possible deux pointes : je dois donc avoir à disposition le matériel pour toutes les situations envisageables.

Le premier jour est occupé par le transport de toutes les bouteilles au deuxième siphon, tandis que Jean-Jacques s'occupe de faire une reconnaissance, en portant des bouteilles d'oxygène aux profondeurs prévues. Le lendemain, alors que Zdenek, Marc Staticelli, Bertrand Tixier, et Bigeard portent d'autres bouteilles dans le siphon, Jean-Jacques pose un relais de secours à -67m. Le troisième jour, lorsque tout est prêt pour la première pointe, J.-L. Camus et M. Cottin viennent renforcer l'équipe. Le programme est le suivant : j'emploierai un relais de 12 l avec un mélange hyperoxygéné jusqu'à -40 m, où une bouteille pleine d'air a été prévue. Désormais j'ai sur moi 4 bouteilles de 20 l. A environ -55m, je lâche la bouteille pleine d'air et poursuis en respirant la bouteille contenant 20% d'hélium, que je laisse à -70 m. Il me reste deux bouteilles sur le dos : je respire en premier lieu celle remplie avec 30% d'hélium et, en rejoignant le terminus de la dernière exploration, je commence avec le nouveau fil d'Ariane. Le moment de changer de détenteur est arrivé : je commence à respirer ma dernière bouteille disponible, à 50% d'hélium, et je descends la galerie de forme elliptique, large d'environ 5 m et haute de 1.5m. Pendant que je descends la tête la première, aux environs de -100 m, je heurte du casque le plafond et mon masque est inondé : je ne vois plus rien ; et après le contact déplaisant de l'eau froide à 8°C sur les yeux, je réussis à m'arrêter en me retournant et en appuyant mes pieds sur le fond ; la tête vers le haut en direction de la sortie, je vide enfin mon masque. Ce qui vient de se passer est une difficulté imprévue et peu agréable : ce sont les risques du métier. Je contrôle les manomètres, je comprends que je peux encore continuer et après un moment d'hésitation, je reprends la descente. Ensuite, il me semble voir la galerie devenir horizontale, mais c'est probablement plus un désir inconscient puisque, un fois arrivé à ce point, je m'aperçois qu'il s'agit d'une fausse alerte : je continue à descendre jusqu'à -115 m, et là, je décide de terminer mon exploration. J'abandonne sur place le dévidoir, prêt pour continuer la pointe, et duquel j'ai déroulé 60 m de fil, puis je commence la remontée.

La décompression se passe au mieux. A intervalles réguliers, mes compagnons viennent me rendre visite et m'alléger du matériel superflu, rompant par la même occasion la monotonie de l'attente solitaire due à la décompression, passage obligatoire des plongées en eaux profondes. Après 5 heures et 40 minutes, j'émerge. Nous évaluons alors les profondeurs, les distances, etc., pour nous préparer à la prochaine pointe.

Camus prend la bouteille de 20 l que j'ai préparée moi-même (dans des plongées de ce genre, on ne se fie qu'à soi-même), et que j'utiliserai comme relais, pour la porter à -70 m. Pendant ce temps, je bricole mon casque en essayant de lui donner une forme qui s'adapte mieux au masque pour éviter de nouvelles surprises. Le cinquième jour, la veille du jour J, toutes les bouteilles sont en place, celles pour la décompression ainsi que quelques autres de secours. Les deux bouteilles de 20 l qui me permettront la progression jusqu'à -70 m sont positionnées à -40 m, profondeur à laquelle je laisserai le premier relais, et les deux bouteilles que je prendrai sur mon dos sont déjà positionnées devant le siphon. En me réveillant, le jour suivant, mon cerveau ressasse en continu les manœuvres que je vais devoir effectuer sous l'eau. Durant le petit déjeuner, entre deux tranches de pain beurré et sucré, je résume à Jean-Jacques toutes les opérations qui devront être accomplies pour m'assister durant ma période de décompression.

A l'entrée de la grotte, je me prépare avec la plus grande attention, en contrôlant que tout le matériel soit placé sur moi à l'endroit

le plus fonctionnel : je ne peux pas me permettre la moindre erreur, même la plus banale. Je salue du regard le ciel bleu et pénètre dans l'obscurité vers le siphon. Derniers moments avant de partir, derniers contrôles méticuleux, tout semble parfait. Un salut de la main et je commence à respirer sous l'eau.

Lors de la descente, tout en contrôlant le temps, les manomètres, etc., je réfléchis sur les raisons qui me poussent à faire cette seconde pointe, à vouloir connaître un peu plus cette grotte... Je n'ai pas le temps de trouver les réponses car je dois déjà changer de bouteilles, et mes pensées se concentrent alors sur les manœuvres à effectuer. Le gaz riche en hélium que j'introduis dans ma combinaison me fait frissonner et me rappelle, par contraste, les plongées tranquilles dans les grottes tropicales du Yucatan.

Je change une nouvelle fois de bouteille. En parcourant la dernière partie avec un relais gonflé à 50% d'hélium, je distingue nettement le fascinant profil de conduite forcée (1,5 m x 1,5 m) qui me conduit à -87 m. Le meilleur reste à venir. Je regarde ma montre et constate que je suis parti depuis 25 minutes. D'après mes calculs, il m'en reste encore 10 à utiliser pour la pointe sans augmenter ultérieurement les temps de décompression. Le relais laissé à -87, je commence à respirer les bouteilles que j'ai sur le dos. Je descends, grâce à ce mélange qui contient 65% d'hélium, jusqu'à -115 m, limite de ma précédente plongée. Là, je saisis le dévidoir qui m'attend et, ayant déjà consommé un tiers de la première bouteille, je l'échange avec l'autre gonflée à 70% d'hélium. Un profond sentiment de respect me saisit alors que je pénètre à l'intérieur de cette cavité jusque-là jamais profanée. Toutes les questions sur les valeurs et le sens de cette exploration se dissipent d'un coup, effacées par le goût de la conquête d'un territoire encore sans maître, même la simple action de dérouler et fixer le fil prend une saveur particulière de conquête qui m'électrise. Je suis enivré par ce défi avec moi-même, sans savoir où cela me portera. Je n'ai pas le temps d'y penser.

Un coup d'œil aux manomètres : j'ai presque terminé le gaz disponible pour la progression et je me trouve dans un passage horizontal qui se développe au dépend du puits sur une hauteur de 2 à 2,5 m et sur 5 m de largeur. Il mesure une vingtaine de mètres, et le passage le plus bas est à -137 m. Lorsque j'attache le fil à un rocher, désormais au terme de mon exploration, je suis environ à -135 m, mais je parviens à distinguer qu'à quelques mètres de moi, la galerie continue à descendre.

Déjà 8 minutes des 10 à disposition sont passées, mais le gaz est terminé et j'ai tiré 60 mètres supplémentaires de fil. En remontant, je peux observer avec une plus grande attention la morphologie du puits. Je remarque une bifurcation qui rejoint probablement le conduit par lequel je suis venu quelques mètres plus haut. J'atteins le relais à -87 m, où je trouve les tables de décompression. Un rapide coup d'œil pour voir la profondeur de départ, -65 m, puis le temps total de décompression : 435 minutes. Je regarde une dernière fois le puits et réalise à ce moment-là que l'exploration est finie. Je détourne brusquement le regard et commence à remonter.

Au début de chaque plongée, lorsque l'on progresse, la concentration est maximale, et notre attention est occupée par les manœuvres que nous devons effectuer, mais surtout par la rencontre avec l'inconnu. Au retour, les conditions sont différentes : les doutes que nous avons ignorés à l'aller prennent brutalement place dans nos pensées. On est sur le chemin du retour et, même si l'on est encore très loin du but, on sait qu'on parcourt une voie déjà connue. L'inévitable léger relâchement d'attention entraîne alors une réflexion sur ses propres capacités à définir et à assumer un tel événement. Certes, la foi en notre résistance psychologique, en notre expérience et en notre capacité à surmonter les handicaps concrets dus à la morphologie de la grotte est en grande partie déjà établie, mais quand on effectue une plongée profonde avec un cheminement à des profondeurs et sur des distances variables, le calcul des temps de décompression est un réel problème, dont la résolu-

tion est très incertaine. Chaque fois que nous plongeons dans des grottes de morphologie complexe, nous soumettons notre organisme à une expérimentation continue sur la saturation et la désaturation des tissus. De plus, en utilisant différents mélanges, nous compliquons ultérieurement les choses.

En remontant, je me demande donc quel est la marge d'exactitude avec laquelle j'ai calculé mes temps : ma plongée est classée comme sportive, et ne bénéficie donc pas de structures technologiques professionnelles et les tables de calcul à ma disposition sont basées sur des profils de plongée carrés. Bien sûr, j'ai modifié ces tables en me basant sur mes connaissances et grâce aux conseils de médecins professionnels et de personnes que je considérais comme compétentes en la matière, mais la vérité est que je suis en train d'expérimenter l'expérimental.

Sous l'eau, en attendant que passent les minutes calculées, je rumine sans cesse toutes ces pensées, conscient que ce n'est qu'à l'extérieur, et peut-être même pas, que j'aurai résolu le problème.

A cause des longues pauses de décompression, la visibilité est réduite à environ un mètre. Je récupère toutes les bouteilles de relais et de secours qui restent dans la partie profonde (3 de 20 l, 2 de 15 l et 1 de 12 l) et je les porte jusqu'à -30 m, où je trouve une bouteille d'argon pour gonfler ma combinaison et me réchauffer un peu. Commencent alors les visites de mes compagnons. Tout va pour le mieux. Les bouteilles que je vide petit à petit sont toutes récupérées. Je sors presque de nuit et retrouve mes amis, les gestes habituels du temps normal, celui qui n'a pas besoin d'être compté, et l'air qu'on peut respirer à plein poumons.



**Luigi Casati après sa plongée mémorable**

# Font Estramar : 11 ans de recherches en plongée dans un grand réseau noyé en bord de Méditerranée

par Association de Recherches de Font Estramar (ARFE),  
correspondance : C. Brandt, avenue de Chailly 73a, CH-1012 Lausanne, Suisse

## Abstract

This contribution describes the collaboration of over 50 cave divers who were involved in the exploration and the study of a complex underwater system at Font Estramar. It is a large resurgence of slightly thermal and salty water close to the Mediterranean at the border of the «Corbières orientales» massif (Roussillon, France). The underwater cave has so far been explored to a total length of 2'750 m and a maximum depth of 147 m, and has been surveyed accurately. First conclusions can be made from current data regarding the speleogenesis, the hydrodynamics of water flow in the cave as well as the existence of sediment filling and subsequent erosion stages. They show the potential of cave diving as a means of speleological and karstological investigation.

## Résumé

Cette note rapporte la collaboration de plus de 50 plongeurs spéléologues engagés dans l'exploration et l'étude, à Font Estramar, d'un réseau complexe entièrement noyé. Il s'agit d'une grosse résurgence d'eau saumâtre et légèrement thermique située près de la Méditerranée, au pied du massif des Corbières orientales (Roussillon, France). La caverne noyée est connue à ce jour sur une longueur totale de 2 750 m jusqu'à la profondeur de 147 m, et une topographie précise en a été faite. Les résultats actuels permettent de premières conclusions concernant la spéléogénèse, l'hydrodynamique des écoulements dans la caverne, et l'existence de phases de comblement et de recouvrement. Ils illustrent les possibilités du «spéléonautisme» dans le cadre de la spéléologie et de la karstologie.

## 1. Introduction

Font Estramar, dans le département des Pyrénées Orientales (France), est la plus importante des émergences drainant le massif des Corbières d'Opoul. Celui-ci est un chaînon soulevé sous l'effet de l'orogénèse pyrénéenne, dont l'axe des plissements est orienté S-O - N-E. L'émergence se trouve près de l'extrémité N-E du chaînon, sur son flanc sud près de la Méditerranée. Son alimentation se fait donc plutôt depuis le S-O, parallèlement à l'axe des structures, une part de l'eau venant de pertes situées jusqu'à plus de 20 km de distance. Le transit des eaux se fait vraisemblablement par un karst noyé profond (SALVAYRE, 1974).



*Photo 1 Paysage vu depuis le versant au-dessus de la source. Vers l'est, le regard porte vers la Méditerranée, séparé de l'étang de Salses par un lido. Ce dernier, ainsi que la bande émergée au pied de la pente, sont des formations sédimentaires récentes, apparues au moment de la remontée du niveau marin après la dernière glaciation. Essayons de nous représenter le même paysage durant une phase plus ancienne : la pleine mer devait battre le pied de la pente rocheuse au premier plan, la grotte (invisible, à la droite de l'image) s'ouvrant sous le niveau marin.*

Au pied d'un plateau aride, dans un pays de climat méditerranéen, l'eau abondante de la source a évidemment suscité beaucoup d'intérêt (débit moyen de 1,5 à 2 m<sup>3</sup>/s). Mais l'eau est

saumâtre, ce qui semble donc ranger Font Estramar parmi les sources typiques du pourtour méditerranéen, contaminées par l'entrée profonde d'eau marine dans le karst. En effet, l'émergence n'est pas très éloignée de la mer, dont elle est séparée par un étang salé. Plus étonnante est la température élevée de l'eau, près de 18°C en étiage : une anomalie de température de l'ordre de 3°C qui prouve une influence thermique.

## Exploration : le temps des pionniers

Font Estramar, une belle vasque entourée de roseaux au pied de la falaise (Photo 2), a tôt attiré l'attention des plongeurs. Les premières incursions dans la caverne dataient de 1949. L'entrée se présente sous la forme d'un porche dans la falaise 6 m sous la surface de l'eau, suivi d'un puits de six mètres à la base duquel partent deux galeries opposées. Plusieurs plongeurs ont visité la source, jusqu'au début des années 60, sans que nous puissions savoir exactement jusqu'où ils ont été (P. VERDEIL, comm. personnelle ; VERDEIL, 1988 ; DUMAS, 1978). Les travaux de A. Bonneau, un plongeur spéléo de la première heure, sont mieux connus. Entre 1953 et 1956 il a visité quelques dizaines de mètres dans les galeries Nord et Sud, atteignant -35 m dans la Galerie Sud, plus de petites galeries secondaires proches de l'entrée (SALVAYRE, 1995 ; A. BONNEAU, comm. personnelle). Faisant encore œuvre de pionnier, Bonneau a tourné à Font Estramar un film avec la collaboration de l'OFRS, diffusé par les télévisions française et italienne.

## Le début des plongées «modernes»

Les premiers explorateurs s'étaient arrêtés au seuil d'un système noyé hors de portée des moyens existants. Il en était déjà autrement en 1974, lorsque C. Touloumdjian, un pionnier du spéléonautisme, reprit les plongées à Font Estramar. Seul ou en compagnie de divers coéquipiers, il reconnut les galeries Nord et Sud, puis le Boulevard pour atteindre les Puits Emmental. En 1981, c'est F. Le Guen qui consacre une plongée à cette caverne étonnante, parvenant, semble-t-il, jusque vers -50 m dans le Puits du Silence (BOREL *et al.*, 1981). Continuant l'exploration, «Touloum» atteint -82 m dans le Puits du Loukoum Géant, en 1981, puis -95 m en 1985. La caverne était alors connue sur 850 m de galeries principales et secondaires, comme en témoigne un croquis dessiné en 1985 (TOULOUMDJIAN, comm. personnelle).



Photo 2 : Vasque de Font Estramar au pied de la falaise.

## 2. Activités 1986-1997

Dès 1986, impressionnés par la complexité de la caverne, C. Brandt et D. Moulin mettent l'accent sur une topographie détaillée, jugée indispensable à une exploration raisonnée du système. D'autres se rallièrent bientôt à ce projet, formant le noyau d'une équipe inter-clubs qui s'amplifia ensuite au gré des participations fortuites. Une nouvelle étape est marquée en 1991 par la création de l'Association de Recherches de Font Estramar (ARFE), nécessaire pour gérer l'autorisation de plongée accordée par la pisciculture locataire de la résurgence. Depuis lors, l'ARFE a accueilli tous ceux qui ont désiré se joindre aux travaux. De 1986 à ce jour, ce sont 52 personnes qui ont participé aux explorations, à la topo et aux travaux divers (sans compter les visiteurs occasionnels). Ce sont les auteurs de la présente communication. En voici la liste :

F. Badier, Ch. Bagarre, O. Bardot, P. Bernabé, F. Bernard, M. Bernard, P. Bolagno, Ph. Bompas, L. Bourdois, J. Bousquet, C. Brandt, J. Brasey†, J.-L. Capmas, C. Chaslin, Ch. Deit, P. Despland, A. Echeguren, F. Felipo, D. Ferrand, M. Font, B. Gauche, C. Gilly, H. Grill, O. Isler, J.-C. Lalou, Ph. Lance, H. Levano, Ch. Magro, Y. Marmillon, Ph. Marti, J. Moine, Ch. Moré, D. Moulin, A. Murith, B. Poinard, Ph. Rabatel, M. Renaud, Ph. Rinaudo, O. Rodet, M. Rosello, Ch. Rouanet, J. Salcedo, Ph. Schneider, J.-L. Soulayres, J.-P. Stefanato, C. Torgler, C. Touloumdjian, G. Truffandier, F. Vasseur, M. Walz, Y. Willener, B. Wirth.

Pour contraignante qu'elle fut, la nécessité d'une association structurée fut l'outil qui permit l'archivage de toutes les données ramenées lors de plus de 400 plongées. Rappelons que les plongées sont réglementées à Font Estramar ; toute personne désireuse d'accéder à la caverne est priée de s'adresser à l'ARFE.

### L'aspect technique

Température clémente, galeries principales larges et presque sans argile, les conditions sont bonnes à Font Estramar (il y a des galeries secondaires... où c'est différent). Mais la caverne est exigeante au chapitre de la décompression, même si les distances ne sont pas longues (maximum : 850 m). La profondeur dépasse 35 m à deux pas de l'entrée, et les temps d'exposition pour des plongées courantes oscillent volontiers entre 40 et 110 min. Les paliers à l'oxygène pur ont été la règle depuis le début, et l'usage de mélanges suroxygénés est vite devenu populaire. Pour des travaux de routine, les durées d'immersion étaient typiquement de 2 à 4 heures, jusqu'à plus de 6 heures pour certains travaux de topographie. Les cinq plongées au fond du Puits du Loukoum Géant (-114 m) et au-delà ont duré entre 7 et 9 heures.

L'usage de mélanges ternaires a été inauguré en 1988, pour les plongées dans la zone des puits terminaux, et aussi pour

certaines travaux de topographie à profondeur moyenne (zone des -50 m). Au chapitre de l'équipement, mentionnons encore l'usage régulier de bouteilles de grosse contenance (18 et 20 l) en blocs bi-, tri- ou quadribouteilles, de bouteilles relais, de propulseurs petits ou plus puissants (Aquazep).

## Résultats

En 11 ans, le développement du réseau noyé a été porté à 2'750 m, jusqu'à la profondeur de 147 m dans l'actuel puits terminal. Au point extrême, le fond du puits était visible vers -150 m, ainsi que le départ d'une continuation toujours vaste, peut-être horizontale. C'est le seul endroit de la caverne où l'exploration n'a encore buté sur aucun obstacle. Ailleurs il reste à visiter plusieurs continuations étroites, de petites cheminées, mais aucune suite évidente n'est connue.

Le réseau a été presque entièrement topographié avec un degré de précision égal à celui d'une topo standard en galerie sèche. La fermeture des nombreuses boucles s'est faite avec des erreurs comprises entre 1,5 et 6 m.

Une étude du système a été entreprise, actuellement plutôt en phase préliminaire. Des échantillons de roche ont été pris en divers endroits. Des premières observations des formations sédimentaires et de la morphologie des galeries ont été réalisées, complétées par des documents photographiques. Des mesures de température et de salinité ont été faites en divers points de la caverne. L'ensemble de ces données apporte un premier lot d'informations, et ouvre de nouvelles questions qui pourraient servir de thèmes pour des recherches futures.

## 3. Connaissance de la caverne

### Circulations dans le réseau

Il semble que la grande majorité de l'eau provienne du puits terminal et de la galerie amont à -150 m. Les mesures de température et de salinité n'apportent pas d'indice d'autres apports d'eau débouchant dans la Galerie A Tom ou dans la Galerie des Myopes-Galerie Élastique. Par contre, un courant affluent arrive par la Galerie Chaude et le Boyau Chaud, plus chaud et salé que le courant principal (en étiage). Cette eau de densité inférieure rejoint l'émergence en empruntant les plafonds de la Galerie Sud ; le mélange des eaux n'est pas entièrement réalisé même dans la vasque. Remarquons que l'eau de la G. Chaude, par son débit relativement faible, n'a pas une influence dominante sur la température à l'émergence. L'effet thermal concerne donc aussi le flux principal.

Le courant dans les galeries secondaires est bien observable. L'eau, venue par le Puits du Loukoum Géant, diffuse vers la G. A Tom et la G. Élastique, les débits se répartissant de sorte à équilibrer les pertes de charge (voir le plan).

### Font Estramar, grotte marine

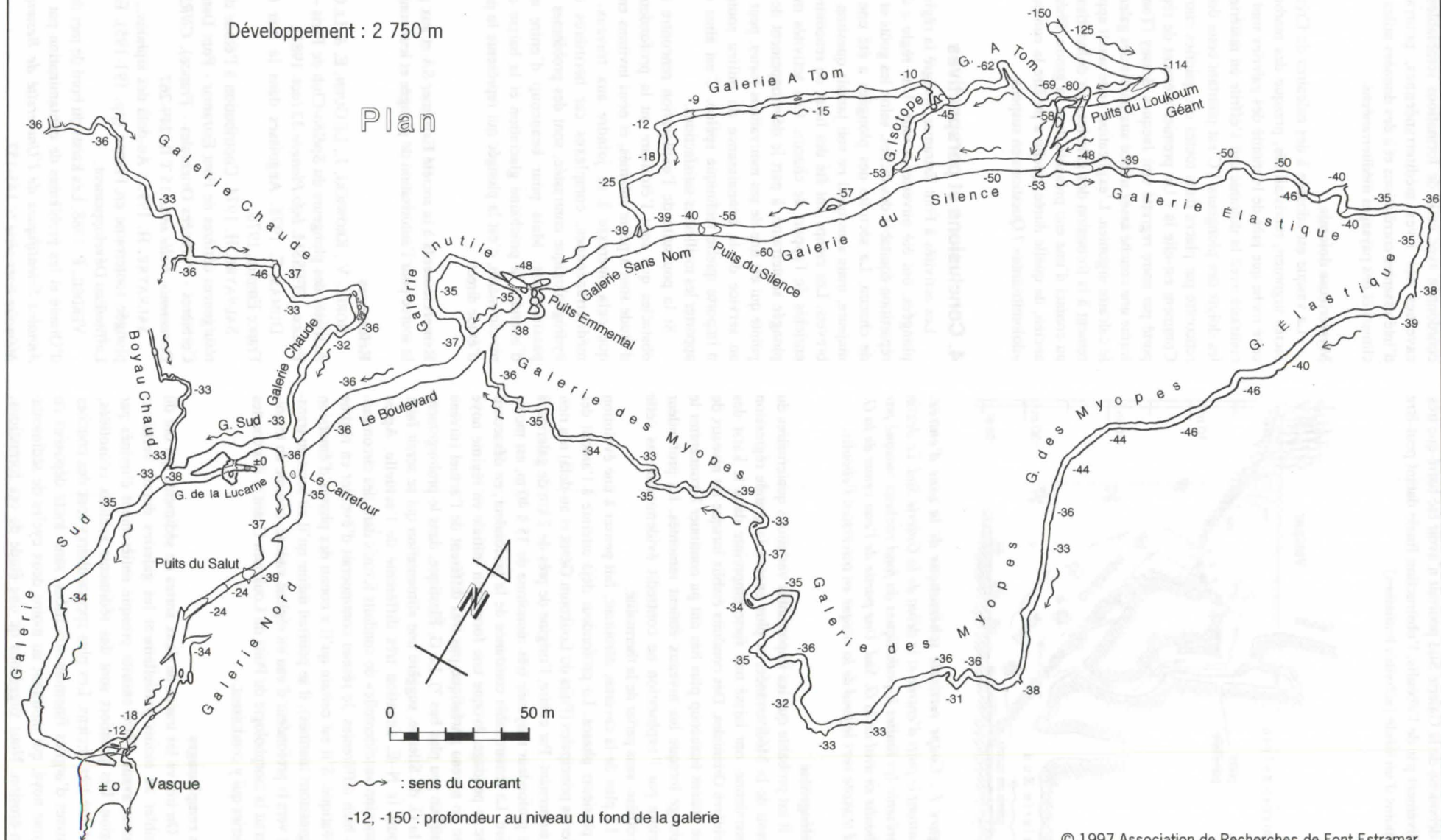
La vasque est proche de l'étang, mais plus éloignée de la pleine mer dont l'étang est séparé par un lido (Photo 1). Il s'agit de terrains récents, contemporains de la dernière transgression marine à la fin de la glaciation würmienne. La caverne a certainement connu des phases plus anciennes où elle s'ouvrait sur la pleine mer qui venait battre directement le pied des Corbières. Cette image s'accorde bien avec l'extrême complexité de la zone d'entrée, probablement ancien lieu de rencontre d'eau karstique et d'eau marine. Les galets de quartz trouvés au début de la Galerie Sud et dans la Galerie des Galets (sous les premiers mètres de la G. Nord) seraient les témoins d'une ancienne ligne de rivage. La Galerie Sud était alors le conduit principal, ouvert directement sur l'extérieur (Fig. 1). Au moment du remblaiement, l'eau par ses crues se serait ménagé un espace entre le remblai et la falaise.

# Résurgence de Font Estramar

Topographie 1986-1996 : Association de Recherches de Font Estramar

Développement : 2 750 m

## Plan



© 1997 Association de Recherches de Font Estramar

Le débouché de la Galerie Sud pourrait n'avoir été barré que très tardivement par de l'éboulis, l'obstruction finale datant peut-être de moins d'un siècle (activités humaines).

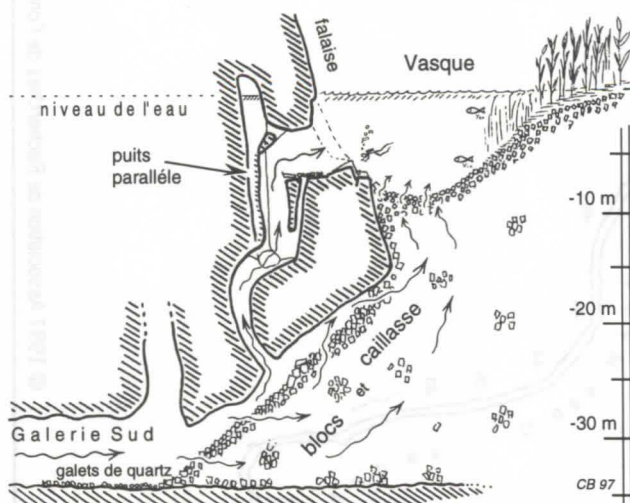


Figure 1 : Coupe verticale schématisée de la zone d'entrée, montrant le puits d'entrée et le début de la Galerie Sud. Le dessin représente les limites hypothétiques du fond rocheux masqué par l'éboulis en aval de la G. Sud. Une partie de l'eau venue de la G. Sud transite vers le fond de la vasque en traversant l'éboulis.

#### Spéléogénèse

Il est probable que les importantes variations quaternaires du niveau de la Méditerranée, et plus encore la grande régression messinienne, ont laissé une forte empreinte dans le karst des Corbières Orientales. Des conduits établis lorsque les niveaux de base étaient beaucoup plus bas ont pu continuer à concentrer le drainage lorsque les niveaux étaient remontés. La profondeur atteinte par l'exploration ne contredit évidemment pas cette hypothèse, sans parler de la thermalité.

Le plan de la caverne, déroutant, fait penser à une évolution en plusieurs phases. La profondeur déjà atteinte à l'amont des galeries principales (Puits du Loukoum Géant et au-delà) n'a rien de surprenant. Par contre, l'origine de près de 2 km de galeries, à une profondeur moyenne très monotone de 35 à 40 m, est moins claire. La remarquable constance de la profondeur, en désaccord avec le pendage, évoque une formation initiale en régime noyé avec un niveau phréatique pas très différent de l'actuel (niveau relatif un peu plus bas ?). La G. Élastique, dans le prolongement de la G. du Silence, suggère une alimentation qui se serait faite depuis le N-E, situation très différente de l'actuelle. Après connexion «accidentelle» de conduits formés dans des circonstances bien différentes, le réseau continuerait d'évoluer en régime phréatique. S'il est certain qu'il a connu des phases d'émersion (régressions marines), il se pourrait même qu'il ait servi au transfert vers la profondeur d'eau en régime vadose, comme en témoignerait la morphologie du Puits du Loukoum Géant et des courtes galeries qui y conduisent.

#### Les remplissages

On trouve les traces de deux sortes de sédiments qui ont dû combler au moins partiellement les galeries durant certaines phases, avant d'être ensuite presque entièrement éliminés par érosion. Les premiers sont des sédiments sableux consolidés, peut-être très anciens. Les plus spectaculaires sont des couches épaisses d'argiles finement stratifiées, sans doute déposées en régime noyé, qui montrent au moins deux cycles de sédimentation-érosion. Nous suggérons qu'une étude de ces formations,

coordonnée avec celle de formations semblables dans d'autres cavernes des rives méditerranéennes, pourrait conduire à d'intéressantes corrélations et à des données utiles à l'histoire des climats et des paysages méditerranéens.

#### Mystérieuse dolomie

La vasque est adossée à des calcaires du Crétacé inférieur à faciès urgonien, recristallisés, presque des marbres. C'est dans cette roche que près de la moitié des galeries sont creusées. Quel contraste avec la dolomie qui s'effrite en matériel sableux sous les doigts des plongeurs ! C'est pourtant cette dolomie que l'on rencontre par places dans toutes ces galeries entre -25 et -38 m. Comment est-elle là ? Un premier élément de réponse a été apporté par notre regretté ami Jacques Brasey (Tom) : la dolomie forme une couche assez mince aux parois des galeries, recouvrant le calcaire urgonien. L'explication : elle serait apparue postérieurement à la formation des galeries, par dolomitisation des parois au contact d'une eau présente dans la grotte. Phénomène récent, ancien, de quelle durée, quelle a pu être la composition de l'eau «dolomitisante» ? Questions en suspens.

#### 4. Conclusions et perspectives

Les activités à Font Estramar, malgré la réglementation des plongées, ont été ouvertes à tous. Une règle a été celle d'une répartition équitable des tâches, selon les goûts et les possibilités de chacun. La sécurité des plongées a été une préoccupation majeure, mais sans qu'il ne soit jamais question de titres ou de brevets. Les camps ont été des lieux de rencontre et d'échange enrichis de l'apport de chacun. Ces activités montrent que la plongée souterraine, à part le développement de techniques de pointe qui est une de ses motivations fortes, peut aussi se mettre au service de la connaissance du milieu souterrain, comme n'importe quelle technique spéléo. C'est ainsi qu'elle devrait apporter les meilleures satisfactions.

Si la poursuite de l'exploration rencontre maintenant les obstacles que sont l'étroitesse ou la profondeur, les travaux d'étude sont à peine entamés, et nous invitons encore tous ceux que cela intéresse à se joindre aux travaux. Les cavernes méditerranéennes, complexes car héritières d'une histoire hydrogéologique contrastée, sont des problèmes spéléologiques passionnants. Mais pour beaucoup d'entre elles, à moins d'attendre la prochaine glaciation et la baisse consécutive du niveau marin, c'est la plongée qui représente le principal moyen d'étude direct.

**Remerciements** à la société Extramar SA et aux propriétaires de la source pour l'autorisation de plongée et leur confiance.

#### Références

- BOREL, V., KROWICKI, J., LE GUEN, E. & LE GUEN, F. 1981. Activités des plongeurs du Spéléo-Club de Paris - Comité Ile de France - FFEISSM. *Info Plongée* 32 (oct. 1981).
- DUMAS, F. 1978. Angoisses dans la mer (pp. 161-171). France Empire, 1978.
- SALVAYRE, H. 1974. Contribution à l'étude des origines des résurgences côtières de Font Estramar - Font Dame (Massif des Corbières - Pyrénées Orientales - France). *CNRS Mémoires et Documents, N° 15 T II*: 249-267.
- SALVAYRE, H. 1995 : Au-delà des siphons... Histoire de la plongée souterraine en France (pp. 191-195). Éditions Jeanne Laffite/Eau Développement.
- VERDEIL, P. 1988. Les karsts du bord de mer du Languedoc et d'Oranie et les problèmes de contamination par le biseau salé. *Annales Scientifiques de l'Université de Besançon, Géologie, Mémoire hors série* 6: 145-157.

# Vouliagmeni : bilan des explorations

Par J.-J. Bolanz, V. Giannopoulos

Losiardes 8, 1000 Lausanne 26, Suisse – Ministère de la Culture, Arditou 34 b, Athènes, Grèce

## Abstract

Results of 1989-1996 explorations are presented. The total length of the sumps reach 3123 m, out of which 2746 are surveyed. The deepest point is 105 m deep, but the average depth is 75 m. The spine of the system seems a huge underwater room of something like 700 m by 50 m by 30 m. The ceiling of it is between 60 and 90 m deep. Big stalagmites are found at 105 m of depth. They are actually the deepest known in Greece. We have no significant results from water and temperature analysis yet. The authorities have taken protective measures as many houses have been built over the cave's route. Exploration continues.

## Résumé

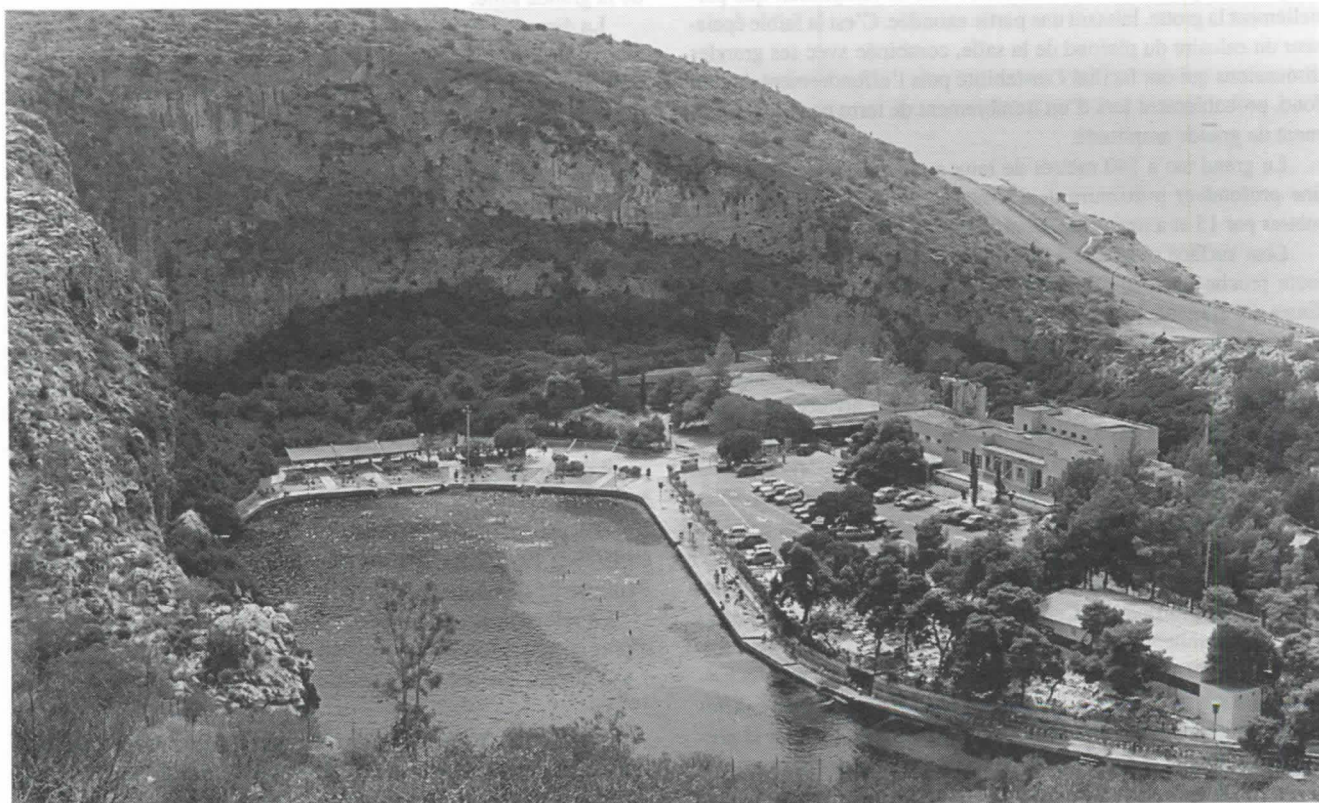
Les résultats des explorations menées de 1989 à 1996 sont présentés. Le réseau des siphons explorés atteint 3123 m, dont 2746 topographiés. Si le point bas se situe à 105 m, la profondeur moyenne est de 75 m. Le réseau semble s'ordonner autour d'une énorme salle noyée de 700 m de long, 50 m de large et 30 m de hauteur, dont le plafond se trouve entre 60 et 90 m de profondeur. De grosses concrétions se trouvent à 105 m de profondeur: ce sont les plus profondes à ce jour en Grèce. Les prélèvements d'eau et de température n'ont pas donné de résultats significatifs. Des mesures de protection ont été prises par les autorités, le parcours de la grotte se situant sous des zones construites de Vouliagmeni. L'exploration se poursuit.

## 1 Éléments géologiques

### Introduction

Le bassin d'Athènes mesure 22 km de long du nord-est au sud-est et 11 km de large. Il est limité au nord par le mont Pendelikon, à l'est par le mont Ymittos, à l'ouest par les monts Parnis et Egaleo et au sud / sud-est par la mer de Saronique. La doline de Vouliagmeni se trouve à 21 km au sud d'Athènes, dans la partie sud du mont Ymittos.

Lepsius (1893) a dessiné la carte géologique détaillée de l'Attique du sud à l'échelle de 1:25'000. Une carte postérieure, à l'échelle de 1:1000 a été faite par les géologues Medermayer et Sindowski (1949, 1951). Elle n'a pas été publiée.



## Etudes préalables

Bien qu'elle se trouve tout près d'Athènes, peu d'études ont été faites concernant ce phénomène karstique. Le premier qui s'est occupé de cette doline est le professeur A. Christomanos, qui, en 1889, a décrit le trajet d'Athènes à Vouliagmeni, la morphologie de la région ainsi que les qualités curatives des eaux du lac – source de Vouliagmeni.

Les données historiques de Strabon, de Lausanias (II<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.) et de Stefano Vizantios (VI<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.) ne font pas mention du lac de Vouliagmeni, ce qui prouve qu'il n'existait pas à cette époque. D'autre part, les recherches géologiques, comme celles de A. Zamani, qui ont été faites sur les conglomérats aboutissent à la conclusion que la doline s'est formée au cours des derniers 1500 ans.

## Géologie

La doline de Vouliagmeni est un effondrement qui s'est formé sur les «marbres inférieurs». Steinman (1890) a étudié les coraux trouvés dans les marbres inférieurs d'Ymittos et les a définis comme «Calamophyllia» qui se trouvent du Trias jusqu'au Crétacé. Negrin (1919) a trouvé dans la même roche le fossile «Gyroporella Vesiculifera» du Trias. Yaber (1929) a reconnu l'algue «Diplora» du Trias dans le marbre supérieur d'Ymittos. Dans le marbre inférieur, le Dr. E. Gasche a déterminé le sous-genre «Macroporella» qui est caractéristique du Trias et du Jurassique. Le même fossile a été identifié dans le marbre supérieur par Petrascheck – Marinos (1953). De tout cela on peut conclure, en suivant Lepsius, que les couches azoïques peuvent être placées chronologiquement dans le Mésozoïque inférieur (Trias et Jurassique).

## Morphologie

La forme de la doline de Vouliagmeni est ellipsoïde, le grand axe allant du sud-est au nord-ouest. Sa longueur est de 210 mètres pour une largeur de 160 mètres. Dans la partie nord / nord-ouest de la doline se trouvent deux lacs avec de l'eau saumâtre. Leur formation est due à l'effondrement du plafond de la grotte qui se trouvait à la place de la doline d'aujourd'hui et qui était remplie d'eau. D'après nos premières observations, l'eau ne remplissait que partiellement la grotte, laissant une partie exondée. C'est la faible épaisseur du calcaire du plafond de la salle, combinée avec ses grandes dimensions qui ont facilité l'instabilité puis l'effondrement du plafond, probablement lors d'un tremblement de terre pas nécessairement de grande amplitude.

Le grand lac a 140 mètres de long et 55 mètres de large avec une profondeur maximum de 12 mètres. Le petit lac mesure 20 mètres par 15 et a une profondeur maximum de 9 mètres.

Leur surface se trouve à 40 cm au-dessus du niveau de la mer toute proche (50 m). Cette différence est due d'une part à l'eau douce qui alimente le lac et d'autre part à l'étroite bande de calcaire qui sépare le lac de la mer, empêchant une vidange immédiate de l'eau du lac dans la mer, sans pourtant empêcher le mélange de l'eau salée et de l'eau douce. On a observé que l'arrivée principale de l'eau douce se fait par la grotte karstique noyée qui subsiste et dont l'entrée se trouve dans la partie nord-ouest du grand lac.

La température des eaux du lac augmente au fur et à mesure qu'on s'approche de l'entrée de la grotte, pour se stabiliser entre 25 et 27 degrés à 30 mètres de profondeur, dans la grotte. Le mélange des eaux salées et des eaux douces plus chaudes s'observe également à cette profondeur. Cela soutient l'hypothèse que les eaux douces proviennent des plus grandes profondeurs et que leur température est influencée par l'arc volcanique. La suite des recherches et l'analyse chimique des échantillons d'eau prélevés à différentes profondeurs permettront d'avoir plus de données sur la provenance des eaux et sur la cause de leur température élevée.

Enfin, il faut noter que toute la région du lac, avec le gouffre

Germanica, les deux dépressions au nord du lac situées dans l'axe de la grotte noyée ainsi peut-être que le «puits» aspirant Pigadi, situé dans la mer, à quelque 500 mètres du lac de Vouliagmeni constituent un complexe karstique du plus haut intérêt scientifique, dont l'étude n'est qu'amorcée.

## 2 Résumé des expéditions

C'est en 1989, à l'invitation de Vassili Giannopoulos, responsable du département de spéléologie au Ministère de la culture que commencent, sur un coup de cœur, les expéditions à Vouliagmeni. Elles se continuent en 1990 et 1992. En 1993 et 1995, elles prennent une dimension plus importante, à la fois lorsque nous réalisons l'énorme potentiel de cet ensemble de cavités réparties autour du lac de Vouliagmeni et par l'intérêt et le soutien matériel accordé par le maire de Vouliagmeni.

Lorsque les explorations ont commencé, nous n'avons trouvé aucun fil en place et aucune topographie. Des plongeurs non spéléo s'y étaient noyés. Les profondeurs atteintes se situaient aux environs de 40 mètres. Il faut aussi dire que la plongée spéléo en était à ses balbutiements: le premier stage pour plongeurs spéléo en Grèce a été organisé par V. Giannopoulos en 1989.

## 3 Résultats

A fin 1996, un total de 13 siphons atteignant une longueur de 3123 m ont été explorés. Les dernières explorations se situent en prolongation de la grande salle, l'autre partie étant l'exploration de la paroi gauche de la grande salle. Le point extrême atteint se trouve à 933 m de l'entrée. En réalité, après avoir effectué la topographie, on a pu court-circuiter une partie du trajet. Le point extrême se trouve donc maintenant ramené à 788 m de l'entrée, en trajet direct.

2746 m de galeries ont été topographiés. Alors que nous pensions avoir dépassé le début d'une doline de surface (une barre rocheuse imposante), nous avons dû nous rendre à l'évidence que nous avions fait un tour complet (360°) autour d'un gigantesque pilier de 145 m de circonférence. Une des explorations change complètement de direction, se dirigeant maintenant parallèlement à la barre rocheuse. L'autre exploration revient même en arrière, du côté de la grande salle.

La direction des cinq galeries principales est plein nord, c'est à dire en direction de Vouliagmeni. Nous supposons que nous sommes, non pas dans des galeries différentes, mais plutôt dans une gigantesque salle dont les dimensions dépassent ce qui est connu à ce jour (650 \* 50 \* 30). La morphologie de la grande salle n'est donc pas encore clairement établie.

A 728 m de l'entrée, au point le plus bas de la grotte (105 m), on trouve des stalagmites, dont l'une de 4 à 5 m de hauteur qui mesure 150 cm de diamètre au sommet. C'est actuellement la concrétion connue la plus profonde de Grèce et du bassin méditerranéen, prouvant que la différence de niveau entre le temps de la formation de la grotte et aujourd'hui est plus important que tout ce qui a été écrit. Sur les 200 derniers mètres, on trouve également des concrétions très fines, très friables de quelques centimètres qui ressemblent à de l'herbe calcifiée ou du varech. Nous en avons rapporté quelques spécimens à des buts d'analyse, ainsi qu'une concrétion de 20 cm.

Des prélèvements d'eau ont été faits de manière systématique en 1995 et 1996. Leur analyse est effectuée par des spécialistes de l'Université d'Athènes.

Le relèvement des températures a également continué. Il faut d'ores et déjà constater qu'en 1996 elles sont toutes plus froides de 1 à 2 degrés que les températures prises aux mêmes endroits en 1995.

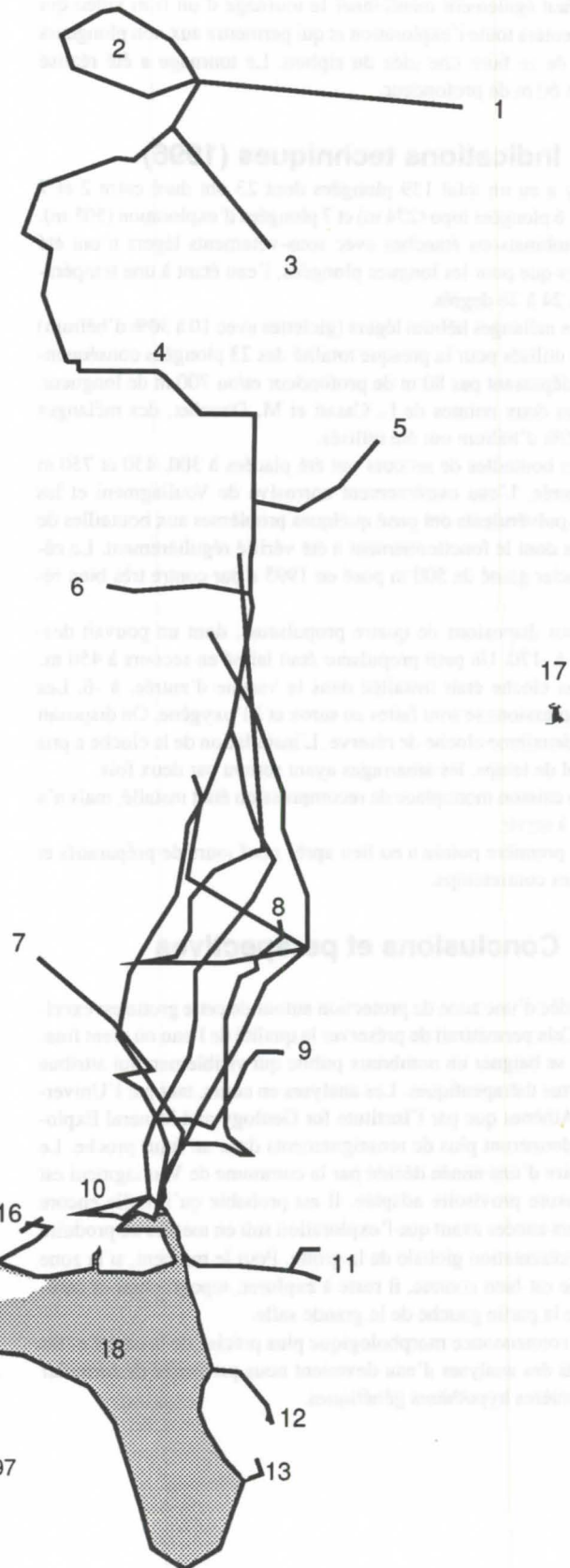
Les autorités de Vouliagmeni s'interrogent sur les dangers que courent les constructions placées sur le chemin de la cavité. Le maire envisage un moratoire pour les nouvelles constructions dans ce secteur.

