

Spelunca

REVUE DE LA FÉDÉRATION FRANÇAISE DE SPÉLÉOLOGIE



Juin 2022
2^e trimestre

n° 166



NUMÉRO SPÉCIAL
18^{ème} congrès
international
de spéléologie

18^{ème} CONGRÈS INTERNATIONAL SPELEOLOGIE

SAVOIE-TECHNOLAC // FRANCE

24 AU 31 JUILLET 2022





Tracage à la fluorescéine dans la rivière souterraine de Cabrespine (Aude).
Tracing with fluoresceine in Cabrespine underground river (Aude).

Photograph : Philippe Crochet
Assistance : Annie Guiraud,
Christophe Subias, Jessica Mombouisse
et Baptiste Gombert



RÉDACTION

Directeur de la publication :

Gaël Kaneko, président de la FFS

Rédacteur en chef : Philippe Drouin

Rédacteur en chef adjoint : Guilhem Maistre

Coordinateur du pôle communication

et publications de la FFS : Daniel Fromentin

Plongée : Michel Ribera

Photographie : Philippe Crochet

Ce Spelunca spécial a été réalisé :

sous la supervision de Philippe Crochet
avec l'appui de Jean-Philippe Grandcolas

Relecture : Jacques Chabert,

Philippe Crochet, Yannick Decker,

Philippe Drouin, Jean-Noël Dubois,

Christophe Gauchon, Gaël Kaneko,

Rémy Limagne, Guilhem Maistre,

Arnaud Malard, Claude Mouret,

Patrick Sorriaux

Traducteurs : Mathieu Lecarpentier,

Annie Guiraud, Jacques Chabert,

Vicki Moore, Leo Hohler

Relecteurs pour l'anglais :

Yvonne Droms, Mark Minton, Annie Guiraud

Administration et secrétariat de rédaction

Fédération française de spéléologie :

28, rue Delandine - 69002 Lyon

Secrétariat : Chantal Agoune

Tél. : 04 72 56 09 63

E-mail : secretariat@ffspeleo.fr

Site internet : www.ffspeleo.fr

Maquette, réalisation : Éditions GAP

73190 Challes-les-Eaux

Tél. : 04 79 72 67 85

E-mail : claudie-boulin@gap-editions.fr

Site internet : www.editionsgap.fr

Impression : imprimerie Chirat

Saint-Just-la-Pendue (42540)

Dépôt légal : juin 2022

Numéro de commission paritaire :

0425 G 86838

Tarifs d'abonnement : 25 € par an (4 numéros)

Etrangers et hors métropole : 34 € par an

Vente au numéro : 8 €



Imprimé en France.

L'encre utilisée est à base d'huile végétale.

L'imprimerie adopte une démarche environnementale
progressiste validée par la certification Imprim'Vert.

éditorial

par Gaël Kaneko, président de la Fédération française de spéléologie

Comme beaucoup d'entre vous le savent, la genèse de la revue de la Fédération française de spéléologie *Spelunca* est intimement liée à celle de la spéléologie. Le premier numéro date de 1895, époque durant laquelle Édouard-Alfred Martel, « père de la spéléologie moderne », œuvrait déjà pour enrichir notre connaissance du karst. En ces temps, l'éclairage n'était pas LED. La photographie, la photogrammétrie et la topographie n'étaient pas numériques. Une constante majeure cependant perdure, la convivialité, la chaleur humaine, l'esprit d'équipe.

La spéléologie d'aujourd'hui, comme à l'époque, se développe à l'échelle mondiale. En 1953 se déroulait à Paris le premier congrès international de spéléologie et ce, dix ans avant la création de la FFS. Depuis, de nombreux congrès internationaux ont été organisés de par le monde. Des occasions de découvertes, de partages et la chance d'évoluer au rythme de notre planète. Pour cette olympiade, la FFS a l'honneur d'organiser pour l'Union internationale de spéléologie (UIS) le congrès au Bourget-du-Lac fin juillet. Ce congrès, c'est l'occasion pour chacun d'entre nous de vivre notre passion et d'y retrouver ce qui fait de l'UIS et de la FFS ce qu'elles sont aujourd'hui : sciences, sports, partage...

Ce numéro est une belle occasion de retracer l'histoire de la spéléologie française et de décrire entre autres le karst en France, ses pépites, aménagées ou non, l'importance du milieu et son inscription dans nos parcours de formation à l'encadrement. Il conserve comme à son habitude une belle ouverture à l'international, à l'image de nos membres associés et fédérés internationaux à la FFS, de l'implication de la FFS dans l'UIS, des expéditions et actions françaises à l'étranger depuis des décennies, de la solidarité du monde spéléo envers des injustices telles que celles que subit, entre autres, le peuple ukrainien.

Encore une fois, *Spelunca* gardera trace de l'histoire de la spéléologie. Merci aux équipes qui œuvrent pour *Spelunca*, pour le congrès UIS 2022 et plus largement pour la FFS.

Bonne lecture, et bon congrès à tous ceux qui auront la chance d'y assister.

éditorial

by Gaël Kaneko, président of French federation of speleology

As many of you know, the genesis of the magazine of the French Federation of Speleology *Spelunca* is intimately linked to that of speleology. The first issue dates back to 1895, when Édouard-Alfred Martel, 'the father of modern speleology', was already striving to improve our knowledge of karst. In those days, lighting was not LED. Photography, photogrammetry and survey were not digital. However, one major constant remains, conviviality, human warmth, and team spirit.

Caving today, as in the past, is developing worldwide. The first international congress of speleology took place in Paris, in 1953, 10 years before the creation of the FFS. Since then, many international congresses have been organized all over the world. These were opportunities to discover, share and evolve at the rhythm of our planet. For this Olympiad, the FFS has the honor to organize the congress for the UIS in Le Bourget du Lac at the end of July. This event is an invitation for all of us to enjoy our passion and to rediscover what makes the UIS and the FFS what they are today: science, sports, and sharing, ...

This issue is a good opportunity to retrace the history of French speleology and to describe, among other things, the karst in France, its sites, developed or not, and to emphasize the significance of the environment through our training courses. As usual, the magazine is open to the international scene, as shown by the associated and international members of the FFS, by the involvement of the FFS in the UIS, by the expeditions and French actions abroad for decades, and by the solidarity of the caving community towards the Ukrainian people and others who are suffering from injustice.

Once again, *Spelunca* will keep a trace of the history of speleology. Thanks to the teams who work for *Spelunca*, for the UIS 2022 congress and more widely for the FFS.

Enjoy your reading, and have a good time at the congress for all those who will have the chance to attend it.

À évènement exceptionnel, *Spelunca* exceptionnel

Les congrès internationaux de spéléologie, organisés sous l'égide de l'Union internationale de spéléologie et qui ont lieu tous les quatre ans, constituent les rassemblements les plus importants au monde de scientifiques, explorateurs, gestionnaires et plus largement passionnés du monde souterrain et du karst. C'est l'occasion pour tous ces acteurs d'échanger sur leurs travaux, leurs découvertes et leurs expéditions. Mais c'est également un grand moment de convivialité durant lequel le pays hôte a toujours à cœur de faire découvrir son patrimoine, non seulement souterrain, mais aussi géographique, historique et culturel.

Spelunca se devait de répondre présent à ce rendez-vous et être l'un des supports qui permette aux spéléologues étrangers de découvrir la France souterraine plus « en profondeur ». Ce numéro spécial de 128 pages entièrement bilingue, que la FFS a choisi de distribuer gratuitement à tous les congressistes, se veut donc être une vitrine de la spéléologie française à travers plusieurs chapitres : la présentation historique et le fonctionnement de la fédération, le patrimoine souterrain français, les massifs karstiques, les grandes découvertes récentes sur le territoire français, les expéditions à l'étranger, les publications qui ont marqué ces dernières années... le tout abondamment illustré par une iconographie

de qualité. Cet objectif a nécessité de solliciter pour chaque article les auteurs les plus pertinents. En effet, la communauté spéléologique française comporte une multitude d'acteurs, dont certains sont spécialistes dans leur domaine, ou bien ont une histoire passionnante à partager. Jean-Philippe Grandcolas a eu la tâche d'aller les débusquer, ce qu'il a fait à merveille.

Sans ce numéro spécial de *Spelunca*, beaucoup de grandes découvertes de ces dernières années en seraient restées à une diffusion purement numérique, sur les blogs ou les réseaux sociaux et n'auraient peut-être pas été publiées en bonne et due forme, en version papier, ce qui leur donne plus de pérennité et de poids. Que tous les contributeurs soient ici remerciés de leur participation, avec une pensée particulière pour Yvonne Droms et Mark Minton, les relecteurs spécialisés de la version anglaise des textes. C'est grâce à eux et beaucoup d'autres encore que ce vous avez entre les mains ce *Spelunca* historique. Et nul doute que les lecteurs habituels de la revue y découvriront des informations nouvelles pour eux concernant les activités de la FFS, ou bien la richesse de notre patrimoine souterrain, parfois méconnu des pratiquants eux-mêmes. Le but est qu'à travers ce panorama le plus complet possible de la spéléologie française, chacun y trouve son bonheur.

CONSIGNES AUX AUTEURS ET CONTRIBUTEURS

Les articles destinés à *Spelunca* sont à envoyer à : FFS - *Spelunca* - 28, rue Delandine 69002 Lyon - secretariat@ffspeleo.fr

Les illustrations lourdes (en poids informatique) sont à adresser directement à : claud-boulin@gap-editions.fr

Les propos tenus engagent leurs auteurs.

Tout article prêt à envoyer pour un *Spelunca* futur doit être le plus tôt possible (avec toutes les illustrations), afin de permettre plusieurs allers-retours entre l'auteur et l'ensemble de l'équipe rédactionnelle.

Il ne peut y avoir engagement de la rédaction à publier immédiatement un document qui arrive, pour des raisons évidentes.

La soumission d'un article suppose que son auteur accepte sa mise en ligne en accès libre sur le site fédéral après un délai minimum de trois ans suivant la parution papier.

Consignes particulières

Photographies et illustrations doivent être dûment légendées et les crédits photographiques indiqués.

Votre e-mail et votre numéro de téléphone opérationnel doivent être indiqués sous le titre, afin de faciliter le travail de l'équipe rédactionnelle.

Aucun article sous format pdf ne pourra être accepté, s'il n'est pas accompagné des fichiers équivalents en format utilisable (.doc, .xls, .jpg, etc.).

Les souhaits particuliers des auteurs pour la mise en page ou les clichés doivent être clairement mentionnés lors de l'envoi de l'article. Plus d'informations et conseils aux auteurs ici : <https://ffspeleo.fr/zab01>

Le fait de soumettre à l'auteur une proposition de maquette ne signifie pas un engagement à publier l'article concerné, mais simplement un geste technique pour éviter les retards de publication.

LE COMITÉ DE RÉDACTION

Spelunca

Bulletin d'abonnement

Tarifs valables du 1^{er} septembre 2019 au 31 août 2023

Nom et prénom

Date de naissance Adresse mail

Adresse postale

Fédéré oui ☐ non ☐ Si oui, sous le numéro

Ci-joint règlement de €

De préférence à photocopier et à envoyer à la Fédération française de spéléologie, 28, rue Delandine, 69002 Lyon, accompagné de votre règlement

On peut aussi télécharger le bulletin d'abonnement en cliquant sur :

« s'abonner aux revues fédérales » sur la page d'accueil de la FFS : <https://ffspeleo.fr/> (si on n'est pas fédéré) ; ou s'abonner ou se réabonner en ligne sur AVENS (si on est fédéré ou déjà abonné) : <https://avens.ffspeleo.fr/>

ABONNEMENT : 25 € par an (4 numéros)

ABONNEMENT NOUVEL ABONNÉ : 12,50 € (pour les 4 prochains numéros).

Pour bénéficier de cette réduction, la personne ne doit jamais avoir été abonnée à *Spelunca*, ou ne pas l'avoir été depuis 3 ans. Cette réduction ne s'applique pas aux abonnements groupés.

ABONNEMENT ÉTRANGERS ET HORS MÉTROPOLE : 34 € par an

Pour l'abonnement groupé avec *Karstologia*, contactez la Fédération : adherents@ffspeleo.fr

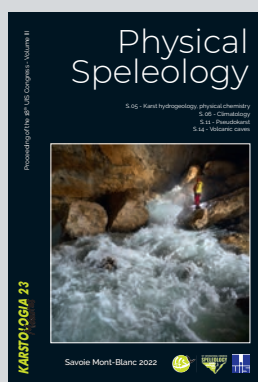
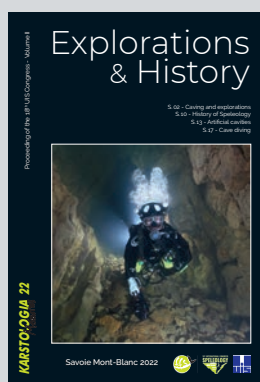
For an exceptional event, an exceptional *Spelunca*

An International Congress of Speleology, organized under the authority of the International Union of Speleology and held every four years, is the most important gathering in the world of scientists, explorers, managers and more generally enthusiasts of the underground world and karst. It is an opportunity for all these actors to share their work, their discoveries and their expeditions. But it is also a great moment of conviviality during which the host country is always keen to showcase its heritage, not only subterranean, but also geographical, historical and cultural.

Spelunca wanted to be involved in this event as one of the ways for foreign cavers to get an "in-depth" view of France's underground world. This special issue of 128 entirely bilingual pages, which the Fédération Française de Spéléologie (FFS) chose to distribute free to all the congress participants, is intended to showcase French caving through several chapters: historical presentation and functioning of the federation, French underground heritage, the karstic massifs, the major new finds on French territory, the expeditions abroad, the publications that have marked these past years... all richly illustrated

with quality graphics. This objective required soliciting the most relevant authors for each article. Indeed, the French caving community includes a multitude of actors, some of whom are specialists in their field, or have a fascinating story to share. Jean-Philippe Grandcolas knew how to track them down, a task that he carried out wonderfully. Without this special issue of *Spelunca*, many of the major discoveries of the last few years might have only been published digitally, on blogs or social networks, and possibly not in print, which gives them more durability and weight. I would like to acknowledge all the contributors for their work, with special thanks to Yvonne Droms and Mark Minton, the expert proofreaders of the English version of the text. It is thanks to them and many others that you have in your hands this historic issue of *Spelunca*. And no doubt that the regular readers of the magazine will discover information new to them concerning either the activities of the FFS, or the richness of our underground heritage, sometimes unknown to the cavers themselves. The goal is that through this overview of French caving, as complete as possible, everyone will find something to enjoy.

actes du 18^e congrès de l'UIS



Volume I:
Écologie et Patrimoine

Volume II:
Explorations et Histoire

Volume III:
Études de spéléologie physique

Volume IV:
Géomorphologie

Volume V:
Sédiments karstiques, Paléontologie et Archéologie

Volume VI:
Techniques et Société

20 €
par volume

Les volumes pourront être retirés à l'accueil du Congrès,
ou commandés à Spelunca-Librairie, 28 rue Delandine, 69002 Lyon

1 Éditorial

2 Préface

Introduction

- 6 Une histoire de la spéléologie française
par Bernard Chirol
- 8 Le premier congrès international
de spéléologie (Paris, 1953)
par Philippe Drouin
- 10 Comment est organisée la
Fédération française de spéléologie ?
par Philippe Drouin

Patrimoine karstique

- 12 Listes des grandes cavités françaises
par Paul Courbon
- 16 Carte des karsts de France
Philippe Crochet, Fabien Hobléa
et Vincent Schneider
- 20 Quelques sources karstiques françaises
remarquables
par Philippe Crochet
- 26 Les cavités karstiques françaises à haute
valeur patrimoniale
par Marie Clélia Lankester, Fabien Hobléa,
Philippe Crochet, Thierry Pelissié, Michel Philippe,
Philippe Galant, Arnaud Faille et Louis Deharveng
- 38 Les grottes aménagées pour le tourisme
en France
par la Fédération française du Tourisme
et Patrimoine souterrain (FFTS)

Explorations

- 42 Le massif karstique
Pierre Saint-Martin - Larra
par Michel Douat et Brice Maestracci
- 48 Le réseau des Chuats
par François Landry
- 54 Le réseau de Balacha Flaine - France
par David Cantalupiet Patrick Noël
- 62 Le réseau Félix Trombe - Henne Morte
par Sylvestre Clément



- 68 Grotte des Chamois
Castellet-lès-Sausses
(Alpes-de-Haute-Provence)
par Jean-Claude Nobécourt,
Philippe Bertochio et Philippe Audra
- 72 L'aven des Quatre Vents, une cavité
atypique et énigmatique du Nord Larzac
par Jean-Louis Rocher
- 78 La grotte de Bruniquel
Tarn-et-Garonne
par Michel et Denise Soulier, Jacques Jaubert
et Sophie Verheyden

Expéditions

- 84 Les expéditions françaises à l'étranger :
644 expéditions autour du Monde
depuis 2000
par Olivier Testa

Environnement

- 98 La connaissance du milieu dans les
formations de la Fédération française
de spéléologie
par Vincent Biot
- 100 Rendre les grottes à elles-mêmes,
un devoir pour les spéléologues
par Yannick Decker

Photographie

- 104 *Spelunca* et la photographie souterraine
Un mariage de raison
par Philippe Crochet
- 106 Portfolio
Un aperçu de la France souterraine
par Philippe Crochet

Coin des livres

- 118 Collectif

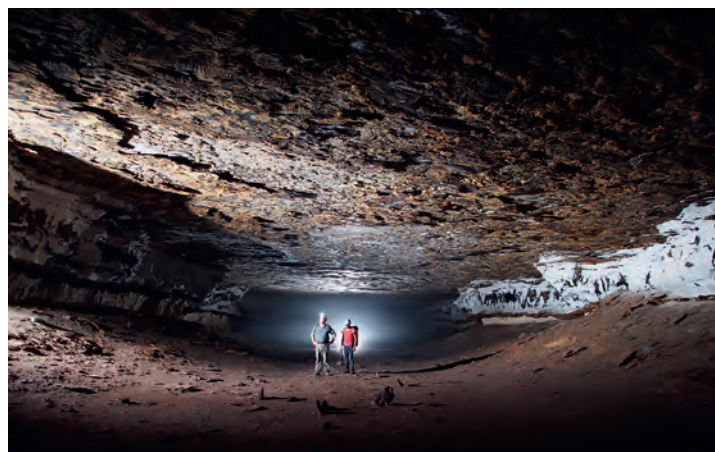
Étranger

- 124 Grottes brésiliennes en danger
par Lucas P. S. Godinho, Leda Zogbi, Luciana Alt.

Planning

- 126 18^{ème} congrès international de spéléologie
- 128 Annonces

1	Editorial
3	Preface
	Introduction
7	A history of French speleology by Bernard Chirol
9	The first International Congress of Speleology (Paris, 1953) by Philippe Drouin
11	How is the French Federation of Speleology organized? by Philippe Drouin
	Karstic heritage
13	Lists of the Great Caves of France by Paul Courbon
17	Map of the karsts of France by Philippe Crochet, Fabien Hobléa and Vincent Schneider
21	Some remarkable karst springs in France by Philippe Crochet
27	French Karst Caves with a high heritage value by Marie Clélia Lankester, Fabien Hobléa, Philippe Crochet, Thierry Pelissié, Michel Philippe, Philippe Galant, Arnaud Faille and Louis Deharveng
39	Show caves in France by la Fédération française du Tourisme et Patrimoine souterrain (FFTS) (The French Federation of Tourism and Underground Heritage)
	Explorations
43	The karstic massif of Pierre Saint-Martin - Larra by Michel Douat and Brice Maestracci
49	The Chuats system by François Landry
55	The Balacha System Flaine – France by David Cantalupi and Patrick Noël
63	The Félix Trombe – Henne Morte System by Sylvestre Clément



69	The Grotte des Chamois Castellet-lès-Sausses (Alpes-de-Haute- Provence Department) by Jean-Claude Nobécourt, Philippe Bertochio and Philippe Audra
73	The Aven des Quatre Vents, an uncommon and mysterious cave in Northern Larzac by Jean-Louis Rocher
79	La grotte de Bruniquel Bruniquel - Tarn-et-Garonne Department 81 by Michel et Denise Soulier, Jacques Jaubert and Sophie Verheyden
	Expeditions
85	French Expeditions Abroad 644 expeditions around the world since 2000 by Olivier Testa
	Environment
99	The karst environment in courses offered by the Fédération Française de Spéléologie by Vincent Biot
101	Restore the caves to their natural state, a duty for cavers by Yannick Decker
	Photography
105	<i>Spelunca</i> and underground photography A great match by Philippe Crochet
107	Portfolio An overview of the French underground world by Philippe Crochet
	Reader's corner
119	Collective
	Abroad
125	Brazilian caves in danger par Lucas P. S. Godinho, Leda Zogbi, Luciana Alt.
	Planning
127	Schedule of the 18th international congress of speleology
128	Announcements

Une histoire de la spéléologie française

par Bernard Chirol¹

La France, de par sa situation géographique, a bénéficié de conditions favorables pour la fréquentation variée du monde souterrain, omniprésent dans ses nombreux massifs calcaires.

Ce pays a vu des occupations en grottes très anciennes, avec aménagements des lieux (Bruniquel, 175 000 ans) ou utilisation comme sanctuaires avec art pariétal remontant à 37 000 ans à la grotte Chauvet (Ardèche). Les familles humaines explorent et utilisent les grottes depuis le Paléolithique, laissant des traces multiples, comme leurs pas (Pech-Merle, Aldène, Niaux, Trois-Frères).

Par la suite, les cavernes ont servi dans les usages quotidiens ruraux. Sur la base des connaissances de l'Antiquité, il faut attendre la Renaissance pour que des savants comme Bernard Palissy (1580) énoncent des principes du fonctionnement hydrogéologique du karst. Vers cette époque, quelques grottes deviennent touristiques (La Balme en Isère, Osselle dans le Doubs, etc.). Durant le XVII^e siècle, se développent l'imprimerie, le livre et les sciences de la nature. Ainsi vers 1650, alors qu'en Chine Xu Xiake inventorie les grottes, l'historien français Samuel Guichenon disserte sur les phénomènes souterrains de l'Ain, dans le Jura méridional.

À cette époque, des explorateurs audacieux s'introduisent dans les karsts de leur région, mus par la curiosité scientifique, allant parfois à l'encontre des superstitions locales. Ainsi en 1739, le médecin Benoît Dumolin explore et étudie la grotte de Blanot en Saône-et-Loire. Ailleurs, on explore la grotte de Miremont à Rouffignac (Dordogne), très loin de l'entrée. Des plans sophistiqués y sont effectués alors, ainsi qu'à la Glacière de la Grâce Dieu (Doubs), par exemple.

Les sciences progressent, comme la chimie, la physique, la géologie et l'exploration des grottes se développe, avec des publications dans des monographies régionales ou des livres de voyages.

Les grottes aménagées s'ouvrent en Europe et des sociétés savantes se spécialisent en géologie, biologie, archéologie. Le XIX^e siècle est capital pour la naissance de la spéléologie moderne. Depuis des décennies, d'audacieux explorateurs ont même vaincu des verticales. Les travaux académiques se multiplient.

L'exploration romantique des grottes est aussi passée par là, la spéléologie existe sous diverses formes et son nom va être créé par le préhistorien Émile Rivière en 1890, il restera à le diffuser.

Ce diffuseur, ce sera Édouard-Alfred Martel (1859-1938), de réputation mondiale. Après la création de la Société de spéléologie en 1895, la première revue spéléologique au monde, *Spelunca*, voit le jour en 1895. Elle fait la part

belle aux études régionales tout comme elle ouvre ses pages aux spécialistes mondiaux (Bulletins et Mémoires). À cette époque, Martel voyage beaucoup et la Société de spéléologie est finalement internationale.

Jusqu'au premier conflit mondial, la France rayonne en spéléologie. Après, Martel poursuit sa production d'œuvres spéléologiques comme son *Nouveau traité des eaux souterraines* dont on a fêté le centenaire en 2021.

C'est la fin d'une génération. Robert de Joly fonde le Spéléo-club de France en 1930. À cette époque, F. Trombe, P. Chevalier essaient un matériel de progression verticale préfigurant les techniques alpines grâce à l'ingéniosité d'un spéléologue serrurier : Henri Brénod. En 1936, le Spéléo-club devient la Société spéléologique de France avec Bernard Gèze. Le premier congrès national de Mazamet se tient en 1939. Le scoutisme se distingue par ses activités et son recrutement. R. Barone, J. Mauvisseau organisent des stages précurseurs en France avant même ceux de Brénod (Ain) et Perquelin (Isère) en 1950 et 1952. L'activité repart et ne s'arrêtera pas pendant la deuxième guerre mondiale. Un record du monde sera finalement atteint en 1947 avec P. Chevalier en Chartreuse à la Dent de Crolles : -603 m. Le Comité national de spéléologie du biospéléologue R. Jeannel apparaît en 1948 pour absorber toutes les tendances spéléologiques de l'époque qui accueillent une jeunesse fougueuse. Un rassemblement international au congrès de Valence avec P. Ageron en 1949 prépare le Congrès international de Paris en 1953. Deux sociétés vont cohabiter, dans un contexte où on collabore avec le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). Le Club alpin fournit aussi depuis longtemps de bons spéléologues et le premier -1000 m du gouffre Berger (Vercors) ainsi que la Pierre-Saint-Martin (Pyrénées) vont marquer les esprits dans ces années 1950. Finalement, les deux sociétés (CNS-SSF) fusionnent en 1963 en une Fédération française de spéléologie (FFS), basée à Paris. C'est l'époque du développement des techniques alpines et du matériel industrialisé chez Fernand Petzl. La France héritera même d'un nouveau record mondial de profondeur pendant 20 ans, au gouffre Jean-Bernard (Haute-Savoie) avec -1602 m jusqu'à l'arrivée d'autres « monstres » dont son voisin le gouffre Mirola (1733 m en 2003). La région Rhône-Alpes est alors florissante en spéléologie et la FFS est basée à Lyon depuis 2003. Les troupes vieillissent mais la fédération atteint 28 % de féminines. Le canyonisme est important pour la FFS, tout comme la plongée souterraine.

Ce nouveau congrès international en France constitue une nouvelle étape dans l'histoire déjà très riche de la Fédération française de spéléologie.

1. Président de la commission histoire de l'UIS - Délégué FFS à l'UIS

A history of French speleology

by Bernard Chirol¹

Geographically, France has benefited from ideal conditions for visitation of its underground world, ubiquitous in all its calcareous massifs.

France saw a very early occupation of its caves that were adapted for this purpose (Bruniquel, 175 k years) or used as sanctuaries featuring cave art dating back 37 k years (Grotte Chauvet, Ardèche). Human families have explored and used caves since the Paleolithic and left many traces behind such as footprints (Pech-Merle, Aldène, Niaux, Trois-Frères).

Later on, caves were used for daily rural tasks. Based on ancient knowledge, only during the Renaissance did scholars like Bernard Palissy (1580) identify the principles of the hydrogeological functioning of karst. During that period, some caves became touristic (La Balme in Isère, Osselle in Doubs, etc.). During the 17th century, printing, books and natural sciences developed. Around 1650, while in China Xu Xiake was making an inventory of caves, the French historian Samuel Guichenon wrote about underground phenomena in the Ain department of the southern Jura massif.

At that time, bold explorers entered local karsts driven by their scientific curiosity, sometimes against local superstitions. In 1739, Benoît Dumolin, a doctor, explored and studied the Grotte de Blanot in Saône-et-Loire. In Dordogne, the Grotte de Miremont in Rouffignac was explored quite extensively. Sophisticated plans were made there, as well as at the Glacière de la Grâce Dieu (Doubs), for instance.

Sciences such as chemistry, physics, and geology progressed and cave exploration developed, with publications in regional monographs or travel books.

Show caves opened up in Europe, and scientific societies started focusing on geology, biology, and archaeology. The 19th century is paramount to the birth of modern caving. For decades, daring explorers even went as far as conquering vertical caves. Academic works multiplied.

A romantic approach to exploration also contributed to this, speleology developed under different forms, and its name was created by the prehistorian Émile Rivière in 1890. It just needed to be disseminated.

The disseminator would be the world-famous Édouard-Alfred Martel (1859-1938). Following the creation of the Society of Speleology in 1895, the first caving magazine in the world, *Spelunca*, was born in 1895. The magazine gave space to regional studies as well as to world specialists (Bulletins and Memoirs). Martel was travelling a lot and the Society of Speleology eventually became international.

Up to WWI, France was the world leader in speleology. After the war, Martel continued his production of speleological works and wrote his *Nouveau traité des eaux souterraines*, whose centenary was celebrated in 2021.

This was the end of a generation. Robert de Joly founded the Spéléo-club de France in 1930. At that time, F. Trombe and P. Chevalier were trying new vertical equipment that foreshadowed alpine techniques thanks to the ingenuity of a caver-locksmith: Henri Brénod. In 1936, the Spéléo-club became the French Society of Speleology (SSF) thanks to Bernard Gèze. The first National Congress was organized in Mazamet in 1939. Scouting distinguished itself through its activities and recruitment. R. Barone and J. Mauvisseau pioneered training sessions in France even before those of Brénod in the Ain department and of Perquelin in Isère, in 1950 and 1952 respectively. The activity made a new start and was not interrupted by WWII. A world record was eventually reached in 1947 by P. Chevalier in the Dent de Crolles (Chartreuse massif): -603 m. The National Committee for Speleology (CNS) led by the biospeleologist R. Jeannel was created in 1948 to unite all of the period's speleological fields and included young and dynamic members. An international gathering organized at the congress of Valence in 1949 with P. Ageron paved the way for the International Congress of Paris of 1953. The 2 societies coexisted and collaborated with the National Center for Scientific Research (CNRS) and the Geology and Mining Research Bureau (BRGM). For a long time, the Club Alpin provided good cavers as well. The first caves to reach -1000 m, the Gouffre Berger (Vercors) and the Pierre-Saint-Martin (Pyrenees), made a big impression in the 50s. Finally, the two societies (CNS-SSF) merged in 1963 into the French Federation of Speleology (FFS), based in Paris. This is when alpine techniques were developed as well as commercial equipment from Fernand Petzl. France even held a new world depth record for 20 years in the Gouffre Jean-Bernard (Haute-Savoie) with -1,602 m, before the arrival of other "monster caves" such as the neighboring Gouffre Mirola with -1,733 m in 2003). The Rhône-Alpes Region was a speleological hub and the FFS has been based in Lyon since 2003. The teams are aging but the Federation is now made up of 28% women. Canyoning is an important part of the FFS, as is cave diving.

This new International Congress in France is another milestone in the already very rich history of the French Federation of Speleology.

1. President of the UIS History Committee - FFS Delegate to the UIS

Le premier congrès international de spéléologie (Paris, 1953)

par Philippe Drouin¹

Du 22 au 25 août 1949, à l'initiative du Comité national de spéléologie français, une réunion internationale de spéléologie était organisée à Valence (Drôme), dont le but était d'établir des « relations directes avec les divers groupements spéléologiques dans le monde » et de parvenir à l'organisation de congrès internationaux de spéléologie.

Lors de cette réunion, de nombreuses associations étaient présentes ou représentées : quatre de Grande-Bretagne, une de Cuba, une d'Espagne, neuf de France, deux de Grèce, cinq d'Italie, et une de Suisse.

D'autres associations n'avaient pu envoyer de délégués mais avaient donné leur accord sur ce projet, une de Grande-Bretagne, une de Bulgarie, deux d'Italie, une de Tchécoslovaquie, une des USA, et une de Yougoslavie.

Résultat de cette réunion : un comité permanent chargé d'organiser un congrès international à Paris est constitué (USA, Grande-Bretagne, Suisse, France, Italie, Tchécoslovaquie, Yougoslavie, Grèce), les congrès internationaux sont institués avec une périodicité de trois ans (devenue quatre ans ultérieurement).

Finalement, c'est du 7 au 12 septembre 1953 qu'aura lieu le premier congrès à Paris, sur une base scientifique. Les actes du congrès, publiés entre 1955 et 1957 en fournissent la preuve :

- Un tome d'actes sur l'organisation et les comptes rendus de séances et d'excursions (122 p.).
- Un deuxième tome regroupant les communications en hydrogéologie, morphologie karstique, physico-chimie, météorologie et cristallographie (370 p.).
- Un troisième tome consacré à la biologie souterraine (302 p.).
- Un quatrième tome consacré à l'habitat humain (de la préhistoire à l'époque moderne), à la documentation (inventaires, topographie), à la photographie et à la

cinématographie (on ne disait pas encore cinéma !), au matériel et aux techniques d'exploration (302 p.).

Lorsqu'on regarde les photographies des congressistes, on voit bien qu'il ne s'agit pas encore d'un rassemblement d'explorateurs ; on est dans le monde feutré des universitaires et autres gens sérieux : tous arborent la cravate, sauf quelques femmes, mais elles n'étaient pas nombreuses !

Parmi les 226 participants (dont 10 personnes morales ou institutions) venus de vingt-trois pays, il faut distinguer les participants présents (123, dont 10 femmes), les membres adhérents (67), et les personnes accompagnatrices (36).

Les membres participants peuvent prendre part à toutes les manifestations du congrès, envoyer des communications et recevoir les publications. Les membres adhérents ne sont pas physiquement présents mais peuvent envoyer des communications écrites et recevoir les publications. Les personnes accompagnatrices peuvent prendre part à toutes les manifestations du congrès sans pouvoir présenter de communications ni recevoir les publications.

Les communications qui portent exclusivement sur des explorations sont peu nombreuses, une trentaine parmi la centaine qui figurent dans les actes. Comme dans tous les congrès ultérieurs, des excursions sont organisées ; dans les Causses, l'Ardèche et le Périgord (40 participants) du 14 au 19 septembre, dans les Pyrénées (26 participants) du 21 au 26 septembre.

Les congrès suivants conserveront la même répartition des sujets et la même architecture entre communications et excursions. Le comité permanent d'organisation, établi en 1949, décide que les langues officielles des congrès sont le français, l'anglais, l'allemand, l'espagnol, l'italien et le russe. Cela n'est pas encore l'Union internationale de spéléologie, mais cela y ressemble bougrement !

Le deuxième congrès international est planifié, lors de la séance de clôture, en Italie. Ce sera en 1958.

Les congressistes dans le Jardin des Plantes, devant la maison du naturaliste, zoologiste, paléontologue et historien des sciences Georges Cuvier (1769 - 1832). *The congress participants in the Jardin des Plantes, in front of the house of the naturalist, zoologist, paleontologist and historian of science Georges Cuvier (1769 - 1832).* Photographie du tome 1 des actes du Premier congrès international de spéléologie (Paris, 1953)



The first International Congress of Speleology (Paris, 1953)

by Philippe Drouin¹

From August 22nd to 25th, 1949, on the initiative of the French National Committee for Speleology, an international meeting about speleology was organized in Valence (Drôme), whose goal was to establish "direct relations between different caving groups around the world" and "organize international congresses of speleology".

Many associations were present or were represented during this meeting: 4 from the UK, 1 from Cuba, 1 from Spain, 9 from France, 2 from Greece, 5 from Italy and 1 from Switzerland.

Other associations could not send delegates but expressed their agreement to the project: 1 from the UK, 1 from Bulgaria, 2 from Italy, 1 from Czechoslovakia, 1 from the USA and 1 from Yugoslavia.

The meeting resulted in a permanent committee in charge of organizing an international congress in Paris: USA, UK, Switzerland, France, Italy, Czechoslovakia, Yugoslavia and Greece. International congresses were set to take place every 3 years (that later became 4 years).

In the end, the first congress occurred in Paris from September 7th to 12th, 1953, on a scientific basis. The congress proceedings, published between 1955 and 1957, bear witness to this:

- The first volume was about the organization and reports of the sessions and excursions, with 122 pages.
- The second volume collected all information presented about hydrogeology, karstic morphology, physics and chemistry, meteorology and crystallography, with 370 pages.
- The third volume was dedicated to underground biology with 302 pages.
- The fourth volume covered the human habitat (from prehistory to the modern era), documentation (inventories,

surveys), photography and cinematography, equipment, and exploration techniques and contained 302 pages.

When we look at the participants' photographs, we can see it was not yet much of an explorers' gathering, but rather a hushed meeting of academics and other serious people, all adorned with ties, except for a few women, but there were not many of them!

Among the 226 attendees (including 10 legal entities or institutions) from 23 countries, we must distinguish members in attendance (123, including 10 women), members not present (67) and accompanying persons (36).

Participating members could take part in all of the Congress' events, submit articles and receive publications. Members not physically present could send articles and receive publications. Accompanying persons could take part in any of the Congress' events but could not submit articles or receive publications.

Articles and talks that were exclusively about exploration were few: about 30 out of 100 appearing in the proceedings. Identical to later congresses, excursions were organized: to the Causses, Ardèche and Périgord (40 participants) from September 14th to 19th or to the Pyrenees (26 participants) from September 21st to 26th.

Subsequent congresses followed the same organization of subjects, articles and excursions. The permanent organizing committee, established in 1949, decided that the official languages of the Congress would be French, English, German, Spanish, Italian and Russian. This is not yet the International Union of Speleology, but it looks just like it!

The second International Congress was planned for Italy during the closing session. It would be in 1958.

LES COMMUNICATIONS / ARTICLES AND PRESENTATIONS

	Hydrogéologie et morphologie karstique <i>Hydrogeology and karstic morphology</i>	Physico-chimie Météorologie Cristallographie <i>Physics and chemistry, Meteorology, Crystallography</i>	Biologie <i>Biology</i>	Étude de l'habitat humain <i>Study of the human habitat</i>	Documentation <i>Documentation</i>	Photographie et cinématographie <i>Photography and cinematography</i>	Matériel et techniques d'exploration <i>Equipment and exploration techniques</i>
Communications présentées en séance <i>Talks presented in sessions</i>	30	8	31	7	10	11	11
Communications non présentées en séances mais écrites <i>Articles written but not presented in sessions</i>	6		1	3			3
Communications se retrouvant dans les actes ² <i>Items included in the proceedings²</i>	34	10	31	10	11	Dix films ainsi que des photographies <i>10 films, and photographs</i>	14

1. Rédacteur en chef de la revue *Spelunca* / Chief editor of *Spelunca* magazine

2. Les Actes incluent quelques articles qui n'ont pas fait l'objet de communications. *The proceedings included articles that were not presented.*

Comment est organisée la Fédération française de spéléologie ?

par Philippe Drouin¹

La Fédération française de spéléologie est organisée en comités régionaux, eux-mêmes divisés en comités départementaux qui regroupent les clubs (près de 400, ce qui représente environ 7 000 adhérents).

Son but est de rassembler toutes personnes pratiquant la spéléologie, la plongée souterraine et la descente de canyons. Cette dernière activité est gérée en collaboration avec la Fédération française de la montagne et de l'escalade et la Fédération des clubs alpins et de montagne.

Ses activités portent sur la recherche scientifique, l'enseignement des techniques liées à ces activités, la protection du milieu souterrain et de son environnement.

Elle est agréée par le ministère des Sports (jeunesse et éducation populaire), par le ministère de l'Environnement (protection de la nature), par le ministère de l'Intérieur (secours).

Le Spéléo-secours français forme des sauveteurs et ses équipes sont présentes sur tout le territoire, à la disposition des pouvoirs publics.

La fédération forme ses pratiquants. Il existe aujourd'hui plus d'un millier d'initiateurs, plus de 300 moniteurs et une centaine d'instructeurs formés par des écoles spécialisées (spéléologie, plongée souterraine, descente de canyons, secours). Elle organise également des expéditions dans le monde entier.

La fédération est dirigée par un conseil d'administration de 21 membres, qui met en œuvre les orientations prises par l'assemblée générale.

Le conseil d'administration élit un bureau composé d'un président, d'un secrétaire général, d'un trésorier et de leurs adjoints éventuels.

L'assemblée générale est composée de représentants des clubs et des comités départementaux et régionaux et se réunit une fois par an. C'est elle qui élit le conseil d'administration tous les quatre ans.

La fédération est organisée autour de six pôles :

- Un pôle enseignement qui regroupe l'École française de spéléologie et les écoles dédiées à la descente de canyons et à la plongée souterraine.
- Un pôle santé – secours qui regroupe la commission médicale et le Spéléo-secours français.
- Un pôle patrimoine, science et environnement qui regroupe les commissions

environnement, scientifique et documentation, ainsi que le conservatoire du milieu souterrain.

- Un pôle vie associative qui regroupe les commissions statuts et règlements fédéraux, statistiques et financières, surveillance des opérations électorales, une délégation assurances, un comité d'éthique et de déontologie, les instances disciplinaires, le Fonds d'aide aux actions locales et un médiateur.

- Un pôle développement composé de la commission chargé des actions en direction des jeunes et des familles, de la promotion de la spéléologie et de la descente de canyons pour rendre nos activités accessibles au plus grand nombre.

- Un pôle communication et publication qui regroupe les commissions chargées de communication, de l'audiovisuel, des relations et expéditions internationales, de la vente et la diffusion des revues et ouvrages, ainsi que les équipes chargées de l'édition de nos revues *Spelunca* et *Karstologia* (coéditée avec l'Association française de karstologie).

La plupart des commissions publient également des revues portant sur leur champ d'intervention.



La Fédération française de spéléologie accueille les spéléologues et le public dans ses locaux de Lyon du lundi au vendredi. *French Federation of Speleology welcomes cavers and the public in its premises in Lyon from Monday to Friday.*

La fédération a son siège social à Lyon, 28, rue Delandine, où se trouve également le centre national de documentation spéléologique qui regroupe de très nombreux ouvrages sur la spéléologie et le milieu souterrain.

How is the French Federation of Speleology organized?

by Philippe Drouin¹

French Federation of Speleology is organized into Regional Committees divided into Department Committees that manage Clubs (about 400) and individuals. It has about 7000 members.

Its purpose is to gather together all persons who practice caving, cave-diving and canyoning. This last activity is managed in collaboration with the French Federation of Mountaineering and Climbing, and the Federation of Alpine and Mountaineering Clubs.

Its activities include scientific research, instruction of techniques related to these activities and protection of the underground environment.

It is accredited by the Ministry of Sports (Youth and Popular Education), the Ministry of Environment (Nature Protection) and the Ministry of Internal Affairs (Rescue).

The French Speleo-Rescue (Spéléo-secours français) trains rescue workers and its teams are present all over the country, at the service of public authorities.

The Federation trains its members. There are currently more than 1000 senior instructors, more than 300 instructors and about 100 instructors trained by specialized schools (caving, cave-diving, canyoning, rescue). It also organizes expeditions all around the world.

The Federation is headed by a 21 person-strong Board of Administrators which implements the decisions taken by the General Assembly.

The Board elects a council made up of a President, a Secretary, a Treasurer and their potential assistants.

The General Assembly is made up of representatives from local clubs and regional and department committees and meets once a year. The General Assembly elects the Board of Administrators every 4 years.

The Federation includes 6 sectors:

- The educational sector includes the French School of Speleology and the different schools dedicated to canyoning and cave-diving.
- The health and rescue sector includes the medical committee and the French Speleo-Rescue.
- The heritage, science and environment sector includes the environmental, scientific and documentation



La Fédération française de spéléologie organise des camps spécifiques pour faire découvrir le monde souterrain aux jeunes. *French Federation of Speleology organizes camps for young people to discover the underground world.*

committees as well as the conservancy for the underground environment.

- The associational life sector includes the statutory and federal regulatory, statistical and financial committees, the supervision of election processes, an insurance delegation, an ethics committee, the disciplinary bodies, the support fund for local action and a mediator.

- The development sector includes a committee in charge of actions related to young people and families and aims to promote caving and canyoning to make these activities accessible to the widest possible audience.

- The communication and publication sector includes the committees in charge of communication, audio-visual media, international relations and expeditions, sales and distribution of magazines and books, as well as teams in charge of editing our journals *Spelunca* and *Karstologia* (co-edited with the French Association of Karstology).

Most committees release publications about their respective fields as well.

The Federation has its headquarters at 28, rue Delandine in Lyon, where the National Center for Speleological Documentation (Centre national de documentation spéléologique), which features many publications about speleology and the underground environment, can be found.

¹. Rédacteur en chef de la revue *Spelunca* / Chief editor of *Spelunca* magazine

Listes des grandes cavités françaises

par Paul Courbon¹

Aux temps modernes, avec le progrès des connaissances et son ouverture sur toute la planète, l'homme a éprouvé le besoin de comparaisons. Des listes chiffrées concernant ses pôles d'intérêt le lui ont permis. Associées à la statistique, elles lui ont permis de faire ces comparaisons d'une manière rigoureuse échappant aux fausses affirmations parfois avancées. Il serait curieux de rechercher les premières listes chiffrées de notre histoire. Sont-elles géographiques, la liste des plus longs fleuves par exemple ? Vu son éclosion récente, la spéléologie n'a dressé de telles listes que depuis peu.

LES PRÉCURSEURS

En France, il fallut attendre l'œuvre monumentale de Martel : *La France ignorée*^[1], pour avoir un aperçu de notre patrimoine souterrain. Mais elle ne donnait pas de listes. Cependant, en feuilletant cet ouvrage, on voit que le gouffre le plus profond de France alors exploré était Rabanel (-212 m) et la cavité la plus étendue était Bramabiau avec environ 6 km de développement. Les cavités les plus importantes explorées à l'époque se situaient sur la bordure méridionale du Massif Central.

La liste la plus ancienne relative à notre pays concerne un département. En 1897, Germain Sicard (1851-1926), vraiment en avance sur son temps, publiait un inventaire de 110 cavités de l'Aude^[2]. Il fut suivi longtemps après par Balsan en 1946 pour l'Aveyron^[3] et par Balazuc en 1956 pour l'Ardèche^[4], précédant d'autres listes départementales.

Par contre, sur le plan national, il faut citer Pierre Chevalier qui publia une liste des 93 cavités les plus profondes de France au 1^{er} janvier 1939^[5]. Le gouffre le plus profond était le gouffre Martel (-303 m), suivi par la Dent de Crolles (-224 m, +41) ; y figurent ainsi neuf gouffres de plus de 200 m de profondeur et 93 de plus de 100 m. À l'époque, l'Italie était bien devant la France avec l'Antro di Corchia (-480 m) ou la Splunga della Preta (-388 m).

LES LISTES MODERNES

Il fallut attendre 1972 pour que je publie dans mon *Atlas des grands gouffres du monde*^[6] une seconde liste des cavités les plus profondes de notre pays : 67 gouffres de plus de 300 m de profondeur. En cette année-là, les trois cavités les plus profondes du monde étaient françaises : la Pierre Saint-Martin (-1171 m), le gouffre Berger (-1141 m) et le Chourum des Aiguilles (-980 m), cocorico ! Mais explorateur de gouffres comme P. Chevalier, je négligeais moi aussi les grottes et développements ! Seulement une petite liste mondiale.

Pour les développements, nous étions beaucoup plus modestes que pour les profondeurs : avec 31 km, la Dent de Crolles arrivait en 1972 au onzième rang mondial. En

1978, nous améliorions le score : le Réseau Trombe arrivait au septième rang avec 54 km.

En fait, il a fallu attendre 1981 pour voir *Spelunca* publier le premier travail global de notre pays, que l'on doit à Claude Chabert^[7]. Ce travail très complet traitait les cavités sur le plan vertical et horizontal, département par département, donnant pour chacune d'entre elles les étapes de son exploration et les publications marquantes. C'était beaucoup plus complet qu'une simple liste, mais notre ami négligeait de dresser en fin d'ouvrage une liste globale pour la France. Il fallait la faire soi-même en reprenant tous les départements.

En 2004, un *Spelunca Mémoire* publiait une spéléométrie de la France écrite par Jean-Yves Bigot^[8]. Cet ouvrage était moins documenté que celui de Claude Chabert, mais il donnait de très nombreuses listes, reprenant globalement tous les inventaires départementaux et leur bibliographie. C'était un jalon permettant la comparaison avec 1981 et un aperçu des découvertes énormes effectuées en seulement 23 ans.

LES LISTES ET LEUR RÉDACTION

Il faut prendre conscience que la rédaction de toutes ces listes a demandé un travail énorme. En 1972, la rédaction de *L'Atlas des grands gouffres du monde* m'avait demandé d'écrire et d'expédier aux quatre coins du monde près d'un millier de lettres.

Aujourd'hui, Internet a tout révolutionné, nous sommes entrés dans l'ère informatique. Plus de courrier papier, les postes sont en difficulté ! On trouve sur Wikipedia plusieurs listes tenues à jour avec compétence par plusieurs spéléologues se consacrant à ce travail documentaire. Avec la rapidité de transmission des informations tout se fait presque en temps réel. Une seule ombre à ces listes, elles sont anonymes...

Dans les tableaux qui suivent, nous allons tenter de faire revivre l'évolution énorme de la spéléologie, rien à voir avec l'alpinisme qui offre les sommets à gravir aux yeux de tous et permet d'en mesurer l'altitude sans y accéder !

En 2020, les listes Wikipedia permettent de compléter cette évolution de l'exploration des cavités. Rappelons qu'en 1972 j'avais dénombré 56 gouffres de plus de 500 m de profondeur pour le monde entier, nous en sommes en 2020 à 92 pour la seule France ! Il en est de même pour les longueurs : 29 cavités de plus de 20 km de développement dans le monde en 1972, 34 pour la seule France en 2020. Sur le plan mondial, Wikipedia nous apprend que le gouffre le plus profond de France n'arrive plus qu'au 6^e rang mondial... et réseau le plus long au 19^e rang ! Plus de 110 gouffres dépassent maintenant 1 000 m de profondeur dans le monde. Il faut dire que l'explosion des moyens de transport et des voyages a ouvert beaucoup de pays.

Lists of the Great Caves of France

by Paul Courbon¹

In modern times, along with the development of their knowledge and their openness to the world, people felt a need for comparisons. Lists organised by field of interest helped them do this. Associated with statistics, they allowed comparisons in a rigorous way and avoided false statements. It would be interesting to see our history's first lists. Were they geographical, such as a list of the longest rivers for example? Given its relatively recent emergence, speleology has only recently produced such lists.

PRECURSORS

In France, it took until Martel's monumental work *La France Ignorée*^[1] before we could get an overview of the country's underground heritage. That publication, however, did not include lists. But looking through this book, it was possible to determine that France's then deepest explored cave was Rabanel (-212 m), and that the longest cave was Bramabiau (6 km). The most significant explored caves back then were situated on the southern fringes of the Massif Central.

The oldest such list for France only concerns one department. In 1897, Germain Sicar (1851-1926), way ahead of his time, published an inventory of 110 caves in the Aude department^[2]. Much later followed Balsan in 1946 (Aveyron)^[3] and Balazuc in 1956 (Ardèche)^[4], then more and more lists by department followed.

On a national level, however, we must include Pierre Chevalier, who published a list of France's 93 deepest caves on January 1st, 1939^[5]. The deepest cave was then the Gouffre Martel (-303 m) followed by the Dent de Crolles (-224 m, +41 m); 9 caves reached more than 200 m deep and 93 more than 100 m. At the time, Italy was way ahead with the Antro di Corchia (-480 m) and the Spluga della Preta (-388 m).

MODERN LISTS

It was not until 1972 that I published in my *Atlas des grands gouffres du monde*^[6] a second list of France's deepest caves: 67 caves deeper than 300 m. That year, the world's 3 deepest caves were French: the Pierre Saint-Martin (-1171 m), the Gouffre Berger (-1141 m) and the Chourum des Aiguilles (-980 m). Woo-hoo! But as an explorer of vertical caves, like Chevalier, I overlooked horizontal caves and how long they were! This was only a short world list.

When it came to lengths, we were much more modest than with depths: at 31 km, the Dent de Crolles ranked 11th in the world in 1972. In 1978, we improved our results: the Réseau Trombe ranked 7th in the world at 54 km.

In fact, it took until 1981 before *Spelunca* published the first global lists from our country, thanks to Claude

Puits des Pirates dans le gouffre d'Aphanicé. *Pirats Pit in the Gouffre d'Aphanicé*. Photograph Paul De Bie



Les explorations lointaines ont amené, en outre, la création d'équipes et de structures spéléologiques dans de nombreux pays éloignés de l'Europe.

Il faut noter dans cette dernière liste la disparition du gouffre des Partages relié au réseau de la Pierre Saint-Martin. En France, l'expansion se ralentit, les cavités facilement accessibles des grands massifs ont été explorées. Il faut maintenant beaucoup plus s'acharner pour trouver du neuf. De plus, de nombreux clubs se tournent davantage vers la spéléologie de loisir (classiques, initiation, ouverture aux jeunes des écoles) que vers la spéléologie d'exploration pure.

AUTRE RÉFLEXION

J'ai pu faire aujourd'hui des comparaisons parce que j'avais des sources écrites venant d'une époque où on publiait. Aujourd'hui avec internet, qui sauvegarde les listes à intervalles réguliers ? Comment fera-t-on en 2040 pour

voir l'évolution depuis 2020 ? Bien sûr, les auteurs des listes de Wikipedia ont marqué la date des dernières références concernant les explorations, mais est-ce suffisant ?

Bibliographie

- [1] Édouard-Alfred Martel, 1928 et 1930 : *La France ignorée*, en deux tomes, librairie Delagrave, Paris.
- [2] Germain Sicard, 1897 : Essai sur la spéléologie de l'Aude, *Bulletin de la Société d'études scientifiques de l'Aude*, p. 3-34.
- [3] Louis Balsan, 1946 : *Spéléologie du département de l'Aveyron*, Mémoire de la Société des lettres, sciences et arts de l'Aveyron, tome XXVI, 315 p.
- [4] Jean Balazuc, 1956 : *Spéléologie du département de l'Ardèche*, Rassegna speleologica italiana, Memorie 2, Como, 222 p.
- [5] Pierre Chevalier : *Spelunca* 1938, 9 et Actes du premier congrès national de spéléologie à Mazamet, 1939.
- [6] Paul Courbon, 1972 et 1978 : *Atlas des plus profonds gouffres du monde*, compte d'auteur et Laffitte reprints, 116 et 202 p.
- [7] Claude Chabert, 1981 : Les grandes cavités françaises, *Spelunca* spécial, 154 p.
- [8] Jean-Yves Bigot, 2004 : Spéléométrie de la France, *Spelunca Mémoires* n° 27, 160 p.

LES PLUS PROFONDES CAVITÉS EN 1981 (CHABERT) THE DEEPEST CAVES IN 1981 (CHABERT)

Département		
Gouffre Jean Bernard	Haute-Savoie	-1455 m
Gouffre de la Pierre-Saint-Martin	Pyrénées-Atlan.	-1321 m
Gouffre Berger	Isère	-1148, +50 m
Coumo d'Hyuernedo ²	Haute-Garonne	-1004 m
Réseau des Aiguilles	Hautes-Alpes	-958, +22 m
Grotte du Cambou de Liard	Pyrénées-Atlan.	-926 m
Grotte du Touya de Liet	Pyrénées-Atlan.	-917 m
Grotte de la Fromagère	Isère	-902 m
Réseau Ded	Isère	-780 m
Réseau des Arres Planaires	Pyrénées-Atlan.	-759 m
Puits Francis	Isère	-723 m
Gouffre de la consolation	Pyrénées-Atlan.	-711 m

En 33^e position, gouffre d'Aphanicé (Pyrénées-Atlan.) -504 m
In 33rd position, Gouffre d'Aphanicé (Pyrénées-Atlan.) -504 m

LES PLUS LONGUES CAVITÉS EN 1981 (CHABERT) THE LONGEST CAVES IN 1981 (CHABERT)

Département		
Coumo d'Hyuernedo	Haute-Garonne	58 806 m
Gouffre de la Pierre Saint-Martin	Pyrénées-Atlan.	39 960 m
Réseau de la Dent de Crolles	Isère	36 310 m
Réseau du Verneau	Doubs	28 150 m
Réseau de Saint-Marcel	Ardèche	24 757 m
Réseau de l'Alpe	Isère	23 725 m
Réseau de Foussoubie	Ardèche	22 738 m
Gouffre Berger	Isère	22 400 m
Trou du Garde	Savoie	19 700 m
Lo Gagnas	Aude	17 000 m
Borne des Cassots	Jura	15 603 m
Réseau Couffin-Chevaline	Isère	15 063 m

Au 26^e rang : le Rupt-du-Puits (Meuse) 10 256 m
At the 26th position : le Rupt-du-Puits (Meuse) 10,256 m

LES PLUS PROFONDES CAVITÉS EN 2004 (BIGOT) THE DEEPEST CAVES IN 2004 (BIGOT)

Département		
Gouffre Mirola	Haute-Savoie	-1610 m
Gouffre Jean Bernard	Haute-Savoie	-1602 m
Gouffre de la Pierre Saint-Martin	Pyrénées-Atlan.	-1342 m
Réseau Berger-Fromagère	Isère	-1271 m
Gouffre de Soudet	Pyrénées-Atlan.	-1170 m
Tanne des Prat Zeures	Haute-Savoie	-1148 m
Gouffre des Partages	Pyrénées-Atlan.	-1097 m
Coumo d'Hyuernedo	Haute-Garonne	-999 m
Réseau des Aiguilles	Htes-Alpes	-958, +22 m
Grotte du Cambou de Liard	Pyrénées-Atlan.	-926 m
Grotte Touya de Liet	Pyrénées-Atlan.	-894 m
Arrestelako Zilao	Pyrénées-Atlan.	-835 m

En 79^e position : gouffre des Isards (Pyrénées-Atlan.) -500 m
In 79th position: Gouffre des Isards (Pyrénées-Atlan.) -500 m

LES PLUS LONGUES CAVITÉS EN 2004 (BIGOT) THE LONGEST CAVES IN 2004 (BIGOT)

Département		
Coumo d'Hyuernedo	Haute-Garonne	101 000 m
Réseau de l'Alpe	Isère	60 247 m
Arresteliako Zilao	Pyrénées-Atlan.	56 100 m
Gouffre de la Pierre Saint-Martin	Pyrénées-Atlan.	52 497 m
Système du Granier	Isère	51 672 m
Réseau de la Dent de Crolles	Isère	50 101 m
Trou qui souffle	Isère	42 900 m
Grotte de Saint-Marcel	Ardèche	38 000 m
Grotte de la Luire	Drôme	37 363 m
Gouffre de Padirac	Lot	37 000 m
Réseau du Verneau	Doubs	33 300 m
Système de la Diau	Haute-Savoie	33 000 m

Au 67^e rang : grotte d'En Gorner (Pyrénées-Orientales) 10 000 m
At the 67th position : Grotte d'En Gorner (Pyrénées-Orientales) 10,000 m

LES PLUS PROFONDES CAVITÉS EN 2020 (WIKIPEDIA) THE DEEPEST CAVES IN 2020 (WIKIPEDIA)

Département		
01 Réseau Lucien Bouclier ³	Haute-Savoie	-1733 m
02 Réseau Jean Bernard	Haute-Savoie	-1626 m
03 Réseau de la Pierre Saint-Martin	Pyrénées-Atlan.	-1410 m
04 Réseau du Gouffre Berger	Isère	-1271 m
05 Réseau du Bracas de Thurugne	Pyrénées-Atlan.	-1170 m
06 Tanne des Praz d'Izeures	Haute-Savoie	-1148 m
07 Réseau du Clot d'Aspres	Isère	-1066 m
08 Coumo d'Hyuernedo	Haute-Garonne	-1001 m
09 Réseau des Aiguilles	Hautes-Alpes	-958, +22 m
10 Grotte du Cambou de Liard	Pyrénées-Atlan.	-926 m
11 Trou Souffleur	Vaucluse	-921 m
12 Réseau des Zorzières	Haute-Savoie	-899 m

Au 92^e rang : Aven Penthotal (Alpes-Maritimes) -500 m
At the 92nd position: Aven Penthotal (Alpes-Maritimes) -500 m

LES PLUS LONGUES CAVITÉS EN 2020 (WIKIPEDIA) THE LONGEST CAVES IN 2020 (WIKIPEDIA)

Département		
01 Coumo d'Hyuernedo	Haute-Garonne	117 263 m
02 Réseau de la Pierre Saint-Martin	Pyrénées-Atlan.	83 649 m
03 Réseau de l'Alpe	Isère	72 300 m
04 Arresteliako Zilao	Pyrénées-Atlan.	60 943 m
05 Gouffre de Padirac	Lot	59 000 m
06 Grotte de la Luire	Drôme	56 182 m
07 Grotte de Saint-Marcel	Ardèche	56 160 m
08 Système du Granier	Isère	55 725 m
09 Réseau de la Dent de Crolles	Isère	55 407 m
10 Réseau Banges-Prépoulain	Savoie	53 955 m
11 Trou qui Souffle	Isère	49 300 m
12 Réseau Garde-Cavale	Savoie	48 476 m

Au 88^e rang : grotte du Grand Antoine (Gironde) 10 000 m
At the 88th position: Grotte du Grand Antoine (Gironde) 10,000 m

1. paul.courbon@yahoo.fr

2. Système aussi appelé réseau Felix Trombe - Henne Morte. This cave is called réseau Felix Trombe - Henne Morte.

3. Cette cavité s'appelait le gouffre Mirola avant 2004. This cave was called Gouffre Mirola before 2014.

Chabert^[7]. This very complete work addressed caves in both their vertical and horizontal dimensions, by department, and gave for each its history of exploration and significant publications. It was much more comprehensive than a simple list, but our friend omitted to make an overall list for France at the end of his work. You had to do that for yourself department by department.

