

ISSKA
SISKA
ISSCA
SISKA



INSTITUT SUISSE DE SPÉLÉOLOGIE ET DE KARSTOLOGIE
SCHWEIZERISCHES INSTITUT FÜR SPELÄOLOGIE UND KARSTFORSCHUNG
ISTITUTO SVIZZERO DI SPELEOLOGIA E CARSOLOGIA
SWISS INSTITUTE FOR SPELEOLOGY AND KARST STUDIES

RAPPORT ANNUEL 2017

FOCUS

DE MILANDRE À... LASCAUX
30 ans d'étude du milieu souterrain



S O M M A I R E

FOCUS

De Milandre à... Lascaux

- 4 30 ans d'étude du milieu karstique à Milandre
- 4 Chronologie d'une «grotte laboratoire»
- 5 De nombreux domaines d'étude
- 9 La problématique des vermiculations de la grotte de Lascaux

Visual KARSYS

- 11 Une plateforme d'outils en développement pour la documentation et la gestion des aquifères karstiques

Activités diverses

- 12 Un aperçu des autres activités de l'institut

varia

- 14 Publications
- 14 Les collaborateurs de l'ISSKA
- 14 L'ISSKA dans les médias
- 14 Réseaux sociaux
- 15 Comptes & bilan

Liste des partenaires principaux de l'ISSKA en 2017 :

- ▶ Office fédéral de l'environnement (OFEV)
- ▶ Office fédéral des routes (OFROU)
- ▶ Office fédéral de topographie (Swisstopo)
- ▶ Direction régionale des affaires culturelles – Aquitaine (F) (DRAC-AQ)
- ▶ Bureau de recherches géologique et minière (F) (BRGM)
- ▶ Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud (DGE)
- ▶ Service de la protection de l'environnement du canton du Valais (SPE)
- ▶ Service de l'énergie et de l'environnement du canton de Neuchâtel (SENE)
- ▶ Service de l'environnement du canton de Soleure (AFU)
- ▶ Institut pour les technologies 4D (i4Ds)
- ▶ Laboratoire FAST, Université de Paris Sud
- ▶ Ville de La Chaux-de-Fonds



Editorial

ISSKA, centre de compétences associant recherche et applications, fournit des méthodes, outils et guides concernant les différents enjeux associés au milieu karstique : ressource en eau, génie civil, énergie, patrimoine géologique. Les recherches concernant la visualisation des systèmes karstiques KARSYS et la gestion des ressources en eau constituent plus qu'un intérêt pour le BRGM, service géologique national français. En effet, une convention de partenariat a été signée en 2017. Etre associé au développement de KARSYS en intégrant un outil de modélisation géologique 3D au sein de la plateforme Visual KARSYS s'inscrit dans les objectifs du Référentiel Géologique de France et constitue des perspectives d'application sur des systèmes karstiques en France et à l'étranger et de développement pour d'autres environnements.

Les ressources en eau douce et le CO₂ sont des éléments majeurs pour la gestion de l'environnement, tant à la surface que dans le milieu souterrain. Depuis plus de 30 ans, des recherches ont été menées sur la rivière de la Milandrine (Jura), avec de nombreuses thèses. Dans les pages qui suivent, vous trouverez un récapitulatif des principaux travaux réalisés, et coordonnés depuis 2000 par l'ISSKA au niveau de ce laboratoire souterrain, comprenant un accès à la rivière, de nombreux forages, relevés géophysiques et instrumentation de suivi (niveau d'eau, paramètres physico chimiques, CO₂). J'ai eu la chance de pouvoir y participer, en réalisant de nombreux essais de traçage et en testant la méthode de cartographie de la vulnérabilité (EPIK) dans le cadre de ma thèse.

Les œuvres pariétales comme celles de la grotte de Lascaux constituent un patrimoine de l'humanité, dont la protection doit être assurée. L'action conjointe de l'eau et du CO₂ provoque des altérations des peintures. L'ISSKA participe à l'étude de ces phénomènes au vu de son expertise du milieu souterrain.

Le rapport d'activités 2017 est riche. Il dépasse le simple aperçu des activités de recherche et de transmission de connaissances de l'ISSKA.

Je vous souhaite une bonne lecture!



Nathalie Dörfliger
Directrice de la Direction Eau, Environnement
& Ecotechnologies
BRGM

RECHERCHES EN SOUS-SOL

30 ans d'étude du milieu karstique à Milandre

La découverte dans les années 1960 de la rivière souterraine de Milandre a stimulé les recherches visant à mieux comprendre le milieu karstique, l'écoulement des eaux et le climat souterrain.

A partir de la création de l'ISSKA en 2000, notre Institut a assumé la coordination et le développement des recherches sur le site. La construction d'une autoroute au-dessus de la grotte a élargi le champ des études faisant de ce site un véritable laboratoire souterrain unique au monde.

Chronologie d'une « grotte laboratoire »

Si la grotte et les légendes qui y sont associées ne sont certainement pas étrangères à la construction du château de Milandre construit au XIII^e siècle, l'histoire hydrogéologique ne commence quant à elle qu'au début du XIX^e siècle, lorsqu'un nommé Dupré décide de construire des murs dans la grotte pour accumuler l'eau souterraine et la faire ressortir plus haut. Idéaliste, M. Dupré espérait la faire remonter jusque sur le plateau pour irriguer les cultures... Le mur fut construit vers 1815 ou 1820 et tint quelques années. Il se rompit en 1852 lors d'une crue plus importante que les autres, inondant la plaine de Boncourt. D'autres explorations de la grotte suivirent occasionnellement, sans parvenir semble-t-il à dépasser la zone siphonnante située à quelques centaines de mètres de l'entrée.

C'est en 1964 que les membres du spéléo-club Jura passent cet obstacle et explorent la partie principale de la rivière souterraine de Milandre. Après quelques années d'exploration, ils ouvrent un passage supérieur (Fortin) permettant



un accès plus sec et plus sûr jusqu'à la rivière. Malgré cet accès, les explorations sont longues jusqu'au terminus amont de la grotte, situé à 4,6 km de l'entrée. Entre 1974 et 1978, ils creusent le Puits du Maira, permettant d'accéder directement à la rivière, 40 mètres sous les prés verdoyants.