# Siphons du lac Vouliagmeni

Grèce



- 1 Siphon du visionnaire
- 2 Colonne du tourniquet
- 3 Siphon du varech
- 4 Au bonheur des dévidoirs
- 5 Siphon du maire
- 6 Parcours du compromis
- 7 Siphon Jijibo
- 8 Siphon aux stalactites
- 9 Siphon de la confusion
- 10 Giratoire Vadja
- 11 Siphon Luica
- 12 Siphon de l'horloge
- 13 Siphon des américains
- 14 Siphon du parking
- 15 Siphon du canyon
- 16 Siphon du tonneau
- 17 Grotte Germanica
- 18 Lac Vouliagmeni



Plan au 1 / 3000

J-J Bolanz, L Casati, V Giannopoulos, P Deriaz, 15.5.1997



Une plongée dans la grotte de Germanica a permis de porter la profondeur du siphon de 30 à 40 mètres. La suite est étroite et nécessite de plonger en décapelé. Un spécimen d'eau a été prélevé pour analyse. C'est de l'eau douce alors que l'eau de Vouliagmeni est saumâtre. Selon la topo, le sommet de la nappe semble 6 mètres en dessous de la surface du lac de Vouliagmeni. La liaison entre Germanica et Vouliagmeni n'est donc pas prouvée.

Il faut également mentionner le tournage d'un film vidéo qui documentera toute l'exploration et qui permettra aux non plongeurs spéléo de se faire une idée du siphon. Le tournage a été réalisé jusqu'à 60 m de profondeur.

#### 4 Indications techniques (1996)

Il y a eu un total 139 plongées dont 23 ont duré entre 2 et 7 heures, 6 plongées topo (274 m) et 7 plongées d'exploration (505 m). Les combinaisons étanches avec sous-vêtements légers n'ont été utilisées que pour les longues plongées, l'eau étant à une température de 24 à 26 degrés.

Des mélanges hélium légers (giclettes avec 10 à 30% d'hélium) ont été utilisés pour la presque totalité des 23 plongées conséquentes ne dépassant pas 80 m de profondeur et/ou 700 m de longueur. Pour les deux pointes de L. Casati et M. Douchet, des mélanges avec 50% d'hélium ont été utilisés.

Des bouteilles de secours ont été placées à 300, 450 et 750 m de l'entrée. L'eau extrêmement corrosive de Vouliagmeni et les dépôts pulvérulents ont posé quelques problèmes aux bouteilles de secours dont le fonctionnement a été vérifié régulièrement. Le câble d'acier gainé de 500 m posé en 1995 a par contre très bien résisté.

Nous disposons de quatre propulseurs, dont un pouvait descendre à -170. Un petit propulseur était laissé en secours à 450 m.

Une cloche était installée dans la vasque d'entrée, à -6. Les décompressions se sont faites au surox et à l'oxygène. On disposait d'une deuxième cloche de réserve. L'installation de la cloche a pris pas mal de temps, les amarrages ayant rompu par deux fois.

Un caisson monoplace de recompression était installé, mais n'a pas eu à servir.

La première pointe a eu lieu après neuf jours de préparatifs et quelques contretemps.

#### 5 Conclusions et perspectives

L'idée d'une zone de protection autour de cette grotte est excellente. Cela permettrait de préserver la qualité de l'eau où vient finalement se baigner un nombreux public qui visiblement lui attribue des vertus thérapeutiques. Les analyses en cours, tant par l'Université d'Athènes que par l'Institute for Geology and Mineral Exploration donneront plus de renseignements dans un futur proche. Le moratoire d'une année décidé par la commune de Vouliagmeni est une mesure provisoire adaptée. Il est probable qu'il faille encore plusieurs années avant que l'exploration soit en mesure de produire une représentation globale de la grotte. Pour le moment, si la zone d'entrée est bien connue, il reste à explorer, topographier et comprendre la partie gauche de la grande salle.

La connaissance morphologique plus précise de la cavité et les résultats des analyses d'eau devraient nous permettre de formuler les premières hypothèses génétiques.

Il est également important de bien situer sur une carte de surface la position de la grotte aujourd'hui noyée, afin de la protéger des infiltrations qui ne pourraient être que néfastes pour la qualité de l'eau, y compris l'eau du lac de Vouliagmeni utilisée par les nageurs et les curistes.

La suite de l'exploration sera double: d'une part continuer les deux explorations du fond entamées par Casati et Douchet ainsi qu'une troisième exploration dans une direction opposée. Ce seront des plongées au-delà des 100 m de profondeur, nécessitant des mélanges avec 50% d'hélium et plus. D'autre part, il s'agit de reprendre l'exploration et surtout la topographie systématique de la partie gauche de la grande salle.

Les topographies des siphons du parking, du canyon et du tonneau sont à revoir.

Il serait bon d'avoir des renseignements historiques sur les explorations ayant eu lieu à Vouliagmeni, ainsi que des renseignements plus anciens sur l'histoire du lieu lui-même.

Les explorations de surface, la collecte et l'utilisation des renseignements sur les grottes de la région, la recherche d'éventuels éléments archéologiques doivent prendre place de manière intensive pendant les mois qui nous séparent de l'expédition 1997.

Le recensement exhaustif des travaux géologiques, tout particulièrement dans le domaine de la néo-tectonique, effectués dans la région est nécessaire à l'interprétation de nos observations.

Au-delà des éléments d'exploration souterraine et des éléments géologiques que nous sommes en mesure de fournir, la collaboration de spécialistes compétents de la sécurité dans le domaine de l'urbanisation ayant l'habitude de traiter de pareils problèmes, est nécessaire.

Il est important d'obtenir les résultats des analyses des prélèvements d'eau faits en 1995 par l'Institute for Geology and Mineral Exploration, car certains prélèvements ont été pris très loin de l'entrée. En outre, la comparaison entre les prélèvements faits en 1996 et ceux de 1995 peut s'avérer intéressante, si l'on pense aux différences de températures de l'eau constatées entre 1995 et 1996.

La reprise de l'exploration de la grotte Pigadi à courant aspirant dans la mer, à 500 m de Vouliagmeni aiderait à la compréhension du fonctionnement du système.

#### 6 Participants

Christos Agouridis, Argyris Argyriadis, Vassili Giannopoulos, Kostas Kardaras, Adonis Kavalieros, Lakis Kondrolosos.

Didier Cailhol, Jean Louis Camus, Marc Douchet, Christian More.

Roberto Barbierato, Luigi Casati, Giulio Dagiat.

Jean-Jacques Bolanz, Patrick Deriaz, Markus Flury, Jean-Claude Lalou, Alexandre Prélaz.

#### 7 Bibliographie

LEPSIUS R. (1893). – Geologie von Attika.

MARINOS G. – L'âge des roches métamorphiques d'Attique.

MARINOS G., RATSIKATSOU G., GEORGRADOU G., MIRKOU R. – Le système des schistes d'Athènes. Stratigraphie et Tectonique.

ZAMANI A. (1968). – Le lac de Vouliagmeni.

GIANNPOULOS V. – Le karst de Vouliagmeni (rapport au Ministère de la Culture Grec).

# The karstic system of cave Formale (Carpineto Romano - Latium - Italy)

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

## Abstract

The entrance of cave Formale was known from time immemorial but a sump was blocking the access to the inside after only few metres. The speleo-divers of G.S.CAI-Foligno recently explored some hundred metres beyond three long sumps; in May-June 1996 the writers, together with other cavers of the region, got the sumps empty by means of submerged pumps: such operation allowed to explore and survey more than 3km of passages, gently sloping with few short pitches, showing an alternation of phreatic and vadose tracts, each only few metres long. The galleries join few great fractures generating sets of vertical shafts, on the whole more than 100m deep.

The description is followed by morphologic and hydrologic observations: the main feature of the cave are the rare but violent floods that follow several rainy days. The characteristics of the cave are related to those of already known neighbouring caves: these new explorations give more information for the understanding of the deep karstic network draining the Mounts Lepini, already outlined in former studies published by one of the present authors.

## Résumé

Le système karstique de la grotte Formale : l'entrée de la grotte était connue depuis un temps immémorial mais un siphon en interdisait l'accès. Les plongeurs du G.S.CAI-Foligno avaient exploré quelques centaines de mètres au-delà de trois siphons; en mai-juin 1996 les auteurs, avec d'autres spéléos de la région, ont vidé les trois siphons au moyen de pompes submergées : cela a permis d'explorer et de topographier plus de 3km de galeries, en pente douce et avec quelques petits puits, caractérisées par une alternance fréquente de passages phréatiques et vadoses longs seulement de quelques mètres. Les galeries interceptent de rares grandes fractures qui entraînent des successions de puits en série pour une profondeur de plus de 100 mètres.

La description est suivie par des observations morphologiques et hydrologiques : les crues, rares mais puissantes, qui suivent plusieurs jours de pluie sont la particularité de la cavité. Les caractéristiques de la grotte sont comparées avec celles des cavités voisines : les nouvelles explorations permettent une meilleure connaissance du réseau karstique profond des Monts Lepini décrit dans des précédentes études publiées par un des auteurs.

## 1. Introduction and historical data

The cave Formale opens in a small valley, tributary to the main valley of river Rio, in the central part of Mounts Lepini. Both flow towards NW and are divided by a fossil valley having the same orientation (FELICI, 1976, table 3). The general hydrologic pattern of this zone has already been treated (FELICI, 1973-1974-1994).

The local farmers have used, since immemorial times, to penetrate in the cave during the hot season in order to draw water from its former pools; but the configuration of the entrance and the huge floods flowing out of it in highly rainy days gave rise to legends and, in the nineteenth century, to a poem (GESSI, 1843?) briefly imitating the Divina Commedia.

The cave Formale has been registered in 1948 by Segre with the number 39 La RM in the file of natural caves of region Latium. At 25m from the entrance a first sump is met: only in extremely dry weather it opens giving access to a hundred metres of meandering passages, at the end of which can be seen on the right wall an inscription of August 1922. In 1971 the divers of ASR (Associazione Speleologica Romana) club went over a second sump, stopping at the beginning of a third one, and surveyed the first 245m of the cave. Only in 1990 the exploration was resumed, by another club (the caving Group of CAI-Foligno: BOLLATI, 1994): beyond the third sump a long gallery was discovered and surveyed up to 704m, with many lateral unexplored leads.

In 1996 the writers together with other local colleagues decided to open the three sumps by drawing water with submerged electric pumps: the operations started on May the 9th and continued for 8 days before finding air even at the third sump. Then the explorations began, while pumping was protracting in order to reduce the water levels in the sumps and in the many lakes that follow them. The Spring and Summer 1996 were pretty rainy, so the pumps had to work at different times up to September; at the end of this month a lot of rain caused the infilling of the second sump.

At that moment 3294.15m of passages were already surveyed but the total explored length was certainly above 4km, including nearly 500m of 5 branches beyond a fourth sump on the main route inside; at least other four sumps were encountered together with a few lateral branches descending below -120m.

## 2. Description of the cave Formale

The "main route" starts with a sequence of three sumps, the 1st and 3rd being short and shallow, the 2nd 12m deep and 40m long. Both between the sumps and beyond them are narrow meanders which make the advancing laborious. The 3rd sump is followed by some pools that make the wearing of neoprene suit very advisable because they don't get empty even when pumping out the sumps; also between these pools are tight meanders. At 526m from the entrance the "main route" falls

suddenly down a 1st shaft, 8m deep, then it continues wider but generally lower, again with some short pool. On the right a low squeeze allows to "by-pass" (that's just its name) the 1st shaft, but very uncomfortably. At 711m the "main route" leads to a twin-shaft ("pozzi gemelli"): the former gives access to a small sump ("sifonetto"), the second one to a wider prosecution of the "main route" which arrives (about 1150m) to a 4th sump, 50m long, beyond which five tunnels branch out, at the moment explored for a few tens metres each.

On the left of the "main route" it is possible to descend through a network of smaller meanders, showing many restrictions and ducks: "vermicciattolo" (small worm) followed by "via condotti" (the name of a famous street in Rome) is the main way which continues beyond the surveyed part, down to a couple of sumps; on its left "via dei laghi" (the lakes' road) followed by "via dei pozzi" (the shafts' road) reaches a sequence of drops ending, at -123m, with another sump; on the right the branch "D" comes back to the "main route" and its sub-branch "L" has been explored up to nearly 10m from the back side of the "sifonetto". On the map (see Fig. 1) it is possible to see a few other passages, but in this whole area there is a lot of unexplored leads: the smallest holes can give access to the largest branches! The second part of the "main route" yields two important branches on the right: "fangolandia" (mud-land) is a very muddy upward meander, the branch "G" soon gets to a bifurcation: forward it continues towards the end of "fangolandia", downwards it gets -112m ("pozzo dei conetti" i.e. the way followed by some small SPIT cones that fell down during the first exploration) with some shafts and meanders, ending just beneath the "main route", in a large chamber with a lot of mud and big boulders: among them a small stream sinks down.

There are also, in unexpected places, a few ascending shafts, not all surveyed, approaching the external surface but only one of them shows a real chance of opening a new access, which could avoid to pump out the sumps every year.

### 3. Morphologic and hydrologic observations

The cave opens in limestones of upper Cretaceous, mainly rudist mounds. The local dip is 21° towards NNE, with an alternation of thick strata, up to 1-1,5m, and 10-20cm thin ones.

The deposition of limestones ended during Paleocene following an upward movement without appreciable folding or faulting; it started again at the beginning of Miocene when limestones were soon followed by marly mudstones, then marls and clays (pelitic turbidites), all deposited nearly with the same orientation of former limestones: only scarce traces of epikarstic erosion at the interface. The uplift of the massif became considerable during the middle and late Miocene and the whole Pliocene. The area in these periods have been dissected by faults, thrust faults and a lot of minor rifts; according to GALLO et al. (1986) it was possible to reconstruct a sequence of at least five deformational phases, including tear faults nearly horizontal or parallel to the strata dip.

The "main route" is prevalently developed along two thick strata (one up to the "twin-shaft", the second, about 7m below, further on), very rich with Rudist fossils. The general trend shows a sequence of sinusoids both in plan and in vertical developed sections: the ratio of their heights just corresponds to the tangent of the dip (21°). In the details it is noticeable that short rounded phreatic sections are frequently alternated to vadose trenches (showing smaller phreatic tubes near their ceiling): the homogeneity of the passage shape is never longer than 10-15m.

The other branches are generally smaller and only in some parts follow the thick strata with rudists; they form a very complex network prevalently guided by small phreatic tubes, with consistent vadose meandering trenches rarely wider than 50cm. They are cut by a number of vertical rifts: along them developed sets of chimneys (one only has been ascended) and shafts (mainly descended: at a certain moment more than 400m of ropes were in place though the total difference of level within the cave is lower than 150m).

Now it is possible to imagine that the first development of the cave was along a network of small phreatic tubes nearly all included in the thick rigid rudists strata: at the beginning of the uplift the faults were all compressive but a gentle folding, connected with nearly horizontal thrusts, made the thick strata (nearly 1000 times more rigid to flexural deformations than the decimetric strata) break while the thinner ones only slipped along the clayey interstrata. Consequently we suppose that the origin of the cave is certainly very ancient: probably it started in Middle-Upper Miocene. The relaxing faulting which generated the vertical rifts began very later: mainly at the end of the 4th tectonic phase and during the last one, i.e. from the late Pliocene to the lower Pleistocene.

During this last period started the Glaciations, meaning in the Mounts Lepini (never covered by a permanent ice cap) very rainy periods; in Pleistocene a great thrust fault had dissected the area into two pieces and probably cut the way down to the deep phreatic tubes developed during the "crisis of salinity" of the Mediterranean (5,5 to 4,5 My before present): so the cave, and especially the "main route", was subjected to great and prolonged floods that widened the passages, creating not only scallops but also excavations typical of strong water flows (pot-holes on the walls and ceilings, vertical cylindrical holes on the ceilings). In Pliocene and the earlier Pleistocene the western coast of the massif, that was in contact with the Mediterranean sea, was covered with hundred metres of marine deposits (sands, clays, etc.) which created a barrier to the water flow from the karstic system developed formerly: this is another possible factor for the re-activation of the upper karst drainage (FORTI, 1992). The shape of the "main route" confirms that from that period on this one has been the way through which the water flowed outside; the other branches probably were subjected to development later. Then the eruptions of Latial volcanoes covered the region with ashes and consequently stopped the floods: inside the cave we observe many thick speleothems (mainly stalagmites) that could not have developed when water was prevalently flowing.

Probably the cave was subjected to repeated cycles of flooding and rest: the latter ones progressively increasing while the lower (and up to present unknown) conduits, obstructed by faults in Pliocene and/or the marine sediments, were taking again their function. At present the floods last only two-three days and require at least some days of continuous rain in November or December, but there is evidence that in recent periods, a little warmer and dryer than to-day (e.g. at the end of Wurm) the cave was devoided of floods for pretty long times.

A thin coat of dark brown-black colour (Manganese and Iron oxides?) covers the walls and the ceiling, mainly in the "main route"; it has been found on a piece of Roman tile too: probably it was due to a crisis in the local vegetation (big wood

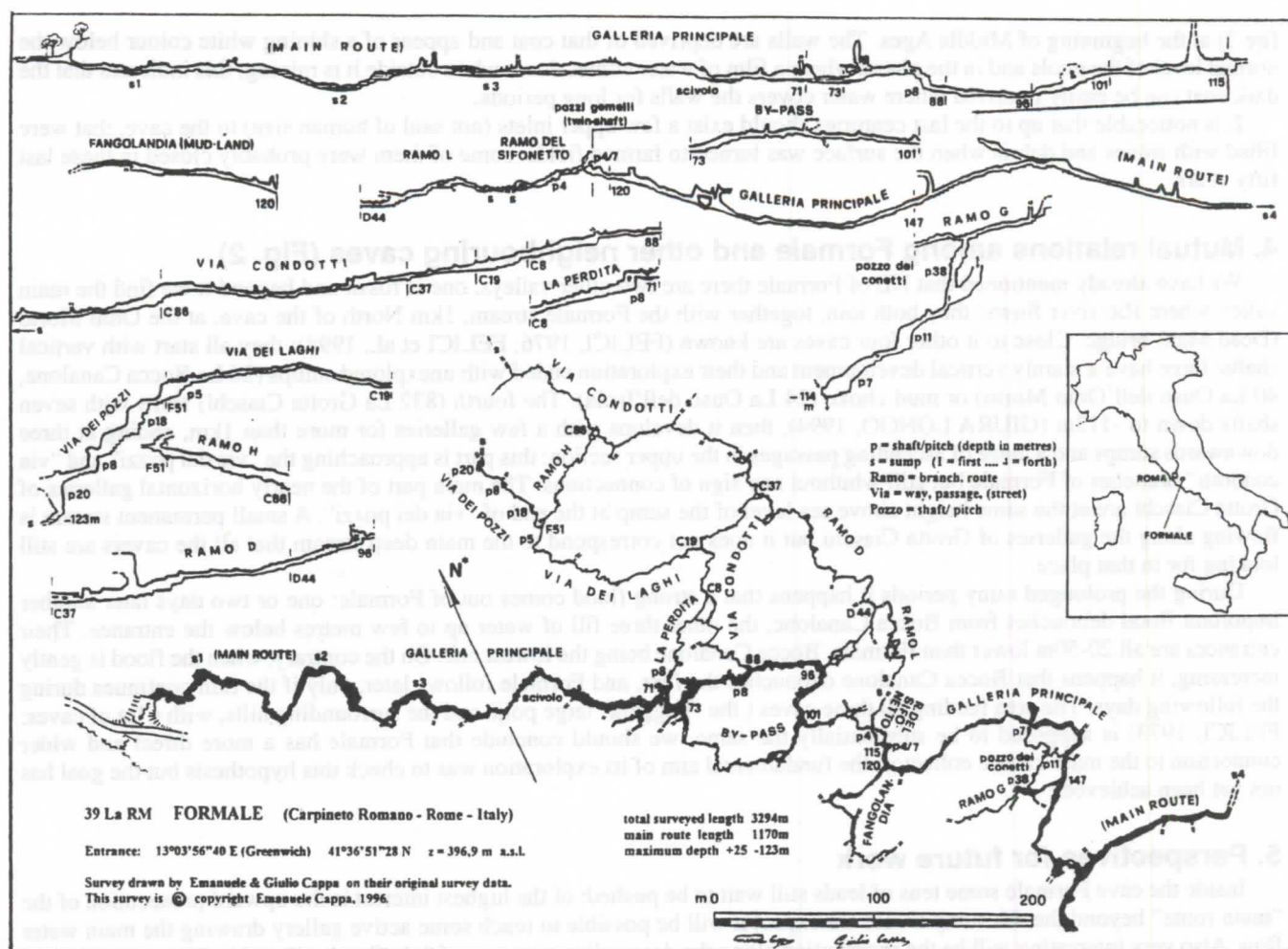


Fig. 1 Plan and longitudinal sections of cave Formale surveyed during the explorations of 1996.  
Scale of the original survey: 1:500

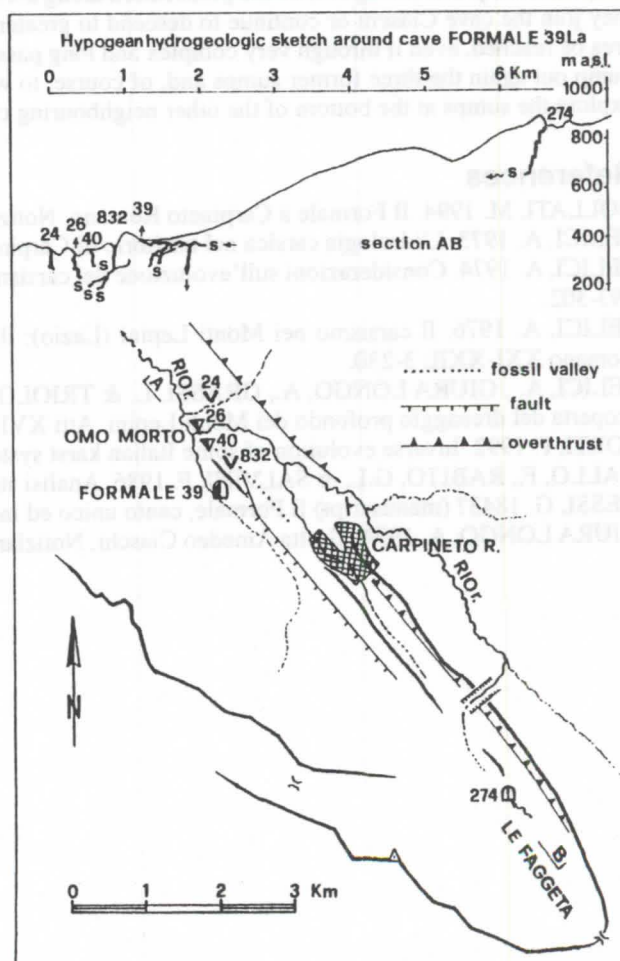


Fig. 2 Topographic and hydrogeologic sketch of the zone surrounding cave Formale (39 La).  
Numbers refer to the Italian Cave File, region Latium (abbreviation La):  
24 = Ouso dell'Isola  
26 = Bocca Canalone  
39 = Grotta del Formale  
40 = Ouso dell'Omo Morto  
832 = Grotta Ciaschi  
274 = Ouso di Pozzo Comune

fire ?) at the beginning of Middle Ages. The walls are deprived of that coat and appear of a shining white colour below the normal level of the pools and in the places where a film of water comes down when outside it is raining: this indicates that the dark coat can be easily removed where water covers the walls for long periods.

It is noticeable that up to the last centuries should exist a few upper inlets (not said of human size) to the cave, that were filled with stones and debris when the surface was turned to farmed fields: some of them were probably closed in these last fifty years.

#### 4. Mutual relations among Formale and other neighbouring caves (Fig. 2)

We have already mentioned that NE of Formale there are two other valleys, one is fossil and beyond it we find the main valley where Rio river flows: they both join, together with the Formale stream, 1km North of the cave, at the Omo Morto (Dead Man) bridge. Close to it other four caves are known (FELICI, 1976; FELICI et al., 1994); they all start with vertical shafts: three have a mainly vertical development and their exploration ended with unexplored sumps (26 La Bocca Canalone, 40 La Ouso dell'Omo Morto) or mud choke (24 La Ouso dell'Isola). The fourth (832 La Grotta Ciaschi) sinks with seven shafts down to -113m (GIURA LONGO, 1994), then it develops with a few galleries for more than 1km, ending at three downwards sumps and a maze of ascending passages in the upper section: this part is approaching the "via dei pozzi" and "via condotti" branches of Formale but still without any sign of connections. The main part of the nearly horizontal galleries of Grotta Ciaschi are at the same height above sea level of the sump at the end of "via dei pozzi". A small permanent stream is flowing along the galleries of Grotta Ciaschi but it does not correspond to the main deep stream that all the cavers are still looking for in that place.

During the prolonged rainy periods it happens that a strong flood comes out of Formale: one or two days later another important flood debouches from Bocca Canalone, the other three fill of water up to few metres below the entrance. Their entrances are all 20-50m lower than Formale, Bocca Canalone being the lowest one. On the contrary, when the flood is gently increasing, it happens that Bocca Canalone debouches the first, and Formale follows later, only if the rain continues during the following days. The area feeding all these caves (the "Faggeta" large polje and the surrounding hills, with a lot of caves: FELICI, 1973) is supposed to be substantially the same: we should conclude that Formale has a more direct and wider connection to the main karstic collector; the fundamental aim of its exploration was to check this hypothesis but the goal has not yet been achieved.

#### 5. Perspectives for future work

Inside the cave Formale some tens of leads still wait to be pushed: of the highest interest is the upward prosecution of the "main route" beyond the 4th sump where we expect it will be possible to reach some active gallery drawing the main water flow. Also very interesting will be the prosecution along the descending passages of "via Condotti" and its lateral routes: will they join the cave Ciaschi or continue to descend to greater depth? Generally speaking will some caves of the Omo Morto area be reached, even if through very complex and long passages? Unfortunately the exploration in cave Formale requires to pump out again the three former sumps and, of course, to wait for a new dry season, but in the meanwhile we are going to explore the sumps at the bottom of the other neighbouring caves.

#### References

- BOLLATI, M. 1994. Il Formale a Carpineto Romano. *Notiziario Speleo Club Roma* n. 11: 33-35.  
FELICI, A. 1973. L'idrologia carsica nel territorio di Carpineto Romano. *Proc. 6th Int. Congr. Spel. Olomouc*: IV 63-72.  
FELICI, A. 1974. Considerazioni sull'evoluzione del carsismo nei Monti Lepini. *Atti XII Congr. Naz. Spel. S. Pellegrino T.*: 293-302.  
FELICI, A. 1976. Il carsismo nei Monti Lepini (Lazio): il territorio di Carpineto Romano. *Notiziario del Circolo. Spel. Romano XXI-XXII*: 3-230.  
FELICI, A., GIURA LONGO, A., GRASSI, L. & TRIOLO, I. 1994. L'esplorazione della Grotta Ciaschi apre la porta alla scoperta del drenaggio profondo dei Monti Lepini. *Atti XVII Congr. Naz. Spel. Castelnuovo G.* (in press).  
FORTI, P. 1992. Inverse evolution of some Italian karst systems. *Proc. Int. Congr. on Alpine Caves Asiago*: 215-221.  
GALLO, F., RABITO, G.L. & SALVINI, F. 1986. Analisi strutturale dei Monti Lepini. *Mem. Soc. Geol. It.* 35: 603-610.  
GESSI, G. 1843? (manuscript) Il Formale, canto unico ed inedito. Comune di Carpineto Romano (1995): 1-68.  
GIURA LONGO, A. 1994. Grotta Amedeo Ciaschi. *Notiziario Speleo Club Roma* n. 11: 39-42.

# Karsts of France

par Jacques Choppy et Jacques Chabert

182 rue de Vaugirard, F-75015 Paris - 8 rue Crémieux, F-75012 Paris

## Abstract

Various circumstances explain that French karsts are among the best known in the world. They also are remarkably varied.

Cave exploration is very active and France holds two world records : the Gouffre Jean-Bernard is the world's deepest (-1602 meters) and in the Fontaine de Vaucluse, the depth of 224 meters under sea level has been reached by a remote-controlled vehicle.

Scientific activity — speleological research as well as hydrogeological and geographical studies — has been important for over 100 years. Voluminous thematic studies encompass most of the fields concerning karst.

And French researchers throw back into question notions about cave formation up to now universally admitted.

## Résumé

Diverses circonstances ont fait que les karsts de France sont parmi les plus connus du monde. Ils sont aussi remarquablement variés.

L'exploration est très active, et la France détient actuellement deux records mondiaux : le gouffre Jean-Bernard est le plus profond du monde (-1602 mètres); et, dans la fontaine de Vaucluse, la profondeur de 224 mètres sous le niveau de la mer fut atteinte par un engin téléguidé.

L'activité scientifique est considérable depuis plus de cent ans pour la recherche spéléologique comme pour les travaux hydrogéologiques et géographiques. De volumineux travaux thématiques embrassent la plupart des domaines concernant le karst.

Et les chercheurs français remettent actuellement en question la plupart des notions jusqu'ici universellement admises en ce qui concerne la genèse des cavités karstiques.

## 1 - Karsts on which our knowledge is considerable

Various circumstances explain that the karsts of France are among the best known in the world.

Modern speleology started as soon as the end of the nineteenth century. It took advantage of numerous innovations of exploration and scuba diving equipment and industrialization (Fernand Petzl).

Four men played a determining role, Edouard-Alfred Martel, Robert de Joly, Pierre Chevalier, Félix Trombe. They were active in most of the following fields : top-level cave exploration, introduction of new equipment, scientific contribution, popularization, exploration accounts, responsibilities in societies and associations.

Norbert CASTERET's books were at the origin of many caving vocations. And in the 1950's many clubs were created, often with the participation of boy-scout groups.

The quantity of French speleological publications is comparable to that published in all English-speaking countries. To a great extent, documentary studies (surveys, systematic bibliographies, speleometry, great caves) are a specialty of French-speaking cavers. They are a great help for further explorations and research. French karst regions are described in some 1000 university studies, totaling over 40 000 pages.

Cavers and karstologists have always been interested in research outside France and have kept constant international contacts. The foundation of the International Union of Speleology, on Bernard Gèze's initiative, may be the best expression. The knowledge of foreign karsts and speleology has permitted a better understanding of French karsts.

## 2 - A complex geological history and varied karsts

The geology of France is complex, especially because of the uplift of the Alps. The differences of altitude that can be used by karst are often important. Carbonate rocks cover 40% of the surface of the country (i.e. 220 000 km<sup>2</sup> - fig. 1).

Since the end of the Tertiary, climatic variations have been important, especially because of the spread of glaciers down to the south of the country. During this period, the level of the Mediterranean Sea has varied much more than the level of the oceans, and an important part of the karst is located near the coast of the Mediterranean.

The present average pluviometry is close to one meter per year and may reach several meters on the hills and mountains, which permits an important karstification. For these reasons, karsts are very diverse and their history complex.

## 3 - A great cave exploring activity

The knowledge on caves is rapidly improving, cave exploration being very active (in France there are 12 000 cavers and 30 000 known caves). The French system of university research has created a hard core of speleologists who have brought about a general improvement of information collected during explorations.

The world's depth record is now held by the Gouffre Jean-Bernard (fig. 2). In Fontaine de Vaucluse (fig. 3), the depth of -308 meters, i.e. 224 meters below sea level, has been reached by a remote-controlled vehicle, which is, once more, a world record. In France, the longest cave system is Coume Ouarnède, Haute-Garonne, with some 100 kilometers of passages.

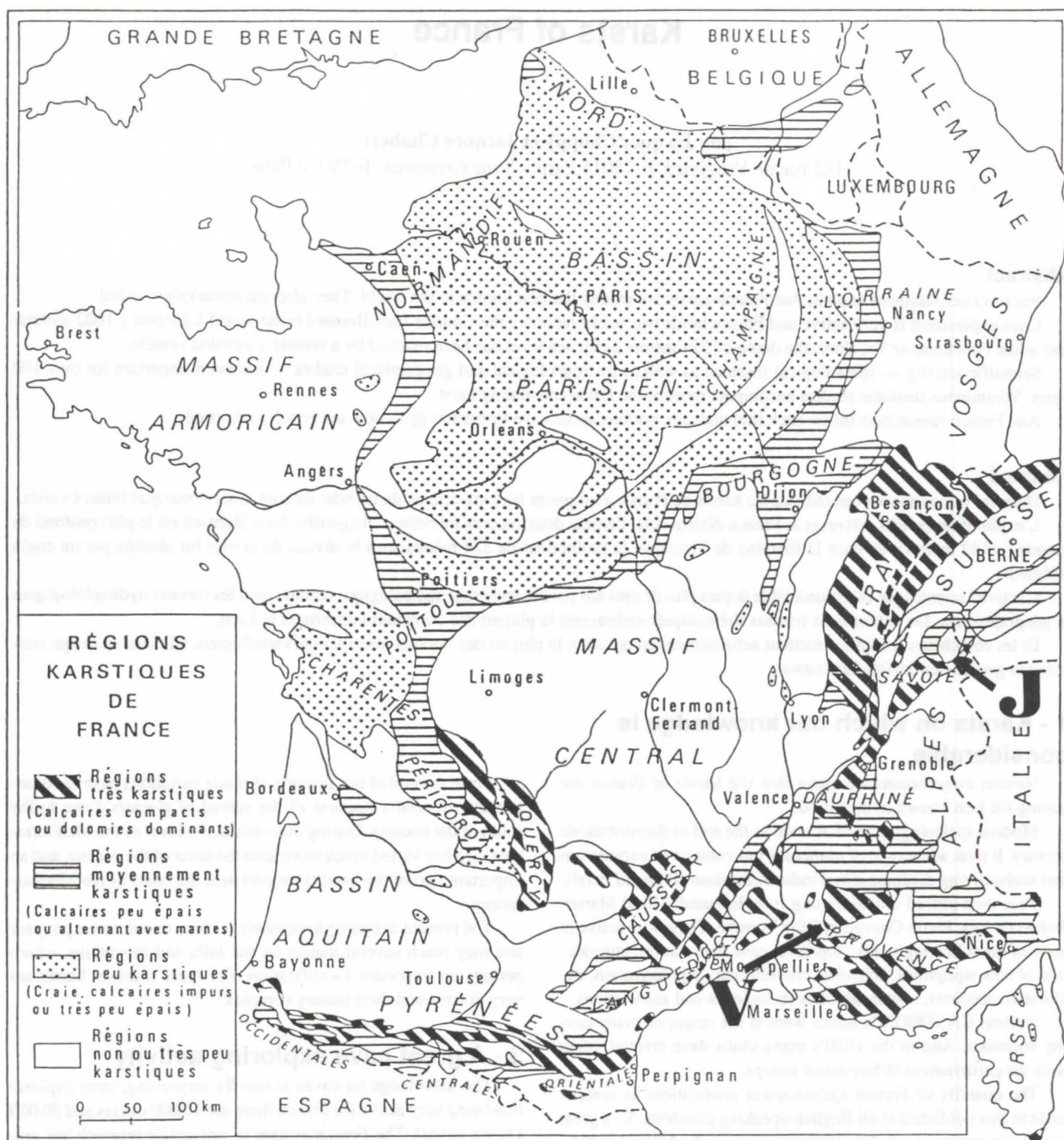
Practical applications increase in various fields : town and country planning, pollution, water supply.

## 4 - A considerable scientific activity

For over 100 years, speleologists have tried to define the characteristics of caves and to explain their formation.

Geographical and geological work on karst started around 1920 :

First, except Jean Corbel, geographers were only interested in surface karst. Since 1978, the Association française de karstologie has promoted meetings and publications. Jean Nicod has for a long



**Figure 1 (from GÉZE) : Régions karstiques de France / Karst regions of France**

**a - Régions très karstiques (calcaires compacts ou dolomie dominants) / Very karstic areas (mostly compact limestone or dolomite)**

**b - Régions moyennement karstiques (calcaires peu épais ou alternant avec des marnes) / Moderately karstic areas (thin limestone or limestone alternating with marl)**

**c - Régions peu karstiques (craie, calcaires impurs ou peu épais) / Very moderately karstic areas (chalk, impure or very thin limestone)**

**d - Régions non ou très peu karstiques / Non karstic areas (or with very little karst)**

**J = Gouffre Jean-Bernard**

**V = Fontaine de Vaucluse.**

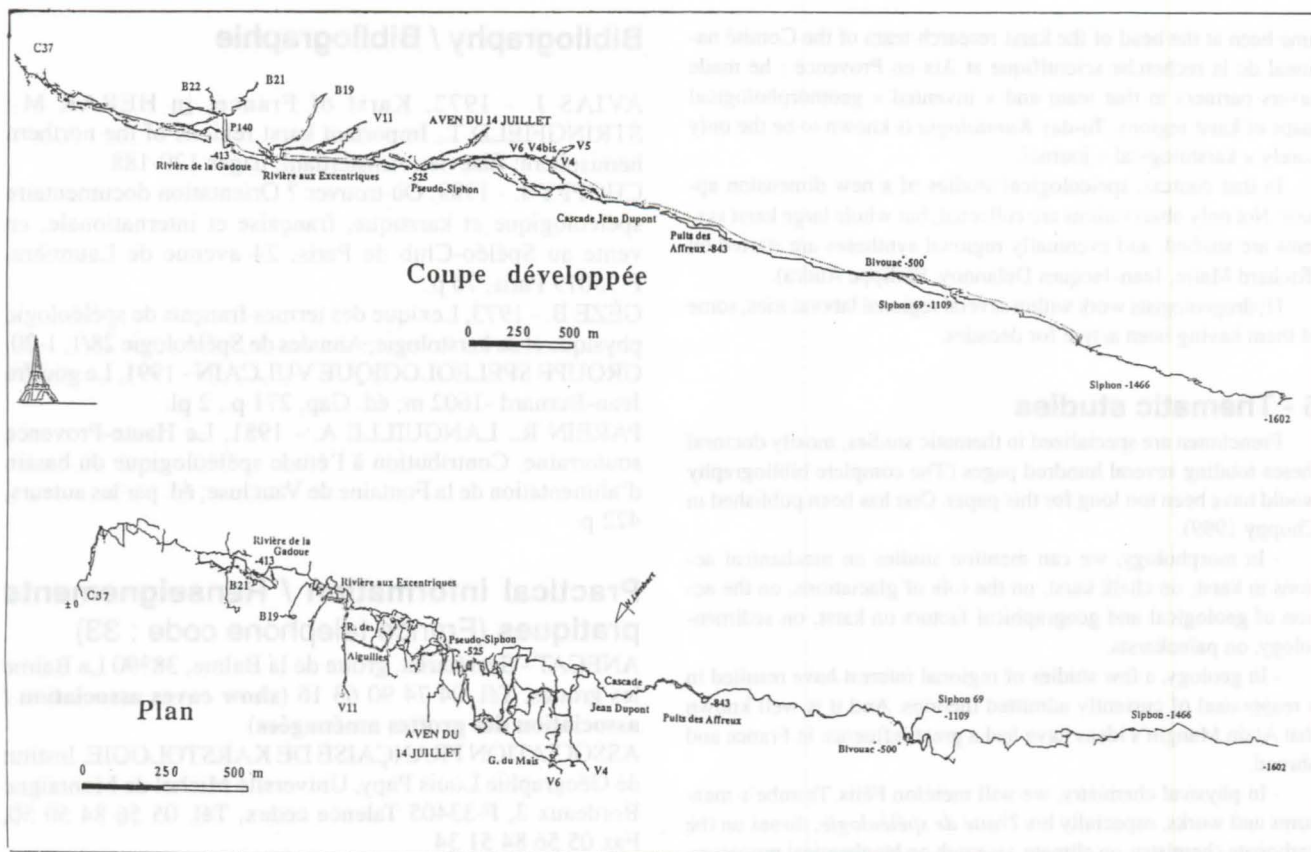


Figure 2 (d'après / from GROUPE SPÉLÉOLOGIQUE VULCAIN) : Plan et coupe du gouffre Jean-Bernard (dénivelation 1602 mètres atteinte en 1990) / Gouffre Jean-Bernard survey (map and section). Depth of -1602 meters reached in 1990.

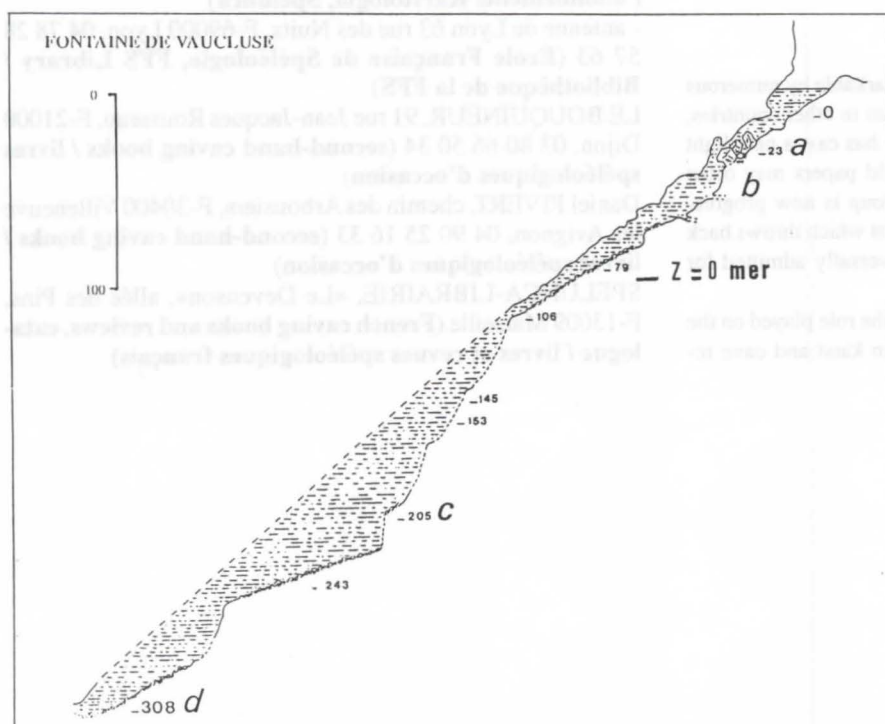


Figure 3 (d'après / from PAREIN, LANGUILLE) : Fontaine de Vaucluse. Coupe avec les plongées les plus importantes / Section showing the most important dives :

- a) -23 m : Ottonelli en scaphandre lourd / Standard Equipment, 1878.
- b) -40 m : équipe Cousteau en scaphandre autonome / Cousteau team with aqualung air-compressed apparatus, 1946.
- c) -205 m : Hasenmayer en scaphandre autonome / Hasenmayer with his aqualung equipment, 1983.
- d) -308 m : Engin téléguidé Modexa / Modexa remote-controlled vehicle, 1985.

time been at the head of the karst research team of the Comité national de la recherche scientifique at Aix-en Provence ; he made cavers partners in that team and « invented » geomorphological maps of karst regions. To-day *Karstologia* is known to be the only purely « karstological » journal.

In that context, speleological studies of a new dimension appear. Not only observations are collected, but whole large karst systems are studied, and eventually regional syntheses are started on (Richard Maire, Jean-Jacques Delannoy, Philippe Audra).

Hydrogeologists work within several regional laboratories, some of them having been active for decades.

## 5 - Thematic studies

Frenchmen are specialized in thematic studies, mostly doctoral theses totaling several hundred pages (The complete bibliography would have been too long for this paper. One has been published in Choppy 1989).

- In morphology, we can mention studies on mechanical actions in karst, on chalk karst, on the role of glaciations, on the action of geological and geographical factors on karst, on sedimentology, on paleokarsts.

- In geology, a few studies of regional interest have resulted in a reappraisal of currently admitted theories. And it is well known that Alain Mangin's ideas have had a great influence in France and abroad.

- In physical chemistry, we will mention Félix Trombe's measures and works, especially his *Traité de spéléologie*, theses on the carbonate chemistry, on climate, research on biochemical processes, physics and geochemistry.

- Several authors brought about new concepts on speleothems.

- Important studies have been made on applied speleology in civil engineering, on applied hydrogeology, on oil research in paleokarsts.

## Conclusion

French speleology and karstology are remarkable by numerous aspects and realizations that have no equivalent in other countries.

The intense field and intellectual activity has cast a new light on karst theories, so that twenty-five year old papers may often appear obsolete. A small French informal group is now progressively bringing about a new vision of deep karst which throws back into question notions on cave formation universally admitted for over fifty years.

This is how is explained, according to us, the role played on the international scene by French speleologists in karst and cave research.

## Bibliography / Bibliographie

AVIAS J. - 1972, Karst of France; in HERAK M., STRINGFIELD T., Important karst regions of the northern hemisphere; Elsevier, Amsterdam; pages 129-188

CHOPPY J. - 1989, Où trouver ? Orientation documentaire spéléologique et karstique, française et internationale; en vente au Spéléo-Club de Paris, 24 avenue de Laumière, F-75019 Paris, 76 p.

GÈZE B. - 1973, Lexique des termes français de spéléologie physique et de karstologie; Annales de Spéléologie 28/1, 1-20.  
GROUPE SPELEOLOGIQUE VULCAIN - 1991, Le gouffre Jean-Bernard -1602 m; éd. Gap, 271 p., 2 pl.

PAREIN R., LANGUILLE A. - 1981, La Haute-Provence souterraine. Contribution à l'étude spéléologique du bassin d'alimentation de la Fontaine de Vaucluse; éd. par les auteurs, 422 p.

## Practical information / Renseignements pratiques (France telephone code : 33)

ANECAT - Secrétariat, grotte de la Balme, 38390 La Balme les grottes, Tél. 04 74 90 63 16 (**show caves association / association des grottes aménagées**)

ASSOCIATION FRANÇAISE DE KARSTOLOGIE, Institut de Géographie Louis Papy, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3, F-33405 Talence cedex, Tél. 05 56 84 50 50, Fax 05 56 84 51 34

AU VIEUX CAMPEUR, 48 rue des Ecoles, F-75005 Paris, Tél. 01 43 29 12 32 (**caving equipment, catalogue / matériel spéléologique**)

FÉDÉRATION FRANÇAISE DE SPÉLÉOLOGIE, 130 rue St. Maur, F-75011 Paris, Tél. 01 43 57 56 54 (**subscriptions / abonnements Karstologia, Spelunca**)

- antenne de Lyon 63 rue des Nuits, F-69000 Lyon, 04 78 28 57 63 (**École Française de Spéléologie, FFS Library / Bibliothèque de la FFS**)

LE BOUQUINEUR, 91 rue Jean-Jacques Rousseau, F-21000 Dijon, 03 80 66 50 34 (**second-hand caving books / livres spéléologiques d'occasion**)

Daniel PIVERT, chemin des Arbousiers, F-30400 Villeneuve les Avignon, 04 90 25 16 33 (**second-hand caving books / livres spéléologiques d'occasion**)

SPELUNCA-LIBRAIRIE, «Le Devenson», allée des Pins, F-13009 Marseille (**French caving books and reviews, catalogue / livres et revues spéléologiques français**)

# „Avenul de sub Coltii Grindului“ (-540 m) - deepest cave in Romania

by Spencer Coca

Department of Geology and Paleontology, University Salzburg, Hellbrunnerstr. 34, 5020-Salzburg, Austria.

## Abstract

The Avenul de sub Coltii Grindului cave (syn. Grind pit) is located in the Piatra Craiului (Kingstone) range in the eastern part of the Southern Carpathians. The pit's entrance was discovered in 1985 at an absolute altitude of 2020 m, that is not so usual for Romanian conditions, where Alpine karst areas are very few.

The Grind pit is developed in Upper Tithonian Stramberg limestones (reef and back-reef facies) near the discordant contact to Neocomian conglomerates. The highly tectonized, bedded limestone dips with  $75^{\circ}$ - $85^{\circ}$  towards E and therefore verticality of the pit is high. The origin of the pit is virtually dependent to a massive tectonic breccia (formed subparallel to bedding during Alpine orogenesis) in through karstification easier developed. Water flow of the pit is directed to the 4 km far karstic springs (medium flow:  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ ) near the town Zarnesti. This means a total vertical potential of 1270 m.