In 2004, a *Spelunca Mémoire* released a speleometry of France by Jean-Yves Bigot^[8]. This work was less well documented than Claude Chabert's work, but it contained many lists, covering all of the departments and their bibliographies. This represented an important milestone that could be compared with 1981 and an appreciation of the enormous work that was achieved in only 23 years.

THE LISTS AND THEIR CREATION

We must not forget that compiling all of these lists required a lot of work. In 1972, the editorial board of the *Atlas des grands gouffres du monde* asked me to write and send about 1000 letters to the four corners of the world.

Today, the Internet has changed everything as we have entered a digital era. No more paper letters; postal services are struggling! On Wikipedia we can find lists thoroughly kept up-to-date by cavers dedicating themselves to this inventory work. With the speed that information is circulating, almost everything happens in real time. It is just too bad these lists are anonymous.

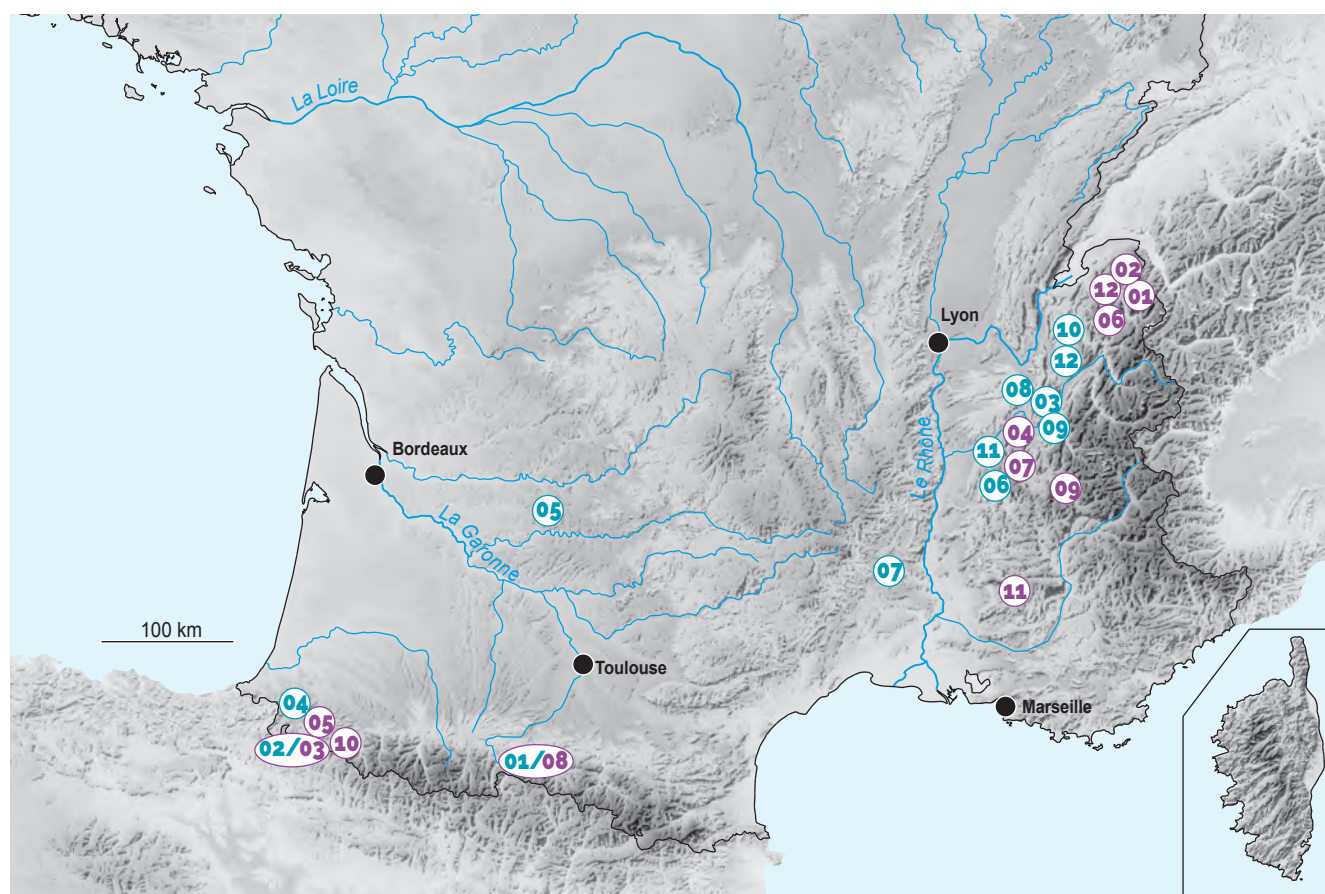
In the following tables, we will try to relive the great advancements speleology has achieved; so unlike in mountaineering, where it is possible for everyone to see the peaks and measure their altitudes without even going there!

In 2020, the lists on Wikipedia help to complete this evolution of cave exploration. Let us recall that in 1972 I had counted 56 caves deeper than 500 m worldwide, while in 2020 we are at 92 for France alone! It is the same for lengths: 29 caves longer than 20 km worldwide in 1972, while we are at 34 just for France in 2020. On a global scale, Wikipedia tells us that France's deepest cave only ranks 6th... and the longest one 19th! More than 110 caves now exceed 1000 m depth worldwide. Of course, the proliferation of means of transportation and travel opened new countries to exploration. In addition, distant explorations have led to the creation of caving teams and organizations in many countries far from Europe.

In the last list, we must mention the disappearance of the Gouffre des Partages, which has been connected to the Pierre Saint-Martin. In France, new discoveries are slowing down as easily accessible caves in the great massifs have been explored. It takes a lot of effort now to find something new. In addition, many clubs are focused more on leisure caving (classics, training, opening to schoolchildren) than on pure cave exploration.

ANOTHER THOUGHT

I was able to make comparisons today because I had written sources from a time when we were publishing. Today, with the Internet, who is recording lists on a regular basis? In 2040 how will we see the evolution since 2020? Of course, the authors of lists on Wikipedia recorded the dates of their latest references about explorations, but is that enough?



Carte des karsts de France

par Philippe Crochet¹, Fabien Hobléa² et Vincent Schneider³

La France présente une très grande variété géologique, aussi bien en ce qui concerne les roches magmatiques et métamorphiques que sédimentaires. Il en résulte une grande diversité de paysages remarquables qui fait une partie de sa richesse touristique. Les roches carbonatées affleurent sur environ 180 000 km², ce qui représente un tiers de son territoire métropolitain (contre 12 à 15 % pour la croûte continentale terrestre). Il faut noter que cette superficie n'englobe pas les karsts sous couverture qui, s'ils ne sont que très rarement accessibles par les spéléologues, présentent un grand intérêt hydrogéologique. Ces karsts sont principalement situés sous les formations cénozoïques du Bassin parisien et du Bassin aquitain. Les aquifères karstiques contribuent à plus de 40 % à l'alimentation en eau potable en France.

Une carte des zones karstiques de France aurait pu se limiter aux affleurements de roches carbonatées, puisqu'il est aujourd'hui admis que celles-ci sont systématiquement karstifiées, même si leur degré de karstification peut varier notablement en fonction de différents facteurs géologiques et climatiques. Mais il existe des visions et des approches différentes du karst selon chaque domaine d'activité. Pour le spéléologue, c'est la présence et l'importance de cavités pénétrables par l'homme qui va être le critère principal. Pour l'hydrogéologue, c'est l'importance des ressources en eau souterraine, avec notamment l'existence de zones noyées, et le degré d'organisation des écoulements. Enfin, le géomorphologue va aussi s'intéresser aux formes et phénomènes de surface et à l'influence des climats.

Le premier à avoir voulu caractériser les différentes zones karstiques de France est Jean Avias en 1972 dans un livre consacré aux karsts de l'hémisphère Nord^[1]. La carte qu'il a établie était déjà basée sur la lithologie et la structure des massifs. En 1973, Bernard Gèze^[2] a établi une carte assez proche, en prenant en compte un degré de karstification basé sur la densité de cavités. En 1995, Jean Nicod^[3] a amélioré cette classification avec une approche géomorphologique considérant la nature de la roche, le contexte structural (tabulaire ou plissé) et le bioclimat. Son objectif était de mettre en exergue la richesse du patrimoine karstique de la France et ses ressources en eaux souterraines en vue de leur protection. La carte a ensuite été simplifiée en 1996 avec une approche plus hydrogéologique par Bruno Marsaud^[4]. Enfin, plus récemment, le projet WOKAM (World Karst Aquifer Mapping) a été lancé pour créer une carte et une base de données mondiales des aquifères karstiques, pour améliorer et uniformiser les cartes existantes. La procédure de cartographie a été établie en prenant la France comme exemple^[5]. Elle s'appuie sur une distinction entre les ensembles carbonatés continus

et ceux présentant une alternance avec des formations sédimentaires non carbonatées.

Une nouvelle carte des karsts de France est proposée à la page 19. Elle s'appuie sur celles réalisées à ce jour, avec l'ambition de les harmoniser, tout en sachant que des divergences peuvent exister entre certaines selon les critères considérés. Cette carte se veut par ailleurs synthétique et donc forcément réductrice par rapport à la réalité du terrain, si bien que les contours des zones n'ont pas vocation à être précis à une échelle locale. Elle a uniquement pour but de représenter les grandes orientations typologiques du karst en France métropolitaine.

Les domaines suivants ont été distingués :

[A] Les karsts des formations plissées et fortement tectonisées situées sur les chaînes de montagnes périphériques. Ils sont caractérisés par une puissance importante des couches karstifiées, une forte énergie disponible (potentiel de dénivelé par rapport au niveau de base) et dans certains cas une influence glaciaire actuelle ou héritée. C'est ce domaine qui recèle les réseaux souterrains les plus profonds et les plus importants de France. Il comprend les karsts de type haut-alpins (Haut-Giffre, Vanoise, Devoluy, Marguareis, Pierre Saint-Martin...) et les karsts de moyenne montagne (Préalpes de Savoie et du Dauphiné, Pyrénées et massif du Jura).

[B] Les karsts méditerranéens, se développant dans les séries calcaires et dolomitiques du Jurassique moyen et supérieur et du Crétacé. Les formations sont également tectonisées mais elles ont la particularité de présenter une karstification profonde, et en corollaire des zones noyées importantes d'un point de vue hydrogéologique, héritée de l'abaissement important de la Méditerranée lors de la crise de salinité messinienne. Ils comprennent les Corbières orientales, les plateaux languedociens et ardéchois, le plateau de Vaucluse, le massif de la Sainte Baume, les Préalpes du Sud, le plateau de Siou Blanc et le plan de Canjuers.

[C] Les karsts de plateaux (formations tabulaires) correspondant à des bassins sédimentaires à la fois plus étendus, uniformes et faiblement tectonisés. Cette catégorie comprend les Grands Causses, le Jura tabulaire, le Quercy, le Périgord, les Charentes et la couronne de calcaires jurassiques située au sud et l'est du Bassin parisien (marge ardennaise, Lorraine, Bourgogne, Poitou, Maine).

[D] Les karsts des calcaires et dolomies du Paléozoïque constituées de bandes étroites et allongées dans des terrains métamorphiques. Elles comprennent des roches allant du Cambrien au Dévonien dans le Sud (Pyrénées, Montagne Noire, Conflent) et du Carbonifère dans les Ardennes. Dans le Sud, leur minéralisation importante donne des spéléothèmes exceptionnels.

1. Docteur ingénieur en hydrogéologie, retraité de la société ANTEA.

2. Enseignant-chercheur en géographie environnementale, UMR Edytem USMB-CNRS.

3. Commission scientifique de la Fédération française de spéléologie

Map of the karsts of France

by Philippe Crochet¹, Fabien Hobléa² and Vincent Schneider³

France has a wide geological variety, both in terms of igneous and metamorphic rocks as well as sedimentary ones. As a result, it also has a great diversity of remarkable landscapes which is one of its touristic assets. The carbonate rocks outcrop over about 180,000 km², which represents a third of its metropolitan territory (compared to 12 to 15% for the continental crust). It should be noted that this area does not include karst under the surface, mainly located under the Cenozoic formations of the Paris Basin and the Aquitaine Basin, which, although rarely accessible by cavers, are of great hydrogeological interest. Karst aquifers contribute to more than 40% of the drinking water supply in France.

A map of the karst areas of France could have been limited to the outcrops of carbonate rocks, since it is now accepted that these are systematically karstified, even if their degree of karstification can vary significantly depending on various geological and climatic factors. But there are different visions and approaches to karst according to each type of activity. For cavers, the main criteria are the presence and the size of caves that can be entered by man. For the hydrogeologist, it is the significance of the underground water resources, particularly the existence of phreatic zones, and the degree of organization of the flows. Finally, the geomorphologist is also interested in surface landforms and phenomena and the influence of climates.

The first person to characterize the different karst areas of France was Jean Avias in 1972 in a book about the karst of the Northern Hemisphere^[1]. The map he drew was already based on the lithology and structure of the massifs. In 1973, Bernard Gèze^[2] produced a similar map, taking into account a degree of karstification based on the density of caves. In 1995, Jean Nicod^[3] improved this classification with a geomorphological approach that considered the nature of the rocks, the structural context (flat or folded) and the bioclimate. His objective was to highlight the richness of France's karst heritage and its groundwater resources in order to protect them. The map was then simplified in 1996 with a more hydrogeological approach by Bruno Marsaud^[4]. Finally, more recently, the WOKAM (World Karst Aquifer Mapping) project was launched to create a world map and database of karst aquifers, to improve and standardize the existing maps. The mapping procedure was established using France as an example^[5]. It is based on a distinction between continuous carbonate formations and those alternating with non-carbonate sedimentary formations.

A new map of the karst of France is proposed on page 19. It is based on those made to date, with the ambition of harmonizing them, although it is recognized that there may be differences between some of them depending on the criteria considered. This map is intended to be synthetic

and thus necessarily simplified in relation to the reality on the ground, and therefore the boundaries of the areas are not intended to be precise on a local scale. It only intends to represent the main typological orientations of karst in metropolitan France.

The following areas have been distinguished:

[A] The karsts of folded and strongly tectonized formations located on the peripheral mountain ranges. They are characterized by an important power of the karstified layers, a strong available energy (potential with respect to base level), and in some cases a current or inherited glacial influence. These areas contain the deepest and most important underground cave systems in France. They include high alpine karsts (Haut-Giffre, Vanoise, Devoluy, Marguareis, Pierre Saint-Martin...) and mid-mountain karsts (Prelaps of Savoie and Dauphiné, Southern Prelaps, Pyrenees and Jura massif).

[B] The Mediterranean karsts, developing in the limestone and dolomitic series of the Middle and Upper Jurassic and Cretaceous. These formations are also tectonized but they have the particular feature of having deep karstification, and consequently important phreatic zones from a hydrogeological point of view, due to the significant lowering of the Mediterranean during the Messinian salinity crisis. They include the eastern Corbières, the Languedoc and Ardèche plateaus, the Vaucluse plateau, the Sainte Baume massif, the Siou Blanc plateau and the Plan de Canjuers.

[C] Plateau karsts (tabular formations) corresponding to sedimentary basins that are more extensive, uniform and little tectonized. This category includes the Grands Causses, the tabular Jura, the Quercy, the Périgord, the Charentes and the crown of Jurassic limestone located to the south and east of the Paris Basin (Ardennes margin, Lorraine, Burgundy, Poitou, Maine).

[D] The karsts of the limestone and dolomitic bands of the Paleozoic era, made up of narrow and elongated bands in metamorphic terrain. They include rocks from the Cambrian to the Devonian in the south (Pyrenees, Montagne Noire, Conflent) and from the Carboniferous in the Ardennes. In the south, their significant mineralization produces exceptional speleothems.

[E] The chalk formations of Cretaceous age, with high primary porosity, of the Paris Basin where karstification may occur when fracturing and/or the hydraulic gradient are locally significant. It includes in particular the Pays d'Othe, the Montagne de Reims, Touraine, and especially Normandy (karst of Basse Seine and Pays de Caux).

[F] The partially carbonate Cenozoic formations of the central Paris Basin which correspond to porous or fissured environments with local and limited karstification.

¹. PhD in hydrogeology, retired from ANTEA company

². Lecturer in Environmental Geography, UMR Edytem USMB-CNRS

³. Scientific Commission FFS

[E] Les formations crayeuses d'âge crétacé, à forte porosité primaire, du Bassin parisien où une karstification peut se développer lorsque la fracturation et/ou le gradient hydraulique sont localement importants. Elles comprennent notamment le Pays d'Othe, la Montagne de Reims, la Touraine, et surtout la Normandie (karst de Basse Seine et Pays de Caux).

[F] Les formations du Cénozoïque partiellement carbonatées du centre du Bassin Parisien correspondant à des milieux poreux ou fissurés avec une karstification locale et limitée.

Les karsts sous couverture **[G]** du Bassin parisien et du Bassin aquitain ont également été reportés sur la carte.

Enfin, même si elles ne sont pas reportées sur la carte car d'extension trop limitée, il faut noter la présence de karsts se développant dans des formations gypsifères dans les Pyrénées occidentales, les Corbières, la Provence, la Savoie ou la Lorraine ainsi que dans le Bassin Parisien. De même, la France recèle des cavités se développant dans des glaciers ainsi que des grottes glacées (Alpes et Pyrénées).

Si la carte établie peut donner l'impression d'une égale répartition du karst entre le nord et le sud de la France, les cavités les plus intéressantes, que ce soit d'un point de vue développement ou esthétique, se trouvent au sud-est d'une diagonale qui relierait Pau à Strasbourg.

Karsts under the surface **[G]** of the Paris Basin and the Aquitaine Basin have also been reported on the map.

Finally, even if they are not shown on the map because their area is too limited, it is to be noted the presence of karst developing in gypsiferous formations in the western Pyrenees, the Corbières, Provence, Savoy or Lorraine as well as in the Paris Basin.

While the established map may suggest an equal distribution of karst between the north and south of France, the most interesting caves, both in terms of length or aesthetics, are to be found to the southeast of a diagonal that would link Pau to Strasbourg.

Bibliographie

[1] Avias Jean, (1972): Karst of France – in "Karst. Important Regions of the Northern Hemisphere", M. Herak and V.T. Stringfield, Elsevier Publishing Company, pp. 149-188.

[2] Geze Bernard (1973): Lexique des termes français de spéléologie physique et karstologie (*Ann. Spéleol.* 28, 1, pp. 1-20).

[3] Nicod Jean (1995): Carte géomorphologique des karsts de France – Notice d'une maquette au 1/3 000 000 environ (*Karstologia* n°25 2/1995, pp. 21-34).

[4] Marsaud Bruno (1997): Structure et fonctionnement de la zone noyée des karsts à partir de résultats expérimentaux – Thèse BRGM- Univ. Paris Sud-CNRS – Documents du BRGM n° 268.

[5] Chen Zhao & al (2017): The World Karst Aquifer Mapping project: concept, mapping procedure and map of Europe (*Hydrogeology Journal* 25 pp. 771-785).

Liste des cavités mentionnées dans les articles des rubriques « Patrimoine » et « Explorations »

List of the caves mentioned in the articles about "Heritage" and "Explorations"

CAVITÉS		SOURCES	
01	Abri Cuvier	01	Fontaine des Chartreux
02	Antre de Vénus	02	Fontaine de Vaucluse
03	Aven de la Fage	03	Fontaine l'Evêque
04	Aven de la Leicasse	04	Foux de la Vis
05	Aven des Canalettes n° 1	05	Source de Font Estramar
06	Aven des Crozes	06	Source intermittente de Fontestorbes
07	Aven des Quatre Vents	07	Source de la Bèze
08	Aven d'Ornac	08	Puits de la Brème
09	Balme à Collomb	09	Source de la Cuisance
10	Baume Saint-Arnaud	10	Source de la Loue
11	Gouffre Chevalay	11	Source de la Sorgue
12	Gouffre de la Vapeur	12	Source de la Touvre
13	Gouffre de Padirac	13	Source de Sauve
14	Gouffre Georges	14	Source du Bouillon
15	Grotte Chauvet	15	Source du Lez
16	Grotte Chevalier	16	Source du Lison
17	Grotte Cosquer		
18	Grotte d'Aldène		
19	Grotte de Baume-Latrone		
20	Grotte de Bruniquel		
21	Grotte de Castelbouc		
22	Grotte de Clamouse		
23	Grotte de Cussac		
24	Grotte de Foissac		
25	Grotte de Lascaux		
26	Grotte de l'Orquette		
27	Grotte de Malaval		
28	Grotte de Moulis		
29	Grotte de Saint-Marcel d'Ardèche		
30	Grotte des Chamois		
31	Grotte des Faux Monnayeurs		
32	Grotte des Robots		
33	Grotte du Chat		
34	Grotte du Mas d'Azil		
35	Grotte du TM 71		
36	Grotte Sous les Sangles		
37	Grotte Vallier		
38	Grottes de Choranche et de Gournier		
39	Grottes de la Vallée de la Vézère		
40	Grottes de Roquefort-les-Pins		
41	Pech Crabit (Phosphatière de)		
42	Réseau de Balacha		
43	Réseau de la Pierre-Saint-Martin		
44	Réseau de Niaux-Lombrives-Sabart		
45	Réseau des Chuats		
46	Réseau des Vitarelles		
47	Réseau du Rupt-du-Puits		
48	Réseau Félix Trombe-Henne Morte		
49	Réseau Paris		
50	Système de l'Ouysses		
51	Système de Préroutge		
52	Système du Granier		
53	Traversée du Gébroulaz		
54	Traversée du Grand Marchet		
55	Trou Souffleur		
56	Tunnel de Minerve		

KARSTS DE FRANCE



- | | | |
|---|--|--|
| [A] Karsts des formations plissées et fortement tectonisées | [D] Karsts des bandes calcaires et dolomitiques du Paléozoïque | [G] Karsts sous couverture |
| [B] Karsts méditerranéens influencés par la crise messinienne | [E] Formations crayeuses | Domaine sans formation carbonatée notable |
| [C] Karsts des formations tabulaires faiblement tectonisées | [F] Formations faiblement carbonatées peu karstifiées | |

Quelques sources karstiques françaises remarquables

par Philippe Crochet¹

INTRODUCTION

L'une des caractéristiques principales du processus de karstification est la mise en place d'un véritable réseau de drainage souterrain concentrant les écoulements vers un nombre restreint, voire unique, d'exutoires. Par ailleurs, les vitesses élevées de circulation des eaux souterraines dans des conduits de grandes dimensions entraînent des réactions très rapides des systèmes karstiques aux précipitations, avec des crues pouvant être spectaculaires. Les sources karstiques sont donc d'un point de vue hydrogéologique des phénomènes remarquables.

Mais elles le sont aussi généralement d'un point de vue esthétique et elles constituent des curiosités naturelles très prisées des touristes. La France, avec ses nombreux massifs karstiques aux caractéristiques contrastées, offre une grande variété de sources qui sont dans certains cas exploitées. Certaines présentent une réelle valeur patrimoniale, que ce soit d'un point de vue hydrogéologique (ressources en eau souterraine), historique ou tout simplement touristique. Six d'entre elles sont présentées dans cet article.

FONTAINE DE VAUCLUSE

La fontaine de Vaucluse est la plus importante source karstique de France métropolitaine avec un débit moyen d'environ 22 m³/s. Elle a donné son nom à un type d'exutoire (« les sources vauclusiennes ») présentant des circulations d'eaux souterraines dans une zone noyée profonde, à un niveau très inférieur à celui de la source, et drainées jusqu'à elle via un conduit subvertical.

La fontaine de Vaucluse sourd au fond d'une petite reculée et donne naissance à la Sorgue. Le niveau dans la vasque varie de 21 m entre étiages et crues. La vasque déborde lorsque le débit total des émergences excède 22,5 m³/s. En dessous de ce débit, l'écoulement se fait par des émergences étagées au milieu de blocs.

Le bassin d'alimentation de la source, d'une superficie de 1150 km², est constitué par une épaisse couche de calcaires crétacés. Il englobe le Mont Ventoux, les Monts du Vaucluse, le plateau d'Albion et la montagne de Lure.

La première plongée en scaphandre lourd a eu lieu en 1879. En 1981, Claude Touloumdjian a atteint 153 m,

puis est parvenu à 205 m en 1983. Le point le plus bas (-315 m) a été atteint en 1989 par un robot, le Spélénaute (SSFV). En 1997, le plongeur Pascal Bernabé est descendu à 250 m.

La profondeur du conduit est liée géologiquement à la crise de salinité messinienne durant laquelle la mer Méditerranée s'est asséchée avec une baisse de son niveau de 1500 à 2500 m. Le niveau de base était donc beaucoup plus profond qu'actuellement.

SOURCE DE LA LOUE

La source de la Loue est l'une des plus importantes sources karstiques de France avec un débit moyen de 6 m³/s, mais qui peut atteindre 100 m³/s lors des crues. Elle sourd au fond d'une reculée près de Ouhans dans le Doubs. Elle comprend deux exutoires avec des bassins d'alimentation distincts : le principal est constitué par un large porche au pied d'une haute falaise au fond d'une reculée, avec un enchaînement de petites cascades. Le second alimente un canal. Le site, très esthétique, a inspiré le peintre Gustave Courbet de 1863 à 1864. Il lui a consacré plusieurs huiles sur toile le représentant sous différents angles. Le lieu a été aménagé pour le tourisme en respectant son caractère sauvage.

Le bassin d'alimentation de l'exutoire principal a été identifié grâce à un traçage involontaire mais célèbre : en août 1901, un incendie s'est déclaré dans les usines Pernod de Pontarlier, situées à 10 km au sud de la source de la Loue. Pour éviter la propagation du feu, les cuves de pastis et d'absinthe ont alors été déversées dans le Doubs qui a

Sources <i>Springs</i>	Débit moyen <i>Average flow</i> (m ³ /s)	Débit minimum <i>Minimum flow</i> (m ³ /s)	Débit maximum <i>Maximum flow</i> (m ³ /s)
Fontaine de Vaucluse (Vaucluse)	21,8	4,0	150
Source de la Touvre (Charente)	13,1	6,0	40
Source de la Loue (Doubs)	10,8	0,9	75
Source du Bouillon (Loiret)	6,0	2,5	20
Fontaine l'Évêque (Alpes-de-Haute-Provence)	5,7	2,3	19
Foux de la Vis (Hérault)	5,3	1,2	245
Source du Lison (Doubs)	5,2	0,4	91
Source de la Bèze (Côte d'Or)	3,8	0,9	25
Source de la Cuisance (Jura)	3,3	1,7	40
Source de Font Estramar (Pyrénées Orientales)	2,1	0,8	25
Fontaine des Chartreux (Lot)		1,0	50
Source de la Sorgue (Aveyron)	1,6		

Principales sources karstiques de France. *Main karst springs of France.*

Some remarkable karst springs in France

by Philippe Crochet¹



Vasque de la Fontaine de Vaucluse.
Pool of Fontaine de Vaucluse.
Photograph
Philippe Crochet

INTRODUCTION

One of the main characteristics of the karstification process is the development of a real underground drainage network which concentrates the flows to a limited, if not unique, number of outlets. Moreover, the high speed of groundwater circulation in large conduits leads to very fast reactions of karstic systems to rainfalls, with sometimes spectacular floods. Karst springs are therefore remarkable phenomena from a hydrogeological point of view.

But they are also remarkable from an aesthetical point of view and they are natural curiosities that are very popular with tourists. France has many karstic mountains with contrasting characteristics, and offers a wide variety of springs which are in some cases developed for tourism. Some have a real heritage value, whether from a hydrogeological (groundwater resources), historical or simply touristic point of view. Six of them are described in this article; others will be discussed during the oral presentation.

FONTAINE DE VAUCLUSE (VAUCLUSE)

Fontaine de Vaucluse is the most important karst spring in metropolitan France with an average flow of about 22 m³/s. It has given its name to a type of outlet ("vauclusian springs") with groundwater circulating in a deep phreatic zone, at a level much lower than that of the spring, and drained to it via a subvertical conduit.

Fontaine de Vaucluse emerges at the end of a blind valley and gives birth to the river Sorgue. The level in the pool varies by 21 m between low and high water. The pool overflows when the total flow of the emergences exceeds 22.5 m³/s. Below this flow rate, the outflow occurs via scattered outlets in the middle of boulders.

The spring catchment area of 1,150 km² is made up of a thick layer of Cretaceous limestone. It includes the Mont Ventoux, the Monts du Vaucluse, the Albion plateau and the Lure mountain.

The first scuba diving took place in 1879. In 1981, Claude Touloumdjian reached a depth of 153 m, then 205 m in 1983. The lowest point (-315 m) was reached in 1989 by a robot, the Spélénaute (SSFV).

In 1997, the diver Pascal Bernabé dived down to 250 meters. The depth of the conduit is geologically linked to the Messinian salinity crisis during which the Mediterranean Sea dried up and its level dropped by 1500 to 2500 m. The base level was therefore much lower than it is now.

SOURCE DE LA LOUE (DOUBS)

The Source de la Loue is one of the most important karst springs in France with an average flow of 6 m³/s, which can reach 100 m³/s during floods. It comes out at the end of a blind valley near Ouhans in the Doubs. It has two outlets with separate catchment areas: the main one

aussitôt pris la couleur verte caractéristique de l'absinthe. Trois jours plus tard, l'eau sortant de la source la Loue avait la même couleur et distillait une odeur anisée. On venait de découvrir que la source de la Loue était alimentée en partie par les eaux du Doubs qui se perdaient entre Pontarlier et Morteau. Les autres apports proviennent des précipitations sur l'impluvium constitué par les calcaires du Jurassique supérieur. Aucune entrée n'est connue sur le plateau. La source de la Loue constitue un bel exemple de capture d'un cours d'eau puisque les eaux du Doubs sont vouées à être détournées vers la Loue.

La source a été plongée à partir de 1969. Actuellement, les galeries ont été explorées sur 1800 m jusqu'à une profondeur de 92 m.

SOURCE DU LEZ

La source du Lez constitue un exemple remarquable et historique d'exploitation raisonnée d'un aquifère karstique.

Cette source est l'exutoire principal des « Garrigues nord montpelliéraines », vaste ensemble karstique s'étendant au nord de Montpellier. L'impluvium *stricto sensu* a une superficie d'environ 380 km². L'aquifère est principalement constitué par les calcaires du Jurassique supérieur et dans

une moindre mesure par les calcaires marneux du Crétacé inférieur (Berriasien). L'épaisseur totale du réservoir varie de 650 à 800 m.

La source du Lez est située aux pieds d'une paroi rocheuse de calcaires massifs du Berriasien à 65 m d'altitude. Elle doit son existence à une faille qui met en contact les calcaires avec les terrains imperméables marneux du Valanginien inférieur. C'est cette géométrie de karst barré qui a entraîné le développement de la karstification en profondeur avec une configuration de source vauclusienne.

C'est à partir du milieu du XIX^e siècle que la source du Lez a été exploitée pour l'alimentation en eau de la ville de Montpellier à un débit de 25 l/s, porté par étapes à 400 l/s en 1931, puis 1100 l/s en 1968. Mais ce débit était encore insuffisant pour faire face aux besoins de la ville, si bien qu'il a été décidé en 1973 de mettre en place une station de pompage à 42 m de profondeur recoupant le conduit karstique reconnu en plongée à partir de la vasque. L'exploitation a commencé en 1982. C'était la première expérience au monde de gestion active d'un aquifère karstique consistant à assécher la source en période d'étiage pour solliciter les ressources, sachant que celles-ci se reconstituent par la recharge apportée par les précipitations durant l'automne et le printemps.

En hiver, le débit pompé (900 l/s) est inférieur au débit naturel de la source, alors qu'en été, le pompage s'effectue à un débit plus important (1200 à 1700 l/s) entraînant une sollicitation des réserves. La source se trouve ainsi tarie et une partie de l'eau pompée est restituée au Lez pour assurer un débit réservé permettant de préserver la faune et la flore puisque cette situation ne correspond pas à un fonctionnement naturel. Cette gestion de la ressource est dite active car elle est fondée sur la compensation saisonnière des réserves permanentes de l'aquifère. C'est la première source au monde qui a été exploitée selon ce principe.

FONTAINE DE FONTESTORBES

La Fontaine de Fontestorbes est une résurgence située à 1,5 km de Bélesta en Ariège, en limite nord du Plateau de Sault. Elle est considérée comme l'une des sources intermittentes les plus spectaculaires au monde sur une quarantaine recensées. Les eaux sortent d'une petite grotte au pied d'une falaise. La superficie de son bassin d'alimentation, constitué géologiquement par des calcaires du Crétacé, est estimée à 85 km². La source est intermittente uniquement lorsque son débit est inférieur à 1 m³/s, c'est-à-dire en période de basses eaux (généralement de juillet à octobre). La durée moyenne d'une intermittence est d'environ une heure, partagée en 20 mn d'écoulement à un débit de 1,8 m³/s et 40 minutes durant lesquelles le débit passe à 0,02 m³/s.

Exutoire principal de la source de la Loue. *Main outlet of the Source de la Loue.*
Photograph Philippe Crochet



consists of a large opening at the foot of a high cliff at the end of a blind valley, with a series of small waterfalls. The second one feeds a canal. This very aesthetic site inspired the painter Gustave Courbet from 1863 to 1864. He painted several oils on canvas representing it from different angles. The place has been developed for tourism while respecting its wild character.

The catchment area of the main outlet was identified thanks to an involuntary but famous tracing: in August 1901, a fire broke out in the Pernod factories in Pontarlier, located 10 km south of the source of the Loue River. To avoid the spread of the fire, the tanks of pastis and absinthe were then poured into the Doubs River, which immediately took on the characteristic green color of absinthe. Three days later, the water coming out of the Source de la Loue had the same color and smelled of aniseed. It had just been discovered that the spring was fed in part by the waters of the Doubs River, which were lost between Pontarlier and Morteau. The other contributions come from the rainfalls on the drainage basin that is made up of limestones of the Upper Jurassic. No entrance is known on the plateau. The Source de la Loue is a good example of the capture of a watercourse since the water of the Doubs is bound to be eventually diverted towards the Loue River.

The spring has been dived since 1969. So far, the galleries have been explored over 1800 m to a depth of 92 m.

SOURCE DU LEZ (HÉRAULT)

The Source du Lez is a remarkable and historical example of sustainable exploitation of a karst aquifer.

This spring is the main outlet of the "Garrigues nord montpellieraines", a vast karst area extending north of Montpellier. The catchment *sensu stricto* has an area of about 380 km². The aquifer is mainly made up of Upper Jurassic limestones and to a lesser extent of Lower Cretaceous (Berriasian) marly limestones. The total thickness of the reservoir varies from 650 to 800 meters.

The source of the Lez is located at the foot of a rocky wall of massive Berriasian limestone at 65 m altitude. It owes its existence to a fault that puts the limestone in contact with the impermeable marly soils of the Lower Valanginian. It is this geometry of "karst barré" that led to the development of deep karstification with a vauclosian spring configuration.

It is from the middle of the XIXth century that the Source du Lez was exploited for the water supply of the city of Montpellier at a flow rate of 25 L/s, increased in stages to 400 L/s in 1931, then 1 100 L/s in 1968. But this flow was still insufficient to meet the needs of the city, so it was decided in 1973 to set up a pumping station at a depth of 42 m intersecting the karstic conduit which had been identified by diving from the pool. Operations began in 1982. It was the first experiment in the world of active management of



La source du Lez en crue. *The Source du Lez in high water.* Photograph Philippe Crochet

a karst aquifer consisting in drying the spring during low water periods to use up the resources, given that these are replenished by rainfall during the autumn and spring.

In winter, the pumped flow rate (900 L/s) is lower than the natural flow rate of the spring, whereas in summer, pumping is done at a higher rate (1200 to 1700 L/s), thus straining the reserves. The spring is thus dried up and part of the pumped water is returned to the Lez river to ensure a reserved flow to preserve the fauna and flora, since this situation does not correspond to natural processes. This management of the resource is said to be active because it is based on the seasonal replenishment of the permanent reserves of the aquifer. It is the first spring in the world that has been exploited according to this principle.

FONTAINE DE FONTESTORBES (ARIÈGE)

The Fontaine de Fontestorbes is a resurgence located 1.5 km from Bélesta in Ariège, on the northern edge of the Sault Plateau. It is considered to be one of the most spectacular intermittent springs in the world out of about forty recorded. The water comes out of a small cave at the foot of a cliff. The surface of its catchment area, geologically made up of Cretaceous limestone, is approximately 85 km². The spring is intermittent only when its flow is less than 1 m³/s, i.e., during periods of low water (generally from July to October). The average duration of an intermittence is about one hour, divided into 20 minutes of flow at a rate of 1.8 m³/s and 40 minutes during which the flow decreases to 0.02 m³/s.

For a long time, the explanation of the phenomenon involved the presence of a siphon. But A. Mangin from the CNRS underground laboratory in Moulis was able to reproduce the intermittency phenomenon with the help of a physical model. The conceptual model includes:

- an underground room, fed upstream by water coming from the drainage basin with a regular flow;
- downstream of the room, a first drain conduit used by the water leaving the reservoir to reach the spring outlet, and a second conduit located above the first one. The two conduits connect downstream.

When the water in the room is below the upper conduit, air passes through it and blocks the flow from the lower

Pendant longtemps, l'explication du phénomène a fait intervenir la présence d'un siphon. Mais c'est A. Mangin du laboratoire souterrain du CNRS de Moulis qui a pu restituer le phénomène d'intermittence à l'aide d'une maquette physique. Le modèle conceptuel comprend :

- une salle souterraine, alimentée en amont par l'eau venant du bassin versant avec un débit régulier ;
- en aval de la salle un premier conduit de vidange emprunté par l'eau qui sort du réservoir pour rejoindre l'exutoire de la source, et un second conduit situé au-dessus. Les deux conduits se raccordent en aval.

Lorsque l'eau dans la salle est à un niveau inférieur au conduit supérieur, l'air y passe et bloque l'écoulement du conduit inférieur. Le niveau remonte alors dans la salle jusqu'à l'obturation du conduit supérieur, ce qui bloque le passage de l'air et permet de nouveau à l'eau du conduit inférieur de s'écouler.

LE Puits DE LA BRÊME

Le puits de la Brême est un magnifique exemple d'estavelle qui mérite le coup d'œil. Il est situé dans le Doubs au nord d'Ornans. L'aquifère karstique est constitué par les calcaires du Jurassique moyen de l'ouest du plateau d'Ornans.

Une estavelle (aussi appelée inversac) est un gouffre qui selon les conditions météorologiques peut être absorbant

ou au contraire émissif. Elle fonctionne ainsi soit en perte, soit en résurgence, selon la charge de la zone noyée du karst dont elle constitue un regard. Le puits est relié à la rivière Brême par un canal horizontal d'une cinquantaine de mètres dans lequel le courant s'inverse. En période de basses et moyennes eaux, le niveau dans le gouffre se stabilise quelques mètres en dessous du sommet du puits et une partie des eaux du ruisseau de la Brême s'y écoule. Lors des crues, l'eau remonte et le puits devient émissif, avec un écoulement qui se fait alors vers la rivière.

SOURCE DE SAUVE

La source de Sauve n'est pas une source majeure de France, mais elle a joué un rôle important dans l'histoire de l'hydrogéologie et mérite à ce titre d'être citée. Elle sourd au milieu du village de Sauve (Gard) au pied d'une petite falaise. Son bassin d'alimentation est constitué par les calcaires massifs karstifiés du Jurassique moyen et supérieur de la forêt de Coutach. Elle est également alimentée par des pertes de deux cours d'eau, le Vidourle et le Rieumassel.

En 1892, E.A. Martel avait été gravement malade après s'être désaltéré à la source de Graudenc dans le Lot. Il avait alors fait la relation avec une carcasse de veau en décomposition qu'il avait auparavant repérée au fond du gouffre de Berrie constituant un regard sur la rivière souterraine à l'origine de la source. Il venait de mettre en évidence l'absence de pouvoir filtrant des calcaires, à une époque où les populations des campagnes avaient l'habitude de jeter ordures et bêtes mortes au fond des gouffres.

Le village de Sauve était touché de façon récurrente par des épidémies de fièvre typhoïde et de choléra. En 1897, E.A. Martel a alors réalisé un traçage à la fluorescéine qui a montré la relation entre le gouffre situé sous les écuries du village et la source. Les habitants ont ainsi pu constater qu'ils buvaient leurs égouts.

En s'appuyant sur sa formation de juriste, E.A. Martel, épaulé par E. Fournier, professeur de géologie à Besançon, a alors mené un combat qui allait déboucher dans un premier temps sur la circulaire du 10 décembre 1900 prescrivant une étude géologique pour tout projet de captage d'eau potable, puis sur la loi du 15 février 1902 qui prescrivait l'établissement de périmètres de protection autour des captages et interdisait de jeter des ordures et des bêtes mortes dans les pertes d'eaux et les gouffres.



Puits de la Brême lorsqu'il fonctionne en perte. *Puits de la Brême when sinking.*

Le puits de la Brême lorsqu'il est émissif. *Puits de la Brême when emissive.*
Photograph Philippe Crochet



Bibliographie

- Audra, Ph. (2010): Grottes & karts de France.- *Karstologia Mémoires* n°19, 358 p.
Chauve, P. (2005): Des grottes et des sources.- Belin, pour la Science, 168 p.
Martel, E.A. (1921): Nouveau traité des eaux souterraines.- Gaston Doin, éditeur, 838 p.
Chen Zhao & al (2017): The World Karst Aquifer Mapping project: concept, mapping procedure and map of Europe - *Hydrogeology Journal* 25 - pp. 771-785.

one. The level then rises in the room until the upper conduit is blocked, stopping the passage of air and allowing the water in the lower conduit to flow out again.

LE Puits de la Brême (DOUBS)

The Puits de la Brême is a perfect example of an estavelle that is worth a visit. It is located in the Doubs region north of Ornans. The karst aquifer is made up of Middle Jurassic limestones from the western part of the Ornans plateau.

An estavelle (also called invert-sac) is an opening which depending on the weather conditions can be absorbent or on the contrary emissive. It functions either as a swallow hole or a spring, depending on how full the saturated zone on which it opens is. The pit is connected to the river Brême by a 50-meter-long horizontal channel in which the flow is reversed. In periods of low and medium water, the level in the pit stabilizes a few meters below the top and part of the water of the Brême river flows into the pit. During floods, the water rises again and the pit becomes emissive, causing the water to flow towards the river.

SOURCE DE SAUVE (GARD)

The Source de Sauve is not a major spring in France, but it has played an important role in the history of hydrogeology and as such deserves to be mentioned. It is located in the middle of the village of Sauve at the foot of a small cliff. Its catchment area is made up of the massive karstified limestones of the Middle and Upper Jurassic of the Coutach forest. It is also fed by losses from two rivers, the Vidourle and the Rieumassel.

In 1892, E.A. Martel was seriously ill after quenching his thirst at the Graudenc spring in the Lot. He had then made the connection with a decomposing calf carcass that he had previously spotted at the bottom of the Berrie pit that is a window onto the underground river feeding the spring. He had just highlighted the absence of filtering power of the limestones, at a time when the people of the countryside used to throw garbage and dead animals into the caves.

The village of Sauve was repeatedly affected by epidemics of typhoid fever and cholera. In 1897, E.A. Martel then carried out a fluorescein tracing which showed the relationship between the cave under the village stables and the spring. The inhabitants could thus see that they were drinking from their sewers.

Relying on his training as a lawyer, E.A. Martel, assisted by E. Fournier, professor of geology in Besançon, fought a battle that was to lead initially to the decree of December



Fontaine de Fontestorbes durant une phase d'écoulement. *High flow in Fontaine de Fontestorbes.* Photograph Philippe Crochet

10, 1900 prescribing a geological study for all drinking water catchment projects, then to the law of February 15, 1902, which prescribed the creation of protective areas around water catchments and prohibited the dumping of garbage and dead animals in sinking streams and cave pits.

Exutoire de la source de Sauve. *Outlet of the Source de Sauve.* Photograph Philippe Crochet



Les cavités karstiques françaises à haute valeur patrimoniale

par Marie Clélia Lankester¹, Fabien Hobléa², Philippe Crochet³, Thierry Pelissié⁴, Michel Philippe⁵, Philippe Galant⁶, Arnaud Faille⁷ et Louis Deharveng⁸

LES GROTTES, FLEURONS MÉCONNUS DU GÉOPATRIMOINE FRANÇAIS

Les cavernes naturelles sont intrinsèquement des objets géologiques. Elles sont inscrites pour la plupart dans des systèmes karstiques générés sur un temps long par des écoulements d'eau infiltrés dans une roche soluble. Elles en constituent la dimension souterraine, avec des parties fossiles à l'abri des processus de l'érosion de surface. Elles peuvent être dépositaires d'une partie de la « mémoire de la Terre », et témoigner de processus géomorphologiques, hydrogéologiques et climatiques disparus ou encore à l'œuvre. Les grottes et les substances qu'elles peuvent contenir, telles que l'eau, la glace, les dépôts détritiques (sable, argile...) et organiques (guano, phosphates...) ou la faune qu'elles abritent, ont joué un rôle parfois crucial dans le développement des communautés humaines.

Certaines grottes peuvent ainsi être considérées comme remarquables pour leur géologie, leur morphologie, leur fonctionnement hydrologique ou aérologique, leurs remplissages, ainsi que leur faune et leurs vestiges ou artefacts humains. Ces cavités patrimoniales, présentent ainsi la particularité intéressante, mais aussi parfois embarrassante en termes de gestion et de protection, de relever

non seulement de la catégorie du patrimoine naturel, mais aussi éventuellement du patrimoine culturel. Patrimoine naturel en tant que patrimoine géologique mais aussi en tant qu'habitat pour une faune spécifiquement adaptée à la vie dans les karsts, permanente ou temporaire. Patrimoine culturel aussi en cas de présence de vestiges archéologiques et d'empreintes historiques témoignant des nombreux usages anthropiques des grottes françaises au cours des temps. Le terme de « géopatrimoine » est destiné à rendre compte de ce dualisme patrimonial, naturel et culturel, caractérisant un objet géologique tel que les grottes. En tant qu'objets géopatrimoniaux, les grottes peuvent même être considérées comme des « géosites ». Mais toute grotte est-elle pour autant un géosite ? Non, car cette qualité relève d'un processus de patrimonialisation, c'est-à-dire de la reconnaissance sociale et politique qu'une grotte est porteuse de certaines valeurs, ici relatives à leur fonction mémorielle naturo-culturelle, à leur qualité esthétique et paysagère, à leur fonction identitaire, pédagogique, et même leurs usages économiques passés voire actuels. Ce processus de patrimonialisation se manifeste par des actions d'inventaire, d'évaluation, de sélection, de protection, de gestion et de valorisation des cavités. Au-delà du champ de la pratique spéléologique, les spéléologues ont un rôle primordial à jouer dans leur gestion patrimoniale.

C'est donc ici par le prisme des principales valeurs géopatrimoniales des grottes que nous donnerons un aperçu des cavités à haute valeur patrimoniale qui contribuent, de manière encore trop méconnue, à la richesse et à la diversité du paysage naturel et culturel français (nous nous en tiendrons ici au contexte métropolitain, sans sous-estimer la richesse géopatrimoniale des cavités des territoires ultra-marins). Nous commencerons notre tour d'horizon en nous attardant d'abord sur les valeurs patrimoniales géo (morphologiques, encore méconnues du public comme des gestionnaires institutionnels, en zoomant ensuite sur les concrétions, patrimoine géologique emblématique des cavernes, avant d'aborder la dimension biologique et anthropique par le biais des valeurs paléontologiques, archéologiques et écologiques.

MULTIPLICITÉ DE L'INTÉRÊT GÉOSCIENTIFIQUE DES GROTTES

Peu de cavités dans le monde peuvent se prévaloir d'avoir donné leur nom à un phénomène naturel : la Fontaine de Vaucluse, en Provence, est de celles-là. Son nom a inspiré le type d'émergence karstique constituant l'exutoire d'un drain vertical noyé profond : la source vauclusienne. Sa profondeur record pour un karst noyé en France (-315 m) et l'étendue de son bassin d'alimentation et des cavités

Mas d'Azil (Ariège). *Mas d'Azil (Ariège)*. Photograph Philippe Crochet



French Karst Caves

with a high heritage value

by Marie Clélia Lankester¹, Fabien Hobléa², Philippe Crochet³, Thierry Pelissié⁴, Michel Philippe⁵, Philippe Galant⁶, Arnaud Faille⁷ and Louis Deharveng⁸

CAVES, UNSUNG JEWELS OF FRENCH GEOHERITAGE

Natural caves are intrinsically geological objects. They are mostly part of karst systems created over a long period by water penetrating through soluble rocks. They are its underground component, including fossil parts protected from surface erosion processes. They can inherit part of the "Earth's Memory" and bear witness to geomorphological, hydrogeological and climatic processes long gone, or still on going. Caves, substances they may contain such as water, ice, detrital (sand, clay...) and organic (guano, phosphate...) deposits, and the fauna they host, have played a sometimes fundamental role in the development of human communities.

Certain caves may well be considered remarkable for their geology, morphology, hydrologic or atmospheric function, their deposits as well as their fauna and their human remains and artefacts. Such heritage caves are therefore both interesting and inconvenient in terms of management

and protection, as they may belong to both natural and cultural heritage. Natural heritage means geological heritage but also natural habitat for the fauna that has adapted to a karstic habitat, be it permanent or temporary. Cultural heritage means archaeological remains or historical tracks demonstrating the many anthropic uses made of French caves over time. The term "geoheritage" aims to account for this natural and cultural heritage dualism characterizing a geological object such as a cave. As geoheritage items, caves can even be considered "geosites". Is any cave a geosite though? It is not, as such a definition rises from a heritage creation process, i. e., the social and political acknowledgement that said caves bear certain values, here related to their natural and cultural memory function, their aesthetic and landscape aspects, their identity and educational functions as well as their past or even present economic uses. This heritage creation process arises from inventory, assessment, selection, protection, management and promotion actions towards caves. Beyond speleological practices, cavers play a fundamental role in the heritage management of their environment.

It is hence through the fundamental geoheritage values of caves that we will provide an overview of little known caves with high heritage potential that contribute to the richness and diversity of French natural and cultural landscapes, limiting ourselves to Metropolitan France while not underestimating the geoheritage richness of overseas territories' caves. We shall start our overview by focusing first on geo(morpho)logical heritage values, largely unknown to both the public and management institutions, then zooming in on speleothems as iconic elements of geological cave heritage, before discussing their biological and anthropic aspects through paleontological, archaeological and ecological values.

THE MULTIPLICITY OF GEOSCIENTIFIC INTERESTS OF CAVES

Few caves in the world can pride themselves on giving their name to a natural phenomenon, but La Fontaine de Vaucluse, in Provence, is one of them. Its name inspired a kind of karstic resurgence that represents the outlet of a deep vertical underwater conduit; the vauclusian spring. Its record depth for an underwater karst system in France and the extent of its catchment area and associated caves (the Trou Souffleur system) give it a high hydrogeological value. In addition, this reference site's features demonstrate the extreme lowering episode of the Rhone Valley base level during the Mediterranean drying at the end of the Messinian a little over 5 M years ago. This example shows how a karstic cave can be a good representation of an active natural phenomenon, itself an indicator of ancient

Pont naturel de Minerve (Aude). *Minerve Natural bridge (Aude).*
Photograph Philippe Crochet



associées (réseau du Trou souffleur) lui confèrent une haute valeur hydrogéologique. De surcroît, les caractéristiques de ce site de référence rendent compte de l'épisode d'abaissement drastique du niveau de base de la vallée du Rhône lors de l'assèchement de la Méditerranée à la fin du Messinien il y a un peu plus de cinq millions d'années (Ma). Cet exemple montre comment une cavité karstique peut être à la fois archétypale d'un phénomène naturel actif, lui-même révélateur d'une histoire géologique ancienne. Si l'on ajoute à ce site des valeurs archéologiques et historiques, culturelles et économiques (attractivité touristique), ce type de grotte possède ainsi tous les attributs d'un site d'intérêt géopatrimonial. On peut dans le cas des géosites souterrains parler de spéléo-géosites. Leurs intérêts géoscientifiques sont multiples.

La valeur géopatrimoniale de ces spéléo-géosites peut être fondée sur une large gamme de spécificités :

- La bonne conservation d'archives sédimentaires datables absentes ou disparues en surface, l'enregistrement

de l'histoire de la formation du relief régional. L'étude combinée des indicateurs géomorphologiques et des archives sédimentaires des grands réseaux spéléologiques étagés a permis des avancées notables en termes de reconstitutions paléogéographiques. Les réseaux étudiés, souvent théâtre de grandes sagas de l'exploration spéléologique, ont ainsi acquis une notoriété géoscientifique. C'est le cas de grands réseaux qui ont révélé des âges de formation très anciens (mio-pliocènes, plus de 5 Ma) pour les plus hauts niveaux de galerie (système du Granier, grottes de Choranche et de Gournier, l'Antre de Vénus ; réseau Félix-Trombe – Henne morte, Arbailles...). D'autres sites ont permis de décrypter l'enregistrement de l'abaissement saccadé des vallées et les réajustements du drainage souterrain en fonction des variations altitudinales et déplacements des niveaux de base depuis 5 Ma (karst étagé du Conflent ou le système des grottes de Niaux, Lombrives et Sabart).

- La présence de remplissages fluvio-glaciaires ou glacio-lacustres rythmés, enregistreurs des dynamiques glaciaires et glacio-karstiques passées, comme dans les cavités du système de Prér rouge, la fameuse galerie Aranzadi du réseau de la Pierre Saint-Martin, la grotte de Niaux, ou l'extraordinaire séquence varvée de la grotte Sous les Sangles et de Bédeilhac. L'étude de la grotte Vallier côté Vercors et de la grotte Chevalier à la Dent de Crolles a permis de connaître le niveau de la glace durant les glaciations anciennes.

- Les phénomènes endokarstiques rares ou atypiques, comme les cavités-perdes glaciaires de haute montagne, situées parfois dans des lithologies elles-mêmes particulières comme la percée hydro-spéléologique dans les marbres du Grand Marchet ou celle dans les gypses du Gébroulaz.

- Les karsts hydrothermaux abritant des cavités hypogènes creusées par des flux ascendants. Le karst d'Aix-les-Bains constitue un des rares exemples français de karst hypogène actif à cavités pénétrables (gouffre Chevalier et son siphon « Terminator » à plus de 40 °C), tandis que d'autres cavités, le plus souvent fossiles, ont permis d'étudier et de comprendre les processus à l'œuvre (grotte du Chat, gouffre de la Vapeur).

- Leur signification paléogéographique en rapport avec l'histoire géomorphologique des karsts de plateau (Causses, Ardèche...) révélée par l'étude de réseaux ou de cavités comme l'aven de la Leicasse, l'aven d'Orgnac ou la grotte de Saint-Marcel d'Ardèche.

- Leur représentativité au sein d'un type de contexte litho-morphostructural : le réseau des Vitarelles (Lot), représentatif d'une grande percée hydrogéologique au sein d'un système karstique à alimentation binaire, le réseau Paris dans le gypse du bassin parisien, la rivière souterraine des Robots dans la craie normande, ou encore, dans les cuets lorraines avec la rivière souterraine du Rupt-du-Puits.

- La présence de phénomènes karstiques peu courants, insolites ou aux dimensions spectaculaires, comme l'imposante grotte-source de la Loue, les étonnantes grottes-tunnels de Minerve ou du Mas d'Azil, le gouffre Georges positionné au contact de la célèbre lherzolite. Ou encore la grotte émergence de Fontestorbes, célèbre pour son phénomène hydrologique d'intermittence, et pour avoir constitué l'un des modèles de la typologie fonctionnelle des systèmes karstiques établie par l'hydrogéologue Alain Mangin.

Phosphatière de Pech-Crabit (Lot). *Pech Crabit phosphate mine (Lot)*. Photograph Martin Taburet





Grotte de l'Orquette (Hérault). Ces galets issus d'un ancien remplissage ont été pris dans un plancher stalagmitique qui les a cimentés. Le remplissage a ensuite été érodé par la rivière, si bien que les galets se retrouvent suspendus. *Grotte de l'Orquette (Hérault). These pebbles from old sediments were caught in a stalagmitic floor that cemented them. The sediments were then eroded by the river, as a result the pebbles are now suspended.* Photograph Philippe Crochet

geological history. Adding the archaeological and historical as well of cultural and economic (touristic) values, this type of site features all of the attributes of a site of geoheritage interest. Underground geosites can be called speleo-geosites. Their geoscientific interests are manifold.

The geoheritage value of those speleo-geosites can be based on a wide range of characteristics:

- Good conservation of datable sedimentary archives that are absent or have disappeared from the surface, recording the history of local relief formation. The combined investigation of geomorphological indicators and sedimentary archives of extensive and multilevel cave systems led to significant progress in terms of paleogeographic reconstructions. The networks studied, more often than not the scenes of great cave exploration sagas, have gained a geoscientific reputation. This is the case for large systems that revealed very old formation ages (Mio-Pliocene, more than 5 M years) for the highest passages (Granier system, Choranche and Gournier caves, Antre de Vénus, Félix-Trombe-Henne Morte system, Arbailles, etc.). Other sites helped reveal the irregularity of valley lowering and underground drainage readjustments according to altitude and base level movements over 2 M years (layered karst of Conflent or the Niaux, Lombrives and Sabart cave systems).

- The existence of regular fluvio-glacial or glacio-lacustrine deposits, acting as recorders of past glacial or glacio-karstic dynamics such as in the caves of the Préroutge system, the famous Aranzadi passage of the Pierre Saint-Martin, Niaux cave, or the extraordinary varved sequences of Grottes Sous les Sangles and Bèdeilhac. Investigations of the Grotte Vallier on the Vercors side

and of the Grotte Chevalier at the Dent de Crolles made it possible to determine ice levels during past glaciations.

- Rare or unusual endokarstic phenomena such as high-mountain glacial swallets, sometimes located in unusual lithologies such as the hydrogeological breach of the Grand Marchet marbles or of the Gébroulax gypsum.

- Hydrothermal karsts featuring hypogene caves formed by ascending flows. The Aix-les-Bains karst is one of the rare French instances of active hypogene karst with accessible caves (Gouffre Chevalier and its 'Therminator' sump at more than 40 °C), while other caves, mostly fossil ones, made it possible to study and understand the processes at work (Grotte du Chat, Gouffre de la Vapeur).

- Their paleogeographic significance with respect to the geomorphological history of plateau karsts (Causses, Ardèche...) revealed by the investigation of systems or caves such as the Aven de la Leicasse, the Aven d'Ornac or the Grotte de Saint-Michel d'Ardèche.

- Their representativeness within a type of lithomorphostructural context: the Réseau de Vitarelles (Lot) for large hydrogeological breakthroughs within a binary karst system, the Réseau Parisien in the gypsum of the Paris basin, the Robots underground river in the Normandy chalk or even in the Lorraine cuestas, with the underground river of Rupt-du-Puits.

- The existence of uncommon, unusual or spectacularly large karstic phenomena such as the impressive spring-cave of La Loue, the astonishing tunnel-caves of Minerve or le Mas d'Azil, the Gouffre Georges, located in contact with the famous lherzolite. Or again the resurgence cave of Fontestorbes, famous for its hydrological phenomenon of intermittence and for having been one of the models

Les formes et sédiments endokarstiques contiennent des informations géoscientifiques de première importance, révélées par les explorations et topographies spéléologiques, et parfois grâce aux données recueillies sur des sites instrumentés sur le long terme comme dans les grottes de Choranche (Vercors) ou les cavités ariégeoises équipées par le laboratoire souterrain CNRS de Moulis. Ce qui était perçu comme un simple tas de boue devient pour le spéléologue averti une coupe de varves glaciaires à préserver pour son intérêt paléogéographique, tandis que derrière les concrétions étincelantes se cachent de précieux enregistreurs des climats et des environnements du passé, qu'il faut parfois prélever, avec parcimonie et discernement, pour les faire parler. Au risque d'engendrer un conflit de valeurs entre intérêts scientifique et esthétique. Les concrétions sont en effet un des principaux symboles de la valeur esthétique et paysagère des cavités karstiques, et de ce fait un objet géopatrimonial qui mérite une attention particulière...