Cet accès facile à une rivière souterraine va très vite inciter les spéléologues scientifiques à utiliser le site pour des investigations. Dans les années 1970, sont surtout menées des études de l'orientation des galeries souterraines par rapport à la géologie. Les géophysiciens, espérant découvrir des grottes depuis la surface du sol, testent différentes méthodes en multipliant leurs mesures au-dessus de la cavité. Dans les années 1980, plusieurs essais de traçage sont réalisés.

C'est cependant au début des années 1990 que les choses s'accroissent. Les concepteurs de l'autoroute A16 étudient différentes variantes de tracé, parmi lesquelles celle de passer par-dessus la grotte. Des études sont alors nécessaires pour évaluer les problèmes que cette idée peut poser pour les travaux de génie civil et pour l'environnement. Une station de mesure de débit est installée à l'amont de la grotte en 1990. Peu après, une série de forages sont percés pour investiguer le sous-sol, permettant d'obtenir des informations sur les terrains situés autour de la grotte. Cette situation, assez rare, suscite plusieurs travaux de thèse et de Master du Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel. Une multitude de thèmes sont alors abordés autour de la grotte de Milandre: géophysique, essais de traçage, hydraulique souterraine, hydrochimie, transport de particules, microbiologie, méthodes de vulnérabilité des eaux aux pollutions, épikarst, etc. Plusieurs publications découlant de ces travaux font référence dans le domaine.

Du côté du projet autoroutier, les choses se précisent. A la fin des années 1990, la décision est prise de passer au-dessus de la grotte mais de tout faire pour la protéger car elle représente un élément très important du patrimoine naturel de notre pays et alimente indirectement



Doline dans laquelle s'ouvre l'entrée supérieure de la grotte de Milandre. Un havre de paix à deux pas de la frontière française.

un captage d'eau potable. Depuis sa création en 2000, l'ISSKA coordonne un «groupe karst» auquel les bureaux MFR SA et Géo&environnement de Delémont, ainsi que le Spéléo-Club Jura adhèrent. Ce groupe a pour mission l'étude et la protection de la grotte. Après une évaluation détaillée des impacts potentiels, une série de «mesures de protection» sont définies, incluant à la fois des aspects très concrets pour les travaux (par exemple déplacer des installations de chantier), et un suivi de nombreux paramètres du milieu souterrain (débit, turbidité, pH etc.). L'évaluation touchant aussi bien la grotte que les eaux souterraines, le travail effectué à Milandre servira largement d'exemple dans les années 2010 pour l'élaboration par la Société suisse de spéléologie d'un «Guide pratique pour l'évaluation de projets en milieu karstique».

Au fil du temps, il apparaîtra cependant qu'un aspect a été largement sous-estimé dans les évaluations : l'impact sur le climat souterrain. En effet, en 2008, l'atmosphère de la grotte est devenue irrespirable en raison de teneurs en CO₂ trop élevées, posant un sérieux problème pour la poursuite du suivi environnemental du chantier autoroutier. Des solutions ont dû être trouvées (amélioration de la ventilation de la grotte), solutions efficaces, mais pas sans conséquences sur la grotte. Un suivi de l'atmosphère souterraine a été installé, ainsi que des limitations pour les visites de la cavité (possibles seulement avec un dispositif respiratoire de secours).

De nombreux domaines d'étude

Les études pour l'A16 sont arrivées à leur terme en 2017, avec la rédaction d'un rapport final. Les études ont été centrées sur la protection et la gestion du cas spécifique de la grotte, permettant d'éviter tout impact majeur. Parallèlement à ces études, l'ISSKA a toujours essayé d'élargir les connaissances académiques et générales sur le karst à partir de ce qui se faisait pour l'A16.

Hydrogéologie karstique

Le site de Milandre présente des conditions d'observation exceptionnelles des eaux souterraines. Il est en effet déjà peu courant de pouvoir parcourir une rivière souterraine sur plusieurs kilomètres et de pouvoir y effectuer observations et mesures. Cependant, le percement de nombreux forages aux alentours de la grotte nous permet aussi d'étudier l'écoulement des eaux autour de celle-ci. Au fil des ans, des forages spécifiques ont été percés dans l'épikarst et les sols, améliorant nos possibilités d'observation. Près d'une centaine d'essais de traçage (parfois aussi appelés «colorations») ont

été effectués pour tracer les contours du bassin d'alimentation. Des infrastructures très particulières ont été construites, par exemple un système artificiel d'infiltration d'eau, rendant le site unique au monde. Ces connaissances et infrastructures permettent de tester des hypothèses et des méthodes d'investigation ou de modélisation des écoulements souterrains, en vue de les appliquer à d'autres sites.

Pour l'étude A16, la pollution potentielle de l'eau par le chantier représentait un enjeu particulier, qu'il s'agisse d'une éventuelle fuite d'hydrocarbures (à partir d'un engin de chantier) ou d'une augmentation de la turbidité de l'eau liée au remaniement des sols. Des techniques de détection d'hydrocarbures et d'intervention en cas de pollution ont été mises au point. La turbidité de l'eau et la sédimentation dans la grotte ont été suivies pendant 15 ans. Ces données, uniques en leur genre, méritaient une étude plus générale et l'ISSKA a donc proposé ce thème comme sujet recherche au Centre d'hydrogéologie de Neuchâtel. Une thèse de doctorat, soutenue en décembre 2017, apporte un éclairage nouveau sur la compréhension du parcours souterrain de particules érodées dans les sols, et aboutissant aux sources karstiques. L'eau de celles-ci se



Chantier de l'autoroute A16 à environ 200 mètres de l'entrée de la grotte.

trouble régulièrement, problème majeur pour l'utilisation comme eau potable. Mesures et modèles ont montré que, contrairement à ce qui était envisagé, ce n'est pas forcément au paroxysme des crues que la turbidité est produite.

La vulnérabilité des eaux aux pollutions est un thème important pour la protection des eaux en milieu karstique et, vu les nombreuses connaissances du site, il a aussi régulièrement été utilisé pour mettre au point et tester les méthodes et approches dans ce domaine. Un nouveau travail de Master est prévu à ce sujet courant 2018.



Sangsu apparue en 2008 sur les sédiments de la partie aval de la grotte. Une pollution agricole en est la cause la plus probable.