## Zusammenfassung

Der „Avenul de sub Coltii Grindului“ (syn. Grind-Schacht) befindet sich im Piatra Craiului- (Königstein-) Gebirge im östlichen Teil der Südkarpaten. Der Eingang des Schachtes, welcher 1985 entdeckt wurde, liegt in einer Seehöhe von 2020 m; dies ist nicht so gewöhnlich für rumänische Verhältnisse, wo Alpinkarst relativ spärlich vorkommt. Der Grind-Schacht hat sich in oberithonische Stramberg-Kalksteine („reef & back-reef“ Fazies), in der Nähe zum diskordanten Kontakt der hangenden Neokom-Konglomerate entwickelt. Die tektonisierten, gebankten Kalksteine fallen mit einem Winkel von  $75^{\circ}$ - $85^{\circ}$  ein und haben dadurch eine erhöhte Vertikalität des Schachtes hervorgerufen. Es scheint auch, daß die Entstehung des Schachtes in engem Zusammenhang mit einer tektonischen Brekzie, in welcher die Karstifikation schneller stattfinden konnte, zusammenhängt. Das Wasser, welches im Schacht fließt, wird zu den 4 km entfernten Karstquellen (mittl. Schüttung:  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ ) in der Nähe der Stadt Zarnesti geleitet. Das bedeutet ein vertikales Potential von 1270 m.

## 1. Introduction

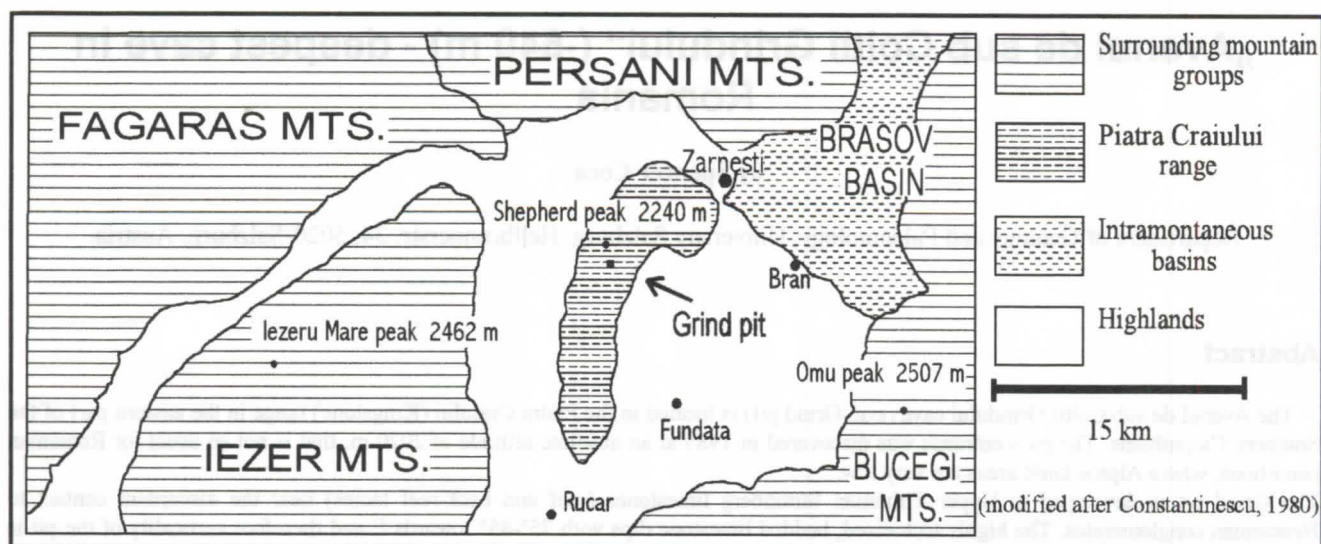
Even though existence of a well developed endokarst in the Piatra Craiului range was for many years unexpected, systematical exploration of the past years come to prove the contrary. This Alpine karst area which is part of the Southern Carpathians and culminates in the Shepherd peak (2240 m) has an enormous relief energy of 1200 m mainly comprising limestones. These karstifiable rocks cover a zone of  $22.9 \text{ km}^2$  (ONCESU, 1943) which means 39.5 % of the whole Piatra Craiului region. The geomorphological aspect of the range is that of a more then 20 km NE-SW striking ridge that is in fact a limb of the same named syncline. The exokarst is of Alpine-type and abundant on both sides of the ridge (CONSTANTINESCU, 1994), but caves are up to present a rare phenomenon. This contradiction spurred many explorers on to concentrate their work in this region. Although first speleological explorations started in 1884 (BIELZ, 1884) it was the merit of PROX to investigate all known caves and to summarize his conclusions in a scientific work (PROX, 1968, 1984). He also first enunciated the hypothesis of great endokarstic systems and paleokarst in the Piatra Craiului range. One of PROX's and other explorers mistake was to direct their attention to the deep pits developed in the overlying Neocomian conglomerate, like Funduri pit (-142 m) and Vladusca pit (-64 m), and to neglect the high altitude and hard accessible limestone areas. In this respect it was CONSTANTINESCU who tried to concrete speleological studies (CONSTANTINESCU, 1980, 1984).

When in 1985 the entrance of the Grind pit was discovered no one thought about the importance of this vertical cave. Until 1988 a (untrue) depth of -202 m was reached where further exploration was stoped by a detrital plug (POPESCU, 1988). In 1992 after a hard working session done by a cavers club it was possible to continue the pit's research. Within two years the actual depth of -540 m was reached, surprisingly again jammed up by a similar plug.

I started my research on the genesis and evolution of the Grind pit in 1994 with the aim to explain the endogene karstification and drainage pattern of the Kingstone aquifer. The basic idea was that this deep pit is up to now the only way to reach the lower parts of Prox's hypothetic karst-system. The lithological and hydrological parameters, and not least the appearance of this vertical cave indicates this.

## 2. Geological Settings

As mentioned before the Piatra Craiului ridge is the western limb of an asymmetrical syncline with a generally NE trending fold axis, builded up during Alpine orogenesis. This syncline is formed of Mesozoic deposits of Jurassic and Cretaceous age. Jurassic transgression first occurred over the crystalline basement during Upper Bajocian. The sedimentation of marly limestones, sandstones and marls is typical for this period that lasted up to Lower Callovian. A facies change to much more sandy



**Figure 1 : The position of the Piatra Craiului range within the Southern Carpathians, Romania**

limestones with cherts inclusions characterizes the Upper Callovian - Oxfordian interval. These two discontinuously developed horizons reach a maximum thickness of 100 m. During Kimmeridgian - Tithonian a typical reef and backreef facies of Stramberg-type is common. Hereby we can identify nearly all zones from higher subtidal to fore slope facies deposits. These highly fractured, white, masive and bedded limestones, have an increasing thickness from S to N ( 700 to 1200 m). They support the discordant Neocomian deposits including marls and glauconitic limestones (Hauterivian), marly limestones with reef lenses (Barremian) and polymictic conglomerates (Aptian). The youngest Cretaceous sediments in this area are micaceous sandstones alternating with siltites of Vraconian to Cenomanian age.

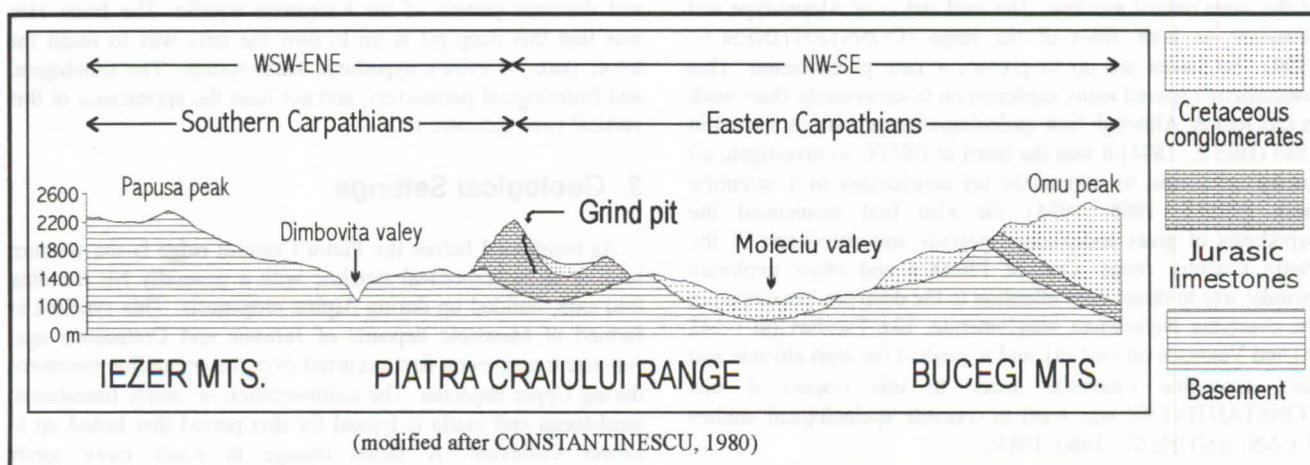
Concomitant to the tectonic uplift of this Mesozoic cover a lot of faults showing different generations emerged. In fact we can group them in NE-SW (parallel to fold axis) and NW-SE (transverse to fold axis) striking ones. Both play a role for the local speleogenesis.

### 3. Results

The speleological parameters of this cave are relevant for understanding the characteristic karstification processes. First of all the cave has uncommon dimensions for this region. Except for the upper part every pit is very large, the diameter increases with

depth reaching a maximum of 30 m. The shape varies from elliptic to circular. The length of vertical parts is in a range between 14 and 69 m. Noticeable is the abrupt morphology change after the very narrow passage (only 19 cm wide !), in fact a diacalse, at - 288 m. In the upper part verticality is higher and at many places the throughpass to strata (angle 5°-25°) is visible whereas in the lower part subvertical passages developed clearly on interbedding planes are normal (except the last pit (-69 m, 30 m diam.) which is unusual for this part). There is also a change in the orientation of these two sections. The first one is generally oriented towards SW and the second one towards NE, several times abruptly changing the direction in only a few meters (zig-zag pattern) showing development along a line of fault intersection. Comparing the pit's general orientation with the surface joint pattern we identify remarkable similarities thus giving evidence of development closely related to tectonic precondition. The entrance is also located on a major fault visible from the crest of the ridge up to the fold axis, trending ENE. If we quantify the main directions of the cave's development two of them are clearly predominant: NE-SW and ENE-WSW meaning that the orientation is not only in direction of fold axis but also in direction of the northern part of the syncline, where karst springs appear at altitudes between 850 m and 760 m. The prolongation of the main cave development direction NE-SW leads directly to them. Abundant corrosive marks can be identified the whole cave trough giving evidence of

**Figure 2 : The location of the Grind pit in the geological profile**

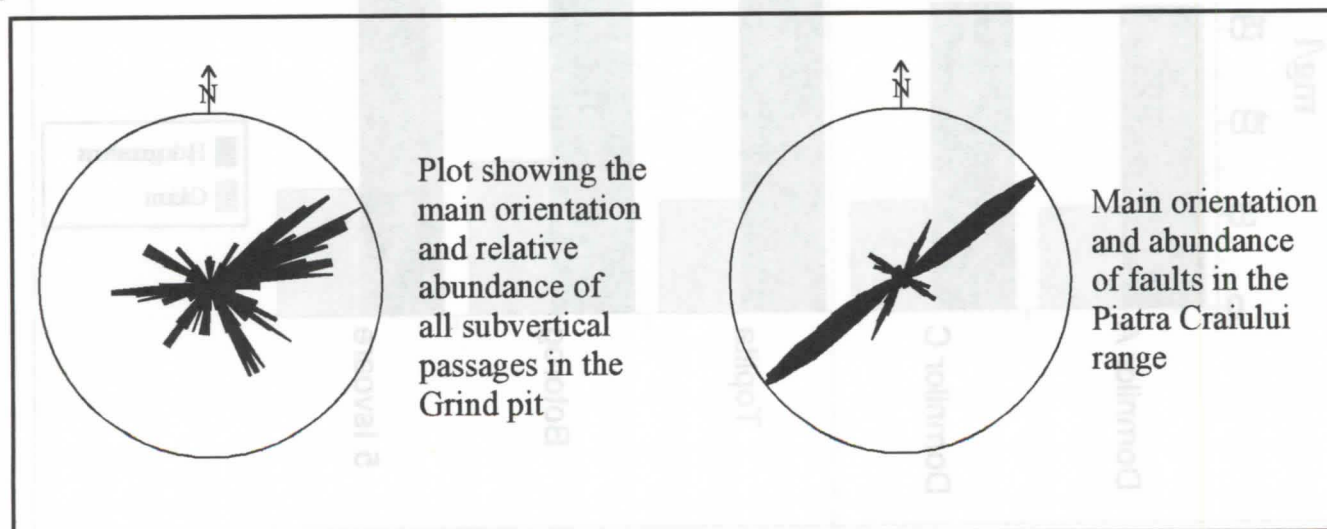


highly aggressive waters as a major factor in the pit's development. Thin, bladelike septae of different sizes cover almost all walls. A close-up reveals differentiated solution of micritic parts and sparite-cemented cracks forming a miniaturized box-work like pattern. Corrosive features can be seen above the mentioned detrital plugs in -288 m and -540 m where temporarily stagnant water widened pit bases. Fossil and active stepwise canyons with marmites are erosional structures, clearly demonstrating the deepening of drainage. Remarkable is an old canyon between -50 m and -100 m showing organized water flow quite below actual surface.

Concretions are rare. These include little stalactites and stalagmites and widespread, partly thick, calcite wall-flows, that are frequent above all in the upper part of the pit. Clastic deposits cover the whole range from psephites to pelites, last ones being only below detrital plugs and therefore clearly originating from them. They are important below -400 m because of marking high water-flow stands. Incision boulders are absent but alluvial pebbles and gravel accumulates at the bases of pits. The often mentioned detrital plugs are in fact tectonic breccia lenses, developed between strata during the uplift of the syncline. They can reach a thickness of 10 m and are of equal appearance in both depths. The breccia is composed of different size, angular lime clasts inbedded in a clayely matrix. The components are autochthon (only from upper and lower strata) and neither sorted nor ordered. This matrix-supported breccia comprises diagenetically cemented portions, partly encrusted by calcite, and portions that are poorly consolidate and washed out by water-flow. The breccia appears in a depth of -130 m and is visible (varying in thickness) up to -540 m where it forms a 10 m wide and 30 m high cone making human penetration impossible. Water-flow disappears between the lime components, washing out the clayely matrix. Even after heavy rainfalls and snow melting there was no significant water stagnation above this plug. In the upper parts of the cave where breccia patches are still hanging in cracks and on the walls differential corrosion (that is higher in limestones and lower in breccia) can be seen. This means (supposing the breccia fullfilled in earlier times the space of actual cavement) that enlargement of the cave was primarily done by corrosive processes and subordinarely by erosive breccia wash-out.

No strong evidence is available up to now for preferential karstification within the breccia even though remnants of it are quite visible in many places. The origin of the breccia is unclear and also the relationship to fault intersection.

**Figure 3 : Correlation between cave orientation and joint pattern**



The water-flow in the pit is permanent and well organized. The water appears at a depth of -70 m and collects on the way down other sources in -100 m, -150 m and -285 m. Generally the water follows the pit's line, only two times disappearing in impenetrable cracks but appearing 20-30 m deeper again. Because of the inexistence of soil/vegetal surface-cover water infiltration is very direct and due to the abundance of cracks and joints very high. Therefore sudden rainfalls or snowmelts have catastrophic results for explorers trapped in. The water temperature is 4° C and freezes in winter times only in a depth up to -50 m. All vertical passages below -120 m form cascades sprinkling on the walls thus contributing to corrosion. Permanent corrosion is also an attribute of the aggressive water vapour produced by cascades. Noticeable is the amount of supplied water just in a depth of -120 m indicating a rapid subsurface drainage.

Supposing that water-flow is directed within a preexistent tectonic pattern to the mentioned karstic springs in the northern part of the syncline investigations on them must be made. There are 5 springs grouped at two different levels: „Botorog“ and „5 Isvoare“ at 832 m and 845 m respectively, and „Domnilor A+C“ and „Toplita“ at 760 m. Three of them are captured for the water supply of the town Zarnesti and all of them drain the aquifer to the hydrological basin of the Barsa river.

I have measured the hydrochemical and physical parameters of these springs (pH, temperature, Ca, Mg and Hydrogencarbonate content) using the field titration method (after TSUNOGAI) for Hydrogencarbonate and atomic absorbtion spectrometry for Ca and Mg. Results are listed in Table 1.

Noticeable are the following facts: the two altimetric spring levels have different, but similar for each one, chemical parameters and the amount of dissolved ions decrease with altitude (ca. 25%). A wide range of temperatures was measured ranging from 6.4° C for the „Domnilor A“ and 11° C for the „Toplita“ spring.

Microfacies - analysis of gravels from „Domnilor A“ spring show same features like rock samples collected in the pit and not like surrounding rocks allowing to locate them in zones of at least similar facies.

#### 4. Conclusions

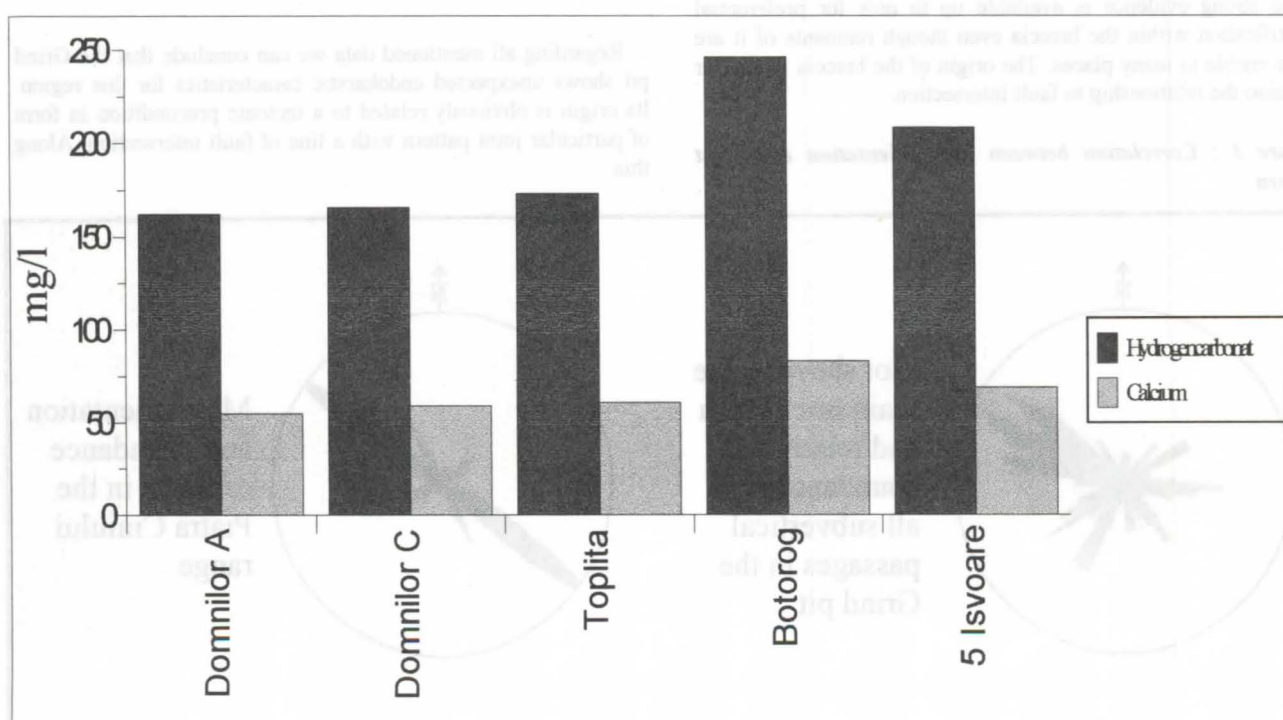
Regarding all mentioned data we can conclude that the Grind pit shows unexpected endokarstic characteristics for this region. Its origin is obviously related to a tectonic precondition in form of particular joint pattern with a line of fault intersection. Along this

Name and altitude of the spring		pH	Temp. (°C)	Hydrogencarbonat (mg/l)	Calcium (mg/l)	Magnesium (mg/l)
Domnilor A	(760 m)	7,4	6,4	162,26	55,03	1
Domnilor C	(760 m)	7,05	8,8	165,92	59,21	1,2
Toplita	(765 m)	7,27	11	173,24	61,01	1
Botorog	(832 m)	7,59	7,9	246,44	83,14	1,3
5 Izvoare	(845 m)	7,47	8,2	208,62	68,78	1,4

**Table 1 : Hydrochemical and physical parameters of the measured karst springs**

line access of water to the aquifer was facilitated. Also the tectonic breccia with its higher porosity accelerated the penetration of water and so a relative fast karstification, due to an increased amount of entering water, was possible. The inclination of strata is quite similar to general inclination of the cave and so we may conclude that exposed interbedding also played an important role during development of the cave. In fact we cannot quantify the importance of these parameters for the speleogenesis. The water-flow is well organized and probably directed to the karstic springs in the northern part of the syncline. The shapes and dimensions of the aquifer still remain mysteriously but because of different parameters of the springs, there are at least two distinct water-flows at different levels. Supposing that similar pits (functioning as water collectors) are still existing and regarding the cumulated discharge of the aquifer ( 2200 l/s) we are able to say that there is an important endogene karstification in the Piatra Craiului range. The cave continues below the breccia plug at the actual end of the pit in - 540 m. Exploration is still going on with the hope to enter PROX's karstic system.

**Figure 4 : Diagramm showing the ratio of  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{Ca}^{2+}$  ions in the measured karst springs**



## 5. Acknowledgements

I have to express my thanks to Prof. Zankl, Dr. Merz and Dr. Grimmeisen from the Geological Institute, University Marburg, Germany for guiding me in hydrogeochemical analysis and to Cristian Lascu and Dr. T. Constantinescu from the Speleological Institute „E. Racovita“, Bukarest, Romania for the helpful discussions and ideas.

## 6. References

- BIELZ, E.A. 1884. Beitrag zur Höhlenkunde Siebenbürgens, Jahrbuch des SKV IV, 24-25, Hermannstadt.
- CONSTANTINESCU, T. 1980. Le karst de Piatra Craiului. Particularités de la genèse et de l'évolution du karst. Trav. Inst. Speol. XIX, 203-217, Bucarest.
- 1984. Carte de la circulation des eaux souterraines dans le massif de Piatra Craiului. Trav. Inst. Speol. XXIII, 75-79, Bucarest.
- ONCESCU, N. 1943. Région de Piatra Craiului-Bucegi. Étude géologique. Ann. IGR XX, Bucarest.
- POPESCU, G. 1988. Avenul de sub virful Grind. Cercetari Speologice, 103-109, Inst. Petrol si Gaze Ploiesti.

# Polish caving 1994-1996

Michał Gradziński

Polish Alpine Association

postal address: Institute of Geological Science, Oleandry Str. 2a, 30-063 Kraków, Poland

## Abstract

Traditionally the most spectacular explorations were done in the Austrian Alps. In the Leoganger Steinberge Vogelschacht was joined to Lamprechtsofen and this cave becomes the second deepest cave in the world. Other fruitful expeditions worked in the Höher Göll and the Tennengebirge, where the new deepest than 1000 m cave was discovered. Other Polish exploration teams carried out in Spain (the Picos de Europa), Italy (the Julian Alps), Germany, Norway, Slovenia, Turkey, Mexico and Vietnam. The first climbing ascend from Sistema Cheve (Mexico) was done in 1994. Other numerous outside expeditions, not only to European caves, were mainly the training activity.

Some interesting explorations were done in Poland too. In winter 1996 Jaskinia Wielka Litworowa was joined to the deepest Polish cave - Wielka Śnieżna. It was the first minus 800 m in Poland (vertical extent 814 m). Interesting discoveries were done either in other caves in the Czerwone Wierchy Massif (the Western Tatra Mts.).

## Introduction

At present there are about 1000 cavers in clubs belonging to the national federation - the Polish Alpine Association. The Western Tatra Mountains - the limestone part of the Tatra range is practically the only region in Poland where large and deep caves are encountered. Because of that the everyday activity of Polish cavers, both exploration and training, is concentrated in this area. In recent years there were also many expeditions abroad, not only the usual exploration of various karst massifs of the world, but also numerous training trips, some of them to the largest cave systems. In part this is the result of the abolition of state imposed travel restrictions after 1989. All the more significant successes, both at home and abroad, were the outcome of long, sometimes lasting for many years, conceptual and field work.

## Expeditions abroad

The Austrian Alps were traditionally the goal of numerous Polish expeditions. Some of them yielded spectacular exploration results. The activity in this region was possible thanks to the friendly attitude of the Austrian hosts who provided our cavers with invaluable assistance.

Two expeditions (in 1994 and 1995) to the Leoganger Steinberge were led, as almost always in the past, by Andrzej

Ciszewski. Their goal was the linking of Vogelschacht and PL-2 (both situated in Nebelsbergkar) with Lamprechtsofen. In 1995 Henryk Nowacki and Krzysztof Piksa descended a 100 m deep pitch in Vogelschacht and reached the Fortuna Geschmack series in Lamprechtsofen. Thus the total vertical extent of Lamprechtsofen reached 1532 m (-1521; +11) which meant that it became the second deepest cave in the world (Figure 1). Farther work carried out by the same team was aimed to link PL-2 to Lamprechtsofen. Such a success would result in a vertical extent of 1615 m, but still ca. 250 m separates the caves.

The prolonged and systematic exploration of Höher Göll by KKS (Speleoclub Katowice) expeditions (leader Piotr Kaizik) was concentrated in 1994-96 around the eastern branch of the massif - the Hochscharte pass area. The most interesting achievement was the discovery of Kammerschartenhöhle, which the depth of 815 m reached in 1996. A possible link with the long known nearby Gruberhornhöhle would create a system deeper than 1000 m.

Expeditions organized by SG KW Wrocław explored the eastern part of the Höher Göll in 1995 and 1996. Their main target were Koboldschicht and Ogrschacht (discovered in 1995). The latter cave reached the depth of 613 m and length of 1455 m as a result of the 1996 expedition. Besides, about 1 km of new passages were found in the long known Bärenstuhlhöhle. The

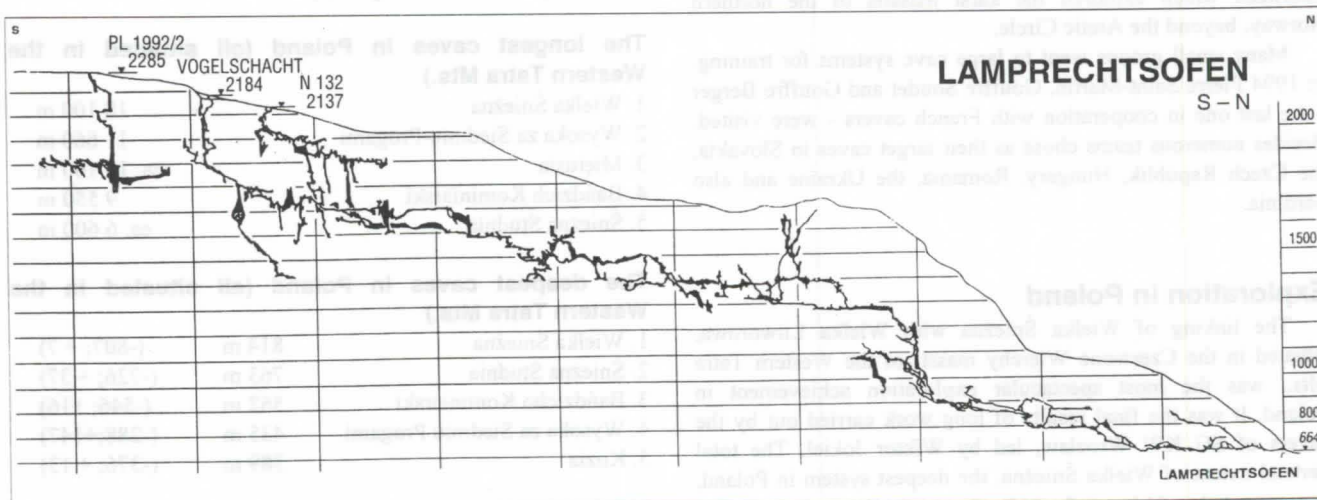


Figure 1 : Simplified section of Lamprechtsofen, 1995, after Ciszewski

linking of Ogrschacht and Koboldschacht with Mondhöhle (explored by Poles in 1996) would mean a system deeper than 900 m.

The Tennengebirge massif was the target of expeditions organized by FAKS (the Federation of Student Caving Clubs), led by Jarosław Rogalski and Speleoklub Żagań led by Rajmund Kondratowicz. The former team explored the southern part of massif concentrating their activity in Schnee Maria Höhle and Ariadna Höhle. They also discovered many smaller caves. The Żagań cavers visited the eastern part of the Tennengebirge. In August 1996 P-35 (discovered in 1988) was extended from -450 m to -1010 m. A new name, Hedwighöhle, was proposed for the cave.

In 1996 a small team of STJ KW Kraków went again to the Stainerness Meer. They explored an area situated on the German - Austrian border where GK-3 (found in 1990) was deepened to -340 m.

In recent years the expeditions of Speleoklub Wrocław (leader Marek Jędrzejczak) explored El Cornion massif of the Picos de Europa Mts. in Spain. Last summer they were also joined by a KKTJ (Kraków Caving Club) group. In 1995 their main success was the linking of A-24, A-25, A-1 and A-30 into one system called Sistema del Jou de la Canal Parda which was extended to -903 m in 1996.

Other Polish expeditions (organized by Speleoklub Bielsko-Biała and Speleoklub Sosnowiec) carried out exploration in the Julian Alps on both sides of the Italian Slovene border. Numerous small caves were found.

There was also some activity outside Europe. Two groups went to Mexico. In 1994 an expedition led by Tomasz K. Pryjma visited Sistema Cheve - the deepest cave in Mexico. The four-man team climbed out of the cave (using alpinist techniques) starting from the bottom (-1215 m). Besides they discovered some caves in the Sierra Juarez Oest massif (the depth of -473.5 m was achieved in one of them). The second group came to Mexico in January 1996. The cavers of Speleoklub Częstochowa visited the Bolkar Mountain in Turkey in summer 1995. They explored several caves, the deepest one is -190 m. In spring 1996 a reconnaissance expedition to Vietnam achieved interesting results.

It should be mentioned that Poles also participated in international events. Małgorzata Kosior-Roemer joined the exploration of Lechugilla cave, while a five-man group of the University of Poznań took part in an expedition led by Stein-Erik Lauritzen which explored the karst massifs of the northern Norway, beyond the Arctic Circle.

Many small groups went to large cave systems for training. In 1994 Pierre Saint-Martin, Gouffre Soudet and Gouffre Berger - the last one in cooperation with French cavers - were visited. Besides numerous teams chose as their target caves in Slovakia, the Czech Republic, Hungary, Romania, the Ukraine and also Sardinia.

## Exploration in Poland

The linking of Wielka Śnieżna with Wielka Litworowa, situated in the Czerwone Wierchy massif of the Western Tatra Mts., was the most spectacular exploration achievement in Poland. It was the final results of long work carried out by the cavers of SG KW Wrocław, led by Wiktor Jokiel. The total vertical extent of Wielka Śnieżna, the deepest system in Poland, was extended to 814 m (+7, -807) (Figure 2). The system length,

including the discovery of a new series - Przemkowe Partie and other smaller finds reached ca. 18 100 m.

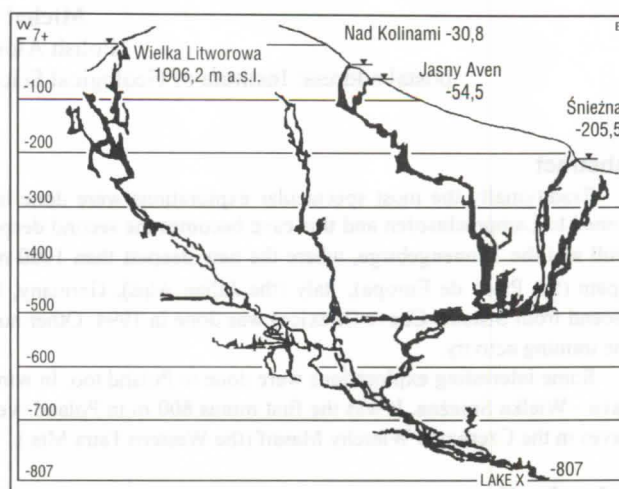


Figure 2 : Simplified section of Wielka Śnieżna cave, spring 1995, after SKTJ cave page

Another important success was achieved in Studnia w Kazalnicy (the Czerwone Wierchy massif). The vertical extent of the cave was increased from -34 m to 235 m (-199; +36). There were also several other significant, though smaller finds in a number of Tatra caves (Kozia, Bańdzioch Kominiarski, Ptasia Studnia, Śnieżna Studnia).

The intensification of diving activity in the caves of the Tatra Mts. should also be mentioned. A dive in the terminal sump of Śnieżna Studnia (1994) deepened the cave to -715 m (the vertical extent reached 752 m). In 1996 Wiktor Bolek set up the record of depth diving -50 m in a sump situated at the bottom of the Ciasne Kominy series in Jaskinia Miętusia. He thus extended the cave depth from -245 m to -258; the vertical extent being now 280 m. Another sump was dived through in the same cave by Krzysztof Starnawski who discovered a small series beyond.

The most significant exploration success outside the Tatra Mts. was the linking of Chelosiowa Jama with Jaskinia Jaworznicka in spring 1996. The new system, situated in the Świętokrzyskie Mts., is 3670 m long and is now at the ninth place on the list of the longest Polish caves. Numerous discoveries were also made in other karst regions of Poland (Cracow-Wieluń Upland, Pieniny Mts., Beskidy Mts., Świętokrzyskie Mts., Sudety Mts.).

## The longest caves in Poland (all situated in the Western Tatra Mts.)

1. Wielka Śnieżna	18 100 m
2. Wysoka za Siedmiu-Progami	11 660 m
3. Miętusia	ca. 10 100 m
4. Bańdzioch Kominiarski	9 550 m
5. Śnieżna Studnia	ca. 6 600 m

## The deepest caves in Poland (all situated in the Western Tatra Mts.)

1. Wielka Śnieżna	814 m	(-807; +7)
2. Śnieżna Studnia	763 m	(-726; +37)
3. Bańdzioch Kominiarski	562 m	(-546; +16)
4. Wysoka za Siedmiu Progami	435 m	(-288; +147)
5. Kozia	389 m	(-376; +13)

# On Finnish caves

Aimo Kejonen

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

## Abstract

A cave is defined in Finland as a hollow or space in the bedrock or in the loose earth which is large enough to fit 2-3 people comfortably. Half caves, rock shelters, that can comfortably fit at least 10 people are also counted as caves. Additionally, smaller hollows which are very valuable for geological, historical or other reasons, may be accepted as caves. About 750 caves are known in Finland. Most of the Finnish caves are small, the longest is some over 100 m long.

The history of Finnish speleology is short. Folklorists, archeologists and geological maps making geologists were the first to make cave inventories over 100 years ago. Rosberg made the first true speleological investigations 1908-1914. The recent speleological investigation was started 1989.

In Finland, a genetic-morphological scheme of cave classification that divides caves into 14 genetic types names A-L is used: A. crystal caves, B. seismotectonic crevice caves, C. karst caves, D1. tafoni caves, D2. weathering caves in preglacial weathering zones, D3. other weathering caves, E. glacial crevice caves, F. glacial boulder caves, G. glacial earth caves, H. marine erosion caves, I. rockslide caused boulder caves, J. river erosion caves, K. glacial abrasion caves and L. ice caves. The ice caves are cave types A-K and their microclimate is so cold that ice is preserved over summer in these caves. Many of the Finnish caves are polygenetic. The cave types like EF, D2F or BEF are very common in Finland.

Finnish bedrock is a part of the Fennoscandian shield, which is composed mainly of precambrian crystalline silicate rock types. The limestones are regionally metamorphosed crystalline rocks that belong to the hard Precambrian basement. Younger, early Paleozoic limestones occur in Ahvenanmaa, in the bottom of the Gulf of Bothnia and on the Norwegian border at Enontekiö in Lapland. The glacial ice-sheet covered Finland at least five times during the last million years. The action of the ice sheets and their melt waters destroyed the greater part of the caves that pre-dated the ice age, but created many new caves. Seventy-five to eighty percent of caves were formed by glacial action, 10-15 % are karst and pseudokarst caves and 5 % of caves were developed by other reason.

The cave frequency in Finland is usually even. Some special cave areas can be found like karst caves in Southwestern Finland and at Enontekiö in Lapland, pseudokarst caves in rapakivi areas in Ahvenanmaa, Laitila and Viipuri, crystal caves in the quartzite areas at Koli, Vuokatti, Kuusamo, Puolanka and Luosto and the crevice and boulder caves in the Salpausselkä area and its hinterland between Lahti and Heinävesi.

Speleothems and other cave deposits are small in Finland. Thin layers of gypsum, carbonates and iron-hydroxides are common on cave roofs. Investigation of the cave floor sediments has been started some years ago. The oldest floor sediments are interstadial or interglacial.

## 1. Introduction

A cave is defined in Finland as a hollow or space in the bedrock or in the loose earth which is large enough to fit 2-3 people comfortably. Half-caves, rock shelters, that can comfortably fit at least 10 people are also counted as caves. Additionally, smaller hollows which are valuable for geological, historical or other reasons, may be accepted as caves. About 750 caves are known in Finland. Their length varies from a little over 3 m to over 100 m, their depth from 0 m to about 15 m and their height of occurrence from below the sea level to about 550 m asl. In Finland, a large cave is considered to be one over 25 m long. Caves are usually open to the outside air. Crystal caves and glacial earth caves are in this case exceptional: they are found during mining, gravel extraction and earth construction activities.

## 2. Short history of Finnish speleology

The earliest general descriptions of Finnish caves are in inventories of archeology, local history and folklore in publications by scholarship students belonging to the Finnish Literature Society and the Finnish Antiquities Society (e.g. BJÖRCK 1883, PELKONEN 1902), in certain geographical studies (HULT 1887) and in geological map explanations (e.g. MOBERG 1889, WILKMAN 1898, FROSTERUS and WILKMAN 1917). The study of karst phenomena started at the same time (ESKOLA 1913, ESKOLA et al. 1919). ROSBERG (e.g. 1910a, 1910b, 1911, 1913-1914) published the earliest speleological studies and these were followed by some individual studies (KROGERUS 1923, TANNER 1935). Caves and karsts were also described along with other research material (KING & HIRST 1964, OHLSON 1964). The first, rather modest, list of

Finnish caves was only published later (KARILAS 1957, TELL 1970).

Interest in caves was rekindled in the 1980's. Curious, accidentally-founded caves were described such as earth caves, which form when fragments of ice-sheet that have been buried in the ground melt (RAINIO and VESAJOKI 1981, SAARENKETO and TAMMELA 1987, KEJONEN et al. 1989), miarolitic or other type crystal caves (e.g. KINNUNEN et al. 1987) and tafoni caves (KIELOSTO et al. 1985, KEJONEN et al. 1988a, 1988b, 1996). In 1989, four researchers formed an unofficial working-group to start a project with the aim of listing Finnish caves and clarifying their mode of formation, the age and stratigraphy of the cave deposits, their flora and fauna and the nature of human activity in the caves. The inventory is still in progress, but regional descriptions of caves and studies of ice caves, active sedimentation and cave deposits have been published (KEJONEN 1990, 1992a, 1992b, 1994, SALONEN 1990, SALONEN and KEJONEN 1991, KEJONEN et al. 1991).

Regional planning authorities began to inventory caves at the end of the 1980's as part of the planning model and regional plan. This plan identified localities that are valuable from a nature protection point of view. Additionally, explanations of caves of the certain areas made by private individuals have appeared in recent years (e.g. MÖRN 1992).

The history of biospeleology and cave archeology in Finland is short. In Torhola cave, Lohja, invertebrate fauna have, at least, been studied (KROGERUS 1926, BISTRÖM & HIPPA 1987). In addition, only scattered observations of the cave fauna have been made (ROSBERG 1910b, VÄISÄNEN 1983). The cave inventory that is

in progress connected to the past observations of the caves flora and fauna. Research on the caves' organisms is underway.

First geological investigations concerning the floor sediments of the Finnish caves were made 1989-1990 (SALONEN 1990, SALONEN and KEJONEN 1991). The cave floor sediments are mostly postglacial, but glacial (Weichselian) and interstadial sediments have been found too. The most recent results of the geological investigations of the cave sediments made in summer 1996 in the Susivuori or Susiluola cave at Kristiinankaupunki are not yet ready, but the sediments are partly pre-Weichselian. A lot of old bone material belonging to *Alces alces* and *Rangifer tarandus* and one handaxe of stone were found (FT Hirvas, oral communication).

The archeological research in Finnish caves is very limited. The oldest findings are from Stone Age: comb-ceramic (8200-6000 BP) arrowheads and ceramics (TAAVITSAINEN 1982), one hammeraxe (4000-3500 BP), rock paintings in caves and around cave entrances from Stone Age to early Bronze Age (7000-3000 BP) (RAUHALA 1976, KIVIKÄS 1996), ceramics from Bronze Age (MEINANDER 1954) and the observations concerning caves as a part of Iron Age hill fortresses (APPELGREN 1891). Younger findings like silver and coin treasures, iron tools, spearheads, knives are of Iron Age, medieval or younger (NORDMAN 1922, SARVAS 1975).

### 3. Karst phenomena in Finland

Finnish bedrock is part of the Fennoscandian shield, which is composed mainly of Precambrian crystalline silicate rock types like granitoids, metamorphic schists and mafic and ultramafic intrusive rocks. The limestones are regionally metamorphosed crystalline rocks that belong to the hard Precambrian basement. The limestones are calcitic in southern and western Finland and they are dolomitic in eastern and northern Finland (ESKOLA et al. 1919). Younger, early Paleozoic limestones occur on Ahvenanmaa, in the northern part of the Gulf of Bothnia and on the Norwegian border at Enontekiö in Lapland (UUTELA 1989, 1993).

HULT (1887) first described the karsts of the Lohja area. ESKOLA (1913) described numerous karst forms in the limestone bedrock of southwestern and southern Finland such as pitted, grooved and clint and grike surfaces, widened open joints and joint nets, abrasion cliffs and caves. In Västana fjärd, in addition to the postglacial karsts there are ancient karst holes, opened joints and small caves filled with Cambrian sandstone. HAUSEN (1934) described some metres deep and wide solution hollows and caves filled with Cambrian sandstone and/or kaolin from one of the limestone quarries at Parainen. EKLUND (1933) briefly described the karst surfaces of the southwestern Finnish archipelago. HAUSEN (1942) and OHLSON (1959, 1964) described the karst formations in Lapland. The most notable of these karst forms is the longest Finnish cave, Toskaljärvi cave (Fig. 1, point 1), over 100 m long tunnel in early Paleozoic limestone. A small river flows through the tunnel and keeps the cave filled with water. GLÜCKERT (1971) described postglacial karst formations e.g. caves in the Lohja area.

Pothole-like weathering cavities in rapakivi and other easily-weathering granitoids are best known pseudo-karst formations (JAATINEN 1972, AARTOLAHTI 1975, UUSINOKA and ERONEN 1979, HIRVAS et al. 1982, KEJONEN 1988). SEDERHOLM (1898) and KEJONEN (1987) have described the clint and grike structures of the metamorphic conglomerate and schist rocks on the shores of Lake Näsijärvi.

### 4. Caves

The Finnish cave selection is exception in the point of view of the other world. The karst caves are rare. Most of the caves are produced by the glacial ice. In Finland, a genetic-morphological scheme of cave classification that divides caves into 14 genetic types named A - L is used. In this text each cave's name is followed by a number

in brackets that indicates its location (Fig. 1).

Crystal caves (A). Process: magma crystallisation and/or hydrothermal fluids. The largest of these types are water-filled caves (30 m x 10 m x 2-3 m) that occur at depths of 100-150 m in the Korsnäs mine (2, Fig. 1). The caves are the result of Cretaceous hydrothermal activity (KINNUNEN 1989). The age of the surrounding rocks is Precambrian. Crystal caves also occur in rapakivi areas and in quartzite formations of eastern Finland and Lapland. In the rapakivi areas, the age of the crystal caves is the same as that of the surrounding rock: 1500-1700 million years.

Seismotectonic crevice caves (B). Process: earthquakes. The consist several caves over 25 m long, which occasionally have entrances on several levels. South Lapland's 35 m long Korouoma's Karhunpesä cave (Bear's lair) (3) at Rovaniemi and the 31 m long Otsavaara cave (4) at Kemijärvi are good examples. The caves are similar to glacial crevice caves, but may differ morphologically in certain circumstances. Such differences are seen in places i) where there has been no quarrying glacial erosion, ii) where the vertical and horizontal movements of bedrock blocks occur in tight and unlikely places from the point of view of glacial erosion, iii) where coarse-grained moraines that occur inside the caves and moraine boulders of "foreign" rock types are too big to fit in the caves's present-day entrance and iv) where the walls of bedrock have disintegrated due to earthquakes in the immediate vicinity. Most caves tend to have developed at the end of the Weichsel ice age, or immediately after it, 8000-12000 years ago.

Karst caves (C). Process: limestone solution. Notable examples of these cave types are the over 100 m long Toskaljärven cave (1) and the 31 m long Torhola cave (5) at Lohja. The present climate appears to favour the dissolution of limestone, but stalactite formations are rare and small in size. The largest stalactite found is about 5 cm long. The age of the caves varies. As described earlier, in the limestones occur hollows partly or totally filled with Cambrian sandstone. Till found in the bottom deposits of some caves indicates that the caves were in existence at least during the time of the last ice age. Part of the karst caves were formed after the ice age and their development continues today.

Tafoni caves (D1). Process: tafoni (alveolar) weathering in silicate rock. The large tafonis are the result of preglacial chemical weathering and postglacial chemical-physical weathering and erosion (KIELOSTO et al. 1985, KEJONEN et al. 1988b). The largest tafoni cave is Karhunpesäkivi (Bear lair boulder) (6) (3 m x 2 m x 2 m). Generally, a honeycomb structure, of varying clarity, caused by weathering occurs on the roofs of the tafonis.

Weathering caves in preglacial weathering zones (D2). Process: preglacial chemical weathering and glacial/postglacial erosion. These caves occur, for example, in rapakivi areas (KEJONEN 1985) and in easily-weathering, pyroxene-bearing granitoid areas (LAHTI 1985). Notable examples of this cave type are the partly artificially closed, over 30 m long, gorge-like over 20 m long Susivuoren luola (Wolf mountain cave) at Kristinankaupunki (30), Pirunpesä (Devils lair) of Paljakka (7) at Kiuruvesi, the 8 m long Pirunpesä (Devils lair) (8) of Väkeväjärvi at Ylämaa and several caves at Kuusamo, such as the 15 m long Halosen uuni (Halonen's oven) (9) (see Fig. 2). The caves developed in two stages. Firstly, jointing-induced preglacial weathering softened rock around joints. Secondly, glacial or postglacial erosion took place and emptied the weathering zones. In some cases, a "piping" phenomena caused by groundwater flow has effected cave formation. Most of the thick and probably old floor deposits of the Finnish caves have been found in the caves of this type.