LES CONCRÉTIONS, ATTIRANTES MAIS FRAGILES

Autrefois, l'esthétique des concrétions, liée à leurs formes et à leurs couleurs, en a fait un objet de convoitise pouvant entraîner leur pillage, parfois à des fins lucratives. Plus tard, certains parmi les premiers explorateurs de grands réseaux spéléologiques, pensant que peu de personnes seraient capables de venir voir les concrétions dans leur contexte naturel compte tenu des difficultés d'accès, ont cru bien faire en les retirant de leur milieu pour constituer des collections

Aven des Crozes (Hérault). Bouquet d'aragonites bleues. *Aven des Crozes (Hérault). Blue aragonites.* Photograph Philippe Crochet



personnelles qui finissaient, au mieux, dans des musées. En revanche, de nos jours, il est admis que les richesses naturelles doivent être observées et étudiées *in situ*.

Les concrétions représentent l'un des éléments les plus vulnérables des cavités. Elles sont en effet exposées à la fois aux détériorations involontaires en raison de leur fragilité et aux actes de malveillance car elles sont des objets extracitables. La présence de spécimens jugés exceptionnels pour leur esthétique ou leur rareté constitue l'un des premiers critères mis en avant pour justifier la fermeture des cavités qui les abritent, car il est perceptible et donc admis par tous.

Le patrimoine souterrain français est exceptionnel, tout particulièrement en ce qui concerne la variété et l'abondance des concrétions, notamment dans plusieurs départements du Sud. Sur cette base, en 1999, un projet a été lancé pour l'inscription d'un ensemble de 18 cavités à concrétions au patrimoine mondial de l'UNESCO. Une association a été créée à cet effet (Association de valorisation des cavités françaises à concrétions). Deux dossiers ont été déposés en 1999 et 2007, mais ils n'ont pas été acceptés par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) qui a estimé que les concrétions ne peuvent constituer par elles-mêmes des objets susceptibles d'être inscrits au patrimoine mondial, tout en reconnaissant le caractère exceptionnel de certaines cavités proposées.

L'impact humain sur ce type de cavités peut être limité grâce à une gestion rigoureuse comprenant une limitation de la fréquentation et la présence systématique d'accompagnateurs. La réflexion doit porter d'une part sur le nombre des visites et leur fréquence (conditionnant l'impact global sur le milieu), et d'autre part sur la taille des groupes (meilleure maîtrise des dégradations involontaires). Par ailleurs, il est mis en place systématiquement dans les cavités sensibles des balisages qui permettent de limiter la partie impactée par les passages et d'éviter les dégradations involontaires des zones d'intérêt. La sensibilisation de la communauté des spéléologues a conduit à ce que de telles mesures soient maintenant systématiquement prises dès la découverte de nouveaux réseaux, avec l'aménagement de zones de passage permettant de protéger les parties concrétionnées ou sensibles.

Un abus de protection conduisant à des fermetures systématiques de cavités peut avoir l'effet inverse de celui escompté, à savoir que les spéléologues peuvent alors ne pas signaler leurs nouvelles découvertes de crainte de ne plus pouvoir y accéder. Il faut donc faire preuve de discernement avant de décréter des mesures de protection trop contraignantes. L'enjeu est de trouver un juste équilibre entre une mise sous cloche bardée d'interdits (sanctuarisation) et une large accessibilité. En cela, la communication reste indispensable pour que les mesures de protection soient comprises et acceptées de tous.

LES CAVITÉS À HAUTE VALEUR PALÉONTOLOGIQUE ET ARCHÉOLOGIQUE

Les zones karstiques françaises présentent des cavités où la sédimentation des réseaux et l'obstruction naturelle des entrées ont permis la conservation exceptionnelle de contextes anciens. Des sites paléontologiques et archéologiques remarquables réapparaissent à la faveur des découvertes spéléologiques.



Galerie concrétionnée avec balisage du TM71 (Aude). *Decorated passage with flagged trail in TM71 (Aude).* Photograph Philippe Crochet

of functional typology of karst systems developed by the hydrogeologist Alain Mangin.

Endokarstic forms and sediments contain geoscientific information of major importance, uncovered by speleological exploration and topographic work and sometimes thanks to data collected from long-term instrumented sites such as the Grottes de Choranche (Vercors) or the Ariège caves equipped by the CNRS underground lab of Moulis. What was thought to be a simple pile of mud becomes, to the experienced speleologist, a cross-section of glacial varves that needs to be protected for its paleogeographic interest, while within the sparkling formations hide precious records of past climates and environments that sometimes need to be sampled, sparingly and cautiously, to reveal their secrets. There is a risk of creating a conflict of values between scientific and aesthetic interests. Formations are indeed some of the main symbols of aesthetic and landscape value of karstic caves and are therefore a geoheritage item that deserves special attention.

ATTRACTIVE BUT FRAGILE FORMATIONS

In the past, because of their attractive shapes and colours, formations were subject to looting, sometimes even for financial gain. Later, some of the first explorers of large cave systems thought that few people would be able to come and see formations in their natural environment, given the difficulties of access, and that they were doing the right thing in removing them from their environment and building personal collections that would end up, at best, in museums. It is, however, widely agreed nowadays that natural wealth must be observed and studied *in situ*.

Formations are among the most vulnerable elements of a cave. They are indeed exposed to unintended damages

due to their fragility or to malicious acts as they are extractable items. The presence of items considered outstanding for their aesthetics or rarity is one of the first criteria that are highlighted when justifying the closure of caves, as it is understood and recognized by all.

French underground heritage is outstanding, particularly with regard to the variety and abundance of formations, especially in several southern French departments. Based on this, a project was launched in 1999 to nominate a group of 18 speleothem-featuring caves for the UNESCO World Heritage List. An association was created for that purpose, the "Association for the Promotion of French Caves with Concretions". Two applications were filed, in 1999 and 2007, but were not accepted by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), which decided that formations alone do not constitute items eligible to inclusion in the World Heritage List, while acknowledging the outstanding character of some of the proposed caves.

Human impact on this type of cave can be limited thanks to rigorous management including limiting the number of visitors and imposing the systematic presence of guides. The organisation must first address the number of visits and their frequency (based on their global impact on the environment), then the group size (to better manage unintended damage). In addition, signs are systematically put in place in fragile caves to help minimise the area impacted by visits and avoid unintended damage of areas of interest. Raising awareness of the caver community has led to a generalisation of such practices as soon as a new system is discovered, including the installation of marked trails for the protection of decorated or fragile areas.

Overprotecting and systematically closing off caves can lead to an adverse effect: cavers might not report new discoveries for fear of losing access to them. One therefore

La réglementation française protège ces sites patrimoniaux d'exception à fortes valeurs scientifiques. Les gisements paléontologiques antérieurs à l'apparition de l'Homme relèvent du ministère de la Transition écologique et solidaire. Ils rentrent dans le champ de la loi sur le patrimoine naturel (CE 2021) et peuvent bénéficier d'une protection, soit par classement en Réserve naturelle à composante géologique soit par arrêtés préfectoraux de protection de géotopes (APPG 2010).

Les sites paléontologiques contemporains des occupations humaines, relèvent du ministère de la Culture et bénéficient comme les sites archéologiques des dispositions du Code du patrimoine (CP 2021). Néanmoins, le travail de terrain avec les spéléologues reste la meilleure démarche de protection des sites paléontologiques et archéologiques. La mise en place d'un plan de formation et de sensibilisation passé entre le ministère de la Culture et la Fédération française de spéléologie (FFS) dans le cadre d'une convention d'objectifs œuvre en ce sens.

Les spéléologues découvrent des gisements très variés. La paléontologie concerne des dépôts anciens durant les phases de sédimentation, remis au jour par l'érosion et les activités d'extractions (mines et carrières). Les phosphatières constituent des sites emblématiques. Citons celles du Bas-Languedoc et surtout celles du Quercy : 200 gisements pour 700 espèces fossiles sur trente millions d'années. Une particularité a été récemment révélée dans les Grands Causses : des pistes d'empreintes de dinosaures conservées à la voûte de certaines galeries des grottes de Malaval et de Castelbouc.

Pour la paléontologie de l'ère Quaternaire, les accumulations osseuses sont variées, principalement en lien avec l'hyène (abri Cuvier) et l'ours (Balme à Collomb) ou résultent de l'érosion de sites en aval des réseaux (gouffre de Padirac). Les pièges à faune formés par des avens renseignent sur l'évolution de l'environnement, espèces et milieux (La Fage). Dans le karst profond, les bioglyphes (empreintes, bauges...) permettent une autre perception du comportement des faunes anciennes (grotte Chauvet).

Depuis les temps reculés de la préhistoire, l'homme a toujours fréquenté les cavernes avec des intérêts économiques et sociaux. Si les grottes ornées sont généralement les sites d'exception (grotte de Cussac), elles ne doivent pas faire oublier les milliers d'autres gisements spectaculaires qui traduisent l'appropriation sans limite du milieu souterrain par les communautés humaines de notre histoire (grotte de Foissac) au travers d'une vraie pratique de la spéléologie tout au long de la préhistoire (grotte d'Aldène et grotte de Bruniquel).

LES CAVITÉS À HAUTE VALEUR BIOSPÉOLOGIQUE

La valeur d'un patrimoine biologique souterrain peut s'évaluer par le nombre d'espèces endémiques ou rares qu'il renferme, pondéré par leur degré d'isolement phylogénétique. Sous cet angle, la France est un des pays d'Europe les mieux pourvus. La distribution de sa biodiversité souterraine est assez bien connue, mais très hétérogène à l'échelle régionale ou locale, en raison de l'histoire géologique contrastée des territoires, et d'un niveau de connaissances très différent selon les régions et les taxons. C'est dans ce contexte qu'il convient d'interpréter la valeur patrimoniale des cavités ou sites à haute biodiversité.

Les progrès de nos connaissances sur la biodiversité souterraine de France reposent depuis longtemps sur des interactions fortes entre populations locales, amateurs, spéléologues et biologistes. L'apport des spéléologues s'est surtout développé au cours de ces dernières décennies. Des collaborations fructueuses se multiplient aujourd'hui entre spéléologues individuels, clubs, commission scientifique de la FFS d'une part, laboratoires de recherche du CNRS, de l'Université ou du Muséum national d'histoire naturelle d'autre part, à travers des projets souvent soutenus par les gestionnaires d'espaces naturels, les Agences de l'eau ou les collectivités locales. Cette dynamique nouvelle a permis une accélération significative dans l'acquisition

La Balme à Collomb (Savoie) vue partielle de la zone en cours de fouilles, en 1993, dans la galerie des Ours.
La Balme à Collomb cave (Savoie) partial view of the area under excavation in 1993 in the "bears' passage".
Photograph © Société Crocodile (Chambéry)



needs to exercise good judgement before taking overprotective measures. The challenge is to find a good balance between protection with loads of prohibitions (sanctuarisation) or open accessibility. This is where communication is essential for protective measures to be understood and accepted by all.

CAVES WITH HIGH PALEONTOLOGICAL AND ARCHAEOLOGICAL VALUE

French karstic areas feature caves where sedimentation and natural obstruction of entrances have allowed exceptional preservation of the ancient past. Remarkable paleontological and archaeological sites resurface through speleological discoveries.

French regulations protect these exceptional heritage sites with significant scientific value. Paleontological deposits preceding human arrival fall under the Ministry of Ecological Transition. They fall within the scope of the Natural Heritage Law (CE 2021) and can benefit from protection, either by being classified as a nature reserve of geological interest, or by prefectural orders for the protection of geotopes (APPG 2010).

Paleontological sites contemporaneous with human settlements fall within the scope of the Ministry of Culture and benefit from Heritage Code provisions just like archaeological sites. However, fieldwork in cooperation with cavers remains the best approach for paleontological and archaeological site protection. A training and awareness program developed jointly by the Ministry of Culture and the French Federation of Speleology (FFS) within the framework of a memorandum of understanding addresses this purpose.

Cavers come across a variety of deposits. Paleontology concerns ancient deposits dating back to sedimentation phases and uncovered by erosion and extraction activities (mines and quarries). Phosphate mines are emblematic sites. Among them are the Bas-Languedoc mines and more importantly the Quercy mines: they represent 200 deposits and 700 fossil species over 30 M years. An oddity was

recently revealed in the Grands Causses: dinosaur footprints remain on the ceiling of certain passages in the Grottes de Malaval and Castelbouc.

Regarding Quaternary paleontology, bone deposits are varied, mostly made up of hyena (Cuvier rock shelter) and bear (Balme à Collomb) or result from the erosion of sites downstream of the systems (Gouffre de Padirac). Pits can be faunal traps and provide information on the evolution of environment, species and habitat (La Fage). In deep karst, bioglyphs (footprints, wallows...) allow for additional understanding of ancient faunal behaviour (Grotte Chauvet).

Since ancient prehistoric times, humans have always frequented caves for economic and social purposes. While caves decorated with paintings stand out as exceptional (Grotte de Vache), we must not forget about thousands of others that feature spectacular deposits and show an unlimited mastery of underground environments by ancient human communities (Grotte de Foissac) that were true practitioners of speleology across prehistoric times (Grotte d'Aldène).

CAVES WITH HIGH BIOSPELEOLOGICAL VALUE

The value of an underground biological heritage can be evaluated by the number of endemic or rare species it hosts, taking into account their degree of phylogenetic isolation. In that respect, France is one of Europe's best-represented countries. The distribution of its underground biodiversity is well known but very heterogeneous at a regional or local scale, given the contrasting geological history of its territories and of the level of knowledge among different regions and taxa. The heritage value of caves or sites with a high biodiversity value must therefore be interpreted in this respect.

Progress on our knowledge about French underground biodiversity has been built upon strong interactions between locals, amateurs, cavers and biologists for a long time. The cavers' contribution has particularly developed



Dans la grotte d'Aldène (Hérault) la trace archéologique n'est pas toujours visible ni spectaculaire, pourtant l'information qu'elle donne est essentielle. In Grotte d'Aldène the archaeological traces are not always visible or spectacular, but the information they provide is essential. Photograph Ministère de la culture, DRAC Occitanie



Dendrocoelum regnardi
De Beauchamp, 1919
planaria géante du Quercy.
Dendrocoelum regnardi De Beauchamp, 1919 Quercy giant planaria.
© L. Deharveng



Aphaenops alberti Jeannel,
1939 des Arbailles (Coleoptera :
Carabidae : Trechinae).
*Aphaenops alberti Jeannel,
1939 Arbailles (Coleoptera :
Carabidae : Trechinae).* © A. Faille

des connaissances sur la biodiversité souterraine et sa distribution en France.

Valeur patrimoniale et conservation sont étroitement associées. L'état de conservation des sites français à riche biodiversité souterraine est globalement satisfaisant. Les pressions sur l'environnement qui affectent les écosystèmes de surface (urbanisation, reforestation, changement d'occupation des sols, développement des infrastructures industrielles et de transport...) sont cependant susceptibles d'impacter aussi les écosystèmes souterrains. Une vigilance s'impose, d'autant que la vulnérabilité de la plupart des espèces n'a pas encore été évaluée sur les critères standardisés de l'IUCN (Union internationale pour la conservation de la nature), privant les innombrables actions de conservation engagées au niveau national d'une base scientifique de référence.

Laissant de côté les milieux aquatiques interstitiels, quatre régions de biodiversité très différentes peuvent être reconnues en France. Les Pyrénées, second point chaud de biodiversité souterraine en Europe, représentent le secteur le plus riche, marqué par l'extraordinaire radiation évolutive de deux groupes de coléoptères, les Trechinae et les Leiodidae. La diversité est moindre, mais demeure importante dans le Jura, les Alpes au sud des Bauges et les karsts méridionaux du Massif Central. Elle est très faible dans le reste du pays, probablement en lien avec l'impact des glaciations quaternaires. Les sept systèmes karstiques énumérés ci-dessous illustrent ces différences régionales :

- Système de la Pierre-Saint-Martin (Pyrénées occidentales) : cet immense réseau d'altitude, où seule la salle de la Verna a été échantillonnée de façon significative, abrite 19 espèces souterraines strictes, étroitement endémiques et hautement modifiées pour la vie souterraine.

- Coume Ouarnède (Haute-Garonne) : la plus longue cavité française est aussi une des plus riches en faune souterraine. Elle recèle plus de trente espèces troglo/stygobies, parmi lesquelles deux espèces relictuelles remarquables.

- Rebord oriental du Bassin aquitain : le Quercy ne se limite pas au système de l'Ouyse et des recherches biologiques sont menées sur tout le territoire, depuis Brive jusqu'à Bruniquel. Padirac et Amiel ne font pas partie du système de l'Ouyse. L'Ouyse souterraine fait actuellement l'objet d'un échantillonnage massif mené essentiellement par les spéléologues locaux, qui a permis de collecter plus de quinze espèces troglo/stygobies dont plusieurs nouvelles pour la science.

- Baume Saint-Arnaud (plateaux d'Ardèche) : elle possède 14 troglobies, dont deux espèces relictuelles de collemboles, une richesse comparable à celle de quelques autres cavités de l'Hérault et du Gard dans les karsts du sud du Massif Central. Les milieux aquatiques interstitiels et les sources ont cependant dans cette région une diversité d'espèces encore plus considérable.

- Grotte des Faux Monnayeurs (Doubs) : onze espèces troglobies et stygobies sont connues de cette cavité, une des plus riches du massif du Jura. Son originalité est d'héberger trois espèces différentes de diploures campodeidés strictement cavernicoles.

- Cavités du Plateau de Presles (Vercors) : ce secteur à hydrologie complexe héberge un riche patrimoine biologique, avec notamment quatre espèces de coléoptères pour un total de douze troglobies et stygobies. Des niveaux de richesse comparables se retrouvent dans plusieurs cavités du Vercors.

- Grottes de Roquefort-les-Pins (Alpes du sud) : ce groupe de petites cavités de basse altitude situées sur la commune de Roquefort-les-Pins possède une faune riche de treize espèces troglobies, dont quatre diplopodes, cas unique en France.

VERS UNE GESTION CONCERTÉE DES PATRIMOINES SOUTERRAINS

Pays karstique à forte culture géopatrimoniale, la France abrite des grottes formant alors une catégorie spécifique de géosites : les spéléo-géosites. On retiendra de ce rapide panorama des cavités françaises à hautes valeurs patrimoniales leur caractère souvent multipatrimonial et leur hybridité catégorielle se jouant des frontières conceptuelles et institutionnelles cloisonnant habituellement les patrimoines naturels et culturels. Si leur valeur patrimoniale globale s'en trouve généralement renforcée, cela pose parfois problème lorsqu'une de leurs valeurs s'impose aux autres, à la manière de l'arbre qui cache la forêt, ou des peintures rupestres qui cachent les valeurs géomorphologiques d'une cavité. Il appartient aux spéléologues et scientifiques de toutes disciplines concernées, d'œuvrer en synergie pour révéler toute la richesse et les interactions des divers intérêts patrimoniaux d'une grotte remarquable : l'*Atlas de la grotte Chauvet*, dont le 1^{er} tome est paru en 2020, est en ce sens un bel exemple de syncrétisme patrimonial, tandis que les sentiers d'interprétation labellisés par la FFS, tout comme les stages nationaux « équiper environnement » contribuent à la révélation géopatrimoniale des sites de pratique (cf. article sur l'EFS de V. Biot, ce volume).

La protection et la gestion des milieux souterrains constituent des fondements de l'activité de la FFS, au même titre que l'exploration et le partage de la connaissance. Observateurs privilégiés du karst, les spéléologues sont

in the last few decades. Fruitful collaborations are growing today between individual cavers, clubs and FFS scientific committees on the one hand, and CNRS research laboratories, universities and the National Museum of Natural History on the other hand, through projects often supported by natural area administrators, water management agencies or local authorities. These new dynamics paved the way for a significant acceleration in acquiring knowledge about underground biodiversity and its distribution in France.

Heritage value and conservation value are closely connected. The state of conservation of French sites with a high biodiversity value is generally satisfying. Pressures on the environment affecting surface ecosystems (urbanisation, reforestation, land development, industrial and transportation infrastructure development...) are however likely to impact underground ecosystems as well. One must remain vigilant, all the more so when most of the species' vulnerability has not yet been evaluated as per IUCN (International Union for Conservation of Nature) standard criteria, which deprives the countless conservation actions taken at the national level of a scientific baseline.

Excluding interstitial aquatic environments, 4 very different biodiversity regions can be defined in France. The Pyrenees, number two hot-spot for underground biodiversity in Europe, make up the richest area, featuring the extraordinary adaptive radiation of 2 groups of beetles: Trechinae and Leioididae. Biodiversity is lower yet significant in the Jura massif, in the Alps south of the Bauges and in the southern karstic areas of the Massif Central. It is very low in

Aven des Canalettes n°1 (Larzac, Aveyron) - Oeufs d'*Ischyropsalis (opilion dyspnois)*. Les œufs sont déposés dans une sorte de mucus qui les protège de la dessiccation et d'attaques diverses. Aven des Canalettes n°1 (Larzac, Aveyron) - Eggs of *Ischyropsalis (opilion dyspnois)*. The eggs are laid in a kind of mucus which protects them from desiccation and from various attacks. Photograph Philippe Crochet



the rest of the country, probably because of the impact of the Quaternary glaciations. The following 7 karst systems are examples of such regional differences:

- Système de la Pierre-Saint-Martin (Western Pyrenees): this huge high-altitude system where only the Salle de la Verna was significantly sampled, hosts 19 troglobitic species, strictly endemic and highly cave-adapted.
- Coume Ouarnède (Haute-Garonne) is the longest French cave and is one of the richest in terms of underground fauna. It hosts more than 30 stygobite or troglobite species, among which 2 are remarkable relict species.
- Ouyse system (Quercy, Lot): 2 Quercy karstic sites have benefitted until now from in-depth investigations: the Padirac pit and the Amiel system. Underground Ouyse is currently subject to a large-scale sampling process mostly led by local cavers that helped collect more than 15 stygobite or troglobite species including a few new to science.
- Baume Saint-Arnaud (Ardèche plateaus): 14 troglobite species, including 2 relict springtail species, represent a richness equivalent to other caves of the Hérault and Gard departments in the southern Massif Central karsts. However, interstitial aquatic environments and springs of this region feature an even wider diversity of species.
- Grotte des Faux Monnayeurs (Doubs): 11 stygobite and troglobite species have been identified in this cave, one of the richest in the Jura massif. It distinguishes itself by hosting 3 different strictly cave-dwelling Campodeidae Diplura species.
- Presles plateau caves (Vercors): this hydrologically complex area is host to a rich biological heritage, including notably 4 species of beetles among a total of 12 stygobite and troglobite species. Comparable diversity levels are found in several Vercors caves.
- Grottes de Roquefort-les-Pins (Southern Alps): this group of small, low-altitude caves found near the village of Roquefort-les-Pins features a rich fauna of 13 troglobite species, including 4, a unique case in France.

TOWARDS CONCERTED MANAGEMENT OF UNDERGROUND HERITAGE

As a karstic country with a rich geoheritage culture, France is host to caves that represent a specific geosite category: speleo-geosites. From this quick overview of French caves with high heritage value, we will retain their often multi-heritage character and the hybrid nature of their categories, which defy the conceptual and institutional boundaries that usually separate natural and cultural heritage. While that usually reinforces their global heritage value, issues remain when one value prevails over others, like not seeing the forest for the trees, or cave paintings obscuring the geomorphological value of a cave. It is up to cavers and scientists of all relevant fields to come together to show the variety of riches and interactions between different heritage aspects of an outstanding cave. The *Atlas de la grotte Chauvet*, whose first volume was published in 2020, is in that respect a good example of combining heritage values, while FFS-labelled interpretive trails, as well as national "environmental team member" courses help reveal the geoheritage of practice sites (see V. Biot article on EFS, this issue).

Protection and management of underground environments are pillars of FFS action, just like exploration and

les premiers témoins du milieu souterrain. Délégué de l'État français pour la pratique de la spéléologie, la FFS accompagne les spéléologues pour révéler et faire respecter les valeurs patrimoniales des grottes. Spéléologues et scientifiques (dont les spéléologues scientifiques) sont souvent les premiers maillons acteurs de la chaîne des processus de patrimonialisation. En explorant, topographiant, documentant et étudiant systématiquement les cavités, ils alimentent le vivier dans lequel vont être puisées les cavités aux valeurs patrimoniales remarquables et à enjeux de protection et/ou de valorisation. Cette sélection passe par une évaluation spécifique du potentiel patrimonial des cavités, à l'aide d'une méthode et d'un outil dédiés, dont la France doit se doter afin de pouvoir progresser en matière de prise en compte des cavités dans les politiques d'inventaire et de gestion de ses patrimoines naturels et culturels. Une telle méthodologie, baptisée EVALCAV (Méthodologie d'EVALuation et de hiérarchisation des CAVités), est en cours de développement sous la houlette de l'Institut de formation, recherche et expertise en milieux souterrains (IFREMIS), centre de ressources sur les milieux souterrains, et sera déployée sur le territoire au sein du réseau de spéléologues de la FFS. Cette recherche-action, qui devra prendre en compte les standards méthodologiques internationaux développés au sein de l'UICN, offre un bon exemple de collaboration en émergence entre la FFS, les organismes de recherche et de formation, les gestionnaires (notamment les conservatoires d'espaces naturels et les réserves naturelles de France, à l'origine de l'initiative) pour faire émerger et prendre en considération les cavités à haute valeur patrimoniale du territoire français.

Agréée par le ministère de l'Environnement depuis 1978, la FFS entend mettre en place une pratique responsable par la formation, la gestion des sites, la mise en place de partenariats avec les réseaux environnementalistes mais également par la diffusion de la connaissance. Elle agit au travers de ses commissions et ses structures départementales et régionales. À l'occasion du Congrès mondial de la nature de l'UICN, la commission scientifique de la FFS a participé à la rédaction d'une motion visant une meilleure prise en compte des cavités naturelles dans les politiques de préservation de la nature. Cette motion qui a été cooptée par l'UICN en novembre 2020 sous la dénomination : « Patrimoine géologique et aires protégées » donne une place privilégiée aux milieux souterrains. Avec 97 % de votes en faveur de l'adoption de cette dernière, la FFS, lors du congrès international de l'UICN qui s'est tenu à Marseille en 2021, se félicite de l'écho qu'ont pu recevoir ces milieux naturels auprès des membres de l'UICN. Souhaitons que de telles initiatives participent à une meilleure insertion des cavités et réseaux karstiques dans les programmes nationaux relatifs au patrimoine naturel tels l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), et notamment sa composante géologique, l'Inventaire nationale du patrimoine géologique (INPG), afin de faciliter l'identification des cavités à haute valeur patrimoniale vulnérables et menacées nécessitant une mise en protection.

La protection des cavités à haute valeur patrimoniale est maintenant courante par le biais d'associations qui gèrent l'accès à des cavités remarquables. Elles sont généralement constituées de spéléologues en coordination avec des services de l'État ou des collectivités. En l'absence d'outils de protection réglementaire spécifiquement dédiés aux grottes en France, cette conservation ne peut compter que sur les quelques outils juridiques et réglementaires plus ou moins adaptés, tels que les sites classés, les réserves naturelles, les arrêtés préfectoraux de protection de géotope (APPG), voire les parcs nationaux (Calanques, Vanoise). Actuellement, 270 cavités sont ainsi protégées sur le territoire français au titre de la législation sur les sites inscrits ou classés (sites naturels et monuments historiques), 22 au titre d'un arrêté préfectoral protection de biotope (APPB) et quatre en tant que réserves naturelles. Outre les fins de protection, un autre enjeu fort de l'inventaire réside dans le potentiel de valorisation des cavités remarquables. Ce potentiel pourra s'exprimer dans le cadre de pratiques éducatives et touristiques, notamment éco et géotouristiques, telles qu'on en trouve par exemple dans les Géoparcs mondiaux UNESCO karstiques français (massif des Bauges, causses du Quercy...), ou encore dans le cadre d'un tourisme culturel valorisant les valeurs archéologiques et historiques de nos cavités tout en respectant leur intégrité. À l'image des grottes de Lascaux ou Chauvet, et bientôt Cosquer, dont les fac-similés reconstitués à la perfection attirent des centaines de milliers de visiteurs par an. Autant d'exemples, comme bien d'autres encore, démontrant que les grottes, composantes méconnues de la géodiversité nationale, peuvent constituer des fleurons du patrimoine français, voire mondial, à l'image des sites de Lascaux et de la vallée de la Vézère et maintenant de la grotte Chauvet, inscrits sur la liste des biens culturels du patrimoine mondial de l'UNESCO.

Bibliographie / Bibliography

- Audra P. (dir.) (2010) : Grottes et karsts de France.- *Karstologia Mémoires* 19, AFK, 358 p.
- Crochet Ph. et Guiraud A. (2010) : Les grottes font-elles partie du patrimoine géologique ?- *Géologues* n° 165, p. 39-43.
- Delannoy J.-J., Geneste J.-M. (dir.) (2020) : Monographie de la grotte Chauvet-Pont d'Arc, Vol. 1: Atlas de la grotte Chauvet-Pont d'Arc. Paris, Éd. Maison des sciences de l'homme, 384 p.
- Gauchon C. (2010) : La protection des paysages karstiques et des cavités naturelles. In: Grottes et karsts de France.- *Karstologia Mémoires*, n° 19, p. 112-113.
- Hobléa F. (2010) : Les sites et paysages karstiques français : une ressource patrimoniale. In: Grottes et Karsts de France - *Karstologia Mémoires* 19, AFK, p. 110-111.
- Perrette Y. (1999) : Les stalagmites : archives environnementales et climatiques haute résolution. Présentation des protocoles d'études et premiers résultats sur le spéléothème du Vercors.- *Karstologia* n° 34, p. 23-44.
- Parzybut R. (2017) : Une candidature pour figurer au patrimoine mondial de l'humanité - Un projet ambitieux.- *Spéleo Magazine* n° 97-98, p. 6-7.
- Plagnes V., Causse Ch., Genty D., Paterne M. et Blamart D. (2002) : A climatic record from 187 to 74 ka from a speleothem of the Clamouse Cave (South of France).- *Earth and Planetary Sciences Letters* 201, p. 87-103.
- Torquebiau R. & al. (2022) : EVALCAV : vers une méthodologie standard d'évaluation patrimoniale des cavités. Actes du 18^{ème} Congrès international de spéléologie. (sous presse).
- Tscherter C. et Cabrol P. (2008) : Richesse et diversité du patrimoine naturel souterrain.- *Géosciences*, n° 7-8, p. 94-103.

1. FFS, Pôle patrimoine, sciences et environnement
2. Commission scientifique FFS / UMR EDYTEM CNRS-USMB-MCC
3. Hydrogéologue expert
4. Réserve naturelle nationale d'intérêt géologique du Lot,

5. Conservateur honoraire du Muséum d'histoire naturelle de Lyon
6. Direction régionale des affaires culturelles Occitanie
7. Muséum d'histoire naturelle de Stuttgart
8. Muséum national d'histoire naturelle

knowledge sharing. As privileged observers of karst, cavers are front-line witnesses of underground environments. As the representative of the French state for speleological activities, the FFS supports cavers in these activities. Cavers and scientists alike (and cave scientists) are often the first acting links of the heritage development process chain. By systematically exploring, surveying, recording and investigating caves, they lay the foundation on which caves with exceptional heritage value will be found, promoted and protected. The selection involves a specific assessment of the heritage potential of caves thanks to dedicated methods and tools that France needs to improve its consideration of caves in inventory and management policies for its natural and cultural heritage. Such a method, labelled EVALCAV, is under development under the guidance of the IFREEMIS (Underground environment resource centre) and will be deployed nationally among cavers and the FFS. This action research, which should take into account the international methodological standards developed within the IUCN, is a good example of emerging collaboration between the FFS and research, training, and management bodies (especially natural habitat conservatories and French natural reserves that spearheaded the initiative) to recognize and take into consideration caves with high heritage potential in France.

Certified by the Ministry of Environment since 1978, the FFS intends to implement a responsible approach to speleology through training, site management, and development of partnerships with environmental groups and also through knowledge dissemination. The FFS takes action through commissions and departmental- and regional-level structures. On the occasion of the IUCN World Conservation Congress, the FFS scientific commission took part in the drafting of a motion aimed at better consideration of natural caves in nature preservation policies. This motion was co-opted by the IUCN in November 2020 under the title "Geological heritage and protected areas" and gives a privileged place to underground environments. With 94% of votes in favour of its adoption, the FFS takes pride

in the consideration given to these natural environments among IUCN members. We hope such initiatives support better consideration of caves and karst systems among national programmes aimed at natural heritage such as the National Natural Heritage Inventory (INPN) and especially its geological component, the INPG, to help identify vulnerable and endangered caves with high heritage value that need protection measures.

The protection of caves with high heritage value is nowadays mainstream thanks to associations that control the access to exceptional caves. They are usually made up of cavers in cooperation with national or local authorities. Without regulatory protection tools specifically dedicated to French caves, conservation can only rely upon a few regulatory and legal tools that are more or less appropriate such as site classification, nature reserves, APPG or national parks (Calanques, Vanoise). Currently, 270 caves benefit from such protection in France under the legislation for classified or listed sites (natural sites and historical monuments), 22 of which under a prefectural order for the conservation of biotopes (APPB), and 4 as natural reserves. Beyond protection, another important goal of the inventory is the promotion potential of outstanding caves. This potential could be explored within educational and touristic activities, especially eco-touristic and geo-touristic ones as is seen in the French karst UNESCO World Geoparks (Bauges, Quercy...) or through cultural tourism promoting the archaeological and historical value of caves while preserving their integrity. Examples include the Chauvet or Lascaux caves, and soon the Cosquer cave, where flawless replicas attract hundreds of thousands of visitors every year. These are just some examples, among many others, that illustrate that caves, unsung jewels of national geodiversity, can become flagships for French, if not global heritage, just like the Lascaux and Vézère sites, and now the Chauvet cave, listed as cultural heritage sites by the UNESCO World Heritage Centre.



Panneau principal de la Baume Latrone (Gard).

La conservation des œuvres pariétales préhistoriques ne peut s'envisager que dans une approche collective et pluridisciplinaire dans laquelle le propriétaire, le spéléologue et l'archéologue, ont chacun un rôle à jouer.

Main panel of the Baume Latrone (Gard).

The conservation of prehistoric cave paintings can only be conceived through a collective and multidisciplinary approach in which the owner, the caver and the archaeologist each have a role to play.

Photograph Ministry of Culture - DRAC Occitanie

1. FFS, Heritage, Sciences and Environment Centre
2. Scientific Commission FFS / UMR EDYTEM CNRS-USMB-MCC
3. Senior hydrogeologist
4. National natural reserve of geological interest, Lot

5. Honorary curator of Lyon's Natural History Museum
6. Occitanie's Regional Directorate of Cultural Affairs
7. Stuttgart's Natural History Museum
8. National Natural History Museum

Les grottes aménagées pour le tourisme en France

par la Fédération française du Tourisme et Patrimoine souterrain (FFTS)

C'est en France que s'est développée la spéléologie moderne. Tout d'abord sous l'impulsion d'Édouard-Alfred Martel (1859-1938), puis de Robert de Joly (1887-1968). Parallèlement, le travail d'aménagement d'une partie des cavités découvertes en facilita l'accès au public. En 1895, Édouard-Alfred Martel fonde la Société de spéléologie. Afin de mieux comprendre le monde souterrain, il consacre sa vie à la découverte, l'exploration et l'étude de grottes, gouffres et canyons en France, en Europe et aux États-Unis. Il est le découvreur de plusieurs sites remarquables comme le gouffre de Padirac, l'abîme de Bramabiau, l'aven Armand, la grotte de Dargilan, la grotte des Demoiselles, etc. Il souhaite que ces lieux puissent être aménagés et visités par tout un chacun. Aussi, après la découverte de ces paysages souterrains époustouffants, il décide de partager et faire découvrir ce patrimoine naturel et culturel, afin de sensibiliser le grand public à l'importance de la préservation de l'environnement dans sa globalité.

À la suite de la lecture des ouvrages de Martel, Robert de Joly, « l'explorateur d'abîmes », s'intéresse à la spéléologie. Il reprend donc son œuvre et crée, en 1930, le Spéléo-club de France dont l'un des objectifs est « la recherche d'abîmes à exploiter touristiquement ». Il en est le président et Martel le président d'honneur. Toujours à la recherche d'abîmes, il parcourt les terrains karstiques français dans le but de trouver « un nouvel aven Armand ». Il découvre ainsi, le 19 août 1935, avec une équipe de spéléologues, l'aven d'Orgnac et en coordonne les travaux d'aménagement. Aujourd'hui la première salle porte son nom et son urne funéraire, contenant son cœur, y est visible. En 1956, il conseille de percer un tunnel dans le gouffre de Proumeyssac, en Dordogne, permettant ainsi d'y poursuivre les visites en sécurité pour le plus grand nombre, et en offrant aux visiteurs une vue d'ensemble exceptionnelle.

En 1962, 22 gestionnaires de grottes aménagées pour le tourisme créent l'ANECAT qui, en 2022, devient la Fédération française du Tourisme et Patrimoine souterrain (FFTS) veillant ainsi au développement de la visibilité et de la notoriété du monde souterrain. La FFTS rassemble 70 % des grottes touristiques de France dont 25 % sont des sites préhistoriques. L'association a pour objectif de mutualiser le savoir-faire afin de promouvoir, de défendre et de faire découvrir le patrimoine naturel et culturel du monde souterrain. C'est pourquoi, l'action de la FFTS s'articule autour de trois axes de réflexion : la compréhension, la conservation et la promotion du patrimoine souterrain. Pour ce faire, l'association travaille sur un éventail de sujets tels que l'étude du milieu, la sécurité, la formation, l'aménagement, etc.

Aujourd'hui, avec plus d'une centaine de cavités naturelles aménagées, accueillant près de six millions de visiteurs par an, le tourisme souterrain français est le premier d'Europe et il se situe au troisième rang mondial après la Chine et les États-Unis. L'attrait, toujours constant,

pour le monde souterrain et les études scientifiques qui en améliorent chaque jour la connaissance (certaines grottes aménagées jouent un rôle moteur dans les avancées scientifiques), permettent de présenter aux visiteurs une approche plus approfondie de ce milieu particulier : lecture des paysages souterrains, compréhension des mécanismes de creusement et de formation des concrétions, approche de la vie souterraine ou de la préhistoire... font partie des informations proposées au cours des visites. Grâce à un aménagement se voulant le garant de la protection et de la conservation de ce patrimoine, la FFTS, et chaque grotte indépendamment, œuvrent pour permettre au plus grand nombre de s'émerveiller et de découvrir, en sécurité, cet univers fascinant.

La FFTS fédère toutes sortes de cavités (grottes, gouffres, avens, abîmes). De par son histoire et son environnement naturel, chacune est unique. Le milieu où s'est formée la cavité a ses propres particularités, les conditions géologiques étant toujours différentes. Chaque grotte s'est dessinée au gré de la nature, par le courant d'une rivière souterraine serpentant aléatoirement dans la roche, ou par le ruissellement infime de gouttes d'eau se frayant un chemin dans la pierre pendant des millénaires !

L'homme y a parfois ajouté sa plume, comme dans la grotte du Pech-Merle et comme dans de nombreuses autres grottes préhistoriques (Rouffignac, Isturitz-Oxcelhaya, Bara-Bahau, Gargas, Cougnac, Merveilles...), transformant ces cavités en véritables trésors du temps et précieux témoignages de nos ancêtres.

De par la préservation et l'authenticité des lieux, le monde souterrain est une inépuisable « bibliothèque » ouverte sur le passé géologique, biologique et l'anthropisation de notre planète. À chaque visite, les grottes aménagées pour le tourisme permettent de découvrir, d'apprendre et de comprendre un peu plus le monde actuel et passé. Mais, au-delà des spectacles authentiques, les grottes de France vous proposent un panel d'activités et vous invitent à vivre une multitude d'expériences et d'émotions qui resteront gravées. Visiter une grotte, ce sont des découvertes insolites et féériques donnant naissance à de fortes émotions et à des moments privilégiés, notamment au travers des spectacles naturels mis en valeur grâce à des scénographies travaillées et adaptées à chaque site.

De plus en plus, les grottes touristiques offrent diverses façons de visiter les mondes souterrains en proposant des activités et des animations : espaces d'interprétation, musées, espace ludo-pédagogique, visites thématiques, ateliers, conférences, « chasse au trésor », visite contée, animation, parc à thème, etc. Elles proposent par ailleurs un panel d'activités sportives original qui séduira les sportifs à la recherche de sensations fortes ainsi que les sportifs de loisirs (activité spéléologique, escape cave¹, descente en rappel, accro-branches, etc.).

Show caves in France

by la Fédération française du Tourisme et Patrimoine souterrain (FFTS)
(The French Federation of Tourism and Underground Heritage)

Modern speleology first started in France. It was pioneered by Édouard-Alfred Martel (1859-1938) and then Robert de Joly (1887-1968). At the same time, development works that were done on some caves made them more publicly accessible. In 1895, Édouard-Alfred Martel founded the Society for Speleology. To better understand the underground world, he dedicated his life to the discovery, exploration and investigation of caves, pits and canyons in France, Europe and the United States. He discovered several remarkable sites such as Gouffre de Padirac, Abîme de Bramabiau, Aven Armand, Grotte de Dargilan, Grotte des Demoiselles, etc. He wanted these sites to be developed so they could be visited by anyone. After the discovery of such breathtaking underground landscapes, he therefore decided to share and show this natural and cultural heritage to raise the public's awareness of the importance of environment preservation as a whole.

After reading Martel's works, Robert de Joly, the "Cave Explorer", took an interest in speleology. He took over from Martel and created in 1930 the French Speleo-Club whose objectives included "the search for caves that can be of touristic interest". He became the Club's President, with Martel as Honorary President. Constantly looking for new caves, he roamed around French karstic areas to find "the new Aven Armand". This is how he discovered, on 19 August 1935, together with a team of cavers, the Aven d'Orgnac and managed its development work. Today, the first room bears his name and hosts the funerary urn that contains his heart. In 1956, he advised opening a tunnel in the Gouffre de Proumeyssac in Dordogne, allowing safe visits for the public, and offering them an exceptional overview of the pit.

In 1962, 22 managers of caves developed for tourism created the ANECAT which, in 2022, became the Fédération française du Tourisme et Patrimoine souterrain (FFTS), thus developing the exposure and recognition of the underground world. FFTS handles about 70% of French caves, including 25% prehistoric sites. The association aims to pool experience to promote, defend and show the natural and cultural heritage of the underground world. This is why FFTS action is built around three focal points: understanding, conservation and promotion of underground heritage. To that end, it works on a range of subjects such as environmental studies, safety, training, development, etc.

With more than 100 natural caves developed, which welcome about 6 M visitors every year, French underground tourism is number one in Europe and ranks third in the world, behind China and the United States. The constant attraction of the underground world and the scientific investigations that contribute to its understanding day after day (some of the show caves play an essential role in scientific progress) help show visitors a more in-depth view of this particular environment: understanding underground landscapes, how caves form and speleothems grow, a view of underground

or prehistoric life, are all part of the information available during visits. Thanks to a development that guarantees protection and conservation of this heritage, FFTS and each cave independently work to provide as many people as possible safe discovery and enjoyment of the beauty of this fascinating world.

FFTS represents all kinds of caves: grottoes, caverns, pits... Due to its history and natural environment, each cave is unique. The environment where the cave was formed possesses its own peculiarities, the geological conditions being always different. Each cave was formed according to its surrounding environment: underground stream randomly flowing through the rock, droplets of water finding their way through stones for millennia...

Human beings sometimes made their mark such as in the Grotte du Pech-Merle and many other prehistoric caves: Rouffignac, Isturitz-Oxcelhaya, Bara-Bahau, Gargas, Cougnac, Merveilles... and turned these into true time treasures and precious testimonies of our ancestors.

Thanks to its authenticity and preservation, the underground world is an inexhaustible "library" of the geological, biological and anthropic past of our planet. With each visit, show caves help people discover, learn and understand a bit more of the present and the past. But beyond authentic spectacles, French caves offer a range of activities and invite you to live experiences and emotions that you will never forget. Visiting a cave is about discovering unique and magical places and experiencing once-in-a-lifetime emotions and moments, particularly through natural displays showcased thanks to exhibits developed and adapted to each site.

Show caves offer an ever-growing variety of ways of visiting underground worlds by offering activities such as: interpretive spaces, museums, educational-recreational spaces, thematic visits, workshops, conferences, treasure hunts, storytelling visits, games, theme parks, etc. They also offer a variety of original sports activities that will please thrill-seeking sportspeople as well as leisure sportspeople (speleology, escape cave¹, rappelling, climbing activities, etc.).



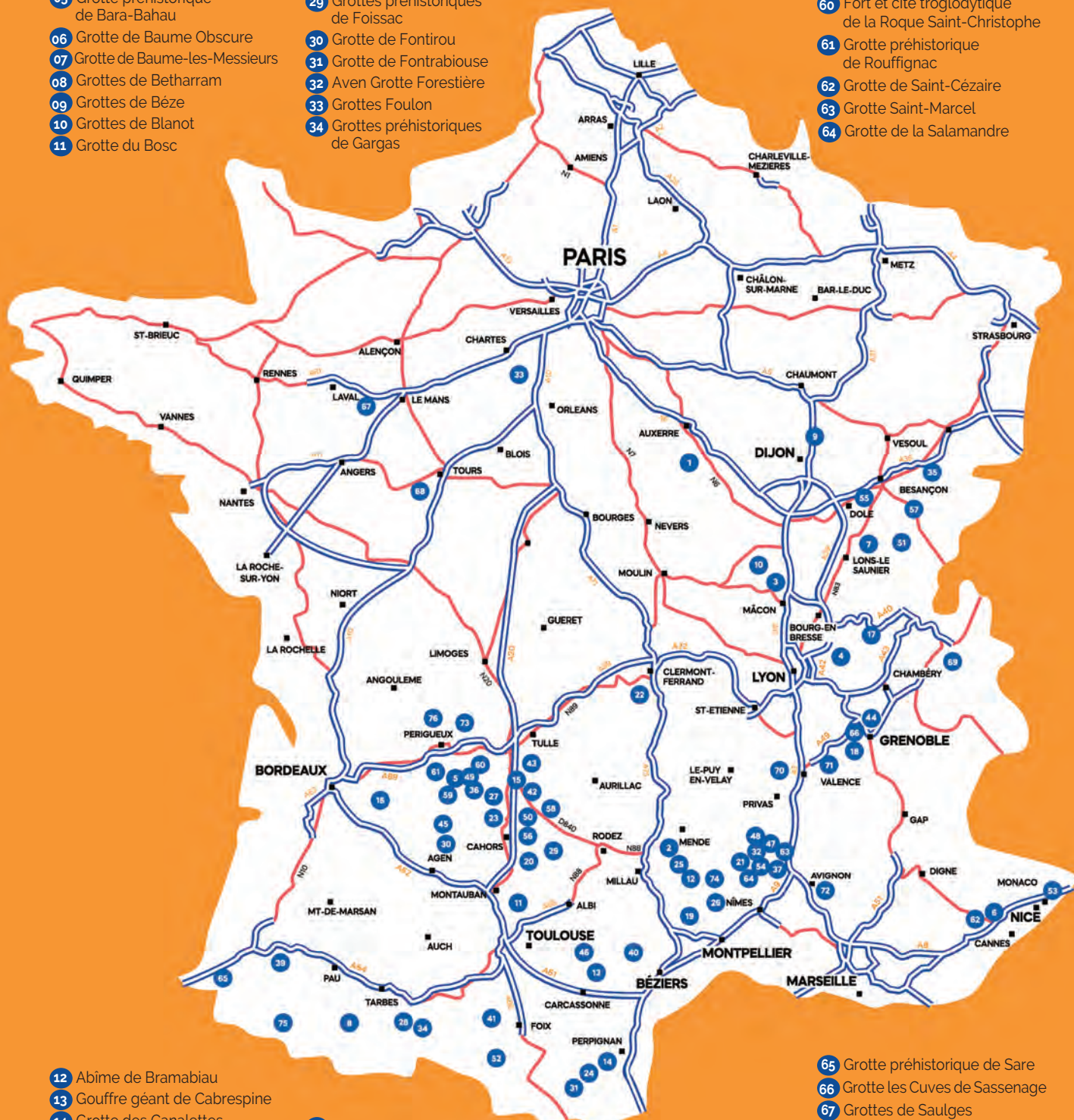
¹ Activité proposée par certaines grottes aménagées. Le principe est le même qu'un escape game (jeux d'évasion, de pistes, d'énigmes). La seule différence est que le jeu se déroule dans une grotte.
Activity offered by some show caves. Same principle as an escape game (treasure hunt puzzle...). The only difference is it happens in a cave.

- 01 Grottes préhistoriques d'Arcy-sur-Cure
- 02 Aven Armand
- 03 Grottes d'Azé
- 04 Grottes de la Balme
- 05 Grotte préhistorique de Bara-Bahau
- 06 Grotte de Baume Obscure
- 07 Grotte de Baume-les-Messieurs
- 08 Grottes de Betharram
- 09 Grottes de Bèze
- 10 Grottes de Blanot
- 11 Grotte du Bosc

- 24 Grotte de Cova-Bastera
- 25 Grotte de Dargilan
- 26 Grotte des Demoiselles
- 27 Grotte de Domme
- 28 Gouffre d'Esparras
- 29 Grottes préhistoriques de Foissac
- 30 Grotte de Fontirou
- 31 Grotte de Fontrabieuse
- 32 Aven Grotte Forestière
- 33 Grottes Foulon
- 34 Grottes préhistoriques de Gargas

- 44 Grottes de Saint-Christophe
- 45 Grotte de Lastournelle
- 46 Grotte de Limousis
- 47 Grotte de la Madeleine
- 48 Aven - Grotte de Marzal

- 56 Grotte préhistorique du Pech Merle
- 57 Gouffre de Poudrey
- 58 Grottes de Presque
- 59 Gouffre de Proumeyssac
- 60 Fort et cité troglodytique de la Roque Saint-Christophe
- 61 Grotte préhistorique de Rouffignac
- 62 Grotte de Saint-Cézaire
- 63 Grotte Saint-Marcel
- 64 Grotte de la Salamandre



- 12 Abîme de Bramabiau
- 13 Gouffre géant de Cabrespine
- 14 Grotte des Canalettes
- 15 Grotte des Carbonnières
- 16 Grotte Célestine de Rauzan
- 17 Grotte du Cerdon
- 18 Grotte de Choranche
- 19 Grotte de Clamouse
- 20 Phosphatières du Cloup d'Aural
- 21 Grotte de la Cocalière
- 22 Grotte du Cornadore
- 23 Grotte préhistorique de Cougnac

- 35 Grotte de la Glacière
- 36 Grotte du Grand-Roc
- 37 Grotte Chauvet 2
- 38 Grotte de Han
- 39 Grottes préhistoriques d'Isturitz-Oxocelhaya
- 40 Grotte de la Fileuse de verre
- 41 Rivière souterraine de Labouche
- 42 Grotte de Lacave
- 43 Gouffre de la Fage

- 49 Grottes de Maxange
- 50 Grotte préhistorique des Merveilles
- 51 Grotte des Moidons
- 52 Grotte de Niaux
- 53 Grotte de l'Observatoire
- 54 Aven Grand site de France d'Ornac
- 55 Grotte d'Oselle

- 65 Grotte préhistorique de Sare
- 66 Grotte les Cuves de Sassenage
- 67 Grottes de Saulges
- 68 Grotte pétrifiantes de Savonnières
- 69 Grotte et cascade de Seythenex
- 70 Grottes de Soyons
- 71 Grotte de Thais
- 72 Grottes de Thouzon
- 73 Grotte de Tourtoirac
- 74 Grotte de Trabuc
- 75 Grotte de la Verna
- 76 Grotte de Villars



1	2	3
	4	
5	6	7

1. Grotte de Limousis.
2. Grotte de Dargilan.
3. Grotte des Demoiselles.
4. Grotte de Saint-Marcel.
5. Gouffre de Cabrespine.
6. Grotte de Trabuc.
7. Grotte de Foissac.

Photograph Philippe Crochet



Le massif karstique Pierre Saint-Martin - Larra

par Michel Douat¹ et Brice Maestracci²



Une curiosité du lapiaz des Arres d'Anie, les rigoles du lapiaz tracent la carte de la France et de l'Espagne. *The Arres d'Anie limestone karrens' features curiously draw the maps of France and Spain.* Photograph Brice Maestracci

Aux confins de la France et de l'Espagne, dans la partie occidentale des Pyrénées, une montagne karstifiée a contribué à l'histoire de la spéléologie : le massif de la Pierre Saint-Martin - Larra. Après plus de deux siècles d'explorations, la spéléologie y est toujours très active et les découvertes toujours nombreuses.

SUR LES FRONTIÈRES

Le karst de la Pierre-Saint Martin - Larra (PSM - Larra) est une terre de frontières : géologiques, géographiques, hydrologiques, historiques et linguistiques. Façonné par l'histoire depuis la nuit des temps géologiques, c'est aussi une terre d'échanges, de passages, mais aussi de confrontations passagères et de réconciliations entre vallées.

Terre à la limite historique des royaumes de Navarre, d'Aragon et de France, où on parle français, espagnol, basque, navarrais et béarnais, le karst PSM - Larra est aujourd'hui partagé entre la France (département des Pyrénées-Atlantiques) et l'Espagne (communautés autonomes de Navarre et d'Aragon). Il est aussi à la limite du partage des eaux entre l'Atlantique et la Méditerranée.

C'est une zone de montagne et de moyenne montagne de plus de 145 km² pour sa partie karstique, avec des paysages de pics dénudés, lapiaz, pâturages, gorges et forêts où, dans ce pays de brumes, rôdent encore les lamas des mythologies basques.

Le massif culmine à 2504 m d'altitude au pic d'Anie (Auñamendi) et 2444 m au pic des Trois Rois. Les eaux du karst résurgent en France dans les vallées encaissées du nord, à moins de 500 m d'altitude. Le climat y est contrasté avec un versant nord soumis aux perturbations météorologiques et un versant sud relativement plus aride. En altitude, les cumuls annuels de précipitations sont supérieurs à 3000 mm.

La montagne elle-même est peu peuplée et de façon saisonnière seulement : bergeries et petites stations de ski. Les villages ne comptent que quelques centaines d'habitants et sont situés dans les vallées à la périphérie du massif.

LE KARST PSM - LARRA

Le karst PSM - Larra est le fruit d'une longue histoire géologique qui débute au Dévonien, il y a plus de 350 Ma. La région où il se situe actuellement est marquée par deux grandes phases de sédimentation au Dévonien - Carbonifère inférieur et au Crétacé supérieur suivies de deux orogénèses : l'orogénèse varisque et l'orogénèse pyrénéenne. Ainsi, les spéléologues peuvent voir de près la superposition de deux chaînes de montagnes : les Pyrénées sous lesquelles ils s'enfoncent et la chaîne hercynienne (varisque) sur laquelle coulent les rivières souterraines.

La principale phase de karstification débute il y a environ 10 Ma et s'accélère avec l'arrivée des périodes glaciaires il

The karstic massif of Pierre Saint-Martin - Larra

by Michel Douat¹ and Brice Maestracci²

On the border of France and Spain, in the western Pyrenees, a karstified mountain has contributed to the history of speleology: the Pierre Saint-Martin - Larra massif. Following more than 200 years of exploration, caving is still very much practiced there, and discoveries are still numerous.

ON THE BORDERS

The Pierre-Saint Martin - Larra (PSM - Larra) karst is a geological, geographical, hydrological, historical and linguistic border territory. Shaped by history since the dawn of geological time, it is also a land of exchanges, travels and occasional conflict and reconciliation between valleys.

On the historical borders of the kingdoms of Navarre, Aragon and France, in a territory where French, Spanish, Basque, Navarrese and Bearnese are spoken, the PSM - Larra karst today is divided between France (Pyrénées-Atlantiques department) and Spain (Navarra and Aragon autonomous communities). It also lies on the watershed boundary between the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean.

It is a mountainous area greater than 145 km² in its karstic part and features bare peaks, limestone karrens, pastureland, gorges, forests and mist in which, rumor has it, still wander the laminak of Basque mythology.

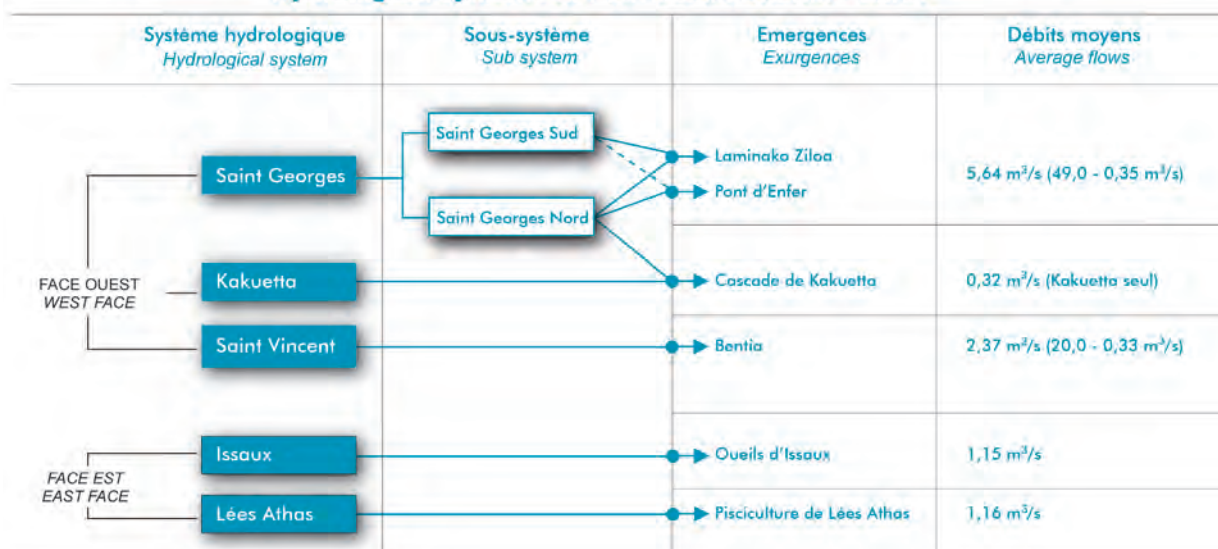
The massif peaks at 2,504 m above sea level at the Pic d'Anie (Añamendi) and 2,444 m at the Pic des Trois Rois. The karst waters resurge to the North in the steep-sided valleys of the French side, at less than 500 m above sea level.

The climate there is contrasting: the northern slope is subject to storms, while the southern slope is relatively arid. At high altitudes, the overall yearly precipitation level exceeds 3,000 mm.



Gouffre de la Pierre Saint-Martin, salle Queffélec. Gouffre de la Pierre Saint-Martin, Salle Queffélec.
Photograph Brice Maestracci

Organigramme des systèmes hydrologiques Pierre-Saint-Martin - Larra Hydrological systems of Pierre Saint-Martin - Larra



ya 1 Ma. Le karst s'est organisé selon le pendage du socle primaire en majorité schisto-gréseux, pénéplané avant le dépôt des calcaires et basculé du sud vers le nord. Ainsi, les eaux du karst ressortent toutes en France dans les vallées du nord dans deux grands groupes de résurgences du versant ouest et du versant est du massif. Le versant ouest, le plus étendu, comporte dans son substrat paléozoïque des séries calcaires du Dévonien - Carbonifère qui sont à l'origine du creusement de grands volumes souterrains lorsqu'elles sont en contact avec celles du Crétacé.

Les eaux d'infiltration ont creusé des réseaux de puits mais aussi de galeries dans la masse des calcaires crétacés puis, au contact du substrat paléozoïque, elles se sont rassemblées dans de longs et vastes conduits qui sont la caractéristique des réseaux actifs du karst PSM - Larra. Les explorations spéléologiques ont permis de découvrir douze drains souterrains majeurs qui constituent quatre systèmes hydrologiques distincts mais comportant des liaisons entre eux.

LES EXPLORATIONS SPÉLÉOLOGIQUES

Les explorations débutent dès la fin du 18^e siècle et s'intensifient à la fin du 19^e avec l'époque des naturalistes puis l'arrivée de E. Fournier et E.-A. Martel sur le massif. Elles sont reprises par M. Cosyns, assisté de N. Casteret et quelques compagnons spéléologues belges dans les années 1930. Cosyns est le premier à envisager tout un réseau organisé de grandes cavités sous ces montagnes. Plus tard, l'hydrogéologue Ravier posera les bases scientifiques qui ont guidé les recherches de plusieurs générations de spéléologues. Les recherches de Cosyns aboutissent en 1950 à la découverte du gouffre de la Pierre Saint-Martin à la base du puits Lépineux, une verticale de 308 m. Entre-temps Cosyns s'est entouré

d'une équipe constituée de scientifiques et de spéléologues pyrénéens que lui envoie Casteret. Tout est prêt pour la grande aventure.