Plaque plongeante destinée à retenir les éventuels hydrocarbures de la rivière souterraine. En 2008, des mousses organiques noires étaient retenues.

Géotechnique, tremblements de terre et crues

Un portail de tunnel et donc un tunnel ont été construits au-dessus d'une des galeries les plus riches en concrétions millénaires de la grotte (stalactites et stalagmites). Les travaux risquaient-ils casser les concrétions les plus fragiles? Si oui, lesquelles et comment les protéger? Pour répondre à ces questions, il a fallu faire intervenir de véritables spécialistes en mécanique des solides et en sismique. Il a aussi fallu tester sur le terrain comment des charges explosives ébranlent les galeries de grottes. Grâce



Changement des batteries lors d'une tournée d'entretien du matériel d'enregistrement.



Grille suspendue au-dessus de la rivière souterraine permettant de prélever et mesurer le sédiment sans marcher dedans.

Une somme de connaissances remarquable est collectée à Milandre

à ces études, nous avons pu définir les méthodes d'excavation appropriées et éviter toute rupture de stalactites et cette approche peut servir d'exemple pour d'autres sites, par exemple lors de l'aménagement d'une grotte touristique. Elle a cependant aussi fourni des données réelles pour évaluer comment les concrétions se cassent. Dans la mesure où elles enregistrent l'histoire de notre planète, cette information est importante lorsqu'on veut reconstruire l'historique des tremblements de terre ou des crues dans une région.

Géophysique

Une difficulté pour l'application de méthodes géophysiques en milieu karstique est que les structures recherchées (cavités) sont très petites par rapport au volume de roche les entourant. Lorsqu'une méthode géophysique semble pouvoir identifier de telles structures souterraines, il faut trouver des sites où des cavités sont connues afin de tester ou de calibrer la méthode. Avec une grotte à moyenne profondeur (40 à 70 m) et un environnement bien connu grâce aux nombreux forages, le site de Milandre est régulièrement utilisé pour de tels essais. Au moins une dizaine de méthodes différentes ont été testées : géoélectricité, sismique réfraction, RMT-R, bipôle, RMT-EM, Grad, Georadar, Tomographie électrique, UGPS, mise à la masse électrique,...

Plusieurs thèses de doctorat sur la mise au point de méthodes géophysiques ont utilisé le site comme terrain principal.

Nombre de ces méthodes apportent des informations sur la structure du sous-sol, en particulier l'identification de failles et des couches géologiques, mais aucune n'a permis de détecter la grotte de manière fiable...

Climatologie souterraine

Depuis le début des années 1990 des températures sont mesurées régulièrement dans la grotte de Milandre, sans toutefois que le thème du climat souterrain n'ait été un sujet de recherche à proprement parler. C'est en été 2008, que ce sujet s'est avéré important. En effet, à cette époque les teneurs en CO₂ dans la grotte dépassent pour la première fois les 3%, occasionnant des difficultés respiratoires lors de nos tournées pour le suivi A16. A deux occasions, de réels malaises sont ressentis à tel point que nous analysons l'air plus en détail. Des traces de monoxyde de carbone, bien plus toxique que le CO₂ sont alors détectées. Il semble donc y avoir une aspiration de l'air du chantier vers la grotte. Grâce à des travaux antérieurs dans le domaine du climat souterrain, l'ISSKA a pu mettre sur pied un suivi et proposer des mesures de protection :

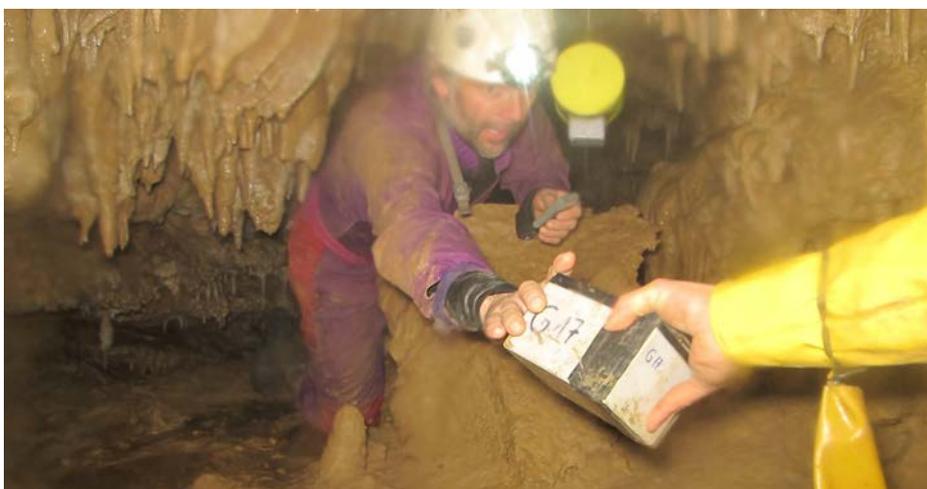
- 1) ouvrir les portes aux deux extrémités de la grotte pour créer une ventilation plus active,
- 2) suivre en continu les teneurs en CO₂, la vitesse de l'air et la température,
- 3) limiter l'accès à la grotte seulement aux personnes bien informées et dotées d'un dispositif respiratoire de secours (oxygène médical),
- 4) assurer que le chantier dans le tunnel du Neu-Bois surmontant la grotte est suffisamment ventilé.

Pour la sécurité des visiteurs, ces mesures s'avèrent efficaces et les dispositifs respiratoires n'ont finalement jamais dû être utilisés. Pour la teneur en CO₂, l'ouverture des portes s'avère efficace, même si des teneurs supérieures à 2% restent fréquentes. Toutefois, cet abaissement du CO₂ n'est pas sans impact puisque la grotte était naturellement fermée : il induit une précipitation accrue de calcaire dans la grotte. Le colmatage de la cavité pourrait s'en trouver accéléré.

Quelles sont les causes de l'augmentation du CO₂ observée dans la grotte? L'A16 peut avoir modifié les circulations d'air naturelles vu les nombreux aménagements proche de la grotte.



Installation de mesure du débit des stalactites permettant de tester l'efficacité du système d'injection d'eau mis en place pour limiter l'impact de la route.



L'installation et l'entretien des appareils de mesure se font, par endroits, dans des conditions relativement inconfortables!



Plaque plongeante pour retenir les hydrocarbures en cas de pollution de la rivière souterraine et dispositif d'alerte en cas de pollution.