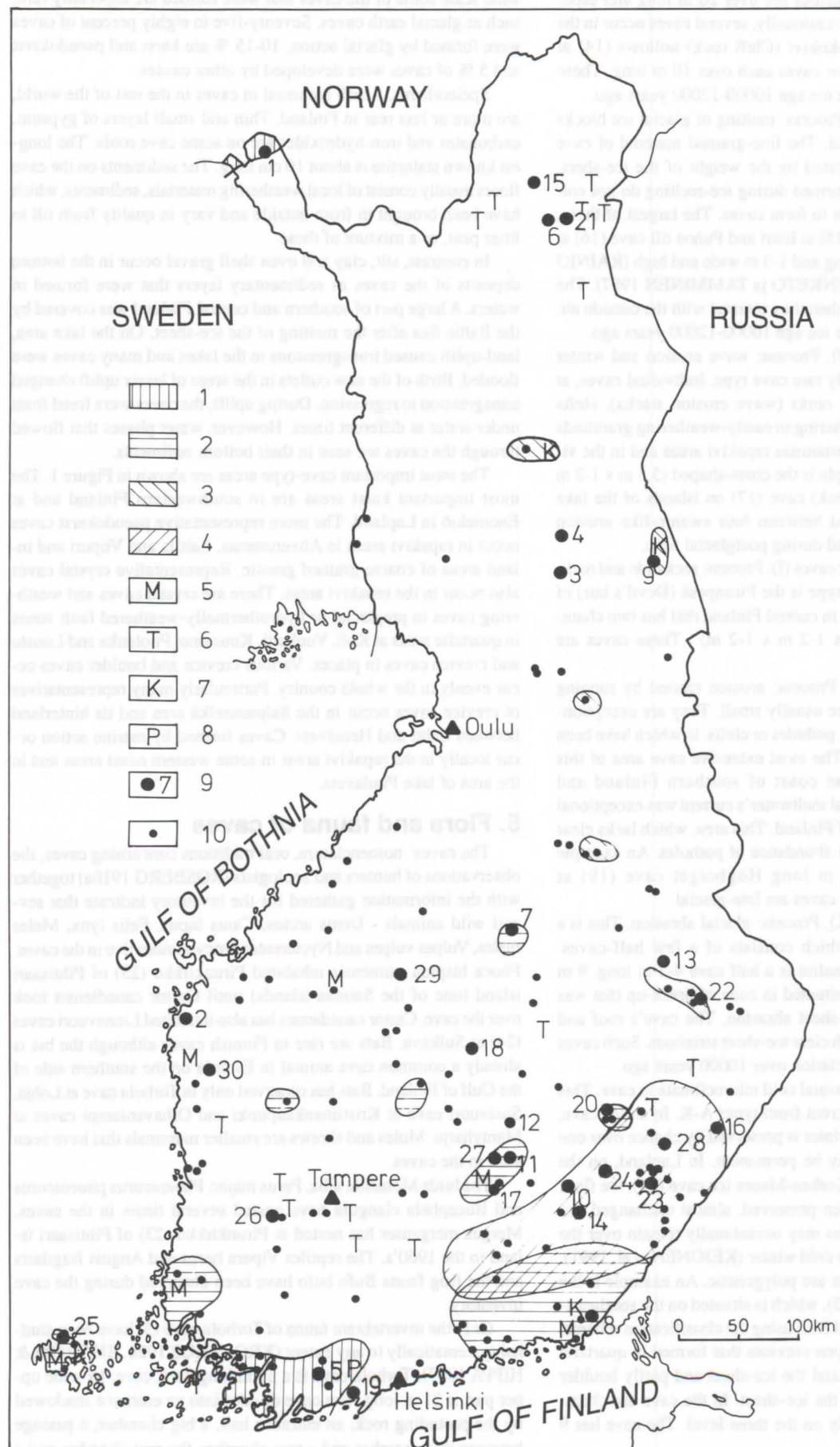
Other weathering caves (D3). Process: postglacial (mostly frost) weathering. A rare cave type as pure. Frost weathering is often one agent of polygenetic caves, especially in easily weathering granitoid areas and in the district of Puulavesi. Typical examples are 3.5 m long, 2.5-4.5 m wide and 1,2-2,3 m high Pirunkirkko (10) at

Juva and 5 m long Juuttaantupa (11) at Kangasniemi. The caves developed after the ice age.

Glacial crevice caves (E). Process: quarrying glacial erosion. General cave type. An example of this cave type is the 32 m long

Tupavuori cave (12) at Puumala. Most of these caves developed at the end of the ice age as a result of the action of the cold base ice-sheet 10000-12000 years ago.

Glacial boulder caves (F). Process: glacial boulder transport and



**Fig. 1. Finland's cave areas and most important caves.**

1. Southwestern Finland and Enontekiö karst areas.
2. Rapakivi areas and the easily-weathering granitoid areas of inner Finland.
4. Koli, Vuokatti, Kuusamo, Puolanka and Luosto quartzite areas.
4. Lahti - Heinävesi area of crevice caves.
5. Marine caves.
6. Tafoni caves.
7. Crystal caves.
8. River-erosion caves.
9. Important cave mentioned and numbered in text.
10. Other important cave.

sedimentation. The caves are formed on under and between boulders heaped by the glacial ice. The caves may be in finely-divided till-covered boulder caves or in boulder caves above the land surface without till cover. The larger caves, such as the largest of the Purnunlouhi caves (13) at Nurmes are over 20 m long and especially complicated in form. Occasionally, several caves occur in the same boulder heap as in Rakokivi (Cleft rock) hollows (14) at Puumala where there are three caves each over 10 m long. These were formed at the end of the ice age 10000-12000 years ago.

Glacial earth caves (G). Process: melting of glacial ice blocks buried in till or esker material. The fine-grained material of cave walls and roof over-consolidated by the weight of the ice-sheet. Consequently, hollows that formed during ice-melting do not collapse to form kettle holes, but to form caves. The largest of these, such as Kaamanen till cave (15) at Inari and Puhua till cave (16) at II Salpausselä are 15-25 m long and 1-3 m wide and high (RAINIO ja VESAJOI 1981, SAARENKETO ja TAMMINEN 1987). The caves are rapidly destroyed when they interact with the outside air. They formed at the end of the ice age 10000-12000 years ago.

Marine erosion caves (H). Process: wave erosion and winter ice erosion. This is a relatively rare cave type. Individual caves, at the most 5-6 m pitkiä long, rauks (wave erosion stacks), clefts extended by erosion and weathering in easily-weathering granitoids occur in the Viipuri and Ahvenanmaa rapakivi areas and in the vicinity of Puulavesi. An example is the cross-shaped (5,5 m x 1-2 m x 1-2 m) Maljakivi (Bowl rock) cave (17) on islands of the lake Puulavesi, which has formed between four swamp-like erosion stacks. The caves were formed during postglacial time.

Rockslide-caused boulder caves (I). Process: rockslide and rock-fall. The largest of this cave type is the Pirunpesä (Devil's lair) of Jylhävuori (18) at Sumiainen in central Finland that has two chambers (lengths 6 m and 7 m x 1-2 m x 1-2 m). These caves are postglacial.

River erosion caves (J). Process: erosion caused by running water. These types of cave are usually small. They are exceptionally pear-shaped or horizontal potholes or clefts, in which have been worn out by flowing water. The most extensive cave area of this type is a zone between the coast of southern Finland and Salpausselkä, where the glacial meltwater's current was exceptional compared to that in the rest of Finland. This area, which lacks clear eskers, is characterised by an abundance of potholes. An example of these caves is the 6.5 m long Högberget cave (19) at Kirkkonummi. Most of these caves are late-glacial.

Glacial abrasion caves (K). Process: glacial abrasion. This is a relatively rare cave type, which consists of a few half-caves. Sikovuori cave (20) at Rantasalmi is a half cave 4-5 m long, 9 m wide and 1-2.5 m high. It is situated in zone of break-up that was emptied by the grinding ice-sheet abrasion. The cave's roof and back wall are smooth rock with clear ice-sheet striations. Such caves formed during a phase of glaciation over 10000 years ago.

Ice caves (L). Process: unusual cold microclimate in cave. This cave type is climatically different from types A-K. In an ice cave, either ice that formed in the winter is preserved by chance over one summer, or the ice-cover may be permanent. In Lapland, on the islands of Lake Inari, in the Korkea-Maura ice cave (21), ice floor (9 m x 3 m x >2 m) have been preserved, almost unchanged, for over 100 years and 4 ice caves may occasionally remain over the summer after an exceptionally cold winter (KEJONEN et al. 1991).

Many of the Finnish caves are polygenetic. An example is the 82 m long Repokallio cave (22), which is situated on the southeastern side of Koli. It is designated BEF using the classification scheme. The cave partly consists of open crevices that formed in quartzite by the action of earthquakes and the ice-sheet and partly boulder concentration transported by the ice-sheet. In the cave are chambers and tight passages mostly on the three level. The cave has 9 entrances.

During the last million years, an ice-sheet covered Finland at least five times. The action of the ice-sheets and their melt waters destroyed the greater part of the caves that pre-dated the ice age, but, on the other hand, created very many small caves. On a world-wide scale some of the caves that were formed are especially rare, such as glacial earth caves. Seventy-five to eighty percent of caves were formed by glacial action, 10-15 % are karst and pseudokarst and 5 % of caves were developed by other causes.

Speleothems, which are usual in caves in the rest of the world, are more or less rare in Finland. Thin and small layers of gypsum, carbonates and iron-hydroxides are on some cave roofs. The longest known stalactite is about 10 cm long. The sediments on the cave floors usually consist of local weathering materials, sediments, which have been brought in from outside and vary in quality from till to litter peat, or a mixture of these.

In contrast, silt, clay and even shell gravel occur in the bottom deposits of the caves as sedimentary layers that were formed in waters. A large part of southern and central Finland was covered by the Baltic Sea after the melting of the ice-sheet. On the lake area, land-uplift caused transgressions in the lakes and many caves were flooded. Birth of the new outlets in the areas of lesser uplift changed transgression to regression. During uplift, the caves were freed from under water at different times. However, water phases that flowed through the caves are seen in their bottom sediments.

The most important cave-type areas are shown in Figure 1. The most important karst areas are in southwestern Finland and at Enontekiö in Lapland. The more representative pseudokarst caves occur in rapakivi areas in Ahvenanmaa, Laitila and Viipuri and inland areas of coarse-grained granite. Representative crystal caves also occur in the rapakivi areas. There are crystal caves and weathering caves in preglacial or hydrothermally-weathered fault zones in quartzite areas at Koli, Vuokatti, Kuusamo, Puolanka and Luosto and crevice caves in places. Various crevice and boulder caves occur evenly in the whole country. Particularly many representatives of crevice caves occur in the Salpausselkä area and its hinterland between Lahti and Heinävesi. Caves formed by marine action occur locally in the rapakivi areas in some western coast areas and in the area of lake Puulavesi.

## 5. Flora and fauna of caves

The caves' nomenclature, oral traditions concerning caves, the observations of hunters and zoologists (ROSBERG 1910a) together with the information gathered for the inventory indicate that several wild animals - *Ursus arctos*, *Canis lupus*, *Felis lynx*, *Meles meles*, *Vulpes vulpes* and *Nyctereutes procyonoides* live in the caves. *Phoca hispida saimensis* inhabited Pirunkirkko (23) of Pihlisaari island (one of the Saimaa islands) until *Castor canadensis* took over the cave. *Castor canadensis* has also inhabited Linnavuori caves (24) at Sulkava. Bats are rare in Finnish caves although the bat is already a common cave animal in Estonia on the southern side of the Gulf of Finland. Bats has observed only in Torhola cave at Lohja, Susivuori cave at Kristiinankaupunki and Olhavanlampi caves at Mäntyharju. Moles and shrews are smaller mammals that have been seen in the caves.

The birds *Motacilla alba*, *Parus major*, *Phoenicurus phoenicurus* and *Bucephala clangula* have nested several times in the caves. *Mergus merganser* has nested at Pirunkirkko (23) of Pihlisaari island in the 1960's. The reptiles *Vipera berus* and *Anguis fragilis* and the frog fauna *Bufo bufo* have been observed during the cave inventory.

Only the invertebrate fauna of Torhola cave (5) have been studied systematically to any extent (KROGERUS 1926, BISTRÖM & HIPPA 1987). Torhola cave is a 31 m long karst cave. Its wide upper part is 21 m long. The cave divides into an entrance shadowed by the protruding rock, an entrance hall, a big chamber, a passage between this chamber and a rear chamber, the rear chamber and a

narrow back passage that leads to and from the rear chamber. Light can be seen in the entrance, the front part of the entrance hall and in part of the back passage. The height difference of the cave's entrances is about 12 m. Rising and falling seasonal winds occur in the cave. The effect of human activity on the cave is substantial because it is a tourist attraction.

KROGERUS (1926) described 38 faunal species from the cave. The frequency of each species varies in different parts of the cave. According to that author, the permanent residents of the cave are *Choleva aquiloni*, *Catops tristis*, *C. nigricans*, *Mycetophiliderna*, *Sciariiden*, *Orthocentrus stigmaticus*, *Lepidocyrtus albus*, *Heteromurus albus* and *Tullbergia* sp. BISTRÖM and HIPPA (1987) described 140 species from Torhola cave that belong to the groups Ophiolida, Aranae and Coleoptera. Additionally, species occur that belong to the groups Mollusca, Annelida, Acari, Collembola, Diptera and Hymenodiptera. These were caught in traps, but were not more carefully inventoried. Specific species, such as *Nesticus cellulanus*, *Meta merianae*, *Porhomma convexum*, *Choleva lederiana*, *C. glauca*, *C. sturmi*, *Catops subfuscus*, *C. nigrita*, *C. nigricans*, *Cholevidae*, *Quedius longicornis*, *Q. mesomelinus*, *Proteinus brachypterus*, *Tachinus rufipennis*, *Oxypoda spectabilis* and *Atheta sodalis* are better adapted to the cave's environment, but also live outside the cave. Certain cave species are totally absent from Torhola, which is a general feature in the caves of areas that were glaciated during the last ice age (VANDEL 1964, HOWARTH 1983).

Only scattered observations have been made of the invertebrate organisms of other caves. VÄISÄNEN (1983) has described the cave-spider species *Meta menardi* from Getaberg caves (25) in Ahvenanmaa. As part of the cave inventory, a type of mass-occurrence of some gnat species has been observed in a few caves. Snails live in several caves. The only identified species is *Limax cinereoniger*, which occurs in Pirunvuori cave (26) at Vammala and in certain caves in Southern Savo and Central Finland. The worm, *Dendrobaena octaedra*, occurs in a soil sample from Rapala caves (27) at Kangasniemi.

Vegetation living in the half-light parts of the Finnish caves consists of forest and rock plants and in some cases cultivated plants; the latter have entered the cave with visitors. Seed plants are usually stunted and do not flower. Spore plants are more common in the plant communities of cave openings. According to KROGERUS (1923, 1926) the surfaces of the half-light parts of Torhola cave are covered with mosses, which belong mainly to the carbonate-prefering moss species. Observations that were made during the cave inventory indicate that fern and moss plants are typical of caves in granitic or quartzitic bedrock. The more general fern species are *Polypodium vulgare*, *Cystopteris fragilaris* and *Gymnocarpium vulgare*. Thirty to hundred species of forest- and rock-mosses belong to the moss species population. The only specific cave-moss is *Schistostega pennata*, which is particularly abundant in Kommattovuori cave (28) at Sulkava and in Vuorijärvi cave (29) at Karstula. In Finland, the light-reflecting prothalluses of this moss have given birth to tales of mountain-goblin's gold that turns to dust when handled. KOPONEN (1977) and Lampolahti (1996) have described four moss species, *Ceranodon purpureus*, *Isopterygium elegans*, *Pohlia cruda* and *Pohlia nutans*, growing in the artificial light of Vihanti mine. Fungi such as *Paxillus involutus*, *Lactarius uvidus*, *Russula* sp, and *Coprinus* sp, the latter of which grows in badger droppings, live in the cave's litter peat, which has been accumulated by wind, water and animals.

## Discussion

The number of the known Finnish caves is at this moment (1996) about 750, but the number is probably much greater. The inventory is in progress all the time. Most of the Finnish caves are small. Even the longest is only some over 100 m long. The karst caves are

rare in Finland, even the pseudokarst caves in granitoid rocks are more common, but some of the largest caves are karst caves. The continental ice caused some 75-80 % of the Finnish caves. They are mostly crevasse or boulder caves. For this reason the cave classifications of other countries are not very suitable for Finland.

The caves are very peculiar and interdisciplinary problem. The speleologist should be the specialist of folkloristics, geology, geomorphology, archeology, local history, zoology, botany, alpinism etc. Many specialists have on one's own initiative made investigations concerning cave geology, archeology, plant and animal life of the caves. The speleological investigation in Finland is now in the situation, where the existing knowledge of Finnish caves is now collected and more or less in control. The next stage of the research should be the active investigation of the cave floor sediments and the continuation of the cave inventory.

## References

- AARTOLAHTI, T. 1975. Vehmaan rapakivialueen kalliokattiloista (Summary: On the weathering cavities in the rapakivi granite of Vehmaa, SW-Finland). *Terra* 87:4: 238-244.
- APPELGREN, H. 1891. Suomen muinaislinnat. Tutkimus vertailevan muinaistieteen alalta. Suomen muinaismuisto-yhdistyksen aikakauskirja XII:1-237.
- BISTRÖM, O. & HIPPA, H. 1987. Invertebrates of the Torhola cave (SW Finland). *Notulae Entomologicae* 67:151-156.
- BJÖRCK, A. 1883. Kiinteitä muinaisjäännöksiä Halikon kihlakunnassa. Suomen muinaismuisto-yhdistyksen aikakauskirja VI:35-80.
- EKLUND, O. 1933. Urkalken i Skärgårdshavet och dess betydelse för växterna. (Summary: The precambrian limestone in the Archipelago of SW-Finland and its signification for the plants). *Terra* 45:2:87-97.
- ESKOLA, P. 1913. On phenomena of solution in Finnish limestones and on sandstone filling cavities. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 36, 50 p.
- ESKOLA, P., HACKMAN, V., LAITAKARI, A. ja WILKMAN, W. W. 1919. Suomen kalkkikivi. *Geoteknillisiä tiedonantoja* 21, 263 p.
- FROSTERUS, B. ja WILKMAN, W.W. 1917. Lehti D3 Joensuu. 1:400000. Maalajikartan selitys. Suomen geologinen yleiskartta, 153 p.
- GLÜCKERT, G. 1971. Bewegungen des Inlandeises im Lohja-Seebecken, Südfinland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 43:2:173-184.
- HAUSEN, H. 1934. Über ein neuentdecktes Kaolin - Sandstein Vorkommen im kristallinen Kalkstein auf Pargas Ålön, Gegend von Åbo - Turku, SW-Finland. *Acta Academiæ Aboensis. Ser. Math.-Phys.* Vol 8, N:o 1:1-59.
- HAUSEN, H. 1942. Der Abschnitt Finnlands der Kaledonischen Überschiebungszone. *Societas Scientiarum Fennica. Commentationes Physico-Mathematicae* 11:9:1-107.
- HIRVAS, H., LAHTI, S. I. ja NIEMELÄ, J. 1982. Pirunpesä - preglasiaalinen rapautumiskalo Jalasjärvellä. (Summary: Pirunpesä (Devil's hole) - a preglacial weathering hollow in Jalasjärvi). *Geologi* 34:4:61-64.
- HOWARTH, F. G. 1983. Ecology of cave arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* 28:365-389.
- HULT, R. 1887. Lojbackenets bildning. *Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk* 45:223-340.
- JAATINEN, S. 1972. Preglaciala bergskittlar i åländska rapakivi (Summary: Preglacial potholes in the rapakivi granite of the Åland islands). *Terra* 84:3:143-151.
- KARILAS, Y. (ed.) 1958. Pikku Jättiläinen. (18 painos). WSOY, Porvoo. 1599 p.
- KEJONEN, A. 1985. Weathering in the Wyborg rapakivi area, south-

eastern Finland, *Fennia* 163:2:309-313.

KEJONEN, A. 1987. Rapaumavakojä Näsijärven Kämenniemiessä (Summary: Flutings caused by weathering at Kämenniemi, Näsijärvi, central Finland). *Geologi* 39:9-10:192-196.

KEJONEN, A. 1988. Tampereen, Hämeenkyrön ja Vammalan seutujen preglasiaalisista rapaumista (Summary: On preglacial weathered bedrock in Tampere, Hämeenkyrö and Vammala, Finland). In: LAPPALAINEN, V. ja PAPUNEN, H. - 1988 - Tutkimuksia geologian alalta. *Annales Universitatis Turkuensis*. Ser. C 68:147-158.

KEJONEN, A. 1990. Suomen luolia koskeva suullinen kansanperinne ja sen käyttö luolatutkimuksissa (Summary: On the oral folklores connected with caves in Finland and their use in the speleological investigation). *Geologi* 42:6:106-109.

KEJONEN, A. 1992a. Kuopion läänin luolat. *Savon luonto* 23 (1992):14-18.

KEJONEN, A. 1992b. Pirunpesiä etsimään. *Suomen luonto* 7/1992:24-26.

KEJONEN, A. 1994. Keski-Suomen luolat. Keski-Suomen luonto. Keski-Suomen luonnonsuojelupiirin vuosijulkaisu 1994-1995:26-28.

KEJONEN, A., HUTTUNEN, T. ja PUTKINEN, S. 1989. Maaluolia Juankoskella ja Teiskossa (Summary: Caves in glacial deposits in Teisko and Juankoski, Finland). *Geologi* 41:6:117-119.

KEJONEN, A., KIELOSTO, S. ja LAHTI, S.I. 1988a. Nya tafoniska vittringskaviteter i södra och mellersta Finland (Summary: On tafoni like weathering cavities in Southern and Central Finland). *Geologi* 39:9-10:192-196.

KEJONEN, A., KIELOSTO, S. ja LAHTI, S.I. 1988b. Cavernous weathering forms in Finland. *Geografiska Annaler* 70A:4:315-322.

KEJONEN, A., KIELOSTO, S. ja SALONEN, V.-P. 1991. Ikiroutaa ja kuviomaita Suomen luolissa (Summary: Permafrost and patterned grounds in Finnish caves). *Geologi* 43:7:135-141.

Kejonen, A. ja Kielosto, S. 1996. Uusia tafoneja eri puolilta Suomea. (Summary: New tafoni-like weathering cavities in Finland). *Geologi* 48:2:27-31

KIELOSTO, S., KEJONEN, A. ja LAHTI, S.I. 1985. Onkalokiviä Etelä- ja Keski-Suomessa (Summary: Hollow boulders in southern and central Finland). *Geologi* 37:3:55-60.

KING, C. A. M. and HIRST, R. A. 1964. The boulder-fields of the Åland islands. *Fennia* 89:2. 41 p.

KINNUNEN, K. 1989. Korsnäsin kaivoksen kideluolista ja baryyttikiteistä. *Kivi* 7:3:6-9.

KINNUNEN, K., LINDQUIST, K. and LAHTINEN, R. 1987. Fluid history from crystal cavities in rapakivi, Pyterlahti, southeastern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 59:1:35-44.

KIVIKÄS, P. 1995. Kalliomaalaukset: muinainen kuva-arkisto. (Summary: Paintings on rock: The ancient picture archive). *Atena Kustannus Oy, Jyväskylä*, 338 p.

KOPONEN, T. 1977. Kulosammal (*Ceranodon purpureus*) and kynsisammal (*Pohlia nutans*) 176 m syvyydessä Vihannin kaivoksessa (Summary: *Ceratodon purpureus* and *Pohlia nutans* found at a depth of 176 m in the mine at Vihanti, Finland). *Luonnon tutkija* 81:59.

KROGERUS, R. 1923. Torhola grotta. Hem och hembygd 3:12-19.

KROGERUS, R. 1926. Djurlivet i Torhola grotta. *Notulae Entomologicae* 6:23-24.

LAHTI, S. I. 1985. Porphyritic pyroxene-bearing granitoids - a strongly weathered rock group in central Finland. *Fennia* 163:2:315-321.

LANPOLAHTI, J. 1996. Kolokiiltosammal 60 m syvyydessä kallioluolassa. *Lutukka* 12:1/1996:28

MEINANDER, C. F. 1954. Die Bronzezeit in Finnland. *Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja* 54, 242 p.

MOBERG, K. A. 1889. Kertomus karttalehteen No 2 Lohja,

1:200000. Suomen geologinen tutkimus. 67 p.

LAHTI, S. I. 1985. Porphyritic pyroxene bearing granitoids - a strongly weathered rock group in central Finland. *Fennia* 163:2:315-321.

MÖRN, P. 1992. Bergtagen - några ytformer i åländska berg. *Föreningen Ålands Vänner r. f. Skriftserien* Nr 16, 127 p.

NORDMAN, C. A. 1922. Silfveringen från Ukonsaari i Enare. *Finsk Museum* XXX:1-10

OHLSON, B. 1959. Ett kartsfenomen vid Toskaljärvi i nordligaste Enontekiö (Referat: Ein karstphänomen im nördlichsten Enontekiö). *Terra* 71:17-25.

OHLSON, B. 1964. Frostaktivität, Verwitterung und Bodenbildung in den Fjeldgegenden von Enontekiö, Finnish-Lapland. *Fennia* 89:3, 182 p.

PELKONEN, A. 1902. Entis-ajan muistoja Rantasalmen kihlakunnasta. *Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja* XXII, 385 p.

RAINIO, H. ja VESAJOKI, H. 1981. Onkaloita Pohjois-Karjalan kvartaärikerrostumissa (Summary: Caves in glacial deposits in North Carelia, Eastern Finland). *Geologi* 33:6:86-88.

RAUHALA, P. 1976. Enonkosken Kurtinniemen "luolamaalaus". *Suomen Museo* 83:53-58.

ROSBERG, J. E. 1910a. Grottor och hålör i Saltvik. *Geografiska Föreningens Tidskrift* 22:225-228.

ROSBERG, J. E. 1910b. Grotta under sönderklyftadt berg i norra Norrmörk. *Geografiska Föreningens Tidskrift* 22:335-336.

ROSBERG, J. E. 1911. Grottbildningar vid Porlön by. *Geografiska Föreningens Tidskrift* 23:103-104.

ROSBERG, J.E. 1913-1914. Klyftor och grottor i Finland (Referat: Einige Höhlen und Klüfte in Finland). *Meddelanden af Geografiska Föreningen i Finland* 10, 21 p.

SAARENKETO, T. ja TAMMELA, K. 1987. Moreeniluolia Kaamasen tiellä. *Geologi* 39:3:44-45.

SALONEN, V.-P. 1990. Cave deposits may complete till stratigraphy. *LUNDQUA Report*, vol 32:19-20.

SALONEN, V.-P. and KEJONEN, A. 1991. Pollen in caves and cave sediments: Observations from two Finnish sites. In: AUTIO, S. (ed.) 1991. *Geological Survey of Finland Current Research 1989-1990. Geological Survey of Finland, Special Paper* 12:147-151.

SARVAS, P. 1975. Suomen vanhin lehmänkello. *Suomen Museo* 82:30-40.

SEDERHOLM, J. J. 1897. Über eine archaische Sedimentformation in südwestlichen Finland und ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges. *Bulletin de la commission géologique de Finlande* 6, 254 p.

TAAVITSAINEN, J.-P. 1982. Hollolan Kapatuusion linnamäki. *Fennoscandian antiqua* 1(1982), 27-48.

TANNER, V. 1935. Karhukivi i Enare. Ett flyttblock som urholkats genom kavitationserosion. *Terra* 47:4:189-198.

TELL, L. 1970. Grottor i Finland. *Grottan* 4:3:1-5.

UUSINOKA, R. ja ERONEN, M. 1979. Rapautumissyvennyksistä ja niiden esiintymisestä Suomessa (Summary: On weathering depressions and their occurrence in Finland). *Terra* 91:2:81-86.

UUTELA, A. 1989. Age and dispersal of sedimentary erratics on the coast of southwestern Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 349, 100 p.

UUTELA, A. 1993. Sedimenttikivien fossiilit - historiallisen geologian arkisto (English summary). *Kivi* 1993, N:o 4:8-19.

VANDEL, A. 1964. Chapter 13. The Coleoptera - Biospeleology. *The Biology of Cavernicolous Animals*. p. 194-219. Paris.

VÄISÄNEN, R. 1983. The cave spider *Meta menardi* (Araneidae), new to Finland. *Memoranda Societas Fauna Flora Fennica* 59:141-143.

WILKMAN, W.W. 1898. Kertomus karttalehteen No 32 Loimaa, 1:200000. Suomen geologinen tutkimus. 74 p.

# El sistema cavernario de Cuchillo Cura, un proyecto de investigación en la Provincia del Neuquén República Argentina

por Gabriel Jorge Redonte

Grupo Espeleológico Argentino (G.E.A.), Casilla de Correo 232 Suc.3, CP 1403, Buenos Aires, Argentina

## Abstract

*The Cuchillo Cura cave system, a research project in Neuquén province, Argentine Republic.*

The Cuchillo Cura cave system is placed near Las Lajas town and the Andes Cordillera, in the Neuquén Province, Argentine Republic. The caverns are developed in limestone of La Manga Formation, early to middle Oxfordian Age (Jurassic Period). Four cavities have been inventoried in the area, which hydrogeologically are one unit or system.

The reports and research projects in this system were begun by the Grupo Espeleológico Argentino (G.E.A.) in 1982 with the "Cuchillo Cura Project (PCC)" and gave as a result the troglobic fauna discovery, rupestrian art in one of the caves, 4525 meters of relieved galleries with accuracy of 6D grade, maps and geological profiles, studies of paleomagnetism, environmental impacts, a proposal for the creation of a Natural Reservation Area, between other published works.

In 1988 the provincial government restricted the mining development to avoid damages to the caves. In 1996 the local speleologist see and gave the alert on the use of explosives and the construction of a mining route over Caverna del Templo with the possibility of causing a collapse in the cave system. The action of the speleological groups united permitted to stop the mining activities and accomplished field works that permitted to know the real magnitude of the damage. From Internet an help note has sended to the international community with very much collaboration of UIS colleagues.

## Resumen

El sistema cavernario de Cuchillo Cura, está ubicado próximo a la localidad de Las Lajas y a la Cordillera de Los Andes, en la provincia del Neuquén, República Argentina. Las cavernas se desarrollan en calizas de la Formación La Manga, de edad Oxfordiana inferior a media (Período Jurasico). Se han catastrado cuatro cavidades en el área, las que hidrogeológicamente constituyen una unidad o sistema.

Los trabajos de relevamiento e investigación en el sistema fueron iniciados por el Grupo Espeleológico Argentino (G.E.A.) en 1982 con el Proyecto Cuchillo Cura (PCC) y dieron como resultado el descubrimiento de fauna troglobia, de una pintura rupestre en una de las cuevas, 4525 metros de galerías relevadas topográficamente con precisión de grado 6D, mapas y perfiles geológicos, estudios de paleomagnetismo, de impacto ambiental, una propuesta para la creación de un Área de Reserva Natural, entre otros trabajos publicados.

En 1988 el gobierno provincial restringió la explotación minera para evitar daños al cavernamiento. En la primavera de 1996 los espeleólogos locales observaron y alertaron sobre el uso de explosivos y la construcción de una huella minera sobre la Caverna del Templo corriendo el riesgo de causar un colapso en el sistema. La acción conjunta de los grupos espeleológicos locales y G.E.A. permitió detener la explotación y realizar trabajos de campo que permitieron conocer la magnitud real de los daños. A través de Internet se envió un pedido de ayuda a la comunidad internacional lograndose una gran colaboración de numerosos colegas de la UIS.

## El sistema cavernario de Cuchillo Cura

Este sistema de cavernas está situado a 12 km al Sur de la localidad de Las Lajas, Departamento de Picunches, Provincia del Neuquén. Sus coordenadas geográficas son 38° 36' 47" latitud Sur y 70° 23' 14" longitud Oeste y su altura media es de 920,35 m sobre el nivel del mar (Fig. 1).

Climáticamente pertenece a una zona transicional entre el clima patagónico semiárido y el desierto patagónico (ANGHILANTE, 1987). Desde el punto de vista fitogeográfico se encuadra en el Distrito occidental de la Provincia del Neuquén (CABRERA, 1976), caracterizada por una estepa mixta de gramíneas, arbustos xeromorfos y bajo grado de cobertura vegetal.

El sistema está constituido por cuatro cavidades (Fig. 2) cuyos desarrollos son los siguientes según los últimos relevamientos efectuados con precisión Grado 6D por el Grupo Espeleológico Argentino (G.E.A.):

Caverna del Gendarme con 1691, 18 m.

Caverna del Templo con 1741, 68 m. (relevamiento parcial)

Caverna del Arenal con 1008, 75 m. (relevamiento parcial)

Cueva de los Cabritos con 83, 10 m.

**Fig. 1 : Ubicación del Sistema Cuchillo Cura. Cavernas: 1-del Arenal, 2-del Templo, 3-del Gendarme, 4-de Los Cabritos.**



A pesar de que hidrogeológicamente estos cavernamientos constituyen una unidad, hasta la actualidad sólo se ha verificado la comunicación de dos de los mismos, y sus espeleometrías sumadas constituyen el cavernamiento de mayor desarrollo en la República Argentina (Sistema Caverna del Templo - Gendarme: 3432,86 m de desarrollo).

Las cavernas se encuentran en la Formación La Manga, de Edad Oxfordiano inferior a medio, Jurásico Superior (LAMBERT, 1956), que aflora a lo largo de los Cordones Cuchillo Cura y Curymil.

Esta formación está compuesta en forma predominante por bancos de calizas oolíticas con abundante contenido fosilífero. En cuanto a su estratigrafía en la superficie se han detectado siete bancos carbonáticos que, si bien no presentan diferencias texturales importantes, se encuentran separados por planos de estratificación definidos (ELZEARD, L. 1987). Dos de estos bancos son los explotados como "mármol". Esta formación presenta un juego de diaclasas principales: a) Rumbo 80°; Buzamiento 70° S. b) Rumbo 170°; Buzamiento vertical. El cavernamiento está controlado principalmente por la actitud de los bancos (Rumbo 80° y Buzamiento 17° N) y la del juego de diaclasas mencionado.

El sistema presenta prácticamente en toda la extensión de su flanco Norte derrumbes gravitacionales producto de una evolución actual ascendente favorecida por los planos de estratificación y diaclasamiento; estas salas tienen en la generalidad de los casos a uno de los bancos (brecha calcarea roja) objeto de explotación minera como techo, que en ocasiones llega a colapsar presentando, por ejemplo, los derrumbes finales de las Cavernas del Arenal y del Templo.

Estas cavidades poseen galerías ramificadas, salas de diversos tamaños y cuerpos de agua.

Se pueden distinguir en los cavernamientos una gran variedad de concreciones, a saber:

Formas cenitales: estalactitas cónicas, cilíndricas (macarrones), velos o banderas. Formas parietales: cortezas (lisas, botroidales o mamelonares), coladas, columnas y cortinas estalagmíticas. Estas formaciones dan origen a formas de gran belleza tales como: «el Templo» y «la Mesa Blanca». Formas pavimentarias: estalagmitas (de base plana o radiculadas), gours, pisolitas y coladas estalagmíticas. También poseen, aunque de menores dimensiones, gran variedad de columnas, principalmente en las galerías cortas transversales al diaclasamiento principal.

## Aspectos ecológicos

En estas cavernas las condiciones ambientales permanecen relativamente constantes a lo largo del año. La humedad relativa se mantiene cercana a los valores de saturación, y los registros de temperatura oscilan alrededor de los 13°C, lo que coincide aproximadamente con la temperatura media anual de superficie (QUAGLIA, P. & ANGHILANTE C.D. 1992).

Hasta el presente, se conocen más de veinte especies animales que componen el ecosistema, entre los que podrían citarse los siguientes grupos de invertebrados:

**Terrestres:** Miriapodos (Symphyla), Opiliones (Laniatores, *Picunchenops Speleaus*, MAURY, E. 1988), Araneae (Araneomorpha, Agelenidae, Theridiidae), Insecta (Coleoptera, Colembola, Homoptera, Lepidoptera, Tysanura, Anoplura, Diplura, Campodeidae, Japygidae, Psocoptera, Oligochaeta), Crustacea (Isopoda).

**Acuáticos:** Crustacea (isopoda), Amphipoda (Bogidiellidae, *Patagongidiella Mauryi* y *Patagongidiella Danieli*, GROSSO, L.E. y FERNANDEZ, H. 1995).

De algunas de las especies mencionadas se ha realizado su descripción sistemática, habiéndose publicado los trabajos correspondientes.

En la actualidad, los trabajos sobre el ecosistema, incluyen

mediciones meteorológicas, relevamiento zoobotánico del entorno cavernario, observación y descripción del medio subterráneo, y colecta de ejemplares para su posterior clasificación.

## Sitios arqueológicos

Fueron detectados cuatro Sectores topológicos de superficie aislados unos de otros, cercanos a las cavernas. En cada uno de los sitios mencionados se halló una considerable cantidad de residuo lítico, pocos instrumentos y numerosos platos y manos de molienda, casi en su totalidad fragmentados. También se hallaron tiestos cerámicos (lo que constituye un indicador cronológico aproximado, teniendo en cuenta que la cerámica más antigua de Patagonia se halla datada desde el año 1000 D.C.).

También se localizó un motivo aislado de arte rupestre en la Cueva de Los Cabritos. Es una manifestación pictórica semejante a un rectángulo, con bordes redondeados, que se angosta en su base. Su tonalidad es rojo desvaído y no existen evidencias de post-pintura (CALZATO, W. 1989).

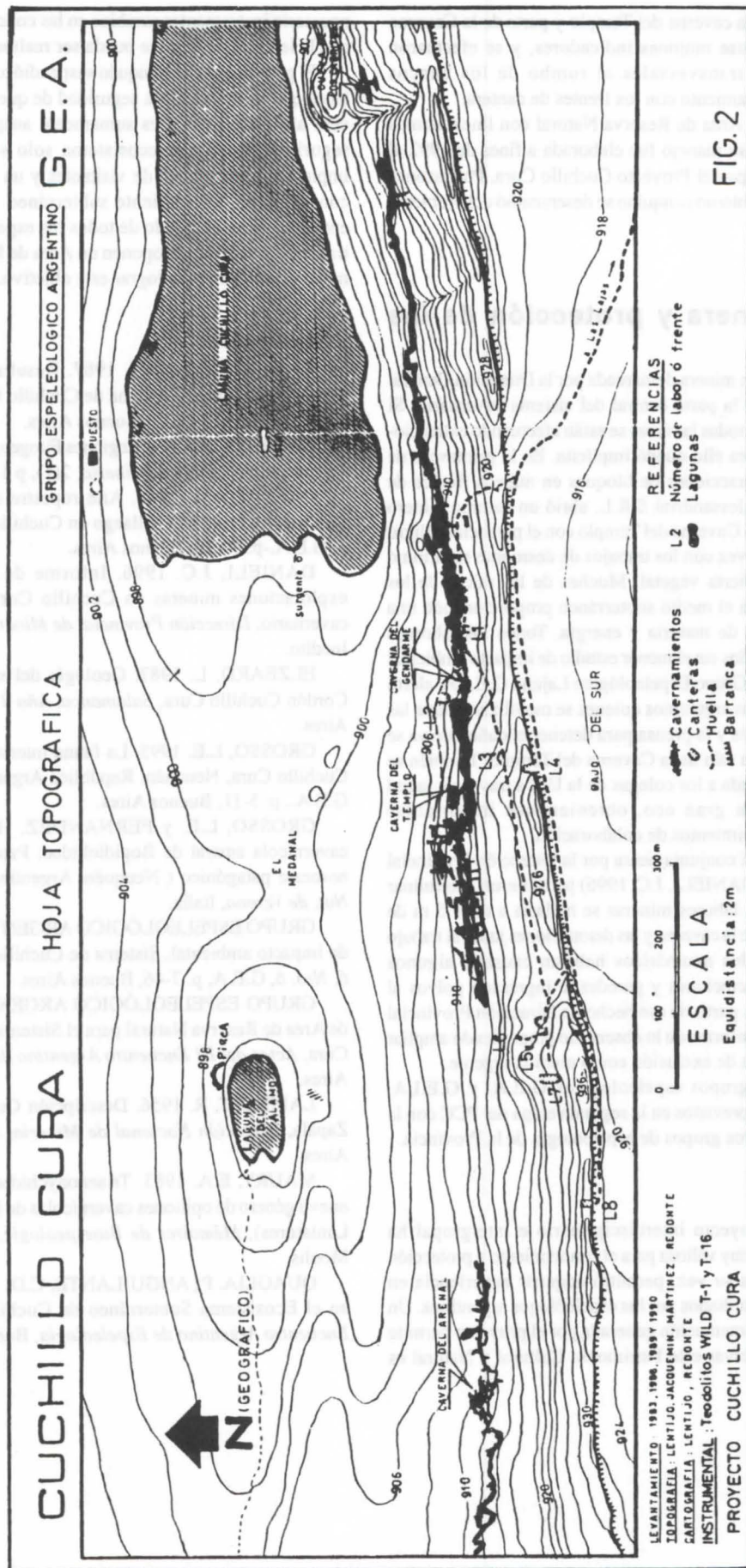
## Antecedentes de los trabajos

Algunas cavernas de Cuchillo Cura eran conocidas desde principios de siglo parcialmente (principalmente la Caverna del Gendarme). En 1982 el Grupo Espeleológico Argentino (G.E.A.) inició sus trabajos en el sistema, manteniendo desde entonces un proyecto de trabajo cuyo objetivo central está puesto en el conocimiento general del sitio que incluye la publicación de un estudio monográfico y la realización de acciones conducentes a crear un Área de Reserva Natural u otra forma de protección eficaz para las cavernas y su entorno. Este proyecto recibió el nombre de Proyecto Cuchillo Cura (PCC) y a lo largo de estos años ha producido y publicado información que comprende: cartografía de las cavidades y de superficie, ubicación geodésica; geología regional y del cavernamiento, estratigrafía, biología, arqueología y climatología.

Un peligro para este sistema es una explotación de rocas ornamentales (comercializadas como mármol, aunque se trata en verdad de calizas y brecha calcarea) que se localiza sobre los cavernamientos comprendiendo varios frentes de cantera. Esta explotación, preexistente al inicio de los trabajos del G.E.A., se realizó de forma irregular, pero con una intensificación constatable a partir del año 1987. El Grupo Espeleológico del Neuquén (G.E.N.E.U.), el Grupo Azul Espeleológico y de Montañismo del Neuquén (G.A.E.M.N.), el Museo Municipal de Las Lajas y el G.E.A., iniciaron la tarea conjunta de gestionar medidas de protección para el sistema.

Con fecha 12 de Enero de 1989, el Gobernador del Neuquén firmó el Decreto 0026 restringiendo el área de explotación minera en la zona de desarrollo del cavernamiento, y declarando de «Interés Público» el sitio espeleológico. La autoridad encargada de la delimitación sería, por facultad de dicho Decreto, la Dirección General de Minería del Neuquén, hecho que se hace efectivo durante el primer semestre de 1989. A comienzos de 1990 GEA denunció que la zona de exclusión minera es insuficiente y arbitraria en su trazado cubriendo apenas un 10 % de la superficie donde se desarrollan las galerías conocidas y mapeadas.

Ante esta situación, GEA dedicó la mayor parte de sus últimas campañas a estudiar el impacto ambiental causado por la explotación minera y el turismo incontrolado a fin de aportar informes técnicos que sirviesen como herramienta para la toma de decisiones por parte de las autoridades provinciales (GRUPO ESPELEOLOGICO ARGENTINO, 1990). Para cumplir con los objetivos mencionados se realizó un levantamiento taquimétrico de superficie, obteniéndose una carta planialtimétrica de la zona a escala 1:2000, la que sirvió de base al relevamiento geológico - minero. Se replanteó en superfi-



**FIG. 2**

Fig. 2 : Hoja topográfica del Sistema de Cuchillo y su entorno, con la morfología de los cavernamientos.

cie el eje principal de la caverna del Templo y parte de la Caverna del Gendarme dejándose mojones indicadores, y se efectuaron perfiles geológicos transversales al rumbo de los bancos relacionando el cavernamiento con los frentes de cantera.

Una propuesta de Área de Reserva Natural con lineamientos básicos mínimos para su manejo fue elaborada a fines de 1992 al concluir la primera etapa del Proyecto Cuchillo Cura. Por razones de índole política, el gobierno neuquino se desentendió del problema durante algunos años.

## Actividad minera y protección de las cavernas

El área de exclusión minera demarcada por la Dirección General de Minería cubre sólo la parte central del sistema cavernario. Si bien es cierto que no en todas las áreas se están efectuando extracciones, la autorización para ello quedó implícita. En la primavera de 1996 se realizaron extracciones de bloques en nuevos frentes de cantera. La empresa Alessandrini S.R.L. abrió un camino minero cuya traza pasa sobre la Caverna del Templo con el potencial peligro que esto implica. A su vez con los trabajos de desmonte se eliminó buena parte de la cubierta vegetal. Muchas de las raíces de los arbustos llegaban hasta el medio subterráneo proporcionando una importantísima fuente de materia y energía. Todos los laboreos mineros fueron efectuados sin el menor estudio de impacto ambiental que podrían causar. El Grupo Espeleológico Lajeño G.E.L.A. alertó a todos los espeleólogos argentinos quienes se movilizaron ante las autoridades provinciales y la prensa para detener el daño que ya se había verificado en una sala de la Caverna del Templo. También se envió un pedido de ayuda a los colegas de la UIS a través de la red Internet que tuvo un gran eco, obteniéndose importantes asesoramientos y ofrecimientos de colaboración.

Estudios realizados conjuntamente por la Dirección Provincial de Minería y G.E.A. (DANIELI, J.C. 1996) permitieron determinar que una de las nuevas labores mineras se hallaría a unos 5 m de encabe sobre el techo de la caverna y las detonaciones junto al trabajo efectuado con martillos neumáticos habrían causado algunos agrietamientos en concreciones y paredes, e ingresado polvos al ambiente cavernario. A partir de ese hecho, la Dirección Provincial de Minería elaboró un informe de lo observado proponiendo ampliar inmediatamente el área de exclusión como medida urgente.

Actualmente los grupos espeleológicos G.E.A. y G.E.L.A. continúan los trabajos previstos en la segunda etapa del PCC con la colaboración de los otros grupos de espeleología de la Provincia.

## Conclusiones

El PCC como proyecto interdisciplinario e intergrupar ha aportado información muy valiosa para el conocimiento y protección de Cuchillo Cura. Y a su vez, permitió adquirir experiencia en campos nunca antes estudiados por los espeleólogos argentinos. Un análisis de toda la documentación generada por el proyecto permite afirmar que para conservar este Patrimonio Cultural y Natural es

necesario instrumentar cambios en las concesiones mineras a fin de que la legislación vigente pueda ser realmente efectiva.

El gobernador del Neuquén suspendió todos los trabajos mineros hasta que no exista plena seguridad de que el cavernamiento no se verá afectado, lo cual es sumamente auspicioso. No obstante, la seguridad de todo el ecosistema solo se alcanzará cuando se implemente un control de visitantes y un plan de manejo para la conservación del ambiente subterráneo de Cuchillo Cura y su entorno, que es el anhelo de todos los espeleólogos argentinos que trabajan en el sitio y proponen un Área de Reserva Natural como la mejor alternativa para lograr este objetivo.

## Bibliografía

- ANGHILANTE, C.D. 1987. Resultados bioespeleológicos preliminares sobre el sistema de Cuchillo Cura, *Salamanca*, Año 3 Nro. 3, G.E.A., p. 13-18. Buenos Aires.
- CABRERA, A. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas, *Enc. Arg. de Agricultura y Jardinería*, 2(1), p. 1-85. Buenos Aires.
- CALZATO, W. 1989. Arte rupestre del Neuquén: Nociones Generales y un nuevo hallazgo en Cuchillo Cura, *Salamanca* Nro. 5, G.E.A.-p. 29-36. Buenos Aires.
- DANIELI, J.C. 1996. Informe de Evaluación sobre las explotaciones mineras en Cuchillo Curá. Impactos al sistema cavernario, *Dirección Provincial de Minería del Neuquén*, Zapala, Inedito.
- ELZEARD, L. 1987. Geología del sistema de cavernas del Cordón Cuchillo Cura, *Salamanca*. Año 3 Nro. 3, G.E.A., Buenos Aires.
- GROSSO, L.E. 1995. La fauna intersticial de las cavernas de Cuchillo Cura, Neuquén, República Argentina, *Salamanca* Nro 8, G.E.A., p. 5-11, Buenos Aires.
- GROSSO, L.E. y FERNANDEZ, H. 1995. Nuevo género cavernícola austral de Bogidiellidae: Patagongidiella n. gen. del noroeste patagónico ( Neuquén, Argentina ), *Mem. Mus. Civ. St. Nat. de Verona*, Italia.
- GRUPO ESPELEOLÓGICO ARGENTINO. 1990. Evaluación de impacto ambiental, Sistema de Cuchillo Cura., *Salamanca* Año 6, Nro. 6, G.E.A., p. 7-46, Buenos Aires.
- GRUPO ESPELEOLÓGICO ARGENTINO. 1992. Propuesta de Área de Reserva Natural para el Sistema Cavernario de Cuchillo Cura, *Actas del III Encuentro Argentino de Espeleología*, Buenos Aires.
- LAMBERT, R. 1956. Descripción Geológica de la hoja 35b, Zapala, *Dirección Nacional de Minería, Boletín* Nro.83, Buenos Aires.
- MAURY, E.A. 1983. Triaenonychidae Sudamericanos V. Un nuevo género de opiliones cavernícolas de la Patagonia. (Opiliones, Laniatores), *Mémoires de Bioespeologie, Tome XV*, p.117-131. Moulis.
- QUAGLIA, P., ANGHILANTE, C.D. 1992. Materia y Energía en el Ecosistema Subterráneo de Cuchillo Cura, *Actas del III Encuentro Argentino de Espeleología*, Buenos Aires.