Pendant trois années, l'exploration du gouffre de la Pierre Saint-Martin constitue une véritable saga et un événement médiatique d'autant qu'un accident mortel endeuille les explorations. En 1953 le fond du gouffre semble atteint dans une immense salle, la salle de la Verna, à 3 km de la base du puits et 728 m de profondeur.

L'histoire aurait pu s'arrêter là pour longtemps, mais quelques-uns, peu spéléologues pour la plupart, ont voulu continuer l'aventure. En même temps des équipes espagnoles commencent à prospecter les immenses étendues de lapiaz au sud du massif. En 1961, la suite aval

Gouffre de la Pierre Saint-Martin, Salle de la Verna. Gouffre de la Pierre Saint-Martin, Salle de la Verna. Photograph Brice Maestracci





Puits de 330 m dans la grotte de l'Ours. *A 330 meter-deep pit in grotte de l'Ours.* Photograph Alain Bressan

The mountain itself is sparsely and seasonally populated with sheep farms and ski resorts. Villages have only a few hundred inhabitants and are located in valleys on the periphery of the massif.

THE PSM - LARRA KARST

The PSM - Larra karst is the result of a long geological history that starts in the Devonian, more than 350 Ma ago. The region is characterized by 2 large sedimentation periods (Devonian/Lower Carboniferous and Upper Cretaceous) followed by 2 orogenies: the Variscan Orogeny and the Pyrenean Orogeny. Cavers are therefore able to see up close the superposition of 2 mountain chains: the Pyrenees in which they descend, and the Hercynian (or Variscan) through which the underground rivers flow.

The main karstification period started about 10 Ma ago and accelerated with the arrival of glacial periods 1 Ma ago. Karst was formed following the dip of the primary bedrock (mostly shale and sandstone) that was eroded and flattened before the deposition of limestone and tilted from south to north. Hence the karst waters all resurge in the northern valleys on the French side, in 2 large groups of resurgences on the western and eastern slopes of the massif, respectively. The western slope is the larger and features in its Paleozoic substrate calcareous Devonian/Carboniferous beds that are responsible for the formation of great underground spaces when in contact with the Cretaceous beds.

Infiltration waters formed networks of pits and passages in the Cretaceous limestone, then at the contact with the Paleozoic substrate they collected in large and long passages that characterize the active PSM - Larra karst

systems. Cave exploration has revealed 12 major underground conduits that constitute 4 distinct but interconnected hydrological systems.

CAVE EXPLORATION

Exploration started at the beginning of the 18th century and accelerated at the end of the 19th century with the naturalist period and then the arrival of E. Fournier and E.-A. Martel on the massif. It was continued by M. Cosyns, assisted by N. Casteret and some fellow Belgian cavers in the 1930s. Cosyns was the first to envision the existence of a whole system of large caves under the mountains. Later, the hydrogeologist Ravier laid the scientific groundwork for the research of several generations of cavers. Cosyns' studies led in 1950 to the discovery of the Gouffre de la Pierre Saint-Martin at the bottom of the Puits Lépineux, a 308-m-deep pit. Meanwhile, Cosyns gathered around him a team of Pyrenean scientists and cavers sent by Casteret. All was set for a great adventure.

For 3 years, the exploration of the Gouffre de la Pierre Saint-Martin turned into a real saga and media event, all the more so due to a fatality that cast a shadow over the explorations. In 1953, the bottom was thought to have been reached in a huge room, Salle de la Verna, 3 km from the bottom of the entrance pit and at -728 m.

The story could have ended there, but a few people, mostly inexperienced cavers, chose to continue the adventure. At the same time, Spanish teams started to explore the huge limestone karrens to the south. In 1961, the downstream continuation of the Gouffre de la Pierre Saint-Martin was discovered after an 80-m climb. For 5 years, French-Spanish teams explored this continuation consisting of narrow meanders and wet pits. In 1965, the definitive

du gouffre de la Pierre Saint-Martin est découverte après une escalade de 80 m. Pendant 5 années, des équipes franco-espagnoles explorent cet aval fait de méandres étroits et de puits arrosés. En 1965, le fond, cette fois-ci irrémédiable, est atteint à -1006. C'est la deuxième fois au monde que la cote -1000 est dépassée.

Les recherches se poursuivent aussi dans la partie amont du gouffre, en remontant la rivière souterraine mais aussi en recherchant de nouveaux accès en surface. En 1966 une deuxième entrée, le gouffre de la Tête sauvage, est découverte loin en amont du puits Lépineux. Cette année 1966 marque la fin d'une époque et le début d'une autre: les équipes sont plus jeunes, plus nombreuses, plus mobiles, un peu mieux équipées, mais elles sont surtout à la recherche d'autres méthodes d'exploration. La Pierre Saint-Martin devient ainsi un véritable laboratoire spéléologique dans la deuxième moitié des années 1960.

Gouffre de la Pierre Saint-Martin, le Métro. *Gouffre de la Pierre Saint-Martin, the Subway*. Photograph Brice Maestracci



Les techniques d'exploration évoluent, et avec elles la conception même et l'organisation des expéditions. Les premiers essais de remontée sur corde seule commencent en 1967. Cette technique se généralise dès 1970, date à laquelle, pour la première fois à la PSM, un gouffre de 400 m de profondeur est exploré uniquement sur corde en équipe légère. De son côté, l'activité se structure avec les débuts d'une coordination organisée par l'ARSIP¹ pour le collectif spéléologique de la PSM - Larra, mais aussi pour gérer la spéléologie sportive.

Nouvelles techniques, meilleur matériel, nouvelle organisation, équipes nombreuses et mieux formées, tout cela explique la somme des découvertes de 1970 à nos jours. Mais il y a un autre aspect de la recherche sur le massif PSM - Larra: chaque découverte est analysée. Elle est replacée dans les modèles géologiques et hydrologiques du moment. Cela peut être à l'origine d'hypothèses et ouvrir de nouvelles voies de recherche. Ainsi, au début des années 1980, une nouvelle grande rivière souterraine (la rivière Z) est déjà tracée hypothétiquement sur carte avec ses affluents et ses diffluences avant d'être physiquement découverte!

Concentrées d'abord sur la partie la plus accessible du karst, les recherches s'étendent rapidement à l'ensemble des zones. Les équipes spéléologiques venues essentiellement de France, d'Espagne et de Belgique multiplient les découvertes. Les années 1970 à 2000 voient la découverte de grands gouffres assez identiques à celui de la PSM dans leur formation: B3, Lonné Peyret, Anialarra, Couey Lotge, BU 56, Tobozo, Partages, UK 4, Soudet, Romy, Arrestelia ou complètement différents comme la grotte d'Arphidia qui se développe dans les calcaires primaires. Quatre d'entre eux dépassent les 1000 m de profondeur.

À partir des années 1990, les escalades systématiques, les plongées fond de trou ou profondes en résurgence (-150 m à Laminako Zilao), de nouvelles topographies plus précises et les désobstructions permettent de repousser encore les limites. Actuellement, les recherches spéléologiques ont révélé un cumul de 475 km de puits, galeries, salles et rivières souterraines et le potentiel est encore considérable.

Chaque année, 200 à 250 spéléologues venus de France, d'Espagne et de Belgique poursuivent l'aventure et tissent une toile qui ne cesse de grandir sous le massif. La PSM - Larra est aussi un terrain réputé pour la pratique de la spéléologie sportive en grandes cavités et les pratiquants de ce type d'activité sont, peu à peu, devenus plus nombreux que les explorateurs.

LES GRANDES CAVITÉS DU MASSIF DE LA PIERRE SAINT-MARTIN - LARRA

Plus de 1800 cavités figurent dans l'inventaire spéléologique du massif de la PSM. Les plus importantes figurent dans le tableau en haut de la page suivante.

1. Association pour la recherche spéléologique internationale à la Pierre Saint-Martin (ARSIP) - <http://arsip.fr/>

2. Fédération française de spéléologie

	Profondeur Length	Développement Depth
Pierre Saint-Martin - Partages	1 410 m	87 350 m
Las Puertas de Illamina - (BU56 - A60)	1 360 m	> 30 000 m
Réseau de Soudet	1 188 m	10 745 m
Système d'Anialarra	853 m	49 000 m
Arrestelia	835 m	59 600 m
Réseau Lonné Peyret - Bourrugues	831 m	34 244 m
AN8	819 m	9 190 m
Gouffre du Couey Lotge	733 m	8 700 m
UK 4 - Sima de Ukerdi Abajo	717 m	5 285 m
Grotte d'Arphidia	712 m	22 573 m
Gouffre Romy	699 m	8 060 m
Grotte de l'Ours	556 m	5 990 m
Chipi Josetteko Leze Handia	553 m	3 500 m
E2000	530 m	3 200 m
Z127 - Sima Garibal	530 m	1 490 m
Sima del Tobozo	522 m	7 520 m
Sima de la Quietud	503 m	1 000 m



Les grandes cavités PSM - Larra (01/01/2022). *Big caves of PSM - Larra systems.* Photograph Brice Maestracci

bottom was reached at -1,006 m. It was the second time in the world that the -1,000 m mark was exceeded.

Exploration continued upstream as well, following the underground river, as well as looking for new entrances on the surface. In 1966, a second entrance, the Gouffre de la Tête Sauvage, was discovered far upstream from the Puits Lépineux. That year marked the end of one era and the beginning of a new one: teams became younger, more numerous, more mobile, a bit better equipped, and above all they were in search of new exploration techniques. The Gouffre de la Pierre Saint-Martin became a true caving laboratory in the second half of the 1960s. Exploration techniques evolved, along with the design and organization of expeditions. The first single-rope ascent trials started in 1967. The technique became mainstream as soon as 1970 when, for the first time at the PSM, a 400 m-deep pit was explored with only rope and a small team. Caving became structured with the debut of coordination by ARSIP¹ for the caving collective of the PSM - Larra. ARSIP would also manage sport caving.

New techniques, better equipment, new organization, and more numerous and better-trained teams all explain why there have been so many discoveries between 1970 and today. But there is another important aspect of the PSM - Larra studies: every discovery is analyzed. It is contextualized geologically and hydrologically. This can generate new hypotheses and methods of investigation. Thus, at the beginning of the 1980s, a large new underground river (the Rivière Z) was drawn on the map as a hypothesis, with its infeeders and distributaries before even being physically discovered!

First focused on the most easily accessible part of the karst, investigations quickly spread to the entire area.

Caving teams coming mostly from France, Spain and Belgium made discovery after discovery. Between the 1970s and the 2000s, large caves were discovered whose development resembled that of the PSM: B3, Lonné Peyret, Anialarra, Couey Lotge, BU 56, Tobozo, Partages, UK 4, Soudet, Romy, Arrestelia; or were completely different such as Grotte d'Arphidia which develops in the primary limestones. Four of them exceed 1 000 m depth.

From the 1990s, systematic climbs, dives at the bottom sumps or deep resurgence dives (-150 m in Laminako Zilola), new, more accurate surveys, and digging techniques have made it possible to push the boundaries even further. Currently, speleological exploration has revealed a total of 475 km of pits, passages, rooms and underground rivers, and the potential remains considerable.

Every year, 200 to 250 cavers from France, Spain and Belgium continue the adventure and weave a web that never stops growing under the massif. PSM - Larra is also a renowned location for sport caving in large caves and the number of adherents has become progressively larger than that of explorers.

GREAT CAVES OF THE PIERRE SAINT-MARTIN – LARRA MASSIF

The speleological inventory of the PSM massif features more than 1,800 caves. The most significant ones are displayed in the table above.

Le réseau des Chuats

par François Landry¹



Gouttières du synclinal et ses failles avec en arrière-plan les hauts plateaux du Vercors. Font d'Urle/Lente syncline and faults with the Vercors plateau in the background. Photograph Jacques Mariette

Situé au sud de la partie occidentale du Vercors, sur le plateau de Font d'Urle (Drôme), le réseau des Chuats, exploré depuis 2002, avec ses cinq entrées, développe actuellement 45 km. Il s'étend sur plus de 4 km dans l'une des gouttières du synclinal de Font d'Urle/Lente. Les galeries principales, collecteur de Quint, rivière d'Or, collecteur des Spéléonautes et Spéléonautes 2, collecteur de l'Armée rouge et Spéléo-Drôme s'organisent en suivant un faisceau de failles partant des falaises de Quint au sud et vers le col de la Chau au nord-ouest. Les actifs principaux, rivière d'Or et rivière de Platine résurgent aux sources d'Arbois dans les gorges de la Bourne situées à 23 km à vol d'oiseau.

LE DÉBUT DE L'EXPLORATION

C'est par le scialet des Chuats 2 que s'écrit l'histoire de ce réseau. Après la descente du puits d'entrée, fortement ventilé par un courant d'air en moyenne de 500 l/s, le spéléologue prend pied dans une salle large de 30 à 50 m et longue de 100 m. Son sol est encombré par un éboulis. Un passage, à travers les blocs, mène à la Voie royale; large puits de 90 m débouchant dans de vastes galeries (Inter club, collecteur de Quint, réseau des Chats perchés). La visite du collecteur de Quint permet d'appréhender l'ampleur du réseau. La progression jusqu'au terminus Aladin est très accessible au spéléologue confirmé. Les premiers explorateurs, pour atteindre cet endroit (le plus au sud du réseau), durent passer par un autre accès: le réseau Historique. Au cours de longues sorties, ils franchirent des galeries étroites et humides puis rampèrent dans la boue du siphon désamorçé de -213.

L'ENTRÉE HAUTE

Le scialet Abel (point haut du réseau) est un gouffre typique du Vercors avec ses étroitures en sommet de puits, ses méandres étroits et humides, ses grandes verticales. Sa découverte facilite l'accès à la Rivière d'or, dont l'exploration reste jusqu'alors soumise au désamorçage des siphons temporaires. La particularité de cette rivière est son sol

recouvert d'un plancher stalagmitique orange. Parcourir cette galerie haute de 15 à 20 m et large en moyenne de 3 m est un enchantement. Le peu d'obstacle rencontré sur 600 m de son parcours permet une promenade pendant laquelle le regard s'attarde sur les formes, les remplissages et le concrétionnement rencontrés. Peu après la jonction avec le scialet Abel, la galerie devient une impressionnante conduite forcée, qui 200 m plus loin, bute sur le siphon du « Boue » dont le franchissement est rendu difficile par une absence totale de visibilité.

C'est en passant par le scialet Abel que les plongeurs, accèdent rapidement au siphon terminal (siphon du Boue). Après plusieurs séances, ils découvrent les galeries du Paradis, la suite de la Rivière d'or et le collecteur fossile des Spéléonautes. La Rivière d'or se termine après un parcours de 450 m sur siphon (Princesse et la Grenouille). En 2017, celui-ci sera plongé en combinaison étanche sur 400 m avec un point bas à -30 m. Le plongeur stoppera sur une vue à -35 m d'une belle conduite forcée. Ensuite les galeries du Paradis sont explorées. Le siphon de Bois vert est repéré lors d'une plongée dont l'objectif était le relevé topographique. La découverte du siphon désamorçé permet l'exploration du collecteur des Spéléonautes. Avançant inexorablement vers l'est puis le nord, les plongeurs stoppent leur progression après un parcours de 1500 m sur une trémie barrant la galerie.

L'ACCÈS AUX GALERIES INACCESSIBLES

L'exploration est relancée grâce à la découverte et à la désobstruction du scialet des Fleurs blanches. Il permet l'accès au collecteur, jusqu'ici réservé aux plongeurs. Dans ce scialet vertacomoricorien, défilent de nombreuses équipes de spéléologues attirés par ce vieux collecteur fossile et avides de découvertes. Après le franchissement de deux bassines (bassines des Plongeurs) le collecteur se présente sous la forme d'une belle et large conduite forcée, au sol tapissé de sable fin et au plafond ponctué de coupoles d'érosion immaculées d'un concrétionnement d'une blancheur contrastante. Creusée à la faveur des failles, cette impressionnante galerie se parcourt sans

The Chuats system

by François Landry¹

Located on the southwestern flank of the Vercors massif on the Font d'Urle plateau (Drôme), the Chuats system, under exploration since 2002, features 5 entrances and is about 45 km long. It covers more than 4 km of the Font d'Urle/Lente syncline. The main passages (Quint collector, Rivière d'Or, Spéléonaute collector, Spéléonaute 2, Armée Rouge collector and Spéleo-Drôme) develop along fault lines that start from the Quint cliffs in the south and head to the Chau pass to the northwest. The main active passages (Rivière d'Or and Rivière de Platine), resurge at the Arbois springs of the Bourne Gorge 23 km away.

BEGINNING OF EXPLORATION

The Scialet des Chuats 2 is the starting point of the history of this system. After passing through the entrance pit, highly ventilated with an airflow of about 500 L/s, cavers step into a large room about 30 to 50 m wide and 100 m long. Its floor is filled with scree. A passage leads to the "Voie Royale" through boulders: a large, -90- deep pit leading to large passages (Inter Club, Quint collector, Chats Perchés network). Visiting the Quint collector helps reveal the system's extent. Progress to the Aladin terminus is easy for an experienced caver. To get to this point (the system's southernmost point), the first explorers had to take a different passage: the Historic Route. During long trips, they came across narrow and damp passages, then crawled through the mud of the open sump at -213 m.

THE HIGH ENTRANCE

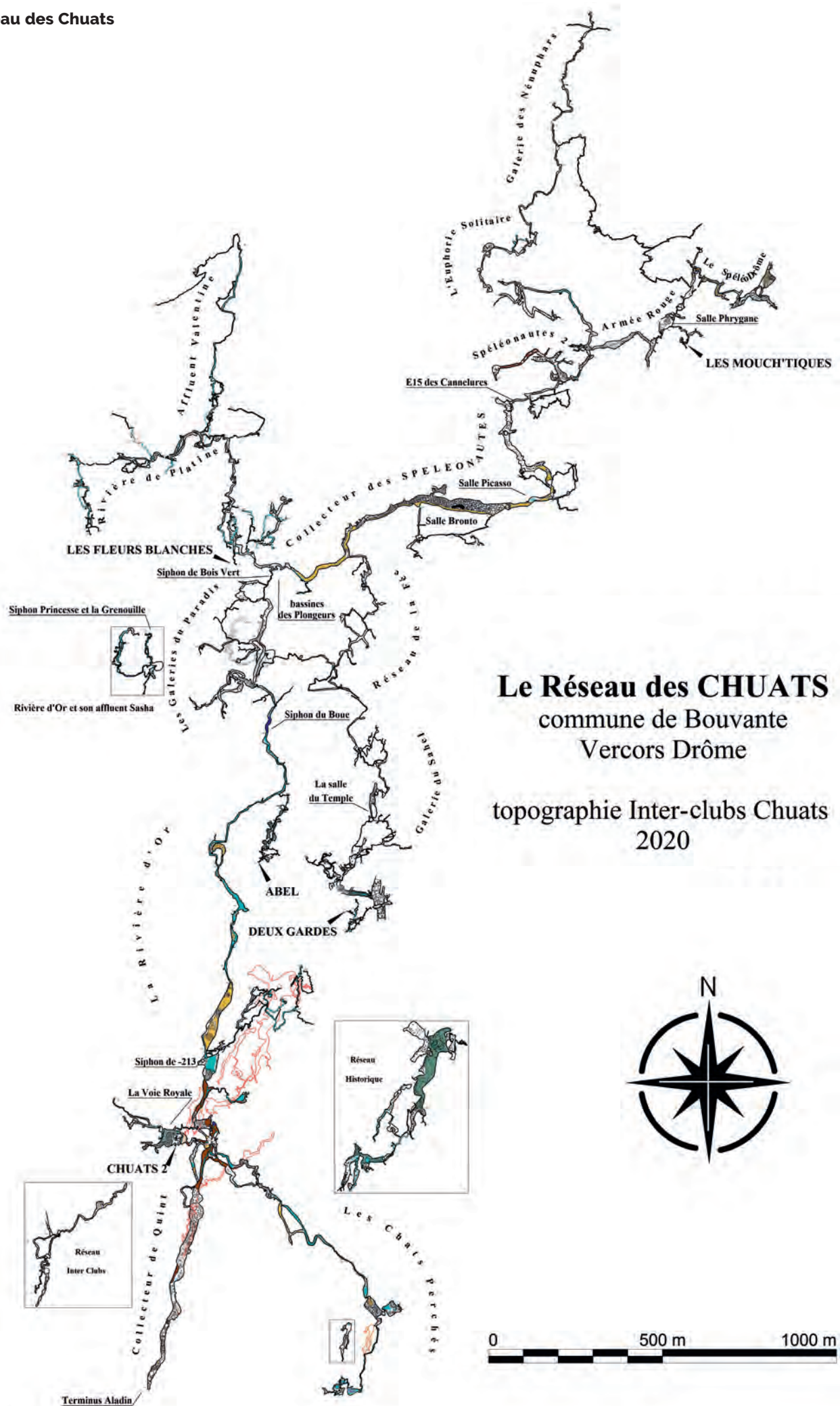
The Scialet Abel (the system's highest point) is a typical Vercors pit featuring narrow passages at the top, narrow and damp meanders and deep vertical pits. Its discovery eased access to the Rivière d'Or, whose exploration depended until then on the opening of temporary sumps. A peculiarity of the Rivière d'Or is that its floor is covered with an orange-coloured flowstone. Wandering across this 15- to 20-m- high and roughly 3-m- wide passage is magical. The fact that few obstacles get in the way during the 600 m trip allows visitors to focus on the shapes, sediments, and formations that one comes across. Shortly after connecting to the Scialet Abel, the passage becomes an impressive conduit that ends 200 m further in the Boue sump; its crossing is made difficult by a total absence of visibility.

It is through the Scialet Abel that divers got quicker access to the terminal sump (the Boue

sump). After several trips, they discovered the Paradis passages, the continuation of the Rivière d'Or and the Spéléonautes fossil collector. The Rivière d'Or ends in a sump after 450 m (the Princesse et Grenouille sump). In 2017, this sump was explored with a dry suit to a length of 400 m and a depth of 30 m. The diver stopped after encountering a constriction at -35 m. Exploration of the Paradis passages followed. The Bois Vert sump was spotted during a dive whose objective was topographical mapping. Discovery that the sump was open allowed the exploration of the Spéléonautes collector. Relentlessly progressing east then north, the divers stopped after 1500 m when they stumbled on a cave-in blocking the passage.



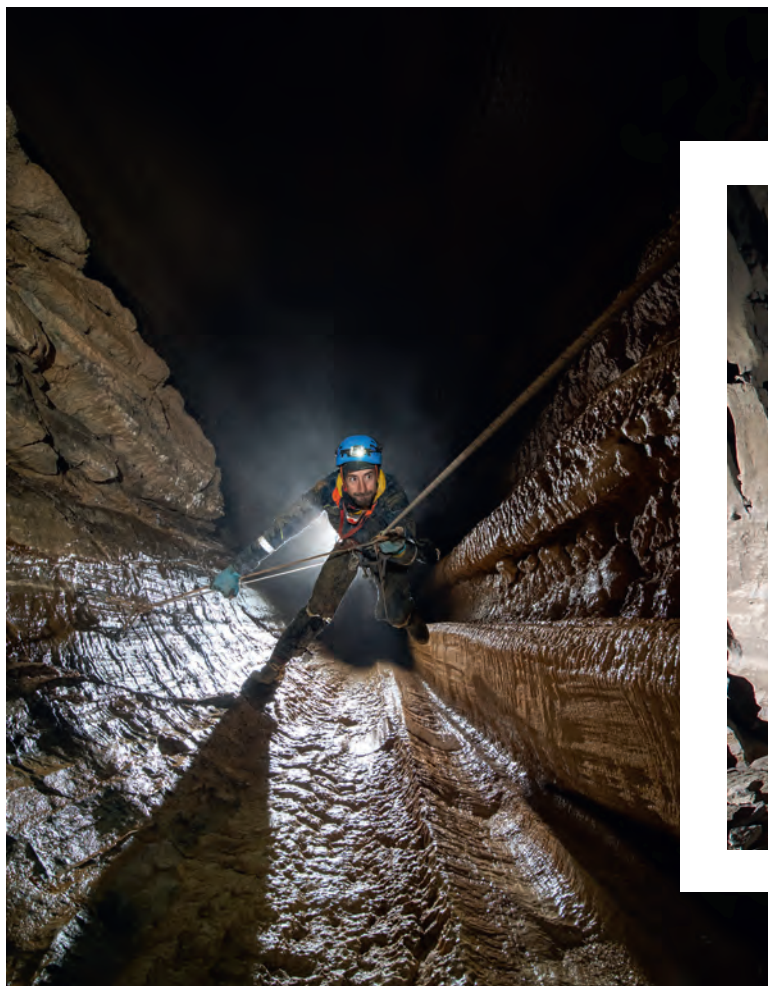
La Voie royale. *La Voie royale.*
Photograph Alex Lopez





Salle Picasso. *Picasso chamber*. Photograph Nicolas Baudier

Puits de 30 m au scialet Abel. *A 30-meter pit in scialet Abel*. Photograph Alex Lopez



Collecteur des Spéléonautes. *The speleonauts' collector*. Photograph Thierry Aubé

L'escalier de service. *Back stairs*. Photograph François Landry



Collecteur
de Quint.
*Collecteur
de Quint.*
Photograph
François
Landry



grande difficulté. Après avoir traversé la salle Bronto, puis la salle Picasso, le spéléologue bute sur la trémie barrant complètement le passage vers le nord. Peu avant, une escalade (E 15 des Cannelures) prolongée par de petites galeries mène à la suite du réseau ; les Spéléonautes 2 et le collecteur de l'Armée rouge sont explorés. De nombreux réseaux annexes sont également découverts suite à de longues explorations menées par un groupe plus restreint de spéléologues. L'équipe ayant désobstrué l'entrée des Fleurs blanches explore la rivière de Platine et ses nombreux affluents. Cette circulation d'eau souterraine est le second actif important du réseau qui bute sur siphon. Le spéléologue qui parcourt cette rivière est enchanté par les nombreuses petites cascades qui agrémentent ce méandre humide.

Les découvertes dans le réseau deviennent de plus en plus difficiles. Les expéditions nécessitent un nombre plus important d'heures souterraines dans l'humidité et le froid. Une nouvelle entrée plus au nord rendrait plus facile les explorations. La progression d'un affluent remontant vers la surface va à nouveau souder les équipes.

L'ouverture du scialet des Mouch'Tiques est menée avec enthousiasme par des spéléologues très motivés. Mettant la salle Phrygane à moins d'une heure, ce nouvel accès relance les explorations vers le nord du réseau. C'est ainsi que la galerie de L'Euphorie solitaire et le collecteur du SpéleoDrôme sont découverts. Ce collecteur richement concrétionné est protégé par un siphon qui se désamorce à l'été. Il est la suite logique du collecteur de l'Armée rouge. Actuellement, les recherches sont concentrées sur cette partie du réseau, des désobstructions et des escalades sont entreprises dans le but de poursuivre plus au nord le développement de la cavité.

DÉCOUVRIR LE RÉSEAU

Le réseau des Chuats nous offre plusieurs traversées. La plus agréable réalisable par tous les spéléologues autonomes est la traversée Fleurs blanches/Mouch'Tiques. Après avoir franchi les puits et les méandres du scialet des Fleurs blanches, la progression dans le collecteur des Spéléonautes, par son ampleur représente le graal de tout spéléologue. Cette promenade se poursuit alors par

le collecteur de l'Armée rouge vaste galerie qui débouche dans la salle Phrygane. Sur le flanc de l'une des parois de cette salle tectonique s'ouvre l'Escalier de service, qui mène par une succession de petits méandres et de petits puits à la sortie des Mouch'Tiques.

Pour des spéléologues confirmés la seconde traversée, scialet Abel/Chuats permet la découverte du gouffre le plus beau du secteur, la remontée d'une très belle rivière avec sur le final, ses bassins profonds. et en apothéose l'ascension de la Voie royale.

Enfin pour les experts, la plus complexe et exigeante, la traversée des Deux Gardes/Mouch'Tiques : elle présente toutes les facettes de notre activité sportive. Au parcours sinueux, elle demande beaucoup d'endurance. La variété de ses paysages comblera, le spéléologue averti. Après les passages étroits du scialet des Deux Gardes, puis la progression des galeries et obstacles verticaux menant jusqu'à la salle du Temple, le spéléologue découvre les galeries du Sahel et le réseau de la Fée dont la jonction avec le collecteur des Spéléonautes se réalise rive droite. Ainsi cette traversée se prolonge dans l'une des plus belles parties du réseau.

L'exploration de ce réseau est menée par un collectif : Inter-clubs-Chuats. Il est composé d'environ 110 spéléologues provenant de différents clubs de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Sur une liste de communication, les dates et les propositions de sorties sont diffusées à l'ensemble de la communauté. Chacun peut se joindre et participer aux différents objectifs fixés : équipement, désobstruction, topographie, photographie, escalade etc.

Toujours en cours d'exploration, cette cavité est toujours équipée. Aussi pour nos amis spéléologues visiteurs, merci de prendre contact avec nous afin de nous permettre de comptabiliser les passages sur les cordes. La possibilité de laisser une petite participation financière pour entretenir le matériel est la bienvenue. speologie26@nbsport.fr

1. FFS, Explorateur coordinateur Inter-Clubs Chuats / FFS, Explorer, Inter-Clubs Chuats coordinator

ACCESSING THE INACCESSIBLE PASSAGES

Exploration was restarted thanks to the discovery and opening of the Scialet des Fleurs Blanches. It provided access to the collector that was previously only accessible to divers. Many teams of cavers then entered this Vercors pit, attracted by the old fossil collector and eager to make discoveries. After getting through two pools (Bassines des Plongeurs), the collector appears in the form of a nice, wide streamway with its floor covered with fine sand and its ceiling dotted with cupolas decorated with contrasting white flowstone. Developed along fault lines, this impressive passage is easily traversed. After crossing the Salle Bronto and the Salle Picasso, the cavers hit the cave-in blocking the passage to the north. Shortly before the end, a climb (E15 des Cannelures) followed by small passages led to the rest of the system, and to the exploration of the Spéléonautes 2 and of the Armée Rouge collector. Many side passages were discovered following long explorations led by a limited number of cavers. The team that dug open Fleurs Blanches explored the Rivière de Platine and its many infeeders. This underground stream was the system's second major active passage that ended at a sump. Cavers exploring this river were delighted by the many small waterfalls dotting this wet meander.

Discoveries in this system became more and more difficult. Expeditions spent more time underground in the damp and cold. Another entrance to the north would make explorations easier. The exploration of an infeeder leading to the surface brought the teams back together.

The opening of Scialet des Mouch'Tiques was performed with enthusiasm by highly motivated cavers. Less than an hour away from the Salle Phrygane, this new entrance revived explorations to the north. The Euphorie Solitaire passage and the Spéleo Drôme collector were then discovered. The highly decorated collector is protected by a sump that opens at low water levels. It is the logical continuation of the Armée Rouge collector. Currently, investigations focus on this part of the system, with digging and climbing performed to continue the exploration of the cave to the north.

OVERVIEW OF THE SYSTEM

The Chuats system features several through trips. The most enjoyable one, which can be performed by any competent caver, is the Fleurs Blanches/Mouch'Tiques through trip. After one negotiates the pits and the Fleurs Blanches meanders, the continuation into the Spéléonautes collector is the Holy Grail of all cavers. This trip continues into the Armée Rouge collector, a vast passage that leads into the Salle Phrygane. On the side of one of this tectonic room's walls opens the Escalier de Service that leads to the Mouch'Tiques exit through a succession of small meanders and pits.

The other through trip (the Abel/Chuats traverse) lets experienced cavers enjoy the system's most beautiful pit and go upstream in a lovely river ending with deep pools. The grand finale is the Voie Royale ascent.

Finally, for expert cavers, the most complex and demanding through trip, the Deux Gardes/Mouch'Tiques traverse, features all aspects of caving. Its winding ways



P25 des Fleurs Blanches. P25 des Fleurs Blanches.
Photograph Thierry Aubé

require stamina. The variety of its landscapes will delight expert cavers. After the narrow passages of the Scialet des Deux Gardes and the series of galleries and vertical obstacles leading to the Salle du Temple, cavers enter the Sahel passages and the Réseau de la Fée, whose connection with the Spéléonautes collector is encountered on the right bank. This through trip then leads to one of the most beautiful parts of the system.

The exploration of this system is led by a collective: Inter-clubs-Chuats. It is made up of about 110 cavers from different clubs in the Auvergne-Rhône-Alpes region. Dates and trips are announced to the whole community through a mailing list. Anyone can join and participate in the different objectives: rigging, digging, topography, photography, climbing, etc.

Still under exploration, this cave is always rigged. Fellow visiting cavers, please contact us to help us keep track of rope use. There is an option to leave a small financial donation to help maintain the equipment, which is very welcome. speleologie26@nbsport.fr

Le réseau de Balacha

Flaine – France

par David Cantalupi¹ et Patrick Noël²



Le lapiaz de Balacha sous lequel se développe le réseau. *Balacha karren in which the system develops.* Photograph David Cantalupi

Le massif de Platé est l'un des karsts les plus élevés des Alpes occidentales. Situé en Haute-Savoie, perché entre les vallées de L'Arve et du Giffre, il culmine à 2636 m d'altitude à l'aiguille rouge de Varan.

Cette étendue karstique est divisée en quatre bassins versants. Celui qui nous intéresse, le bassin de Flaine / les Carroz, culmine au sommet des Grandes Platière à 2480 m. La résurgence est située au niveau de la vallée de l'Arve, à l'altitude de 500 m, ce qui offre un potentiel hydrologique de 1980 m. Parmi les drains qui le composent, le réseau de Balacha est certainement une des plus belles classiques françaises dans la catégorie gouffres alpins, un incontournable !

Ce réseau est situé dans la partie haute du bassin de Flaine ; c'est là que la neige s'accumule au cours de l'hiver et forme des glaciers parfois impressionnantes. Si le réchauffement climatique est une problématique mondiale avérée, il faut bien reconnaître que du point de vue spéléologique cela offre de nouvelles perspectives. Toutes les entrées ont pu être explorées après le recul des glaces. L'exploration du réseau date de ces vingt dernières années, mais toutes les entrées avaient été repérées par nos prédécesseurs avec des arrêts sur neige dans les premiers puits.

L'histoire du gouffre Cristal remonte au 6 octobre 2001. À cette époque, le Spéléo-club du Mont-Blanc est actif principalement de l'autre côté de la vallée de l'Arve, sur les Aravis. C'est à l'invitation de Noël Porret, que nous débarquons sur l'Arbaron pour la reprise du gouffre éponyme, puis nous franchissons le col en direction des grands lapiaz. Nous explorons d'abord un gouffre sur le lapiaz sous Grand Grenier, le gouffre de l'Aulp de Vérant (-149 m/387 m). À la

suite de cette première réussite, nous traversons le lapiaz vers le nord-est pour rejoindre le lapiaz du Priabonien alors vierge de gouffre d'ampleur...

LE GOUFFRE CRISTAL ET LE MIDNIGHT EXPRESS, LA GÉOLOGIE, À TRAVERS UN LIVRE MINÉRAL

Sous nos bottes se trouve toute la puissance des calcaires karstifiables de ce coin des Alpes, soit un empilement de près de 600 m de roches sédimentaires.

Chapitre premier : le Priabonien

Ces gouffres s'ouvrent dans les calcaires du Priabonien, dont la puissance n'excède pas quelques dizaines de mètres. Cette première épaisseur est traversée d'une traite par des puits creusés sur une fracture bien marquée, pour venir buter sur les grès calcaires qui marquent la base de cette première série. Nous sommes dans la grande galerie d'entrée. À l'amont, nous apercevons le ciel en passant sous l'entrée du A202, croisons de gros névés qui peuvent complètement obstruer le passage en fonction de l'enneigement hivernal. Cette importante galerie vient buter sur un éboulis à la base d'une nouvelle entrée, le A202_{bis}. C'est par cet éboulis que nous avons débouché du gouffre Midnight express dont l'entrée se situe quelque 42 m plus haut en altitude. Le Midnight express est le prolongement de la grande galerie du Cristal.

À l'aval, nous suivons également ces grès selon le pendage par une galerie méandriforme, entrecoupée par des petits puits ne dépassant pas les 10 m. Les grès calcaires du Priabonien jouent le rôle de niveau étanche, véritable

The Balacha System

Flaine – France

by David Cantalupi¹ and Patrick Noël²

The Platé massif is one of the Western Alps' highest karsts. In the Haute-Savoie Department, high up between the Arve and the Giffre valleys, it peaks with the Aiguille Rouge de Varan at 2,636 m.

This karst is divided into 4 drainage basins. The one we focus on here lies in the Flaine/Carroz basin that peaks with the Grande Platière mountain at 2,480 m. Its resurgence at the level of the Arve valley at an altitude of 500 m offers a hydrological potential of 1,980 m. Among its conduits, the Réseau de Balacha is certainly among France's top Alpine caves, a must-do!

This system lies in the upper part of the Flaine basin, where the snow piles up during winter and sometimes forms impressive ice caves. While global warming is a recognized world issue, we have to acknowledge that at the speleological level, it offers new perspectives. All entrances could be explored after the ice retreated. The exploration of this system started 2 decades ago, but all entrances that had been spotted by our predecessors were blocked with snow after the first pits.

The history of Gouffre Cristal dates back to October 6th, 2001. Back then, the Mont-Blanc Speleo-Club was mostly focused on the other side of the Arve valley, on the Aravis. Following Noël Porret's invitation, we started on the Arbaron to explore its eponymous cave, then crossed the pass towards the large limestone karren. We started our exploration with a cave on the Grand Grenier karren called the Aulp de Vérant (-149 m/387 m). After this first success, we crossed the karren to the northeast to meet the Priabonian limestone karren that was supposed to be devoid of any major-scale cave...

THE GOUFFRE CRISTAL AND THE MIDNIGHT EXPRESS, TEXTBOOK GEOLOGY

Under our feet lies a powerful limestone karst system specific to this part of the Alps, i.e., an accumulation of about 600 m of sedimentary rock.

Chapter 1: Priabonian

These caves open up in the Priabonian limestone, whose thickness does not exceed a few dozen meters. This first layer is cut completely through by pits formed along a well-marked fracture that ends on the calcareous sandstone that forms its base. This is the large entrance passage. Upstream, we can see the sky through the A202 entrance and cross big snowfields that sometimes completely block the way, depending on snow levels. This important passage is blocked by scree at the base of another entrance, the A202bis. It is through this scree that we exited via the Gouffre Midnight Express, whose entrance lies some 42 m above. The Midnight Express is the continuation of the great gallery of Cristal.

Downstream, we follow the sandstone vein's dip through a fissure-like passage interrupted by small pits no deeper than 10 m. The Priabonian calcareous sandstone layers form an impermeable base that is a true high-altitude collector, as it lies only a few dozen meters under the limestone karren. The first fracture perpendicular to the dip, in the Puits de l'Œil, captures the water collected on the sandstone. The water does not seem to reappear again thereafter. The Deux Guss fissure passage that is carved into the sandstone ends on a second fracture, in the Puits des Souhais (P18), whose base shows the distinctive strata of the underlying Senonian.

Chapter 2: Seewen limestone, the cavers' Senonian

Following the Puits des Souhais, the dip gets more vertical. Then comes the Puits Viennetta, where new water inlets adorn the descent. The water then disappears again through recent and narrow slots. Following the Traboule, the cave's first great pit opens with a drop of 80 m. Up to this point, the way has been human-sized, but then starts to get wider. A landing at -25 m offers us a choice. Once again, the older passage leads us to the rest of the cave. Through a short fossil fissure, a passage between parallel pits is easy to follow. We then rejoin the waters from the Réseau du Pape flowing down from the top of the Puits des Anses. Its bottom is marked by the contact with the Albian's black rock.

Chapter 3: Albian

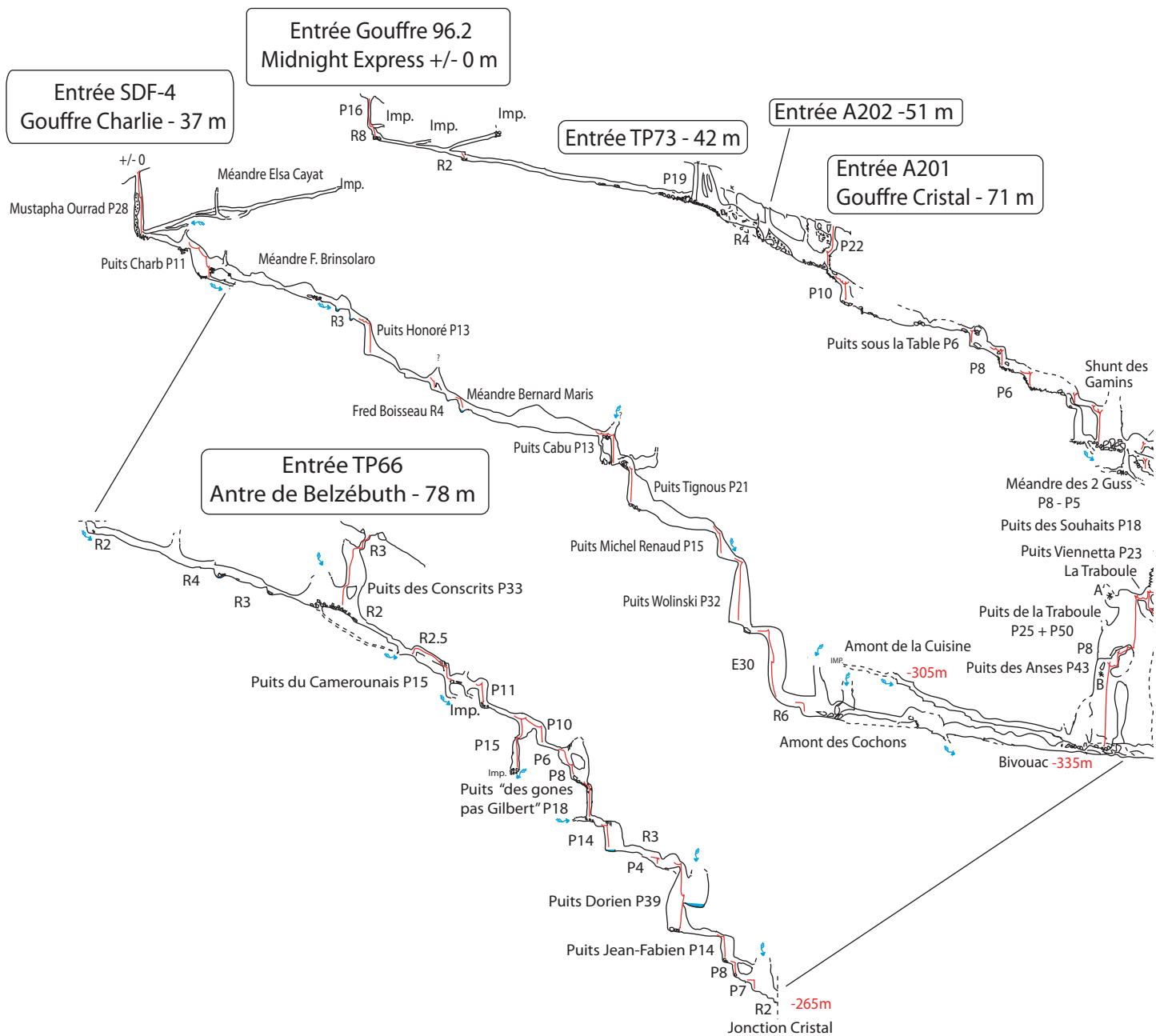
This thin layer, often less than 10 m thick in the Flaine basin, is easy to spot during the trip thanks to its dark brown colour that contrasts with the brighter colours of the laminated Senonian and the massive, bright grey beds of the underlying Urgonian. This layer is watertight, and the water only can get through due to a large fault with displacement. It plays an important role in collecting water from the upper layers.

We come out at the bottom of the Puits des Anses through a small window that overlooks an inter-section. On the opposite side is the Amont de la Cuisine tributary.

On the left, the Amont des Cochons in feeder flows on a north-south axis slightly transverse to the dip. After 200 m it rises through a series of shafts formed in the Senonian.

Downstream lies the Galerie Noir et Blanc. After crawling under a fallen boulder, we find a comfortable passage that is easy to follow. A few in feeders add to the flow. Formations are very active here and can be quite beautiful for a high-altitude cave.

A strike-slip fault halts our horizontal progress. An 11-m-deep pit cuts all the way through the Albian sandstone.



Coordonnées Système UTM 32 :

96-2 Midnight express : x : 323.837 y : 5096.220 z : 2275 m

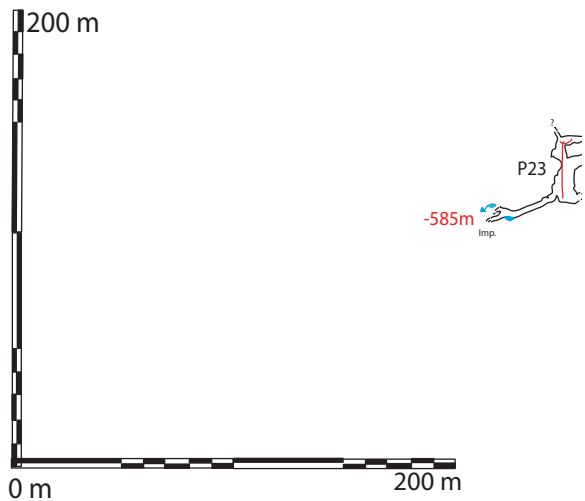
SDF4 Gouffre Charlie : x : 323.899 y : 5096.403 z : 2238 m

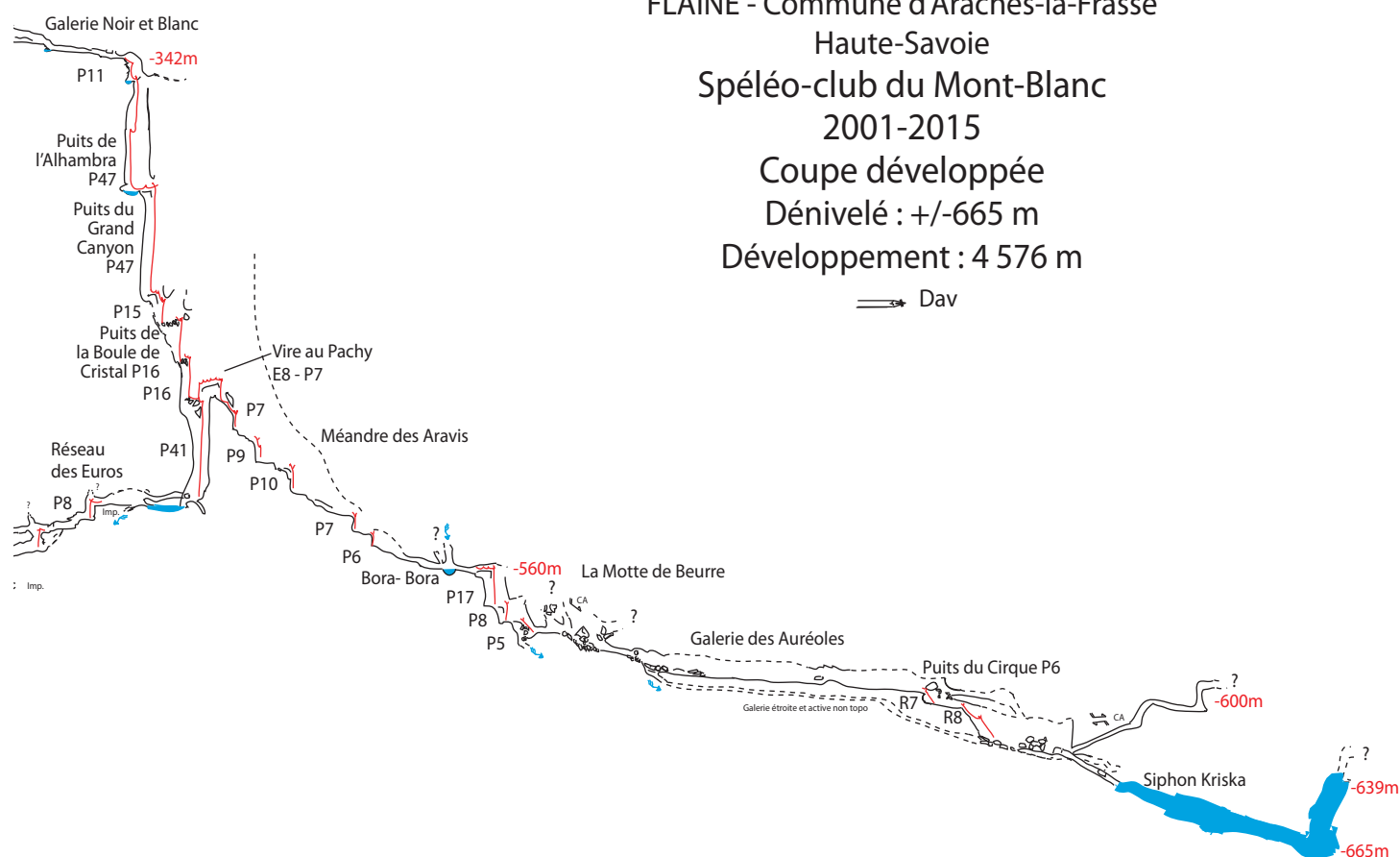
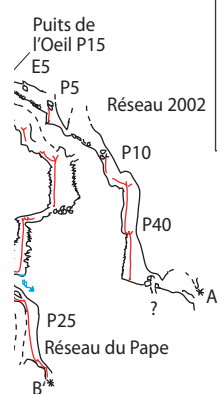
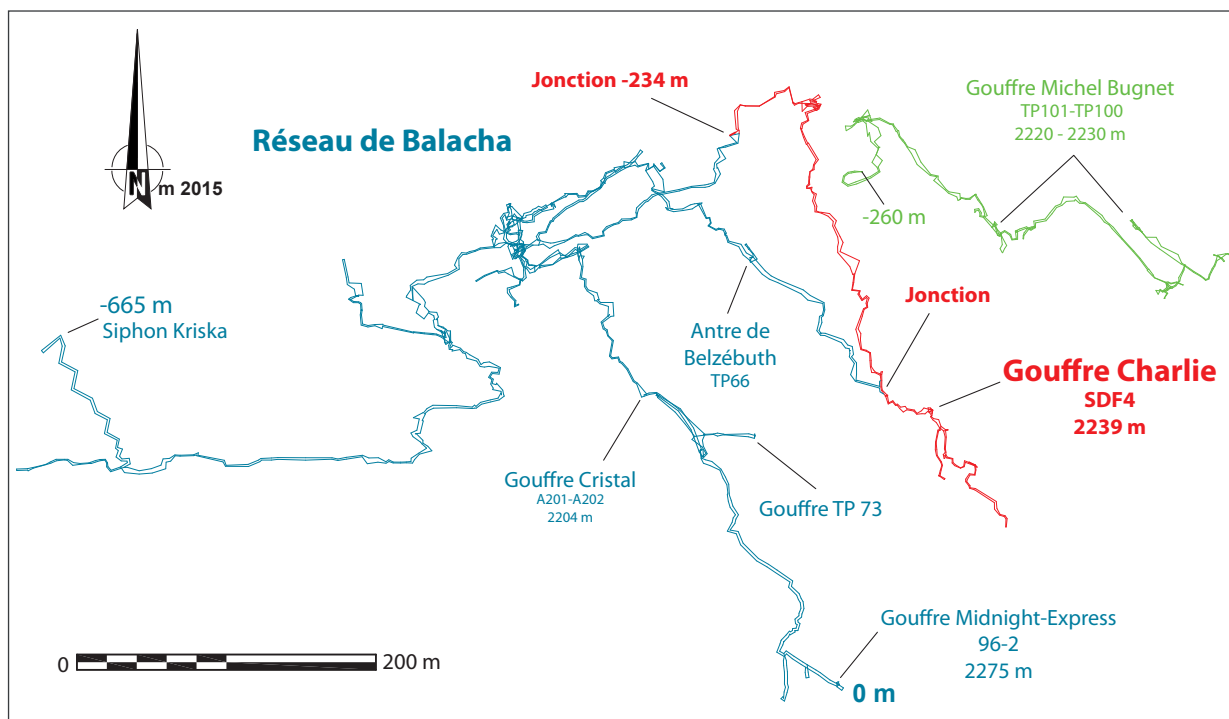
TP73 : x : 323.782 y : 5096.385 z : 2233 m

A 202 : x : 323.744 y : 5096.375 z : 2244 m

A 201 Gouffre Cristal : x : 323.716 y : 5096.413 z : 2204 m

Antre de Belzébuth : x : 323.772 y : 5096.517 z : 2197 m





petit collecteur haut perché en altitude, car ils sont seulement quelques dizaines de mètres sous le lapiaz. Une première fracture perpendiculaire au pendage dans le puits de l'Œil capture l'eau collectée sur les grès, celle-ci ne semble pas réapparaître par la suite. Le méandre des deux Guss est toujours sculpté dans les grès, puis celui-ci débouche à la faveur d'une seconde fracture dans le puits des Souhais (P18) dont la base laisse entrevoir les strates caractéristiques du Sénonien sous-jacent.

Chapitre deux: calcaires de Seewen ou le Sénonien des spéléologues

À partir du puits des Souhais, le creusement se fait plus vertical. S'ensuit le puits Viennetta, où des arrivées d'eau nouvelles viennent agrémente la descente. Mais cette eau disparaît à nouveau par des creusements jeunes et étroits. Après la Traboule, la première grande verticale du gouffre s'ouvre en un jet de 80 m. Jusqu'ici, le cheminement se fait à taille humaine, mais maintenant les parois s'écartent. Un palier à -25 m nous offre le choix de la suite. Encore une fois c'est l'option la plus ancienne en termes de creusement qui nous mène vers la suite du gouffre. Par un court méandre fossile, le passage entre des puits parallèles se fait sans difficulté. Nous retrouvons l'eau du réseau du Pape qui s'écoule depuis le sommet du puits des Anses. Le fond de celui-ci est marqué par le contact avec la roche noire de l'Albien.

Chapitre trois: l'Albien

Cet étage de faible épaisseur, souvent inférieure à 10 m, sur le bassin de Flaine, facilement repérable lors de la progression, par sa couleur marron sombre qui tranche avec les couleurs plus claires du feuilleté Sénonien et avec les bancs gris clair et massifs de l'Urgonien sous-jacent. Cet étage est étanche, l'eau ne le franchit qu'au profit d'une importante fracture à rejet. Il joue un rôle important de collecte des eaux des étages supérieurs.

Nous débouchons donc à la base du puits des Anses par une lucarne sur un carrefour. En face, c'est l'affluent de la Cuisine.

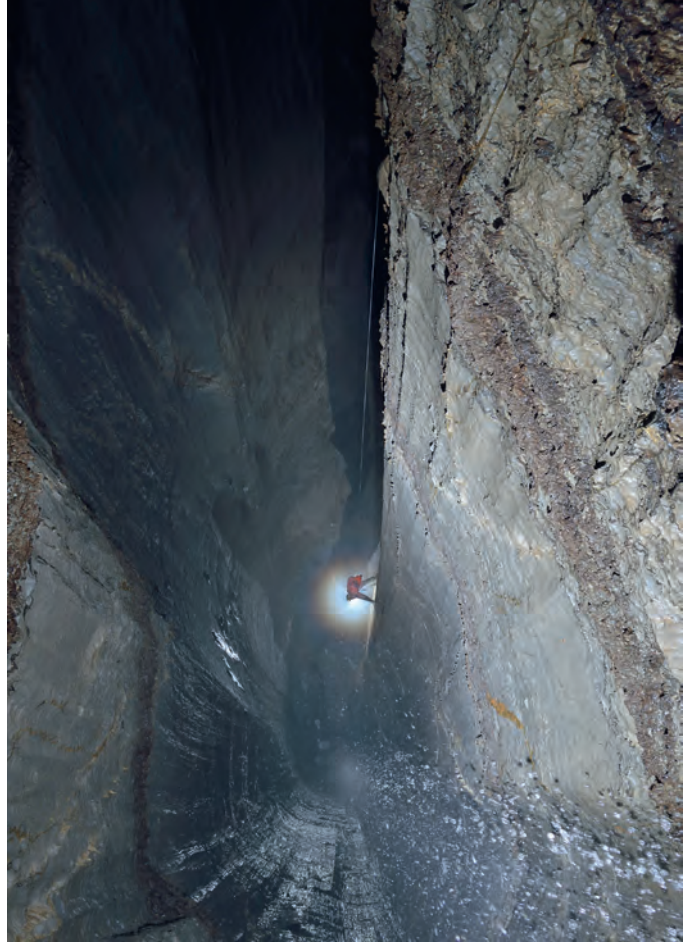
Sur la gauche, l'amon des Cochons coule sur un axe nord-sud légèrement transversal au pendage. Il vient buter sur des puits remontants creusés dans le Sénonien au bout de 200 m.

À l'aval, c'est la galerie Noir et blanc. Après une reptation sous un bloc décollé, nous retrouvons une galerie confortable qu'il est aisé de suivre. Quelques affluents viennent grossir l'actif. Le concrétionnement est ici important et parfois esthétique pour une cavité d'altitude.

Une faille décrochante vient mettre un terme à notre progression horizontale. Par un puits de 11 m, toute la couche des grès de l'Albien est franchie...

Chapitre quatre: l'Urgonien

Comme dans la plupart des gouffres du massif, une fois franchi l'Albien, ce sont les grands puits, deux marches de 47 m chacune (puits de l'Alhambra et puits du Grand Canyon), suivies par une flopée de plus petites (P15, P16,



Gouffre Cristal - Puits du Grand Canyon. *Gouffre Cristal – Grand Canyon Pit.*
Photograph David Cantalupi

P16, P41). Cet ensemble forme le Grand Canyon, celui-ci se développe entièrement à contre-pendage. Au niveau du départ du réseau des Euros, des blocs d'Albien attestent de l'ouverture sur toute la hauteur de l'Urgonien, soit plus de 150 m de haut !

Le réseau des Euros est la suite jeune du gouffre : c'est là que nous mène l'actif que nous suivons depuis la galerie Noir et blanc. Malgré un développement qui s'horizontalise à l'approche du socle étanche, l'actif vient se perdre dans des conduits qui ne laissent aucun espoir de suite.

Pour trouver une suite élégante à la cavité, il faut s'élever par la vire au Pachy : nous arrivons alors dans le méandre des Aravis, qui est parfaitement aligné sur le Grand Canyon. Les dimensions redeviennent plus humaines et vont même en s'amenuisant. Il faut croiser un nouvel affluent de taille à Bora-Bora pour qu'à nouveau les parois s'écartent. Une nouvelle suite de petits puits ne dépassant pas 17 m, nous dépose sur le dernier niveau, à la Motte de beurre, l'Hauterivien.

Tout le creusement de l'Urgonien se fait à contre-pendage. Nous sommes revenus pratiquement à l'aplomb de l'entrée, mais décalé d'une centaine de mètres à l'ouest et 550 m plus bas !

Cinquième chapitre: l'Hauterivien

C'est le socle étanche, là où doit s'écouler la rivière tant attendue. Fini les puits ! Mais là où l'on s'attend à enfin suivre des galeries dans le sens du pendage, il n'en est rien. La fracturation maintient le cap à l'ouest, toujours perpendiculairement à la pente du massif.

D'important talus argileux comme la Motte de beurre, témoignent d'enneigement passé de la zone. Plus loin, c'est la galerie des Auréoles, ces drôles de concrétions formées

Chapter 4: Urgonian

As in most of the massif's caves, after the Albian come large pits, 2 drops of 47 m each (Alhambra and Grand Canyon), followed by a series of smaller ones (P15, P16, P41). This is the Grand Canyon, which develops entirely against the dip. At the starting point of the Réseau des Euros, the presence of Albian boulders attests to an opening through the entire Urgonian sequence, i.e., a height of 150 m!

The Réseau des Euros is the more recent continuation of the cave: this is where the active passage leads from the Galerie Noir et Blanc. Despite increasingly horizontal development when approaching the impermeable base, the active passage disappears into smaller conduits and leaves no hope of continuation.

To find a pleasant continuation of the cave, one must go up the Vire au Pachy that leads to the Méandre des Aravis, which is perfectly aligned with the Grand Canyon. Dimensions become human-sized again and then even smaller. Only when a larger infeasible joins at Bora-Bora does the passage become wider. A new series of pits no deeper than 17 m take us to the last level at the Motte de Beurre (Hauterivian).

The entire Urgonian sequence is developed against the dip. We are practically back directly below the entrance, only 100 m further west and 550 m below!