Pierre-Yves Jeannin
Supervision et idées
pierre-yves.jeannin@isska.ch



Denis Blant
Infiltrations
denis.blant@isska.ch



Urs Eichenberger
Sédiments et ébranlements
urs.eichenberger@isska.ch



Philipp Häuselmann
Coordination et terrain
praezis@speleo.ch



Marc Luetscher
Paléoclimat et CO₂
marcluetscher@isska.ch



Eric Weber
Climat souterrain
eric.weber@isska.ch

En outre, des traces de monoxyde de carbone ont été détectées en 2008, pouvant provenir du chantier. On n'imagine cependant mal que la totalité de l'impact soit lié à la construction de la route. Une autre raison, plus probable, est que la production de CO₂ des sols agricoles et forestiers ait augmenté au cours des dernières décennies. Après une étude plus générale de l'évolution des paramètres de l'eau et de l'air dans la région l'ISSKA a pu montrer que la cause principale de cette augmentation serait le réchauffement climatique. En effet, la chaleur rend les sols biologiquement plus actifs et raccourcit la période hivernale, où la faune du sol sommeille. D'autres causes sont cependant aussi envisageables (changement dans les pratiques agricoles, urbanisation...).

Pour mieux comprendre, nous mesurons depuis lors le CO₂ dans la grotte et plus récemment dans les sols. Il importera maintenant de trouver un compromis entre ventilation et impact sur la grotte. Dans cette optique des essais et mesures seront entrepris pour fournir une réponse aussi adéquate que possible dans les quelques années à venir.

Paléoclimats

Un élément de réponse à la question qui précède est de savoir quelles étaient les conditions dans la grotte avant sa découverte ou avant les travaux A16. Des indications à ce sujet peuvent être trouvées dans les stalagmites qui accumulent de fines couches de calcite au fil du temps. On peut y lire les fluctuations du milieu souterrain, mais aussi celles du milieu extérieur. Grâce aux bonnes connaissances accumulées sur le site de Milandre, quatre études paléoenvironnementales y ont déjà été menées: étude des tremblements de terre du passé, étude de la composition des sédiments argileux et deux études sur les stalagmites. On y voit très clairement l'effet de l'industrialisation au cours du XIX^e siècle ainsi que l'évolution du climat au cours des derniers millénaires. On pourrait y rechercher des indications de teneurs en CO₂ dans la grotte...

Ces études paléoenvironnementales devraient se poursuivre dans les années à venir.

Conclusion

Les projets de recherche académique ne permettent presque jamais de suivre des sites sur 30 ans. Les études d'impact, dans certains cas, durent suffisamment longtemps pour rassembler de telles données, mais n'incluent pas d'analyses scientifiques poussées des données. La volonté de l'ISSKA a toujours été de considérer les deux aspects comme complémentaires, ce qui a permis de produire un certain nombre de publications scientifiques uniques et de conférer au site un statut de référence au-delà de nos frontières. C'est d'ailleurs dans cette optique qu'un défi international débute (Karst Modelling Challenge). Il vise à confronter diverses approches de modélisation des écoulements souterrains en utilisant ce laboratoire naturel situé aux confins de la Suisse.

De Milandre... à Lascaux

Un autre aspect est que la palette des domaines qui ont été abordés au cours de 30 dernières années autour de la grotte de Milandre donne à l'ISSKA une expérience assez unique. On comprend alors que notre institut ait été sollicité pour aborder la problématique des vermiculations à Lascaux, sujet qui fait l'objet des pages suivantes.





RECHERCHES EN SOUS-SOL

La problématique des vermiculations de la grotte de Lascaux

En 2009, quelques petits secteurs du champ orné de la grotte de Lascaux ont été « attaqués » par des vermiculations : quelques traits de peintures, restés uniformes pendant plus de 18'000 ans ont soudainement commencé à s'agréger en amas. Cette « pixellisation » des peintures, bien que dans l'air du temps, a notablement inquiété les conservateurs de la grotte.

Les vermiculations sont des petits amas de particules décorant les parois de nombreuses grottes. Ces amas sont parfois punctiformes, parfois plus ramifiés, formant des taches rappelant des vers, d'où leur nom. Ce phénomène est très fréquent, mais, comme il est relativement peu spectaculaire, il a été peu étudié.

Un programme d'étude a été lancé par la direction des affaires culturelles d'Aquitaine et une équipe de spécialistes a été recherchée. L'ISSKA a été sollicité pour répondre à cet appel d'offres et, après quelques procédures, un mandat pour un programme de recherche de 3 ans a été établi. L'équipe inclut, outre

l'ISSKA, un laboratoire de mécanique des fluides de l'Université de Paris-Orsay, un groupe spécialisé dans les matières granulaires et les peintures de l'École des Mines d'Alès, un laboratoire de microbiologie de l'Université de Lyon, travaillant à Lascaux depuis plusieurs années, ainsi qu'un géomorphologue connaissant bien le karst du Périgord et la grotte de Lascaux en particulier.

L'objectif général de la recherche est de fournir aux conservateurs des recommandations concrètes pour éviter que les peintures ne soient notablement altérées. Le phénomène étant peu connu (littérature scientifique limitée),

la première partie du programme consiste à décrire les vermiculés (aspect, composition, évolution, composante microbiologique). Une autre partie vise à comprendre les conditions dans lesquelles les vermiculés se forment ou évoluent (variations de température, humidité, courants d'air, CO₂, etc.). Une troisième

Photo ci-dessus: Paroi vermiculée d'une grotte proche de Lascaux. Les carrés clairs ont été grattés alors que la zone "trouble" à gauche de l'image a été frottée afin de voir si de nouvelles vermiculations se forment. Les vermiculés suivent visiblement certaines fractures et gravures de la paroi.

partie vise à poser des bases théoriques sur les écoulements dans les films d'eau le long des parois, sur le déplacement de particules, sur la microbiologie, etc. Enfin, un quatrième volet a pour but de reproduire des vermiculés en laboratoire, dans des conditions contrôlées.