# Exploration of the „Krestik-Turist“ cave system

**Victor Reisner**

Moscow, Russia (E-mail: reysner@astro.ru)

**Aleksey Shelepin**

Moscow, Russia (E-mail: alex@shelepin.msk.ru)

## Abstract

The "Krestik-Turist" ( "Cross-Tourist" in English translation ) cave system is located at the North plato of Fisht Mountains (Russia, West Caucasus). This system was discovered in the beginning of 1980th but mainly explored in 1992-96.

It has 10 entrances, located at the altitude 2200-2300 m. The depth is 633 m, total length is more than 10 km. "Krestik-Turist" cave system is rather different than the caves of the Gagra and Bzyb areas south from Fisht because it looks like 3D maze with big size rooms.

Our paper contains the cave description and brief history of exploration, we follow the stages of cave formation. We consider such parameter as projected depth (the sum of passages length projected on the vertical axis), which is 4.7 km for "Krestik-Turist" system. Explorations are continuing, and every year the cave becomes longer by 1.5-2 km.

## Annotation

Höhlensystem "Krestik-Turist" ("Kreuz-Tourist") befindet sich im Norden von Fishtmassiv (Russland, Westkaukasus). Es wurde am Anfang der 80-er entdeckt. Hauptforschung ist zwischen 1992 und 1996 durchgeführt worden.

Das Höhlensystem hat 10 Eingänge, die sich auf der Höhe 2200-2300 m. befinden. Es ist 633 m. tief und hat die Länge mehr als 10 km. Das System "Krestik-Turist" unterscheidet sich stark von den Höhlen der Nachbargebirgen Gagrski und Bzybki und stellt ein dreidimensionales Labyrinth dar.

Im Artikel wird die Beschreibung vom Höhlensystem gegeben auf die Bildungsphasen des Systems eingegangen und die Geschichte der Höhlensystemforschung in einer kurzgefassten Form dargestellt. Es wird auch eine solche Charakteristik wie "Projekttiefe" betrachtet. ( Die Summe aller Projektionen auf die senkrechte Achse. Fürs "Krestik-Turist" beträgt sie 4,7 km. ) Die Forschung wird fortgesetzt, und jedes Jahr vergrößert sich die Länge des erforschten Höhlensystems auf 1,5-2 km.

## 1. Introduction

The mount Fisht is the most Western rocky summit of the Main Caucasus Range. It is the ancient coral rife. One can find the pieces of corals at the surface; the sharp shells of various shape can be found underground. The elevation range from the top 2867 m to the majority of springs at the range bottom part is 1200 m. Two rivers, Belaya (at the east) and Psheha (at the west), begin from this springs.

The Northern plateau (elevation 2200-2500 m) is separated from the top by the glacier which is intensively melting during the last century (figure 1). The water is coming down by the Eastern and Western tongues, forms a few little lakes and immediately hides underground.

## 2. The history of exploration

The systematic speleological explorations of the Fisht area started in the middle of 70th. At this time the cave Pariaschaya Ptiza (Soaring Bird) was found at the Southern plateau of Fisht (depth 535 m, ends with the sump). It was the deepest cave in Russia for several years. There were not found deep caves at the Northern plateau and so it was considered as non-promising. Only the expeditions of Kunzev pioneer club (Moscow) lead by D. Nikiforov were visiting the plateau at that time. They found the cave Turist and explored the system of passages and big rooms. In 1991 D.Nikiforov and A.Rychagov stopped by the pit at the depth of 260 m.

Besides, the huge ancient passage Myshinii laz (Mouse's passage) was discovered.

In 1992 after beginning of the Georgia-Abkhazia war the deepest "kilometer-deep" caves of the former USSR at Gagra and Bzyb ranges became unavailable for explorations. There were only two high elevation areas in the Russian Caucasus where the existence of kilometer-like caves is possible: Fisht and Zagedan. It was obvious that there explorations became more active.

In the August of 1992 international expedition of Moscow (groups of Y.Kosorukov and V. Reisner) and British cavers found themselves at the Northern Fisht plateau (they originally intended to visit Bzyb range). They found and explored Anglo-Russkaya (till the sump at 120 m) and Krestik (till 170 m). In 1993 the joint efforts of British cavers with D.Provalov and the group of V.Reisner explored Krestik to the sumps at 440m. T.Reisner found the upper entrance Belaya Zvezdochka (White Star), total depth became 450 m. The groups of V.Kiselev and A.Rychagov discovered 4 connections of Turist and Krestik at the various levels (BIZUKIN at all, 1993).

In 1994 the groups of V.Reisner, A Rychagov, A. Shelepin and Yu.Kosorukov (till 420 m) were working in the system. It was explored till the sump at 633 m and became the deepest in Russia. In 1995-96 the explorations of 3D maze were continuing (in general, by the groups of V.Reisner, A.Rychagov and A.Shelepin), new entrances and spread passages were found. The total length exceeds 10 km (figure 2).

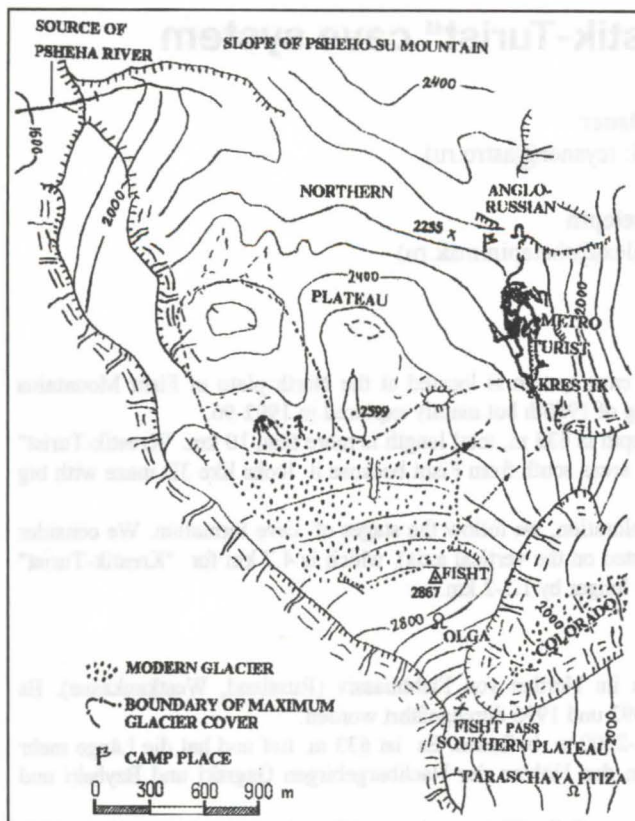


Figure 1: The North plateau of the Fisht mountain

### 3. Description and main parameters of the Krestik-Turist system

Ten known entrances to the system are located at the Northern plateau at the elevation of 2200 - 2320m. All the entrances are located to the 60-70m cliff drop along the Northern-Southern line, which is actually the beginning of the Eastern plateau slope. The majority of entrances goes horizontally.

The plan of the cave looks like the complicated system of passages within the area of 750 North-South and 330 West-East.

The system was developed in the limestone as the other caves of Northern plateau. Many cave areas contain shells and corals. The fall slope of layer strata given both the underground and surface surveys is 14 degrees with heading 330. At the same time, the average slope of cave passages is about 45 degrees according to the attached survey.

The majority of passages is dry, without decorations. One can meet the passages, going upwards, which show the former sump nature.

The system has a few explicit horizontal levels, connected with waterproof layers (Horizon Druzey (upper Tourist rooms), Myshinii Laz, Roza Vetrov (Rose of winds) Room, Paleontologicheskyy passage, etc.) The layers of easily dissolved limestone, located in between these horizons, forms the zones of 40, 50 and 100 m pits. Such a structure can be explained by non-uniformity of sediment deposits during various phases of the range formation.

It's worth mentioning that in the majority of caves of Crimea and Caucasus the water flow are isolated. The

location of non-limestone minerals far below the springs level (BIZYUKIN & SOROKIN, 1993) and the high density of passages at the Northern plateau makes the existence of the unit level of underground water possible. Therefore it was interesting to achieve the depth of 633 in the Podarochnyy passage which is located far from the sumps of Krestik-Turist bottom.

#### The stages of the cave formation

The structure of Krestik-Turist system strongly distinguishes from the caves of Gagra and Bzyb ranges. Krestik-Turist reminds some Switzerland caves. The exploration of this Switzerland caves was the base of the two stage cave formation theory. The first stage occurs when the main passages filled with high pressure water. The second stage is based on free water flow. The first stage corresponds to the formation of passages of elliptic section and the second one corresponds to meander-like section. In contrast to Gagra and Bzyb ranges the Krestik-Turist and other North plateau caves are the good illustrations of this theory. The only exceptions is Sportivnaya Rossiya that could be explained by its relative recent formation time.

We can reveal three stages in the process of formation 3D maze of Krestik-Turist.

1) Formation of fully filled passages of elliptic sections. Myshinii laz passage is one of the best illustrations. It was the bed of the ancient river, judging on its size (4-6 m in diameter). It was coming from the Eastern tongue of the glacier.

2) The water finds a lot of new passages, underground flows frequently switches the beds. One can relate upper level dry passages to this stage. The height of these passages is comparable with the width, that could be explained by the short time water stream or flood periods.

3) The modern stage performs the deepening of the exiting meander-like passages. At the upper level, where the creek is currently located underneath the Myshinii laz, the passage height is 30-60m (!) and the width is only 1-2 m.

We have highlighted the transition stage. It is characterized by the formations of cheese-like structures - chaotic system of passages, holes and leads with decorations with the thick legs. The formation of cheese is connected with the mineral dissolving by the aggressive streams with low velocity. It is formed in the flood conditions but with the slow flow in contrast to the elliptic-like passages.

The development of cheese is connected with the areas of local flood (not the full, like the first stage). Besides, this stage is characterized by the formation of passages of random shape, which again shows the evidence of areas with local flood, when the water depth is comparable with the passage size.

Formation and development of the global gaps with 330 heading parallel to Eastern Slope of the Northern Plateau mainly occurred at the end of second - beginning of third stages, i.e. the ancient dry passages of the types considered above intersect them.



Myshinii laz, the greatest (4-8 m in diameter) and most old passage of the cave system, is currently followed as far as 800 m. It is the elliptic gallery with multiple side passages. Top and side parts have wave-like surface. The explored part begins with the ceiling of the big room; it goes downward for the first 400 m, deep meander-like passage with the creek (5 l/s) is underneath. This part of Myshinii laz is located at the distance of 50-60 m from the surface.

It's worth mentioning that near Konkretnii an Metro entrances area the water from Myshinii laz was flowing above the ground for some time. During the glacier river flow Myshinii laz was completely flooded, otherwise it would be impossible to explain smooth rise by 30 m in the middle part or the absence of widening in the only 19 m pit. Usually the pits are much wider than the horizontal passages when they are formed by the falling water.

The direction of upper part and Myshinii laz parts size are showing that it was the main flow from the Eastern tongue of Fisht glacier during its maximum development. Myshinii laz dissipates in the wide 77 m pit near the joint with Krestik meander-like passage.

#### Water flows, temperature, air circulation

The boundaries of actively melting glacier could be determined by morainic banks; its square was 2 km<sup>2</sup> and currently 0.8 km<sup>2</sup> (figure 1). It is possible to determine that the West tongue in the closed hollow, which has melted, had the thickness of 150-200 m. This tongue moved back by 500 m towards the top by last 70 years (judging by the old maps), and the total square decreased by the quarter.

We can estimate the flow during the summer as more than 300-400 l/s. Multiple snow fields and firn fields actively participate in the formation of hydrodynamic mode of the range. Their flow is comparable with the glacier one.

The area around the Western tongue is poorly investigated, it is located fairly far from traditional cavers' camps and it usually gets visited just for scenic viewing. The water from this area goes most likely to Psheha river.

The air temperature in the Krestik-Turist system is in the range of 0 (Myshinii laz under Konkretnii entrance) to +3.3 degrees (bottom part of Podarochnii passage). Small but ancient glacier is located in the Metro entrance. It is caused by the air circulation: lower entrances (Konkretnii, Metro) are sucking the cold air in, it gets heated in the cave and comes out from the higher entrances (Belaya Zvezdochka, Krestik) in winter. In summer the air flow direction changes.

#### Projective depth

Besides the other parameters, we calculated the sum of projections at the vertical plane. We suppose this quantitative parameter is essential for combined vertical-horizontal caves. The sum of vertical projections exceeds 4.7 km for the Krestik-Turist system. This could explain how many caver groups, years and bolds were required

for this system. Judging on this parameter one can relate this cave to the largest not only in Russia but in the whole former USSR.

#### Prospects

There are a few more rather large caves at the North Plateau. The most known one is Anglo-Russkaya with the length of about 3,5 km and the depth exceeding 300 m, which is mainly explored by cavers of Moscow State university. This cave is similar to Krestik-Turist in respect to passage complexity.

Let us draw a simple estimate. The square of Krestik-Turist cave system is 1/15 - 1/20 part of the overall North Plateau square, and the total length exceeds 10 km. One can conclude the total length of cave passages under North Plateau is few hundred km of a 3D-maze. Evidently, it is enough for many years exploration, if there time and will available.

#### 4. Survey processing

We used the computer program "Topo-95", developed by A. Shelepin and S. Shelepin, to process the Krestik-Turist survey. This survey contains about 1500 stations and 15 closed rings 50 m - 1.8 km.

A few words about the program. The data input can be implemented both via station numbers, end with the help of labels, assigned just to the branch points. The work of program is based not only on using of the separate stations, but on using of the branches - passage splits (each of them is characterized by the number and labels of the start and end).

There are available a series of programs for survey processing, employing various algorithms. Besides the 3D rotation we focus on the algorithms of ring closing (distribution of the deviations, caused by the survey). Fairly accurate semi-instrument survey usually deviates by 2-5% from the ring length.

In our program we used the algorithm of sequential ring processing. We took the ring with highest deviation and distributed through the ring in proportion to the stations' length or height. Then we chose the highest deviation ring again and again. Naturally, if the parts of rings coincide, much lower deviation occurs once more. To reduce the deviation to 5 sm. it was sufficient to run the coinciding ring propagation 3-4 times for the Krestik-Turist system.

The authors would like to thank A. Rychagov for useful discussions.

#### References

- BIZYUKIN, A.V. & SOROKIN, A.B., 1993. Speleoprospects of the Fisht Plateau. *The Light (the Newsletter of the Kiev Karst & Speleological Center)*, 1993, N3(9): 6-11 (in Russian).
- BIZYUKIN, A.V.; PANTCEVA, I.L.; REISNER, V.V.; RYCHAGOV A.YU. & SHELEPIN A.L., 1993. Exploration of new caves of the Fisht Plateau (North-West Caucasus). *The Light (the Newsletter of the Kiev Karst & Speleological Center)*, 1993, N4(10): 5-10 (in Russian).

# The speleological perspectives of karst plateau called Pelc

Ján Tulis

Speleologický klub Slovenský raj Brezová 9, 052 01 Spišská Nová Ves, Slovakia

## Summary

In a judgement of the speleological perspectives of karst plateau the Pelc we compared analogous development of karst plateaux the Pelc and the Duča.

Karst plateaux called the Pelc and the Duča are localized in south corner of the national park Slovenský raj. Although they were developed at the same time, huge significant differences between them are existing.

The main reason this different development and differences surface and underground karst forms in this researched plateaux is the existence and development younger tectonic faults NW and NNW direction. These faults are the most spreaded from the others faults and they are guided by system subparallel and significant tectonical fault, clefts, diaclases and local faults.

Soft filling of the faults and guiding systems of fissures are the way for intensive penetration waters into underground and they are the reason of development of corrosive and erosive processes.

Significant slope valleys and the most significant and most important underground karst phenomena are developed in central part of karst plateau called Duča and in SW part of karst plateau called Pelc. In this places is the hugest spread the youngest faults of NW and NNW way.

On the base of results of the research we are thinking that the discovering of large and extensive underground spaces in the karst plateau Pelc isn't real.

## Introduction

For a judgement of the speleological perspectives of karst plateau called Pelc we were comparing an analogy of the karst plateau Pelc and karst plateau called Duča. Both of them are situated on the south corn of national park called Slovenský raj (Slovak paradise). Although they were arising in the same time period and in the same space, there are existing significant differences between them. What is the difference and what is the reason of these differences ?

## Geological building of plateaux

Rocks of the north - generic unit of Stratená group have main representation on the geological building of the karst plateaux Pelc and Duča and they are wide - spreaded from Lower Triassic up to Upper Cretaceous (TULIS, NOVOTNÝ, MIHÁČ, 1992).

Lower Triassic rocks are representing by two groups of strata:

- a) slaty - sandstone group of strata (lower part)
- b) marl - limestone group of strata (upper part).

Dolomites of Middle Triassic (Anisian) are in top wall of Lower Triassic rocks. Steilnam limestones (Middle Triassic - Anisian) are developed above the dolomites. Wetterstein limestones (Middle Triassic Ladinian) are the most spreaded rocks of these researched plateaux. Wetterstein limestones are represented in top wall of Steinalm limestones or dolomites.

Rocks of Upper Cretaceous - varied, polymict conglomerates, sandstones and slates are represented in western part of the territory.

The best observational bedding is in Lower Triassic rocks. In carbonate rocks the bedding is less significant.

Northeast - southwest and north - south faults are very little spreaded and they have sinking character.

Faults of northwest up to north - northwestern direction belong to the youngest faults in majority with slopes of north - east up to east direction (50-80°). They have overthrust fault and sinking character and they are the most spreaded. The faults are following by system of subparallel and significant tectonical fissures, joints and local faults. Thick tectonical filling of faults belongs to two generations in some causes. This tectonical system is the most spreaded system in southwestern part of Slovak paradise, in plateau called Duča and in southwestern part of plateau called Pelc. It is north continuation of Štitník - fault zone.

## Geomorphology of plateaux

The Pelc karst plateau is spreaded on 2.86 square kilometers and the Duča plateau is spreaded on 6.07 square kilometers. The plateaux have two different geomorphological parts. The Duča plateau has on its circle complicated relief of slopes with very often occurrence of cliff relief and with valleys of north east direction. The top part of the plateau is created by complicate modelled plain with dominating relicts of the top system of nivelization circuled by minorite areas with occurrence of forms midmountains relief, with relicts of senile valleys, one doline and lapiés (TULIS, NOVOTNÝ, MIHÁČ, 1992).

The Pelc has on its perimeter slopes with very often cliff relief and top part is created by varied modelled plain belongs to midmountains surface of nivelization with relicts of top system, with relicts senile valleys, terrain steps, three uvalas, 12 dolinas and karren (JAKÁL, 1983).

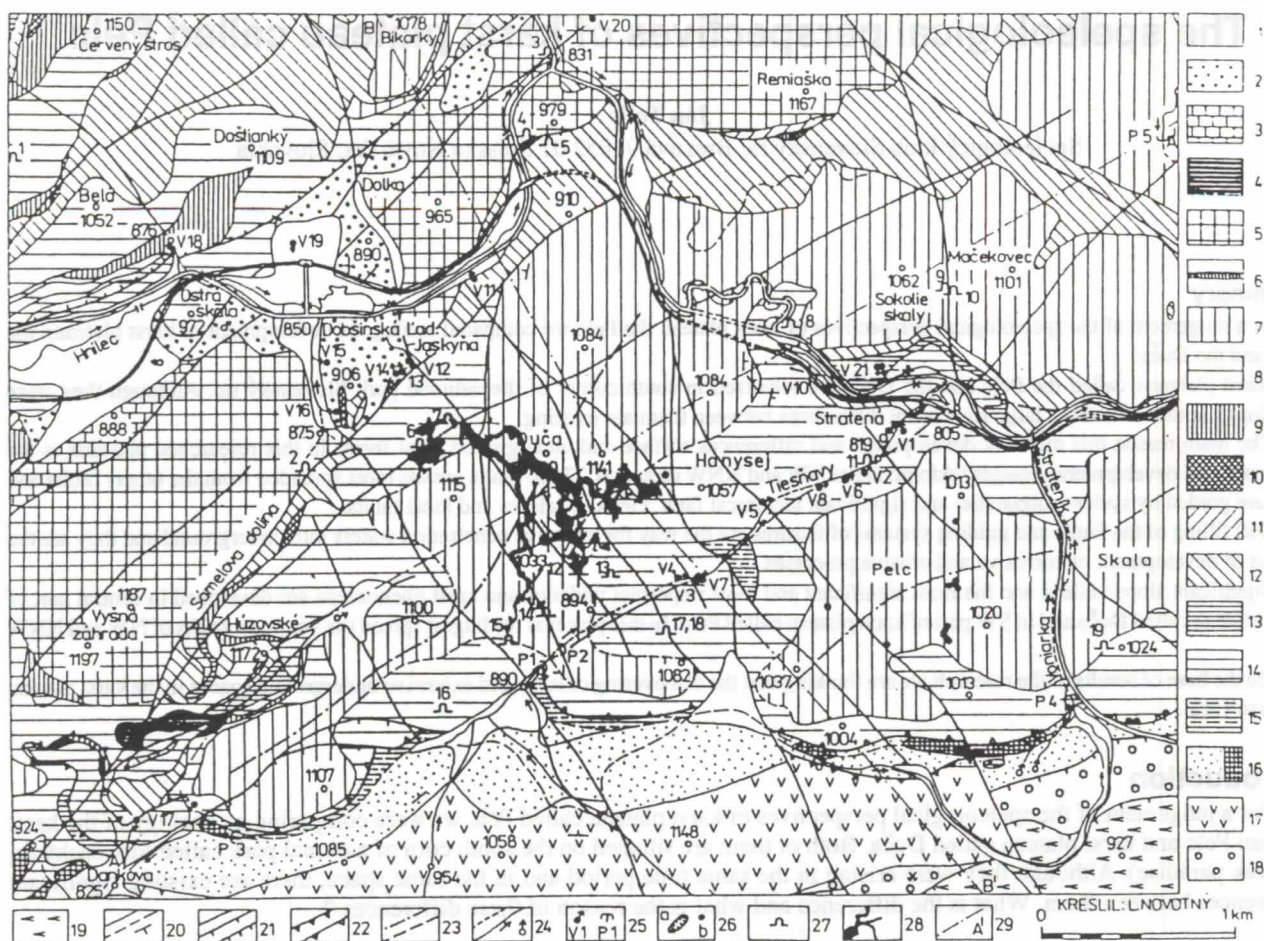
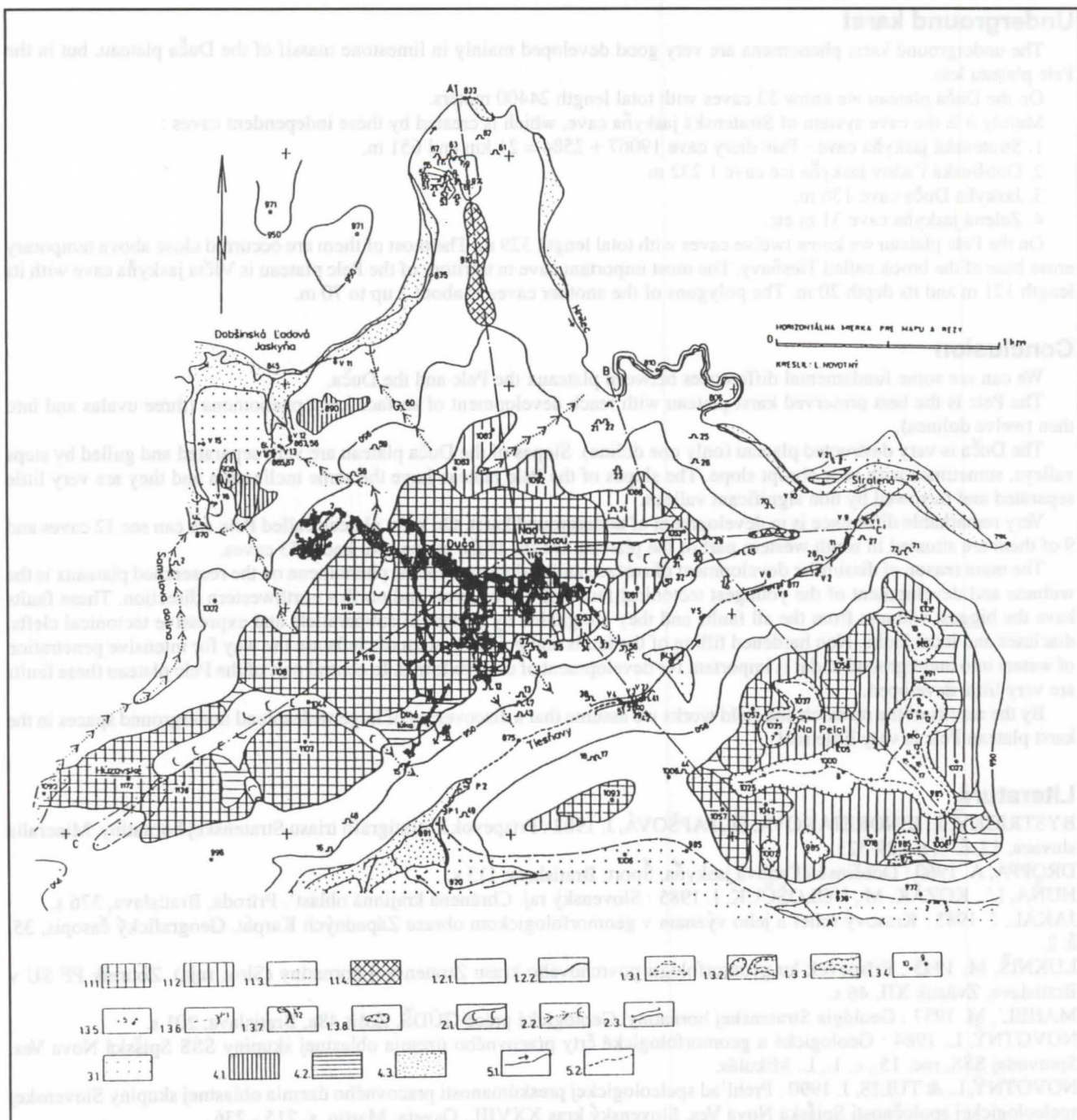


Fig. 1. Geological map of the Duca and the Pelc karst plateaux with marking of the situation some karst phenomena.

Legend :

1. alluvial and prealluvial sediments, Quarternary
2. variegated conglomerates, sandstones, slates, Upper Cretaceous
3. limestones, Lower Cretaceous (?)
4. serpentines, Triassic - Jurassic (?)
5. Tisov and Furman limestones, Upper Triassic
6. dolomitic limestones with nodules of hornstones, Upper Triassic
7. Wetterstein limestones, Ladian
8. Steinalm limestones, Upper Anisian
9. dark limestones, Guttenstein strata, Anisian
10. slates, dark limestones and hornstonic limestones, Guttenstein strata
11. dolomitic limestones and limestones, Guttenstein strata, Anisian
12. dolomites, Lower Anisian, Ladian, Upper Triassic
13. marl - limestone group of strata, Upper Campil
14. slate - sandstone group of strata, Zeis up to Lower Campil
15. group of strata 13 and 14 together
16. conglomerates, sandstones, slates, gypsum, anhydrite and cavernous carbonates (rauhwackes), group of strata Nova Ves, group of Krompachy, Permian
17. sandstones, slates, tuffes, tuffites, paleorhyolites, paleodacite - andesites, Petrova Hora group of strata, Krompachy group, Permian
18. conglomerates, sandstones, slates, Knola group of strata, Krompachy group, Permian
19. metabasalts, Dobsina group, Upper Carboniferous
20. border of rocks and group of strata determined, suppositious and bedding
21. normal faults and overthrust faults, important overthrust faults, Tom sove overthrust fault
22. lines of charriage faults (a: tectonic slice, b: tectonic reduction)
23. fold axis (a: anticline, b: syncline)
24. water streams intermittent and permanent, springs
25. karst springs, ponors
26. a : Duca karst hollow, b : karst doline
27. more important caves: (1 : Koniarova cave, 2 : Skalná diera cave, 3 : uzka diera cave, 4 : Rúrovitá jaskyna cave, 5 : Líscia diera cave 6 : Dobsinská l'adová jaskyna ice cave, 7 : Jaskyna Duca cave, 8 : Trojitá jaskyna cave, 9 : Zrútená diera cave, 10 : Sokolica cave, 11 : Puklinová jaskyna 1 cave, 12 : Stratensky jaskyna cave, 13 : Vojensk jaskyna cave, 14 : Psie diery cave, 15 : Zelená jaskyna cave, 16 : Jaskyna nad kosiarom cave, 17 : Vlčia jaskyna cave, 18 : Komfny cave, 19 : Jaskyna v Skale cave)
28. the plan of Stratenská jaskyna cave, Dobsinská l'adová jaskyna ice cave and Psie diery cave
29. geological sections by M. MAHEL' (1957), by J. BYSTRICKY (1982) and by L. NOVOTNY, F. MIHAL' (1987) compiled by L. NOVOTNY (1989).



**Fig. 2. Geomorphological map of karst plateaux Duča and Pelc**

**Legend :**

- |        |  |      |   |
|--------|--|------|---|
| 1.1    | relicts of top system of grading surface                     | 2.1  | relicts of planar senile valleys of midmountains surface  |
| 1.1.1. | midmountains surface   | 2.2. | dry, slope, steep dipped valleys V-shape (sometimes gorges) in lower parts U-shape on the perimeter of karst plateaux |
| 1.1.2. | hem plateaux   | 2.3. | pass  |
| 1.1.3. | riverain plain   | 3.1. | relief on the non karst rocks (parallel with south hem of karst plateau Pelc relief of erosion guillies)              |
| 1.1.4. | slopes of karst plateaux often with cliff relief             | 4.1. | upper river terrace level   |
| 1.2.1. | contours of hem of karst plateaux on the contact with slopes | 4.2. | lower river level   |
| 1.2.2. | shoulder   | 4.3. | riverain plain  |
| 1.3.1. | uvala  | 5.1. | permanent water stream and axis of valley (local on the non karst relief)   |
| 1.3.2. | sinking uvala with axis and slope                            | 5.2. | intermittent water stream and axis of valley compiled by L. NOVOTNÝ (1989)  |
| 1.3.3. | doline   |      |   |
| 1.3.4. | karst springs  |      |   |
| 1.3.5. | ponors   |      |   |
| 1.3.6. | caves and abysses  |      |   |
| 1.3.7. | karst cauldron   |      |   |
| 1.3.8. |  |      |   |

## Underground karst

The underground karst phenomena are very good developed mainly in limestone massif of the Duča plateau, but in the Pelc plateau less.

On the Duča plateau we know 53 caves with total length 24400 meters.

Mainly it is the cave system of Stratenská jaskyňa cave, which is created by these independent caves :

1. Stratenská jaskyňa cave - Psie diery cave  $19067 + 2584 = 21$  km and 651 m,
2. Dobšinská ľadová jaskyňa ice cave 1 232 m,
3. Jaskyňa Duča cave 136 m,
4. Zelená jaskyňa cave 31 m etc.

On the Pelc plateau we know twelve caves with total length 329 m. The most of them are occurred close above temporary rose base of the brook called Tiesňavy. The most important cave in territory of the Pelc plateau is Vlčia jaskyňa cave with its length 121 m and its depth 20 m. The polygons of the another caves is about 2 up to 70 m.

## Conclusion

We can see some fundamental differences between plateaux the Pelc and the Duča.

The Pelc is the best preserved karst plateau with reach development of surface karst phenomena (three uvalas and into then twelve dolines).

The Duča is very destructed plateau (only one doline). Slopes of the Duča plateau are very separated and gulled by steps valleys, sometimes with very abrupt slope. The slopes of the Pelc plateau have the same inclination and they are very little separated and furrowed by non significant valleys.

Very remarkable difference is in development of underground karst. On karst plateau called Pelc we can see 12 caves and 9 of them are situated in south western part of the plateau. On the Duča plateau we know 53 caves.

The main reason of dissimilar development of surface and underground karst phenomena on the reaserched plateaux is the widness and development of the youngest tectonical faults of north - west and north - northwestern direction. These faults have the biggest widness from the all faults and they are guided by system of subparallele and expressive tectonical clefts, diaclasses and local faults. Non hardened filling of the faults and guided system of clefts are the way for intensive penetration of waters into underground and it is important for development of erosive forms. In central part of the Pelc plateau these faults are very little developed.

By the results of the research and field works we assume that a discovering of large widespread underground spaces in the karst plateau Pelc is very little real.

## Literature

- BYSTRICKÝ, J., JENDREJAKOVÁ, O., PAPŠOVÁ, J. 1982 : Príspevok k stratigrafii triasu Stratenskej hornatiny. Mineralia slovaca, 12, č. 4, s. 289-321.
- DROPPA, A. 1960 : Dobšinská ľadová jaskyňa. Šport, Bratislava, 113 s.
- HUŇA, L., KOZÁK, M., VOLOŠČUK, I. 1985 : Slovenský raj. Chránená krajinná oblasť. Príroda, Bratislava, 376 s.
- JAKÁL, J. 1983 : Krasový reliéf a jeho význam v geomorfologickom obraze Západných Karpát. Geografický časopis, 35, č. 2.
- LUKNIŠ, M. 1945 : Príspevok ku geomorfológii povrchového krasu Ztratenskej hornatiny (Slov. raja). Zborník PF SU v Bratislave, Zväzok XII, 46 s.
- MAHEL', M. 1957 : Geológia Stratenskej hornatiny. Geologické práce GÚDŠ, Zošit 48a, Bratislava, 201 s.
- NOVOTNÝ, L. 1984 : Geologické a geomorfologické črty pracovného územia oblastnej skupiny SSS Spišská Nova Ves. Spravodaj SSS, roc. 15., c. 1., L. Mikuláš.
- NOVOTNÝ, L. & TULIS, J. 1990 : Prehľad speleologickej preskúmanosti pracovného územia oblastnej skupiny Slovenskej speleologickej spoločnosti Spišská Nová Ves. Slovenský kras XXVIII., Osveta, Martin, s. 215 - 236.
- NOVOTNÝ, L. & TULIS, J. 1995 : Krasová planina Pelc v Národnom parku Slovenský raj. Manuskript, SK SR, Spišská Nová Ves. 39 s.
- TULIS, J. & NOVOTNÝ, L. 1989 : Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. Osveta, Martin, 459 s.
- TULIS, J., NOVOTNÝ, L., MIHÁL', F. 1992 : Inventarizačný geologický, geomorfologický a speleologický výskum ŠPR Stratená v NP Slovenský raj. Manuskript, Správa NP Slovenský raj, Sp. Nová Ves, 68 s.

# Explorations belges en Italie

par Serge Delaby et Sophie Verheyden

CSARI - Rue des Champs Elysées 50, B-1050 Bruxelles - E-mail: sverheyd@vnet3.vub.ac.be

## Résumé.

Présentation des principales découvertes réalisées en Italie septentrionale par le CSARI, un groupe de spéléos-plongeurs de Bruxelles. Les travaux entrepris dans 2 émergences piémontaises (Grotta delle Vene, grotta della Mottera) et dans une émergence de Toscane (le "Fate") seront abordés.

## Abstract

Presentation of the results of the Csari, a cave divers group from Brussels. The explorations of important resurgence caves (Grotta delle Vene, Grotta della Mottera, and Fate) in the Piedmont and Toscane areas are related.

## Introduction

Depuis 1963, le Csari se déplace en Italie. Schématiquement, on distingue 2 périodes. La première de 1963 à 1972 est dédiée à la topographie de cavités connues mais non levées. Il s'agit essentiellement de la grotte d'Ispinigoli en Sardaigne et de la grotte de Scogli Neri en Ligurie. Les travaux réalisés sont publiés dans l'Electron, la revue "fédérale" belge de l'époque et ne seront plus repris ici. La deuxième période, consacrée à l'exploration, débute en 1982 et se poursuit encore actuellement. La majorité des explorations se fait en commun avec les spéléologues italiens ou suivant leurs indications. Il est évident que pour se faire connaître et accepter, il nous fallait des atouts. Le premier atout, et il me semble le plus important, est d'avoir de bons contacts avec les spéléologues locaux ce qui passe nécessairement par l'apprentissage de l'italien et le goût du pays. Ensuite, notre attirance pour l'eau en général et les siphons en particulier complète efficacement les équipes italiennes. Il n'y a pas d'intérêt pour les spéléos italiens de partager l'explo d'un gouffre vertical, si ce n'est par amitié ou amusement, comme cela s'est vu en Grigna. Il est donc logique que plus de la moitié des explorations se soient faites dans des "émergences de montagne". Parmi celle-ci, le Pis del Pesio ou la grotte de Bossea présagent encore d'intéressantes plongées. Mais nous aborderons ici les 3 explorations majeures.

## Spécificité des explorations

Toutes les "résurgences" que nous avons explorées sont partiellement ou totalement constituées de conduits à l'air libre. Elles font donc appel aux techniques de la spéléo et parfois de la plongée-spéléo. La combinaison spéléo + plongée-spéléo est certainement le parent pauvre de l'exploration souterraine. Il y a en effet peu de candidats ou d'équipes pour s'y investir même si le potentiel d'exploration est important. L'avancement dans ce type d'explo est souvent lent. Les obstacles classiques sont les cascades ou puits remontants et les siphons. Le premier type d'obstacles nécessite un bon grimpeur souterrain éventuellement assisté d'un perforateur ou d'un mât. L'escalade demande parfois plusieurs descentes, mais une fois franchie, elle ne posera plus de réel problème. Il faut toutefois rester vigilant à l'équipement qui demeure en fixe. Le franchissement des siphons se fait généralement par le recours aux techniques de plongée qui doivent être répétées à chaque incursion. Selon le profil de la cavité, long siphon ou succession de siphons, il faut planifier des équipes de "spéléo-sherpas" ou de plongeurs d'assistance ou les deux. Le matériel doit être préparé avec soin de telle sorte qu'il soit solide, fiable, étanche, maniable et léger. Parmi le matériel emporté, on trouve fréquemment, tuyau en polyéthylène pour protéger et porter les bouteilles, tube équipression, bidon étanche, costume sec sans bottillons, bouteille en fibre de

carbone, etc. Bref, une organisation qui laisse peu de place à l'improvisation.

## Alpes Ligures

Les Alpes Ligures sont localisées dans le SW de la région piémontaise et plus précisément dans la province de Cuneo. On trouve, d'ouest en est les zones spéléologiques suivantes: Marguareis, Mongioie, Regiose, Alpe degli Stanti. La superficie de ces massifs est d'environ 200 km<sup>2</sup>. L'altitude des sommets dépasse rarement les 2600 m et les rivières souterraines émergent aux alentours des 1500 m. De nombreux traçages ont permis d'individualiser un certain nombre de systèmes hydrogéologiques (voir tableau ci-dessus). Nous sommes en présence d'un karst de haute montagne largement influencé par la tectonique et les anciennes glaciations. Le niveau imperméable est constitué de porphyroïdes (Carbonifère Permien) et de quartzites (Trias inf.) sur lequel reposent des calcaires plus ou moins dolomitiques (Trias moyen / Jurassique).

Emergence	Massif	Débit M3/H	T° °C	Dev km	Den M	Pot. M
Lupo (Foce)	Marguareis	0.3-?	5.8			1470
Pis Ellero	Marguareis	0.1-?				763
Pis Pescio	Marguareis	0.15-?	4.5	1.1	90	832
Vene	Mongioie	0.03-4+	± 4	5	+200	1105
Fuse	Mongioie	0.03-1	± 4	0.03	-10	1105
Bossea	Prato Nevoso	0.06-1.2	7	2.8	+200	670
Mottera	Stanti	E-2 à E1	± 5	13	+602	675

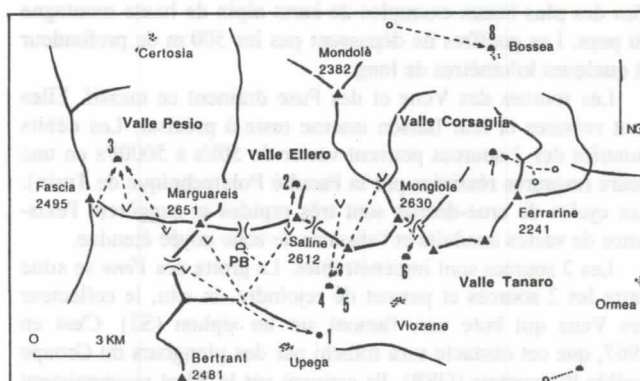


Fig 1: Emergences dans leurs contextes géographiques. Les traits gras représentent les lignes de crêtes, les traits interrompus représentent les écoulements souterrains, les triangles sont les sommets. Les numéros correspondent à: 1- La Foce. 2- Pis Ellero. 3- Pis del Pescio. 4- Vene. 5- Fuse. 6- Regiose. 7- La Mottera. 8- Bossea.

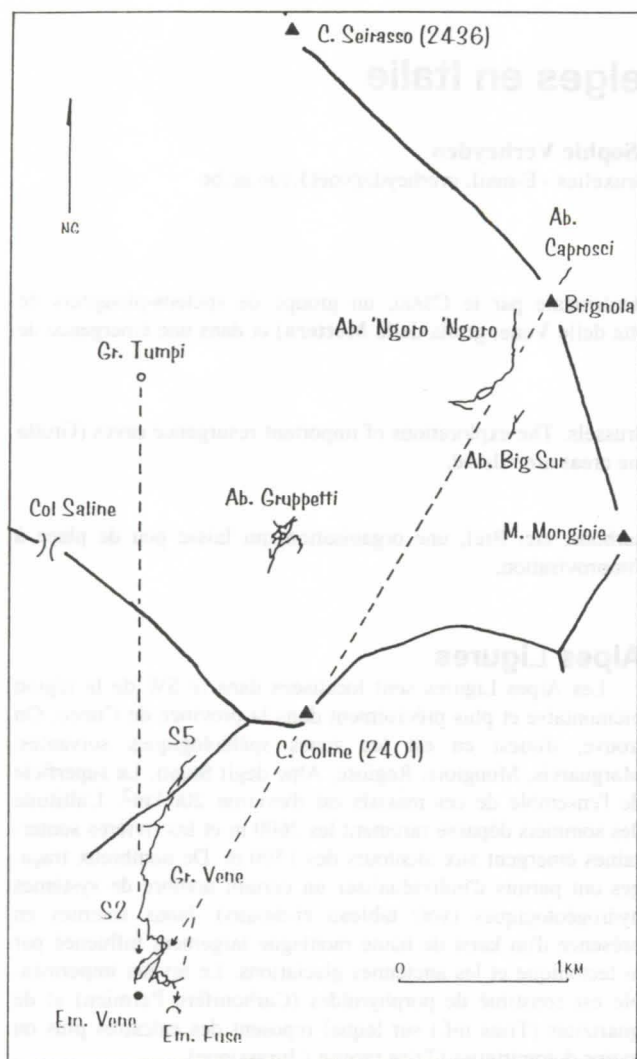


Fig 2. Cartographie des principaux phénomènes karstiques du massif du Mongioie. Même légende que fig 1 avec en plus les traits moyens qui représentent les galeries souterraines.

### Système Vene-Fuse

Le massif du Mongioie constitue la principale zone d'alimentation de cet important système karstique (traçage GSP-GSI et al.). La partie méridionale du massif est constituée de versants raides jusqu'au niveau des émergences. Le secteur nord-ouest est une vaste conque glacio-karstique. Nous sommes en présence d'un des plus beaux exemples de karst alpin de haute montagne du pays. Les gouffres ne dépassent pas les 500 m de profondeur et quelques kilomètres de long.

Les sources des Vene et des Fuse drainent ce massif. Elles sont voisines et leur liaison interne reste à préciser. Les débits cumulés des 2 sources peuvent varier de 50l/s à 5000l/s en une heure (mesures réalisées par la Faculté Polytechnique de Turin). Les cycles de crue-décruie sont très rapides et suggèrent l'existence de vastes conduits et l'absence de zone noyée étendue.

Les 2 sources sont impénétrables. La grotte des Vene se situe entre les 2 sources et permet de rejoindre, in situ, le collecteur des Vene qui bute vers l'amont sur un siphon (S2). C'est en 1967, que cet obstacle sera franchi par des plongeurs du Groupe Spéléo Piémontais (GSP). Ils arrivent sur le S3 et reconnaissent une partie d'un réseau fossile sans toutefois réaliser de topographie.

Lors de notre première incursion en 1986 nous levons les 550 m de rivière entre le S2 et S3. On évolue dans de vastes galeries tantôt ponctuées de profonds biefs tantôt de grandes

salles chaotiques. En 1987, nous contourons le S3 par le fossile long de 500 m. Le S4 est franchi la même année. En 1988, après 300 mètres de progression accidentée de plusieurs escalades et cascades nous atteignons le S5 qui est tenté sans succès. Des niveaux supérieurs sont explorés. En décembre 1989, nous franchissons le S5 (60 m, -25). Ensuite, une courte galerie mène sous une cascade estimée à 30 mètres. En mars 1993, en 2 séances et avec l'aide d'un perforateur, la cascade est franchie. Une centaine de mètres de rivière interrompue d'une cascade de 5 mètres aboutissent au terminus actuel, le S6. Les points post-S5 oscillent autour des 25 heures. L'avancement dans ce type d'exploration passe inévitablement par le transport de nombreuses bouteilles de plongée, ce qui ralentit considérablement la progression et contraint à faire appel à des "équipes relais".

Ces expéditions ont porté les Vene de 2.2 km à 4.5 km et ont, dans une certaine mesure, relancé les prospections sur le plateau. De nouveaux gouffres ont été découverts par les Italiens tels le M16 (-455) et l'abisso 'Ngoro 'Ngoro (-470) pour ne citer que les plus importants. Le siphon terminal du 'Ngoro est distant de 2.5 km du S6 des Vene, mais à la même hauteur (?!). Le gouffre des Gruppetti reste donc le mieux placé pour jonctionner avec les Vene. Ils sont séparés de 1 km et de 80 m en dénivelé. L'expédition de 1997 sera focalisée sur ces 2 grottes.

### La grotta della Mottera

La grotte de la Mottera est une émergence (débit de 50l/s à  $\geq 1000$ l/s) qui se situe dans la vallée Corsaglia. Son bassin d'alimentation est relativement bien connu (géologie locale, traçages). Il s'agit grosso-modo de l'Alpe degli Stanti. Les phénomènes karstiques de surface sont peu développés, cachés ou obstrués par d'importants dépôts. L'Omega X est la cavité la plus importante (-342 m).