Chapter 5: Hauterivian

This is the impermeable base, where the long-awaited river is supposed to be. No more pits! But while we were expecting to encounter passages following the dip, none of this happened. The fault lines continue westwards, always perpendicular to the slope of the massif.

Large clay deposits such as the Motte de Beurre testify to the area's past flooding. Further down comes the Galerie des Auréoles with its bizarre speleothems formed by drops falling from the ceiling and digging into the soft clay, followed by calcite deposition on the edges of the resulting cones, and finally removal of the clay fill, leaving only the flowstone floor and its "crowns". After two more

small descents, the cave seems to finally follow the dip. We leave the fracture and enter a beautiful 2-m-diameter conduit only to see the water that we had been following since the Bora-Bora tributary disappear into a sump 25 m further.

In the axis of the fracture near the sump is a narrow, ventilated passage with outward airflow in winter and inward airflow in summer.

To be continued...

Olivier Lanet has dived into the sump twice and crossed it on January 21st 2006. The sump features a low point of -25 m and an underwater extent of 125 m. Unfortunately, the sump disappears into an impenetrable overflow. There is a continuation, but reaching it requires complex climbing from the sump's outlet pool.

Many digging sessions have taken place in what seems to be the fracture's continuation, guided by strong airflow, but they have been unsuccessful so far. The dig is not complicated and will be continued.

Currently, the Balacha system features 6 entrances, including 4 in the Gouffre Cristal's main branch. The Gouffre Midnight Express is the system's highest entrance and lies near the top of the anticline. It is an extremely narrow fissure passage that joins the more comfortable fault passage of the Gouffre Cristal (A201 / A202 / TP73).

Volume 2: The "Antre de Belzébuth"

The second entrance we identified for this system is called Antre de Belzébuth (Beelzebub's Lair). It lies at practically the same altitude as the lower entrance to Cristal (A201), only about 100 m to the northwest. At first, it was just a small crack with powerful airflow coming out. This new cave has a similar profile to the Gouffre Cristal, only with smaller dimensions. Once through the massive white limestone we again find a sloping passage following the dip along the same sandstone layer that marks the base of the Priabonian. As in Cristal, we follow it through small pits and climbs down to the fracture of the Puits des Gones Pas Gilbert.



Gouffre Cristal -
Au bout de la galerie
Noir et blanc, quand
la progression se
verticalise. *Gouffre
Cristal - The end of
the Black and White
passage becomes
vertical.*
Photograph
David Cantalupi

par le creusement de gouttes tombées du plafond dans l'argile meuble, puis par dépôt de calcite sur les rebords du cône précédemment formé et enfin dégagement du remplissage argileux, ne laissant que le plancher stalagmitique et ses auréoles. Deux petits ressauts plus loin et enfin le gouffre semble prendre le sens de la pente. Nous quittons la fracture pour une jolie conduite forcée de deux mètres de diamètre. Mais l'eau qui nous accompagne depuis l'affluent de Bora-Bora, se perd dans un siphon 25 m plus loin...

Dans l'axe de la fracture débouche un boyau ventilé au courant d'air soufflant en hiver et aspirant en été...

En attendant la suite...

Le siphon a été plongé à deux reprises par Olivier Lanet, qui le franchit le 21 janvier 2006 après un point bas à - 25 m et un développement noyé de 125 m. Malheureusement, le siphon se déverse par un trop-plein impénétrable. Pourtant une suite existe, mais pour l'atteindre, il faut réaliser une escalade complexe depuis la vasque de sortie du siphon.

De nombreuses séances de désobstruction dans ce qui semble être la suite de la fracture, guidées par un important courant d'air, n'ont pour le moment pas livré la suite tant espérée. Le chantier, loin d'être compliqué, reste à poursuivre...

Actuellement le réseau de Balacha compte six entrées dont quatre pour la branche principale du gouffre Cristal. Le gouffre Midnight Express est l'entrée haute du réseau, il est situé à proximité du sommet de l'anticlinal. C'est un méandre extrêmement étroit qui vient rejoindre la confortable galerie sur faille du gouffre Cristal (A201 / A202 / TP73).

Tome deux: L'ancre de Belzébuth

La seconde entrée que nous avons jonctionné au réseau est l'ancre de Belzébuth. Elle se trouve pratiquement à la même altitude que l'entrée basse du Cristal (A201), à une centaine de mètres en direction du nord-est. À l'origine, ce n'était qu'une mince fissure d'où sortait un violent courant d'air. Cette nouvelle cavité a le même profil que le gouffre Cristal, ses dimensions sont un peu plus modestes. Une fois traversé le calcaire blanc et massif, nous retrouvons là aussi une galerie décline dans le pendage sur la même couche gréseuse qui marque la base du Priabonien. Comme dans le Cristal, nous la suivons entrecoupée de petits puits et ressauts jusqu'à la fracture du puits des Gones pas Gilbert.

Le percement du Sénonien se fait par petits puits, le plus grand ne mesurant que 39 m. Les autres puits sont compris entre 7 et 15 m, pas de grands vides ici.

La jonction avec le gouffre Cristal se fait au contact de l'Albien, dans la galerie Noir et blanc.

Tome trois: Le SDF -4 ou gouffre Charlie

L'entrée est un superbe méandre décapité, large de plus d'un mètre. À son aval, celui-ci vient buter contre une fracture. Tout serait parfait, mais ce superbe spécimen karstique est rempli de glace. Depuis son repérage au début des années 2000, il aura fallu plus de dix ans avant que le courant d'air libère suffisamment de place pour nous laisser passer. Comme d'habitude sur le Priabonien, une fois franchi le premier puits nous n'avons plus qu'à

cheminer sur les grès. L'entrée est plus haute en altitude que le Cristal ou le Belzébuth, nous sommes plus près du sommet de l'anticlinal et les galeries qui se développent à l'amont sont moins confortables que dans les gouffres voisins. C'est un dédale de méandres bas de plafond, parfois impénétrables.

À l'aval, un premier puits arrosé d'une dizaine de mètres offre à mi-puits un départ au sec qui se prolonge par deux méandres aux dimensions reptiliennes. Seul le puits Honoré, à mi-parcours, vient donner un peu d'espace.

Au puits Cabu, nous arrivons enfin dans le Sénonien et avec lui, nous rencontrons un peu de volume; le trou se verticalise enfin. Il faut encore franchir une trémie instable pour déboucher dans le puits Wolinski et faire la jonction avec le sommet des escalades de l'amont des Cochons du gouffre Cristal. La boucle est bouclée!

Mais qui dit boucle, quelle ne fut pas notre surprise quand dans un souci de précision topographique, nous sommes retournés au fond du premier petit puits arrosé d'une dizaine de mètres. Car après avoir franchi une première série d'étroitures, nous débouchons dans une galerie confortable et, surprise, il y a du fil topographique. Il nous aura quand même fallu cent mètres de topographie pour comprendre que nous étions dans l'amont de l'ancre de Belzébuth, le démon démoniaque!

UNE COLLECTION QUI NE DEMANDE QU'À S'AGRANDIR...

Pour finir l'inventaire de ce magnifique coin de lapiaz, il ne faudrait pas oublier le réseau Michel Bugnet qui se trouve à la limite nord-est de la zone; ses trois entrées s'ouvrent à la limite du recouvrement par les grès de Taveyannaz. Comme son grand voisin le réseau de Balacha, une grande partie de son développement se fait quelques dizaines de mètres sous la surface du lapiaz. À l'amont, les galeries s'amenuisent en se rapprochant du dôme anticlinal, ne laissant passer que les écoulements et le courant d'air. À l'aval, là aussi, nous devons la suite à la fonte des glaces souterraines.

La principale difficulté de l'exploration de ce réseau vient d'un puits doublement arrosé vers -100 m qui oblige à une copieuse douche dans un superbe P30, obligeant au port d'un équipement étanche.

Le fond est atteint à la côte -262 m après une superbe succession de puits, sur un malheureux et ridicule petit siphon au contact de l'Albien...

D'autres extensions sont possibles, il existe encore pas mal de puits à neige à raccorder au réseau, mais l'étroitesse des méandres vers l'amont ne nous a pas motivés, trop gâtés que nous sommes vers l'aval.

Et bien sûr comme nous l'ont prouvé les colorations de 2016, le réseau de Balacha est connecté au reste du massif. Le temps de passage du colorant est même plus rapide de 24 h par rapport au traçage effectué au même instant dans le réseau du Petit Loir, qui a pourtant un débit bien supérieur et une injection plus basse en altitude de plus de 250 m. Cela laisserait penser que l'eau du gouffre ne passe pas par la zone noyée... De quoi écrire encore quelques belles histoires de spéléologie d'exploration.

1. Membre du Spéléo-club du Mont-Blanc (SCMB) / Member of Spéléo-club du Mont-Blanc (SCMB)

2. Président du Spéléo-club du Mont-Blanc (SCMB) / Président of Spéléo-club du Mont-Blanc (SCMB)

Passing through the Senonian occurs via small pits: -32 m for the deepest, and the rest between 7 and 15 m. No large spaces here.

The junction with Gouffre Cristal happens at the contact with the Albian layer, in the Galerie Noir et Blanc.

Volume 3: SDF-4 (Gouffre Charlie)

This entrance is a gorgeous unroofed fissure passage that is more than 1 m wide. Downstream, it runs into a fracture. This magnificent karst specimen would be perfect if it weren't filled with ice. After it was spotted in the early 2000s, more than 10 years passed before the airflow freed enough space to let us through. As usual with the Priabonian, once the first pit was descended, we only had to walk on the sandstone bedrock. The entrance lies at a higher altitude than Cristal or Belzébuth, closer to the top of the anticline, and the passages that develop upstream are less comfortable than in the neighbouring caves. What we have here is a maze of low fissure passages that are sometimes impenetrable.

Downstream, a wet 10-m-deep pit offers a dry route halfway down that leads to 2 meanders with reptilian dimensions. Only the Puits Honoré offers some space halfway along.

At Puits Cabu we finally arrive at the Senonian layer, which affords us a little more space as the cave becomes more vertical. There is still an unstable collapse to cross to get to the Puits Wolinski and encounter the top of the climbs from the Amont des Cochons in the Gouffre Cristal. We have come full circle!

Despite closing this loop, a surprise was awaiting us as we went back to the bottom of the first small, wet, 10-m pit to make our survey as accurate as possible. After first passing through a series of squeezes, we came out into a comfortable passage where, surprise, there was a survey thread. It took us 100 m of survey to realize that we were upstream in the Antre de Belzébuth, the demonic demon!

A SYSTEM THAT ONLY BEGS TO GROW

To complete the inventory of this gorgeous limestone karren, we must not forget the Réseau Michel Bugnet, which is located in the area's northeastern corner: its 3 entrances open at the contact with the Taveyannaz sandstone. Just like its larger neighbor Réseau de Balacha, much of it lies a few dozen meters under the karren's surface. Upstream, the passages become smaller as they approach the crest of the anticline, letting only water and air pass through. Downstream too, we owe the continuation of our exploration to the melting of underground ice.

The main difficulty in exploring this system comes from an extremely wet pit at around -100 m that imposes a good shower in a wonderful P30, requiring dry suits.



Gouffre Cristal - Puits de l'Alhambra. *Gouffre Cristal - Alhambra Pit.*
Photograph David Cantalupi

The bottom of the cave lies at -262 m following a superb series of pits but ends at an unfortunate and ridiculously small sump at the Albian contact.

Other continuations are possible, snow pits remain to be connected to this system, but the narrow fissure passages upstream dampened our motivation in comparison with the fun awaiting us downstream. As the 2016 dye traces showed, the Réseau de Balacha is connected to the rest of the massif. The transit time of the dye is even 24 h shorter than one performed at the same time on the Réseau du Petit Loir, which has yet greater flow and a 250-m-lower injection point. That makes us think that the cave's waters do not pass through the flooded zone, and leaves us opportunities for more great cave-exploration stories.

Bibliographie

- Cantalupi, David (2006): L'antre de Belzébuth, *Spéléalpes* n° 23, p. 73-76.
Cantalupi, David (2013): Le réseau Michel Bugnet, *Spéléalpes* n° 25 p. 164-168.
Cantalupi, David; Charletty, Christian; Noël, Patrick (2018): Exploration et connaissances spéléologiques sur le karst de Flaine bilan 2017, *Karstologia mémoire* n° 20, p. 193-204.
Cantalupi David (2022): Le gouffre Charlie, SDF4, *Spéléalpes* n°26, p. 270-273.
Noël, Patrick (2002): Le gouffre Cristal, *Spéléalpes* n° 22, p. 59-64.
Noël, Patrick (2006): Le réseau de Balacha, *Spéléalpes* n° 23, p. 67-72.
Spéléo-club du Mont Blanc (2009): Le réseau de Balacha, *Spéléalpes* n° 24, p. 105-111.

Le réseau Félix Trombe – Henne Morte

par Sylvestre Clément¹

Le réseau Félix Trombe – Henne Morte (ou la Coume pour les intimes) est, depuis plus de 40 ans, le plus grand réseau souterrain de France avec ses 117 km de galeries, pour une profondeur de 1001 m. Sa particularité par rapport aux autres grands réseaux mondiaux est son nombre impressionnant d'entrées : 57 ! C'est le paradis des traversées.

PRÉSENTATION

Ce réseau se développe sous le massif d'Arbas. Celui-ci est un promontoire avancé du piémont pyrénéen, dans le département de la Haute-Garonne à la limite avec l'Ariège, au cœur des Pyrénées centrales. C'est un massif modeste (moins de 9 km²) ; son point haut culmine à 1517 m et son niveau de base s'établit à 450 m. Il est principalement couvert par une forêt assez dense de hêtres et de sapins.

Gouffre de la Fraternité. Gouffre de la Fraternité. Photograph Brice Maestracci



Son cadre géologique est plutôt complexe. Il est formé par la couverture secondaire du socle des Pyrénées constituée pour l'essentiel de roches carbonatées : calcaires et dolomies du Lias et du Jurassique, calcaires du Nécomien et de l'Aptien (faciès urgonien).

C'est un ensemble monoclinal, plongeant vers le sud avec des pendages variables. Ils sont principalement dus à un découpage très poussé de cet ensemble par de nombreuses failles nord-sud. Sa karstification est très développée.

L'organisation du réseau est caractéristique d'une genèse en plusieurs phases : c'est une succession d'étages de galeries horizontales où se succèdent des galeries subhorizontales (réseau Larrégola, Michel Juhle, Los Catinos, Maillon Manquant...) connectés par des séries de puits, de 150 à 200 m (puits du trou du Vent, puits Arrosés, gouffre Bernard...) et parfois par de grands puits (puits de l'Ogre, puits de la Tentation, puits Delteil...).

Actuellement, on connaît deux systèmes hydrogéologiques principaux. Le premier, et le plus important d'environ 7 km², est le système Félix Trombe. Il se compose des gouffres Raymonde, Hérétiques, Pierre, Deux Jean-Paul, Bernard, Pont de Gerbaut, Pène Blanche... La grotte du Goueil di Her, complétée de ses griffons, en est la résurgence. Son débit moyen est de 350 l/s. Les crues peuvent être violentes et noyer en grande partie la grotte du Goueil di Her.

Le deuxième est le système de la Henne Morte avec les gouffres du Sarra dech Méné, de l'Apocalypse, de l'Odon... Il a pour résurgence la Hount deras Hechos. Son bassin d'alimentation est petit : 1 km² avec un débit moyen de 100 l/s.

Ces deux systèmes sont reliés par une seule galerie : le réseau Larrégola ; vaste réseau fossile de plus de 1 km de développement.

HISTORIQUE

150 ans d'exploration à la Coume

Les premières investigations ont été menées en 1873 par une équipe de naturalistes toulousains. Leurs travaux sont axés sur les cavités connues par les villageois : Pène Blanche, Pont de Gerbaut, Goueil di Her, Buhade dech Gandil... En 1908, Édouard-Alfred Martel reprend ces mêmes cavités et y réalise des découvertes importantes. En une semaine seulement, il lève la première topographie de la grotte de Pène Blanche

The Félix Trombe – Henne Morte System

by Sylvestre Clément¹

The Félix Trombe – Henne Morte System (or "La Coume" for short) has been the longest French system for more than 40 years. Today it is 117 kilometers long and 1001 meters deep. Compared with the other great cave systems of the world, its distinctive feature is the impressive number of entrances: 57! It is a real paradise for caving through trips.

INTRODUCTION

This network is developed under the Arbas massif, a headland of the Pyrenean foothills in the department of Haute-Garonne, close to Ariège, in the center of the Pyrenees. It is a small massif (less than 9 square kilometers). The highest point reaches 1517 meters; its base level is 450 meters. It is a thickly forested area with beeches and firs.

The geological context is rather complex. It is formed by the secondary cover age of the Pyrenean basement rock and mainly made up of carbonate rocks: limestones and dolomites of the Lias and Jurassic; Neocomian and Aptian limestones (Urgonian facies).

It is a monoclinical unit plunging to the south with variable dips. These are principally due to very strong dissection by numerous north-south faults. Its karstification is highly developed.

The organization of the system is characteristic of a multi-phase genesis: it is a succession of levels of horizontal galleries where sub-horizontal galleries follow one another (Réseau Larrégola, Michel Juhle, Los Catinos, Maillon Manquant...) connected by a series of pits from 150 to 200 meters deep (puits du Trou du Vent, puits Arrosés, Gouffre Bernard [gouffre is generally a cave with a deep vertical entrance] ...) and sometimes by huge pits (puits de l'Ogre, puits de la Tentation, puits Delteil, etc.).

Currently, two main hydrogeological systems are known. The first and most important one is the Félix Trombe system, at approximately 7 km². It includes several caves: Gouffres Raymonde, Hérétiques, Pierre, Deux Jean-Paul, Bernard, Pont de Gerbaut, Pène Blanque... The Grotte du Goueïl di Her with its springs is the point of resurgence. The average flow rate is 350 L/s. Floods can be violent and swamp a larger part of Goueïl di Her Cave.

The second one is the Henne Morte system. It includes Gouffres du Sarraat dech Ménè, de l'Apocalypse, de l'Odon... Its resurgence is the Hount deras Hechos. The catchment area is small: 1 km² with an average flow of 100 L/s.

The two systems are linked by only one gallery: Larrégola, a huge fossil network more than one kilometer long.



Gouffre du Pont de Gerbaut. Gouffre du Pont de Gerbaut.
Photograph Brice Maestracci

HISTORY

150 years of exploration at La Coume

The first investigations were carried out in 1873 by a team of naturalists from Toulouse. Their research was limited to the caves known by the villagers: Pène Blanque, Pont de Gerbaut, Goueïl di Her, Buhade dech Gandil... In 1908 Édouard-Alfred Martel explored the same caves and made important discoveries. In only one week he made the first map of the Grotte de Pène Blanque where he proved the theory of ground water flow. He tried to explore the gouffre du Pont de Gerbaut but had to stop halfway down the pit.

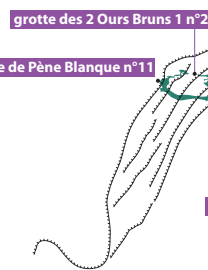
Between the two world wars, several teams prospected the massif. In 1931 Félix Trombe organized the first camp in La Coume: exploration of la Glacière, le Plantillet and the Grotte de Coume Nère. Over several summers he installed his tents

Entre les deux guerres, plusieurs équipes prospectent le massif. En 1931, Félix Trombe organise le premier camp à la Coume : exploration de la Glacière, du Plantillet et de la grotte de Coume Nère. Pendant plusieurs étés, Trombe installe ses tentes sur les hauteurs du massif. Il l'étudie avec obstination et imagine le réseau restant à découvrir. Il est le premier à avoir une vision d'ensemble du massif et à comprendre son organisation. Norbert Casteret s'intéresse également à ce massif. Il découvre les prolongements dans le poudac Gran et s'attaque avec Marcel Loubens à l'exploration du gouffre de la Henne Morte ; exploration très difficile en raison des puits arrosés et du manque de matériel. Cette exploration s'est poursuivie pendant la Seconde Guerre mondiale. Mais ils durent finalement abandonner à cause d'accidents répétés. Le mythe de la Henne Morte était né.

C'est la première exploration qui fut suivie par la France entière et couverte par tous les journaux nationaux. Trombe inaugure l'utilisation de camps souterrains, pratique qui sera utilisée jusqu'au début des années 1970 à la Coume Quarnède.

Forts de leurs succès, les Parisiens reviennent chaque été de 1952 à 1956. Ils s'attaquent à la grotte de Pène Blanque où ils découvrent plusieurs kilomètres de galeries, et surtout, ils prennent pied dans la rivière, longtemps après avoir réussi à descendre les sinistres puits arrosés.

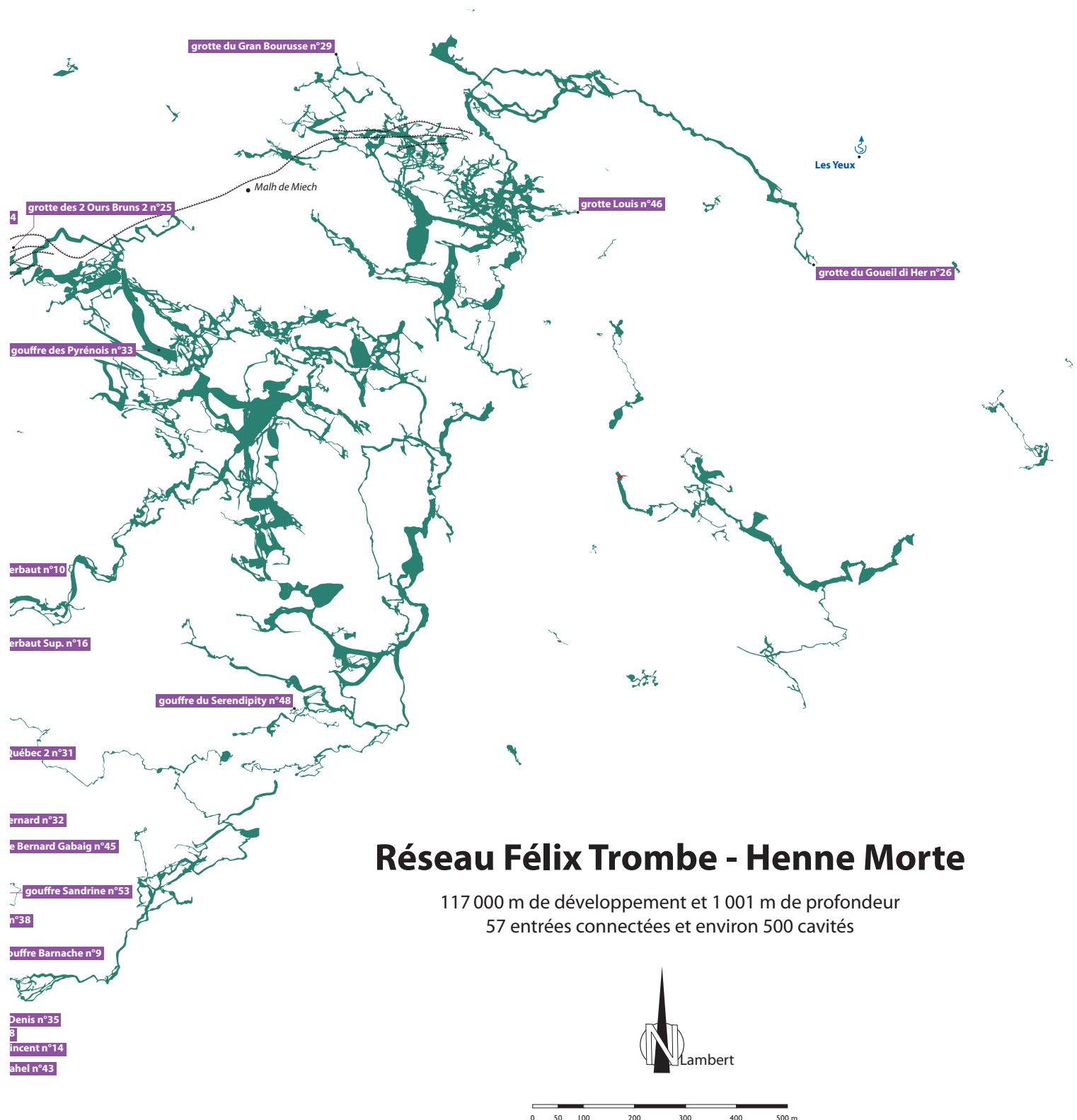
En 1956, sur une proposition de Casteret, une équipe de spéléologues provençaux débarque à la Coume. Pendant douze ans, lors des camps d'été, les scouts de la 2^e d'Aix et le Groupe spéléologique de Provence (GSP) vont découvrir l'ossature principale du réseau et explorer les gouffres majeurs : gouffre Raymonde, trou du Vent, gouffre Pierre,



on the heights of the massif. He studied it obsessively and imagined the remainder of the system to be discovered. He was the first one to have a vision of the system as a whole and to understand its organization. Norbert Casteret was also interested in the massif. He discovered the extensions of Poudac Gran and, with Marcel Loubens, started to explore the Gouffre de la Henne Morte, a very difficult undertaking

because of the wet pits and the lack of equipment. The exploration was continued during the Second World War, but they had to give up after repeated accidents. The Henne Morte myth was born.

In 1947, the Spéléo-club de Paris came to help Casteret and Loubens conquer the Gouffre de la Henne Morte. The expedition was organized and managed by Félix Trombe.



Réseau Félix Trombe - Henne Morte

117 000 m de développement et 1 001 m de profondeur
57 entrées connectées et environ 500 cavités

synthèse générale des réseaux

Sylvestre Clément janvier 2021

Gouffre de la
Henne Morte.
Gouffre de la
Henne Morte.
Photograph
Brice Maestracci



Sarrat dech Méné... réalisant ainsi les premières jonctions. Leur objectif est d'abord de jonctionner les réseaux entre eux.

Au milieu des années 1960, des petites équipes de spéléologues locaux commencent à s'intéresser à ce massif. Ils ne font pas de camp, mais ils sortent le week-end. C'est le début des équipes légères et rapides. Ainsi le trou Mile et le gouffre du Pont de Gerbaut vont être explorés par Jacques Jolfre et ses amis. À la fin des années 1960, les plongeurs marseillais s'attaquent au siphon du Goueil di Her pour jonctionner avec la rivière de Pène Blaque.

À partir du début des années 1970, l'exploration du massif est réalisée principalement par deux clubs : le Groupe spéléologique des Pyrénées (GSPy) qui deviendra le club phare de la Coume pendant 15 ans, et le Spéléo-club du Comminges plus discret mais non moins efficace. Le GSPy y reprend toutes les explorations antérieures et découvre souvent d'importants prolongements. Le club réalise la première synthèse topographique. Pour eux aussi, les jonctions constituent le but premier. Le GSP reviendra à la Coume pendant quelques années pour poursuivre l'exploration de la Henne Morte et trouver la suite qui permettra en 1978 de découvrir la grotte des Commingeois. La célèbre traversée de la Henne Morte est née ! Cette même année, le GSPy réalise la dernière grande jonction : la Henne Morte est raccordée au réseau Trombe par le réseau Larrégola. Un an plus tard, c'est la grotte du Goueil di Her qui est connectée au-delà des siphons à la partie principale du réseau. Son développement est de 59 km pour une profondeur de 1000 m.

Les années suivantes verront d'autres clubs arpenter le massif à la recherche de nouvelles cavités. Certains feront un court séjour, d'autres reviendront plusieurs années. On peut noter pendant cette période les explorations du gouffre Michelle, du Jean-Denis, du Québec, du Cécile, du Blagnac, des Hérétiques... Chaque découverte

se termine par une jonction avec le réseau. En 2003, il totalise 104 km.

Depuis 20 ans, les explorations sont principalement réalisées par le Spéléo-club du Comminges. Les découvertes s'enchaînent d'année en année et sont pratiquement toujours récompensées par une jonction ! Les dernières cavités connectées : gouffre des Barbus (2015), gouffre de l'Apocalypse (2018), gouffre du Caractère (2018) et enfin, le gouffre Eldonois (2018), la 57^e entrée de la Coume.

ET LA SUITE ?

Toutes les cavités ne sont pas encore reliées. L'inventaire est riche de plus de 500 références. Les principales cavités restant à raccorder au réseau sont : gouffre de la Faille géniale, puits des Fuxéens, Buhade dech Gandil, puits du Balcon...

Cependant, il reste un objectif majeur : trouver un shunt fossile au siphon JYG, entre la rivière de Pène Blaque et le Goueil di Her. On le cherche depuis 1956 ! Tous les siphons de la Coume ont été shuntés, sauf le JYG. Il permettra de faire une traversée de -1000 m au sec (presque !), ce qui en ferait une des plus grandes traversées au monde.

Actuellement, la traversée la plus profonde est celle qui s'étend du gouffre de la Fraternité à la grotte des Provençaux, -588 m et 6920 m de galeries.

Il existe une multitude de traversées possibles. Citons les plus connues : Hérétiques – Pène Blaque, Raymonde – Duplessis, Henne Morte – Commingeois, Louis – Goueil, Mile – Hérétiques, Pont de Gerbaut – Pène Blaque.

De par son grand nombre d'entrées, il est toujours possible de réaliser une traversée à son niveau, ou de retenir une cavité en fonction de sa préférence : grotte fossile, rivière souterraine aquatique, gouffre avec essentiellement des verticales... ou un peu de tout à la fois. À la Coume, on peut composer et imaginer sa propre traversée !

1. Spéléo club du Comminges

It was a national success : the Henne Morte was at last defeated. The French cave depth record was beaten -447 meters. For the first time exploration of a cave was followed throughout France and covered by all the French newspapers. Trombe had pioneered the use of underground camps, a practice which would be used in La Coume until the beginning of the 1970s.

After their success, the Parisian cavers came back every summer from 1952 to 1956. They tackled the Grotte Pène Blanque where they discovered several kilometers of passages, and notably they reached the river, a long time after they descended the sinister wet Puits Arrosés. In 1956, on a proposal from Casteret, a team of cavers from Provence arrived at La Coume. For twelve years, during summer camps, scouts of the 2^e d'Aix and the Groupe spéléologique de Provence (GSP) discovered the main backbone of the system and explored the major passages: Gouffre Raymonde, Trou du Vent, Gouffre Pierre, Sarra dech Méné... thus making the first connections.

Their first purpose was to connect the main systems. In the mid 1960s, small teams of local cavers got interested in the massif. They did not use camps, but went caving on week ends. It was the beginning of light and rapid teams. That's how the Trou Mile and the Pont de Gerbaut were explored by Jacques Joffre and his friends. At the end of the 1960s, cave divers from Marseilles tackled the Goueil di Her sump and connected it to the Pène Blanque river.

Since the beginning of the 1970s, exploration was mainly made by two clubs The Groupe Spéléologique des Pyrénées (GSPy) became the leading caving group of La Coume for 15 years; the Spéléo Club du Comminges, was less conspicuous, but just as effective. The GSPy revisited all the previously explored caves and often discovered important extensions. The club produced the first complete survey. For them too, connections were the main goal. The GSPy returned for a few years to continue the exploration of the Henne Morte. In 1978 they discovered the Grotte des Commingeois. The famous Henne Morte through trip was born! That same year the GSPy realized the last great junction: the Henne Morte was connected to the Réseau Trombe through the Réseau Larrégola. One year later the Goueil di Her was connected beyond the siphons to the

main part of the system. Its length was then 59 kilometers and its depth 1000 meters.

In the following years other clubs came to the massif to find new caves, some of them for a short time, others for several years. During this period the most noteworthy explorations were Gouffres: Michelle, Jean-Denis, Québec, Cécile, Blagnac, Hérétiques... Every discovery came to an end with a connection to the system. In 2003, it reached a total of 104 km. For 20 years, the majority of explorations were made by the Spéléo Club du Comminges. The discoveries followed year after year and were almost always rewarded with a connection! The most recent of these are Gouffre des Barbus (2015), Gouffre de l'Apocalypse (2018), Gouffre du Caractère (2018) and finally the Gouffre Eldonois (2018), the 57th entrance to La Coume.

AND THE FUTURE?

All the caves are not yet connected. The list of future projects includes more than 500 leads. The principal caves that still need to be connected to the system are Gouffre de la Faille Géniale, Puits des Fuxéens, Buhade dech Gandil, Puits du Balcon...

Nevertheless the main objective is to find a fossile bypass to the JYG sump, between the Pène Blanque river and the Goueil di Her. All the siphons of La Coume have been bypassed, except the JYG. It could open a -1000-meter traverse (almost dry!), which would make one of the greatest through trips in the world.

Currently the deepest through trip goes from the Gouffre de la Fraternité to the Grotte des Provençaux, 558 meters deep through 6 920 meters of galleries. There are many through trips possible. The best known are: Hérétiques-Pène Blanque, Raymonde-Duplessis, Henne Morte-Commingeois, Louis-Goueil, Mile-Hérétiques, Pont de Gerbaut-Pène Blanque.

With its great number of entrances, it is always possible to make a through trip at your comfort level or to choose the best cave for you: a fossil cave, an underground river with lakes, a chasm with vertical rope work, ... or a bit of everything. In La Coume you can imagine and design your own through trip!



Grotte du Gran Bourusse.
Grotte du Gran Bourusse.
Photograph Etienne Fabre

Grotte des Chamois

Castellet-lès-Sausses (Alpes-de-Haute-Provence)

par Jean-Claude Nobécourt¹, Philippe Bertochio² et Philippe Audra³



Rapides dans l'aval de la rivière. *Rapids downstream in the river.* Photograph Marc Faverjon (2011)

Le massif du Grand Coyer: des calcaires, des marnes et des grès arides qui culminent à 2 693 m, recouverts de neige la moitié de l'année, et que ne parcourent que les marmottes, les chasseurs de chamois, les troupeaux de moutons en estive... et le loup. Pas une route, pas une maison, sauf les cabanes des bergers et, loin de toute route, Aurent: une pincée de rudes bâtisses de montagne que les descendants des villageois à la troisième génération font revivre chaque été, un hameau presque oublié qui aurait pu inspirer Cabrel pour sa Carte postale. Et puis un torrent impétueux, glacial, poissonneux: le Coulomp, qui naît à 1 300 m d'altitude et dont l'impressionnante source, perchée au flanc de la montagne de Baussebéard, jette ses mille litres par seconde dans une cascade de 70 m. Et cent mètres au-dessus de cette merveille, le porche d'une grotte que ne fréquentaient jadis que les chasseurs, les bergers et les chamois, si loin de tout que le grand Martel lui-même, qui en parle pourtant dans deux de ses œuvres, a renoncé à aller la visiter... C'est là que depuis presque quinze ans se déroule l'exploration d'un des plus magnifiques réseaux du sud-est de la France, celui de la

grotte des Chamois et du Coulomp souterrain: 14 km de développement, une énorme rivière souterraine qu'on peut parcourir en exondé sur plus d'un kilomètre (et peut-être plus à l'avenir...), un potentiel de -1 000 m. Un superbe terrain d'aventures spéléologiques à une heure et demie de voiture de la Côte d'Azur, de sa foule, de ses palaces et du deuxième aéroport de France...

L'aventure commence en 2007, lorsque Philippe Audra et Jean-Claude Nobécourt viennent inspecter la source et la grotte, que seuls quelques rares spéléologues avaient cherché à forcer entre 1958 et 1982. Il faut dire qu'elle est immédiatement défendue par trois siphons; 300 m de galerie malcommode avaient été topographiés, puis arrêtés sur trop compliqué, trop dangereux. Mais il était évident que l'eau de la source coulait quelque part sous ce fossile: restait à trouver le cheminement pour la rejoindre... Rien que pour parvenir à la grotte, il fallait trois heures de marche en pleine montagne: alors c'est un hélicoptère qui en novembre 2007 monte sur le site: groupe électrogène, pompes, tuyaux, carburant, bref de quoi vider les siphons et engager sérieusement les explorations. Une nébuleuse

The Grotte des Chamois

Castellet-lès-Sausses (Alpes-de-Haute-Provence Département)

by Jean-Claude Nobécourt¹, Philippe Bertochio² and Philippe Audra³

The Grand Coyer massif is made up of limestone, marl and arid sandstone, peaks at 2,693 m, is snow-capped half of the year and is only visited by marmots, chamois hunters, herds of sheep in summer... and wolves. No roads, no houses except shepherds' huts and, far from everything, Aurent, a tiny group of rugged mountain houses that the third generation of village descendants revives every summer. It is an almost forgotten place that could have inspired the singer Francis Cabrel for his song *Carte Postale*. And there is the wild, icy, fish-filled Coulomp torrent that appears at 1,300 m altitude and whose impressive spring, high on the flank of Baussebérard Mountain, hurls its 1000 l/s over a 70-m-high waterfall. One hundred meters above this marvel lies a cave entrance frequented only by hunters, shepherds and chamois, so remote that even the great Martel himself, although he mentions it in

2 of his writings, gave up visiting. This is where, for almost 15 years, the exploration of one of the most wonderful cave systems in southeastern France has been unfolding: the Grotte du Chamois and the underground Coulomp. It is 14 km long and features a huge underground river that can be visited without diving for more than a kilometer (maybe more in the future), and has a potential for -1000 m. It is an amazing adventure playground for cavers less than an hour and a half drive from the French Riviera and its crowds, its palaces and France's second-biggest airport.

The adventure started in 2007 when Philippe Audra and Jean-Claude Nobécourt came to examine the spring and the cave that only a few cavers had tried to push between 1958 and 1982. It must be said that it is immediately protected by 3 sumps; 300 m of uncomfortable passage had been surveyed, but the continuation was too difficult, too dangerous. However, it was obvious that the spring's water was flowing somewhere under this fossil bit, but the way to reach it remained to be discovered. A 3-hour mountain hike was necessary just to reach the cave's entrance, so in 2007 we used a helicopter to bring up a generator, pumps, pipes, fuel and everything necessary to empty the sumps and engage in serious exploration of the cave. A large group of people from different places

La cascade du Coulomp. *The Coulomp Waterfall*.
Photograph Marc Faverjon (2010)



Siphon pompé de la galerie des Shadocks. *The Galerie des Shadocks' pumped sump*. Photograph P. Bertochio (2013)



d'équipiers venus d'un peu partout se constitue autour des instigateurs. Les premières se succèdent, de grandes galeries fossiles sont découvertes: la grotte tient ses promesses. Un premier camp d'exploration international est organisé en 2009, et l'accès à la rivière souterraine est enfin découvert: Philippe Bertochio, qui était déjà dans la danse, amène alors ses blocs et ses recycleurs... Il faut dire que la rivière souterraine, aussi bien en amont qu'en aval, bute sur des siphons. Sur l'aval, le franchissement s'avère simple: 120 m d'un large siphon translucide qui ne dépasse jamais 12 m de profondeur et laisse place à un grand lac, puis encore 400 m de rivière impétueuse avant la trémie terminale à quelques mètres seulement de l'émergence de la source du Coulomp.

Le siphon amont se révèle beaucoup plus retors. Lors des explorations, l'accès par la grotte des Chamois demande du temps, des efforts et de la souplesse... Les 200 m de la galerie des Shadocks, lorsqu'on est chargé du matériel de plongée lourd et fragile, relèvent de l'épreuve, avant même les quatre heures de progression qui amènent à la vasque. Là débute une nouvelle épreuve: une eau à 6 °C, et une galerie qui ne cesse de descendre plus profond à chaque tentative... Ce n'est qu'au bout de plus de 300 m et jusqu'à 55 m de profondeur que le siphon daigne amorcer une remontée jusqu'à 9 m de la surface, dans une trémie géante qui ne laissera hélas pas passer le plongeur. Il faudra chercher le passage ailleurs.

En 2013, après trois ans de travaux acharnés, une seconde entrée qui s'affranchit de tout siphon et mène directement au Coulomp souterrain est enfin ouverte; et la même année, une coloration prouve que les pertes du lac de Lignin, situé à 2300 m d'altitude, alimentent en quelques jours seulement le Coulomp souterrain: à 6 km de distance linéaire et 1000 m au-dessus. Nous voilà donc devant un extrême amont de ce réseau souterrain qui



Galerie « Valette Highway ». The "Valette Highway" passage.
Photograph Jean-Yves Bigot (2011)

cumule déjà plus de 14 km de développement... Le premier -1000 des Alpes-de-Haute-Provence est devant nous! Ne reste plus qu'à... calibrer le cheminement de l'eau à la taille des spéléologues. Alors depuis 2015, une quinzaine d'acharnés montent planter leur tente sur cet *altiplano* où ne dépareraient pas yacks, yourtes et cavaliers kazakhs; chaque été, pendant un camp d'une dizaine de jours et sur les quelques week-ends précédant les premières neiges d'octobre, ils se jouent des orages de montagne qui font déborder le lac dans ses pertes dont ils désobstruent la plus prometteuse.

Cet été 2020, nous étions encore une fois tous là pour avancer, à pas de fourmis, ce chantier du bout du monde; comme chaque année, nous avons essuyé des orages dantesques, lutté contre le vent pour que nos tentes ne se transforment pas en parapentes, protégé nos victuailles de l'appétit des chiens du berger, gratté la glace au petit matin... Le plus éprouvant reste ce calcaire noir dense comme du marbre, si dur à creuser, qui met à mal le matériel et notre motivation. Malgré cela, nous étions vingt-trois à nous relayer à quatre pattes pour déboucher cette faille ventilée et glaciale... Lorsque la météo daignait nous laisser descendre dans le trou qui, malgré nos efforts pour dériver l'émissaire du lac vers d'autres pertes, se transforme en lessiveuse après vingt minutes d'orage de montagne. Mais grâce à la détermination sans faille de chacun, la cote -50 m a été atteinte avec, pour la première fois, des volumes où l'on peut progresser sans avoir trop de travail de mise au gabarit.

Novembre va recouvrir la dépression de Lignin et notre chantier de plusieurs mètres de neige; mais déjà dans les ateliers de chacun, les perforateurs se refont une santé, les boîtes de goujons se préparent, des forêts SDS tout neufs les rejoignent: dès la fonte des neiges, en juin, nous endosserons nos claies de portage et monterons avec les bergers sur ce plateau près des étoiles où nous attend notre gouffre encore inexploré. En 2022, nous serons au rendez-vous de Lignin...

Repas du soir avec toute l'équipe de 2014. *Evening dinner for the 2014 team.* Photograph Jean-Yves Bigot (2014)



1. Association française de karstologie
2. Spéléo club alpin de Gap, FFSpéléo.
3. Karstologue / Karst scientist

joined the instigators. Much new exploration was done and large fossil passages were discovered. The cave lived up to our expectations. The first international expedition was organized in 2009 and access to the underground river was finally discovered: Philippe Bertochio, an original team member, came along with his scuba tanks and rebreathers. The underground river, both upstream and downstream, had led to sumps. Downstream, getting through turned out to be easy: 120 m of large, clear sump, never deeper than 12 m, followed by a large lake, then by 400 more meters of wild river and a terminal collapse only a few meters before the Coulomp resurgence.

The upstream sump turned out to be more difficult. During exploration, entering through the Grotte des Chamois was time-consuming, demanding and required flexibility. And crossing the 200 m of the Galerie des Shadocks while carrying heavy and fragile diving equipment was an ordeal, even before the 4-hour trip to the sump. The pool was another ordeal with its 6 °C water and a passage that only got deeper with each exploration... Only after 300 m and a depth of up to 55 m did the sump go back up to 9 m below the surface at a giant collapse that, alas, did not allow divers through. We had to look elsewhere.

In 2013, following 3 years of hard work, a second entrance was finally opened that is free of sumps and leads directly to the underground Coulomp River. In the same year, dye tracing showed that Lignin Lake sinking streams, 2,300 m above sea level, only need a few days to reach the underground Coulomp River after a 6-km-long and 1,000-m-deep trip. So there we were, at the farthest upstream end of this underground cave system that already totaled more than 14 km... The first -1000 m of the Alpes-de-Haute-Provence Department was within reach! All that remained was to enlarge this waterway to caver size. Since 2015, about 15 determined cavers have been pitching their tents on this *alti-plano* where yaks, yurts or Kazakh horsemen would be right at home! Every summer, during a 10-day camp and on a few weekends up to October's first snowfalls, they dodge mountain storms that overflow the lake into its sinking streams, and dig into the most promising one.

The summer of 2020 we were again all there to pursue, ant-like, our work at the end of the world. Like every year, we weathered terrible storms, fought the wind that wanted to turn our tents into paragliders, protected our food from the shepherds' dogs, scraped the ice in the early morning... Our greatest ordeal remained this marble-like,

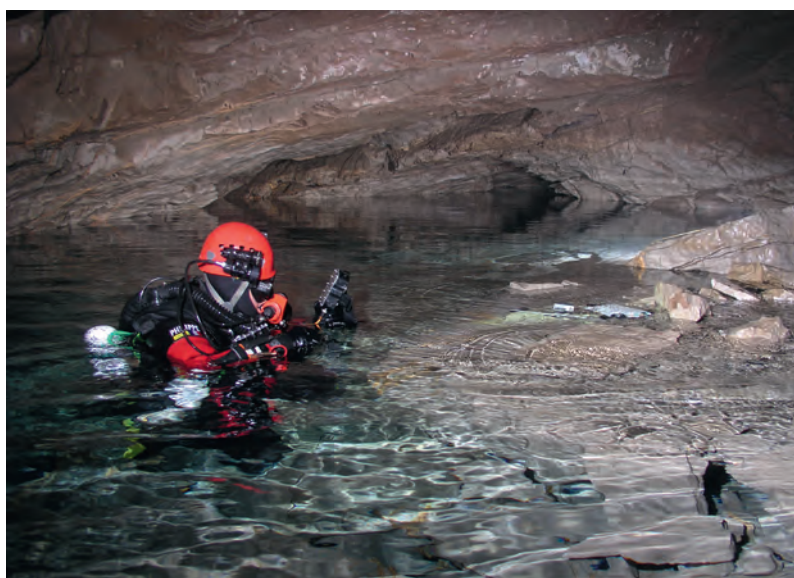
dense black limestone rock, so hard to dig, that challenged both our equipment and our motivation. In spite of this, there were 23 of us taking turns on all fours to unclog this windy and chilly crack... that is, when the weather deigned to allow us to descend into the hole that, despite our efforts to divert the outlet of the lake to other sinking streams, became a washing machine after 20 minutes of a mountain storm. But thanks to our team's unwavering determination, we reached the depth of -50 m where, for the first time, we found space enough to progress without much enlargement.

November is going to cover the Lignin Lake and our camp with several meters of snow; but already, in each of our workshops, hammer drills are being repaired and boxes of bolts are being readied, soon to be joined by brand new SDS drill bits. As soon as the snow melts in June, we will don our backpacks and climb with the shepherds to this plateau near the stars where our still unexplored cave awaits us. In 2022, we will be back at Lignin Lake.



Traçage des pertes du lac de Lignin en 2014 qui a démontré la contribution de ce haut plateau à l'alimentation du Coulomp souterrain. The dye tracing of Lignin Lake sinkhole in 2014 that demonstrated the contribution of this high surface to the Coulomp underground river. Photograph Philippe Audra (2014)

Plongée dans le siphon amont de la rivière. Dive in the upstream sump of the river. Photograph Jean-Yves Bigot (2014)



L'aven des Quatre Vents,^{[1] [2]} une cavité atypique et énigmatique du Nord Larzac

par Jean-Louis Rocher¹

LE CONTEXTE

L'aven des Quatre Vents est situé sur la partie nord-est du causse du Larzac, le plus méridional et le plus étendu des sept principaux plateaux calcaires formant la région des Grands Causses. Comme pour une grande partie de ce territoire, en particulier, le centre et l'ouest de la majorité d'entre eux, le vaste affleurement de calcaire dolomitique, d'une puissance variant de 100 à 200 m, engendre des cavités à allure très verticale, la plus remarquable étant, sur ce secteur, l'aven des Pauvres^[3], avec son grand puits de 153 m. Le passage de l'étage dolomitique à l'étage calcaire sous-jacent est souvent à l'origine d'obstructions, et les premières couches marneuses des étages calcaires entraînent effondrements, trémies ou galeries étroites creusées en joint de strate et difficilement franchissables. Cette difficulté à pénétrer plus profond dans l'étage calcaire après avoir traversé facilement l'étage dolomitique est une caractéristique indéniable des cavités des Grands Causses se développant dans ce même contexte géologique.

L'aven des Quatre Vents, quant à lui, avec sa profondeur remarquable de -422 m, accessoirement la plus profonde de la région des Grands Causses à ce jour, rentre dans le cortège des exceptions à la règle tout comme les avens de Puech Negre^[4], des Patates^[4] et du Sotch de la Tride^[3] sur le causse Noir, l'aven Lacas^[4] sur le causse de

Sauveterre, et les avens de la Cheminée^[3] et de Hures^[10] sur le causse Méjean, pour ne citer que ceux qui sont dans un contexte géologique comparable. Cependant, il présente une morphologie totalement atypique à bien des égards, rompant avec le schéma classique des creusements observés jusqu'alors.

DESCRIPTION DE LA CAVITÉ

La petite entrée des Quatre Vents, qui se présentait sous la forme d'une étroite fissure soufflante, est découverte fortuitement le 20 juin 2014, la veille de la fête des 80 ans du club de l'Alpina (Millau), d'où son surnom : les « Quatre Vents ans ». La diaclase d'entrée fort étroite a représenté la plus grande difficulté et ce n'est qu'après une quinzaine de séances de désobstructions que la suite est enfin ouverte le dimanche 5 juillet 2015. L'aven est alors exploré rapidement jusqu'au réseau de la Bouteille, vers la côte -100 m.

La morphologie de la cavité est alors déjà surprenante. *A contrario* des autres avens de ce secteur ici pas de verticales. Les galeries descendent doucement en suivant le pendage, avec des étages fossiles reposant sur des planchers calcifiés. La roche est « pourrie », les parois se désagrègent et le sable détritique est soutiré en masse par d'étroites fissures dans le sol. Seules des vagues d'érosion, présentes en de très rares endroits, trahissent l'existence d'une ancienne circulation active rapide.

Une suite supposée en aval de la galerie de la Bouteille est difficile à cerner mais un indice nous permet de déterminer un prolongement possible : juste un petit bout de lame d'érosion bien « cupulé » au départ d'un des très étroits passages qui forment alors le terminus du réseau !

Le 27 mars 2016, ce passage clé franchi, la cavité présente enfin la première étape de son approfondissement.

En effet, l'aven prend une allure plus verticale à partir de -100 m et surtout lors du recouplement d'une fracture majeure, à l'origine de la salle Frisson Roche, à -160 m, renouant en partie avec la morphologie typique de cet étage.

Quatre vents, galerie de Mars amont. *Quatre vents, Galerie de Mars upstream.*
Photograph Éric Boyer



The Aven des Quatre Vents,^{[1] [2]} an uncommon and mysterious cave in Northern Larzac

by Jean-Louis Rocher¹

CONTEXT

The Aven des Quatre Vents lies on the northeastern part of the Causse du Larzac, the southernmost and largest of the 7 main calcareous plateaus that form the Grands Causses area. Like most of this territory, particularly the central and western parts, this vast dolomitic calcareous outcrop, which varies between 100 and 200 m thick, creates very vertical caves of which the most remarkable is Aven des Pauvres^[3] with its 153-m-deep pit. The transition between the dolomitic layer and the underlying limestone layer often represents an obstacle, and the first marls of the limestone layers generate collapses, cave-ins or narrow passages formed in the contacts that are difficult to cross. The difficulty of descending deeper into the limestone layer after easily crossing the dolomitic layer is an inescapable characteristic of Grands Causses caves featured in this same geological context.

Aven des Quatre Vents with its remarkable depth of -422 m (the Grands Causses' deepest cave to date) is one of the exceptions to the rule, along with Aven de Puech Negre^[4], Aven des Patates^[4] and Aven du Sotch de la Tridel^[3] on the Causse Noir, Aven Lacas^[4] on the Causse de Sauveterre and Aven de la Cheminée^[3] and Aven de Hures^[10] on the Causse Méjean, just to mention caves that offer a comparable geological context. However, it features a completely atypical morphology in many respects and breaks from the usual pattern of formation which had been observed previously.



Aven des Quatre Vents, salles amont. Aven des Quatre Vents, upstream chamber.
Photograph Anthony Alliès



Aven des Quatre Vents, salles Amont. *Aven des Quatre Vents, salles Amont* Photograph Anthony Alliès

L'étage calcaire est enfin atteint à la cote -265 m, dénotant une épaisseur de roche dolomitique très remarquable pour ce secteur et favorisée, bien entendu, par sa position sommitale, par l'existence de deux étages dolomitiques distincts et un pendage plus marqué que la moyenne générale observée dans les Grands Causses (à l'exception de la Séranne au sud du Larzac).

Plus bas, vers -290 m, un pli faille a permis de passer aisément la couche de marne jaunâtre, caractéristique de ce secteur du Larzac, d'épaisseur métrique, intercalée dans les premiers 25 m des bancs calcaires et qui est souvent à l'origine d'effondrements difficiles à franchir.

À la cote -310 m, le long méandre de Bip creusé dans une belle roche calcaire donne enfin une morphologie typique rencontrée dans bien des cavités qui ont la chance d'atteindre ou de traverser cet étage.

Enfin le samedi 25 mars 2017, la formidable et « inimaginable » galerie de Mars, entièrement fossile, est atteinte à la cote -340 m.

SURPRENANTE GALERIE DE MARS

Cette majestueuse galerie est creusée en ses parties supérieures dans des calcaires en bancs minces (Bathonien inférieur), dont la fragilité structurelle engendre de nombreux effondrements mais aussi de beaux volumes, avec des plafonds plats caractéristiques. Dans les parties inférieures, anciens siphons, la galerie de Mars est creusée en belles conduites forcées, de section moyenne 6 m x 5 m, où les vagues d'érosion sont omniprésentes sur les parois et au plafond en particulier.

L'amont bute, à la salle du Poisson, devant une fracture broyée qui a engendré une trémie infranchissable, malgré le courant d'air qui y circule, car trop dangereuse. Ces broyages calés sur des fractures sud-nord sont observables dans quelques cavités du secteur engendrant des trémies instables à l'origine de grosses difficultés de franchissement.

Le petit actif rencontré à partir de -275 m et que l'on suit plus ou moins jusqu'à la galerie de Mars se perd dans le sol dès son entrée dans celle-ci. C'est seulement en octobre 2019 qu'un élargissement va permettre de descendre, à la faveur d'une cassure inclinée de direction sud-ouest – nord est, une série de verticales atteignant la cote inespérée de -422 m au niveau du siphon aval d'un petit collecteur. Le développement de la cavité atteint alors 4510 m.

La galerie de Mars est donc un étage fossile dont le niveau de déversement est à 480 m d'altitude soit environ 100 m plus haut que le niveau de la vallée de la Dourbie, à 4 000 m plus au nord, et 80 m plus haut que les sources qui en jalonnent le cours. On est en droit de penser que l'on se trouve peut-être ici au toit de la zone de fluctuation d'un ancien niveau de circulation en lien avec le niveau de creusement de la vallée.

L'altitude des très rares sorties fossiles de réseaux majeurs reconnues comme telles dans les pentes de la vallée de la Dourbie, comme l'aven-grotte de Laumet^[2], permettait de le supposer mais l'aven des Quatre Vents est la première cavité du nord est du Larzac qui atteint cet étage fossile au cœur du massif.

En corrélation, sur le causse Noir, l'aven de Puech Nègre, dont le collecteur est tributaire de la même vallée, voit ses galeries aval actives couler à l'altitude 500 m.

CAVE DESCRIPTION

The small entrance to Quatre Vents, which was originally a narrow blowing crack, was discovered by accident on June 20th, 2014, on the eve of the 80th anniversary of the Alpina Club (Millau), from which it takes its nickname "Quatre Vents Ans". The very narrow entrance fissure represented the greatest difficulty, and only after 15 digging sessions was the continuation opened on July 5th, 2015. The cave was then quickly explored up to the Réseau de la Bouteille, at around -100 m.

The cave morphology was already surprising. Unlike other caves in the area, there were no pits here. Passages gently descended following the dip, with fossil layers lying on calcified floors. The rock is "rotten", walls crumble and huge amounts of clastic sand disappear through tiny cracks in the floor. Only scallops present in a very few places show that there had been quick active flow in the past.

The presumed continuation downstream of the Galerie de la Bouteille is difficult to discern but a clue suggests this possibility: a small piece of eroded blade with scallops at the beginning of one of the very narrow passages that mark the end of the system!

On March 27th, 2016, beyond this key passage, the cave finally showed the first stage of its descent.

The cave indeed becomes more vertical at -100 m, and even more so when it crosses a major fracture at the beginning of the Frisson Roche room at -160 m, now showing a more typical morphology for this layer.

The limestone is finally reached at -265 m, demonstrating a remarkably thick dolomitic sequence for this area, favored of course by its position near the summit, and revealing 2 distinct dolomitic layers and a more significant dip than usually observed in the Grands Causses (except for the Séranne south of Larzac).

Further down, around -290 m, a thrust fault allowed easy passing of the yellowish marl layer, characteristic of this part of Larzac, a meter thick and positioned in the first 25 m of the limestone beds, and which often generates collapses that are difficult to cross.

At -310 m, the long Méandre de Bip, formed in a beautiful limestone, eventually shows the typical morphology that can be observed in many caves that are lucky enough to reach or cross this level.

Finally, on March 25th, 2017, the astonishing and "unimaginable" Galerie de Mars, an entirely fossil passage, is reached at -340 m.

THE ASTONISHING GALERIE DE MARS

This majestic passage is formed in its upper parts in thin limestone beds (Lower Bathonian), whose structural fragility causes many collapses but also beautiful spaces with characteristic flat ceilings. In its lower parts (former sumps), the Galerie de Mars is formed in beautiful high-pressure conduits with an average cross section of 6 m by 5 m, where scallops are seen everywhere, especially on the walls and ceiling.

Upstream, at the Salle du Poisson, we are stopped by a crushed fracture that has created an impassable cave-in that is too dangerous to pass in spite of the airflow. Such collapses, aligned with south-north oriented fractures,

can be observed in a few of the area's caves, where they create unstable cave-ins that make crossing them very difficult.

The small stream starting at -275 m that we follow more or less until the Galerie de Mars disappears into the floor as soon as it enters that passage. Only in October 2019 after digging made it possible to descend, taking advantage of an inclined fissure following a southwest/ northeast axis, did a series of pits reach an unexpected -422 m at the level of the downstream sump of a small collector. The length of the cave then reached 4,510 m.

The Galerie de Mars is therefore a fossil level whose outlet is situated at 480 m of altitude, i.e., about 100 m higher than the Dourbie valley 4,000 m to the north, and 80 m higher than the springs that dot its course. There is reason to believe that we might be at the top of the fluctuation zone of a former water table connected to the down-cutting of the valley.

The altitude of the very scarce fossil outlets of significant cave systems identified as such on the slopes of the Dourbie valley, such as the Aven-Grotte de Laumet^[2], led us to presume this, but the Aven des Quatre Vents is the first cave in the northeast of Larzac that reaches this fossil level in the heart of the massif.

In correlation, on the Causse Noir, the Aven du Puech Nègre, whose collector is a tributary of the same valley, features downstream active passages that flow at an altitude of 500 m.

This altitude of water table can also be observed, within 10 or 20 m, in other collectors that were reached in the Grands Causses (Aven Lacas, Grotte du Coutal^[9]) and that are tributary to the Tarn River gorges, whose lithology is very comparable.

We must mention that there is in Quatre Vents a fossil level (called the Fossile Blanc) around the altitude of 580 m, but we don't know if it continues into this level. The morphology and orientation of the passages make it possible to think that the Galerie de Mars could capture the active flow of Quatre Vents from the Méandre de Bip in preference to a higher fossil level. The question remains! One more mystery to solve...

HYDROGEOLOGY

The BRGM's^[6] hydrogeological studies of the 1990s made it possible to draw the boundaries of the different catchment areas of the northern Larzac springs: Durzon, Espérelle, Laumet, Riou Ferrand, Aumède, Boundoulaou and Cernon, just to mention the most significant ones.

These studies helped include the Aven des Quatre Vents in the catchment area of the Source de l'Espérelle, which is tapped by the Millau Municipality for its drinking water. With a catchment area estimated at 99,39 km², it is the second biggest spring in the studied area after the Durzon Spring in Nant, whose catchment area is estimated at 108,15 km². These studies call into question the results of a dye trace made by the Causses Spéléo-Club^[6] in 1981 that showed a connection between the Aven de Jassenove, 100 m south of the Quatre Vents, and the Source de Laumet of the Dourbie Valley, 3,700 m downstream.

The tracing of the cave's active flow then became paramount to solving the matter. The significant south-north fractures could indicate flow towards the Source

Ce niveau altitudinal de circulation se retrouve, à 10 ou 20 m près, dans d'autres collecteurs atteints sous les Grands Causses (aven Lacas, grotte du Coutal^[9]) tributaires des gorges du Tarn, dont la lithologie est très comparable.