L'accès à la grotte de Lascaux étant soumis à des règles très contraignantes, y faire des observations et des mesures s'est rapidement avéré trop limité. C'est pourquoi 4 autres cavités incluant des vermiculations ont été sélectionnées. Deux se trouvent en Dordogne, dans un contexte similaire à celui de Lascaux. Deux autres se trouvent en Suisse. Sur chacun des sites, des observations ont permis de remarquer que les vermiculations se développent dans la partie supérieure des galeries. Après quelques mois il s'est avéré que les zones vermiculées correspondent aux parties de galeries dans lesquelles de l'eau de condensation se dépose sur

les parois en été et disparaît en hiver (assèchement). Sur ces sites, des stations de mesure du microclimat souterrain ont été installées et des observations sont effectuées régulièrement. Le rôle majeur de la condensation est confirmé sur les 4 sites. Les observations plus ponctuelles récoltées à partir d'autres sites vermiculés valident tous cette hypothèse. Deux éléments complémentaires confirment le rôle probable de la condensation : 1) la calcite, fonctionnant comme fixateur des peintures paléolithiques, peut être assez facilement dissoute dans l'eau de condensation, agressive pour ce minéral ; 2) la cohésion des matériaux granulaires formant les vermiculations diminue en présence d'eau peu minéralisée (eau de condensation).

Si le rôle de la condensation semble établi, il apparaît aussi que certaines zones avec de la condensation ne présentent pas de vermiculés...

Au stade actuel, il semble que certains microorganismes soient systématiquement associés aux zones vermiculées. Cependant, leur rôle dans le phénomène paraît mineur et il s'agirait plutôt d'un opportunisme, les conditions favorables aux vermiculés l'étant aussi pour ces microorganismes. Des expérimentations en présence ou non de biocide devraient nous aider à valider cette hypothèse.

Les travaux continuent et des réponses plus définitives seront apportées d'ici à fin 2018.



Eric Weber
Instrumentation et SIG
eric.weber@isska.ch



Pierre-Yves Jeannin
Coordination
pierre-yves.jeannin@isska.ch



Dans une galerie artificielle, nous avons découvert des vermiculations sur une bâche installée en 1990. Ce site nous permet de procéder à diverses observations et expériences.



Visual KARSYS

une plateforme d'outils en développement pour la documentation et la gestion des aquifères karstiques



Prévu sur trois années et développé par l'ISSKA en collaboration avec i4ds (Institute of 4D technologies, FHNW School of Engineering), le projet Visual KARSYS doit fournir mi-2019 une plateforme d'outils en ligne à destination des hydrogéologues et géologues qui sont en charge de projets en milieux karstiques.

Grâce à une organisation didactique et intuitive, les utilisateurs auront la possibilité d'appliquer l'approche KARSYS sur le site de leur choix et de partager le projet ou les résultats de la documentation avec d'autres utilisateurs (clients, collaborateurs, etc.) directement à travers le web service.

Techniquement, l'utilisateur crée un projet centré sur une portion de territoire qui l'intéresse puis intègre des données qui lui permettent de construire des modèles géologiques et hydrogéologiques 3D étape après étape. Le processus de modélisation fournit des produits (cartes, fiches, modèles, produits SIG) exploitables par les utilisateurs finaux pour améliorer la gestion des eaux souterraines (aménagement du territoire, zones de protection, etc.) et/ou pour soutenir leur projet respectif en milieu karstique (construction, géothermie, enfouissement de déchets, infiltration des eaux, etc.).

Un projet impliquant de nombreux partenaires

Le projet est porté par l'ISSKA et i4ds. Au total, ce sont près de dix personnes qui sont impliquées actuellement dans le développement de la plateforme. De nombreux partenaires suivent l'évolution du projet et participent à son développement, en Suisse, mais aussi à l'étranger. Les partenaires sont issus de milieux institutionnels différents :

- Confédération suisse: NAGRA, Swisstopo, OFEV
- Université: EPF Lausanne
- Services cantonaux pour l'environnement, la protection des eaux: Vaud, Valais, Soleure, Neuchâtel, Saint Gall, Grisons

- Offices géologiques étrangers: BRGM (France), GSI (Irlande), BGS (Royaume-Uni)

Short course KARSYS et Visual KARSYS, congrès IAH, octobre 2017, Dubrovnik.

Les faits marquants de 2017

Convention de partenariat ISSKA / BRGM

Une convention de partenariat a été signée en 2017 avec le BRGM (France) pour le développement d'un outil de modélisation géologique 3D implicite. Cet outil (le « GeoCruncher ») sera intégré directement sur la plateforme en tant qu'étape du processus KARSYS.

Travaux de promotion et diffusion

Diverses actions ont été réalisées en 2017 pour favoriser la promotion des outils Visual KARSYS. Un short-course d'une journée a été organisé dans le cadre du Congrès International de l'IAH à Dubrovnik en octobre 2017.

Perspectives 2018

Les développements de la plateforme vont s'intensifier en 2018, notamment via la participation du BRGM et l'implication de développeurs supplémentaires coté i4ds. Cette année, il est prévu d'intégrer le module géologique 3D et l'algorithme de modélisation des nappes d'eau souterraines.

Un focus particulier sera apporté aussi sur la saisie de données géologiques et hydrologiques (forages, points d'eau, cavités, etc.) car il s'agit d'une préoccupation récurrente de la part des services cantonaux. Des rapprochements avec des partenaires dans ce domaine seront entrepris en 2018.



Arnauld Malard
Coordination
arnauld.malard@isska.ch



Pierre-Yves Jeannin
Suivi scientifique
pierre-yves.jeannin@isska.ch

N'attendez plus ! Enregistrez-vous sur <http://visualkarsys.isska.ch> et créez vos propres modèles KARSYS

Des outils accessibles en ligne destinés aux géologues et hydrogéologues

Suivez les actualités du projet sur: Twitter, @Visual_KARSYS

Carte indicative du karst des Préalpes vaudoises

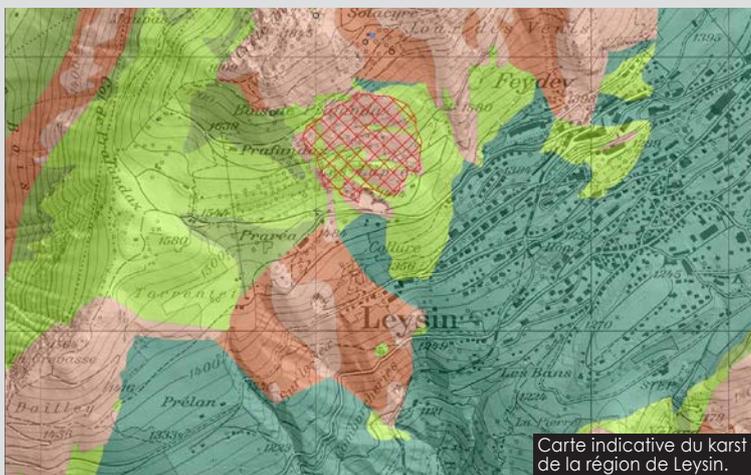
Le karst joue un rôle important pour l'aménagement du territoire, tant sur le plan légal que pour la gestion des usages. Les supports d'informations officiels ne prennent que trop rarement en compte ces caractéristiques.