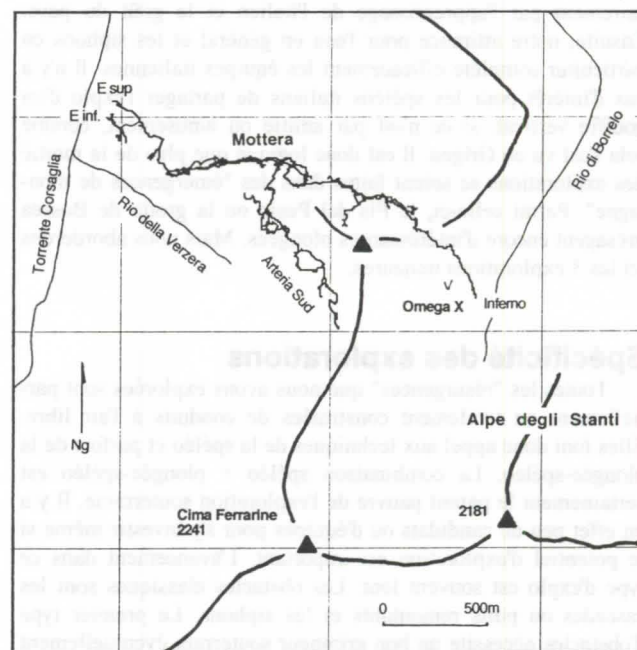


Fig 3. Vue générale sur la région Mottera-Stanti. Même légende que fig 2 avec en plus les traits fins qui représentent les écoulements de surface (dessin S. Delaby -1997),

La grotte s'ouvre une centaine de mètres au-dessus du ruisseau Corsaglia. Les 3 entrées actives (E inf sur la topo) de la grotte sont explorées par le GSP entre 1962 et 1967. Ils remontent la rivière sur 1 km jusqu'à une cascade. En 1982, le Spéléo Club Tanaro (SCT) découvre une quatrième entrée, en paroi, menant directement en amont des 500 mètres de nage des entrées actives. Cela facilite la progression et la cascade est fran-

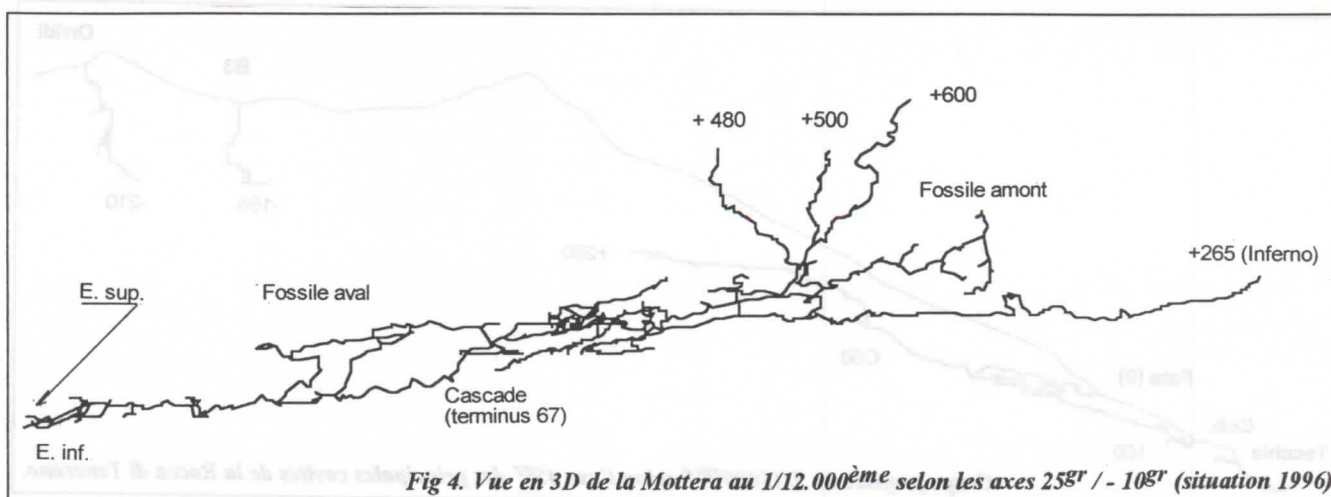


Fig. 4. Vue en 3D de la Mottera au 1/12.000<sup>ème</sup> selon les axes 258° / - 108° (situation 1996)

chie. De vastes galeries fossiles et concrétionnées sont découvertes. En remontant un affluent, les spéléos italiens mettent à jour un surprenant réseau fossile indépendant du collecteur. L'Arteria Sud, baptisé ainsi en regard à son orientation, recoupe plusieurs affluents et atteint dès 84 la cote de +403 m. Quand nous sommes invités en 1985, la grotte développe plus de 7 km. Les Italiens butent sur une grosse trémie dans le collecteur. Notre première tâche sera de la franchir, sorte d'examen d'admission. Nous sommes la deuxième équipe à rejoindre la trémie, ce qui ne se fera pas sans difficulté vu la complexité du parcours. La suite tient plus du coup de bol que d'une démarche de recherches académiques. Toujours est-il que sur la suggestion d'une fumée de cigarette, nous bougeons quelques blocs du sol de la trémie. Un violent effondrement se produit et découvre un puits de 10 m. Ensuite, avec le SCT nous remontons sur 800 m le collecteur jusqu'à l'actuel terminus, la trémie de l'inferno (débit  $\geq 201/s$ ). Avec plus de 3 km de long, le collecteur de la Mottera constitue une des plus longues rivières souterraines du pays.

Entre 1986 et 1989, Belges et Français du SC Rapetrous investissent alternativement et avec détermination l'Arteria Sud. La cote passe successivement à +480, +500 et +600. La dernière exploration, conduite par le SCT, établit la communication radio entre le sommet de +602 et l'extérieur. Mais, dans un souci de protéger la cavité cette liaison reste pour l'instant accessible aux seules ondes électromagnétiques.

Dernière étape de l'exploration, menée conjointement par le SCT et le CSARI, est la découverte en 1990 du réseau fossile amont du collecteur. Le réseau est truffé de concrétions et cristaux. On progresse sur des morceaux de tapis afin de les protéger. La suite des explorations est plus lente et nécessite de nombreuses escalades. Un bivoac est installé. Nous réalisons un film vidéo. En 1996, ce réseau fossile est reconnu sur 1600 m et prend plusieurs directions dont une suit le tracé du collecteur situé une centaine de mètres plus bas.

La jonction avec la surface n'étant délibérément par faite, la grotte reste la première cavité ascendante du pays (+602 m). Le développement total dépasse les 13 km dont 12 topographiés.

## Système Fate-Cobardine

Le système Fate-Cobardine se situe en Toscane et plus précisément dans la partie septentrionale des Alpes Apuanes. Le système Fate-Cobardine que nous appellerons, comme de nombreux spéléos, simplement les "Fate".

## Historique

L'histoire de l'exploration d'une cavité est parfois compliquée, passionnée et jalonnée de polémiques et luttes fratricides. Et c'est exactement ce qui se produit aux Fate. Il en résulte une

exploration inefficace et incohérente regrettable. Bien que le système Cobardine-Fate mériterait à lui tout seul une publication et qui serait certainement sujet à controverse, nous nous bornerons à ne citer que les grandes étapes des découvertes sur le massif. La prospection sur la zone d'alimentation débute en 1960 et sera essentiellement menée par le Groupe Spéléo Bolzaneto et le Groupe Spéléo Carrare. Les découvertes les plus intéressantes sont l'Antro degli Orridi (-210, GSP & CSARI et al), l'abisso B3 (-155, GS Bolz.) et le Pozzo Giallo (GS Carrare). Au niveau de la vallée, les premières investigations remontent à 1974. De 1976 à 1982, le Groupe Spéléo Ligure "Arturo Issel" (Issel) explore les entrées de la "risorgenza di Cobardine" et de la "grotta delle Fate". Elles seront rapidement unies. Les spéléos génois poursuivent leur progression au-delà d'un premier siphon. Jusqu'ici aucune topographie n'est levée. Quand nous débarquons en 1983 avec l'Issel, notre première mission sera bien évidemment d'établir ce plan. La grotte mesure sur base de ce premier travail 1300 m pour une dénivellation de 140 mètres. Toujours en 1983, Italiens et Belges poussent l'explo jusqu'au S2 ce qui porte les Fate à 1400 m. Ensuite l'histoire se complique et dès 1984, les acteurs ont de fortes divergences d'opinions entre eux. Les plongeurs belges vont poursuivre le post-siphon des Fate, ils

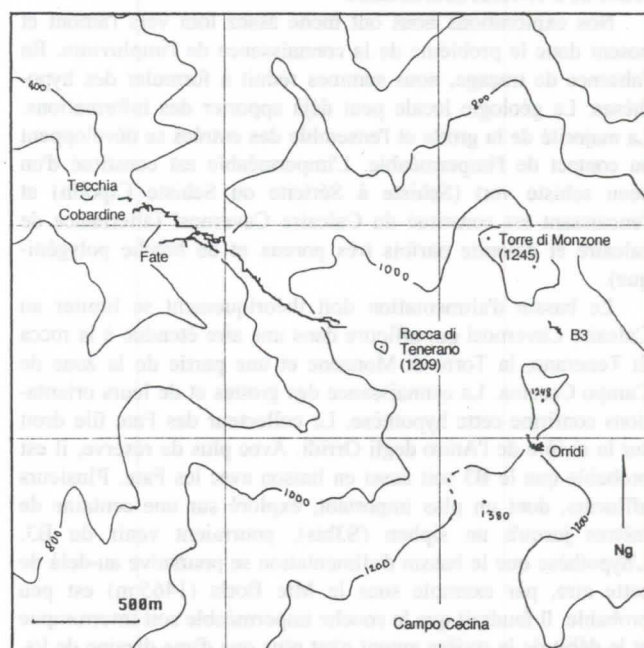
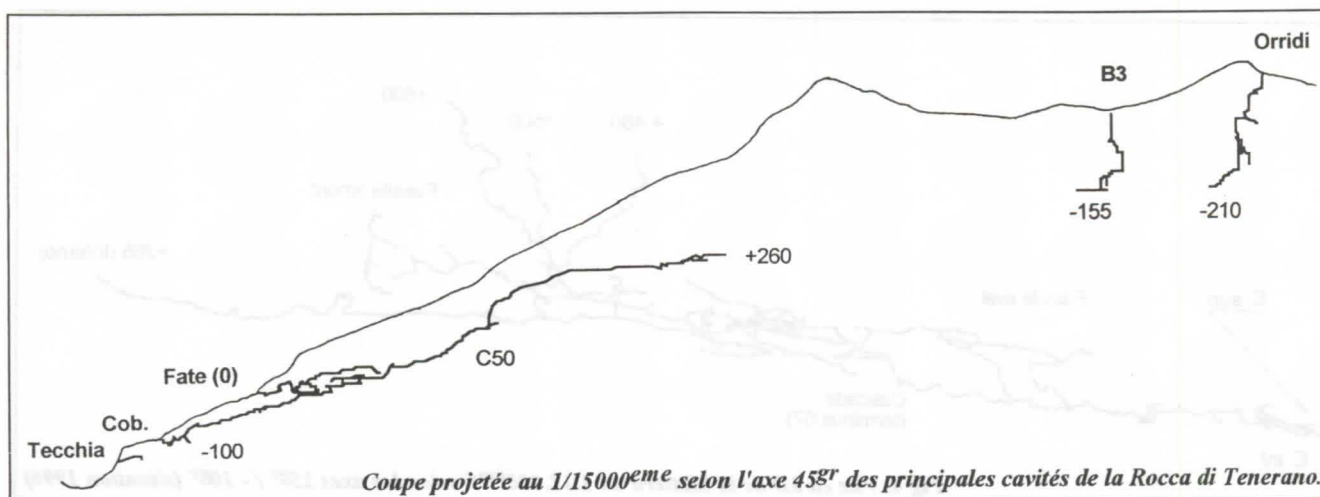


Fig. 5. Vue générale sur la région de la rocca di Tenerano. Les traits fins représentent les courbes de niveau et les traits gras représentent les galeries souterraines. (dessin S.Delaby -1997)



franchiront les différents obstacles qui jalonnent les 1900 mètres de rivière dont l'impressionnante "Cascata della Fulminazione" haute de 50 mètres jusqu'à un S3. La grotte développe alors 3.3 km pour une dénivellation totale de 360 m (+260 et -100 par rapport à l'entrée des Fate s.s.).

Entre-temps les autorités communales interdisent l'accès au système croyant de la sorte résoudre les problèmes d'alimentation en eau de la région. Il y a un captage, et les eaux sont parfois chargées de poussières de marbre (sans doute dû aux carrières proches).

#### Schéma hydrogéologique

La grotte des Fate s.s. ( $Z=615$  m) est une paléo-émergence. La "résurgence" de Cobardine ( $Z=525$  m) n'est active que par forte précipitation et se tarit progressivement en période de sécheresse. Ces 2 entrées permettent de rejoindre le collecteur. Les émergences pérennes du système s'étagent dans la vallée entre 400 m et 480 m et sont toutes impénétrables. La source de 480 m est captée et se situe devant un vaste porche comblé de sédiments (la Tecchia). Les connexions précises entre les différentes émergences et la rivière interne reste à préciser. Pour les spéléologues de l'Issel, le schéma serait compliqué par la présence de 2 rivières souterraines.

Nos explorations nous ont mené assez loin vers l'amont et posent donc le problème de la connaissance de l'impluvium. En l'absence de traçage, nous sommes réduits à formuler des hypothèses. La géologie locale peut déjà apporter des informations. La majorité de la grotte et l'ensemble des entrées se développent au contact de l'imperméable. L'imperméable est constitué d'un beau schiste vert (Schiste à Sérinite ou Schiste Cipolin) et l'encaissant est constitué du Calcaire Cavernosi (alternance de calcaire et dolomie parfois très poreux et de brèche polygénique).

Le bassin d'alimentation doit théoriquement se limiter au Calcaire Cavernosi qui affleure dans une aire étendue à la rocca di Tenerano, la Torre di Monzone et une partie de la zone de Campo Ceccina. La connaissance des grottes et de leurs orientations confirme cette hypothèse. Le collecteur des Fate file droit sur la rivière de l'Antro degli Orridi. Avec plus de réserve, il est probable que le B3 soit aussi en liaison avec les Fate. Plusieurs affluents, dont un plus important, exploré sur une centaine de mètres jusqu'à un siphon (S3bis), pourraient venir du B3. L'hypothèse que le bassin d'alimentation se poursuive au-delà de cette aire, par exemple sous le Mte Borla (1465 m) est peu probable. Il faudrait que la couche imperméable soit interrompue et le débit de la rivière amont n'est plus que d'une dizaine de l/s. Quoi qu'il en soit, si cette extension existe, il est probable que le passage soit petit. Les gouffres des Orridi et du B3 ont permis de rejoindre des cours d'eau ( $\pm 11$  l/s) qui sont, tant vers l'aval que vers l'amont, rapidement impénétrables. Tout au plus l'aval des

Orridi laisse une lueur d'espoir au travers d'un siphon étroit distant de 1 km de l'amont des "Fate". Le potentiel d'une telle jonction est de 700 m. Le recours aux techniques de désobstruction pourrait aussi aboutir à d'intéressantes découvertes. Comme l'on se rend compte, la jonction plateau - résurgence est envisageable mais sera certainement jalonnée de nombreux obstacles tant humains que sportifs.

#### Description sommaire

L'entrée des Fate et le réseau qui suit est le seul étage fossile connu de la grotte. Par un ressaut de 10 m on débouche dans le collecteur. En descendant la rivière, on arrive dans la plus grande salle de la cavité (3000 m<sup>2</sup>) qui est suivie de la galerie de sortie de Cobardine. En remontant la rivière et après avoir franchi une cascade de 10 m, un siphon de 20 m et un puits remontant de 10 m, on rejoint la cascade de la Fulminazione (marquée C50 sur la topo). De la grande salle jusqu'ici, les galeries sont de petites dimensions (2x2 m) et inclinées. En amont de la C50 et jusqu'au siphon 3, les galeries sont plus grandes (4x3 m) et comportent de longs tronçons horizontaux. Le sol de tout le réseau actif est recouvert d'une importante couche de calcite jaunâtre. La rivière a incisé cette calcite et parfois les schistes verts sur plusieurs mètres. La rivière est superbe et la progression est aquatique. Les problèmes d'accès ont eu l'avantage de préserver la cavité surtout dans la zone post siphon. Les annexes post siphon et le siphon 3 n'ont pas été explorés. Dans la zone post siphon des restes d'animaux dont des ours ont été trouvés. La présence d'empreintes, si elle s'avère juste, atteste d'une autre entrée.

#### Références

- ASSOCIAZIONE GRUPPI SPELEOLOGICI PIEMONTESI. 1995. Atlante delle grotte e delle aree carsiche piemontesi, Torino, 206p.
- DELABY, S.; VECOVEN G. 1994. Explorations Csariennes dans les Alpes Ligures; Regard 16: 2-8.
- PASTORINO M.V. ; PRATI A.; Viotto L. 1986. Cobardine e le Fate grotta Armando Cossati, Speleologia 15: 20-23.

#### Remerciements

Les expéditions ont été réalisées avec l'appui du Service des Sports de la Communauté Française de Belgique (A.D.E.P.S.).

Le Parco Naturale Alta Valle Pesio e Tanaro et la Commune de Ormea (CN).

Aussi un grand merci à tous nos copains italiens sans qui ces expéditions n'auraient pas été ce qu'elles ont été ...

En mémoire de José Leonard, passionné de l'exploration en résurgence et disparu au cours d'une plongée dans le gouffre de Gourneyras.

# Spéléo-plongée en Turquie: synthèse des trois campagnes belges

par Serge Delaby et Sophie Verheyden

CSARI / UBS - Rue des Champs Elysées, 50 B-1050 Bruxelles - sverheyd@vnet3.vub.ac.be

## Résumé

Synthèse des trois expéditions de l'Union Belge de Spéléologie en Turquie. Une grande partie des découvertes ont lieu dans le Taurus. La grotte de Maraspoli (Ermenek) passe de 1.2 à 2.4 km. Le gouffre d'Arkaça (Akseki) atteint la profondeur de -420 m. Oubliée des spéléologues jusqu'à présent, la "haute Manavgat" ou vallée de Kuyucak est répertoriée. Mais la zone noyée de Felengi (Konya) est incontestablement le phénomène le plus remarquable que nous avons étudié, et ce, tant au niveau sportif que scientifique. Le siphon, vaste galerie (30x40 m) développe actuellement 800 m pour une profondeur maximale de 80 m.

## Abstract

A synthesis of the three Belgian expeditions in Turkey. A great number of explorations were performed in the Taurus Mountains. 1.2km of new galleries were explored in Maraspoli Cave, now 2.4 km long. Arkaça Cave reaches a depth of -420 m. The upper region of the Manavgat River (Kuyucak Valley) was prospected. However, the most noteworthy phenomenon is without doubt the underwater area of Felengi Cave, which we studied on a caving as well as on a scientific point of view. The sump, a 30 m by 40 m gallery, actually develops 800 m with a maximal depth of 80 m.

## 1 Introduction

En Turquie, environ un tiers de la surface (250.000 km<sup>2</sup>) comprend des roches carbonatées. Si la karstification est présente dans une grande partie de la Turquie, elle prédomine dans le Taurus. Le relief turc est le résultat de nombreuses tensions suite à la fermeture de l'ancien océan Thétys situé entre l'Afrique et l'Europe. La poussée venue du sud a causé le soulèvement de la Turquie et le plissement des roches au nord (la chaîne pontique) et au sud (la chaîne taurique). Ces déformations allaient de pair avec des fracturations et des phénomènes de volcanisme qu'on retrouve également dans le relief turc.

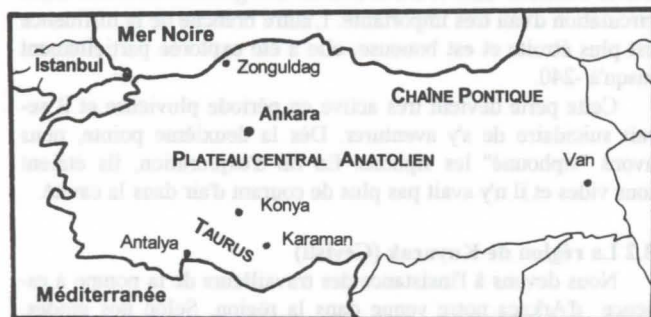


Fig 1. Carte générale de la Turquie

La Turquie attire les spéléologues depuis les années '50. Elle offre l'avantage d'être particulièrement dépayssante tout en ayant une situation pas trop éloignée. On peut y trouver des grottes assez vastes et sportives, des paysages superbes, des sites archéologiques et surtout une population extrêmement accueillante. Tout ceci fait le charme d'un pays exceptionnel et d'expéditions inoubliables. Un grand nombre d'expéditions se sont déjà déroulées sur l'entièreté du territoire turc, bien que principalement concentrées dans le Taurus et autour de la Mer Noire. Des spéléologues allemands, américains, anglais, belges, espagnols, français, italiens, tchèques et turcs ont contribué à la connaissance du karst turc. Les spéléologues turcs se distinguent notamment avec la découverte de deux -1000 (Çukurpinar et Peynirlik).

Les expéditions belges se sont déroulées en 1994, 1995 et 1996. Dans les trois cas une expé mixte réunissait spéléologues-plongeurs et spéléologues. La première expé nous a permis de reconnaître le Taurus autour de Hadim et d'Ermenek, le plateau d'Anatolie aux alentours de Konya. Certaines de ces régions furent approfondies lors des expéditions suivantes. La plupart des explorations se sont faites dans des grottes déjà répertoriées et parfois en partie explorées. Notre atout étant évidemment la

Cavité	Région	Long. explo UBS 94/96	Long. total	Prof
Aktaz (gouffre)	Konya	200	200	-150
Arkaca (perte)	Antalya	600	1200	-420
Asep Yeri 1 (perte)	Antalya	350	350	-52
Asep Yeri 2 (perte)	Antalya	200	200	-66
Ayatsun (source)	Karaman	20 (S1-S2)	40	-2
Bagarcik (grotte)	Antalya	215	215	-16
Balçilar (source)	Konya	60 (S1)	60	-30
Balçilar (grotte)	Konya	200	200	
Duden (perte)	Antalya	60 (S1)	?	-95
Felengi (grotte)	Konya	± 1200	1735	-245
Gok Hoyok (obruk)	Konya	-	-	-35
Hisalayik (regard)	Karaman	140 (S2)	400	-62
H 10 (perte)	Konya	150	150	-35
Kizoren (obruk)	Konya	-	-	-80
Maraspoli (grotte)	Karaman	± 1200	2400	50
Subaci (source)	Antalya	575	575	+32
Tilkiler (grotte)	Antalya	130 (S1)	6200	189
Yerkopru (traversée)	Konya	60 (S1)	490	-
Yesildere (source)	Karaman	100 (S1)	100	-50

Fig 2. Grottes explorées pendant les campagnes 94 à 96. Environ 5 kilomètres de galeries sont découvertes.

possibilité de plonger. Les phénomènes sont très différents d'une région à une autre: gouffres verticaux, résurgences horizontales, cavités fossiles et systèmes karstiques entièrement noyés.

## 2 Organisation générale

Contrairement au Mexique ou en Nouvelle-Guinée, les expéditions en Turquie nécessitent tout d'abord la consultation d'une bibliographie particulièrement fournie, pour dénicher les coins intéressants et/ou encore peu prospectés.

Pas mal de sites sont accessibles en voiture, bien que de nombreuses pistes nécessitent un 4X4, le moyen de locomotion idéal en Turquie. Voitures, conducteurs et matériel transitent par bateau pour rejoindre la Turquie.

La période idéale pour faire de la spéléologie en Turquie, surtout dans les montagnes, est comprise entre juin et septembre. C'est une situation assez semblable à celle des Alpes, mais plus chaude. Aussi le meilleur compromis climatique est le mois de septembre. Il offre en outre l'avantage d'être financièrement plus avantageux et touristiquement moins chargé.

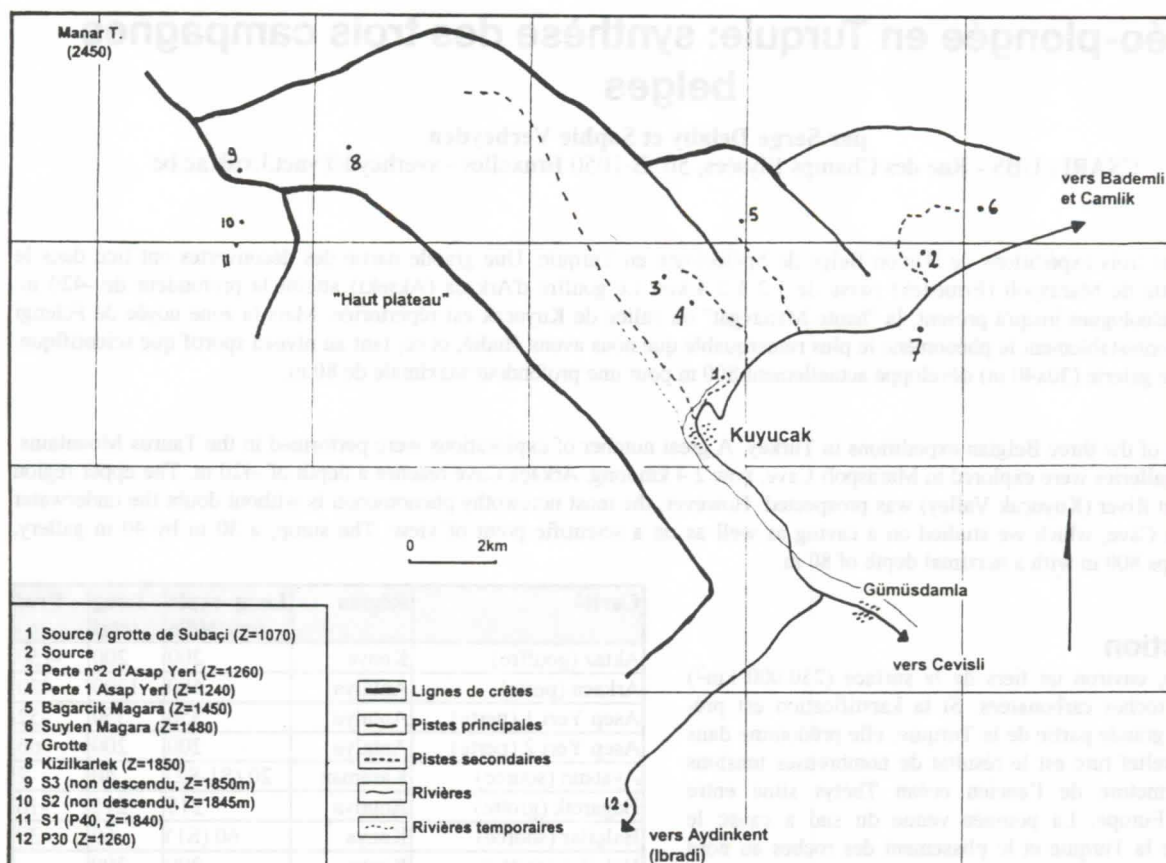


Fig. 3. La région de Kuyucak. Positionnement des points caractéristique (grottes, routes, villages, etc.) avec un GPS Garmin 45

Le contact avec la population locale est une aide précieuse et un gain de temps considérable lors de la prospection. Il se fait très facilement, même si aucun participant ne parle le turc, et tout finit par s'arranger au bout de quelques "çay" (thé).

### 3 Le Taurus

La chaîne du Taurus s'étend sur près de 1500 km de long et 75 à 150 km de large selon une orientation O-E entre la mer Méditerranée et le plateau central anatolien. La structure de la chaîne taurique est très désordonnée, complexe, fragmentée, tectonisée. On y trouve des roches d'âge allant du précambrien (600Ma) jusqu'au présent. Les plus longs développements karstiques en Turquie se trouvent dans le Taurus, dus à la grande étendue de calcaire, mais aussi grâce au climat humide du Miocène et du Pléistocène.

#### 3.1 Le gouffre d'Akarça (Akseki)

La première semaine d'expédition de 1996 est consacrée à l'exploration d'un gouffre du plateau d'Akseki. Ce plateau se développe à l'est du canyon de la Manavgat à une altitude moyenne de 1000 m. Le gouffre d'Arkaca duden agsi est une perte temporaire de poljé. Ce gouffre a été exploré en 1992 par une expédition française (Manavgat 92) et il se situe une dizaine de kilomètres au nord d'Akseki. Nos prédécesseurs avaient franchi en plongée 2 petits siphons vers -60 et descendu le gouffre jusqu'à -210 m. Nous avons poussé l'exploration jusqu'à -420 m. La longueur passe de 600 à 1200m.

La perte est une succession de petites verticales entrecoupées de courtes galeries jusqu'à la diffuence de -220 m. Le réseau principal se poursuit en méandre jusqu'à -260. Ensuite une succession de puits moyens mènent au siphon terminal à -420 m (soit une altitude de 580 m). La progression est globalement très aquatique et nécessite une pontonnière au minimum. Les conduits polis et les morceaux de troncs ou de canettes de

bières coincées dans toute la section des galeries attestent d'une circulation d'eau très importante. L'autre branche de la diffuence est plus étroite et est boueuse; elle a été explorée partiellement jusqu'à -240.

Cette perte devient très active en période pluvieuse et il serait suicidaire de s'y aventurer. Dès la deuxième pointe, nous avons "siphonné" les siphons. En fin d'exploration, ils étaient tous vides et il n'y avait pas plus de courant d'air dans la cavité.

#### 3.2 La région de Kuyucak (Cevisli)

Nous devons à l'insistance des travailleurs de la pompe à essence d'Arkaça notre venue dans la région. Selon nos guides, cette région n'a fait l'objet d'aucune exploration spéléologique. Et nous n'avons trouvé aucune référence bibliographique à ce sujet. Une dizaine de cavités sont repérées dont quatre ont fait l'objet d'investigations plus poussées.

##### Grotte et source de Subaşı

Le village du Kuyucak est bâti le long d'une petite rivière qui se révèle être l'amont de la Manavgat. La source de la rivière se situe à 2 km vers le nord à une altitude de 1100 m. Un site de détente y est installé. Une grotte fossile permet de rejoindre la rivière interne, c'est la grotte de Subaşı. Après 250 m de rivière nous rejoignons un siphon que nous avons franchi. Nous nous sommes arrêtés pour raison d'autonomie dans le S4 après 300 m de conduits noyés à une profondeur maximale de 30 m. Le débit d'étiage est relativement faible (20l/s).

##### Des pertes présumées.

Directement au nord de la source, le relief s'élève et nous atteignons un petit plateau à 1250 m d'altitude, l'"Otlu Yaylasi". Nous répertorions plusieurs pertes temporaires, dont les deux plus grandes sont explorées. Il s'agit de cavités de dimensions moyennes, actuellement sans écoulement mais où les nombreux débris végétaux attestent des circulations d'eau très importantes en saison pluvieuse. La perte n°1 d'Asap Yeri est explorée sur 350 m et -52 m. La perte n°2 d'Asap Yeri est explorée sur 195 m

et -66 m. Ces 2 pertes se terminent sur des siphons glauques à une altitude de 1195 m soit 95 m plus haut que le niveau phréatique à Subaci.

#### La grotte de Bagarcik

La grotte se situe 5 km au nord de Kuyucak à une altitude de 1450 m. La cavité est constituée d'une galerie unique (10x5 m) longue de 215 m. Des fondations de constructions, des pierres gravées, des morceaux de colonnes, des tessons de poteries abondent en périphérie et à l'intérieur de la cavité.

#### Le haut plateau

Au nord ouest de la vallée de Kuyucak, le relief s'élève de manière plus prononcée. Nous sommes sur le haut plateau de Kuyucak à une altitude moyenne de 1800 m. Le sommet le plus haut culmine à 2450 m (Manar T.). En une journée de prospection nous avons repéré quatre puits dont deux ont été descendus sans succès. Le Kizilkarlek (neige rouge) est un vaste puits à neige de 80x30x40m (Lxlxh) qui sert de réserve en eau aux bergers du coin. Les phénomènes karstiques semblent être assez limités mais l'étendue de la zone est immense.

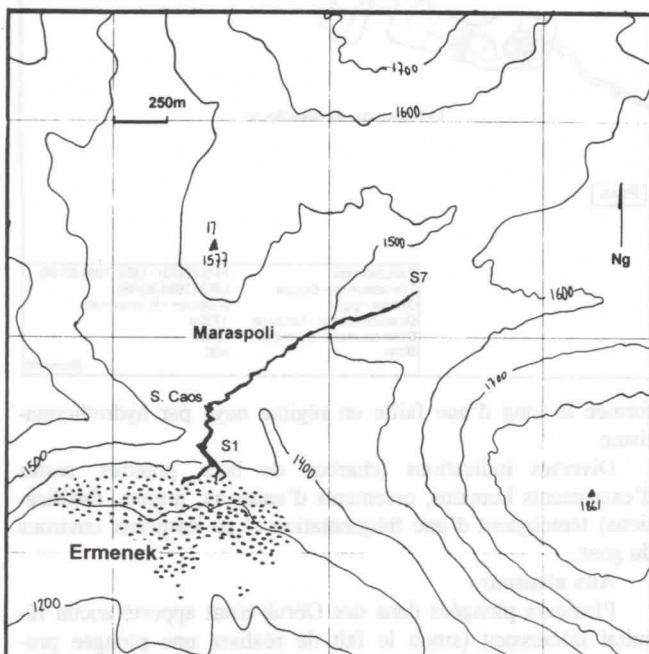


Fig. 4 Vue générale sur la région d'Ermenek.

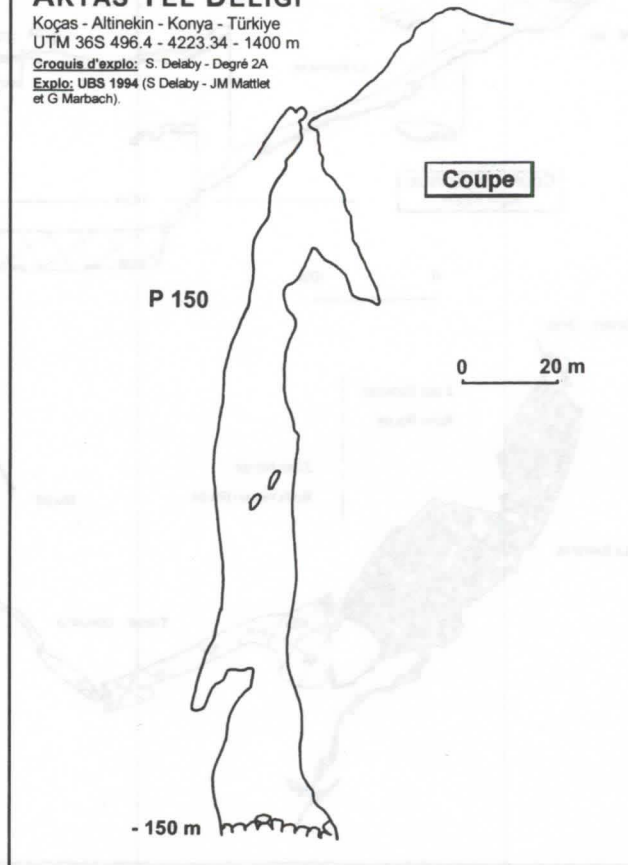
### 3.3 La région d'Ermenek

Cette région est située dans la partie centrale du Taurus. Des roches du Paléozoïque, Mésozoïque ainsi que des sédiments tertiaires y affleurent. Le plateau de Guney Yurt-Ermenek est principalement formé de bancs calcaires de  $\pm 100$  m situés sur des bancs de marnes calcaires miocènes. Le contact calcaires-marnes est très visible dans le paysage par le changement des pentes. Les parties plus élevées du plateau, entre 1700 et 1850 m d'altitude, montrent un paysage karstique. Le niveau de base de la karstification correspond au niveau de la rivière de Maraspoli (alt.:1300 m). A ce niveau, la rivière rejoint les marnes imperméables. Il y a donc  $\pm 500$  m entre la zone des pertes et la zone des résurgences. Le débit de la rivière, plusieurs centaines de litres/seconde, dévoile un vaste bassin d'alimentation. Les pertes sont souvent bouchées par des restes de moraines.

La grotte de Maraspoli a été une des premières cavités étudiées en Turquie. En 1955, l'équipe du Dr T. Aygen explore la cavité sur environ 500 mètres jusqu'au premier siphon. En 1990, une équipe italienne évite le siphon 1. Elle topographie la rivière jusqu'à la salle du "Caos" et s'engage en amont jusqu'à une voûte mouillante après avoir évité un S2. La rivière se poursuit et le développement est d'environ 1200 m.

### AKTAS YEL DELIGI

Koças - Altinekin - Konya - Türkiye  
UTM 36S 496.4 - 4223.34 - 1400 m  
Croquis d'explo: S. Delaby - Degré 2A  
Explo: UBS 1994 (S Delaby - JM Mattiet  
et G Marbach).



En 1996, les spéléologues belges découvrent encore un petit kilomètre dans la rivière. Ils butent sur une trémie dans le S7. La topographie complète de la grotte est levée. Le développement est estimé à 2400 m. La dénivellation est de -35 m et +15 m.

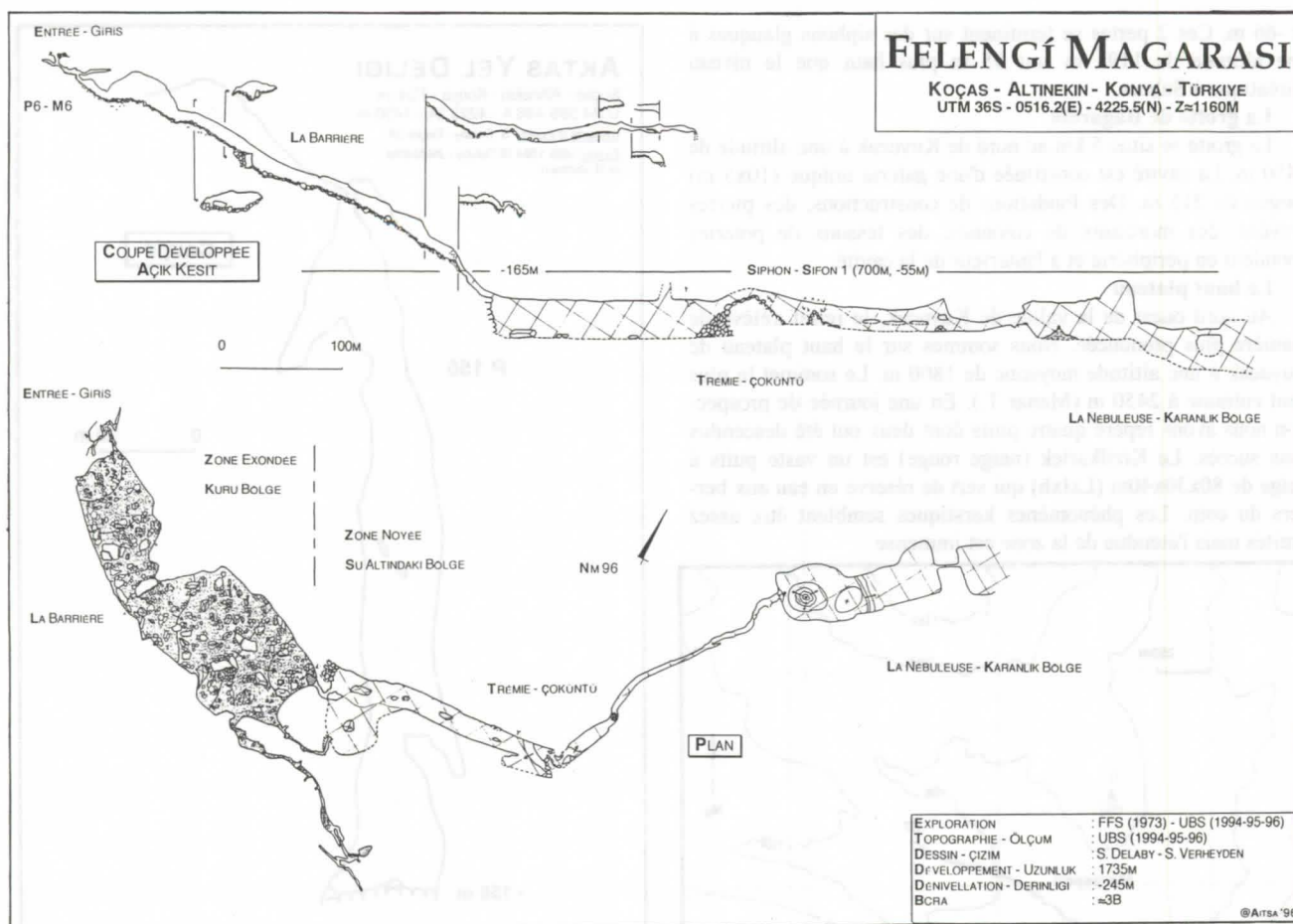
La résurgence d'Ermenek, impénétrable, sort entre les blocs en plein milieu de la ville d'Ermenek. Un porche de grande dimension (35x15 m), situé en paroi et surplombant la ville donne accès à la rivière. Mais l'entrée classique se fait par un tunnel artificiel de captage. On débouche dans la rivière à 180 m de la trémie en aval. La progression en amont se fait d'abord en nageant, ensuite la rivière devient moins profonde et la progression plus simple. A part deux ressauts et quelques étroitures pour éviter les siphons 1 et 2, aucune difficulté n'est rencontrée. Il faut un bi 4L pour franchir les siphons.

## 4 Le plateau central anatolien

Cette région est située au nord de la chaîne du Taurus et compte peu de phénomènes karstiques.

### La région de Felengi (Konya)

La grotte de Felengi est située à 30 km au NE de Konya (Turquie). Cette région offre un paysage assez typique du plateau anatolien. Des collines de 200 à 300 m, semblent sortir d'un plateau désolément plat, entièrement brûlé par le soleil d'été. Parmi ceux-ci, le "Bozdag" à l'est du Mont Nurasdagi (1549 m) abrite la grotte de Felengi. Ces reliefs font penser à une géologie ancienne confirmée par la présence de calcaires plissés et recristallisés du Paléozoïque. Le plateau anatolien qui borde ces reliefs se situe à une altitude de 1000 m, et est composé de dépôts carbonatés du Cénozoïque en bancs subhorizontaux. Ces roches constituent un excellent aquifère alimenté par les précipitations. Dans les villages, des puits



artificiels atteignent la nappe phréatique, alors que la grotte de Felengi est un regard naturel sur ces eaux souterraines. Les lacs d'Obruk, à quelques 20 km de là sont très certainement des dolines d'effondrement, autres regards sur le réservoir souterrain. Le niveau phréatique estival est dans tous ces regards à 975 m.

#### La grotte de Felengi

Les premières explorations de Felengi remontent à 1973 quand une expédition française atteint le gour de -165. A l'entrée, deux ressauts, avec courant d'air violent, donnent accès à une galerie de larges dimensions (50X30 m). L'itinéraire serpente entre les blocs (immenses!) et, quoique toujours facile, est ponctué de quelques désescalades. Le cheminement n'est pas évident malgré la présence de nombreux cairns disparates. A -165 m, l'immense galerie s'arrête sur un éboulis, un gour très concrétionné donne accès à un plan d'eau. En 1994, les spéléologues de l'UBS plongent dans ce gour. Après avoir franchi un passage plus étroit (1x2 m), ils débouchent dans une énorme galerie (30x40 m) visiblement la continuation de la galerie exondée. Six plongées de pointe seront organisées entre 1994 et 1996. Le terminus est actuellement à 700 m et -50 m à la voûte (-80 m au sol). Cent mètres de galeries latérales sont également topographiés. L'équipe de 1996 a réalisé une topographie complète de la partie exondée et poursuivi l'exploration des annexes.

La longueur totale de la grotte est de 1735 m et la profondeur est de 245 m. Felengi est actuellement un des réseaux noyés les plus importants de Turquie. A partir de la trémie, l'orientation du siphon est NE. En gardant cet axe, on va rapidement buter sur la fin des calcaires du Paléozoïque. Dans ce cas, la grotte s'arrêtera ou s'approfondira.

La température de l'eau, particulièrement élevée (19°C), l'absence de coup de gouges, la présence de filons de calcite (datés par Y. Quinif à plus de 400.000 ans), la présence de cristaux de calcite étonnamment grands (10 cm et plus!) et la présence de miroirs de failles suggèrent que la grotte s'est

formée le long d'une faille en régime noyé par hydrothermalisme.

Diverses indications (charbon de bois, poteries, restes d'excréments humains, ossements d'animaux, murets, fortifications) témoignent d'une fréquentation et ce jusqu'aux environs du gour.

#### Aux alentours

Plusieurs plongées dans des Obruk n'ont apporté aucun résultat intéressant (sinon le fait de réaliser une plongée profonde). L'Obruk de Kizoren est profond de 160 m dont 140 m sous eau. En 1995, nous avons également découvert le gouffre "Aktaz yel deligi" un puits sans suite de 150 m.

#### Références

- AYGEN T. 1984. Türkiye Magaralari, TTOK, Istanbul, 84 p.
- AYGEN T. 1988. Little Known natural wonders and archaeological treasures of Turkey, IBM Turkey, 172-175.
- Bayari C.S., Özbek O. 1995. An inventory of karstic caves in the Taurus Mountain Range (Southern Turkey): preliminary evaluation of geografic and hydrologic features. Cave and Karst Science, vol. 21, 3, 81-91.
- DELABY S. 1997. La nébuleuse de Felengi - Aitsa n°3 (à paraître, 10 p).
- DOBRILLA J.C. 1977. Expédition Turquie 1973 - Grottes et Gouffres (1977):16-19.
- RUGGIERI S. 1995 Hydrological and Speleological investigations in the Central and Western Taurus, International Caver, 13, 29-35.

#### Remerciements

Tous nos amis turcs et plus particulièrement les habitants d'Ermeneç, Koças, Kuyucak et Taskent, les travailleurs de la pompe "Petroff Offisi" d'Arkaça et le Dr Temucin Aygen.

Les firmes Sport Plongée (importateur Poseidon), Poncelet (énergie solaire), et Expé. Le Service des Sports de la Communauté Française de Belgique (A.D.E.P.S.).

# Trente ans de recherche d'une entrée supérieure de la grotte du Crochet (Jura français, département de l'Ain)

par Philippe Drouin

Groupe Ulysse spéléo, Chavannes, F 38390 Bouvesse-Quirieu

## Abstract

For about 30 years cavers have tried to discover an upper entrance to Grotte du Crochet, an underground system in Southern Jura, now the longest cave in the Ain department (7600 m mapped). History of the exploration of potential upper entrances as well as of the cave system itself where approximately six kilometers were discovered in the same period of time.

## Résumé

Depuis une trentaine d'années, les spéléologues se sont évertués à découvrir une entrée supérieure à la grotte du Crochet, réseau du Jura méridional qui est devenu le plus long du département de l'Ain avec plus de 7600 m topographiés. Historique de l'exploration des entrées supérieures potentielles parallèlement à l'exploration du réseau qui a gagné quelque six kilomètres de développement pendant le même temps.

## 1. Historique de l'exploration de la cavité. Le point en 1965

La grotte du Crochet semble avoir été découverte par un habitant de Torcieu en 1938 et visitée pour la première fois par le curé de ce village. Son nom est probablement dû à la situation géographique de la grotte, non loin des "crochets" ou virages du sentier qui va de Torcieu au hameau de Dorvan. Les premières explorations spéléologiques sont dues au Groupe d'études et de recherches spéléo-scientifiques (G.R.E.S.S.) de Lyon mais, jusqu'en 1965, la plupart des groupes lyonnais ou de l'Ain ont participé à l'exploration de la grotte, sans laisser beaucoup d'écrits sur leurs activités, ce qui fait qu'il est particulièrement difficile de retracer précisément l'historique des explorations, tout au moins pour la partie classique (CHOPPY, 1991; DROUIN, 1991, 1992 b).

Jusqu'au puits de la Vire, le développement de la cavité atteignait environ 700 m en 1948.

Le puits de la Vire a été traversé le 1er juillet 1950 par des membres du Spéléo-club de Villeurbanne ; cette traversée donnait accès au fond du réseau classique et, surtout, au réseau du trou Souffleur, avec ses 1500 m de galeries. Ainsi, en 1965, l'essentiel du réseau classique de la grotte était connu, à l'exception des galeries accessibles en escalade, ce qui portait le développement de la cavité à environ 2500 m.

## 2. Les explorations des trente dernières années

Les explorations ultérieures sont essentiellement dues à un collectif de spéléologues et de clubs lyonnais, dont les résultats sont synthétisés par le Groupe Ulysse spéléo, ainsi qu'au club Bresse Bugey spéléologie.

On peut dégager trois tendances dans l'exploration du réseau au cours de ces trente dernières années :

- l'exploration du fond du réseau du trou Souffleur, qui est due au Bresse Bugey spéléologie (escalade de cheminées et découverte d'une centaine de mètres de galeries en 1976). L'absence de topographie précise de cette partie ne permet pas, pour l'instant, de situer ce réseau par rapport aux dolines situées au-dessus (A.A., 1976). La poursuite de l'exploration et de la topographie est l'objectif majeur des années à venir,
- l'exploration des cheminées du réseau classique, qui ont toutes été remontées à partir de 1981. Il semble qu'il n'y ait

plus rien à faire désormais,

- l'exploration de la galerie Vive et la remontée des puits arrosés qui lui font suite, à partir de 1981. Cela a conduit à la découverte de quelque quatre kilomètres de réseau. Ces derniers mois ont été consacrés à la remontée des dernières cheminées et à la topographie des diverticules, principalement dans le réseau Brecht. Là aussi, il semble que les possibilités de découvertes s'amenuisent.

## 3. Les tentatives de jonction

Nous n'avons pas rédigé des fiches complètes pour chaque entrée supérieure potentielle, mais nous avons voulu donner une synthèse dans une perspective historique, en mentionnant toute les références bibliographiques portant sur chaque phénomène karstique. Ceci facilitera l'écriture des monographies de ces cavités ; on y ajoutera les références bibliographiques parues dans le bulletin interne du Groupe Ulysse spéléo, non mentionnées ici.

C'est la découverte de la perte de la Grand Combe qui a véritablement initié les tentatives de jonction avec la grotte du Crochet. Jusqu'en 1981, les efforts se sont concentrés sur cette cavité ainsi que sur la doline du B.B.S. et la perte de Socours, toutes trois devant permettre de rejoindre le réseau du trou Souffleur.