Il faut noter dans les Quatre Vents l'existence d'un niveau fossile (le Fossile blanc) vers l'altitude 580 m, sans savoir s'il peut se prolonger à ce niveau. La morphologie et les directions des galeries permettent de supposer que la galerie de Mars a pu capturer l'actif des Quatre Vents coulant dans le méandre de Bip au détriment d'un étage fossile supérieur. La question reste donc entière ! Un mystère de plus à élucider...

HYDROGÉOLOGIE

Les études hydrogéologiques du BRGM^[5] dans les années 1990 avaient permis de tracer les limites des divers bassins d'alimentation des sources du Larzac septentrional : Durzon, Espérelle, Laumet, Riou Ferrand, Aumède, Boundoulaou et Cernon, pour ne citer que les plus importantes.

Cette étude permettait d'inclure l'aven des Quatre Vents dans le bassin d'alimentation de la source de l'Espérelle, captée par la commune de Millau pour son alimentation en eau potable, et dont la surface du bassin d'alimentation avait été estimée à 99,39 km², soit la deuxième source en importance de la zone étudiée après la source du Durzon, à Nant, dont le bassin est estimé à 108,15 km². L'étude remettait donc en cause les résultats d'une expérience de coloration réalisée par le Spéléo-club des Causses^[6] en 1981 et qui prouvait une relation entre l'aven de Jassenove, à 100 m au sud des Quatre Vents, et la source de Laumet dans les gorges de la Dourbie, située 3700 m plus en aval.

La coloration de l'actif de la cavité devenait donc incontournable pour mettre un terme au débat. Les fractures majeures sud – nord pouvaient faire penser à une capture des circulations vers la source de l'Espérelle, alors que la direction grossière est – ouest de la galerie de Mars, bien que fossile, permettait d'envisager *a contrario* une possible relation du réseau avec la source de Laumet.

C'est dans le cadre des études hydrogéologiques coordonnées par le Parc naturel régional des Grands Causses, dont le but est, entre autres, d'affiner les limites des divers bassins d'alimentation du Larzac nord, que le 9 février 2020 une équipe déverse 4 kg de sulforhodamine B dans le Petit Collecteur à -421 m dont le débit est jaugé à 3 l/s. Le 14 février, soit cinq jours plus tard, le colorant est visible à l'œil nu à la source de Laumet^[7]. Le débat est-il pour autant tranché ?

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les découvertes spéléologiques majeures prouvent une fois de plus leur intérêt incontournable dans la compréhension des circulations souterraines.

Le Petit Collecteur des Quatre Vents permet d'affiner les limites des bassins d'alimentation des sources de l'Espérelle et de Laumet, en repoussant celles-ci plus à l'est et remettant en cause ainsi, tout en se référant aux

surfaces estimées des différents bassins, l'ensemble de leurs limites définies par les études hydrogéologiques.

La galerie de Mars semble confirmer l'existence d'un niveau majeur de circulations hydriques à l'altitude moyenne de 500 m, en relation avec un ancien niveau de creusement de la vallée de la Dourbie.

De façon plus aléatoire, cette galerie peut laisser supposer l'existence d'un ancien réseau unique, commun au réseau de Laumet et celui de l'Espérelle, qui se seraient individualisés ensuite lors de l'enfoncement de la vallée de la Dourbie par une importante fracturation sud-nord. Mais là, seules de futures découvertes spéléologiques pourraient apporter une réponse.

L'enfoncement des actifs vers la zone noyée alors que nous sommes encore à quatre kilomètres de l'émergence est tout à fait surprenant. Il est à l'opposé des réseaux actifs explorés jusqu'à ce jour sur les bassins versants des gorges du Tarn et de la Dourbie, qui, dans un même contexte géologique apparent, ne rejoignent l'altitude des émergences que très près du flanc des vallées.

Une autre question importante se pose également : la morphologie de la cavité, d'abord horizontale, serait-elle un vestige d'une circulation ancienne perchée, à l'instar des cavités fossiles du massif de la Séranne^[8], et qui aurait été recreusée par l'enfoncement des niveaux de circulations actuels ? Une étude géomorphologique sur l'aven Noir, réseau majeur de la vallée du Trèvezet, affluent de la Dourbie en amont des sources de l'Espérelle et de Laumet, avec en parallèle une étude plus approfondie sur le creusement des vallées des Grands Causses tributaires du versant atlantique, pourraient peut-être amener des éléments de réponse...

Les recherches spéléologiques sous ces plateaux calcaires ont encore sans aucun doute de beaux jours devant elles et les questions en suspens ne peuvent qu'en motiver les investigations !

Bibliographie de référence à cet article / Bibliography

- [1] Aven Lacas, aven des Quatre Vents : dans *Baumas 2016*, publication du Comité départemental de spéléologie de l'Aveyron (CDS 12), Explorations sous les Causses 2000-2015.
- [2] Aven des Quatre Vents, exsurgence de Laumet, source de l'Espérelle : dans *28^e Rassemblement des spéléologues caussenards (Camprieu, 2019)*, publication du Comité départemental de spéléologie du Gard (CDS 30).
- [3] Aven des Pauvres, aven du Sotch de la Tride, aven de la Cheminée : Explorations souterraines 1985-1999, dans *Mirabal n° 5 et Ratapanade n° 6*, bulletin des clubs Alpina de Millau et Spéléo-club de la Maison des jeunes et de la culture de Rodez.
- [4] Aven des Patates, aven de Puech Nègre : Explorations souterraines de l'Alpina, dans *Mirabal n° 3*.
- [5] Dans *Connaissance, aménagement et protection des ressources en eau du Larzac septentrional en vue de l'établissement des périmètres de protection*, publication du Bureau de recherches géologiques et minières, juin 1996 (document public).
- [6] Dans *Bulletin du Spéléo-club des Causses*, n° 6, 1983, p. 23.
- [7] Dans *Traçages de l'aven des Quatre Vents. Connaissance hydrogéologique du Larzac Nord, commune de Millau*, étude réalisée par le Pôle Ressources naturelles et biodiversité du Parc naturel régional des Grands Causses, juillet 2020.
- [8] Dans *L'Aven de la Leicasse*, publication du Groupe d'études et de recherches spéléologiques et archéologiques de Montpellier, 2018.
- [9] Grotte du Coutal : dans *Speloufi n° 4*, bulletin du Spéléo-club de la Lozère, 1983.
- [10] Aven de Hures : dans *Ratapanade n° 1*, bulletin du Spéléo-club de la Maison des jeunes et de la culture de Rodez, 1976.

1. Groupe spéléologique Alpina Millau

de l'Espérelle, whereas the average east-west orientation of the Galerie de Mars, albeit fossil, pointed at a possible connection of this system with the Source de Laumet.

Part of these hydrogeological studies are coordinated by the Grands Causses Natural Park whose goal is, among others, to refine the limits of the different catchment areas in northern Larzac. On February 9th, 2020 a team poured 4 kg of sulforhodamine B into the Petit Collecteur at -421 m, whose flow is estimated at 3 l/s. On February 14th, 5 days later, the color was visible to the naked eye at the Laumet Spring^[7]. Was the matter really solved?

CONCLUSIONS AND PROSPECTS

These significant speleological discoveries show once more that they are essential for the understanding of underground water flow.

The Petit Collecteur of Quatre Vents makes it possible to refine the limits of the catchment areas for the Espérelle and Laumet springs while pushing them further east and therefore calling into question, based on the estimated size of the different areas, all of the limits defined by hydrogeological studies.

The Galerie de Mars seems to support the idea of a significant water level at an average altitude of 500 m, in connection with a former level of downcutting of the Dourbie valley.

More uncertain is the possibility that this passage could indicate the presence of a single ancient system, common to both Laumet and Espérelle, that split during the downcutting of the Dourbie valley by significant south-north fracturing. Only future speleological discoveries can help us answer this question.

The sinking of the active streams towards the flooded zone while we are still 4 km away from the resurgence is quite surprising. It is the opposite of the active systems explored to date in the watersheds of the Tarn and Dourbie gorges which, in the same apparent geological context, only reach the elevation of the resurgences when very close to the flanks of the valleys.

Another important question is that of the cave morphology: at first horizontal, could it be a remnant of a past perched water table, like the fossil caves of the Séranne Massif^[8], that has been re-excavated by the downcutting of the current water levels? A geomorphological study of the Aven Noir, a large cave system of the Trèvezel valley and tributary to the Dourbie upstream of the Espérelle and Laumet springs, in parallel with a more in-depth study of the downcutting of the tributary valleys of the Grands Causses on the Atlantic slope, could perhaps provide some answers...

Speleological research under these limestone plateaus has without doubt fine days ahead of it, and the unanswered questions can only motivate the investigations!

Aven des Quatre Vents, salle de la Licorne (salles amont). *Aven des Quatre Vents, salle de la Licorne (upstream chamber).*
Photograph Anthony Alliès



La grotte de Bruniquel

Bruniquel - Tarn-et-Garonne

par Michel et Denise Soulier¹, Jacques Jaubert² et Sophie Verheyden³

Cet article s'est appuyé sur les travaux de l'équipe « Bruniquel » composée de scientifiques et de spéléologues de la Société spéléo-archéologique de Caussade (SSAC)

1990, DÉCOUVERTE DE LA CAVITÉ

Les recherches dans la grotte de Bruniquel ont déjà fait l'objet d'une publication dans *Spelunca* (n° 60, 1995). C'est pour cette raison que nous ne reprenons ici, pour mémoire, que les grandes lignes de l'écrit de cette époque.

La découverte de la cavité est effective le 25 février 1990. Dès le lendemain, une petite équipe de la SSAC identifie sur le sol d'une grande salle, à 330 m de l'entrée, des rangements en cercles de concrétions cassées qui semblent de facture humaine et qualifiés alors de « barrage ». Le site est mis en sécurité en attendant la venue de François Rouzaud (Service régional de l'archéologie (SRA) de Midi-Pyrénées).

Le 25 avril 1990, François Rouzaud visite le site et, comme les spéléologues deux mois avant, conclut à un rangement anthropique qu'il va falloir prouver. Nous décidons de lancer une campagne de recherches.

1992-1993, 1^{RE} DATATION

Nous allons cartographier la « structure », la salle qui l'environne et identifier quelques « foyers » évidents. Dans l'un d'entre eux, le « foyer Nord », nous prélevons un os d'ours calciné (ulna) pour datation ¹⁴C.

À l'issue de nos travaux, une certitude s'impose : c'est bien l'homme qui est à l'origine de ces rangements et la date obtenue en 1995, par H. Valladas de « > 47 600 ans », nous surprend et nous ravit (PHOTOGRAPHIE 1). François Rouzaud

ose alors écrire qu'à Bruniquel nous avons la plus ancienne trace de l'homme préhistorique en milieu souterrain profond, peut être bien celle d'un Néandertalien !

La cavité est à l'honneur et fait un tour du monde médiatique. Cela explique aussi la première publication dans *Spelunca* en 1995.

D'un commun accord (SRA/SSAC), nous décidons d'interrompre les recherches en attendant une évolution des techniques en décembre car nous souhaitons travailler de la manière la moins invasive possible. La disparition prématurée de François, en 1999, nous laisse sans « pilote à bord » pendant plus de quinze ans.

2014, REPRISE DES RECHERCHES

Cette reprise a également été publiée dans un article de *Spelunca* (n° 142, juin 2016). Résumons aussi les avancées à cette date.

À l'initiative de l'une d'entre nous, l'étude redémarre. De judicieux carottages dans les concrétions constituant les structures et des repousses vont permettre d'obtenir la date de leur édification par la méthode U/Th au laboratoire de Xi'an-Jiaotong : - 176 500 ± 2 000 ans (PHOTOGRAPHIE 2).

Ces résultats publiés dans la revue scientifique *Nature* nous installent à nouveau dans une petite folie médiatique car nous savons maintenant que l'hypothèse avancée par François Rouzaud est confirmée : ce travail est l'œuvre de Néandertaliens, mais bien plus anciens que prévu ! Nous pouvons alors annoncer ce bond incroyable dans

le temps pour l'appropriation du milieu souterrain par l'homme préhistorique.

Le film « Néandertal. Le mystère de la grotte de Bruniquel », diffusé en 2016 sur Arte, associe en images fortes les résultats de la datation aux travaux menés par l'équipe des scientifiques/spéléologues diffusés par ailleurs dans de nombreuses publications et interviews.



Photographie 1 : Dans le « foyer nord », l'os d'ours calciné daté en 1995 « au moins 47 600 ans ». *Carbonized bear bone in the "northern hearth", dated at "at least 47,600 years" in 1995.* Photograph Michel Soulier (SSAC)

La grotte de Bruniquel

Bruniquel - Tarn-et-Garonne

Department

by Michel et Denise Soulier¹, Jacques Jaubert² and Sophie Verheyden

This article was supported by the work of the "Bruniquel" team that includes scientists and cavers from the Société spéléo-archéologique de Caussade (SSAC)

1990, DISCOVERY OF THE CAVE

Research in the Grotte de Bruniquel has already been the subject of a publication in *Spelunca* (n° 60, 1995). Therefore here we will only review the main points of that article.

The cave was discovered on February 25th, 1990. The day after, a small SSAC team identified, on the floor of a large room 330 m from the entrance, circular arrangements of broken speleothems that seemed to be man-made and were then considered to be a "dam". The site was secured pending a visit by François Rouzaud (Regional Archaeological Service (SRA) of the Midi-Pyrénées Region).

On April 25th, 1990, François Rouzaud visited the site and, like the cavers 2 months before, identified an anthropic arrangement, which needed to be confirmed. We decided to start a research project.

1992-1993, 1ST CHRONOLOGICAL DATING

We surveyed the "structure" and the room that hosts it, and identified a few obvious "hearths". In one of them called the "northern hearth", we sampled a carbonized bear bone (ulna) for C-14 dating.

At the end of our work, one thing was certain: it was indeed humans that made these structures, and the date identified in 1995 by H. Valladas, "> 47,600 years", both surprised us and pleased us (PHOTOGRAPH 1). François Rouzaud then dared to write that we had here the oldest hominid track in a deep underground environment, and it could well be that of a Neanderthal!

The cave was thrust into the spotlight and made a media tour around the world. This also explains why there was that first *Spelunca* publication in 1995.

By mutual agreement (SRA/SSAC), we decided to pause our research, anticipating an evolution of the technique in December, because we wished to work in the least invasive way possible. The premature death of François in 1999 left us without a leader for more than 15 years.

2014, RESUMPTION OF RESEARCH

This work was also the subject of a *Spelunca* publication (n° 142, June 2016). Let us summarize this period's work as well.

At the initiative of one of us, the investigation resumed. Judicious coring of the speleothems constituting

the structures and their 'regrowths', i.e., new speleothems growing on the old ones, made it possible to obtain the date of their construction by the U/Th method in Xi'an-Jiaotong laboratory: - 176,500 ± 2,000 years (PHOTOGRAPH 2).

These results, published in the scientific journal *Nature*, again put us at the center of a media frenzy, because we now know that François Rouzaud's hypothesis was confirmed: this was the work of Neanderthals, only much older than thought! We were then able to claim an incredible leap back in time concerning hominid use of the underground environment.

The movie "Néandertal. Le mystère de la grotte de Bruniquel", released in 2016 on Arte, highlighted with powerful images the results of the dating in connection with the work done by the team of scientists and cavers, and was presented in many more publications and interviews.

PROGRESS AND FUTURE RESEARCH

Since 2014, research has continued in the cave with 2 expeditions a year (except for 2020 because of the COVID-19 situation).

A meticulous map of the cave with geomorphological features was drawn by H. Camus.

In the **Salle de la Structure**, an inventory of all "speleofacts" and other features was performed and entered into a database that includes geopositioning, a description of each artifact, photogrammetry, and individual photographs. We hope this information will help us match (through "virtual"



Photographie 2 : Salle de la Structure. Cette carotte prélevée sur une repousse de stalagmite cassée a donné un âge de 174 000 ans, contemporain de l'édification des constructions. *Salle de la Structure. This core sample, collected on a regrowing broken stalagmite, gave a dating of 174,000 years and is contemporary to the structures' construction.* Photograph Michel Soulier (SSAC)

AVANCÉES ET FUTURES RECHERCHES

Depuis 2014, les recherches se poursuivent dans la cavité à raison de deux campagnes annuelles (sauf pour l'année 2020, conséquences de l'épidémie liée au COVID-19).

Une topographie de précision de la cavité avec indications géomorphologiques est dressée par H. Camus et collab.

Dans la **salle de la Structure**, l'inventaire de tous les « spéléofacts » et de toutes les traces est réalisé et saisi dans une base de données avec géo-positionnement, description de chaque vestige, photogrammétrie et photographie individuelle. Nous espérons que ces informations nous permettront des appariements (« recollages » virtuels) entre des éléments constituant les structures et des bases de stalagmites sectionnées identifiées dans la salle. Un travail informatique (X. Muth) et statistique (F. Santos) de précision est engagé.

Un mini-sondage (0,30 x 0,30 m), à l'intérieur de la structure principale, est programmé avec l'espoir de découverte du sol archéologique sous la couche de calcite omniprésente. La cavité étant classée au titre des Monuments historiques depuis juin 2016, cette opération invasive sera menée dans le respect des contraintes édictées par les services compétents du ministère de la Culture et dans la plus grande attention pour l'intégrité esthétique du site.

Une prospection géomagnétique à l'extérieur de la zone des structures doit se poursuivre et peut nous permettre d'identifier de possibles zones de chauffe (foyers potentiels) recouvertes par une couche de calcite (F. Lévêque). L'étude des points de chauffe déjà identifiés, assortie d'un protocole expérimental (C. Ferrier et J.-Cl. Leblanc), se poursuit et devrait déboucher sur des hypothèses plausibles sur l'utilisation des structures.

En revenant vers l'entrée, dans le secteur de la **Patte d'Ours**, l'étude déjà entreprise des très nombreuses traces qui oblitèrent une importante zone argileuse doit être poursuivie (L. Ledoux, F. Maksud). Aux multiples traces d'ours sont associées celles d'ongulés de type sanglier et, plus intrigantes, plusieurs empreintes de grand cervidé. Des questions évidentes se posent alors : que faisait cet animal si loin sous terre, par quelle entrée suffisamment grande (aujourd'hui colmatée) et encore inconnue est-il passé ou comment a-t-il franchi un passage un peu bas de plafond ?

L'étude de l'hypothétique **Lampe fixe** est en cours. Les prélèvements des années 1990, conservés dans le laboratoire de l'ÉNS (Paris), ont été repris et étudiés avec les moyens techniques actuels (D. Deldique, J.-N. Rouzaud). Une forte élévation de température d'un minuscule élément d'os calciné a été décelée. Une équipe est constituée afin de poursuivre l'étude de cet ensemble qui livrera, nous l'espérons, ses secrets.

Le **Chaos**. Nous avons toujours été intrigués par cet important amoncellement de blocs de calcaire, de plancher stalagmitique et de concrétions, qui barre la communication entre le passage de L'Équilibriste et la salle de la Grande Barrière, non par la chute elle-même, mais par le fait que ce chaos interrompt ponctuellement un cheminement quasi rectiligne dans la cavité. Dans l'hypothèse où les Néandertaliens auraient bien balisé leur cheminement entre l'Entrée et la salle de la Structure, le Chaos constitue



Photographie 3 : Chaos. Carottage sur l'un des blocs effondrés.
The Chaos. Core sampling on one of the collapsed blocks.
Photograph Michel Soulier (SSAC)

un blocage visuel vers des points lumineux ». (PHOTOGRAPHIE 3)
La question est donc de savoir si l'effondrement a eu lieu avant ou après l'édification des structures. Des carottages et prélèvements pratiqués sur cet ensemble sont en cours de datation.

La **salle des Bauges** située à la base du **Grand éboulis**, vient de nous livrer des indices importants quant à la présence de l'homme préhistorique près d'une entrée potentielle que nous commençons à percevoir (proche de celle que nous empruntons). En effet, une observation sur le versant extérieur du site a mis en évidence, sous le couvert végétal, des blocs correspondant au toit d'un possible porche aujourd'hui effondré et colmaté.

Deux sondages de 0,50 m x 0,50 m ont été entrepris dans la **salle des Bauges**, au contact du Grand Éboulis. Les résultats ne se sont pas fait attendre : à une vingtaine de centimètres sous la surface sont apparus deux nucléus sur galets de quartz de type Paléolithique moyen, des traces de décarnisation sur des os de renne et de nombreux petits morceaux de charbons annonciateurs de points de chauffe à proximité. La grande faune et microfaune (M. Boudadi-Maligne, D. Cochard) et la facture des nucléus correspondent à une période attribuable au Pléistocène moyen, mais nous ne pouvons pour l'instant la faire correspondre avec celle de l'édification des structures (FIGURE 1).

D'autre part, dans cette salle et dans l'éboulis, de nombreux indices, toujours discrets, tels quelques spéléofacts disposés de curieuse manière sur des redans rocheux, des galets de quartz par petits groupes posés sur des blocs d'effondrement ou un autre niché dans une anfractuosité de la paroi, de possibles traces sur un sol argileux, nous font ressentir depuis longtemps une occupation anthropique de cette salle.

L'étude de cette zone ne fait que commencer.

RELEVÉS 3D

Hors périodes de recherche et à l'initiative du Service régional de l'archéologie d'Occitanie, en deux périodes réparties sur un mois, les relevés 3D de la cavité entre l'Entrée et la salle de la Structure ont été réalisés, encadrés et aidés par les spéléologues de la SSAC et un représentant du SRA. Ce travail d'importance a un triple but : conservation de la mémoire du site, base de travail en laboratoire pour les scientifiques et possibilité d'utilisation pour la médiatisation

collages) elements making up the structures with broken stalagmite bases identified in the room. Precise digital (X. Muth) and statistical (F. Santos) work is underway.

Small-scale excavations (0.30 x 0.30 m) inside the main structure are planned in the hope of finding the archaeological floor under the omnipresent calcite layer. The cave has been classified as a Historical Monument since June 2016 and this invasive procedure will be performed according to regulations issued by the relevant departments of the Ministry of Culture, and with the greatest attention to the aesthetic integrity of the site.

A geomagnetic survey outside of the area of the structures is planned, and could help us identify possible burned areas (potential hearths) covered with a calcite layer. The study of previously identified burned areas in association with an experimental protocol (C. Ferrier et J.-Cl. Leblanc) continues and should lead to plausible hypotheses on the use of those structures.

Back near the entrance, in the **Patte d'Ours** (Bear's Paw) sector, a study already underway of the many tracks that cover a significant clay layer will be continued (L. Ledoux, F. Maksud). The numerous bear tracks are associated with those of ungulates like wild boar and, more intriguingly, with several tracks of large deer. Obvious questions then come to mind: what was this animal doing so far underground, what entrance (now plugged and still unknown) was large enough to let it in, or how could it get through such a low-ceilinged passage?

A study of the hypothetical **Lampe Fixe** site is ongoing. Samples from the 1990s, stored in the ÉNS laboratory in Paris, have been reexamined with modern techniques (D. Deldique, J.-N. Rouzaud). A rapid rise in temperature was detected on a tiny carbonized bone fragment. A team has been formed to continue studying this spot that, hopefully, will reveal its secrets.

The **Chaos**. We have always been intrigued by this large pile of limestone breakdown, flowstone floor and speleothems that blocks the way between the Passage de L'Équilibriste and the Salle de la Grande Barrière, not so much for the pile itself, but for the fact that this jumble effectively blocks an almost straight path in the cave. Assuming that the Neanderthals would have clearly marked their route between the entrance and the Salle de la Structure, the Chaos blocks the view of lighting spots (Lampe fixe for example) (PHOTOGRAPH 3). The question is: did the collapse happen before or after the construction of the

structures? Core and other samples collected from this area are being dated.

The **Salle des Bauges**, at the base of the **Grand Éboulis** ("the big scree"), has just provided important evidence of the presence of prehistoric man near a potential entrance that we are starting to identify (near the one that we use). Indeed, an examination of the exterior slope of the site revealed, under the vegetation, blocks that correspond to the roof of an entrance now collapsed and clogged.

Two 0.50 m x 0.50 m test excavations have been undertaken in the **Salle des Bauges**, at the contact with the Grand Éboulis. The results quickly came in: about 20 cm under the surface appeared two flint cores from quartz cobbles of the Middle Paleolithic type, excarnation traces on reindeer bones and a great number of small charcoal pieces that point to the presence of a hearth nearby. Macrofauna and microfauna (M. Boudadi-Maligne, D. Cochard) and the fabrication of the flint cores correspond to a period attributed to the Middle Pleistocene, but for now we cannot match it to that of the construction of the structures (FIGURE 1).



Figure 1 :
Topographie
simplifiée
avec les
principaux
points
d'intérêt.
*Simplified
map showing
the most
interesting
spots.*

de la cavité dans le cadre d'une future interprétation du site dans le village de Bruniquel. (PHOTOGRAPHIE 4)

LES AMÉNAGEMENTS

Il nous a paru nécessaire, après la première campagne de 2014, d'aménager les passages délicats et argileux sur le cheminement balisé dans un double but : la sécurité des personnes et la préservation de la cavité. En effet, d'une part plusieurs chutes se sont produites lors des déplacements de matériels, souvent lourds et encombrants, heureusement sans conséquences pour les collègues autres que quelques hématomes, et d'autre part, nous avons observé la salissure des zones concrétionnées recoupées par le balisage par déplacement involontaire d'argile sous les bottes. Les chaussons ou surbottes utilisés pour l'approche des structures, les pédiluves mis en place au long du cheminement se sont avérés insuffisants pour limiter le transport d'éléments argileux.

Toujours hors périodes de recherches, et financées par la DRAC, trois passerelles en acier inoxydable ont été installées. Un ferronnier et les spéléologues ont œuvré sur ces réalisations nécessitant des efforts importants dans le transport des matériaux et des matériels. L'Équilibriste, la salle de la Grande Barrière et la Patte d'Ours ont bénéficié de ces aménagements d'une longueur totale de 26 m.

D'autres éléments plus légers, simples caillebotis en résine polyester, ont été directement posés sur le sol afin de s'affranchir des petites flaques argileuses ou des gours sans trop de dommages pour le site.

Toujours sous l'égide du SRA, nous avons également procédé à l'aménagement du Grand éboulis. En effet nous constatons tous un fluage des sédiments (essentiellement de cailloutis) vers le bas, conséquence de nos passages répétés, avec un risque certain de débordement de ceux-ci dans la salle des Bauges au contact avec la base de l'éboulis, dans une zone qui apparaît aujourd'hui comme de grande importance archéologique.

Photographie 5 : Entrée, 3^e étroiture, élargissement. *The entrance. Widening of the 3rd constriction.* Photograph Y. Van den Berghe (SSAC)



Un escalier en acier inoxydable permet désormais une descente confortable du Grand Éboulis. Lui faisant suite, une main-courante a été récemment installée et sécurisée cette fin de zone.

Ces travaux ont maintenant fait leurs preuves et chacun s'en satisfait pour un travail facilité et une progression plus sécurisée.

Enfin, après étude climatologique de la cavité (F. Bourges) et accord du SRA, pour assurer si nécessaire la sortie d'une victime d'accident, les spéléologues ont procédé à l'élargissement du conduit d'entrée pour le mettre au « format civière » (PHOTOGRAPHIE 5). Un exercice du Spéléo-secours français associant les Comités départementaux du Tarn et du Tarn et Garonne a permis de valider ces travaux. Cet élargissement *a minima* est également validé par tous les collègues scientifiques car il assure un passage plus confortable de cette zone !

LES ÉTUDES EN PARALLÈLE

Au-delà des travaux, directement liés à la présence préhistorique sous terre, nos observations portent aussi sur le contexte géologique et karstologique ayant favorisé le creusement de la cavité. Des études sont en cours et devraient nous permettre de comprendre le creusement du conduit où n'apparaissent pas de témoins de circulation importante d'eau. Des soutirages repérés en plusieurs points laissent entrevoir la présence d'un réseau actif sous-jacent.

Les extérieurs de la cavité dans son environnement proche font aussi partie intégrante des recherches ainsi que la restitution des paysages à l'époque de l'édification des structures.

CONCLUSION

Nous n'avons ici relaté qu'un modeste aperçu des recherches dans la grotte de Bruniquel qui sont loin d'être achevées. Cette cavité présente un potentiel important dont nous commençons à entrevoir les informations visuelles qui se révèlent à notre portée. Les indices sont parfois excessivement discrets, voire dissimulés sous la calcite. Que découvriront les futures équipes qui entreprendront des recherches au-delà de la salle de la Structure, dans cette partie de la cavité nécessitant un aménagement préalable ? Nous savons, depuis la découverte, que les traces animales d'ours et d'ongulés y sont nombreuses et qu'il existe une potentielle seconde entrée...

Notons que des informations plus scientifiques sont notamment accessibles dans notre revue fédérale *Karstologia* n° 70 et dans le numéro 79 « Spécial UIS 2022 » à paraître en même temps que ce *Spelunca*.

REMERCIEMENTS

Les propriétaires, le ministère de la Culture France, La Politique scientifique fédérale (BELSPO) et l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique (IRSNB), la mairie de Bruniquel et la Société Lafarge.



1. Société spéléo-archéologique de Caussade
2. Université de Bordeaux / Bordeaux University
3. IRSNB : Institut royal des sciences naturelles de Belgique

In addition, in this room as well as in the scree, many obscure clues such as a few speleofacts oddly displayed on rock projections, small groups of quartz cobbles displayed on collapsed blocks or nestled into a wall crevice, or potential tracks left on a clay soil have long given us the impression of past human occupation of this room.

The study of this area is only beginning.

3D SURVEYS

Outside of research periods, at the initiative of the Regional Archaeological Service of Occitanie (SRA), 3D surveys of the cave between the entrance and the Salle de la Structure were performed on two occasions over the course of a month, supervised and assisted by SSAC cavers and an SRA representative. This important work had 3 goals: preservation of the original appearance of the site, a basis for laboratory work for scientists, and the possibility for media coverage of the cave as part of a future interpretative plan for the site in the village of Bruniquel.

(PHOTOGRAPH 4)

MODIFICATIONS

After the first expedition in 2014, we felt it necessary to ameliorate the delicate and clayey passages of the marked route with 2 objectives in mind: the safety of visitors and the protection of the cave. There have indeed been several falls during the handling of often heavy and bulky equipment, luckily causing nothing more to our colleagues than a few bruises. At the same time, we observed soiling of the decorated areas that are crossed by the marked path by unwittingly tracking clay under our boots. Slippers or overboots used to approach the structures, as well as boot baths placed along the path, turned out to be insufficient to limit clay tracking.

Outside of research periods and with DRAC funding, 3 stainless steel bridges were installed. A metalworker together with cavers worked on this job, which required a lot of effort to transport material and equipment. The Équilibriste, the Salle de la Grande Barrière and the Patte d'Ours all benefited from this infrastructure, with a total length of 26 m.

Other, lighter items such as polyester mats have been placed directly on the floor to bypass small clay puddles or rimstone dams without any damage to the site.

Again under the auspices of the SRA, we also carried out modifications of the Grand Éboulis. We all noticed a downwards creep of fine sediments (mostly 'castine', the local name for small limestone colluvial deposits) as a consequence of repeated visits, with the risk of tracking them into the Salle des Bauges at the base of the scree in an area that now appears to be archaeologically very important.

A stainless steel staircase now makes it possible to walk comfortably down the scree. Following this is a handrail that was installed recently, securing this end of the area.

These projects have now proven themselves and everyone was happy that their work was made easier and their travel safer.

Finally, following a climatological study of the cave (F. Bourges) and with the agreement of the SRA to ensure a safe way out for an accident victim if necessary, cavers



Photographie 4 : Salle des Bauges. Le chantier de fouille. *Salle des Bauges. The excavation site.* Photograph Michel Soulier (SSAC)

proceeded with the widening of the entrance passage to make it comply with the requirements of a stretcher (PHOTOGRAPH 5). A French Speleo-Rescue (Spéléo-Secours Français) exercise involving the Departmental Committees of Tarn and Tarn-et-Garonne allowed the work to be certified. This minimal widening has also been appreciated by our scientific colleagues who can now access this area more easily!

PARALLEL STUDIES

Beyond the work directly connected to the prehistoric presence underground, our observations also concern the geological and karstological context that made creation of the cave possible. Studies are ongoing and should help us understand the formation of passages where no indicators are present of significant water flow. Suffosion phenomena, observed at several points, suggest the presence of an underlying active network.

The environment outside the cave is also an integral part of the research, as well as the restoration of landscapes contemporary with the building of the structures.

CONCLUSION

We have presented here only a glimpse of the research done at the Grotte de Bruniquel, which is far from being finished. This cave has great potential and we are just beginning to perceive the visual information that is within our reach. Clues can be extremely subtle or hiding under the calcite. What will future teams, who will conduct research beyond the Salle de la Structure, discover in the part of the cave that needs further modifications? We have known since the cave's discovery that the tracks of bears and ungulates are numerous and that there is a potential second entrance...

More scientific information is available in our national journal *Karstologia* n° 70 as well as in the 79 "Spécial UIS 2022" issue that is to be published together with this issue of *Spelunca*.

ACKNOWLEDGMENTS

The cave owners, the French Ministry of Culture, the Politique scientifique fédérale (BELSPO), the Institut royal des sciences naturelles de Belgique (IRSNB), Bruniquel Municipality and Lafarge Company



Les expéditions françaises à l'étranger

644 expéditions autour du Monde depuis 2000

par Olivier Testa¹

La Fédération française de spéléologie a parrainé plus de 640 expéditions d'exploration à travers le monde depuis 2000. Ce chiffre démontre un appétit toujours renouvelé des spéléologues pour partir explorer des grottes en dehors de l'hexagone. Un tiers de ces expéditions ont lieu en Europe, un quart en Asie.

J'aime bien rappeler qu'il n'y a pas de petites et de grandes expéditions. À deux, à huit, à vingt, sur un karst européen ou aux antipodes, à chacun de se laisser porter par ses envies et possibilités. Partir, c'est aller pratiquer sa passion sous d'autres cieux, voir d'autres types de cavités qu'à la maison. C'est rencontrer d'autres spéléologues, prendre le risque de voir ses certitudes renversées, vivre des émotions vives, mettre un peu d'aventure dans sa vie et vivre quelques rêves inoubliables à raconter plus tard.

L'Espagne, avec 97 expéditions, est la région qui a attiré le plus de spéléologues. Certes, le pays est tout proche, mais explorer certains gouffres en zone montagneuse très reculée nécessite une logistique importante, avec un transport conséquent de matériel, du ravitaillement, et des camps d'altitude de plusieurs semaines. Il n'y a pas à rougir devant d'autres expéditions plus lointaines. La Grèce, le Maroc, l'Europe de l'Est sont aussi des destinations prisées, mais ô combien dépay-santes et au potentiel considérable. D'autres destinations exotiques présentent des conditions d'expédition plus confortables, avec nuits en auberge ou à l'hôtel. Souvent, l'objectif en ce cas n'est pas forcément l'exploit sportif, mais la découverte de nouvelles cavités en se frottant à une nouvelle culture. Le prisme de la spéléologie permet des échanges originaux pour chacun. On constate aussi qu'il est rare qu'une expédition soit ponctuelle. Souvent,



Cueva de la Gándara (Cantabrie, Espagne). Arrivée dans le canyon des quadras. *Cueva de la Gándara (Cantabria, Spain). Arrival in the Quadras Canyon.*
Photograph Patrick Degouve

les contacts amicaux tissés et le potentiel des zones font revenir les équipes plusieurs fois, au fil des années.

Ce début de XXI^e siècle a vu une transformation de la manière de réaliser des expéditions. Le niveau des compétences techniques des spéléologues locaux a fortement augmenté depuis 20 ans et il paraît aujourd'hui pratiquement inconcevable d'organiser une expédition qui ne soit pas binationale. Les échanges n'en sont que plus riches. Rappelons aussi que dans de nombreux pays, la pratique de la spéléologie n'est pas aussi libre que chez nous et des autorisations sont très souvent indispensables. Il n'est pas rare de voir des groupes de spéléologues escortés vers la frontière, faute de papiers en règle. Le maître-mot est respect.

LE PARRAINAGE DE LA FFS AUX EXPÉDITIONS

Les expéditions spéléologiques françaises sont organisées par des clubs, ou des associations partenaires de la FFS, de manière indépendante. En contrepartie de l'engagement de respecter le code de déontologie, et de partager leurs résultats, la FFS accorde son parrainage à ces expéditions. Ce parrainage peut faciliter certaines démarches administratives. La commission des relations et expéditions internationales (CREI) coordonne les actions internationales de la FFS, anime un réseau de spéléologues correspondant-pays pour les différentes régions et s'occupe de l'archivage et la diffusion des comptes rendus d'expédition.

Vous êtes intéressés pour participer ou organiser une expédition ? Contactez la CREI, ou bien rapprochez-vous des associations partenaires de la FFS : • Centre Terre • Continent 8 • Explos • Explo-Laos • Hommes des Cavernes • ICE Himalayas • Regard sur l'aventure - <https://crei.ffspeleo.fr>

French Expeditions Abroad

644 expeditions around the world since 2000

by Olivier Testa¹

The French Federation of Speleology has sponsored more than 640 exploration expeditions across the globe since 2000. This shows a constant interest among French cavers to go explore caves outside France. A third of expeditions happened in Europe, a fourth in Asia.

Let me remind you there are no big or small expeditions. Be it a team of 2, 8... on European karst or at the other end of the earth, each and every one follows their interests and capabilities. Going abroad is about practising one's passion under foreign skies and seeing caves different from those at home. It is about meeting with other cavers, taking the risk of seeing one's certainties upset, living adventures, making one's dreams come true and coming back with stories to tell.

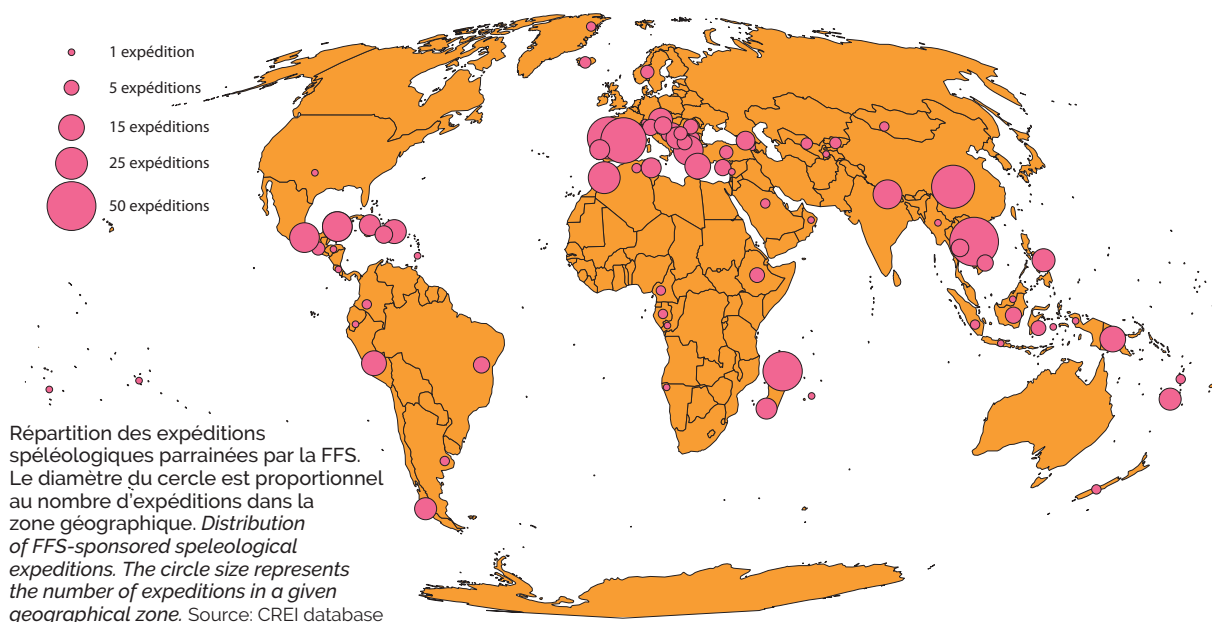
With 97 expeditions, Spain was the most visited country. While it is close, exploration of some of its remote mountain caves requires significant logistics, complex transport of equipment and supplies and several weeks of camping at altitude. Greece, Morocco and Eastern Europe are also popular destinations and offer great potential for exploration and a total escape. Other exotic destinations offer more comfortable travel conditions, including accommodation in hotels or hostels. More often than not, the idea is not so much a sporting achievement, but the discovery of new caves while learning about other cultures. Speleology is a fertile ground for unusual exchanges. It is also notable that an expedition usually doesn't happen only once. New

friendships and new opportunities bring teams back several times over the years.

The way expeditions are carried out has evolved over the 21st century. The level of technical skills of local cavers has risen dramatically over the last 20 years, and it seems quite inconceivable today to organize an expedition that is not binational. Exchanges then only get richer. Let us not forget that in a number of countries, caving is not as freely practised as it is in France, and authorisations are often required. Groups of cavers are sometimes escorted back to the border for lack of papers. Respect is a must.

NOMBRE D'EXPÉDITIONS DEPUIS 2000, PAR PAYS
EXPEDITION COUNT SINCE 2000, PER COUNTRY

Spain	97
Laos	54
Madagascar	45
China	42
Mexico	38
Greece	35
Morocco	23
Nepal	19
Indonesia	16
PNG	15
Other	260
Total	644



CHINE

PAR JEAN BOTTAZZI ET JEAN-PIERRE BARBARY

En 1924, Georges Bouillard (1862-1930), ingénieur et sinologue, décrivait Yunshuidong, une cavité située au sud-ouest de Pékin. Depuis ce précurseur, plus de 239 spéléologues français passionnés par les merveilles du monde, ont exploré, topographié, photographié, échantillonné, analysé et décrit les grottes et karsts de Chine.

Grâce au système de parrainage de la FFS - CREI, la plupart des expéditions sont répertoriées et publiées. Par ailleurs, déontologie oblige, elles se font en partenariat avec des acteurs chinois de la recherche en karstologie. De 1986 à 2020, on en compte plus de 63 dont 4 en spéléo-plongée. Chacune implique généralement des membres de plusieurs clubs. On identifie deux principaux projets s'inscrivant dans la durée : celui du PSCJA², initié en 1986 et actuellement maintenu par le club Ursus et celui d'AKL³, de 1992 à 2014. Par ailleurs, les Français se sont fréquemment joint à des expéditions organisées par des spéléologues étrangers, et inversement.

Les partenaires chinois des expéditions françaises en Chine sont tout d'abord des institutions scientifiques : l'Academia Sinica (Beijing), le GIMR⁴ (Guiyang) et l'Institut du karst (Guilin). Il y a aussi eu l'Institut de technologie de Chengdu et occasionnellement les districts de Fengshan, Du'an et Donglan.

Notre connaissance des techniques et du milieu, fait que d'autres missions ponctuelles d'exploration, d'aide au développement, de formation, de communication ou de secours sont réalisées directement entre des Français présents en Chine et diverses entités chinoises.

Dès 1986, malgré la barrière linguistique, les spéléologues français ont eu à cœur d'enseigner leurs techniques à leurs partenaires. En 1997, le premier stage de formation a été organisé (37 stagiaires : 35 Chinois et 2 Indonésiens). Depuis 2005, avec nos partenaires du Guizhou, nous offrons un stage annuel de spéléologie. Nos stagiaires ont essaimé. Après le séisme de 2008, bon nombre d'entre eux se sont tournés vers le spéléo-secours et nous les accompagnons dans cette démarche. Ainsi, en 2015, s'est déroulée la première formation du Spéléo-secours français en Chine dans le cadre de la première rencontre de l'Union asiatique de spéléologie.

Trois films ont été tournés par des membres des premières expéditions. Les Français en Chine ont par ailleurs contribué au tournage de deux importantes productions documentaires japonaises et britanniques.

Dans la course au développement, les régions karstiques partent avec le handicap de la pauvreté. L'avenir de leurs habitants dépend pour beaucoup des investissements publics ou privés. Se faire connaître par des actions ou des résultats spectaculaires est donc d'une importance capitale. Par ailleurs, les autorités

considèrent la spéléologie comme la source de connaissance de leur patrimoine. Dans ce contexte, les expéditions étrangères en Chine sont presque systématiquement l'objet de reportages télévisuels et les spéléologues sont écoutés en tant que spécialistes. Nos efforts pour donner une autre vision de ce que peut être le tourisme en zone karstique semblent porter ses fruits. C'est dans ce sens que nous avons contribué à la fondation d'un géoparc national et d'un géoparc UNESCO et participons aux efforts de l'IMTA⁵. Les découvertes paléontologiques, après étude par nos partenaires chinois, pourraient permettre prochainement des observations précieuses sur l'évolution des pandas.

Les explorations spéléologiques ayant impliqué des Français concernent 88 districts répartis dans 15 provinces chinoises. Sans surprise, c'est d'abord la Chine du Sud, épice du karst chinois (Guizhou, Guangxi, Yunnan, Hunan) et ses bordures septentrionales et orientales (Chongqing, Sichuan, Hunan, Hubei) qui ont été le théâtre principal des expéditions. Les spéléologues français peuvent se féliciter d'avoir, par chance et par volonté, exploré dans la seule province du Guizhou la plus volumineuse salle du monde (salle des Miaos, de Ziyun), la plus importante verticale vérifiable du monde (560 m) dans une grotte karstique

Galerie de Xiadong, une des premières entrées explorées du réseau de Shuanghedong (Suiyangxian, Zunyishi, Province du Guizhou, Chine). *Xiadong Gallery, one of Shuanghedong system's first explored entrances (Suiyangxian, Zunyishi, Guizhou Province, China).* Photograph Jean-François Fabriol



CHINA

BY JEAN BOTTAZZI AND JEAN-PIERRE BARBARY

In 1924, Georges Bouillard (1862-1930), an engineer and sinologist, described Yunshuidong, a cave southwest of Beijing. More than 239 French cavers passionate about the world's wonders followed this lead and explored, surveyed, photographed, sampled, analysed and described China's caves and karsts.

Thanks to the FFS-CREI sponsoring system, most expeditions have been recorded and published. In addition, ethics require expeditions to be done in partnership with Chinese karst investigation specialists. From 1986 to 2020, more than 63 expeditions were organised, including 4 cave-diving expeditions. Each of them usually involves several clubs. There have been 2 main long-term projects: the PSCJA², started in 1986 and currently led by the Ursus club, and the AKL³ from 1992 to 2014. French cavers often joined other nationalities, and vice versa.

The Chinese partners of French expeditions in China are mostly scientific organisations: the Academia Sinica (Beijing), the GIMR⁴ (Guiyang) and the Karst Institute (Guilin). In addition, the Technological Institute in Chengdu and occasionally the Fengshan, Du'an and Donglan districts have participated.

Our technical and environmental knowledge opens the way for other exploration, development support, training, communication and rescue training to happen directly between French people present in China and different Chinese organisations.

Since 1986, despite the language barrier, French cavers have endeavoured to teach their techniques to their partners. In 1997, the first training session was organised with 37 trainees: 35 Chinese and 2 Indonesians. Since 2005, with our Guizhou partners, we have offered yearly caving training. Our trainees have spread the word. After the 2008 earthquake, many of them turned to speleo-rescue exercises and we support them with that approach. In 2015 the first French speleo-rescue training in China took place as part of the first Asian Union of Speleology meeting.

Three films were shot by members of the first expeditions. In addition, French people present in China helped film 2 significant British and Japanese documentaries.

In the race to development, karst areas are handicapped by their poverty. The future of their inhabitants depends a lot on private or public investments. Becoming known through spectacular actions or achievements is therefore of paramount importance. Authorities also consider speleology as a source of heritage knowledge. In this context, foreign expeditions in China are almost systematically subjects of TV documentaries, and cavers' special skills are listened to. Our efforts to show what tourism in karst areas could be seems to be bearing fruit. We therefore helped with the creation of a national UNESCO Geoparc and participated in the efforts of IMTA⁵. Palaeontological discoveries, after study by our Chinese partners, could soon reveal some valuable observations about pandas' evolution.

Speleological expeditions involving French cavers include 88 districts in 15 Chinese provinces. It comes as no surprise that most expeditions happened in southern China, which is the epicentre of Chinese karst (Guizhou, Guangxi, Yunnan, Hunan), as well as in its northern and



Cizhudong, Guizhou. Photograph Jean-François Fabriol

eastern fringes (Chongqing, Sichuan, Hunan, Hubei). French cavers, by luck and by perseverance, can take pride in the exploration in the Guizhou province of the world's largest room (Miaos room., Ziyun district), the deepest verified vertical drop (560 m) in a karst cave (Baiyudong in Panxian province), and Asia's longest cave system (Shuanghedong in Suiyang district) with a length of 312 km and a depth of 665 m. Since joining the ranks of caves over 100 km long 12 years ago, the Shuanghedong system goes up one notch every year in the world's longest cave list. More than 1,251 entrances have been identified and more than 1,070 caves have been explored.

The extraordinary material progress achieved in China tends to overshadow the logistical impediments of the first expeditions. However, explorations are becoming more and more difficult and committed: one must struggle, climb and sometimes dig. Areas that were once subjects of significant effort remain insignificant dots on the immense Chinese karst map. An analysis of the 132 geological maps covering 5 southern provinces (Guizhou, Guangxi, Yunnan, Hubei, Hunan) shows 360,000 km² of karst outcrops, 7,064 entrances and 2,386 underground rivers. We thus grasp the immensity of what remains to be explored. Who, when, how? Our playground is there to stay. The way is open. The treasures of caves and karst in China await you!

(Baiyudong, district de Panxian), le réseau le plus long d'Asie (Shuanghedong, district de Suiyang, 312 km de développement pour 665 m de dénivelé). Depuis que, il y a 12 ans, ce réseau a franchi le cap des grottes de plus de 100 km, Shuanghedong grimpe d'un cran par an dans la liste des cavités les plus longues du monde. Plus de 1251 entrées ont été inventoriées pour 1070 cavités explorées.

Les extraordinaires progrès matériels de la Chine tendent à nous faire oublier les difficultés logistiques des premières expéditions. Cependant, les explorations sont de plus en plus difficiles et engagées : il faut se démener,

escalader et parfois même désobstruer. Les zones qui ont été l'objet de travaux soutenus restent comme d'insignifiants confettis sur les cartes de l'immensité du karst chinois. Une analyse des 132 cartes géologiques couvrant les cinq provinces méridionales (Guizhou, Guangxi, Yunnan, Hubei, Hunan) montre 360 000 km² d'affleurements karstiques, 7064 entrées et 2 386 rivières souterraines. On appréhende ainsi la dimension vertigineuse des champs d'investigations qui restent à explorer. Qui, quand, comment ? Le terrain de jeu est d'une patience infinie. La voie est ouverte. Les trésors des grottes et karsts de Chine vous attendent !

PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE

PAR JEAN-PAUL SOUNIER

La Papouasie-Nouvelle-Guinée, située à plus de 14 000 km de la France, est devenue un territoire de prédilection pour les spéléologues français sans toutefois que ces derniers en soient les précurseurs. La première expédition majeure nationale a lieu en 1980 après deux expéditions de reconnaissance fin 1978 et début 1979. Quatre cavités majeures sont explorées sur le bassin versant du fleuve côtier Matali : la mégadoline de Kavakuna (-392 m), le gouffre Ka2 (-459 m), les gouffres BikbikVuvu (-414 m) et LiklikVuvu (-295 m, 6 km). Sur une autre zone, c'est la puissante rivière de la mégadoline de Naré (-400 m) qui offre aux spéléologues un défi digne de la démesure de cet exceptionnel karst équatorial. Au total, 21 km de galeries sont topographiés au cours de cette grande aventure couronnée de succès.

Il faut attendre cinq ans pour voir le retour des Français en Papouasie Nouvelle-Guinée avec cette fois-ci deux expéditions. La première se déroule sur les Nakanai. L'équipe se rend d'abord sur la zone de la mégadoline de Minyé, explorée jusqu'à un siphon infranchissable à cause du puissant débit, estimé à 20 m³/s. Non loin est exploré le gouffre Guimbé (-320 m, 2 772 m). Puis l'équipe se rend sur le karst situé en rive droite du fleuve côtier Galowé. Ils y explorent le gouffre Muruk (-637 m, 4 500 m) qui devient le plus profond du pays. L'énorme émergence de Mayang est atteinte mais se révèle impénétrable. Une incursion rapide par une petite équipe sur le karst en rive droite du fleuve côtier Melkoï permet la découverte du gouffre Kururu (-256 m, 2 634 m) et de la résurgence DraïPasis (1100 m). L'équipe ramène dans ses carnets 20 km de topographies. La deuxième expédition se rend sur le massif de Whiteman, en Nouvelle-Bretagne de l'Ouest. La découverte majeure est le réseau Arrakis (-468 m, 11 km) formé par la jonction de plusieurs cavités dont les mégadolines des Pygmées et de Kukumbu, ainsi que du gouffre Ipakou : 18,5 km de galeries sont explorés au cours de l'expédition.

La quatrième expédition française de 1988 a encore le statut de nationale. L'objectif est le plateau en rive droite de la Galowé. De nombreuses cavités sont explorées dont



Mégadoline de Naré (Montagnes des Nakanai). *Naré megadoline (Nakanai Mountains)*. Photograph Jean-Paul Sounier

les gouffres Arcturus (-455 m) et Croix du Sud (-260 m). Le total des découvertes se monte à 13,5 km.

C'est sur l'île de la Nouvelle-Guinée que se déroule, en 1993, la cinquième expédition française, sur un vaste plateau s'étendant au pied du volcan Bosavi, les Darai Hills. L'objectif, une mégadoline située au milieu de la vaste étendue karstique, ne donne pas les résultats escomptés. La seule consolation est de prouver une origine à la fois plutonique et karstique dans la formation de la mégadoline.

En 1995 a lieu la première expédition de spéléo-plongée en Papouasie-Nouvelle-Guinée avec l'objectif de plonger le siphon terminal du gouffre Muruk. La mission est accomplie avec succès puisque la profondeur mythique des 1 000 m est franchie pour la première fois dans l'hémisphère sud. La jonction avec la résurgence reste à faire. Le kilométrage topographié par l'équipe est moindre, 5,7 km, mais la grande majorité est postsiphon et à grande profondeur.

En 1998, c'est le retour sur la zone de Muruk avec une équipe de vingt-trois participants dont plusieurs étrangers. La jonction est réalisée ! Le réseau qui comporte quatre entrées est nommé réseau de Casoar. Il conforte ainsi sa place de plus profonde cavité de l'hémisphère sud avec 1178 m de profondeur pour un développement de 17,3 km. Le siphon terminal du gouffre Arcturus est également franchi. Le total topographié est de 8,6 km.

PAPUA NEW GUINEA

BY JEAN-PAUL SOUNIER

Papua New Guinea lies more than 14,000 km away from France and has become a favored territory for French cavers, without them having been forerunners there. The first major national expedition was organised in 1980 after 2 reconnaissance missions in late 1978 and early 1979. Four significant caves were explored in the Matali River basin: Kavakuna megadoline (-392 m), Ka2 cave (-459 m), and BikbikVuvu (-414 m) and LiklikVuvu (-295 m, 6 km) caves. In another area, the powerful river of the Naré megadoline (-400 m) offers cavers a great challenge that lives up to the dimensions of this outstanding equatorial karst. In total, 21 km of passage was surveyed during this great and successful expedition.

It was 5 years before French explorers returned to PNG, this time for 2 expeditions. The first one took place in the Nakanai Mountains. The team first went to the Minyé megadoline area and explored the cave down to a sump, impassable because of its powerful flow, estimated at 20 m³/s. Not far from there, Guimbé cave was then explored (-320 m, 2,772 m). Then the team moved to the karst on the right bank of the Galowé River. There, they explored Muruk cave (-637 m, 4,500 m), which became the country's deepest cave. The huge Mayang resurgence was reached but proved to be impenetrable. A quick incursion by a small team to the karst on the right bank of the Melkoi River discovered Kururu cave (-256 m, 2,634 m) and the Draipasis resurgence (1,100 m). The team brought back 20 km of survey in its notebooks. The second expedition went to the Whiteman Massif in western New Britain. Their most significant discovery was the Arrakis system (-468 m, 11 km), formed by the junction of several caves including the Pygmées and Kukumbu megadolines as well as Ipakou cave: 18.5 km of passage was explored during this expedition.

The 4th French expedition of 1988 was again a national expedition. Its target was the plateau on the right bank of the Galowé River. Many caves were explored, including Arcturus (-455 m) and Croix du Sud (-260 m). The total amounted to 13.5 km.

It was on the island of New Guinea that the 5th French expedition took place in 1993, on a vast plateau at the foot of the Bosavi volcano, the Darai Hills. Its target was a megadoline in the middle of this vast karst expanse that did not deliver great results. Its only achievement was to prove both a plutonic and karstic origin of the formation of the megadoline.

In 1995, the first cave-diving expedition was organised in PNG with the aim of diving into the final sump of Muruk. The mission was very successful, as the mythical depth of 1000 m was reached for the first time in the Southern Hemisphere. The junction with

the resurgence remains to be found. The amount of survey was limited to 5.7 km but includes mostly passages beyond the sump and at great depth.

In 1998, a 23-strong team, including several foreigners, returned to the Muruk area. The connection was made! This 4-entrance system was named the Cassowary System. This cemented its place as the Southern Hemisphere's deepest cave at 1,178 m, with a length of 17.3 km. The final sump in Arcturus cave was also passed. The survey amounted to a total of 8.6 km.

At the dawn of a new century, a new part of the Nakanai Mountains was visited by French cavers. It lies on the right bank of the Bairaman River, which deeply cuts the massif. As with the Galowé, the depth potential exceeds 1000 m. Three expeditions were organised: in 2002, in 2003 and 2005. The main discoveries were the cave 7012 (-423 m, 2,812 m) and the Blackbokis (-381 m, 2,678 m). Resurgences in the Bairaman gorge were explored as well, including the Lali resurgence (+254 m, 4,789 m). More than 25 km of passage was surveyed in this area.

In 2007, cave-diving missions returned and included many foreign cavers. Arcturus cave was the mission's main target with hopes of connecting it to the Cassowary system. While that connection did not happen, other caves were connected with Arcturus. The system was named Wallaby (Arcturus, Sirius, Mira, Noria and Antarès caves, -515 m, 10,416 m). Lanengterengkosoa megadoline (-257 m), to the northeast of the Nakanai, with a river flowing in its bottom, was also explored. The expedition survey amounted to a total of 9.5 km.

The 2010 and 2012 expeditions were again cave-diving expeditions, also in the Nakanai area where two caves had

Résurgence Guarem (Karst des Rauleigh). *Guarem resurgence (Rauleigh karst).*
Photograph Jean-Paul Sounier



À l'aube du nouveau siècle, une nouvelle zone des montagnes des Nakanai reçoit la visite des spéléologues français. Elle se situe en rive droite du fleuve côtier Bairaman qui entaille profondément le massif. Le potentiel en profondeur est, comme sur la Galowé, supérieur à 1 000 m. Trois expéditions vont se succéder : 2002, 2003, 2005. Les principales découvertes sont les gouffres 7012 (-423 m, 2 812 m) et Blackbokis (-381 m, 2 678 m). Des émergences situées dans les gorges de la Bairaman sont également explorées, dont la résurgence Lali (+254 m, 4 789 m). Plus de 25 km de galerie sont topographiés sur cette zone.

En 2007, c'est le retour des expéditions spéléo-plongée avec un fort contingent d'étrangers. Le gouffre Arcturus est le principal objectif avec l'espoir de le relier au réseau du Casoar. Si la jonction n'est hélas pas réalisée, d'autres cavités sont reliées à Arcturus. Le réseau prend le nom de Wallaby (gouffres Arcturus, Sirius, Mira, Noria, Antarès, -515 m, 10 416 m). La mégadoline de Lanengterengkoso (-257 m), situé au nord-est des Nakanai et parcourue en son fond par une rivière est également explorée. Le total topographié par l'expédition est de 9,5 km.

Les expéditions de 2010 et 2012 sont encore des expéditions spéléo-plongée, et toujours sur les Nakanai, la zone étant celle où se situent deux cavités explorées en 1980. En 2010, Les gouffres BikbikVuvu et LiklikVuvu sont reliés et prennent le nom de Réseau Wowo. De nombreuses autres cavités sont explorées dont le gouffre Maaré (-337 m, 3 163 m). L'expédition ramène 15,5 km de topographies. L'expédition de 2012 a pour objectif principal la poursuite des explorations dans le réseau Wowo. De nombreux prolongements ainsi qu'une nouvelle entrée sont découverts dans le réseau Wowo (-662 m, 21 km). Une autre profonde cavité est explorée (gouffre Kou, -408 m). Un total de 10,5 km de conduits souterrains est exploré au cours de cette expédition.