Développée par l'ISSKA, la carte indicative du karst documente les propriétés karstiques des formations géologiques en surface ou sous couverture, évalue l'épaisseur de cette dernière et recense les morphologies associées au karst.

L'ISSKA a réalisé pour l'Etat de Vaud une première carte indicative du karst couvrant le Jura vaudois en 2016. Satisfaite des résultats et confirmant son utilité, la DGE-VD a décidé d'appliquer la méthodologie aux Préalpes vaudoises, permettant ainsi de couvrir l'ensemble des zones karstiques du canton. Livrée à fin 2017, la carte indicative du karst met en évidence les propriétés karstiques des lithologies, les morphologies qui y sont liées tels que les lapiaz, les dolines et les cavités (à titre confidentiel) ainsi que les sources d'origine karstique et leurs propriétés.

Ces cartes aident à la prise de décisions dans la réglementation des usages (construction, épandages, gestion forestière, sondes géothermiques...) mais donnent également une pré-évaluation de la nature des dangers naturels liés au karst (crue, effondrement,...). Elles situent également les sites ou morphologies pouvant nécessiter protection (patrimoine, ressources en eau).

Informations: demian.rickerl@isska.ch



Archéozoologie



Crânes de bouquetins dans la grotte de Giétroz (VS).

Une découverte surprenante en Valais est venue ponctuer la fin de l'année 2017. Un petit trou subitement ouvert dans des pelouses alpines a donné accès à une cavité inconnue jusqu'à aujourd'hui. Deux petites salles successives au pied d'un puits de 10 m ont révélé une quantité extraordinaire d'ossements, dont en particulier plusieurs crânes de bouquetins mâles de grande taille. Plusieurs d'entre eux sont pris dans la calcite ou dans les sédiments apportés par un petit écoulement, ce qui dénote leur ancienneté. Un projet d'étude comportant plusieurs datations radiocarbone est prévu sur le site.

Informations: michel.blant@isska.ch



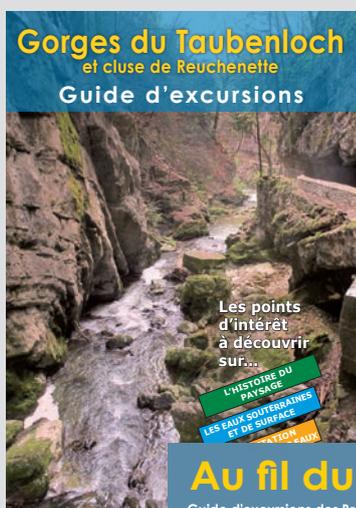
Accès à l'ossuaire.

Guides d'excursion du Taubenloch et du Doubs

2017 a vu la sortie de presse de deux nouveaux guides d'excursions. L'un est consacré aux gorges du Taubenloch (BE), l'autre à la vallée du Doubs. Publiés en français et en allemand, ces guides viennent compléter une collection qui semble appréciée du public et des milieux scolaires. Le guide du Doubs a été réalisé en partenariat étroit avec le Parc régional du Doubs avec qui l'ISSKA intensifie progressivement sa collaboration en mettant sur pied plusieurs excursions.

Le guide du Doubs est le sixième de la collection éditée par l'ISSKA. Plusieurs projets de futurs guides sont imaginés, mais avant de les voir se concrétiser, une étape cruciale doit être franchie : celle de la recherche de leur financement...

Informations : remy.wenger@isska.ch



Les dolines thématisées

Plusieurs actions ont été réalisées autour de la thématique des dolines et de la nécessité de les protéger.

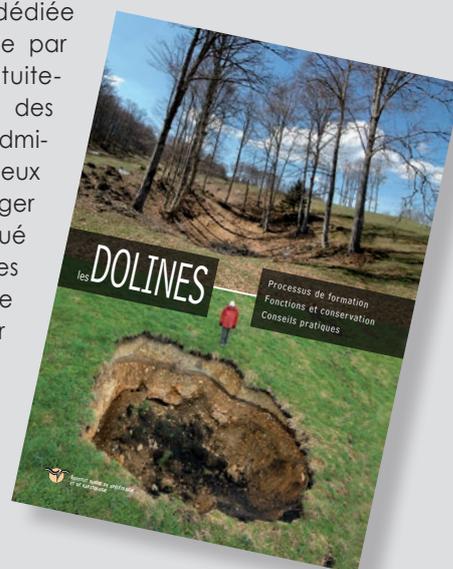
Tout d'abord, une quinzaine d'entre elles ont été débarrassées des déchets qui les encombraient. Ces travaux d'assainissements ont été exécutés en collaboration avec l'OFEV (via l'OSites), les communes et les cantons concernés (Vaud et Neuchâtel).



Assainissement d'un gouffre au-dessus de La Rippe (VD).

En collaboration avec la Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage (FP) et la RTS, un documentaire a été réalisé sur les dolines et leur importance paysagère.

Enfin, une brochure dédiée aux dolines a été éditée par l'ISSKA. Diffusée gratuitement auprès du public, des bureaux d'étude et des administrations, elle vise à mieux expliquer le rôle paysager et hydrogéologique joué par ces sites typiques des régions karstiques. Cette brochure (disponible sur demande à l'ISSKA) a été publiée aussi en allemand.



Informations : denis.blant@isska.ch

PUBLICATIONS

BLANT M., JOYE S., MÜLLER W. & RAMSTEIN M. (2017): Monible, Grotte du Lynx (Jura bernois). Un remplissage daté de la fin du Pléistocène au début de l'Holocène. *Archäologie Bern/Archéologie bernoise* 2017, 120-125.