La doline du Berger breton, non plus que les dolines du Grand Champ, connues avant 1970, n'ont pas fait l'objet d'investigations poussées car on ne connaissait pas, à l'époque, les réseaux drainant cette partie du bassin d'alimentation du réseau (Goethe, Schiller et Brecht). Dès la topographie de ceux-ci dressée dans les grandes lignes, la désobstruction de l'entrée supérieure du Crochet a été menée à bien, par l'extérieur et par l'intérieur (COLIN, 1984), mais sans concertation, aboutissant au percement de cette entrée. Malheureusement, la situation de celle-ci au bord d'un sentier et la facilité d'accès aux réseaux supérieurs ont posé de graves problèmes de surfréquentation, de publications intempestives et d'utilisation de la cavité. Les dégradations qui se sont produites depuis une quinzaine d'années nous font regretter puissamment cette ouverture, d'autant plus que d'autres accès, plus discrets, auraient pu être creusés. La solution passera peut-être, à l'avenir, par une limitation de l'accès et une réglementation...

Enfin, l'imprécision de la situation du réseau du trou Souffleur par rapport à la surface a conduit les spéléologues à s'acharner sur d'autres désobstructions : le trou souffleur de la Grand Combe et le puits des Acacias.

Bien d'autres cavités existent encore sur le bassin versant du

réseau, mais leur exploration ou leur désobstruction n'ont pas été effectuées dans l'espoir de rejoindre le réseau du Crochet. Signalons encore que la reprise de l'exploration de ce massif doit beaucoup aux résultats du multitraçage effectué dans le cadre de la thèse d'État de Janine Gibert (GIBERT, 1986), que l'on consultera pour une vue d'ensemble du massif.

La carte de l'Institut géographique national au 1/25000 est Saint-Rambert-en-Bugey n°3230 ouest. Un cheminement au téodolithe a été effectué entre les différentes entrées de cavités, ce qui nous permet de donner des coordonnées avec une précision du mètre en planimétrie et de la dizaine de centimètres en altitude. Seules deux cavités ont été raccordées ultérieurement au plan d'ensemble, la précision est alors de l'ordre de la dizaine de mètres.

### La perte de la Grand Combe

Commune : limite de commune entre Cleyzieu et Torcieu.

X= 838,724 Y= 104,886 Z= 576,6

Il s'agit de la première doline dont la désobstruction ait été entreprise sur ce secteur. On trouve dans la bibliographie les synonymes de doline au lieu de perte, ainsi que Grande Combe (MARCHESIN & MEYSSONNIER, 1966). On doit le creusement au Spéléo-club de Villeurbanne qui a exploré l'intégralité de la cavité, connue actuellement sur une quarantaine de mètres pour 12 m de profondeur. Les membres de ce club ont découvert la doline le 6 février 1966 (A.A., 1966) et la désobstruction a été effectuée les 12 et 13 février, 5 et 6 mars, 11, 12, 13, 18, 19, 24, 25 et 26 juin, 8 au 15 puis 25 et 26 septembre, et enfin 26 et 27 novembre 1966. La topographie a été levée par Gaby Meyssonnier et Max Rivet le 11 septembre 1966 (MEYSSONNIER, 1966 a et b, 1968 a). La désobstruction n'a pas été poursuivie car la doline avait été rebouchée (A.A., 1975 c; MEYSSONNIER, 1967 b, 1968 b). Ces dernières années, nous avons ouvert à nouveau cette cavité en "busant" le conduit avec des futs métalliques, à partir de mars 1981 (COLIN *et al.*, 1981; COLIN & DROUIN, 1982 a et b). Cette procédure est conforme à une idée ancienne du Spéléo-club de Villeurbanne (MEYSSONNIER & SARTI, 1967). En avril et mai 1982, la cavité est ouverte à nouveau et une nouvelle topographie, restée inédite, est levée le 1er juin 1982 : il ne reste qu'à continuer la désobstruction à l'intérieur (COLIN & DROUIN, 1982 d). Cette cavité semble s'ouvrir au-dessus du réseau du Trou souffleur de la grotte du Crochet, mais l'absence d'une topographie fiable de ce réseau empêche, pour le moment, de situer avec précision la grotte du Crochet par rapport à cette cavité, de même que pour la doline du B.B.S. ou la perte de Socours. On peut aussi penser que le drainage rejoint directement la grotte du Pissoir, qui est l'exutoire du massif (A.A., 1967; A.A., 1968; CHIROL, 1980 a et b, 1985; COLIN, 1992 b; DROUIN, 1987 et 1989; GIBERT *et al.*, 1975; GIBERT *et al.*, 1978; GIBERT *et al.*, 1982; GIBERT *et al.*, 1983; GUYOT, 1984; LAURENT *et al.*, 1972 et 1973; MEYSSONNIER, 1967 a).

### La doline du Berger breton et les dolines du Grand Champ

Commune : Torcieu.

La doline du Berger breton a été topographiée par G. Devinaz et J.-C. Garnier, du Spéléo-club de Villeurbanne, le 3 mai 1970. Le développement atteignait 10 m pour 5,4 m de profondeur. Elle semble être actuellement rebouchée (SARTI & MEYSSONNIER, 1970; CHIROL, 1980 b, 1985). D'autres dolines, celles du Grand Champ (CHIROL, 1980 et 1985; COLIN, 1992 b; GIBERT *et al.*, 1983; GUYOT, 1984; MEYSSONNIER, 1968 a; MEYSSONNIER & SARTI, 1967), s'ouvraient dans le même secteur ; elles étaient très proches du réseau Brecht de la grotte du Crochet mais, lors de leur découverte, leurs explorateurs ne connaissaient pas l'existence de ce réseau pourtant si proche. Ces trois phénomènes karstiques ont été rebouchés et nivelés lors de l'exploitation agricole du secteur. On n'en voit plus les traces dans le paysage actuel. La situation précise de la

doline du Berger breton est inconnue. Les coordonnées des dolines du Grand Champ sont les suivantes.

X= 837,885 Y= 105,645 Z= 539,9

X= 837,737 Y= 105,509 Z= 553,7

### La doline du B.B.S.

Commune : Torcieu.

X= 838,457 Y= 105,008 Z= 592,1

Cette doline a été creusée par le club Bresse Bugey spéléologie dans les années 1974-1975. Une profondeur de 3 à 4 m avait été atteinte dans la terre et, selon les explorateurs, un courant d'air s'en échappait parfois (A.A., 1975 a et c; CHIROL, 1980 b, 1985; COLIN, 1992 b; DROUIN, 1987 et 1989). La désobstruction a été reprise en 1983, malheureusement sans aboutir (GUYOT, 1984). Le Groupe Ulysse spéléo envisage, dans les prochains mois, de reprendre la désobstruction de cette belle doline. Cela permettra peut-être de savoir si le drainage se fait en direction de la grotte du Cormoran ou de la grotte du Crochet (GIBERT *et al.*, 1982).

### La perte de Socours

Commune : Torcieu.

X= 838,607 Y= 104,672 Z= 626,8

Découverte le 14 décembre 1974 (A.A., 1975 a) par Jean-Marie et Philippe Drouin lors d'une prospection, une série de désobstruction en 1974 et 1975 (A.A., 1975 b et c) ne permet pas d'ouvrir la cavité. La désobstruction est alors reprise par Jean-Claude Guyot et Casimir Tomazewski, ce qui permet la découverte d'un puits et de la suite de la cavité jusqu'au début du méandre. La topographie est levée par Christian Roch, Pascal Colin et Philippe Drouin en mai 1979 (GUYOT & TOMAZEWSKI, 1979). Les désobstructions du méandre ont été poursuivies ultérieurement, principalement à partir de 1983 par Pascal Colin et Jacques Delore (COLIN, 1990, 1992 a et b; DROUIN, 1992 a) ; le méandre aval a ainsi pu être forcé sur une longueur de quelque 50 m, portant le développement topographié à 157 m pour -21,9 m de profondeur (chiffres de 1992). En 1996 et débuts 1997, plusieurs séances de désobstruction du Groupe Ulysse spéléo permettent une progression plus confortable jusqu'au fond du méandre, afin de rendre le "front de taille" plus accessible. Les désobstructions se poursuivent avec plus ou moins de tenacité depuis bientôt presque un quart de siècle et le développement avoisine aujourd'hui les 200 m (CHIROL, 1980 b, 1985; COLIN, 1985 a, b et c; COLIN *et al.*, 1979; COLIN *et al.*, 1980; COLIN & DROUIN, 1979, 1980, 1982 b, c et d).

C'est dans cette cavité qu'a eu lieu l'injection de fluorescéine lors de l'expérience de multitraçage du 24 mars 1981 (DROUIN, 1987 et 1989; GIBERT *et al.*, 1982; GIBERT *et al.*, 1983). Les résultats de ce traçage, c'est à dire la présence du colorant dans la grotte du Crochet, incitent les spéléologues à poursuivre la désobstruction.

### L'entrée supérieure du Crochet

Commune : Torcieu.

X= 838,057 Y= 105,893 Z= 513,4

Également dénommé trou en face de la grotte du Ramper, il a été découvert par le Spéléo-club de Villeurbanne en 1965 (CHIROL, 1980 b; CHIROL, 1985; MEYSSONNIER, 1966 a). La désobstruction et la topographie ont été effectuées par Jean-Marie, Nicole et Philippe Drouin les 6, 7 et 8 mars 1982 (COLIN & DROUIN, 1982 a), avant la jonction avec le réseau du Crochet (DROUIN, 1981). Cette jonction s'est faite par l'intérieur, après désobstruction, le 13 mars 1982, cinq jours après la désobstruction par l'extérieur (COLIN, 1984).

### Le trou souffleur de la Grand Combe

Commune : Cleyzieu.

Découvert par Gérard Dussud le 17 avril 1982, une désobstruction a été entreprise en mai, juin, juillet et septembre 1982

par des membres du Groupe Ulysse spéléo et du Spéléo-club de Villeurbanne (COLIN & DROUIN, 1982 b et c). Cette cavité a été revue par les T.G.V. (Très gros ventres) en 1993 et 1994, sans résultats nouveaux. Elle ne développe que quelques mètres et se situe dans le thalweg de la Grand Combe, non loin et en aval du trou des Acacias.

### Le trou des Acacias

Commune : Torcieu.

X= 838,59 Y= 105,14 Z= 552

Il s'agit d'une cavité entièrement désobstruée dans le remplissage morainique, sans réelle paroi rocheuse apparente, située sur le flanc d'une méga-doline. La profondeur est de 12 m mais l'instabilité des parois fait que le gouffre se comble petit à petit. Cette désobstruction est le fruit du patient travail des T.G.V., Jean-Claude Guyot et Casimir Tomazewski, sur indication d'un pendule, à un endroit où rien n'existait en surface...

### 4. Les perspectives

Elles tiennent désormais en quatre points, à la suite des explorations de 1996 et 1997:

- terminer l'exploration du réseau Brecht, en particulier par la remontée des cheminées, bien que la liaison avec l'extérieur soit problématique,
- pousser l'exploration et la topographie du réseau du trou Souffleur, en particulier les cheminées entrevues par le Bresse Bugey spéléologie (B.B.S.) en 1976,
- continuer la désobstruction de la perte de Socours, dans laquelle Jacques Delore a senti une odeur de soupe lors d'une séance de désobstruction...

Cette odeur de soupe correspondrait approximativement, au niveau des dates, à une sortie dans la grotte du Crochet faite par Éric Murino... Cette odeur de soupe entretient l'espoir de la liaison entre les deux cavités, mais il faut désormais découvrir une portion verticale, car il y a 218,5 m de dénivellée entre la perte de Socours et l'entrée inférieure de la grotte du Crochet (236,5 m en comptant le point bas du fond du puits de la Cascade). La topographie des Tritons nous indique que l'entrée de la salle des Sables se situe à environ +40 m ; cela mettrait le bas du réseau du B.B.S. entre +50 et +60 m et ce club estime la hauteur des puits remontants à une quarantaine de mètres, ce qui nous mène à environ +90 à +100 m. Il reste encore une lacune de 100 à 110 m entre cette estimation de remontée dans le réseau du Trou souffleur de la grotte du Crochet et le point bas atteint dans la perte de Socours,

- si aucun des trois points précédents n'est concluant, il nous restera à reprendre les travaux de désobstruction dans la doline du B.B.S. ou dans la perte de la Grand Combe... L'aventure continue.

### Bibliographie

- A.A. 1966. Compte rendu des sorties. Janvier - juillet. *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1966 (3): 7-27 (p.8, 12, 22, 24 et 25).
- A.A. 1967. Spéléo-club de Villeurbanne. Activités. Octobre 1965 - octobre 1966. *C.D.S. Informations*, bulletin du Comité départemental de spéléologie du Rhône, 1967 (6), n.p. (7 p.).
- A.A. 1968. *Inventaire national des cavités naturelles. Dossiers établis en 1967*. Publication du Bureau de recherches géologiques et minières: 6 + 94 p. (p.1).
- A.A. 1975 a. Compte rendu des sorties. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1975 (6): 7-14 (p.13-14).
- A.A. 1975 b. Rapports de sortie. 1er semestre 1975. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1975 (9): 6-12 (p.6).
- A.A. 1975 c. Dolines de Torcieu. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe

Ulysse spéléo, 1975 (9): 31-32 (plan de situation).

A.A. 1976. Grotte du Crochet. *Spéléo 01*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 1976 (2), n.p. (2 p., plan).

CHIROL, B. 1980 a. *Spéléologie dans l'Ain*. Publication de l'auteur, 1980 (5), 65 p. (p.41).

CHIROL, B. 1980 b. *Spéléologie dans l'Ain*. Publication de l'auteur, 1980 (7), 56 p. (p.35 et 38).

CHIROL, B. 1985. Contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ain, Jura méridional. *Spéléo 01*, numéro spécial, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Ain, 1985, 425 p. (p.158, 159, 389 à 392, 395).

CHOPPY, J. 1991. Exploration du réseau du Crochet. 1<sup>o</sup> période. *G.U.S. Informations*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1991 (60), n.p. (4 p.).

COLIN, P. 1984. Historique des explorations des réseaux supérieurs de la grotte du Crochet - Torcieu - Ain. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1984 (46): 10-22.

COLIN, P. 1985 a. Compte rendu de sorties 1984. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1985 (49): 2-5.

COLIN, P. 1985 b. Compte rendu de sorties 1985. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1985 (49): 6-10.

COLIN, P. 1985 c. Compte rendu de sorties 1986. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1985 (49): 11-13.

COLIN, P. 1990. La perte de Socours. *Taupinambules*, bulletin du Groupe spéléologique de l'Association sportive de Villefontaine, 1990 (2): 25-28.

COLIN, P. 1992 a. Le réseau souterrain de Dorvan (résumé). Plaquette à compte d'auteur, 2 p. (n.p.).

COLIN, P. 1992 b. Le réseau souterrain de Dorvan. Plaquette à compte d'auteur, 20 p.

COLIN, P. ; DROUIN, J.-M. ; DROUIN, P. & GUYOT, J.-C. 1981. Sorties du premier trimestre 1981. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1981 (31): 4-7 (p.6).

COLIN, P. ; DROUIN, J.-M. ; DROUIN, P. & JONARD, N. 1979. Sorties du second trimestre 1979. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1979 (24): 4-9 (p.8).

COLIN, P. ; DROUIN, P. ; DUSSUD, G. ; GUYOT, J.-C. & TOMAZEWSKI, C. 1980. Sorties du troisième trimestre 1980. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1980 (29): 3-7 (p.7).

COLIN, P. & DROUIN, P. 1979. Quelques cavités du Bugey (Ain). 6ème partie. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1979 (24): 20-31 (p.20 à 22, plan et coupe).

COLIN, P. & DROUIN, P. 1980. Sorties du quatrième trimestre 1980. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1980 (30): 5-9 (p.5).

COLIN, P. & DROUIN, P. 1982 a. Compte rendu sommaire des sorties : 1er trimestre 1982. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1982 (35): 5-11 (p.5, 9 et 10).

COLIN, P. & DROUIN, P. 1982 b. Compte rendu sommaire des sorties : 2ème trimestre 1982. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1982 (36): 3-7 (p.3, 4, 5 et 7).

COLIN, P. & DROUIN, P. 1982 c. Sorties du troisième trimestre 1982. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1982 (37): 8-12 (p.8 et 11).

COLIN, P. & DROUIN, P. 1982 d. Sorties du quatrième trimestre 1982. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1982 (38): 4-6 (p.4 et 5).

DROUIN, P. 1981. Quelques cavités du Bugey : 13ème partie. Recherches sur le réseau de Dorvan, Ain, France. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1981 (34): 20-30 (p.23 et 25).

DROUIN, P. 1987. Le réseau de Dorvan, Torcieu, Ain, France. Résultats des récentes explorations. *Actes du 8e Congrès national de la Société suisse de spéléologie*, Vallée de Joux, 18 au 20 septembre 1987: 185-190, plans, 3 photographies.

DROUIN, P. 1989. L'origine des eaux du Bief Ravinet. *Le Bugey* (Belley), 1989 (76): 231-245, 3 cartes, 1 photographie.

DROUIN, P. 1991. À propos d'archives. *G.U.S. Informations*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1991 (60), n.p. (1 p.).

DROUIN, P. 1992 a. Bilan des explorations spéléologiques dans la région Rhône-Alpes en 1989. *Scialet*, bulletin du Comité départemental de spéléologie de l'Isère, 1992 (21): 5-12.

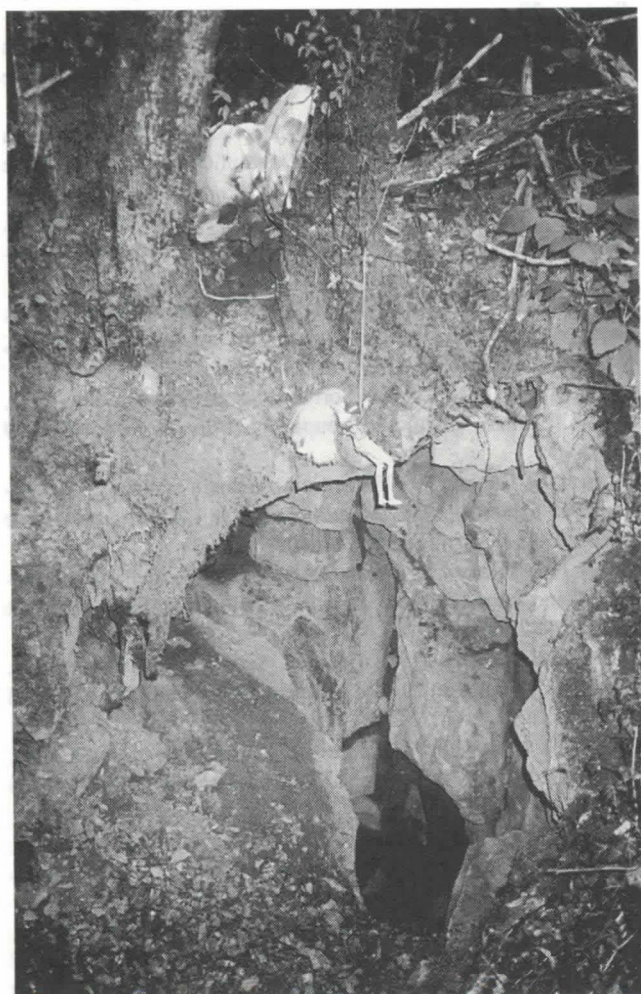
DROUIN, P. 1992 b. Encore à propos d'archives. *G.U.S. Informations*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1992 (63): 9-12.

GIBERT, J. 1986. Écologie d'un système karstique jurassien. Hydrogéologie, dérive animale, transits de matières, dynamique de la population de *Niphargus* (Crustacé Amphipode). *Mémoires de biospéologie*, t.XIII (40), 380 p.

GIBERT, J. ; GUÉZO, B. ; LAURENT, R. & MARCHAND, T. 1982. Expérience de traçage artificiel dans le Jura méridional. Mise en évidence de liaisons souterraines dans le massif de Dorvan (Torcieu, Ain, France). *Spelunca*, bulletin de la Fédération française de spéléologie, 1982 (7): 19-26.

GIBERT, J. ; LAURENT, R. ; BOURNE, J.-D. & GINET, R. 1978. L'écosystème karstique du massif de Dorvan (Torcieu, Ain, France), présentation de l'environnement physique et le peuplement animal souterrain. *Actes 6e Congrès suisse de spéléologie*, Porrentruy, septembre 1978: 37-53 (p.39 à 41).

GIBERT, J. ; LAURENT, R. & MAIRE, R. 1983. Étude hydrogéomorphologique au 1/10 000 du karst de Dorvan (Jura méridional, Ain, France). *Karstologia*, bulletin de la Fédération française de spéléologie et de l'Association française de karstologie, 1983 (2): 33-40, 7 figures, 3 planches, 1 carte hors-texte (p.34 et 36).



Entrée de la perte de Socours. Barbie™ donne l'échelle !  
Photo : Eric Varrel.

GIBERT, J. ; LAURENT, R. ; MATHIEU, J. & REYGRABELLET, J.-C. 1975. Biospéologie du département de l'Ain (France) ; contribution à l'étude des biocoénoses cavernicoles de la région de Torcieu. *L'Ain (Mémoires et documents)* 1975 (1): 22-23.

GUÉZO, B. & MARCHAND, T. 1981. Étude hydrogéologique du massif karstique de Dorvan. Travail de fin d'études de l'École nationale des travaux publics de l'État (Vaulx-en-Velin), 121 p. (p.18, 43, 45, 51, 61, 71, 73 à 75, 77).

GUYOT, J.-C. 1984. Activités 1982 - 1985, par Jean-Claude Guyot. *Méandres*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1984 (46): 23-33.

GUYOT, J.-C. & TOMAZEWSKI, C. 1979. Compte rendu d'activités de deux individus F.F.S. *G.U.S. Activités*, bulletin du Groupe Ulysse spéléo, 1979 (26): 11-12.

LAURENT, R. ; RIALLAND, A. & GINET, R. 1972. Étude préliminaire pour le parc naturel régional du Bugey. 7 - Les cavités naturelles et la faune souterraine du Bas-Bugey (Ain). *Bulletin de la Société d'écologie* (Brunoy), t.III, fasc.4 (1972): 401-412 (p.407).

LAURENT, R. ; RIALLAND, A. & GINET, R. 1973. Les cavités naturelles et la faune souterraine. *Plaquette du Parc naturel régional du Bugey* (Ain), (Bourg-en-Bresse), 1973: 38-50 (p.44).

MARCHESIN, G. & MEYSSONNIER, M. 1966. Spéléo-club de Villeurbanne (Rhône). Activités (octobre 1965 - octobre 1966). *Spelunca*, bulletin de la Fédération française de spéléologie, 1966 (4): 294-296 (p.294).

MEYSSONNIER, M. 1966 a. Spéléologie de la commune de Torcieu, 50 p. + 6 p. (n.p.). Publication du Spéléo-club de Villeurbanne (Villeurbanne), (1 p.).

MEYSSONNIER, M. 1966 b. Activités août -décembre 1966. *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1966 (4): 9-19 (p.10 à 14, plan et coupe).

MEYSSONNIER, M. 1967 a. Spéléologie du Bugey (Ain). Extraits du rapport adressé par le S.C.V. à l'E.D.F.-S.C.V. *Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1967 (5): 34-35.

MEYSSONNIER, M. 1967 b. Vandalisme. À propos de la perte de la Grande Combe (Cleyzieu - 01). *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1967 (6): 43.

MEYSSONNIER, M. 1968 a. Essai d'inventaire spéléologique du département de l'Ain, 1ère partie. *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1968 (12): 21-67 (p.40).

MEYSSONNIER, M. 1968 b. Spéléo-club de Villeurbanne (Rhône). Activités (octobre 1966 - octobre 1967). *Spelunca*, bulletin de la Fédération française de spéléologie, 1968 (3): 70-74 (p.71-72, plan et coupe).

MEYSSONNIER, M. & SARTI, J.-P. 1967. Sorties S.C.V. 4e trimestre 1967. *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1967 (8): 7-26.

SARTI, J.-P. & MEYSSONNIER, M. 1970. Compte rendu des sorties. 2e trimestre 1970. *S.C.V. Activités*, bulletin du Spéléo-club de Villeurbanne, 1970 (18): 3-14 (p.6, plan et coupe).

# The Deepest and the Longest Speleological features (Pits and Caves) in Croatia

Mladen GARAŠIĆ<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Hrvatsko speleološko društvo (HSD), Nova Ves 66, HRV-10000 Zagreb, CROATIA

<sup>2</sup> Društvo za istraživanja i snimanja krških fenomena (DISKF), Alfrevičeva 13, HRV-10000 Zagreb, CROATIA

<sup>3</sup> Institut građevinarstva Hrvatske (IGH), Rakušina 1, HRV-10000 Zagreb, CROATIA

In almost 20 years of collecting and sorting the speleological data, with the help of the computer technic, we managed to make the cadaster of the Croatian speleological objects, that includes more than 7750 caves and pits. It is important to say that this cadaster does not contents all the speleological and karst phenomena, but only the speleological features - caves and pits according to the internationally recognised classifications namely, in some speleological cadasters we can find bigger doline, the bigger fissures in the rocks, natural bridges, all the karst springs, under sea springs, and some where even the artificial speleological objects (tunnels, catacombs, old mines, etc.). The rule of this cadaster is that only treated objects are those in which can be physically entered, in which diving's were done, and not those that are supposed to be connected with some speleological feature, with not enough evidence for that conclusion. Other objects must be added according to the degree of exploring (for example, springs and sinkholes, but only dived through and classified in speleological objects, dolines only when are digged down the connection with some real speleological object, fissures enough widened for entering, etc.). According to geological and hydrogeological characteristics, it can be presumed that there are at least 18000 speleological objects in Croatia, most of them unknown and not explored yet. There is a list of the fifty deepest and twenty longest caves in Croatia.

## 1. THE DEEPEST PITS

In Croatia were explored about 6050 pits or 78 % of all speleological features in Croatian Dinaric Karst area. This means that vertical speleogenesis is more often than horizontal speleogenesis. Here is official list of 57 deepest pits in Croatia (till 31.12.1996.):

1. Lukina jama - Trojama (system)	1392 m
2. Slovačka jama	1017 m
3. Stara škola	576 m
4. Vilimova jama (A - 2)	572 m
5. Ponor na Bunjevcu (Bunovcu)	534 m
6. Jama pod Kamenitim vratima	520 m
7. Ledena (Ledenica) jama u Lomskoj dulibi	514m
8. Fantomska jama	477 m
9. Munižaba	448 m
10. Stupina jama	413 m
11. Nova velika jama	380 m
12. Jama kod Rašpora	361 m
13. Biokovka	359 m
14. Ponor Pepelarica	358 m
15. Klementina III	333 m
16. Xantipa	330 m
17. Podgračišće II (Titina jama)	329 m
18. Klanski ponor	320 m
19. Puhaljka	320 m
20. Zaboravna jama	311 m
21. Klementina IV	300 m
22. Burinka	290 m
23. Punar u Luci	290 m
24. Jama Kobiljak	286 m
25. Kicljeve jame (sustav)	285 m
26. Balinka	283 m
27. Ponor Bregi	273 m
28. Klementina I	269 m
29. Jama kod Matešić stana	260 m
30. Pretnerova jama	252 m
31. Manastri I	245 m

32. Ponor u Klepinoj Dulibi	238 m
33. Grustišica	235 m
34. Martineška jama	231 m
35. Kovačevića jama	227 m
36. Semička jama	225 m
37. PKD - 2	224 m
38. Slišna jama	222 m
39. Međena jama	220 m
40. Jama na Krčiću	217 m
41. M - 2	215 m
42. Javorska II	215 m
43. Špilja za Gromačkom vlakom	212 m
44. Uporna jama	212 m
45. G - 6	212 m
46. Vojnička osmica	208 m
47. Jama kod Rebića	207 m
48. Mamet	206 m
49. Dva lava	204 m
50. Grabrovica	203 m
51. Podublog jama	202 m
52. Jama 1. spit	202 m
53. Ramina Veternica	201 m
54. Horvatova spilja (Bezdanjača pod Vatinovcem)	201 m
55. Jama u Dubočaku	200 m
56. Jama u Malom Gračišću II	200 m
57. Batluška jama	200 m

## 2. THE LONGEST CAVES

In Croatian Karst area were explored and surveyed about 1650 of caves or 21 % of all known speleological features in this Karst region. This means that in Dinaric karst area, caves are more rare than pits. Also there are about 1 % of caves which have entrances like pits, or pits which have entrances like pits. Their characters are unknown - pits or caves. We called them complex speleological features.



# Some speleological features (Caves and Pits) on the trace of highway Karlovac - Rijeka (Croatia, Europe)

Mladen GARAŠIĆ<sup>1,2,3</sup> & Tihomir KOVAČEVIĆ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Croatian Speleological Association (HSD), Nova Ves 66, HRV-10000 Zagreb, CROATIA

<sup>2</sup> Society for the Research, Surveying and Filming of Karst Phenomena (DISKF), Alfrevičeva 13, HRV-10000 Zagreb, CROATIA

<sup>3</sup> Civil Engineering Institute of Croatia (IGH), Rakušina 1, HRV-10000 Zagreb, CROATIA

During the several years of building of the Karlovac - Rijeka highway, section Oštrovica - Delnice, on a trace route and in tunnels, 58 speleological features were found and detailly researched. This highway is one of the most important route for Central Eastern Europe (a way from Central Europe to the Adriatic sea). In the "Tuhobić" tunnel 17 caverns were researched, the biggest of them with depth of 114 metres. In tunnel "Sopač" the deepest cave is 126 metres deep. Almost all of 21 speleological features that are explored at the route part Oštrovica - Delnice, were developed in Jurassic carbonate beds, that show the intensive degree of karstification of that rocks. Their genesis is connected with stronger tectonic zones and hydrogeological conditions, existing in this area, due to intensive and heavy rains, very efficient from that point of view. The deepest pit in this part of Croatia (Gorski kotar) is Stupina jama with 413 metres of depth.

## 1. INTRODUCTION

During the building of the highway Karlovac- Rijeka, sections Oštrovica - Vrata, Vrata - Delnice and Delnice - Kupjak, a detailed speleological research of newly discovered speleological features was carried out in 1991 to 1996. The latter were found on the trace route (pits) or in the tunnels (caverns). A total of 58 speleological features were explored. They were of the various size, e.g. 10 meters to more than 126 metres deep. Professional and scientific research of the features in question was carried out by a speleological team from Zagreb "Društvo za istraživanja i snimanja krških fenomena" (DISKF). It was arranged on the proposal of the Investiture - supervisory service ("Hrvatske ceste - HC" and "Institut građevinarstva Hrvatske - IGH") and the Planner ("Inženjersko projektni zavod - IPZ") from Zagreb. Investigations were carried out with the assistance of members of the supervisory service and contractors. Surveys of all the speleological features quoted were worked out, photographs were taken as well, some caverns were documented by video. Members of team were following prof. dr. Mladen Garašić Ph.D, Tihomir Kovačević, Mr.S, Stanko Kajfeš, Boris Watz, Darko Halapija, Ozren Letica, M.Sc. Dalibor Mikulić, Neno Anić and Miroslav Hranjec. It has to be pointed out that investigations were performed even during the enemy aircraft - i.e. the building of the highway Karlovac - Rijeka has not been stopped even for a single day during the war against Croatia.

## 2. THE POSITION OF THE FEATURES

Speleological features on the trace of highway Karlovac - Rijeka, were mainly found in the tunnels "Tuhobić" (17 caverns), "Vrata", "Sljeme" (10 caverns), "Sopač" (7 caverns), "Vršek" (6 caverns) (GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1992, 1993, 1994, 1995), as well as by the crossroads "Oštrovica" and "Lučice" and on the trace of the road. Because of the better orientation and discovery of main features, Gauss- Krieger's coordinates referring to entrances of the tunnels were quoted. Gauss-Krieger's coordinates of the western entrance of tunnel "Tuhobić" are: x = 5019,799 N; y = 5471,256 E; z = 724 m (stationage of the road is km 23+675). Coordinates of the

eastern of the tunnel "Tuhobić" are: x = 5020,242 N; y = 5473,301 E; z = 746 m (road stationage is km 25+806). Western entrance in the tunnel "Tuhobić" is recorded on the topographic map level 1:25000 (Fužine; 048-1-4) and 1:5000 (Rijeka 18; 5E-18-18). Eastern entrance in the tunnel "Tuhobić" is recorded on the maps 1:25000 (Fužine; 048-1-4) and 1:5000 (Rijeka 19; 5E-18-19).

A precise position of all the speleological features was determined by geodetic methods and instruments.

## 3. SPELEOMORPHOLOGY

From the speleomorphological point of view one can make a conclusion that all the speleological features explored on this road are vertical, i.e. pits (GARAŠIĆ, 1991b). In this paper only ten main speleological features have been described in detail (a total of 58 speleological features).

### 3.1. Pit on the position 20+850 km

This speleological features is vertical (pit) having a knee like morphology. The entering vertical is 16,40 meters high. At the top point of the stone block a pit is developed to the depth of 18,70 meters, in the direction of north, and to the depth of 19,60 meters in the direction of the south. At this place a narrow passage, as well as the ending vertical are located. Absolute depth of the pit is 24,6 meters. Average width of the pit is 1 meter, at the depth of 9.5 meters about 2 meters. However, in direction of paraclase of fault, the width of the pit is 1,50 to 6,50 meters (GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1991).

### 3.2. Cavern at the position 23+798 km (tunnel "Tuhobić")

This is a vertical pit of the simple morphological type (GARAŠIĆ, 1991). The entraining into the central part of cave is provided by blasting. Up to the surface the object is vertically continued 18 to 20 meters high. The entering vertical is 22,70 meters high. A few meters far from the tunnel entrance, a pit was almost completely overwhelmed with rocks swooped down in the area after have blasting. Speleologists have widened the place by digging and descended to the additional depth of 17,50 meters. At this point a pit is

continuing in narrow joints in the south direction. A further passing is impossible, however, by dropping a stone, one can presume a few meters more of the cave. A total vertical difference of pit is over 40 meters. The depth of the pit from the tunnel level point is 18 meters. The average width is 1 do 1,5 meters, except for the narrowing nearby the jammed rock (35 cm x 35 cm). A part of the pit is located under a tunnel (2 meters) at the depth of 15 meters from the tunnel level point (GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1992a).

### 3.3. Cavern at the position 24+340 km (tunnel "Tuhobić")

The feature is vertical (pi) knee-like morphological type (GARAŠIĆ, 1991). The entrance into middle of the cave is obtained by blasting. Up to the surface the cave is vertically going on about 20 meters. The entering vertical is 6,30 meters high. At this point an many stone material is present, probably due to the blasting in the tunnel. One can presume on the continuation of the pit, but it is probably covered up with stones. This "not real bottom" is 4 x 3,30 meters large, spreading itself in direction northeast - southwest. A total vertical difference of the pit is over 26,50 meters, depth of the pit. Average width of the pit in the lower part is 3 to 4 meters, in upper part 2 to 3 meters. having fissure-like morphology and is almost parallel with the tunnel direction (GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1992h).

### 3.4. Cavern at the position 24+433 km (tunnel "Tuhobić")

By blasting in the tunnel one has entered into the upper part of the speleological feature. The entering vertical is 19.7 metres depth. At this point one has found a stony material, small in the dimensions, that fell down during the first and second phase of blasting in the tunnel. (GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1992g).

3.5. Stupina jama pit near the trace is the deepest pit in this region (Gorski kotar). Explorations will be continued (GARAŠIĆ, 1996)

## 4. SPELEOGEOLOGICAL SURVEY

A fair number of works are written on geology of the area the trace of highway Karlovac - Rijeka, in which the quoted speleological features were formed. KORMOS & VOGL (1913) write about geological conditions and relations of the surrounding area of Fužine, KOCH (1925) describes hydrogeological relations in that part of karst, while HERAK (1987) gives a detailed geological map of the surroundings of Fužine as well as the lake Bajer. A basic geological map with interpretation (explanatory text) for the region of Oštrovica, tunnel "Tuhobić" and "Vrata" was made by GRIMANI et al (1973). On the other hand SAVIĆ et al (1983) made a map for the region Lučice, tunnels "Sljeme", "Sopač" and "Vršek". Special geotechnical research referring the trace of highway and the tunnels was performed by Geological Institute from Zagreb in 1980. (CESAREC et al, 1989). During the building of the highway Karlovac - Rijeka (trace and tunnels) engineering geological and hydrogeological mapping as well as continuous geological supervision were carried from 1991 to 1996. A chief geologist in charge was prof. dr. Mladen Garašić, who made rock categorization in tunnels according Q and RMR systems. During tunneling the most modern accessory instrumental methods e.g. georadar (RAŠKOVIĆ, 1991) and laser profiler (FURIĆ & GARAŠIĆ, 1992) were used in the procedure. GARAŠIĆ (1996) described deep pit Stupina jama, neat the trace. With depths of 413 metres it is the deepest cave in this region of Croatia (Gorski kotar).

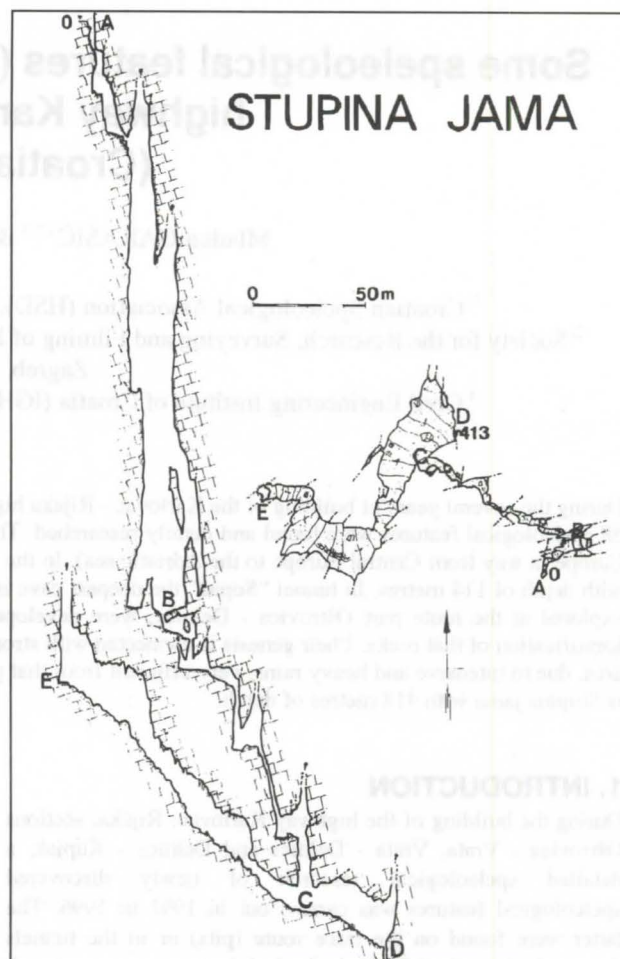


Fig. 1. Stupina Jama pit, depth 413 metres near the trace, the deepest in Gorski Kotar region of Croatia

### 4.1. Litostratigraphy and tectonics

Caverns in the tunnel "Tuhobić" up to the position of 25+014 km are formed in the Middle Jurassic limestones or dolomite limestones J<sub>2</sub>, while caverns from the position of 25+014 km to the position 25+806 km are formed in the Lower Jurassic carbonate rocks J<sub>1</sub>.

Rocks in which caverns up to the position of 25+014 km are formed, belong to the Middle Jurassic (Doger) limestones or dolomite limestones J<sub>2</sub>. The thickness of their beds varies from 35 to 50 cm. The limestones are dark gray color. In their immediate vicinity as well as in speleological features the inclination of carbonate beds (limestones) is 42° to 44°, with southwest dip direction (about 220°). Fissures noticed in caverns and in their immediate vicinity are about 20 cm wide, they are plane and smooth, at places filled with clay material of hardly pressed consistent condition. Calcium matrix crystal or amorphous was less represented and it could be found in lower parts of caverns. At the speleological features in question one can find more intensive fissure's or fault's zones 3 - 5 meters wide. Along with lithological and hydrogeological conditions they have taken a significant place in the genesis, of the caverns researched. In some features myonite fault zones were noticed pointing out to their activity. According to speleological estimations one can draw a conclusion (about) relatively younger, at the moment inactive faults. The latter could be proved by carbonate covers which freely overcast fault paraclases not being broken or deformed at all. Most of the paraclases have direction 160° to 340° and subvertical paraclase (almost perpendicular). Very intensive is a corrosion

of the surrounding rocks. Edges as well as underground scalloped margins have very sharp margins (dimensions 1 - 15 cm). Rocks in which caverns are formed from the position 24+014 km to the position 25+806 km belong to Lower Jurassic (Liassic) limestones  $J_1$ , the thickness of which varies between 35 and 70 cm. The limestones have bright gray to dark gray color. In speleological features inclination of carbonate beds (limestones) is  $30^\circ$  to  $35^\circ$ , directed to southwest. Fissures noticed on beds or in their immediate vicinity are till 10 cm wide, they are plane and smooth, somewhere filled with clay material of hardly pressed consistent condition, somewhere with carbonate matrix, crystal or amorphous. One can find speleothems partially in the fissures. At some cavern locations one can also find more intensive fissure's or less expressed fault's zones 2 to 4 meters wide. In the features so-called "rock mirrors" and myonite faults zones were noticed, pointing out to the activity of tectonic movements in geological past.

#### 4.2. Hydrogeology

From the hydrogeological point of view one can conclude that in the pit near the cross road "Oštovica" no active underground flows were present. On the other hand one can find water (interstitial in speleothems) which formed eventually abundant secondary sediments or speleothems. In paleohydrogeological function one could speak of a periodical sink (ponor) pit in which surface water were sinking. The estimated depth of karstification in the region of the speleological objects in question is over 100 meters, a zone of vertical circulation being 100-200 meters. This zone is followed by a zone of horizontal circulation which transports underground water to the sea. Since the Malmian limestones are permeable for water, due to secondary (fissure) porosity, one could expect few additional similar features in the continuation of the fault zone lacking natural openings from the ground.

In "Tuhobić" tunnel all caverns have similar or equal hydrogeological role because they were formed in

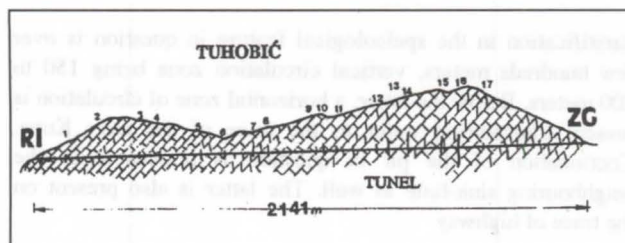


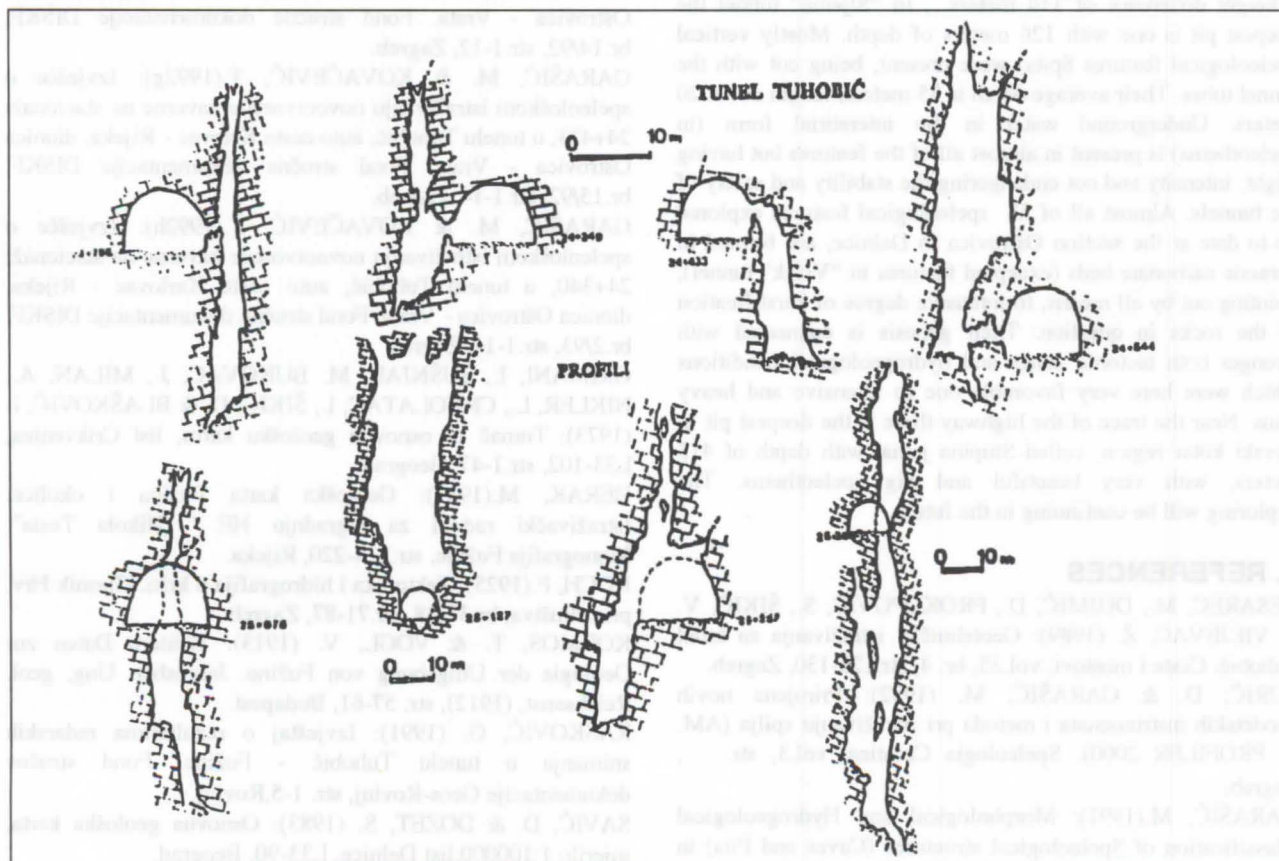
Fig. 2. Schematic profile of the Tuhobić tunnel with marked positions of found and explored more important caverns in it (Drawn by: dr. M. Garašić)

hydrogeologically similar both rocks and conditions.

In caverns no active underground circulation were present. On the contrary interstitial (speleothems) water is present with intensive chemical (corrosive) action on surrounding Jurassic rocks making underground scalloped margins. In paleohydrogeological point of view one could speak of periodical sink (ponors) pits having openings on the ground. They were secondary overwhelmed or water sank through intersection of fissures making pit channels of recent dimensions only in deeper regions. The estimated depth of karstification in "Tuhobić" tunnel is over several hundred meters of the vertical circulation zone 150 to 350 meters. It is followed by a horizontal circulation zone which transports underground water to the sea. Since the Dogerious and Liassic limestones, in the hydrogeological point of view, are permeable for water due to secondary porosity one could expect few additional similar features lacking natural openings from the surface in the continuation of fault zones.

In paleohydrogeological function of the pit near "Lučice" cross road one can speak of periodical sink (ponor) pit in which surface water were sinking. The estimated depth of

Fig. 3. The topographic maps of 8 newly opened caverns in Tuhobić tunnel, out of totally 17 that are registered and explored (Surveyed by: dr. M. Garašić)



karstification in the speleological feature in question is over few hundreds meters, vertical circulation zone being 150 to 200 meters. Below the latter, a horizontal zone of circulation is present transporting water to the trace of the river Kupa. Continuation of the pit in question is noticeable in the neighbouring sink-hole as well. The latter is also present on the trace of highway.

## 5. IMPROVEMENTS OF THE CAVERNS

The aim of improvement of the pits and caverns located on the trace of highway Karlovac - Rijeka, at sections Oštrovica - Delnice was to enable undisturbed natural drainage that was present in these features before, as well as speleological features which could not have been avoided by the trace of highway, are filled up with stone material with drainage function. Overwhelming of speleological features with clay materials was most strictly forbidden due to possible water sinking in the underground area. For five caverns in "Tuhobić" tunnel openings (entrances) were left for additional speleological research.

All improvements jobs were supervised by speleologists. With their advice they helped a lot in realization of hydrogeological balance both in the trace and tunnels.