En 2014, ce sont deux expéditions qui se rendent en Papouasie Nouvelle-Guinée. La première a pour cadre les Nakanai, entre les fleuves côtiers Wunung et Galowé,

sur le supposé bassin versant d'une émergence située en bord de mer et nommée Iowa. Deux cavités majeures se distinguent : les gouffres Philip Pato (-567 m, 2 500 m) et Kero (-501 m, 2 220 m). Près de 10 km de premières sont totalisés. La deuxième expédition se déroule sur un massif calcaire vierge situé à l'ouest de Rabaul, près d'une petite chaîne de sommets nommée Rauleigh. Bien que de nombreuses cavités soient explorées, aucune découverte majeure vient embellir le bilan en découvertes. Le total topographié est seulement de 2,7 km.

L'expédition de 2016 concerne une zone des Nakanai située sur le bassin versant du fleuve côtier Wunung, encore vierge de toute exploration spéléologique. Elle débouche sur une riche moisson de découvertes. Le gouffre Christian Rigaldie (-714 m, 3 779 m) devient la seconde plus profonde cavité de la Papouasie Nouvelle-Guinée. Une autre belle découverte est le gouffre Wild Frank (-312 m, 1 096 m). Au total, 6 565 m de galeries et puits sont topographiés, auxquels il faut rajouter environ 1 640 m non topographiés.

L'expédition de 2018 retourne sur la zone de la Wunung. La plus profonde cavité explorée ne fait que 225 m de profondeur. Le total topographié est de 3 754 m, pour un total exploré de 4 774 m. En 2019, trois Français ayant participé au tournage d'un documentaire japonais dans le réseau Wowo restent une semaine de plus sur le site et découvrent le gouffre Drogon (-214 m, 680 m).

En comptant tous les séjours, des spéléologues français ont foulé les karsts papous vingt fois. Les résultats ont été à la hauteur des rêves les plus fous ! Le premier moins mille de l'hémisphère sud, des rivières souterraines aux débits déments, des mégadolines parmi les plus profondes du monde, et des kilomètres de galeries et puits aux dimensions parfois colossales. Les efforts se sont concentrés sur les montagnes des Nakanai car ce karst les a toujours récompensés en découvertes de premier ordre ; mais il y a encore tant à découvrir ! Il ne reste plus qu'à espérer que la grande aventure des spéléologues français en Papouasie Nouvelle-Guinée se poursuive.

AFRIQUE

PAR ÉRIC SIBERT ET OLIVIER TESTA

MADAGASCAR

À Madagascar, les spéléologues français ont mené 45 expéditions parrainées par la FFS depuis 2000. Ils ont exploré et cartographié environ 250 km de galeries sur l'ensemble de Madagascar depuis 2000. Parmi les nombreuses zones karstiques de la bande karstique côtière qui s'étend sur 1 600 km, les trois massifs de tsingy sont les plus emblématiques avec leurs lapiaz aux lames acérées.

Les tsingy de Bemaraha, dans l'ouest, inscrits au patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO, sont les plus célèbres. Explorés depuis les années 1990, par Jean-Claude Dobrilla et Jean-Nicolas Delaty, le massif a vu passer dix expéditions spéléologiques françaises dans la première décennie du nouveau siècle. Malgré plus de 100 km de galeries, seuls deux réseaux approchent les 14 km.

Les tsingy de l'Ankarana, au nord, sont plus faciles d'accès et des réseaux importants étaient déjà connus.

Depuis 2000, une vingtaine d'expéditions ont été menées, soit par le Club Martel de Nice (Éric Gilli et Jean-Christophe Peyre principalement), soit par J.-C. Dobrilla. Ces expéditions ont été menées sur d'autres versants du massif principal ainsi que dans plusieurs petits massifs périphériques, dont un réseau de 30 km sous une butte de moins de 2 km².

Enfin, les tsingy de Namoroka, au nord-ouest, sont les moins accessibles. Il faut compter dix jours pour y accéder au départ de France. Ils étaient quasi-vierges début 2000 avec une seule grotte de 5 km connue. Christian Boucher, après une reconnaissance en 2004, a fait deux expéditions sur l'ouest du massif, livrant une dizaine de kilomètres de galerie dans plusieurs grottes. En parallèle, après un survol en avion à l'est montrant des tsingy paraissant bien plus développés, J.-C. Dobrilla conseille à Delaty et Éric Sibert d'aller voir au niveau du sol. La découverte en 2007 de 8 km de galerie dans les quatre premières grottes trouvées

been explored in 1980. In 2010, BikbikVuvu and LiklikVuvu caves were connected and renamed the Wowo system. Many other caves were explored, including Maaré (-337 m, 3,163 m). The expedition produced 15.5 km of survey. The 2012 expedition aimed to continue exploration in the Wowo system. Many leads were found there, as well as a new entrance (-662 m, 21 km). Another deep cave was explored, Kou at -408 m. A total of 10.5 km of underground passage was explored during this expedition.

There were 2 expeditions to Papua New Guinea in 2014. The first one happened in the Nakanai range between the Wunung and Galowé Rivers in the presumed watershed of a coastal resurgence named Iowa. Two main caves stand out: Philip Pato (-567 m, 2,500 m) and Kero (-501 m, 2,220 m). About 10 km of new passage was explored. The second expedition targeted a virgin limestone massif to the west of Rabaul near a small mountain chain called Rauleigh. While many caves were explored, no major discovery was made. The survey only amounted to a total of 2.7 km.

The 2016 expedition concerned a part of the Nakanai along the Wunung River basin, still free of any speleological exploration. This expedition brought back many discoveries.

Christian Rigaldie cave (-714 m, 3,779 m) became PNG's second-deepest cave. Another great discovery was Wild Frank cave (-312 m, 1,096 m). In total, 6,565 m of passage was surveyed, in addition to about 1,640 m not surveyed.

The 2018 expedition returned to the Wunung area. The deepest cave found was only 225 m deep. The survey amounted to a total of 3,754 m, out of a total of 4,774 m explored. In 2019, three French cavers who were taking part in a Japanese documentary in the Wowo system stayed another week on-site and discovered Drogon cave (-214 m, 680 m).

French cavers have visited the Papuan karsts a total of 20 times. Results lived up to the explorers' wildest dreams! They discovered the southern hemisphere's first 1000-m-deep cave, underground rivers with insane flows, megadolines among the world's deepest and kilometres of caves and pits with sometimes colossal dimensions. Efforts have been focusing on the Nakanai Mountains because this karst has always rewarded us with first-rate discoveries. Yet so much remains to be discovered! We can only hope that the great adventure of French cavers in Papua New Guinea continues.

AFRICA

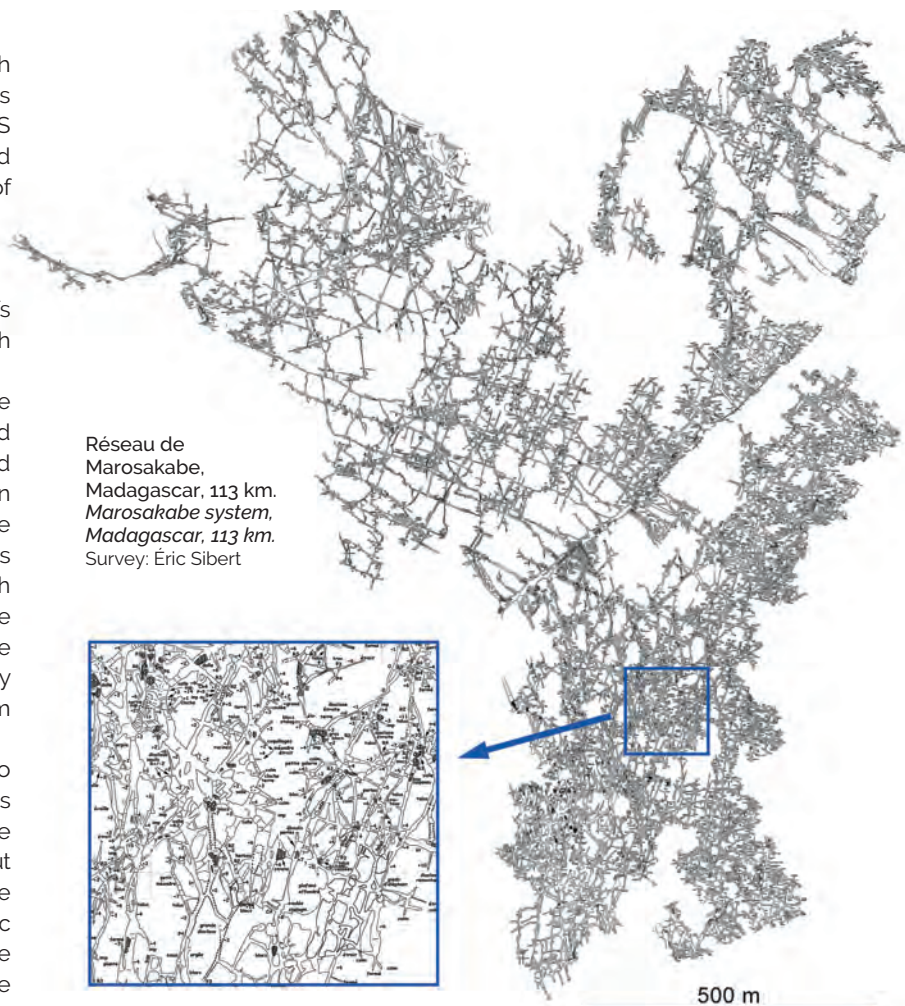
BY ÉRIC SIBERT AND OLIVIER TESTA

MADAGASCAR

In Madagascar, French cavers have led 45 expeditions that were sponsored by the FFS since 2000. They have explored and surveyed about 250 km of passage across the country in that time. Among the many areas of the 1,600-km-long coastal karst, the 3 *tsingy* massifs are the most outstanding with their very sharp karren.

The Bemaraha *tsingy*, to the west, are the most famous and are a UNESCO-protected World Heritage Site. Under exploration since the '90s by Jean-Claude Dobrilla and Jean-Nicolas Delaty, this massif saw 10 French speleological expeditions in the 2000s. Despite a total of more than 100 km of passage, only 2 systems get close to 14 km of extent.

The Ankarana *tsingy* to the north are easier to access and extensive systems were already known. Since 2000, about 20 expeditions have been made either by Nice's Club Martel (Éric Gilli and Jean-Christophe Peyre mostly), or by Dobrilla. These expeditions were conducted





Plafond de stromatolithes géants dans la grotte de Ndongou, Gabon. *Ceiling of giant stromatolites in Ndongou cave, Gabon.*
Photograph Olivier Testa

est de bon augure. En 2008, le camp de base est déplacé au plus près des lapiaz après analyse des vues aérienne et satellite. Effectivement, après une courte traversée de forêt, la première barre rocheuse rencontrée livre 10 km de galeries labyrinthiques interconnectées avec d'innombrables départs à poursuivre. Les années suivantes vont permettre de confirmer l'énorme potentiel du réseau mais aussi l'aspect hors-norme du labyrinthe, qui nécessite de développer de nouvelles techniques de topographie et d'exploration pour ne pas se perdre. La grotte se présente comme une succession extraordinaire de galeries sur faille et de carrefours, tous les 10 m. À l'issue de dix expéditions, le réseau de Marosakabe actuellement connu a un développement de 113 km. C'est le plus long d'Afrique. Malgré cela, le massif n'a été qu'effleuré et le réseau ne couvre encore qu'une petite partie du territoire. De nombreux départs restent à explorer.

MAROC

Avec de larges zones karstiques et proche de nous, le Maroc a attiré 23 expéditions d'exploration parrainées depuis 2000. Les zones sont souvent très reculées et accidentées. La grotte de Wim Timdouine (19 km et 727 m de dénivelé) fut longtemps la plus longue d'Afrique, et une expédition naturaliste d'envergure fut réalisée en 2008. La FFS participe par ailleurs activement au développement de la spéléologie locale. L'École française de spéléologie organise un stage de formation annuel depuis 2013, sous la coordination de Marc Latapie. Des cadres marocains sont formés selon les référentiels français. Depuis, le nombre de clubs et de pratiquants est en constante progression, à Taza, Marrakech, Casablanca et Agadir notamment.

ÉTHIOPIE

En Éthiopie, ce sont des expéditions légères, entreprises sur la houlette de Josiane et Bernard Lips (Vulcains) qui ont permis d'explorer les grottes de ce pays depuis 2011, parfois en coopération avec les équipes anglaises ou italiennes présentes depuis longtemps. Les cavités sont situées dans des zones encore difficilement accessibles à cause d'axes de transports peu développés. Mais l'un des facteurs qui compliquent l'exploration est la présence d'une souche rare d'histoplasmosse, une maladie infectieuse pulmonaire causée par un champignon qui prospère dans le guano de chauves-souris. Quasiment tous les membres de la première expédition finirent en soins intensifs à l'hôpital avant que la cause ne soit identifiée. Mais la beauté du pays, les cavités et l'accueil des Éthiopiens étaient plus forts, puisque quatre autres expéditions suivirent, et une centaine de cavités ont été inventoriées et explorées.

GABON

Le Gabon dispose de plusieurs petites zones karstiques. Dans la région de Tchibanga, les spéléologues de l'EFGC découvrent en 2007 les premiers dessins pariétaux du pays. Puis plusieurs expéditions menées par Olivier Testa et Richard Osisly ont permis de mettre à jour d'autres grottes à peintures, gravures ou dessins pariétaux, à Lastoursville et Mouilla. La découverte par la même équipe de crocodiles cavernicoles orangés vivant dans les grottes d'Abanda a donné lieu à la réalisation de deux films documentaires largement diffusés en Europe et aux USA. Ces crocodiles vivent isolés dans les grottes, se nourrissant de chauves-souris qui vivent par dizaines de milliers dans ces réseaux.

on other slopes of the main massif as well as in smaller massifs nearby, including a 30-km system under a hill of less than 2 km².

The Namoroka tsingy, to the northwest, are the least accessible ones. It takes 10 days to reach them from France. They were almost untouched in the early 2000s with only one 5-km-long known cave. Christian Boucher, following his 2004 reconnaissance, led 2 expeditions to the western part of the massif and discovered a few dozen kilometres of passage in several caves. At the same time, after flying over to the east where tsingy seemed more extensive, Dobrilla recommended that Delaty and Éric Sibert go explore there. The 2007 discovery of 8 km of passage in the first 4 caves was a good sign. In 2008, the base camp was moved closer to the karren after an analysis of aerial and satellite photos. Indeed, beyond a small forest the first cliff they encountered featured 10 km of maze-like passages with countless leads yet to be explored. The following years confirmed the huge potential of this system as well as the labyrinth's uniqueness, which required them to develop new survey and exploration techniques to keep from getting lost. The cave is an extraordinary series of fault passages with inter-sections every 10 m. After 10 expeditions, the Marosakabe system currently stands at 113 km. It is Africa's longest cave. Yet the massif has barely been touched and this system only covers a small part of the area. Many other entrances are yet to be explored.

MOROCCO

With large karst areas and closer to France, Morocco has attracted 23 sponsored exploration expeditions since 2000. Exploration areas are often very remote and rugged. Wim Timdouine cave (19 km long and 727 m deep) was for years Africa's longest cave. A large-scale naturalist expedition was organised there in 2008. The FFS also takes a large

role in the development of speleology locally. The French School of Speleology has organised a yearly course since 2013, with Marc Latapie as coordinator. Moroccan leaders are trained according to French standards. Since then, the number of clubs and members has been constantly rising, especially in Taza, Marrakesh, Casablanca and Agadir.

ETHIOPIA

In Ethiopia, small-scale expeditions have been led by Josiane and Bernard Lips (Vulcains), which helped explore Ethiopia's caves since 2011, sometimes in cooperation with longstanding British or Italian teams. Caves often lie in areas that are difficult to access because of underdeveloped transportation systems. But one of the factors making exploration difficult is the existence of a rare strain of histoplasmosis, an infectious lung disease caused by a fungus that grows on bat guano. Almost all members of the first exploration team ended up in intensive care before the cause could even be identified. But the country's beauty, the caves and the Ethiopians' welcoming attitude were stronger and 4 more expeditions followed, leading to the inventory and exploration of about 100 caves.

GABON

Gabon features several small karst areas. In the Tchibanga region, EEGC cavers discovered the country's first cave drawings in 2007. Several other expeditions followed, led by Olivier Testa and Richard Oslisly, which helped uncover other cave paintings, engravings or drawings in Lastoursville and Mouilla. The discovery by this same team of cave-dwelling, orange-coloured crocodiles living in the caves of Abanda led to the production of two documentaries that were widely broadcast in Europe and the USA. These crocodiles live isolated in the caves and feed on the tens of thousands of bats living there.

MESOAMERICA AND THE CARIBBEAN

BY OLIVIER TESTA

MEXICO

French expeditions in Mesoamerica have almost entirely focused on Mexico. In the Sierra Negra the Quebecois Mexpé expeditions, which included the FFS 6 times, aim at the exploration of the Tequixtepec high plateau. In the Yucatan, French divers have organised about 30 expeditions in the last 20 years, under the lead of Christian Thomas. Beyond the 150 km of survey, these caves are often of great scientific interest. Archaeological, palaeoclimatic and above all hydrogeological studies have been performed during these explorations. In the last 30 years, the Yucatan peninsula has turned into a must-do for cave diving, with 2 of the world's largest underwater systems and 1,500 km of passage explored by divers from all around the world.

CARIBBEAN

The Caribbean islands are largely covered with karsified sedimentary deposits (Cuba, Jamaica, Hispaniola). In the Dominican Republic, in close collaboration with the Museo del Hombre Dominicano, Alain Gilbert investigates the country's cave paintings. Due to his annual expeditions since 2000, the study of about 5,000 cave engravings, drawings and paintings has radically changed the vision we had of Arawak and Taino art on the island. A total of more than 60 km of passage has been surveyed in these caves. On the other side of the island, in Haiti, a large cave inventory project has been done under the leadership of Olivier Testa. In this country overlooked by speleologists, several hundred caves have been explored, notably on the Macaya and La Visite massifs. They reach an altitude of 2,300 m and the karst resurgences are enormous.

MÉSOAMÉRIQUE ET CARAÏBES

PAR OLIVIER TESTA

MEXIQUE

Les expéditions françaises en Mésoamérique se sont presque intégralement concentrées sur le Mexique. Dans la Sierra Negra, les expéditions québécoises Mexpé, auxquelles s'est jointe par six fois la FFS, explorent le Haut-plateau de Tequixtepec. Dans le Yucatan, les plongeurs français ont organisé une trentaine d'expéditions depuis 20 ans, sous l'impulsion de Christian Thomas. Au-delà des 150 km topographiés, ces grottes présentent souvent un grand intérêt scientifique. Des études archéologiques, paléoclimatiques, mais surtout hydrogéologiques ont été réalisées au cours de ces explorations. La péninsule yucatèque est devenue en 30 ans le « must » de la plongée spéléologique avec les deux plus grands réseaux noyés du monde et 1500 km de galeries explorées en plongée par les plongeurs du monde entier.

CARAÏBES

Les îles caribéennes sont largement couvertes de dépôts sédimentaires karstifiés (Cuba, Jamaïque, Hispaniola). En République dominicaine, en collaboration étroite avec le Museo del Hombre Dominicano, Alain Gilbert s'intéresse aux cavités ornées du pays. Au cours de ses expéditions annuelles depuis 2000, ce sont près de 5000 gravures, dessins, peintures et tracés pariétaux qui ont ainsi été décrits, modifiant radicalement la vision qu'on avait de l'art

Arawak et Taino dans l'île. Plus de 60 km de topographie cumulée ont été levés dans ces grottes. De l'autre côté de l'île, en Haïti, un gros travail d'inventaire des grottes est réalisé sous la coordination d'Olivier Testa. Dans ce pays oublié des spéléologues, plusieurs centaines de grottes ont été explorées, notamment sur les massifs Macaya et la Visite. Ils culminent à plus de 2300 m et les exurgences karstiques sont colossales.

Pictographes précolombiens de République dominicaine.
Precolombian pictographs, the Dominican Republic. Drawing: Alain Gilbert



AMÉRIQUE DU SUD

PAR JEAN LOUP GUYOT ET LE GSBM

Le continent sud-américain est marqué par deux grands ensembles structuraux : la jeune chaîne andine à l'ouest, et les anciens boucliers guyanais et brésilien à l'est. Le Brésil concentre au sein des séries carbonatées de son bouclier d'immenses réseaux souterrains, notamment dans les états du Goiás et de la Bahia. De 1994 à 2017, le GSBM⁶ y a mené une dizaine d'expéditions conjointes avec des groupes locaux (GREGE⁷ de Brasília, mais surtout GBPE⁸ de Belo Horizonte), expéditions fructueuses au cours desquelles des dizaines de kilomètres de galeries ont été topographiés. Parallèlement à ces explorations, le GSBM avec le soutien du SSF⁹ et de l'ambassade de France au Brésil, a organisé onze stages de formation aux techniques de spéléo secours, dans les états du Goiás, du Minas Gerais et de São Paulo de 2009 à 2019.

La chaîne des Andes abrite du nord (Colombie) au sud (Chili) des massifs calcaires plus ou moins karstifiés selon les pays, et surtout plus ou moins explorés selon les conditions d'accès et de sécurité. Profitant de l'expatriation de l'un de ses membres en Bolivie, le GSBM organise une expédition en 1988 qui porte le développement de la fameuse caverne d'Umajalanta (Potosi) à 4,6 km. En 2020, la soixantaine de cavités boliviennes répertoriées totalise 10,7 km de galeries, dont 83 % (8,9 km) des topographies sont l'œuvre de groupes français, et 66 % (7,1 km) pour le seul GSBM.

Après la Bolivie (1986-1990) et le Brésil (1992-1999), Jean Loup Guyot, installé au Pérou en 2002, révèle l'énorme potentiel spéléologique du versant amazonien des Andes du Nord-Pérou lors d'une mission hydrologique. Dès 2003, la première expédition du GSBM s'engage dans les régions de San Martín et d'Amazonas, quasiment vierges d'un point de vue spéléologique. Les nombreuses résurgences, pénétrables ou non, du piémont andino-amazonien de l'Alto Mayo (San Martín) révèlent l'intense karstification du massif du Cerro Blanco. Dans la région de Chachapoyas (Amazonas), le système de Parjugsha est découvert, et le gouffre de Parjugsha Grande devient avec 4,1 km la plus longue cavité du Pérou. Nous sommes peu nombreux et la tâche est immense, mais nous pouvons compter à partir de 2005 sur l'appui du groupe local ECA¹⁰ (Espeleo Club Andino de Lima). Le duo ECA-GSBM organise seize expéditions conjointes de 2003 à 2019, auxquelles s'associent selon les années d'autres groupes, comme le GBPE brésilien, les groupes Dolomites et Vulcains de Lyon, le CASC¹¹, et le SCVV¹². Au cours de cette période, les découvertes s'enchaînent tant en Amazonas qu'en San Martín : Parjugsha Grande (4,1 km), Samuel (3,7 km), Palestina (3,4 km), Higueron (3,1 km), Cascayunga (2,8 km), Piedra Brillante (2,4 km), Bambús (2,2 km), Bellavista (2,2 km, -477 m), Rio Seco (2,1 km)...

SOUTH AMERICA

BY JEAN LOUP GUYOT AND THE GSBM

The South American continent features 2 large structural units: the young Andean chain to the west, and the ancient Guiana and Brazilian shields to the east. Brazil contains immense underground systems within its shield's carbonate sequences, notably in Goiás and Bahia states. From 1994 to 2017, the GSBM⁶ organised a dozen joint expeditions with local groups (GREGEO⁷ from Brasília and especially GBPE⁸ from Belo Horizonte) that were very successful in surveying dozens of kilometres of passage. In parallel with these explorations, the GSBM, with SSF⁹ and French embassy support, organised 11 speleo-rescue training sessions in the states of Goiás, Minas Gerais and São Paulo from 2009 to 2019.

Depending on the country, the Andean chain hosts from north (Colombia) to south (Chile) variably karstified limestone massifs that have been more or less explored, depending on conditions of access and safety. Taking advantage of one of its member's expatriation to Bolivia, the GSBM organised an expedition in 1988 that extended the famous Umajalanta cave (Potosi) to 4.6 km. In 2020, there were about 60 surveyed caves in Bolivia totaling 10.7 km of passage, including 83% (8.9 km) from French groups and 66% (7.1 km) from the GSBM alone.

Cueva de Palestina (Nueva Cajamarca, Rioja, San Martín, Pérou).
Photograph Jean-Yves Bigot



After Bolivia (1986-1990) and Brazil (1992-1999), Jean Loup Guyot, who settled in Peru in 2002, revealed the enormous speleological potential of the Amazonian slope of the Andes of northern Peru as part of a hydrological mission. Starting in 2003, the first GSBM expedition was launched in the San Martín and Amazonas regions, which were almost uncharted territory to cavers. Several resurgences, enterable or not, of the Andean-Amazonian Alto Mayo piedmont (San Martín) revealed the intense karstification of the Cerro Blanco massif. In the Chachapoyas region (Amazonas), the Parjugsha system was discovered, and Parjugsha Grande cave became Peru's longest cave at 4.1 km. We were few people with tremendous work to do, but we could count on the support of ECA¹⁰ (Espeleo Club Andino de Lima) beginning in 2005. Together, the ECA and GSBM organised 16 joint expeditions between 2003 and 2019, which were joined by other groups depending on the year: the Brazilian GBPE, the Dolomites and Vulcains groups from Lyon, the CASC¹¹ and the SCVV¹². During this period, many discoveries were made in the Amazonas and San Martín regions: Parjugsha Grande (4.1 km), Samuel (3.7 km), Palestina (3.4 km), Higueron (3.1 km), Cascayunga (2.8 km), Piedra Brillante (2.4 km), Bambús (2.2 km), Bellavista (2.2 km, -477 m), Rio Seco (2.1 km)...

These speleological explorations in Peru support research from the IRD (French Research Institute for Development) in the areas of geology and hydrology as well as palaeoclimate, underground biology and archaeology. Many Peruvian students are doing PhDs and Masters about the original Andean-Amazonian karsts of their country and show a fruitful interrelation between science and speleology. Two international conferences about karst have been organised by this speleo-scientific consortium in Tarapoto (2016) and Chachapoyas (2018).

In addition, 2003-2019 corresponded to a period of relative economic and political stability that favoured the development of a road system that eased access to karst regions. Besides French groups, other groups have been active in Peru (Spanish, British, Canadians, Australians and Americans), and the length of surveyed systems went from 30 km in 2003 to 130 km in 2019. Among 130 km surveyed in about 700 caves, 73% (94 km) result from French expeditions, and the GSBM alone produced or co-produced 63% (81 km) of surveys.

Finally, the GSBM produced an open website that features an on-line inventory of caves in Bolivia and Peru as well as all of both countries' existing speleological documentation: www.cuevasdelperu.org.



Ces explorations spéléologiques au Pérou soutiennent des activités de recherches de l'IRD (Institut français de recherche pour le développement), tant dans les domaines de la géologie et de l'hydrologie, que du paléoclimat, de la biologie souterraine et de l'archéologie. De nombreux étudiants péruviens réalisent des doctorats et masters sur les originaux karsts andino-amazoniens de leur pays, démontrant ainsi une interrelation fructueuse entre science et spéléologie. Deux conférences internationales sur le karst sont organisées par ce consortium spéléo-scientifique à Tarapoto (2016) et Chachapoyas (2018).

Par ailleurs, la période 2003-2019 correspond à une époque de relative stabilité économique et politique, favorisant le développement du réseau routier et l'accès aux régions karstiques. Au côté des Français, d'autres groupes sont actifs au Pérou (notamment espagnols, anglais, canadiens, australiens et nord-américains), et le développement des réseaux topographiés passe de 30 km en 2003 à 130 km en 2019. Sur ces 130 km relevés dans près de 700 cavités, 73 % (94 km) sont le résultat d'expéditions françaises, et le GSBM signe seul ou cosigne 63 % (81 km) des topographies.

Enfin, le GSBM est à l'origine d'un site web ouvert, dans lequel un inventaire en ligne des cavités de Bolivie et du Pérou est disponible, ainsi que toute la documentation spéléologique existante sur ces deux pays : www.cuevasdelperu.org.

Tragadero de Parjugsha Grande à Soloco (Chachapoyas, Amazonas, Pérou). *Tragadero, Parjugsha Grande in Soloco (Chachapoyas, Amazonas, Peru)*, Photograph J.-F. Perret

PATAGONIE CHILIENNE

PAR RICHARD MAIRE

Fondé en 1992 par J.-F. Pernet et R. Maire, l'association Centre-Terre s'est focalisée essentiellement sur les explorations en Patagonie chilienne. Une reconnaissance a eu lieu en 1995 dans l'île Diego de Almagro (DDA), suivie en 1997 par une expédition dans la même île. L'année 2000 voit la première expédition dans la grande île Madre de Dios (MDD). Au total six expéditions se sont déroulées à MDD : 2000, 2006, 2008, 2010, 2017, 2019. Bernard Tourte prend la direction de l'équipe Ultima Patagonia à partir de 2006. La dernière expédition, en 2019, a élargi son horizon en étudiant les cavités du glacier Tempanos sur le « Champ de glace sud de Patagonie ». Une prochaine expédition est prévue pour début 2023 avec une autre incursion sur les glaciers andins. Des glaciers de ce type ont recouvert MDD-DDA. Leur disparition est à l'origine d'encoques marines (trottoirs étagés) liées à l'allègement des îles (rebond postglaciaire).

En 2014, une autre mission a eu lieu à DDA avec la construction d'une base/refuge ; la seconde base scientifique a été construite à MDD en 2017. La logistique a nécessité la recherche de financement et une organisation lourde (location bateaux) qui a bénéficié d'une collaboration étroite avec le Chili (N. Morata, M. Agüero, ministères des Biens nationaux et du tourisme).

Les karsts subpolaires de MDD et DDA sont les plus austraux de la planète (50-51°S). En raison des énormes précipitations (8-10 m/an) et du vent, ils présentent des formes hydro-éoliennes uniques au monde (« comètes de roche ») et une dissolution superficielle postglaciaire record de 1 à 2 m enregistrée par les blocs erratiques perchés (« champignons »). Les pertes de contact grès/calcaire et les nombreux gouffres explorés ne dépassent pas 400 m de profondeur, mais sont les plus profonds du Chili. Les grottes à fort développement s'ouvrent au niveau du littoral comme celles des 3 Entrées (3,3 km) ou de Punta Blanca (3,5 km). De nombreuses plongées ont été réalisées au niveau des résurgences littorales et sous-marines. Des études bathymétriques ont permis de comprendre la topographie glacio-karstique des fjords surcreusés par les glaciers quaternaires. Découverte en 2000 sur le versant pacifique, la grotte de la Baleine a révélé un cimetière de baleines bleues datant de ± 3000 ans. La grotte du Pacifique avec ses peintures rupestres kawesqars constitue la principale découverte archéologique (2006). En plus des travaux spéléologiques, géologiques, géomorphologiques, des recherches parallèles ont été menées sur la faune (terrestre et sous-marine), sur la flore et la microbiologie.

CHILEAN PATAGONIA

BY RICHARD MAIRE

Founded in 1992 by J.-F. Pernet and R. Maire, the Centre-Terre association has focused primarily on the exploration of Chile's Patagonia region. A reconnaissance was made in 1995 on Diego de Almagro (DDA) island, followed in 1997 by an expedition there. In 2000, the first expedition was organised on the large Madre de Dios (MDD) island. In total, 6 expeditions were made on MDD: 2000, 2006, 2008, 2010, 2017, 2019. Bernard Tourte has led the Ultima Patagonia team starting in 2006. The last expedition, in 2019, widened its scope and started to investigate the Tempanos glacier caves on "Patagonia's southern ice field". In 2014, another expedition was organised on DDA that included the construction of a shelter/base camp, followed by a second scientific base camp on MDD in 2017. Logistics required a search for funds and equipment (boat rental) that benefited from a close collaboration with Chilean authorities (N. Morata, M. Agüero from the Ministries of National Assets and Tourism).

MDD and DDA's subpolar karsts are the world's southernmost karst (50-51°S). Because of intense precipitation (8-10 m/year) and wind, they feature water- and wind-carved formations unique in the world ("rock comets") and a record postglacial surface dissolution of 1 to 2 m recorded by erratic perched blocks ("mushrooms"). Neither the insurgences at the sandstone/limestone contact nor the many caves explored exceed 400 m deep, but they are the deepest in Chile. The largest caves open at the level of the coast such as 3 Entrées (3.3 km) or Punta Blanca (3.5 km) caves. Many dives were done at coastal



Karst de Madre de Dios - Ce champignon minéral est un enregistreur de la dissolution superficielle depuis 15 000 ans. *Karst de Madre de Dios. This mineral "fungus" is a remarkable recorder of surface dissolution since the disappearance of glaciers 12000-15000 years ago.*
Photograph Charlotte Honiat

and undersea resurgences. Bathymetric studies made it possible to understand the glacio-karstic topography of fjords deepened by Quaternary glaciers. Discovered in 2000 on the Pacific side, Grotte de la Baleine revealed a cemetery of blue whales dating back ±3,000 years. Grotte du Pacifique and its Kawésqar cave paintings represent the most significant archaeological discovery (2006). In addition to speleological, geological and geomorphological research, parallel investigations have been made on fauna (terrestrial and submarine), flora and microbiology. Another expedition is planned for 2022 that will include another foray into the Andean glaciers. This type of glacier once covered MDD-DDA. Their disappearance produced marine notches (stepped terraces) originating from the reduction of weight on the islands (postglacial rebound).

FFS SPONSORSHIP OF EXPEDITIONS

French speleological expeditions are organised independently through clubs or FFS's partner associations. In return for their commitment to a code of ethics and to share their results, the FFS grants its sponsorship to these expeditions. This sponsorship can ease administrative procedures. The Commission for International Relationships and Expeditions (CREI) organises the FFS's international actions, coordinates a network of local representatives by country or region and manages the archiving and dissemination of the expeditions' reports.

Interested in taking part or in organising expeditions? Contact the CREI or get in touch with the FFS's partner associations: • Centre Terre • Continent 8 • Explos • Explo-Laos • Hommes des Cavernes • ICE Himalayas • Regard sur l'aventure - <https://crei.ffspeleo.fr>

1. Membre de la Fédération française de spéléologie
2. PSCJA: Plongée spéléo-club jeunes années
3. AKL: Aventures kartiques lointaines
4. GIMR: Guizhou Institute of Mountain Research
5. IMTA: International Mountain Tourism Alliance
6. GSBM: Groupe spéléologique Bagnols Marcoule, Bagnols-sur-Cèze (Gard, FR)
7. GREGE: Groupe spéléologique de la faculté de géologie, Université de Brasília (Distrito Federal, BR)
8. GBPE: Groupe Bambui de recherches spéléologiques, Belo Horizonte (Minas Gerais, BR)
9. SSF: Spéléo secours français
10. ECA: Spéléo-club andin (Lima, PE)
11. CASC: Club action spéléo canyon, Auzat (Ariège, FR)
12. SCVV: Spéléo-club de la vallée de la Vis, Nîmes (Gard, FR)

La connaissance du milieu dans les formations de la Fédération française de spéléologie

par Vincent Biot¹

En 1959, le Haut-Commissariat français à la Jeunesse et aux Sports instaure pour les activités de plein air une hiérarchie de « diplômes ». C'est le point de départ du développement des stages de spéléologie, organisés par la commission des stages du Comité national de spéléologie, à Vallon-Pont-d'Arc en Ardèche, puis au centre de Font-d'Urle sur le Vercors. Cette commission des stages prit le nom en 1969 d'École française de spéléologie (EFS), dirigée par Michel Letrône, à la suite de Philippe Renault. L'EFS en tant que commission enseignement de la Fédération française de spéléologie a en charge la formation des spéléologues. Elle a été le principal acteur de la diffusion des nouvelles techniques (remontée sur corde simple, dégagement d'équipier...). Son action a très largement participé à la réduction du nombre d'accidents et à la sensibilisation des pratiquants au respect et à la connaissance du milieu souterrain. Pour cela, depuis cinquante ans, elle développe et structure une offre de formation variée (organigramme ci-contre) :

- stages de formation personnelle : de la découverte du milieu souterrain pour les néophytes, au perfectionnement des pratiquants.
- stages de formation de cadres : initiateurs, moniteurs, instructeurs fédéraux, qui assurent la formation dans les clubs, la formation de cadres et l'encadrement des stages. L'EFS compte un peu plus d'un millier de cadres brevetés.
- stages spécialisés dans la connaissance et l'étude du milieu souterrain (karstologie, topographie, biospéléologie...), ou auto-secours.

C'est une cinquantaine de stages par an, qui sont ainsi annoncés dans le calendrier des stages fédéraux de l'EFS. Par ailleurs, l'EFS élabore et diffuse aussi un grand nombre de documents pédagogiques :

• les *Dossiers-Instruction* et les *Cahiers de l'EFS* : ces publications sont consacrées à des thèmes aussi variés que la karstologie, la spéléologie sous-glaciaire, l'archéologie, la biospéléologie, etc.

• les *Manuels techniques* qui sont des ouvrages servant de référence dans les stages de formation.

Dans les nombreuses formations qu'organise la Fédération française de spéléologie, si l'enseignement technique constitue le thème principal de la majorité des stages proposés, l'étude du milieu souterrain est souvent associée

au programme et au référentiel de ces formations. Les formations de cadres comportent toujours un volet à ce sujet : par exemple, l'initiateur y consacre *a minima* de 1 à 2 jours sur 7 jours de formation et le monitorat 6 à 7 jours sur 18 jours de formation.

Par ailleurs, des stages spécifiques sont organisés, comme ceux de l'équipier environnemental ou scientifique. La commission scientifique de la FFS propose également d'autres stages. L'objectif de ces stages est de sensibiliser les participants à la diversité des disciplines contribuant à la connaissance des espaces karstiques, et aux enjeux de leur documentation et de la préservation du patrimoine souterrain. D'un point de vue pédagogique, les participants sont mis en situation dans des cavités et restituent leur travail (production de document, rédaction de rapport...).

Si toutes les cavités peuvent servir de support éducatif, certaines sont pratiquées plus régulièrement que d'autres. Les critères d'accessibilité, à savoir un accès rapide et facile pour arriver sur le secteur d'étude, orientent le choix des sites. À titre non exhaustif, quelques exemples sont proposés dans le tableau ci-dessous. La place de la connaissance du milieu est grandissante dans les formations de l'EFS et témoigne de l'importance que porte la FFS à proposer des stages où milieu et pratique sont indissociables.

Cavités Caves	Localisation Location	Thèmes abordés Topics covered
Aven du Rousti	Vaucluse, plateau d'Albion	Sédimentologie, karstologie, fracturation, biospéléologie, topographie <i>Sedimentology, karstology, fracturing, biospeleology, surveying</i>
Gouffre des Biefs-Boussets	Doubs, réseau du Verneau	Hydrologie, karstologie, biospéléologie <i>Hydrology, karstology, biospeleology</i>
Gouffre de la Combe aux Prêtres	Côte-d'Or, réseau de Francheville	Hydrologie, Karstologie, biospéléologie. De nombreux stages de la commission scientifique y sont organisés <i>Hydrology, karstology, biospeleology. Many courses of the Science commission are held there</i>
Grotte de Saint-Marcel -d'Ardèche	Ardèche, gorges de l'Ardèche	Archéologie, paléontologie, préhistoire, karstologie, climatologie, hydrologie <i>Archaeology, paleontology, prehistory, karstology, climatology, hydrology</i>

Exemples de cavités-support pour les formations scientifiques. *Examples of caves used for science courses.*

1. Fédération française de spéléologie (FFS)

The karst environment in courses offered by the Fédération Française de Spéléologie

by Vincent Biot¹

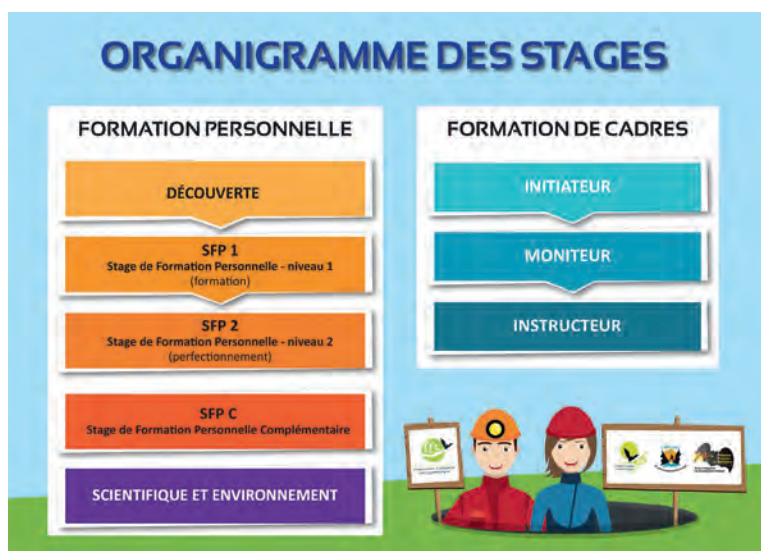
In 1959, the French Office of the High Commissioner for Youth and Sports introduced a set of "diplomas", or certificates, related to open-air activities. This triggered the development of training sessions in speleology and caving, organised by the Training Commission of the Fédération Française de Spéléologie, first at Vallon-Pont-d'Arc in Ardèche, then at the training centre of Font d'Urle on the Vercors plateau. In 1969, the Training Commission changed its name to the Ecole Française de Spéléologie (French Caving School), whose Director, Michel Letrône, had taken over from Philippe Renault. The EFS is in charge of training French cavers under the auspices of the Fédération Française de Spéléologie (FFS). The EFS has played a leading role in disseminating new caving techniques (single rope technique, on-rope rescue...). Thanks to EFS involvement, the number of caving accidents has fallen and cavers have gained more respect for and knowledge of the underground environment. For 50 years, the EFS has created and organised a wide variety of training opportunities (see the flow chart above):

- Self-improvement courses: from first contacts with the underground world for neophytes to high-level technical courses for experienced cavers.
- Training for Local Cave Leaders, Vertical Cave Leaders or Caving Instructors, who then ensure technical training in their clubs, train lower-echelon leaders and oversee training sessions. The EFS currently has 1000 active caving leaders.
- Training sessions specialised in the study of the underground environment (karstology, topography, underground flora and fauna...) or in self-rescue techniques.

All told, the EFS organises around 50 training sessions a year, announced through the Federation's annual training calendar.

In addition, the EFS publishes and distributes numerous educational documents:

- *EFS Training Packs* and *EFS Notebooks*, specialised publications covering a variety of themes like karstology, ice caving, archaeology, cave flora and fauna, etc.
- *EFS Technical Manuals*, which serve as reference works for training sessions.



Even though caving techniques are at the core of the many training opportunities organised by the Fédération Française de Spéléologie, most programmes include various aspects of the study of the underground environment in their curriculum. This is always the case for certified courses; for example, for the Local Cave Leader certification, at least one day is devoted to improving the participants' knowledge of the underground environment. In addition, specialised options are offered in Science and the Environment for Local Cave Leaders. The Science Committee of the Fédération Française de Spéléologie also provides additional training opportunities to introduce the caver to the wide variety of disciplines which contribute to a better understanding of karst environments, ensure recording and documenting of these areas, and help preserve our underground heritage.

Participants are put into real conditions in actual caves; they then present their work through written documentation or reports. Though theoretically any cave could be used for educational purposes, some are more often selected than others. Quick and easy access to the study site is key. The table opposite, though not exhaustive, lists some of the most frequently used sites.

Knowledge of the karst environment is constantly gaining importance in the EFS training curriculum; this reflects the growing importance the FFS gives to training courses where environment and technical practice are inseparable.

Rendre les grottes à elles-mêmes, un devoir pour les spéléologues

par Yannick Decker¹

Il s'agit là d'un sujet universel pour tous les pratiquants de la spéléologie, explorateurs, scientifiques, pratiquants ou simples amoureux du karst que nous sommes.

Les actions de protection se multiplient au sein des fédérations, l'Euro Protection Speleo Label porté par la Fédération spéléologique européenne y contribue également en valorisant des projets ambitieux, originaux mais surtout indispensables. Ces actions visent la prévention de tout impact humain néfaste, heureusement dans la grande majorité des cas, involontaire.

Cependant lorsque l'impact néfaste a eu lieu, notamment lors d'explorations anciennes dont les techniques et moyens logistiques ne permettaient pas l'évacuation systématique des déchets, les campagnes de dépollution deviennent indispensables.

La Fédération française de spéléologie, à travers ses structures, commissions, comités régionaux et départementaux mais surtout grâce à ses adhérents au sein des clubs, s'y engage depuis des années.

LE GOUFFRE BERGER, 10 ANS DE DÉPOLLUTION

Le Rassemblement international du Gouffre Berger, communément appelé « Camp Berger » est l'exemple le plus connu, à la fois car il concerne une cavité emblématique, premier -1000 mondial, mais aussi car il attire

chaque année de très nombreux spéléologues étrangers. Il y a fort à parier qu'un grand nombre de participants du congrès UIS 2022 en Savoie y ont déjà participé ou envisagent de le faire.

Depuis dix ans désormais, à l'initiative du comité départemental de spéléologie du Jura et porté par Rémy Limagne, le camp Berger se tient chaque été trois semaines durant et voit se succéder plusieurs centaines de spéléos, animés par l'envie de découvrir ce gouffre mythique et de le débarrasser de tous les déchets. Le résultat est stupéfiant, les innombrables kits remplis de détritus retrouvés puis amassés en plusieurs points stratégiques de la grotte, de -250 m à -1000 m, remontés à la sueur des participants, ont permis de rendre le site particulièrement propre, tout au long de l'itinéraire classique.

Le succès international du rassemblement Berger illustre parfaitement le souhait commun des spéléologues de respecter leur environnement de prédilection mais également l'efficacité de l'effort collectif. Il est toutefois important de rappeler que l'organisation de ce camp d'été est trop souvent difficile, malgré l'intérêt public, sociétal et environnemental qu'il représente... La volonté originelle de créer un camp financièrement abordable pour tous est toujours intacte mais elle se heurte de plus en plus à une société où la mise à disposition gratuite de terrains pour simplement camper est de moins en moins comprise et acceptée. Néanmoins l'engouement des participants et organisateurs, le plaisir des rencontres entre passionnés, l'aventure humaine qu'est de parcourir ce haut lieu de la spéléologie, sont les garants de l'avenir et de la réussite de ce rassemblement international, événement devenu une action nationale de la Fédération française de spéléologie.

LE GOUFFRE DU CALADAÏRE, OPÉRATION – 667 M

Cet aven est l'une des grandes cavités du plateau d'Albion, grand karst alimentant la célèbre résurgence de Fontaine de Vaucluse faisant l'objet aujourd'hui encore d'importantes explorations, notamment au « Souffleur d'Albion », principale voie d'accès au spectaculaire collecteur du réseau.

C'est une cavité très exigeante et physique, raison pour laquelle de nombreux déchets s'y sont accumulés au fur et à mesure des difficiles explorations. La dépollution du gouffre, par conséquent, est devenue elle aussi un défi



Gouffre Berger - A la chasse aux bidons vers -400 m.
Gouffre Berger - Collecting trash at -400 m.
Photograph Serge Caillault

Restore caves to their natural state, a duty for cavers

by Yannick Decker¹



Gouffre Berger - Salle des Treize. *Gouffre Berger - Salle des Treize*. Photograph Serge Caillault

This is a global issue for all of us cavers, explorers, scientists or simply karst lovers.

Conservation actions are spreading among our federations and the Euro Protection Speleo Label, led by the European Speleological Federation, also contributes by promoting ambitious, original and essential projects. These actions aim at preventing all negative human impacts, which are luckily unintentional in most cases.

However, when the negative impact did happen, namely during early explorations, when techniques and logistical means did not allow systematic evacuation of waste, decontamination campaigns become essential.

The French Federation of Speleology, through its structures, commissions, regional and departmental committees and above all thanks to its members within clubs, has been committed to it for years.

THE GOUFFRE BERGER, 10 YEARS OF DECONTAMINATION

The international gathering at the Gouffre Berger, usually called « Camp Berger », is the most famous example, concerning a symbolic cave, the world's first -1000 and also a

worldwide attraction for thousands of international cavers every year. It is very likely that a great number of this year's UIS Congress attendees in Savoy have already taken part, or plan to do it.

For 10 years now, at the initiative of the Jura Department Caving Committee and with Rémy Limagne at its head, the Camp Berger is set every summer for 3 weeks and receives visits of several hundreds of cavers, all eager to discover this legendary cave and clean it up of all of its waste. The results are mind-blowing: attendees fill their kits with debris found and gathered at several strategic points of the cave between -250 and -1000 and take them back to the surface spilling their sweat, thus making the cave particularly clean all along the standard path.

The international success of the Camp Berger is a perfect example of a common will from cavers to respect their favorite environment, but also of the efficiency of joint efforts. It is however important to remind that this summer camp is very often difficult to organize, in spite of its public, social and environmental interest. The original idea to set a camp affordable for all is still there, but it is getting more and more difficult in a society where the free use of land for camping is less and less accepted. Nevertheless, the

physique pour les spéléologues. C'est donc une équipe de l'association Continent 8, organisatrice d'expéditions internationales notamment en Turquie, en Ouzbékistan, et en août 2022 au Liban, partenaire de la Fédération Française de Spéléologie, qui s'est lancée en août 2021 dans cet ambitieux projet.

Ce camp a réuni 21 spéléologues et a permis, en 37 sorties pour plus de 300 heures sous terre, d'évacuer 150 kg de déchets depuis le fond à -667 m !

D'autres camps restent à organiser car la quantité de débris encore sous terre est estimée à plus de 300 kg.

UN AUTRE MONUMENT DE LA SPÉLÉOLOGIE FRANÇAISE, LA PIERRE SAINT-MARTIN, REFAIT PEAU NEUVE

À l'instar du gouffre Berger pour les Alpes, le -1000 le plus célèbre des Pyrénées est sans aucun doute le réseau de la Pierre Saint-Martin, exploré par les pionniers de la spéléologie, et auquel se consacre l'Association pour la recherche spéléologique internationale à la Pierre Saint-Martin (ARSIP), structure affiliée à la Fédération française de spéléologie.



Du 29 juin au 28 juillet 2020, et malgré le contexte de crise sanitaire, un grand camp a réuni pas moins de 88 spéléologues cumulant 1427 heures de travail pour évacuer près de 600 kg de déchets.

Ici aussi, l'engouement collectif fut la clé de la réussite, mais de nouvelles actions sont encore à programmer car le réseau, immense, contient encore de nombreux vestiges de ces explorations passées, désormais parfaitement documentées au travers d'ouvrages, photographies ou comptes rendus d'exploration...

Ces trois camps d'été ont en commun la même volonté de rendre les grottes à elles-mêmes débarrassées de ces témoignages d'explorations ou de bivouacs, des traces de ces grandes épopées dont tout spéléologue d'exploration rêve, afin de respecter un environnement unique et fragile dont nous sommes les garants. Ils ont en commun également le rayonnement international, à des échelles différentes certes, mais dans une logique commune de partage, dans le respect des valeurs défendues par l'ensemble des fédérations de l'Union internationale de spéléologie, dont le congrès international cet été en France, symbolise la convergence.

↑ Gouffre du Caladaire. *Gouffre du Caladaire.*
Photograph Philippe Crochet

← Pierre Saint-Martin - Cascade dans la salle de la Verna.
Waterfall in La Verna chamber. Photograph Philippe Crochet





Gouffre du Caladaire - Séance de dépollution.
Gouffre du Caladaire - Depollution work. Photograph Continent 8

enthusiasm of both participants and organizers, the joy of meeting other cave lovers, and the human adventure in this Mecca of caving all guarantee the future and success of this international gathering, an event that has become a national action of the French Federation of Speleology.

THE GOUFFRE DU CALADAIRE, MISSION – 667M

This cave is one of the largest caves of the Plateau d'Albion, a large karst that feeds the famous Fontaine de Vaucluse resurgence, nowadays still subject to a number of explorations, namely at the Souffleur d'Albion, the main access to the spectacular collector of this cave system.

It is a very physically demanding cave, and for this reason a great quantity of waste has been piling up after difficult explorations. The cave decontamination has subsequently become a physical challenge for cavers. It is therefore a team from the Continent 8 association, which organized international expeditions in Turkey, Uzbekistan, and Lebanon in August 2022 and which is a partner of the French Federation of Speleology, that has launched this ambitious project in August 2021.

The camp gathered 21 cavers and thanks to 37 trips amounting to more than 300 hours underground, they evacuated 150 kg of waste from the bottom at -667 m!

Other camps still need to be organized, as the quantity of debris still underground is estimated at more than 300 kg.

ANOTHER SYMBOL OF FRENCH CAVING, THE PIERRE SAINT-MARTIN, GETS REVAMPED

Just like the Gouffre Berger for the Alps, the Pyrenees' most famous -1000 is without doubt the Pierre Saint-Martin system, explored by caving pioneers, and is the focus of the "Association pour la recherche spéléologique internationale à la Pierre Saint-Martin" (ARSIP), a structure that is part of the French Federation of Speleology.

From 29th June to 28th July 2020, despite the Covid crisis, a great camp was set that gathered 88 cavers who spent a total of 1427 hours working to evacuate nearly 600 kg of waste.

Here too, the joint motivation was key to its success, but new actions are to be planned as this huge system still contains many remains of past explorations, now accurately documented through books, and photographs of exploration reports.

These three summer camps share the same commitment for restoring the caves to their natural state, cleared of past explorations and camps remains, testimonies of great adventures that all cavers-explorers dream about, and for protecting this unique and fragile environment. They also have in common international dimension, at different levels but in a common logic of sharing, while committing to values fostered by all Federations in the International Union of Speleology, of which the Congress, organized this year in France, symbolizes the convergence.



Pierre Saint-Martin - Salle Chevalier.
Pierre Saint-Martin - Salle Chevalier. Photograph Philippe Crochet

1. Directeur administratif de la FFS / FFS administration manager

Spelunca et la photographie souterraine

Un mariage de raison

par **Philippe Crochet**¹

Depuis plusieurs années, la revue *Spelunca* a à cœur de mettre à l'honneur la photographie souterraine avec plusieurs rubriques qui lui sont consacrées dans chaque numéro :

- un **portfolio** de deux doubles pages est consacré à un photographe étranger de renom afin de faire découvrir aux spéléologues français les beautés souterraines du monde entier, et aux passionnés de photo différentes techniques ou styles. De nombreux grands noms de la photographie souterraine se sont ainsi succédé depuis 2014, avec des photos de rêve : Chris Howes, Bunnell, Max Wisshak, Antonio Danieli, Sergio Laburu, Peter Gedei, Andreas Schober, Gaspard Magarinos, Csaba Egri, Alexandra Bengel, Victor Ferrer, Marek Audi, Kasia Biernacka, Kevin Downey, Paul De Bie, Neil Silverwood, Alessio Romeo, Silvia Arrica, Satoshi Goto, Norman Thompson, Rainer Straub, Mirjam Widmer, Mark Burkey, Vincent Gerber, Georg Taffet, Marcelo Kraus, Josep Herrerias, Gergely Ambrus, Gaëtan Rochez, Martyn Farr, Adrian Vasquez et Matej Zalokar.

- une **galerie critique** : les photographes débutants ou confirmés soumettent une photo avec les informations concernant le contexte de la prise de vue (assistants, cavité, mise en œuvre) ainsi que les aspects techniques (boîtier, objectif, matériel d'éclairage, paramètres de prise de vue). Il est effectué une analyse critique de la photo englobant les aspects techniques et artistiques. Ce n'est ni un jugement ni un verdict, juste un avis personnel, sans concession, mais obligatoirement subjectif et lui-même critiquable. L'objectif est de faire progresser l'ensemble de la communauté des photographes du monde souterrain à partir des remarques qui sont formulées sur le cliché.

- **photographe à l'honneur** : il est publié en deuxième de couverture un cliché d'un photographe français, émergeant ou confirmé, avec une présentation succincte de son parcours et une légende complète de la photo.

- des **articles techniques** sur la prise de vue sous terre ou sur le matériel.

Le but de l'ensemble de ces rubriques est de faire progresser les photographes du monde souterrain.

Chris HOWES
A British cave photographer

Max WISSHAK

Antonio DANIELI

Kevin Downey

Satoshi Goto

Vincent Gerber

Marcelo Krause

Adrián Vázquez

**Heinrich, Louis et...
pêcheurs de la grotte de la Vache**

**Heinrich, Louis et...
pêcheurs de la grotte de la Vache**

**Heinrich, Louis et...
pêcheurs de la grotte de la Vache**

**Heinrich, Louis et...
pêcheurs de la grotte de la Vache**

Spelunca and underground photography

A great match

by Philippe Crochet¹

For several years, the magazine *Spelunca* has been keen on honouring underground photography with several sections dedicated to it in each issue:

- a **portfolio** of two double pages is dedicated to a renowned foreign photographer in order to allow French cavers to discover the underground beauties of the whole world, and to show photo enthusiasts different techniques or styles. Many great names in underground photography have thus followed one another since 2014, with dreamy photos: Chris Howes, Dave Bunnell, Max Wisshak, Antonio Danieli, Sergio Laburu, Peter Gedei, Andreas Schober, Gaspard Magarinos, Csaba Egri, Alexandra Bengel, Victor Ferrer, Marek Audi, Kasia Biernacka, Kevin Downey, Paul De Bie, Neil Silverwood, Alessio Romeo, Silvia Arrica, Satoshi Goto, Norman Thompson, Rainer Straub, Mirjam Widmer, Mark Burkey, Vincent Gerber, Georg Taffet, Marcelo Kraus, Josep Herrerias, Gergely Ambrus, Gaëtan Rochez, Martyn Farr, Adrian Vasquez, Matej Zalokar.

- a **critical gallery**: beginners or experienced photographers submit a photo with information about the context of the shot (assistants, cave, setup) as well as technical aspects (camera, lens, lighting equipment, settings). A critical analysis of the photo is made, including technical and artistic aspects. It is neither a judgment nor a verdict, just a personal opinion, without concession, but necessarily subjective and itself open to criticism. The objective is to allow the whole community of underground photographers to benefit from the remarks that are made on the picture.

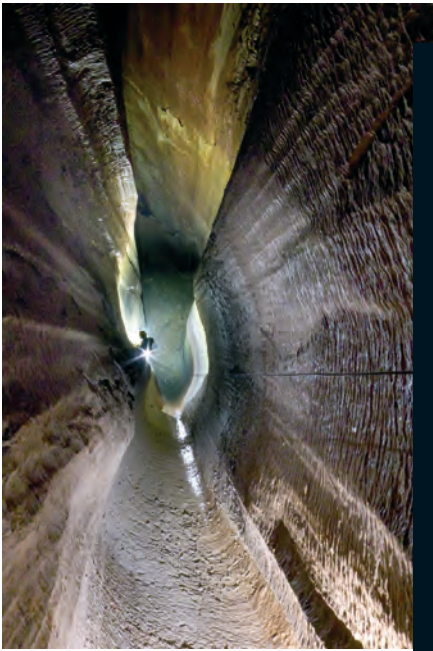
- **photographer in the spotlight**: on the inside cover, a picture by a French photographer, up and coming or established, is published with a brief presentation of his or her career and a complete caption for the picture.

- **technical articles** on underground photography or on equipment.

The aim of all these sections is to help underground photographers advance.

Critique photo
par Philippe Crochet

Le principe est le suivant: vous envoyez une ou plusieurs photographies au format numérique de meilleure qualité possible avec les informations concernant le contexte de la prise de vue, le matériel utilisé et les paramètres d'exposition. Dans chaque numéro, il sera sélectionné une photographie qui fera l'objet d'une critique. Celle-ci ne sera ni un jugement ni un verdict, juste un avis personnel, sans concession, mais obligatoirement subjectif et lui-même critiquable. Il s'agit d'une soumission volontaire qui ne sera pas anonyme. Il convient par ailleurs de vous assurer de l'accord des modèles pour que leur image soit publiée. Les fichiers sont à envoyer à l'adresse courriel suivante: secretariat@speluca.fr avec copie à contact@philippe-crochet.com



Critique photo

Photographie réalisée par Adrien Gaubert (Ambiance spéléologique murale, Hérault)
Cavité: Aven Robert (Vézère) – Assistants: Jocelyn Mora Hernandez (ARM), Isadora Guillemin (Dorville) – Appareil: Panasonic Lumix LX6 (capteur micro 4/3 de 20 millions de pixels) – Objectif: 24 mm – Éclairage: Scurion 2000 + Scurion 1500 + flash à 5 K (nombre guide 50) – Accessoires: pied photo Norma à 30 K – Exposition: 15 secondes à f/7,7 pour une sensibilité de 200 ISO – Photo prise en RAW puis développée avec Lightroom.