BIANCHI-DEMICHELI F., TANTARDINI L., OPPIZZI N. & BLANT M. (2017) : Découverte d'un bouquetin (*Capra ibex*) et de deux ours bruns (*Ursus arctos*) pléistocènes dans des grottes du Monte Generoso. *Bollettino della Società Ticinese di scienze naturali* 105, 63-68.

HÄUSELMANN, PH. (2017): Die Camoscellahöhle: Spezialität in Marmor / La grotte Camoscella: une cavité originale dans le marbre - *Stalactite* 67 (2), 15-23.

HÄUSELMANN, PH. (2017): When do caves form? - *Proceedings 25th Int. Karst school, Postojna* (Abstract only).

HÄUSELMANN, PH. (2017): United we divide: Speleogenesis in the vertical vadose zone. - *Proceedings of the 17th International Congress of Speleology, Sydney 2017, Volume 2, 277-279.*

JAERMANN, O., WENGER, R. (2017) : Canton de Vaud : une convention pour mieux préserver le karst, Kanton Waadt : eine Vereinbarung zum besseren Schutz des Karstes. - *Stalactite* 67(1), 34-39.

JEANNIN, P.-Y., MALARD, A., HÄUSELMANN PH. & MEURY, P.-X. (2017): Effect of cave ventilation on karst water chemographs. - In: Ph. Renard, C. Bertrand (Eds.): *EuroKarst 2016*, Neuchâtel, 129-139.

MÜLLER Werner (2017) : La Baume de l'Ombriau d'en bas - Trou de l'Arche. *Les restes osseux. Cavernes* 2017, 14-16.

PARISE, M., BIXIO, R. & HÄUSELMANN, PH. (2017): Simboli cartografici per cavità artificiali: Recenti attività delle commissioni UIS. - *Atti del III Convegno Regionale di Speleologia, 2-4 giugno 2017, Napoli*, 145-150.

WEBER E. (2017) : Tunnel du Haut de la Tour (Saint-Sulpice, Val-de-Travers / NE), cartographie en rapport avec un effondrement en surface. *Ligne CFF Auvignier - Les Verrières. Cavernes* 2017.

COLLABORATEURS

Collaborateurs réguliers

Denis Blant	Science, patrimoine (50%)
Michel Blant	Science, archéozoologie (25%)
Constanze Bonardo	Secrétariat (65%, jusqu'au 31.05)
Urs Eichenberger	Science, enseignement (75%)
Philipp Häuselmann	Science (50%)
Pierre-Yves Jeannin	Administration, science (90%)
Marc Luetscher	Science (60%, dès le 1.11)
Arnauld Malard	Science, doctorant (80%)
Carole Mettler	Secrétariat (50%, dès le 1.06)
Georges Naman	Informatique (35%)
Demian Rickerl	Science (70%)
Jonathan Vouillamoz	Science (80%, jusqu'au 31.10)
Eric Weber	Science (80%)
Rémy Wenger	Patrimoine, enseignement (50%)



Stagiaires / civilistes

Luc Barast	Stagiaire
Mario Bucev	Civiliste
Augustin Bussy	Civiliste
Alizée Cardinal	Stagiaire
Julien Debache	Civiliste
Guillaume Frund	Civiliste
Philipp Klinger	Civiliste
Tom Müller	Civiliste

L'ISSKA travaille en interne sur un mode qui prône l'égalité, la concertation, le respect mutuel et un fonctionnement où les aspects économiques représentent une nécessité et non un but. Ces contributions sont certes indirectes, puisque leur portée dépasse peu le cadre de notre petit groupe de personnes. Elles laissent cependant des traces dans l'esprit des nombreux stagiaires, étudiants et civilistes que nous accueillons et encadrons chaque année.

MEDIAS

Presse : L'Impartial • L'Express • A+ • La Côte • Feuille d'Avis de la Vallée de Joux • Environnement / Umwelt • L'Illustré • Le Nouvelliste • Scm La Chaux-de-Fonds • 20Minutes.ch • Arcinfo.ch • Der Bund • Tages Anzeiger • Wandern • Le Temps • Südostschweiz • Der Landbote

TV+radios : RTS Un • TéléBilingue Bienne • RTN

RESEAUX SOCIAUX

Suivez l'ISSKA sur Twitter!

Début 2017, l'ISSKA s'est doté d'un compte Twitter (@Isska_Siska). Par ce biais, l'ISSKA communique la parution d'ouvrages, le calendrier des excursions, les cours et conférences à venir et autres actualités.

Pour les non-abonnés à Twitter, les tweets sont aussi affichés sur le site Internet de l'ISSKA.

N'hésitez pas à nous suivre !



COMPTES & BILAN

COMPTE DE RESULTAT DE L'EXERCICE	2017	2016
	CHF	CHF
Mandats	788 871,31	706 682,99
Subventions	214 200,00	195 000,00
Soutien de la Loterie Romande	34 000,00	50 000,00
Ventes	10 082,43	5 600,03
Dons	20 950,00	20 560,00
Autres produits	20 207,71	32 696,29
TVA	(2 888,97)	(1 321,54)
Total des produits	1 085 422,48	1 009 217,77
Matériel durable	(7 622,20)	(2 350,00)
Frais d'impression	(8 390,05)	0,00
Consommables	(25 323,37)	(39 193,13)
Frais de déplacement	(31 320,91)	(27 248,20)
Sous-traitance	(227 373,93)	(129 145,01)
Autres frais généraux	(18 553,43)	(20 716,25)
Marge brute I	766 838,59	790 565,18
Frais de personnel	(692 241,00)	(683 191,31)
Marge brute II	74 597,59	107 373,87
Frais de locaux	(31 653,95)	(34 260,30)
Assurances commerciales	(4 739,40)	(4 850,00)
Frais généraux administration	(37 822,30)	(36 166,22)
Résultat d'exploitation avant intérêts, charges et produits hors exploitation	381,94	32 097,35
Produits financiers	806,55	818,95
Charges financières	(1 715,90)	(1 877,05)
Variation de valeur sur titres	854,00	(1 042,78)
Résultat de l'exercice avant attribution au fonds de réserve	326,59	29 996,47
Attribution au fonds de réserve	0,00	(20 000,00)
BENEFICE DE L'EXERCICE	326,59	9 996,47