## 6. CONCLUSION

During the building of the highway Karlovac- Rijeka, sections Oštrovica - Delnice, in the trace of highway and in the tunnels ("Tuhobić", "Vrata", "Sljeme", "Sopač", "Lučice" and "Vršek") more than 58 speleological features were found and explored in detail. The aim of research was better morphological determination as well as position in the area, as well as hydrogeological characteristics of the rocks in which the tunnels were made or the viaducts, bridges and other objects on the trace of highway were built. In "Tuhobić" tunnel a total of 17 caverns were explored, the biggest having a height difference of 114 meters. In "Sljeme" tunnel the deepest pit is one with 126 meters of depth. Mostly vertical speleological features (8 pits) were present, being cut with the tunnel tubes. Their average depth is 35 meters, length about 20 meters. Underground water in the interstitial form (in speleothems) is present in almost all of the features but having slight intensity and not endangering the stability and safety of the tunnels. Almost all of 58 speleological features explored up to date at the section Oštrovica to Delnice, are formed in Jurassic carbonate beds (excepted features in "Vršek" tunnel), pointing out by all means, to intensive degree of karstification of the rocks in question. Their genesis is connected with stronger both tectonic zones and hydrogeological conditions which were here very favorable due to intensive and heavy rains. Near the trace of the highway there is the deepest pit in Gorski kotar region, called Stupina jama, with depth of 413 meters, with very beautiful and big speleothems. The exploring will be continuing in the future.

## 7. REFERENCES

- CESAREC, M., DUJMIĆ, D., PROKOPOVIĆ, S., ŠIKIĆ, V. & VILJEVAC, Ž. (1989): Geotehnička istraživanja za tunel Tuhobić. Ceste i mostovi, vol.35, br. 4, str.125-130, Zagreb.
- FURIĆ, D. & GARAŠIĆ, M. (1992): Primjena novih geodetskih instrumenata i metoda pri istraživanju spilja (AM. T. PROFILER 2000). Speleologia Croatica, vol.3, str. , Zagreb.
- GARAŠIĆ, M.(1991): Morphological and Hydrogeological Classification of Speleological structures (Caves and Pits) in the Croatian karst area. Geološki vjesnik, vol.44, str.289-300, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. (1996): Stupina jama - n-čj dublja u Gorskom kotaru. Hrvatski planinar, vol.88, n.3, pp.86-89, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1991): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene jame na stacionaži 20+850 auto ceste Karlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.95/91, str. 1-12, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992a): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 23+798, u tunelu Tuhobić, auto ceste Karlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.3/92, str.1-13, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992b): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 25+078, u tunelu Tuhobić, auto ceste Karlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.4/92, str.1-12, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992c): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 25+257, u tunelu Tuhobić, auto ceste karlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.5/92, str. 1-12, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992d): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene jame na stacionaži 40+860 auto ceste Karlovac - Rijeka, dionica Vrata - Delnice, podvožnjak Lučice. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.8/92, str.1-15, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992e): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 24+544, u tunelu Tuhobić, auto ceste Karlovac - Rijeka, Dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.13/92, str.1-15, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992f): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 31+264, u tunelu Vrata, auto ceste Karlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumenatacije DISKF, br.14/92, str.1-12, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992g): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 24+433, u tunelu Tuhobić, auto ceste Krlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.15/92, str.1-14, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T.(1992h): Izvješće o speleološkom istraživanju novootvorene kaverne na stacionaži 24+340, u tunelu Tuhobić, auto ceste Karlovac - Rijeka, dionica Oštrovica - Vrata. Fond stručne dokumentacije DISKF, br.2/93, str.1-11, Zagreb.
- GRIMANI, I., ŠUŠNJAR, M. BUKOVAC, J., MILAN, A., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., ŠIKIĆ, D. & BLAŠKOVIĆ, I. (1973): Tumač za osnovnu geološku kartu, list Crikvenica, L33-102, str.1-47, Beograd.
- HERAK, M.(1987): Geološka karta Fužina i okolice. Istraživački radovi za izgradnju HE " Nikola Tesla". Monografija Fužine, str.214-220, Rijeka.
- KOCH, F.(1925): Tektonika i hidrografija u kršu. Glasnik Hrv. prir. društva, br.37-38, str.71-87, Zagreb.
- KORMOS, T. & VOGL, V. (1913): Weitere Daten zur Geologie der Umgebung von Fužine. Jahresber. Ung. geol. Reichsanst, (1912), str. 57-61, Budapest.
- RAŠKOVIĆ, G. (1991): Izvještaj o rezultatima radarskih snimanja u tunelu Tuhobić - Fužine. Fond stručne dokumentacije Geos-Rovinj, str. 1-5,Rovinj.
- SAVIĆ, D. & DOZET, S. (1983): Osnovna geološka karta, mjerilo 1:100000,list Delnice, L33-90, Beograd.

# Réflexions sur les études spéléologiques en Albanie

par Farudin KRUTAJ et Makir HOTI

Geografic Studies Centre, St. M. Shyri 11, Tirana – Departamenti i Gjeografise Universiteti i Shkodrës, Shkodra, Albanie

## Résumé

Cet article parle des possibilités spéléologiques en Albanie, de l'étendue du territoire intéressé, du niveau d'évolution et de quelques critères morphologiques des cavités. Nos prétentions sont modestes, car la spéléologie albanaise en est encore à ses premiers pas. L'isolationnisme politique, économique et culturel de l'Albanie durant les 50 ans de la domination communiste a empêché le développement des explorations et des études, tant pour des raisons techniques, d'organisation ou financières. Les véritables recherches spéléologiques organisées ont débuté à l'aube des années 1990, avec la création de la Fédération des spéléologues albanais, en coopération avec des équipes étrangères.

## Introduction

En Albanie, au sein d'une étendue considérable de roches solubles (calcaires, dolomies, gypses et anhydrites) occupant le 1/4 de la superficie totale, un type particulier de paysage géomorphologique s'individualise, celui du karst. Cette morphologie karstique, considérée comme partie intégrante du Karst méditerranéen, se présente sous différentes formes (sur terre et sous terre), avec des dimensions et des niveaux d'évolution variable. La plus grande partie de la superficie est occupée par les terrains calcaires et les dolomies, tandis que les terrains de gypse sont localisés dans des zones particulières (Dumre, Korab et ailleurs).

Les formes souterraines du karst sont les suivantes : galeries, puits, cheminées et grottes. Les grottes représentent les formes les plus grandes et les plus complexes, de morphologie et sont de valeurs multiples (didactique, scientifique, archéologique, curative et touristique). On n'a pas encore fait l'inventaire définitif de ces grottes et elles ne sont pas topographiées, car l'expérience manque et les moyens financiers sont encore insuffisants. Le nombre de cavités en Albanie n'est pas connu. Certains auteurs en comptent 2000, d'autres 3000, mais il faut dire que leur nombre exact ne pourra être établi qu'après de sérieuses études basées sur des recherches faites par des personnes qualifiées. Les grottes albanaises se situent du niveau de la mer aux altitudes les plus élevées, mais la majorité d'entre elles se trouvent jusqu'à 1200 mètres. Leur extension couvre également toutes les régions naturelles de l'Albanie constituées par les formations carbonatées. Les zones les plus riches en cavités, tant du point de vue nombre, densité et intérêt qu'elles suscitent, sont les régions montagneuses du Nord (les Alpes d'Albanie) et l'Albanie du Sud.

## Les méthodes et les résultats

L'exploration durant les cinq dernières années de plus de 200 grottes, a permis d'apporter de multiples informations, précises et de qualité. Un grand mérite revient en premier lieu aux équipes étrangères de spéléologues qui, grâce à leur passion et à leur expérience, sont arrivées à visiter et à découvrir plusieurs grottes, dont la plupart présentent un intérêt particulier. Un grand volume de travail et beaucoup de résultats concrets ont été accomplis par des équipes de spéléologues italiens, bulgares, français, anglais, hollandais, etc...

Les résultats de ces travaux sont déposés dans les archives de notre Fédération. Nous avons cherché à ce que l'exploration des grottes soit accompagnée d'une étude complète et détaillée (comme la morphologie interne, la géomorphologie, la biospéologie, les traces de culture humaine), avec photographies, coupes et profils topographiques, etc... Les documents rassemblés montrent que la plupart des grottes explorées sont de petites et de moyennes dimensions (leur longueur varie de 30 à 170 mètres). Mais il y a aussi des dizaines de grottes ayant une longueur de plus de 200 m. On peut citer la grotte de Puçi (5000 m), de Piro Goshi (1500 m), de Maezhgorani (2000 m), de Vali (plus de 2000 m), de Kusia et Ndue Gjonit (800 m), la Grotte Noire (400 m), du Jubani (230 m). On a exploré aussi un nombre considérable de puits et de cheminées, avec des profondeurs maximales atteintes de -230 mètres (le puits de Xhek Marku dans les Alpes occidentales), de -130 m (le puits Humnera e Husit), etc. La taille et le type de grottes varient d'une zone structurale à l'autre, et sont influencés par les facteurs lithostratigraphiques, la situation et l'altitude des zones, par le climat, l'évolution géologique de la région, etc...

La solubilité de la roche, la résistance des couches, le coefficient d'infiltration des eaux, la fracturation et le degré des complications des structures jouent un rôle particulier. Tout comme les grandes formes karstiques superficielles (ouvalas et poljés), les grottes sont aussi orientées par la tectonique. Elles se situent sur les axes de failles. Les failles tectoniques déterminent non seulement l'orientation des vides karstiques, mais aussi leur morphologie et leurs dimensions.

Le karst s'est développé durant la phase dite néotectonique, de l'âge Pliocène à Quaternaire. Dans les zones de montagnes surélevées par ces mouvements néotectoniques verticaux, on peut constater une formation en étages des grottes, dans lesquelles les galeries horizontales alternent avec des puits.

Ce phénomène se rencontre plus précisément dans les Alpes de l'Albanie du Nord, dans les montagnes de Kurvelesh de Tommori, dans la montagne me Gropa, dans celle d'Orosh, etc... Ainsi la grotte de Puçi, découverte dans les Alpes occidentales et la plus longue explorée jusqu'à aujourd'hui dans notre pays (5000 m), est située sur trois étages hypsométriques reliés entre eux par des puits verticaux. Il est possible également que la formation de cette cavité en étages soit liée aux cycles de la dernière glaciation (celle du Würm).

La surélévation du massif est accompagnée d'une baisse du niveau des eaux souterraines, ainsi que de l'élargissement et

de l'approfondissement des galeries karstiques. L'amplitude des mouvements tectoniques atteint 1200 à 1500 mètres dans les régions montagneuses. Dans les zones à formations calcaires presque horizontales (Jurassique) dominent des galeries peu déclives, tandis que dans les hautes montagnes, qui ont subi une élévation rapide durant l'époque néotectonique, ainsi que sur les plateaux karstiques constitués de terrains calcaires massifs et puissants (Crète), prédominent les circulations verticales (puits et cheminées). On rencontre ainsi, dans les régions de montagnes qui se distinguent par leur paysage karstique typique, des grottes qui sont d'exploration très difficile.

Une grande partie des grottes et des réseaux souterrains est sèche, mais il y a aussi des grottes au fond desquelles on rencontre des ruisseaux, des rivières et des lacs souterrains. Celles-ci se trouvent en altitude et présentent des traces d'anciens ruisseaux souterrains. Dans ces cavités il y a des méandres, des terrasses et des zones souterraines issus d'anciens réseaux hydrographiques d'origine corrosive et érosive. Du fait de la baisse du niveau des eaux souterraines, relative à l'élévation du terrain, les eaux ont abandonné les grottes qui deviennent ainsi fossiles.

Dans les zones de circulation permanente des eaux, dans le fond des vallées ou dans la partie inférieure des versants, les grottes sont actives et riches en circulations souterraines. Les grottes dans lesquelles il y a des débits importants sont les suivantes : la grotte de Vanistre (Albanie du Sud), celle de Jubani (dans la périphérie des Alpes occidentales), la grotte de Puçi (dans les Alpes), au fond de laquelle on a découvert une rivière souterraine ayant un débit moyen de 30 l/s. La résurgence de nombreuses et puissantes sources karstiques est liée aux grottes, chenaux de circulation et galeries souterraines. Ce phénomène est plus fréquent dans les Alpes occidentales et dans la région montagneuse du Sud. Dans la partie extrême occidentale de ces régions, on trouve d'importantes sources karstiques et de véritables rivières souterraines (Viroj de Gjirokatra, les sources de Bistrica, l'Oeil de Shegan, etc...), alors même qu'une bonne partie d'entre elles sont des sources sous-marines (sous la mer Ionienne) et sous-lacustres (lac de Shkodra).

La dénivellation considérable des Alpes par rapport au lac de Shkodra, les puissantes couches calcaires (jusqu'à 5000 m) ainsi que l'absence d'écoulements d'eau en surface laisse deviner un potentiel spéléologique important, avec des réseaux souterrains actifs nombreux et complexes.

Les recherches et les explorations spéléologiques mettent en lumière ces régions, que l'on peut qualifier d'encore très prometteuses. Il en est de même au sujet des importantes sources de la région montagneuse du Sud qui, indirectement, témoignent de l'existence de grottes de *type tunnel*. Ici les eaux d'infiltration s'enrichissent en *carbone* (T3Pg2) en suivant un long parcours au travers des formations géologiques, en empruntant les plans des couches, les zones de faiblesses tectoniques, jusqu'à leur réapparition en surface. Ainsi les eaux des importantes sources de Bistrica (4 m<sup>3</sup>/s) ressortent par un siphon, au terme d'un long parcours souterrain. Fréquents aussi sont les ruisseaux et rivières qui s'infiltrèrent momentanément dans le sol, pour ressortir bientôt en surface. Un cas typique est la disparition du ruisseau de Bize (dans la zone de Mali me Gropa) qui, après un parcours dans la grotte de Vali, semble réapparaître à Klos, distant d'environ 12 km.

L'ouverture du tunnel de Qafe e Thanes (en 1977) à l'occasion de la construction de la voie ferrée, a permis la découverte de grandes quantités d'eau, d'une véritable rivière souterraine ainsi que de vastes cavités.

Les grottes sont riches en concrétions multiples qui vont des formes les plus petites jusqu'aux grandes colonnes. On trouve de grandes salles ornées de stalactites et de stalagmites fascinantes, avec des parois recouvertes d'une mince couche de calcite. Les dimensions, la densité et le niveau de développement des concrétions est cependant directement en rapport avec les facteurs climatiques. Ainsi le concrétionnement, dans les grottes se trouvant dans les régions montagneuses d'altitude et, notamment dans les Alpes, est rare et peu développé en raison des basses températures durant l'hiver. Par contre, en Albanie du Sud, les grottes sont riches en concrétions remarquables.

## Valeurs archéologiques des grottes

Nous avons rassemblé une riche documentation archéologique et biologique d'intérêt scientifique au cours des études des cavités explorées comme nous venons de le mentionner. Ainsi, on a trouvé dans plusieurs grottes des traces d'habitations préhistoriques (la grotte de Velça, de Xare, de Treni, de Pellumbi, de Neziri, de Gajtan, etc...). La grotte de Velça représente une habitation néolithique (le néolithique récent) où l'on a trouvé des céramiques ornées. Tandis que dans la grotte de Neziri (Mat) on a découvert des traces de l'époque néolithique, du bronze ancien et moyen. Ailleurs, on a mis au jour des traces d'ours des cavernes (des dents et des squelettes) dans la grotte de Gajtan (à Shkodra) et dans la grotte Noire (à côté de Tirana). Dans cette dernière (dont l'exploration a été faite avec l'aide de spéléologues italiens), les résultats préliminaires parlent de squelettes d'ours (*Ursus spelaeus*) qui vécurent il y a 400'000 ans, mettant ainsi au jour une période lointaine et encore peu connue.

## Données faunistiques

Il ressort des explorations réalisées que les grottes sont riches en plusieurs espèces de micro-organismes, dont une partie est endémique. Ainsi, dans la grotte de Shutres, près du village de Val (Mali me Gropa), on a trouvé un exemplaire du crustacé Antipode, identifié comme une nouvelle espèce (étudiée et classifiée par le Prof. Dr. S. Ruffo – Museo civico di storia naturale di Verona) nommée *Albanogammarus inguscisi*. Il a été découvert à l'entrée de la grotte, à 850 mètres d'altitude. Chez *Albanogammarus*, la première antenne est plus longue que la deuxième (cette espèce possède deux paires d'antennes). Les gammaroides doivent être issus de la faune aquatique des mers eurasiatiques, et ont colonisé l'ancien continent par le nord, approximativement vers la moitié de l'ère secondaire.

Dans les montagnes de Kurvelesh (altitude 1000 m), on a trouvé quelques espèces de *coleotteri carabidi*, tandis que les espèces de *coleotteri troglubi*, découvertes à une profondeur de 30 m, appartiennent aussi à une nouvelle espèce de *Duvalius*. Sur le territoire de Cika, on a rencontré un pseudoscorpion. Dans ces montagnes (Kurvelesh), on a également repéré quelques nouvelles espèces de la famille des Neebisium. Dans une grotte à côté de la ville de Berat, on a encore trouvé une espèce endémique de pseudoscorpions (*Neobisium*), appelée *Neobisium Albanicum* (G. Muller, 1931). De multiples données

faunistiques ont été également rassemblées sur la chaîne montagneuse Tomorr-Kulmak, dans la montagne de Polis, la presqu'île de Karaburun, dans les Alpes orientales, etc... Dans la péninsule de Karaburun, sur le territoire des Kullunxhi, on a trouvé à environ 800 m d'altitude cinq exemplaires de l'espèce *Duvalius* (*Duvalius muelleri regiszoi, bischoffi, géorgii*, etc...). A la source de l'Oeil Bleu (à Bistrica), on a rencontré quelques crustacés souterrains (*muschi*) longs d'environ 1 cm et appartenant à l'espèce *Antipodi*. Dans les grottes étudiées on a aussi recensé de multiples sortes de chauve-souris, ainsi qu'une espèce particulière de salamandres (dans les Alpes). Il y a aussi beaucoup de chauve-souris dans les grottes de l'Albanie centrale et du Sud (dans la Grotte Noire, celle de Treni, de Mezhgoran, de Velçe, etc...). Un nombre record de chauve-souris, environ 10'000, a été observé dans la grotte de Velçe.

## Conclusions

Les explorations effectuées jusqu'à ce jour en Albanie ont permis de rassembler une documentation suffisante pour témoigner de l'existence d'anciennes phases de karstification. Ces résultats montrent aussi l'existence d'un karst profond encore très actif.

En plus des grottes sèches et fossiles, on rencontre aussi des cavités et des réseaux souterrains actifs et riches en eaux.

Une série d'importantes sources karstiques réapparaissent en surface à la suite de galeries ou de conduits de type *tunnel* (sources de Bistrica, de Guak etc...).

On peut définir l'existence de bassins d'alimentation, constitués de nappes phréatiques, de circulations d'eaux souterraines variées, diffuses ou étagées, convergeant vers leur niveau de base (au Nord vers le lac de Shkodra et au Sud vers la Mer Ionienne).

La morphologie des grottes montre l'existence de conditions climatiques plus favorables dans le passé que celles connues actuellement. Elle est conditionnée par des facteurs lithostratigraphiques et géographiques (position, altitude, microclimat, etc...).

Au fond des cavités situées à une altitude plus élevées (au-dessus de 1200 m), on a observé des quantités considérables de neige et de glace, tandis que les concrétions y sont rares et peu développées. La dénivellation maximale connue entre l'entrée et le fond des grottes est de -350 m (grotte de Puçi), tandis que le puits le plus profond découvert atteint -230 mètres.

Dans plusieurs grottes on a découvert des traces d'anciennes habitations humaines (dessins, restes archéologiques, etc...), ainsi que plusieurs micro-organismes adaptés à la vie cavernicole, dont une bonne partie est rare et unique.

## Littérature

- DIDONNA F. & A. SIGISMONDI. 1995. : Lineamenti floro-faunistici e biospeleologici nella regione di Kurvelesh. Puglia grotte boll. del G.P.G. (1995).
- FERRARI G. 1994. : Albania. Le Spedizioni Italo-Sammarinesi in Albania (1993-1994)
- FORTI P. 1993. : Riceviamo dalla Albania «speleotransvers». Supplemento al N. 32 di Speleologia, Milano (1995).
- Groupe d'auteurs. 1991. : La Géographie Physique d'Albanie. Monographie, Tirana.
- Gruppo Puglia Grotte et Dauno. 1995. : La spedizione speleo karstika «Tomorr» (1995).
- INGUSCIO S. 1993. Mali me Gropa «93». : Importante scoperta biospeleologica nelle grotte Albanesi. Boll. G.S.N. Nardo ott.-nov.-dic. (1993).
- KRISTO V., KRUTAJ F., MEZINI B. 1987 : Le Karst en Albanie et la pratique. Etudes géographiques (2/1987).
- KRUTAJ F. 1985. : Quelques caractéristiques de la morphologie karstique du Plateau de Kurvelesh. Etudes géographiques (1/1985).
- RAMPINI M. & S. ZOIA. 1994 : Note sui Coleotteri Leptodirini dell'Albania. Notiziario del Circolo speleologico Romano, Nuova. Serie, N. 4-5 (1989-1990).
- RUFFO S. 1995. : Un nuovo gammaroide cavernicolo dell'Albania. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona (1995): 443-452.



# Authors' Index

<b>AAEMM</b>	III	191
Abbate R.	II	205
Abdul-Nour Hani	III	35
Abul-Hab Jalil	III	369
Adank Markus	IV	65
Adbesselam Malek	II	247
Aigoun C.	II	247
Aimé Gérard	III	5
Allison Cara	I	16
Ancel Bruno	III	195
Ancel Bruno	III	245
Ancel Bruno	III	249
Andreev Sergiu P.	III	321
Andreo B.	II	251
Arcenegui Rocio	I	183
Argant Alain	III	105
Argant Alain	III	160
Arit Thilo	III	203
Arit Thilo	III	253
Arit Thilo	III	257
Armand Dominique	III	109
Arrigo Cyril	IV	13
Astruc J.-G.	I	424
Atteia Olivier	II	125
Atteia Olivier	II	141
Audra Philippe	I	165
Audra Philippe	I	337
Audra Philippe	I	429
Auler A.	II	271
Ayub Soraya	IV	45
Ayub Soraya	V	35
Badescu Adrian	I	25
Badino Giovanni	I	483
Bakalowicz Michel	II	23
Bakalowicz Michel	II	55
Balbi A.	I	69
Balderer Werner	II	275
Banton O.	II	283
Barczewski M.	II	55
Barredo Silvia P.	I	69
Barsanti Cecilia M.	III	217
Bartholeyns Jean-Pierre	V	103
Bärtschi Hans-Peter	III	233
Bayle Christian	II	1
Becker José Henrique	V	35
Bedos Anne	IV	47
Bella P.	I	85
Benderex Alexey	II	255
Bengeanu Monica	I	235
Benischke Ralf	I	425
Bernasconi Reno	III	333
Bernasconi Reno	III	337
Berstad Ida Malene	I	53
Bini Alfredo	I	345
Bitinskaya L. N.	V	31
Bitterli Thomas	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>	II	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
Damyanova A.	I	110
Damyanova A.	I	111
Damyanova A.	I	105
Damyanova A.	I	107
Daorian Yuan	I	300
<b>Daorian 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
Décraeu 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>Ford Derek C.</b>	II	120	<b>Grady Frederick</b>	III	175
<b>Djurovic Predrag</b>	I	421	<b>Ford Derek C.</b>	II	195	<b>Gradzinski Michal</b>	I	275
<b>Dodelin Christian</b>	V	73	<b>Ford Derek C.</b>	I	105	<b>Gradzinski Michal</b>	I	81
<b>Doerfliger Nathalie</b>	II	133	<b>Ford Derek C.</b>	I	107	<b>Gradzinski Michal</b>	I	85
<b>Doerfliger Nathalie</b>	II	209	<b>Ford Derek C.</b>	I	111	<b>Gradzinski Michal</b>	IV	91
<b>Doerfliger Nathalie</b>	II	47	<b>Ford Derek C.</b>	I	146	<b>Grandgirard Vincent</b>	I	331
<b>Dogwiler Toby</b>	I	178	<b>Ford Derek C.</b>	I	261	<b>Grasso Alessandro D.</b>	II	91
<b>Dominguez Carmen</b>	I	485	<b>Ford Derek C.</b>	I	262	<b>Guadelli Jean-Luc</b>	III	117
<b>Dragan-Bularda Mihail</b>	III	285	<b>Forgeot Olivier</b>	I	9	<b>Guardario J. D. A.</b>	II	199
<b>Dragoni Walter</b>	III	265	<b>Fornos Joan J.</b>	I	37	<b>Guglielmi Yves</b>	II	137
<b>Draily Christelle</b>	III	61	<b>Forti Paolo</b>	I	187	<b>Guyot Jean Loup</b>	IV	51
<b>Dreybrodt Wolfgang</b>	II	75	<b>Forti Paolo</b>	I	226	<b>Guyot Jean-Loup</b>	II	271
<b>Dreybrodt Wolfgang</b>	II	81	<b>Fosse Philippe</b>	III	149	<b>Guzvica Goran</b>	III	121
<b>Drouin Philippe</b>	IV	119	<b>Fratila Gheorghe</b>	III	179	<b>Habermann Dirk</b>	I	251
<b>Drouin Philippe</b>	III	113	<b>Fratila Gheorghe</b>	I	231	<b>Halliday William R.</b>	I	437
<b>Drysdale R. N.</b>	I	73	<b>Frisia Silvia</b>	I	247	<b>Halliday William R.</b>	I	199
<b>Du Fayet de la Tour Alain</b>	III	79	<b>Frisia Silvia</b>	I	77	<b>Halliday William R.</b>	I	461
<b>Dublyansky Yuri V.</b>	II	267	<b>Frumkin Amos</b>	I	139	<b>Hanneberg Armin</b>	III	203
<b>Dublyansky Yuri V.</b>	I	271	<b>Fuchs Gerald</b>	I	425	<b>Hanneberg Armin</b>	III	253
<b>Dubois Paul</b>	I	3	<b>Funcken Luc</b>	III	205	<b>Hanneberg Armin</b>	III	257
<b>Ducimetière Pascal</b>	IV	13	<b>Funcken Luc</b>	IV	7	<b>Hapka Roman</b>	III	3
<b>Duday Henri</b>	III	79	<b>Funcken Luc</b>	IV	9	<b>Hapka Roman</b>	III	57
<b>Duffaud S.</b>	I	424	<b>Furquim Scaleante Oscarlina A.</b>	I	363	<b>Harlacher Christof</b>	I	307
<b>Dumont Laurent</b>	IV	13	<b>Gaál Lúdvít</b>	I	464	<b>Hartenberger J.-L.</b>	I	424
<b>Ehret Michel</b>	III	221	<b>Gabrovsek Franci</b>	IV	23	<b>Hartmann A.</b>	II	239
<b>Einevoll Solvi</b>	I	53	<b>Gadat J.-Y.</b>	II	69	<b>Hartmann Jens</b>	I	100
<b>Eisenlohr Laurent</b>	V	81	<b>Gaiffe M.</b>	I	297	<b>Hartmann Jens</b>	I	453
<b>Eiswirth Matthias</b>	II	213	<b>Galdenzi Sandro</b>	I	187	<b>Hassan H. A.</b>	III	371
<b>Ek Camille</b>	I	297	<b>Gale S. J.</b>	I	73	<b>Hauns Michael</b>	II	141
<b>Ek Camille</b>	I	322	<b>Galik Alfred</b>	III	65	<b>Häuselmann Philipp</b>	II	31
<b>Ek Camille</b>	V	13	<b>Gallerini Giuliano</b>	I	143	<b>Häuselmann Philipp</b>	IV	1
<b>Emblanch Christophe</b>	II	17	<b>Garasic Mladen</b>	IV	123	<b>Havlicek David</b>	I	481
<b>Emblanch Christophe</b>	A	5	<b>Garasic Mladen</b>	IV	125	<b>Heaton Tim</b>	I	77
<b>Engel Scott</b>	A	21	<b>Garasic Mladen</b>	I	147	<b>Heijnis H.</b>	I	73
<b>Epis Lorenzo</b>	A	29	<b>Garcia A. E.</b>	II	95	<b>Heller Martin</b>	V	127
<b>Eraso Adolfo Romero</b>	A	483	<b>Garcia Michel</b>	III	79	<b>Hercman Helena</b>	I	45
<b>Eraso Adolfo Romero</b>	I	485	<b>Gaspar E.</b>	I	41	<b>Hercman Helena</b>	I	85
<b>Espinasa Luis</b>	III	359	<b>Gaspar Radu D.</b>	II	175	<b>Hercman Helena</b>	I	87
<b>Eszterhás István</b>	I	469	<b>Gaspar Radu D.</b>	II	217	<b>Hermann Felix</b>	II	141
<b>Faeh A.</b>	II	9	<b>Genereux D.</b>	II	199	<b>Herold Thilo</b>	II	275
<b>Fage Luc-Henry</b>	III	101	<b>Genty Dominique</b>	I	61	<b>Hill Carol A.</b>	I	226
<b>Faillat Jean-Pierre</b>	II	111	<b>Genty Dominique</b>	I	257	<b>Hill Carol A.</b>	I	390
<b>Faillat Jean-Pierre</b>	II	85	<b>Georgiev L. N.</b>	I	105	<b>Hobbs III H. H.</b>	III	345
<b>Fairchild Ian J.</b>	I	247	<b>Georgiev L. N.</b>	I	107	<b>Hobléa Fabien</b>	II	35
<b>Fang Jinfu</b>	I	395	<b>Ghargari Lucretia</b>	I	231	<b>Hobléa Fabien</b>	I	429
<b>Farina Daniele</b>	I	143	<b>Ghargari Lucretia</b>	I	227	<b>Hof Alex</b>	I	137
<b>Favre Gérard</b>	IV	13	<b>Giannandrea Paolo</b>	I	202	<b>Hofenpradli Angelica</b>	I	235
<b>Felici Alberta</b>	IV	79	<b>Gietl Diana</b>	I	497	<b>Hoffmann Guido</b>	V	65
<b>Felici Alberto</b>	III	9	<b>Gillieson David</b>	I	327	<b>Holland Ernst</b>	V	39
<b>Felisiak Ireneusz</b>	I	17	<b>Ginés Angel</b>	I	37	<b>Holler Cato Jr.</b>	III	305
<b>Ferguson Lynn M.</b>	III	315	<b>Ginés Joaquin</b>	I	37	<b>Holmgren K.</b>	I	55
<b>Fernandez-Jalvo Yolanda</b>	III	165	<b>Glazek Jerzy</b>	I	85	<b>Holsinger John R.</b>	III	347
<b>Fiedler Suzana</b>	III	301	<b>Glazek Jerzy</b>	I	405	<b>Horat Peter</b>	II	9
<b>Filippov Andrey G.</b>	I	465	<b>Glazek Jerzy</b>	I	45	<b>Hoti Makir</b>	IV	129
<b>Fischer M. J.</b>	I	73	<b>Glowacki Piotr</b>	I	366	<b>Hötzl Heinz</b>	II	187
<b>Fluck Pierre</b>	III	187	<b>Gobrunova K. A.</b>	A	319	<b>Hötzl Heinz</b>	II	213
<b>Foltete Jacques</b>	I	169	<b>Goggin Keith E.</b>	I	381	<b>Hötzl Heinz</b>	II	303
<b>Font Estramar, Ass. Rech.</b>	IV	71	<b>Gogniat Stéphane</b>	II	229	<b>Hoyos M.</b>	III	103
<b>Ford Derek C.</b>	I	44	<b>Goldie Helen S.</b>	I	285	<b>Huang Yiming</b>	I	77
<b>Ford Derek C.</b>	I	88	<b>Goodbar James</b>	V	3	<b>Hubbard David</b>	III	37

Hubbard David	III	175
Hubbard David A. Jr.	III	311
Hückinghaus Dirk	II	107
Hückinghaus Dirk	II	145
Hückinghaus Dirk	II	65
Huff Warren	I	25
Huggenberger Peter	II	221
Huntoon Peter W.	I	311
Imper David	III	229
Isayevitch A. G.	V	31
Jaillet Stéphane	I	171
Jalov Alexey	IV	25
Jambresic Gordana	III	157
Jan Vit	I	45
Jeanbourquin Pascal	II	13
Jeannin Pierre-Yves	I	195
Jeannin Pierre-Yves	II	149
Jeannin Pierre-Yves	II	91
Jeannin Pierre-Yves	IV	1
Jeannin Pierre-Yves	I	293
Jeannin Pierre-Yves	I	349
Jifang Shen	IV	55
Johnson Jerald	III	41
Jonnsson Sigurdur S.	I	485
Jordan P.	II	275
Jordi Martin	V	77
Jull Timothy A. J.	I	65
Junwei Wan	IV	55
Kadlec Jaroslav	I	13
Kadlec Jaroslav	I	387
Kalmbach Uwe	IV	29
Karlén W.	I	55
Kashima Naruhiko	III	281
KäB Werner	III	187
KäB Werner	II	55
Kawashti I. S.	III	371
Kejonen Aimo	III	53
Kejonen Aimo	IV	93
Kempe Stephan	I	100
Kempe Stephan	I	453
Kempe Stephan	III	13
Kempe Stephan	I	445
Kempe Stephan	I	449
Keppens E.	I	93
Ketz-Kempe Christild	III	13
Kicinska Ditta	I	168
Kienle J.	II	163
Kiss Stefan	III	285
Klimchouk Alexander	I	157
Klimchouk Alexander	I	161
Klimchouk Alexander	I	306
Knez Martin	II	279
Knez Martin	I	156
Korshunov Viktor A.	I	29
Korzhyk Vitali	V	7
Kósa Attila	V	129
Kosel Vladimir	III	310
Kostov Konstantin	I	409
Kovacevic Tihomir	IV	125
Krasnoshtein Arkady E.	V	31

Krawczyk Wiesława Ewa	I	493
Krekeler Mark P. S.	I	21
Krklec Nevenka	III	157
Krouse Roy H. P.	I	105
Krouse Roy H. P.	I	107
Krouse Roy H. P.	I	65
Krutaj Farudin	IV	129
Kusch Heinrich	III	17
Labau V.	I	41
Laiconas Erikas	III	169
Lami H.	II	247
Larocque Marie	II	283
Lascu Cristian	I	25
Lastennet Roland	II	17
Lastennet Roland	II	5
Laudet Frédéric	I	424
Laudet Frédéric	III	165
Laudet Frédéric	III	178
Laureti Lamberto	III	236
Lauriol Bernard	II	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
Martín 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
Maviyudov 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	Pechhold Eberhard	I	211	Rospondek Mariusz	I	81
Mixon David	I	21	Pedde Sara	III	67	Rossi Carlos	I	179
Mohrlok Ulf	II	163	Perego Renata	III	124	Rossi Carlos	I	183
Mohrlok Ulf	II	167	Perego Renata	III	136	Rousset Claude	II	307
Moldovan Oana	III	319	Perna Giuliano	I	397	Rouvinez Fabienne	III	57
Montandon Paul-Etienne	II	229	Perret Catherine	IV	65	Rouzaud François	III	261
Montero Garcia Ismael Arturo	III	20	Perret Jean François	IV	51	Rouzaud François	III	49
Montero Garcia Ismael Arturo	V	80	Perrette Yves	I	257	Rouzaud François	III	71
Morel Laurent	V	99	Perrette Yves	I	61	Rouzaud François	III	79
Morel Philippe	III	3	Perrin Jérôme	II	99	Rouzaud François	III	97
Morel Philippe	III	137	Perrin Jérôme	IV	19	Rouzaud François	III	91
Morin Denis	III	225	Petitta Marco	II	201	Rouzaud Jean-Noël	III	91
Motyka Jacek	II	171	Petrochilou Anna	III	64	Rowling Jill	I	263
Motyka Jacek	II	235	Philippe Michel	III	113	Rozkowski Jacek	I	323
Mouret Claude	II	299	Philippe Michel	III	125	Rubbioli Ezio	IV	51
Mouret Claude	IV	57	Philippe Michel	III	136	Ruggieri Rosario	IV	61
Mouret Claude	III	363	Philippe Michel	III	161	Ruggieri Rosario	I	125
Mousny Vincent	V	13	Pinto Ana Cristina	III	171	Saiers J. E.	II	199
Mudry Jacques	II	137	Plagnes Valérie	II	179	Salvatori Francesco	V	107
Mudry Jacques	II	17	Plesa Corneliu	III	329	Salvatori Francesco	V	115
Mudry Jacques	II	247	Porter Megan L.	III	345	Salvatori Francesco	V	117
Mudry Jacques	II	251	Postawa A.	II	235	Sanchez-Moral S.	II	103
Mudry Jacques	II	5	Preiswerk Christian	IV	37	Sanz-Rubio E.	II	103
Mueller Robert J.	I	215	Prokhorenko Vitaliy	V	93	Sarbu Serban	I	25
Muglova Penka	III	95	Prokhorenko Vitaliy	V	95	Sasowsky Ira	I	25
Muglova Penka	I	207	Proudlove Graham S.	III	351	Sauter Martin	II	107
Mulaomerovic Jasminko	III	87	Proudlove Graham S.	III	355	Sauter Martin	II	145
Müller Claudia	I	301	Puech Vincent	I	293	Sauter Martin	II	153
Müller Elisabeth	II	239	Puig J. M.	II	5	Sauter Martin	II	167
Müller Imre	II	221	Pulido-Bosch Antonio	II	43	Sauter Martin	II	65
Müller Imre	II	243	Pulina Marian	I	323	Sauter Martin	I	195
Muñoz Alfonso	I	179	Pulina Marian	I	366	Sauter Martin	I	301
Munson Cheryl Ann	III	45	Pulina Marian	I	489	Sauter Martin	I	307
Munson Patrick J.	III	45	Pulina Marian	I	493	Sauter Martin	I	318
Mylroie John E.	I	178	Quinif Yves	I	93	Sbai Abdelkader	I	297
Naef F.	II	9	Quinif Yves	I	257	Sbai Abdelkader	II	311
Niggemann Stefan	I	251	Quinif Yves	I	61	Schäferjohann Volker	I	473
Niggemann Stefan	I	151	Radanovic-Guzvica Biserka	III	121	Scherrer Nadim C.	I	73
Nini Roberto	III	273	Rage J.-C.	I	424	Scherrer S.	II	9
Oberwinder Matthias	I	453	Ragsdale Michael	I	21	Schifferdecker François	III	137
Oberwinder Matthias	I	449	Rathgeber Thomas	III	153	Schmid G.	II	55
Oelze Rainer	I	251	Ravazzi Cesare	III	124	Schnegg Pierre-André	II	47
Onac Bogdan Petroniu	I	235	Razack M.	II	259	Schöne Tilo	III	277
Onac Bogdan Petroniu	I	227	Razack M.	II	283	Schwarcz Henry P.	I	88
Onac Bogdan Petroniu	I	231	Ré G.	I	69	Schwarcz Henry P.	II	120
Orecchio S.	II	205	Redonte Gabriel Jorge	IV	99	Schwarcz Henry P.	I	262
Otonicar Bojan	I	417	Rehák Josef	I	493	Scott Jane	I	436
Otz Martin	II	31	Reichert Barbara	II	303	Sebela Stanka	I	113
Paar Werner	III	209	Reiner Gerhard	III	181	Seiler Klaus-P.	II	239
Pacher Martina	III	65	Reisinger Christian	III	129	Semikolennykh Andrei A.	I	29
Pajón Morejon Jesús M.	I	97	Reisner Victor	IV	103	Semikolennykh Andrey A.	V	87
Pajón-morejón Jesús M.	II	95	Remy J.-A.	I	424	Semikolennykh Andrey A.	III	293
Pandurska Rumiana	III	367	Renner Sven	II	153	Shanov Stefan	II	255
Partridge T. C.	I	55	Reynard Emmanuel	V	17	Shanov Stefan	III	367
Pascu Maria	II	175	Reynaud A.	II	137	Shaw D. Patrick	III	347
Pashenko Serguei E.	I	271	Richter Detlev K.	I	251	Shaw P. A.	I	55
Patrick Rosenthal	III	225	Rigal Didier	IV	47	Shelepin Aleksey	IV	103
Paunica I.	II	217	Rogers Bruce W.	III	45	Shen Jifang	II	21
Paunica T.	I	41	Rognon P.	II	229	Shopov Yavor Y.	I	105
Pavuzo Rudolf	I	7	Rosendahl Wilfried	III	25	Shopov Yavor Y.	I	107

<b>Shopov Yavor Y.</b>	I	110	<b>Tremblay Marc</b>	I	497	<b>Wollman S.</b>	II	225
<b>Shopov Yavor Y.</b>	I	111	<b>Trimborn P.</b>	II	303	<b>Wolniewicz Klaus</b>	I	453
<b>Shopov Yavor Y.</b>	I	65	<b>Trofimova Elena</b>	I	391	<b>Wookey</b>	V	57
<b>Shopov Yavor Y.</b>	I	103	<b>Tsankov Ludmil T.</b>	I	105	<b>Worthington Stephen R. H.</b>	II	195
<b>Shrivastava V. K.</b>	III	31	<b>Tsankov Ludmil T.</b>	I	107	<b>Wutzig B.</b>	III	277
<b>Siebenlist-Kerner V.</b>	III	203	<b>Tsankov Ludmil T.</b>	I	110	<b>Xiying Xiao</b>	IV	55
<b>Siemens H.</b>	II	75	<b>Tsankov Ludmil T.</b>	I	111	<b>Xuewen Zhu</b>	II	121
<b>Sigé B.</b>	I	424	<b>Tsankov Ludmil T.</b>	I	65	<b>Yaseen Ahmed E.</b>	III	371
<b>Simões Washington</b>	III	83	<b>Tuccimei Paola</b>	I	37	<b>Yonge Charles J.</b>	I	107
<b>Simon-Coinçon R.</b>	I	424	<b>Tulis Ján</b>	IV	107	<b>Yonge Charles J.</b>	I	111
<b>Singh Ramesh B.</b>	I	369	<b>Turberg Pascal</b>	II	243	<b>Yonge Charles J.</b>	I	436
<b>Slabe Tadej</b>	I	377	<b>Turchinov Igor</b>	I	121	<b>Yonge Charles J.</b>	I	65
<b>Smart Chris C.</b>	II	183	<b>Turchinov Igor</b>	I	239	<b>Yonge Charles J.</b>	I	105
<b>Smart Chris C.</b>	II	315	<b>Tyc Andrzej</b>	I	289	<b>Yonge Charles J.</b>	I	60
<b>Smart Chris C.</b>	II	51	<b>Tyc Andrzej</b>	I	323	<b>Zabo L.</b>	II	51
<b>Smart Peter L.</b>	I	16	<b>Tyson P. D.</b>	I	55	<b>Zaenker Stefan</b>	III	307
<b>Smyk Boleslaw</b>	I	275	<b>Tysseland Magne</b>	I	235	<b>Zambo Laszlo</b>	I	44
<b>Soler V.</b>	II	103	<b>Uhrin Marcel</b>	III	325	<b>Zechner Eric</b>	II	199
<b>Somelette Luc</b>	II	111	<b>Urbani Franco</b>	I	243	<b>Zhao Jingbo</b>	I	300
<b>Song Linhua</b>	I	279	<b>Usuloglu Ender</b>	V	123	<b>Zhaohui Zhang</b>	III	297
<b>Song Linhua</b>	I	319	<b>Vacqué Jean-François</b>	IV	57	<b>Zhu Xuewen</b>	I	385
<b>Song Linhua</b>	I	433	<b>Vadillo I.</b>	II	251	<b>Zhu Yuanfeng</b>	V	47
<b>Souillac, Spéléo-Club de</b>	III	161	<b>Valdés J. J.</b>	II	95	<b>Zuber A.</b>	II	171
<b>Soulier Michel</b>	III	71	<b>Vallejos A.</b>	II	43	<b>Zuccoli Luisa</b>	I	345
<b>Spahlinger Wolf</b>	IV	29	<b>van Beyden P. E.</b>	II	120	<b>Zupan Hajna Nadja</b>	I	33
<b>Spicher Michel</b>	I	331	<b>Van Beynen P. E.</b>	I	262	<b>Zurbrugg Ch.</b>	II	9
<b>Spiro Baruch</b>	I	77	<b>Vanara Nathalie</b>	II	115	<b>Zwahlen François</b>	II	209
<b>Stibrányi Gustáv</b>	V	119	<b>Vanara Nathalie</b>	I	359			
<b>Stichler W.</b>	II	303	<b>Vasileva Danica</b>	I	175			
<b>Stiefelhausen Willy</b>	II	221	<b>Vasiliev Andrey G.</b>	III	321			
<b>Stoev Alexey</b>	I	207	<b>Vendramini Guilherme</b>	IV	51			
<b>Stoev Alexey</b>	III	95	<b>Veni George</b>	I	373			
<b>Stoev Dimitar</b>	I	207	<b>Verheyden Sophie</b>	I	93			
<b>Stoeva Mina</b>	III	95	<b>Verheyden Sophie</b>	IV	111			
<b>Strassenburg Jan</b>	I	453	<b>Verheyden Sophie</b>	IV	115			
<b>Striebel Thomas</b>	I	473	<b>Versa Dorotea</b>	V	69			
<b>Stroutchkova Tatiana</b>	III	78	<b>Vianey-Liaud M.</b>	I	424			
<b>Stuart-Williams Hilary</b>	I	88	<b>Viehmänn Iosif</b>	I	227			
<b>Sudre J.</b>	I	424	<b>Viehmänn Iosif</b>	III	133			
<b>Summers Engel Annette</b>	I	21	<b>Vremir Matei</b>	I	413			
<b>Summers Engel Annette</b>	I	25	<b>Wan Junwei Y.</b>	II	21			
<b>Sustersic France</b>	I	117	<b>Wang Daqing</b>	III	311			
<b>Swinburne Nicola</b>	I	88	<b>Wang Fuchang</b>	I	433			
<b>Szulc Joachim</b>	I	275	<b>Watson Patty Jo</b>	III	29			
<b>Szulc Joachim</b>	I	81	<b>Weber Dieter</b>	III	307			
<b>Tacchini Pascal</b>	IV	19	<b>Weidmann Yvo</b>	IV	37			
<b>Tamas Tudor</b>	I	413	<b>Weidmann Yvo</b>	IV	65			
<b>Tankersley Kenneth B.</b>	III	75	<b>Weisgerber Gerd</b>	III	216			
<b>Tankersley Kenneth B.</b>	III	45	<b>Weissensteiner Volker</b>	I	425			
<b>Tarhule-Lips Rozemarijn F. A.</b>	I	146	<b>Werner Andreas</b>	II	187			
<b>Tarhule-Lips Rozemarijn F. A.</b>	I	261	<b>White Elisabeth L.</b>	II	191			
<b>Tasler R.</b>	I	481	<b>White Elisabeth L.</b>	I	155			
<b>Terlau Craig A.</b>	I	133	<b>White Elisabeth L.</b>	I	305			
<b>Teutsch Georg</b>	II	163	<b>White William B.</b>	II	191			
<b>Teutsch Georg</b>	II	65	<b>White William B.</b>	I	155			
<b>Thys G.</b>	V	103	<b>White William B.</b>	I	305			
<b>Tognini Paola</b>	I	345	<b>White William B.</b>	I	89			
<b>Tomova Bisera</b>	V	131	<b>Wilcock John D.</b>	V	61			
<b>Toth V. A.</b>	II	120	<b>Willems Luc</b>	I	477			
<b>Toussaint Michel</b>	III	21	<b>Williams Paul W.</b>	I	92			

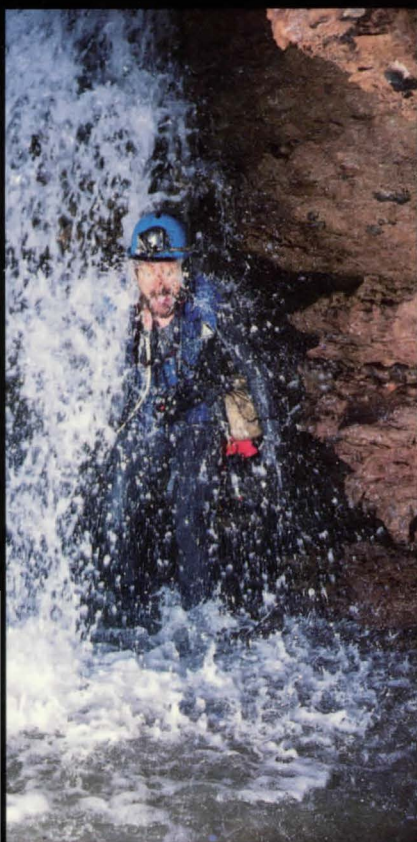




Chlausenschlot, Hölloch, SZ, Switzerland (Photo Pali Berg)



Ugu Ananda, Papua New Guinea (Photo Urs Widmer)



Milandre, Jura, Switzerland (Photo Urs Widmer)



Faustloch, Berneroblerland, Switzerland (Photo Urs Widmer)



Faustloch, Berneroblerland, Switzerland (Photo Urs Widmer)



Milandre, Jura, Switzerland (Photo Pali Berg)