À l'origine, c'était en 2010, j'étais invité par Olivier Sausse et son équipe pour immortaliser les escalades en cours à l'aven Robert, futur entrée du réseau du Souffleur qui n'était pas encore à l'époque. Je devais donc voyager léger. Nous devions traverser le méandre amont de l'Arriou (l'ou souffleur): 600 m à parcourir représentant trois heures environ de faulxage à l'équipement pour accéder à la base des puits en cours d'exploration. Ce n'est pas à côté tout de même. La photo en question a été réalisée en pose longue 1/5 s, sur un pied photo attaché à une plaque à l'aide d'une Dynema. Elle a été prise à 70 m de haut dans le puits de 100 m de l'Arriou, qui est particulièrement beau. Pour exposer la photo, je me suis appuyé sur les éclairages respectifs des deux compagnons du jour, Isadora et Jocelyn, tous deux équipés de Scurions 1500 et P7 et d'un petit flash 1/5 de seconde guidé, acheté dans un vide grenier (pour dire que j'en utilise un). J'ai balayé avec le spot de ma Scurion 2000 blanc chaud certaines zones de mon cadrage pour donner l'impression d'ambiance, en me décalant un peu de mon appareil pour ajouter quelques ombres. L'avantage des gros éclairages de mes camarades est de permettre de voir en temps réel les futurs effets et contre-jours que l'on souhaite obtenir. La photo n'a pas été recadrée. J'aime bien garder le cadrage d'origine. Il est ici un compromis entre cadre esthétique et confort de manipulation au fonctionnement. L'appareil que j'ai utilisé est un petit Lumix LX6 (acheté sur les conseils du photographe Lionel Thierry rencontré en stage EPS) qui, j'ai remarqué en l'emballant dans deux sacs congélateurs « châteaillons » sur une baguette porte-filtre. Le tout est calé avec de la mousse dans un mini kit de caverie. La série de photos dont est issu ce cliché a été réalisée avec peu de chose, en conditions d'exploration. Le but était de ramener des clichés en RAW pour pouvoir les développer sur Lightroom. Un reflex à 35 avec un beau cache de la

m'aurait donné très probablement une superbe image, mais à un prix et un encombrement non négligeables. Parfois, il n'est pas nécessaire d'avoir le dernier cri pour arriver à se débrouiller. Avoir un appareil performant, c'est bien, un beau sujet c'est mieux.

Analyse critique de la photographie
Vous avez adopté un excellent cadrage avec cette vue plongeante décalée par rapport à la corde et centrée sur le fond du puits qui est le point de fuite, ce qui rendait parfaitement la vue vertigineuse de ce puits. L'exposition est globalement correcte, avec toutefois une zone un peu surexposée en premier plan qui attire inutilement le regard en première lecture de la photo. Dans la mesure où vous avez pris la photo en RAW, ce détail doit pouvoir se corriger en post-traitement. Aucun flou de bougé n'est visible. La fixation de votre pied sur l'arrimage était donc parfaite et surtout le modèle a réussi à ne pas bouger pendant quatre secondes. L'étoile due au contre-jour masque une partie du modèle au fonctionnement. Mais le point le plus gênant est la température de couleur puisque le haut du puits a une dominante magenta et le bas une dominante verte. Ces deux couleurs étant complémentaires, il devient difficile de corriger correctement l'ensemble du cliché en post-traitement. Cela est probablement dû au fait que vous avez mélangé pour la photo le faisceau large et le spot des Scurions. L'ajout du flash électronique a pu également jouer un rôle. Il est préférable de ne pas mélanger des sources lumineuses ayant des températures de couleur différentes. Avec les Scurions, il vaut mieux utiliser uniquement la lumière d'ambiance (faisceau large) qui présente par ailleurs un meilleur indice de rendu des couleurs (ou Color Rendering Index). Concernant votre réflexion totale, vous avez parfaitement raison de dire qu'avoir un beau sujet est mieux qu'avoir l'appareil dernier cri, et votre photo en est un parfait exemple dans la mesure où elle permet une documentation unique de la cavité. Est-elle déjà été largement utilisée à cet effet? Toutefois, je me permettrais d'ajouter que traiter un beau sujet avec un matériel performant permet d'assurer une meilleure qualité et donc de pouvoir exploiter plus largement le cliché pour d'autres usages. Je ne doute pas que votre photo en meilleure définition et sans le problème de la température de couleur aurait pu avoir sa place dans le calendrier Spélio Project. Et c'est dans les endroits exceptionnels qu'il faut essayer de ramener des photos, exceptionnelles.

Un photographe à l'honneur • Alain Bressan

J'ai 64 ans, un beau chiffe, ce 64, pour un amoureux de la RSM et bientôt 50 ans de spéléologie. J'ai commencé la photographie sportive en 1972 avec un professeur de talent à la grotte d'Esparros (Hautes-Pyrénées). Jacques Joffre. Il y a eu ensuite une longue interruption de mes activités photographiques jusqu'à l'arrivée du numérique. J'ai donc repris la photographie souterraine et mis un frein sur mes activités d'exploration. Les années s'accumulent, ça tombe pile poil pour mes vieilles articulations! J'ai opté pour du matériel Pentax pour le reflex (actuellement le K3) et des flashes Yongnuo, Pentax et Godox (gros) pour l'éclairage. Je fais partie du Groupe austriacain de spéléologie et mes terrains de jeux favoris (photos) sont le massif de la Pierre Saint-Martin et la Cantabrica (Vid d'Ason en Espagne).



La photographie a été prise dans le Rio Lediana de la Torca del Mortero de Astana vers -120 m (Sistema del Mortillano, Cantabrico). C'était lors d'une visite du réseau et de sa belle rivière jusqu'à ce que cette dernière se jette dans un splendide puits de 180 m.

Un aperçu de la France souterraine

par Annie Guiraud et Philippe Crochet

Une belle image vaut mieux qu'un long discours. Cet adage pourrait être à l'origine des clichés que nous vous proposons dans les pages suivantes. En effet, la photographie a le pouvoir non seulement de représenter et d'illustrer la réalité, mais aussi de la sublimer et de la transformer en une image riche de sens, symbole unique d'une réalité multiple.

C'est ainsi que l'idée d'un portfolio pour présenter les paysages de la France souterraine s'est imposée. Il suffisait d'y faire figurer la grande variété des cavités de notre pays, depuis les réseaux actifs, avec des grands puits et des rivières, jusqu'aux galeries fossiles décorées de concrétions parfois exceptionnelles par leurs formes ou leurs couleurs.

Une bonne idée se révélant souvent plus complexe qu'il n'y paraît, ce portfolio s'est avéré être un véritable défi, car il s'agissait de croiser plusieurs critères. Tout d'abord, il devait donner un aperçu des différentes régions karstiques de France. Le Languedoc pourrait être illustré par des photos de concrétions, les Pyrénées occidentales par des grands volumes, les Alpes et le Jura par des rivières, et la Normandie par... disons des passages plus intimes. Il fallait aussi présenter le travail de différents spéléologues français spécialistes reconnus de la photographie souterraine, chacun caractérisé par des techniques et une sensibilité spécifiques.

Après avoir pris en compte tous ces critères, le choix s'est porté sur ces onze photos, de onze photographes différents. Ce choix est forcément arbitraire et réducteur, mais nous espérons que ces images, comme un menu-dégustation, vont vous donner envie de découvrir par vous-même la grande variété des cavités françaises.



An overview of the French underground world

by Annie Guiraud and Philippe Crochet

As the saying goes, a beautiful picture is better than a long speech. That adage could be at the origin of the pictures presented in the following pages. Indeed, photography has the power not only to represent and illustrate reality, but also to sublimate it and transform it into a richly meaningful image, a unique symbol of a complex reality.

This is how the idea of a portfolio to showcase the landscapes of underground France emerged. It was only necessary to show the great variety of caves in our country, from active systems, with large pits and rivers, to relict passages adorned with formations that are sometimes exceptional in their shapes or colors.

But a good idea often turns out to be more complex than it seems, and this portfolio proved to be a real challenge, because it involved meeting several criteria. First of all, it had to give an overview of the different karst regions of France. The Languedoc could be illustrated by pictures of formations, the western Pyrenees by large spaces, the Alps and the Jura by rivers, and Normandy by... let's say more intimate passages. It was also necessary to present the work of different French cavers, recognized specialists in underground photography, each one characterized by specific techniques and sensitivities. After considering all these criteria, the selection fell on these eleven photos, from eleven photographers. This selection is bound to be both arbitrary and reductive, but we hope that these images, like a tasting menu, will make you want to discover for yourself the great variety of French caves.

- 1** Rivière des Robots (Caumont, Eure)
- 2** Creux d'Orcheval (Flangebouche, Doubs)
- 3** Aven 24-90 (La Brigue, Alpes-Maritimes)
- 4** Gouffre du Briant (Noailles, Corrèze)
- 5** Grotte de Gournier (Choranche, Isère)
- 6** Grotte de la Baume Archée (Mouthier-Hautepierre, Doubs)
- 7** Réseau de la Pierre Saint-Martin (Arette, Pyrénées-Atlantiques)
- 8** Grotte de Malaval (Les Bondons, Lozère)
- 9** Grand Aven du Mont Marcou (Saint-Geniès-de-Varensal, Hérault)
- 10** La source de Marchepied (Marchepied, Lot)
- 11** Les Méandres de la Mer de Glace (Chamonix, Haute-Savoie)

Sylvain Beuve - Assistance: Juliette Jonckheere

Rivière des Robots (Caumont, Eure)



Cette galerie étroite donne accès au puits René qui est sur le passage de la rivière souterraine des Robots. Accessible sur environ 600 mètres, elle se noie dans un siphon qui a été reconnu en plongée sur environ 900 mètres à ce jour.

This narrow passage gives access to the René pit which is on the way to the river of the Robots. This river can be followed for about 600 meters; it sinks into a sump which has been dived for about 900 meters to date.

Romain Venot - Modèle: Véronique Olivier
Creux d'Orcheval (Flangebouche, Doubs)



Cette cavité est constituée par une vaste doline elliptique de 35 m par 18 m. Explorée par Eugène Fournier en 1919, elle atteint une profondeur de 21 m, et fut jadis utilisée pour se débarrasser de gravats ou autres détrit.

This cave is a huge elliptical sinkhole of 35 meters by 18 meters and 21 meters deep. It was explored by Eugène Fournier in 1919 and was formerly used to dump rubble or other waste.

Florian Luciano - Assistance : Christophe Duverneuil et Pierre Dellugat
Aven 24-90 (La Brigue, Alpes-Maritimes)



Le massif karstique du Marguareis accueillit la première expérience hors du temps de Michel Siffre. Les glaciers et névés souterrains y étaient alors plus nombreux et imposants, le réchauffement climatique ayant eu depuis, un fort impact.

The Marguareis karst mountain is where the first of Michel Siffre's out-of-time experiences took place. At that time there were many big underground névés and glaciers. Global warming has changed things tremendously since then.

Jean-François Fabriol - Assistance: Jean-Muc Zinszner

Gouffre du Briant (Noailles, Corrèze)



Le réseau spéléologique du Blagour de Chasteaux développe 18 km de galeries. Près des pertes de la Couze, le gouffre du Briant permet d'accéder à la rivière souterraine qui coule dans une belle galerie semi-fossile.

The Blagour de Chasteaux system is 18 kilometers long. Near the Couze river sink, the Gouffre du Briant provides access to the underground river that flows in a beautiful semi-relict passage.

Serge Caillault - Assistants: Patrick Lesaulnier, Roger Lyotard et Raymond Provent
Grotte de Gournier (Choranche, Isère)



La grotte de Gournier est une classique incontournable du massif du Vercors avec son célèbre lac d'entrée, son réseau fossile et sa rivière souterraine considérée comme une des plus belles de France.

The grotte de Gournier is a must-see cave of the Vercors massif with its famous entrance lake, its relict system and its underground river which is considered one of the most beautiful in France.

Guy Decreuse

Grotte de la Baume Archée (Mouthier-Hautepierre, Doubs)



Cette cavité, située au débouché des gorges de Noailles, en rive gauche de la Loue, constitue un trop-plein temporaire actif uniquement durant les crues. Elle débute par un vaste porche suivi d'une grande salle (30 m x 30 m).

This cave, situated at the mouth of the Noailles gorges on the left bank of the Loue river, is an overflow outlet, only during floods. It starts with a vast entrance and a large chamber (30 meters by 30 meters).

Brice Maestracci - Assistance: Ghislaine, Serge et Alain du Spéléo-club de la Haute-Vienne
Réseau de la Pierre Saint-Martin (Arette, Pyrénées-Atlantiques)



Cette galerie de 800 m de longueur, appelée galerie du métro, permet de faire la liaison entre la salle Loubens et la salle Queffélec.
This 800-meter-long passage, called the Galerie du Métro, connects Salle Loubens to Salle Queffélec.

Rémi Flament - Assistance : Aline Garnier

Grotte de Malaval (Les Boudons, Lozère)



La rivière souterraine de Malaval, plus longue cavité de Lozère, est connue pour ses spéléothèmes en aragonite présents dans tous les réseaux, qu'ils soient actifs ou fossiles. Les excentriques sont omniprésentes.

The underground river of Malaval, the longest cave in Lozère, is known for its aragonite speleothems that occur in all the systems, whether active or relict. Helictites are everywhere.

Philippe Crochet - Assistance: Annie Guiraud, Michel Berbigé
Grand Aven du Mont Marcou (Saint-Geniès-de-Varensal, Hérault)



Cette cavité est célèbre pour ses concrétions d'aragonite et de calcite de couleur verte uniques au monde, situées dans une petite alcôve. Leur coloration est due au nickel qui proviendrait d'un filon.

This cave is famous for its unique green aragonite and calcite speleothems which cover the walls of a small alcove. Their green colour is thought to come from a nickel vein.

Sébastien Delautier - Assistance : Valentin Caumon

La source de Marchepied (Marchepied, Lot)



En rive gauche du Célé, la grotte de Marchepied développe 1370 m de galeries dont une majeure partie est noyée en trois siphons. Ce premier siphon inclut des décors variés, changeant à chaque virage dans une eau limpide.

Situated on the left bank of the Célé river, Marchepied is a 1370-meter-long cave, the major part of which is under water. The first of the three sumps, with its clear water, displays a great variety of landscapes, changing at each turn.

Thierry Aubé - Assistance: Christelle Klein, André Vialle, Stéphane Czerep

Les Méandres de la Mer de Glace (Chamonix, Haute-Savoie)



L'exploration des moulins de glace reste une activité aléatoire pleine de surprises en raison de l'évolution constante du glacier. Le parcours de ces galeries intra-glaciaires offre des paysages incomparables et spectaculaires.

Exploring moulins is still a hazardous activity full of surprises because of the ever-changing glacier. These passages in the ice offer unique and spectacular landscapes.



GROTTES ET GOUFFRES DE HAUTE-SAVOIE

par le Comité départemental
de spéléologie
David Cantalupi,
Gérard Gudefin,
Bertrand Hauser et
Christophe Verdet

Édition CDS74 (2022)
Format 16,5 cm x 24,2 cm, 232 p.
English translation accessible
by QR-code.
Prix de vente : 20€

Les montagnes de Haute-Savoie, pourtant à l'ombre d'un Mont-Blanc granitique, se révèlent être très majoritairement calcaires, abritant les deux réseaux les plus profonds de France. Ici les cavités ne sont pas exclusivement d'humides étroitures ou de froids abîmes balayés par les crues, dont les marches d'approche se font dans la tourmente hivernale... Il était temps de démystifier la spéléologie haut-savoyarde et le topoguide « Grottes et Gouffres de Haute-Savoie » a été conçu dans cet esprit. Cet ouvrage présente une sélection d'une cinquantaine de cavités du département. Le lecteur trouvera la description de sites variés, depuis les grottes historiques qui se visitent en famille, jusqu'aux grands gouffres sportifs. Ainsi du Parmelan avec la Diau ou Bunant et leurs rivières souterraines, jusqu'aux massifs reculés du Haut-Giffre avec les mythiques réseaux du Jean Bernard ou du Mirola, le spéléologue dispose de parcours plus ou moins techniques dans un cadre exceptionnel. Chaque cavité fait l'objet d'une fiche synthétique, avec croquis topographiques et résumé des spécificités techniques. Pour chacune d'elles, un QR code permet d'accéder à une version en anglais et à d'autres informations pratiques. L'ouvrage est richement illustré de photos et une place particulière est donnée au contexte karstologique. De quoi donner envie de venir découvrir une région au sous-sol riche jusqu'alors méconnue...!

The mountains of the Haute-Savoie Department, although in the shadow of the granitic Mont-Blanc, turn out to be mostly calcareous and host France's 2 deepest cave systems. Caves here are not only about wet squeezes or chilly and flooded pits only accessible by long walks in a winter storm... It was about time that we demystified Haute-Savoie caving, and we therefore designed our "Haute-Savoie Caving Guidebook" with this in mind. This book introduces a selection of about 50 caves in our Department. Our readers will find descriptions of a variety of caves, starting with historic caves open to family visits, all the way to great vertical caves. The Parmelan Mountain, for instance, features underground rivers in the La Diau and Bunant caves, the remote massifs of Haut-Giffre feature the legendary Jean Bernard and Mirola cave systems: cavers can access all levels of technical routes in an exceptional setting. There is a summary information sheet for each cave, including maps and technical details. For each sheet, a QR code can guide you to the English version and other practical information. The guidebook contains plenty of beautiful photographs, and the karstological context is also emphasized. The stage is set for you to come and discover a region so far overlooked yet very rich in its underground environment!

Les auteurs



TOPO-GUIDE SPÉLÉOLOGIQUE EN SAVOIE

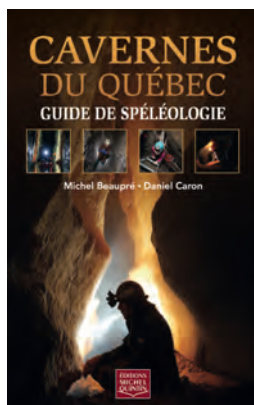
par le Comité départemental
de spéléologie de Savoie

Traduit en version anglaise
Translated into English (2022)
Édition CDS 73 et Spéléo magazine
Format 15 x 21 cm, 162 p.
Prix de vente : 18 €

La première fonction d'un topoguide est de fournir des informations pratiques sur les cavités (accès, description, équipement, topographie). Cet ouvrage y répond pleinement car il s'est appuyé sur la connaissance locale de plusieurs contributeurs. La mise en page est par ailleurs très agréable et l'ouvrage est plaisant à feuilleter, ne serait-ce que pour déguster les nombreuses photos de grande qualité qui l'illustrent. Il comprend une introduction très complète présentant les contextes géographiques et géologiques des massifs karstiques du département tout en mettant en exergue leur valeur patrimoniale, avec notamment le classement en Géopark mondial UNESCO du massif des Bauges et la description du sentier karstique Margériaz. Le spéléologue pourra ainsi mieux comprendre la formation et l'évolution des cavités de ce département, réparties dans les massifs des Bauges, de Chartreuse et de Maurienne. Enfin, les textes sont intégralement traduits en anglais en vue du congrès international UIS de Chambéry. Les nombreux étrangers attendus apprécieront. En conclusion, un ouvrage qui donne envie de découvrir les cavités de Savoie, souvent considérées (à tort) comme peu attractives. Et il constitue un magnifique exemple de topoguide qui intéressera tous les passionnés du monde souterrain.

The first purpose of such a guidebook is to provide practical information about caving (access, description, equipment, maps). This book delivers perfectly because it is based on the firsthand knowledge of several contributors. The book is well designed and pleasing to leaf through, if only for its many beautiful pictures. It includes a very comprehensive introduction covering the geographical and geological contexts of the Department's karstic massifs while highlighting their heritage value, including the classification of the Bauges Massif as a Unesco Global Geopark, and a description of the Margériaz karst path. Cavers can thus better understand the formation and evolution of the Department's caves, distributed through the Bauges, Chartreuse and Maurienne massifs. The text is also presented in English as part of the UIS International Congress in Chambéry, which the many expected foreigners will appreciate. In conclusion, this is a book that will make you want to discover Savoy's caves, often unfairly overlooked. It represents a wonderful example of a guidebook that will interest all enthusiasts of the underground world.

Ph. Crochet



CAVERNES DU QUÉBEC Guide de spéléologie

par Michel Beaupré
et Daniel Caron

Éditions Michel Quintin (2021)
Format 20,2 cm x 12,5 cm, 368 p.
Prix de vente : 34,95 €

Abondamment illustré de centaines de photographies, de plans et d'illustrations, ce projet de Spéléo Québec propose l'exploration des diverses dimensions de la spéléologie. Il offre également de partir à la découverte des cavernes du vaste territoire québécois. Les auteurs, des pionniers de cette « jeune » activité au Québec, partagent leur passion pour le monde souterrain avec cette volonté de fournir au lecteur des clés pour comprendre et apprécier ce monde fascinant. À la fois guide de grottes et guide de l'activité, le livre fournit les outils pour apprivoiser ce monde méconnu et contribuer à la connaissance du patrimoine souterrain québécois, en constante exploration.

La première partie s'intitule *La spéléologie, une science à apprivoiser*. On y présente les connaissances requises pour mieux comprendre les caractéristiques et la formation du karst et du monde souterrain. La formation et les types de cavernes, le karst, ses formes en surface et sous terre, le microclimat souterrain et la faune sont abordés. *Partir à l'aventure* traite du matériel, des techniques, de la formation, de la sécurité, de prospection, de cartographie et de photographie, sans oublier les défis de la préservation des sites. La troisième partie, *Des cavernes et d'autres sites* à découvrir, propose des sites accessibles dans une dizaine de régions du Québec. On y aborde également les mines, la plongée souterraine et le canyonisme.

Abundantly illustrated with hundreds of photographs, maps and figures, this project of Spéléo Québec explores the diverse dimensions of speleology. It also offers an exploration of the caves within the vast province of Québec. The authors, pioneers of this "young" activity in Québec, share their passion for the subterranean world with a desire to give the reader the keys to understanding and appreciating this fascinating world. Being a cave guide as well as an activity guide, this book provides the tools to comprehend this little known world and to contribute to the knowledge of Québec's underground heritage, which is constantly evolving.

The first part is entitled Speleology, understanding the science. Concepts necessary to better understand the characteristics and formation of karst and the underground world are presented. The formation and types of caves, karst and its surface and underground features, and subterranean microclimate and fauna are discussed. Beginning the adventure deals with equipment, techniques, training, safety, prospecting, cartography and photography, keeping in mind the challenges of conservation. The third part, Caves and other sites to discover, suggests accessible sites in about ten Québec regions. Mines, underground diving and canyoning are also discussed.

M. Beaupré et D. Caron



GEOPIK - ESCAPADE SOUTERRAINE

par Gaëtan Rochez

Édité par les Presses Université
de Namur (Belgique), (mai 2021)
Format 24 x 24 cm, 160 p.
Prix de vente : 20 €

Geopark - Escapade souterraine est un livre de photographies présentant le karst observable dans le Geopark UNESCO « Famenne-Ardenne » (Belgique) et plus particulièrement dans la Calestienne, bande calcaire datant du Dévonien et renfermant plus de 1000 phénomènes karstiques. Après une brève présentation du Geopark et de son contexte géologique, le livre rassemble 120 photographies. Il est partagé en 5 chapitres. Le premier « eau et karst » illustre les rivières souterraines, résurgences, regards de nappe... Dans la partie « spéléothèmes », tout ce qui est concrétionnements avec aussi bien des massifs imposants que des détails en macro. Le chapitre « cavités naturelles et artificielles » rassemble des décors souterrains comme les salles, puits, galeries... des cavités karstiques mais aussi de carrières souterraines notamment de grès. La partie « fossiles et minéraux » est finalement la plus méconnue des spéléos bien que nos cavités en soient très riches. Enfin, la « recherche scientifique » au sein du Geopark est très présente, plusieurs disciplines y sont étudiées, nous en évoquons quelques-unes : hydrogéologie, archéologie, sédimentologie... Le tout est rassemblé en 160 pages. Chaque photographie est agrémentée d'une large légende. Tous les textes sont en 4 langues (français, néerlandais, allemand et anglais).

The book "Geopark - Underground Escapade" is a book of photographs of karstic phenomena that are observable inside the UNESCO Global Geopark "Famenne-Ardenne" (Belgium) and more precisely in a long Devonian limestone strip called "Calestienne" containing more than 1000 karstic phenomena. After a short presentation of the Geopark and its geological context, the book features 120 photographs. It is divided into five chapters. The first, "water and karst", illustrates underground rivers, resurgences, karst windows... The second chapter focuses on speleothems of all types, ranging from massive to tiny. "Natural and artificial cavities" discusses underground features such as rooms, pits, galleries... both in karstic cavities and in underground quarries, particularly in sandstone. "Fossils and minerals" are probably least familiar to cavers, even though the caves are rich in them. Finally, "scientific research" (hydrogeology, archaeology, sedimentology...) that is conducted widely within the Geopark is presented in the last chapter. The book totals 160 pages and each picture is accompanied by an ample legend. All texts are written in French, Dutch, English and German.

G. Rochez



LOUIS ARMAND

Cet inconnu au nom célèbre

Sous la direction
de Daniel André

Association
Édouard-Alfred Martel (2021)
Format 21 x 29,7 cm, 248 p.,
Prix de vente : 25 €

Tout le monde connaît Édouard-Alfred Martel comme étant le fondateur de la spéléologie en France. Mais rien n'aurait pu se faire sans son fidèle contremaître et ami Louis Armand (1854 – 1921). Daniel André, spécialiste des Causses et de Martel, a réuni d'incroyables archives et dresse le portrait de ce grand spéléologue qui a laissé son nom à l'aven Armand, une des cavités touristiques majeures du causse Méjean, dans le département de la Lozère. Daniel André, à quinze ans et demi, a été guide pendant quelques semaines en avril 1973 à la grotte de Dargilan, mais auparavant, âgé de moins de deux ans, il avait pu visiter en famille l'aven Armand. C'est dire que nul n'était mieux placé que lui pour rédiger cette biographie passionnante. Cet ouvrage précis et magnifiquement documenté (archives, photographies, topographies) retrace les origines et les résultats du principal collaborateur et ami de Martel, et dresse la liste des cavités qu'il a explorées (plus de 220) en Ardèche, dans l'Aveyron, le Var, la Côte-d'Or, l'Hérault, le Lot, la Lozère, le Vaucluse. On finit par la liste des références bibliographiques les plus importantes sur Louis Armand (une centaine de titres). Au final un livre important et incontournable, parmi la vingtaine de l'auteur, sur nos ancêtres fondateurs de la spéléologie.

Everybody knows Édouard-Alfred Martel as the founder of caving in France. But nothing would have happened without his faithful foreman and friend Louis Armand (1854 – 1921). Daniel André, an expert on the Causses area and on Martel, has collected incredible archives and has painted a portrait of this great caver who gave his name to the Aven Armand, one of the main show caves in the Causse Méjean (Lozère Department). Daniel André, at 15 and a half years, worked as a guide for several weeks in April 1973 at the Grotte de Dargilan, but before that, aged less than 2 years old, he had visited the Aven Armand with his family. That is to say, nobody was in a better position than him to write such a fascinating biography. This thorough and beautifully documented book (archives, photographs, surveys) recounts the origins and achievements of Martel's number one helper and friend, and lists the caves that he explored (more than 220) in the Ardèche, Aveyron, Var, Côte-d'Or, Hérault, Lot, Lozère and Vaucluse Departments. There follows a list of the most significant bibliographic references about Louis Armand (about 100 sources). An important and significant book, among the author's 20+ books, about our founding fathers of caving.

Ph. Drouin



ENVERS ET CONTRE TOUT – GOUFFRE BERGER 68

Par Lambert Martin,
Claude De Broyer,
Philippe Delescaille,
Alain Marbach, Jo Marbach

Édition Librairie Spéléo (2020)
Format 24 x 24 cm, 216 p.
Prix de vente : 30 €

« Comment se fait-il qu'une aventure pareille ait pu se réaliser, avec des gars aussi jeunes, des moyens très modestes et en plus des conditions exécrables ? »

Le Berger, depuis sa découverte dans les années 1950, attire les spéléologues du monde entier, fascinés par sa légende, ses puits majestueux, ses vastes galeries, ses mystérieux siphons et sa « Rivière sans Étoiles », tantôt calme, tantôt furieuse.

Ce livre est basé sur les récits écrits sur le vif et sur les souvenirs des membres des expéditions belge et française de 1968, qui restent exceptionnelles à bien des égards.

L'expédition se déroule d'abord sans encombre. Mais la météo s'en mêle, et des rebondissements successifs vont conduire à des situations de plus en plus difficiles et bientôt dramatiques, où chacun devra donner le meilleur de lui-même pour faire face aux événements.

Un livre prenant, souvent émouvant, qui raconte une aventure hors du commun, qui se passe à la charnière de la spéléologie à l'ancienne et des prémisses de ce qu'on appelle aujourd'hui les « Techniques de la spéléologie alpine ».

"How could such an adventure succeed with such young guys, such modest means and under such terrible conditions?" The Grotte du Berger, since its discovery in the 1950s, has attracted cavers from all around the world, fascinated by its legend, its amazing pits, its large passages, its mysterious sumps and its "Rivière sans Étoiles" (River without Stars), sometimes calm and sometimes raging.

This book is based on contemporary reports and on recollections of members of the French and Belgian expeditions of 1968 that remain exceptional in many respects. The expedition starts without mishaps. Then the weather conditions change, and a succession of unexpected developments makes the situation more and more difficult, then soon harrowing, and each member of the expedition must give his best to cope with events. It is a captivating and moving book that tells of an extraordinary adventure, taking place at the transition from "old-fashioned" caving to what we call today "Alpine Caving Techniques".

Les auteurs



IGUES ET CROZES EN QUERCY

par Jean-François Fabriol

Finagraphic éditions,
route de La Capelette
46100 Capdenac-le-Haut (2019)
Format 23 x 25 cm, 192 p.
Prix de vente : 28 €

À travers ce livre de photographies Jean-François Fabriol permet à tous de découvrir les beautés du karst du Quercy, connu pour ses igues, ses rivières souterraines et ses siphons aux eaux claires. Ce sont dix années de prises de vues souterraines que l'auteur nous propose de partager. Après une première partie rappelant quelques notions de karstologie, l'ouvrage présente les causses du Quercy à travers de magnifiques images. Ce n'est pas un inventaire, mais des « morceaux choisis » depuis le nord avec le causse de Martel jusqu'au sud avec le causse de Limogne. Au gré des pages, nous progressons dans les rivières de Padirac et de l'Ouyse souterraine, et descendons dans les igues de la Braunhie à Planagrèze ou à Viazac, pour ne citer que quelques exemples parmi les trente-trois cavités présentées dans ce livre. Pour chaque cavité, un court texte laisse la place aux belles photographies où l'auteur se plaît à jouer entre le clair et l'obscur. Le lecteur est incité à se laisser porter et au fil des pages, à s'émerveiller des paysages souterrains si justement mis en valeur. La qualité du livre a été saluée par le Parc naturel régional également Geoparc mondial de l'Unesco des causses du Quercy. Il est sûr que ce livre donnera envie à celles et ceux qui ne connaissent pas les cavités du Quercy de venir découvrir ses paysages minéraux.

Through this photo book, Jean-François Fabriol makes it possible for us all to discover the beauties of karst in Quercy, known for its caves, underground rivers and crystal-clear sumps. The author shares with us an underground photography project more than 10 years in the making. The book first reviews karstology, then introduces the Causses du Quercy area through wonderful images. This is not a complete inventory, but a selection that starts in the north with the Causse de Martel and ends in the south with the Causse de Limogne. Page by page, we follow the Padirac or Ouyse underground rivers, and descend into the caves of La Braunhie near Planagrèze and Viazac, among other examples of the 33 caves presented in this book. For each cave, short descriptions leave room for the beautiful photographs, where the photographer playfully contrasts light and dark. From page to page, the reader is encouraged to relax and be carried along, marveling at the underground landscapes, so aptly highlighted by photographs. The quality of the book was commended by the Causses du Quercy Regional Natural Park, which is also a Unesco Global Geopark. We are certain this book will convince everyone who is unfamiliar with the caves of Quercy to come and discover its mineral landscapes.

J.-F. Fabriol



AUX SOURCES DE LA SUISSE À la découverte de l'or bleu helvétique

par Rémy Wenger,
Jean-Claude Lalou
et Roman Hapka

Haupt Verlag (Bern), (2021)
Format 23,5 x 26 cm, 256 p.
Prix de vente : 49 €

Riche idée qu'ont eue nos voisins de consacrer un ouvrage aux sources. Et en réalité deux ouvrages car il existe une version pour la Suisse alémanique. La Suisse, au cœur du massif alpin, est le château d'eau de l'Europe. Et les sources sont à la croisée du monde souterrain obscur, porte des Enfers, et du monde extérieur, celui de la lumière et de la vie. Cet ouvrage richement illustré n'est pas un inventaire des sources du pays, une telle entreprise de recensement eut été démesurée, il est juste un vagabondage auprès de quelques-unes d'entre elles. Pas forcément les plus connues ou les plus spectaculaires, mais celles où naissent les légendes, les anecdotes, les histoires. Une source n'est jamais anodine, qu'elle soit un simple filet d'eau ou une exurgence puissante; elle est toujours mystérieuse, car vivante, sujette à des tarissements comme à des crues spectaculaires. L'eau, essence même de la vie, naît d'une source. Et les humains que nous sommes doivent parfois se ressourcer! Le philosophe Gaston Bachelard, dans *L'Eau et les songes*, a consacré de belles pages aux sources. L'ouvrage de nos trois amis prolonge, avec bonheur, cette rêverie.

*Great idea, of our neighbors, to dedicate a book to springs. In reality 2 books, as there is also a version for the German-speaking part of Switzerland. Switzerland, at the heart of the alpine massif, is Europe's "water tower". Springs are at the crossroads of the dark underground world, gateway to Hell, and the outside world of light and life. This richly illustrated book is not an inventory of all of the country's springs, as such an account would have represented an enormous undertaking; it is, rather, a stroll to a few of them. Not specifically the most famous or spectacular ones, but those where legends, anecdotes or stories arise. A spring is never trivial, be it a trickle of water or a powerful resurgence: it is always mysterious and alive and can dry up or flood spectacularly. Water, as the essence of life, is born in a spring. And as humans, we must sometimes revitalize ourselves! In his book *L'Eau et les songes*, the philosopher Gaston Bachelard has dedicated a chapter to springs. This book, written by our 3 friends, just prolongs this reverie.*

Ph. Drouin



LUZES NA ESCURIDÃO

Lumières dans les ténèbres

Leda Zogbi e Allan Calux

Volume 2, édition Estalactite
Editora (2021), 228 p.
Prix de vente : 70 €

En 2016, Leda Zogbi lançait une conception originale d'expédition, baptisée « Luzes na escuridão » (*Lumières dans les ténèbres*), consistant à rassembler plusieurs photographes de renom, brésiliens et étrangers, pour documenter les plus belles grottes brésiliennes. Elle publiait en juin 2017 un magnifique livre de 300 pages au format 29 x 29 cm avec les photos des cavités des États de São Paulo, Minas Gerais, Goiás et Bahia. En 2019, devant le succès de cette première expérience, Leda Zogbi récidivait avec une nouvelle expédition rassemblant neuf photographes (Ataliba Coelho, Philippe Crochet, Kevin Downey, Csaba Egri, Victor Ferrer, Marcelo Krause, Ricardo Martinelli, Daniel Menin et Mirjam Widmer) et visant cette fois les cavités des États de Mato Grosso do Sul et Mato Grosso. Il en a résulté un deuxième tome de 228 pages au même format, en quatre langues (portugais, espagnol, anglais et français). Après une présentation générale de l'expédition, suivent trois chapitres correspondant aux massifs où se trouvent les 24 cavités explorées (Serra da Bodoquena, Nobres et Chapada dos Guimarães), illustrés par les plus belles photos réalisées. Un magnifique livre qui permet de découvrir de la plus belle façon qui soit les beautés souterraines du Brésil et qui de plus rend compte d'une belle expérience humaine.

In 2016, Leda Zogbi started an original expedition concept called "Luzes na escuridão" (Lights in the dark), which involved gathering together renowned photographers from Brazil and elsewhere to document Brazil's most beautiful caves. In June 2017 she published a wonderful 300-page book in 29 x 29 cm format, displaying photographs of caves in the São Paulo, Minas Gerais, Goiás and Bahia states. In 2019, seeing that her first experiment was a success, Leda Zogbi carried on with a new expedition involving 9 photographers (Ataliba Coelho, Philippe Crochet, Kevin Downey, Csaba Egri, Victor Ferrer, Marcelo Krause, Ricardo Martinelli, Daniel Menin and Mirjam Widmer) whose focus this time was the caves of the Mato Grosso do Sul and Mato Grosso states. It gave birth to a second volume of 228 pages, with the same format, released in 4 languages (Portuguese, Spanish, English and French). After a general presentation of the expedition come 3 chapters corresponding to the massifs where the 24 explored caves are located (Serra da Bodoquena, Nobres and Chapada dos Guimarães), illustrated by the most beautiful pictures taken in them. It is a magnificent book that makes it possible to discover in the nicest way Brazil's underground wonders, and which bears witness to a beautiful human experience.

Ph. Crochet



KARST PATAGONIA

**Stéphane Jaillet,
Charlotte Honiat,
Serge Caillault**

Ouvrage en trois langues
(Français, Espagnol, Anglais)
Centre Terre (2022)
160 p., 200 photographies inédites
Prix de vente : 30,00 €

Depuis plus de vingt ans, l'association Centre Terre explore les karsts de Patagonie, situés aux confins du Chili. Plusieurs équipes de spéléologues français et chiliens s'y sont succédé au cours d'expéditions d'envergure. Centre Terre a toujours accordé une place importante à la communication de ses découvertes, mais il manquait jusqu'à présent un livre de prestige qui fasse revivre cette grande aventure. Plus qu'un simple livre de spéléo, cet ouvrage illustre en six chapitres les aspects exceptionnels de ces explorations : un contexte géographique et climatique extrême ; des paysages calcaires spectaculaires où la roche, sculptée par les éléments, prend des formes vues nulle part ailleurs sur terre ; une aventure humaine aussi chaleureuse que les conditions de vie sont éprouvantes ; les explorations souterraines, et enfin l'émouvante découverte des traces laissées par les nomades de la mer qui ont autrefois peuplé ces terres. Les illustrations sont de plusieurs photographes, ce qui permet de couvrir plusieurs expéditions avec des lieux et des approches différentes. Ces images à la fois d'une grande qualité et impressionnantes sont commentées en trois langues (français, espagnol et anglais). Elles rendent hommage à la beauté austère des lieux et à la passion partagée des explorateurs qui les ont étudiés. Un livre pour rêver... bien au chaud.

For more than 20 years, the Centre Terre association has been exploring Patagonia's karst at the southern tip of Chile. Several teams of French and Chilean cavers have followed one another on successive large-scale expeditions. Centre Terre has always made a point to communicate its discoveries, but until now there has been no prestigious book to bring this great adventure to life. More than a simple book about caving, it illustrates in 6 chapters the exceptional aspects of these explorations: an extreme geographical and climatic context, spectacular limestone landscapes where the rock, sculpted by the elements, takes on shapes seen nowhere else on Earth, a warm-hearted human adventure amid difficult living conditions, underground explorations, and finally, the moving discovery of traces left by nomads of the sea who once lived in this territory. The images come from different photographers, which made it possible to cover several expeditions with different locales and approaches. These high-quality and impressive pictures are captioned in 3 languages: French, Spanish and English. They pay tribute to the austere beauty of the places and to the shared passion of the explorers who studied them. A book for dreaming... while nice and cozy.

A. Guiraud



SYMPHONIE EN SOUS-SOL

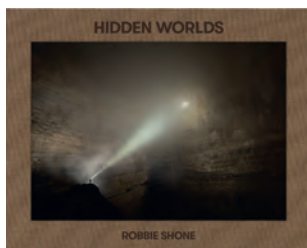
par Philippe Crochet
et Annie Guiraud

In Fine éditions d'art (2021)
Format 30 x 30 cm, 336 p.,
365 photographies
Prix de vente : 65 €

À l'occasion de l'Année internationale des grottes et du karst en 2021, les auteurs proposent, en quelque 340 pages, une sélection de leurs plus beaux clichés du monde souterrain. C'est bien d'une offrande à la beauté du monde qu'il s'agit, une symphonie visuelle fruit d'une passion commune longue de plusieurs décennies. Préfacé par George Veni, président de l'Union internationale de spéléologie, Jean-Marie Chauvet et Kevin Downey, cet ouvrage bilingue rassemble 365 images exceptionnelles. Après quelques pages d'introduction, les images sont regroupées en huit différents thèmes. Le voyage commence naturellement par *Quitter le jour*, qui présente le passage entre l'extérieur et les ténèbres. Ensuite le *retour à la matrice* explore le contact de l'homme avec les éléments du milieu souterrain, l'argile, la roche, mais aussi le vide. Nous sommes aussi invités à partir *sur les traces de l'eau*, sans laquelle notre terrain de jeu serait immobile et silencieux. Les chapitres suivants (*Décorations d'intérieur*, *Belles de nuit* et *Plongée dans l'insolite*) nous font rêver devant l'immense variété des concrétions, jusqu'à nous immerger dans un monde quasiment onirique. Le parcours se termine par une incursion dans d'autres univers, celui du sel, de la lave et de la glace (*Infidélités au calcaire*) et par la rencontre avec d'autres visiteurs du monde souterrain (*Rencontres et clins d'œil*). On sort ébloui de cette lecture, tant ce florilège constitue un hymne à la beauté.

On the occasion of the International Year of Caves and Karst in 2021, the authors offer a selection of their most beautiful underground photos, displayed in a 340-page volume. This book is about thanking the world for its beauty; it is a visual symphony of wonders that was born from a decades-long shared passion. With a preface by George Veni, President of the International Union of Speleology, Jean-Marie Chauvet and Kevin Downey, this bilingual volume is a collection of 365 exceptional images. After a few introductory pages, the photos come grouped into eight different themes. The journey naturally starts with Leaving daylight behind, an evocation of the passage between the outside world and the world of darkness. Then comes Back to the womb, an exploration of human contact with the elements of the underground world: clay, rock, void... We are also invited into Chasing the water, for without water our playground would be silent and still. The next chapters (Interior decorations, Night beauties and A trip into the unusual) make us dream by showing us the great variety of speleothems and by immersing us into an almost surreal world. The voyage concludes with a trip into parallel worlds: salt, lava and ice (Far away from limestone) and with encounters with other visitors of the underground world (Fauna and fun). We leave this book dazzled by the experience—this anthology is a hymn to beauty.

Ph. Drouin



HIDDEN WORLDS

par Robbie Shone

Édition Casebound & Thread
Sewn (Bath, Royaume-Uni) (2022)
Format 30 x 24 cm, 200 p.
Prix de vente : 45 £

Le nouveau livre de Robbie Shone, *Hidden Worlds*, présente une collection unique d'images spectaculaires du monde souterrain, depuis ses débuts dans le Derbyshire, au Royaume-Uni, jusqu'à ses aventures les plus récentes dans les grottes les plus profondes, les plus longues, les plus grandes et les plus belles du monde. Les photographies ont souvent été prises dans des environnements éprouvants et inhospitaliers, et bien sûr sans aucune lumière naturelle ! Grâce au talent et à la maîtrise de l'éclairage de l'auteur, ainsi qu'aux centaines de personnes qui y ont contribué dans des conditions de travail souvent pénibles, ce livre offre un voyage privilégié dans ces mondes cachés. L'introduction explique comment Robbie Shone s'est lancé dans la photographie souterraine du temps des appareils photo argentiques. Il commençait par faire des croquis de la scène avant de reproduire ceux-ci sous terre avec son appareil photo. Cet ouvrage propose ainsi des comparaisons entre les dessins et les clichés, ainsi que de courtes anecdotes sur diverses expéditions.

Robbie Shone's new book, Hidden Worlds, showcases a unique collection of spectacular images from the world beneath our feet, from the author's start in Derbyshire, UK, to his most recent adventures in the deepest, longest, largest, prettiest caves in the world. These photos were often shot in challenging and inhospitable environments, and of course without any natural light! Thanks to the author's talent and mastery of lighting, and to the hundreds of people who have contributed in miserable working conditions, this book offers privileged access to these hidden worlds. The introduction explains how Robbie Shone got into cave photography, using film cameras. He used to make sketches of the scene before reproducing them underground with his camera. Included are some comparisons between drawings and photographs as well as short anecdotes from various expeditions.

A. Guiraud

Grottes brésiliennes en danger

par Lucas P. S. Godinho^{1,2,3}, Leda Zogbi^{2,3}, Luciana Alt³



Manifestation au Brésil pour la sauvegarde des cavités. *Demonstration in Brazil to save the caves.* Photograph Leda Zogbi

Le patrimoine spéléologique brésilien, reconnu internationalement pour son importance environnementale, sociale et culturelle, est actuellement gravement menacé. Sans aucun dialogue avec la communauté spéléologique, scientifique et avec les organismes environnementaux civils, le 12 janvier 2022, le gouvernement du président Bolsonaro a publié le décret fédéral n° 10.935/2022 qui permet que les grottes classées comme les plus importantes du Brésil puissent subir des impacts irréversibles ou même être détruites, pour la mise en œuvre de projets considérés comme « d'utilité publique », tels que l'exploitation minière ou les travaux routiers entre autres. L'un des points critiques de ce décret est d'accorder au ministre des Mines et de l'Énergie et au ministre des Infrastructures le droit de modifier le classement d'importance d'une cavité – qui est établi après des études techniques et scientifiques approfondies – pour faciliter la mise en œuvre de projets, sans concertation avec les agences environnementales compétentes.

Face aux menaces imposées par ce nouveau décret, la Société brésilienne de spéléologie a agi rapidement, coordonnant plusieurs actions, telles que :

- la diffusion de notes de refus, la répercussion dans les vecteurs de communication (plus de 90 reportages dans les principales chaînes de télévision, magazines et journaux);
- l'organisation d'une pétition qui a dépassé les 8 500 signatures; le soutien de la communauté spéléologique internationale (73 lettres de soutien représentant 34 pays);

- la publication d'une lettre signée par 96 scientifiques de renom dans la revue scientifique *Science* (Ferreira et al., 2022).

Grâce à ces efforts, le ministre de la Cour fédérale de justice, Ricardo Lewandowski, a partiellement suspendu le décret, éliminant le paragraphe qui permettait la suppression des grottes les plus importantes, mais il n'a pas bloqué le deuxième point critique, qui traite du reclassement des grottes les plus importantes à un degré moindre, sans l'évaluation des spécialistes. Cela maintient les grottes brésiliennes les plus belles et les plus importantes sous un sérieux risque d'impacts irréversibles.

Ainsi, lors du 36^e Congrès brésilien de spéléologie, une motion a été votée à l'unanimité, demandant l'abrogation totale du décret 10.935/2022. Lors de l'événement, qui a eu lieu le 23 avril 2022, environ 200 spéléologues se sont rassemblés devant la Cour fédérale de justice, pour manifester contre le décret. La démonstration a été diffusée le même jour dans le journal de 20 heures sur TV Globo, le réseau avec la plus grande audience au Brésil (<https://globoplay.globo.com/v/10513001/>).

La communauté spéléologique brésilienne poursuit sa lutte à la recherche de l'approbation d'une loi efficace qui puisse garantir la conservation de ses grottes, afin que le pouvoir exécutif ne puisse plus modifier les règles juridiques par des décrets qui ne servent que ses intérêts politiques et économiques immédiats, au mépris de toutes les recommandations techniques et scientifiques, comme cela a été le cas.

Brazilian caves in danger

by Lucas P. S. Godinho, Leda Zogbi, Luciana Alt.

The Brazilian speleological heritage, internationally recognized for its environmental, social and cultural significance, is now under severe threat. Without any cooperation or dialogue with the speleological, scientific and environmental civic society, President Bolsonaro signed the new decree No. 10.935, from January 12th 2022, which allows caves considered as of maximum importance or relevance to suffer irreversible damage, or even total destruction, in order to implement projects considered 'of public utility', such as mining, road works, among others. One of the critical points is that it grants the Mining and Energy Minister or the Infrastructure Minister the power to modify, in an arbitrary way, the significance level attributed to a specific cave – which is based on thorough scientific studies – in order to facilitate the implementation of projects, that don't involve competent environmental state organizations.

Faced with the threats imposed by the new decree, the Brazilian Speleological Society reacted quickly, taking actions :

- it published rejection notes in the media (more than 90 reports in the main television channels, newspapers and magazines);
- it organized a petition which exceeded 8,500 signatures and got the support of the international speleological community (73 support letters from 34 different countries);

- it published a letter signed by 96 renowned scientists in *Science* magazine (Ferreira et al., 2022).

Thanks to those efforts, the Minister of the Supreme Court, Ricardo Lewandowski, suspended part of the decree, and deleted the paragraph that allowed irreversible impacts over caves of maximum relevance. Nevertheless, he did not cancel the second most important part of the text, which deals with the regrading of major caves to a lower rank, without the assessment of specialists, maintaining the Brazilian most beautiful and important caves in serious danger.

And so, during the 36th Brazilian Speleological Congress, a motion was unanimously voted to ask for the complete abrogation of decree 10.935/2022. During the same event, on April 23rd, about 200 cavers gathered in front of the Supreme Court to protest against the decree. The demonstration was broadcasted the same day on the 8 o'clock news on TV Globo, the most watched network in Brazil (<https://globoplay.globo.com/v/10513001/>).

The Brazilian Speleological community continues its struggle for a law that could guarantee the conservation of Brazilian caves, would not allow the Executive Power, to change conservation rules according to immediate economic and political interests via decrees, regardless of all technical and scientific recommendations as it has occurred.

Manifestation au Brésil pour la sauvegarde des cavités. *Demonstration in Brazil to save the caves.* Photograph Leda Zogbi



1. Geosciences Institute, São Paulo University

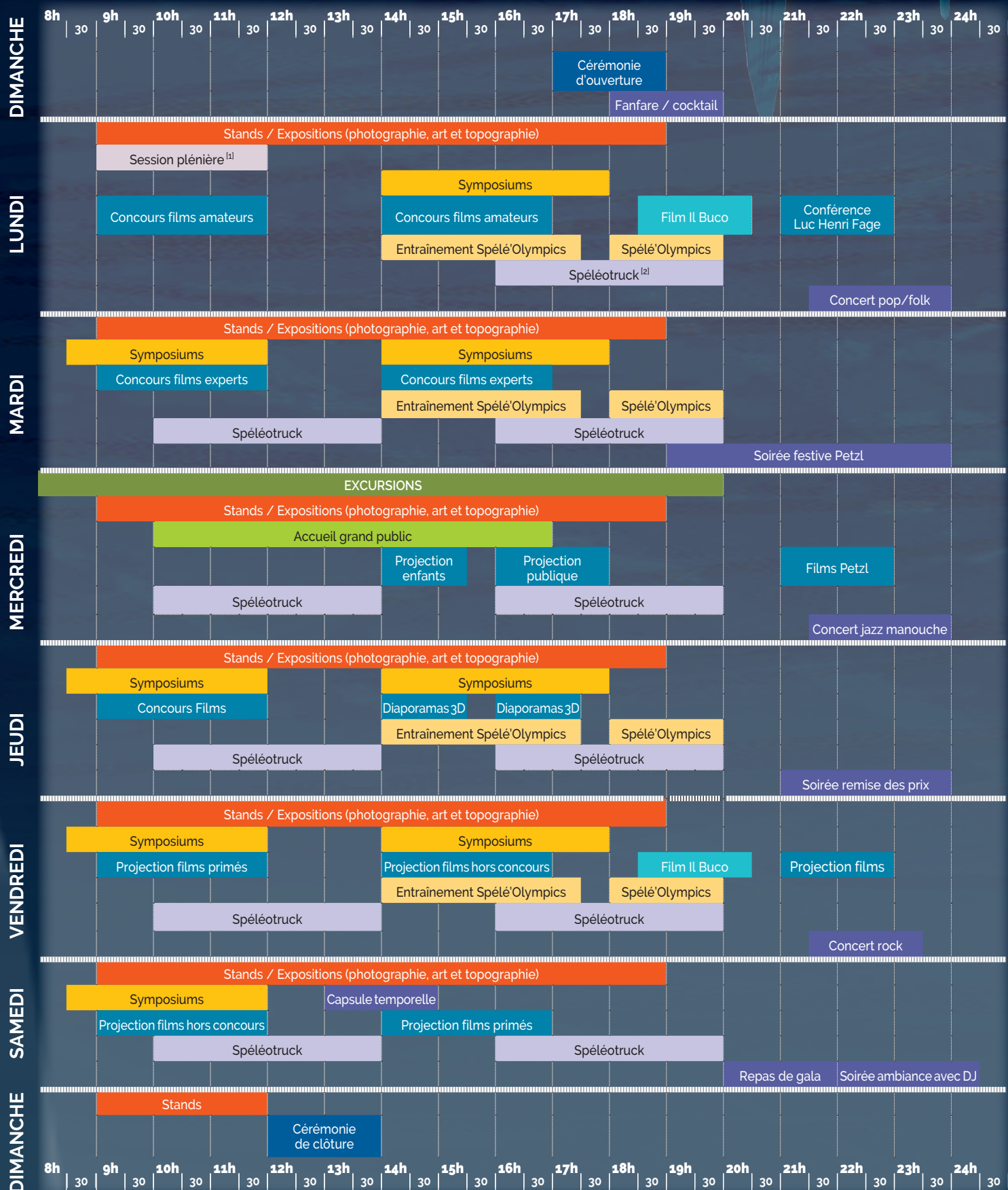
2. Meandros Espeleo Clube, São Paulo, Brazil

3. Brazilian Society of Speleology (SBE), Belo Horizonte, Brazil

18^{ÈME} CONGRÈS INTERNATIONAL DE SPÉLÉOLOGIE

du 24 au 31 juillet 2022 au Bourget-du-Lac (Savoie)

Programme prévisionnel



[1] Session plénière: conférences de Philippe Audra, Pierre-Yves Jeannin et Laurent Bruxelles

[2] Le spéleotruck est un parcours artificiel d'un quart d'heure environ recréant l'expérience spéleologique

Programme des symposiums

	LUNDI 14h-18h	MARDI 8h30-12h	MARDI 14h-18h	JEUDI 8h30-12h	JEUDI 14h-18h	VENDREDI 8h30-12h	VENDREDI 14h-18h	SAMEDI 8h30-12h
01 Karst, patrimoine et ressources	●	●	●					
02 Explorations spéléologiques et expéditions				●	●	●	●	
03 Les dépôts endokarstiques	●	●	●					
04 Géomorphologie, spéléogénèse		●	●	●	●	●	●	●
05 Hydrogéologie	●	●	●					
06 Climatologie souterraine							●	
07 Biospéléologie, vie souterraine				●	●	●	●	
08 Archéologie, paléontologie					●	●	●	●
09 Topographie, 3D, informatique, documentation	●	●	●					
10 Histoire de la spéléologie				●	●	●		
11 Pseudokarst, karst en roches non carbonatées	●							
12 Glaciokarst			●					
13 Cavités artificielles				●				
14 Volcanospéléologie		●						
15 Enseignement, technique, matériel		●						
16 Secours spéléo	●							
17 Plongée souterraine								●
18 Aspects sociaux et économiques, jeunes, tourisme					●		●	
19 Médecine et santé						●		
20 International Year of Caves and Karst								●

Plusieurs cavités seront équipées spécialement durant toute la semaine de congrès. Il y en a pour tous les goûts et tous les niveaux (grotte de Prér rouge, Fitoja express, Creux de la Cavale, Tanne carré...).



Fitoja express



Grotte de Choranche

Une vingtaine d'excursions sont organisées pour la journée du mercredi 27 juillet avec la visite de sites touristiques et de grottes aménagées (Dinoplagne / grotte du Cerdon, Cluse des Hôpitaux, grottes de Choranche et Thaïs, grotte de Prér rouge...).

Plus de détails sur le site internet du congrès
uis2021.speleos.fr

PHOTOGRAPHIES INÉDITES DE SERGE CAILLAULT

GOUTTE À GOUTTE



EXPOSITION
Du 14 mai au 31 juillet

Partenariat  Vapeur d'Encres - 42 rue de la Claire, LYON 9

  @vapeurdencres  www.vapeurdencres.fr

30^{ème} RASSEMBLEMENT DES SPÉLÉOS CAUSSENARDS

16-17-18 SEPTEMBRE 2022
AU ROSIER (48)



ANIMATIONS - STANDS - CONFÉRENCES -
CAVITÉS ÉQUIPÉES - PARCOURS SUR CORDES - RANDONNÉES

Renseignements, inscriptions et modalités d'hébergement à retrouver sur:
<http://speleo-lozere.com>



Une soirée du Comité départemental de spéléo de Vaucluse
Organisée par le club SPÉLÉO RAGAÏE de Courthézon

SPÉLIMAGES

16^e rencontre
de l'image et du film spéléo
COURTHÉZON
samedi 26 novembre 2022

Ouverture des portes à 15 heures, Exposition de photographies, Spéleo-bar
Début des projections à 17 h. Suite en cave à 20h30
Salle polyvalente



Photo: Serge CAILLAULT

Contact: 06 74 125 127
spelimages@orange.fr

VILLE DE COURTHÉZON
JEUNESSE PATRIMOINE

spéléo
Magazine

13èmes Rencontres Audiovisuelles Nationales

de la Fédération Française de Spéléologie

le rendez-vous annuel de l'image et du son

COURTHÉZON

samedi 26 & dimanche 27 Novembre 2022

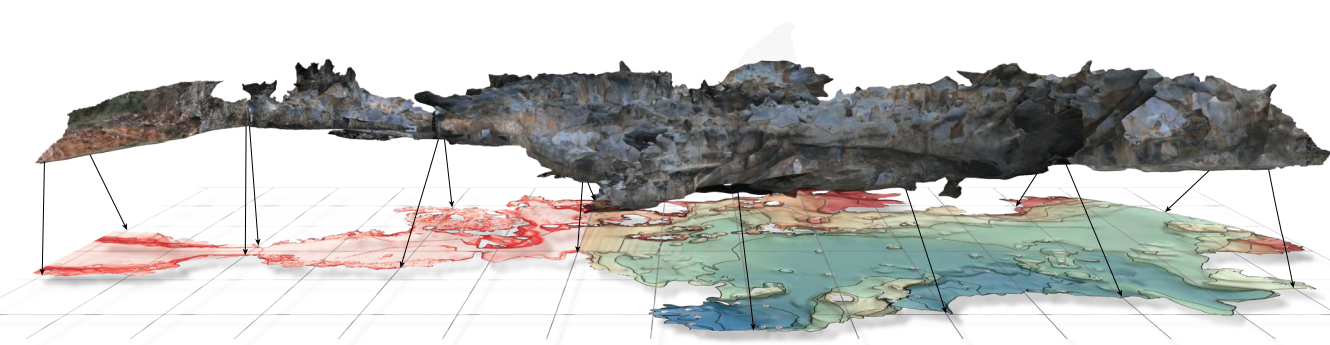
Ouvert à tous
Spéléos Photographes Vidéastes
Débutants ou Confirmés



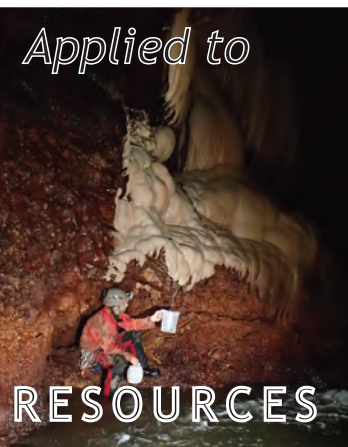
Au Programme

Exposés, ateliers, présentation de matériel
visionnage et analyse de vidéos et diaporamas
Concours de la meilleure réalisation audiovisuelle courte
(moins de 3 minutes)

Philippe CROCHET
06 47 42 77 60
philippe.crochet@ffspeleo.fr



Cave survey & 3D Modeling



RESOURCES

ENVIRONMENT

RISKS

INFRASTRUCTURE

Our references and partners:



www.cenote.fr

E-mail: contact@cenote.fr

Tel : (+33) 6 75 24 08 95



SCAN ME

EXPERIENCE THE DIFFERENCE



Dans le Massif Central, Olivier Testa installe un fractionnement sur amarrages PULSE. Il évolue sur une corde PUSH, grâce à son harnais AVEN combiné au torse EXPLO. Il s'éclaire avec la frontale DUO RL. ©2020 - Petzl Distribution - Rémi Flament



Access
the
inaccessible®