BILAN AU 31 DECEMBRE	2017	2016
	CHF	CHF
A C T I F		
Actif circulant		
Trésorerie et actifs cotés en bourse détenus à ct		
• liquidités	359 945,94	344 898,19
• titres cotés à court terme	22 650,06	21 796,06
Créances résultant de ventes de biens et de prestations de services		
• envers des tiers	176 258,92	87 529,12
Autres créances à court terme		
• envers des tiers	123,46	128,65
Prestations de services non facturées		
• travaux en cours	48 217,50	49 800,00
Actifs de régularisation	7 383,50	15 955,15
	614 579,38	520 107,17
Actif immobilisé		
Immobilisations financières	1 555,80	1 554,55
Total de l'actif	616 135,18	521 661,72

BILAN AU 31 DECEMBRE	2017	2016
	CHF	CHF
P A S S I F		
Capitaux étrangers à court terme		
Dettes résultant de l'achat de biens et de prestations de services	73 724,34	17 489,40
Dettes à court terme portant intérêt	10 000,00	10 000,00
Autres dettes à court terme envers des tiers	45 218,81	20 756,88
Passifs de régularisation	75 800,00	52 350,00
	204 743,15	100 596,28
Capitaux étrangers à long terme		
Dettes à long terme portant intérêt	50 000,00	60 000,00
Provisions	43 200,00	43 200,00
	93 200,00	103 200,00
Capitaux propres		
Capital de dotation	240 000,00	240 000,00
Fonds de réserves	120 000,00	120 000,00
Excédent de dépenses au bilan		
• excédent de dépenses reporté	(42 134,56)	(52 131,03)
• excédent de recettes	326,59	9 996,47
	318 192,03	317 865,44
TOTAL DU PASSIF	616 135,18	521 661,72



FIDUCONSULT ACTA
Société fiduciaire d'expertises et de révision - Conseils juridiques et fiscaux

Rapport de l'organe de révision sur le contrôle restreint au Conseil de fondation de ISSKA, Institut Suisse de Spéléologie et Karstologie

En notre qualité d'organe de révision, nous avons contrôlé les comptes annuels (bilan, compte de résultat et annexe) de ISSKA, Institut Suisse de Spéléologie et Karstologie pour l'exercice arrêté au 31 décembre 2017.

La responsabilité de l'établissement des comptes annuels incombe au Conseil de fondation alors que notre mission consiste à contrôler ces comptes. Nous attestons que nous remplissons les exigences légales d'agrément et d'indépendance.

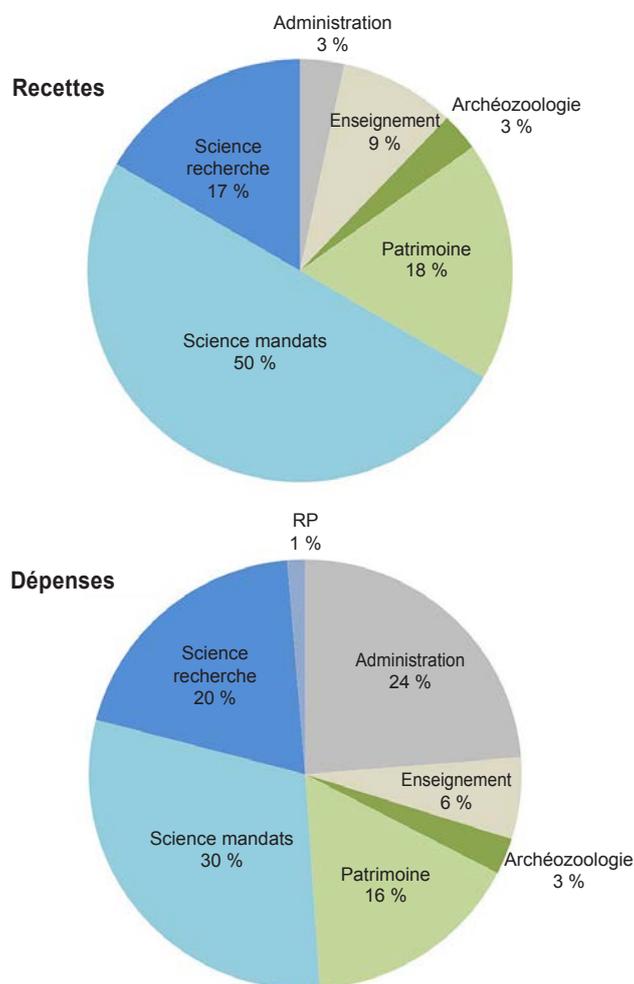
Notre contrôle a été effectué selon la Norme suisse relative au contrôle restreint. Cette norme requiert de planifier et de réaliser le contrôle de manière telle que des anomalies significatives dans les comptes annuels puissent être constatées. Un contrôle restreint englobe principalement des audits, des opérations de contrôle analytiques, ainsi que des vérifications détaillées appropriées des documents disponibles dans l'entité contrôlée. En revanche, des vérifications des flux d'exploitation et du système de contrôle interne ainsi que des audits et d'autres opérations de contrôle destinées à détecter des fraudes ou d'autres violations de la loi ne font pas partie de ce contrôle.

Lors de notre contrôle, nous n'avons pas rencontré d'éléments nous permettant de conclure que les comptes annuels ne sont pas conformes à la loi et à l'acte de fondation.

La Chaux-de-Fonds, le 9 avril 2018


 László Kelemen
Expert-réviseur agréé


 Saniya Malhez
Expert-réviseur agréé
(Responsable du mandat)



L'Institut suisse de spéléologie et de karstologie en quelques mots

L'ISSKA EN BREF

L'ISSKA, fondation d'utilité publique à but non lucratif, a été créée en février 2000 à l'initiative de la Société suisse de spéléologie.

Le siège de l'ISSKA se trouve à La Chaux-de-Fonds.

L'ISSKA collabore avec les EPF et les universités de Zurich, Berne, Fribourg, Lausanne et Neuchâtel.

L'ISSKA, POURQUOI ET POUR QUI ?

L'ISSKA a pour but d'épauler les administrations et bureaux d'étude dans les domaines spécifiques du karst et du milieu souterrain. Il met à disposition un centre de compétence unique.

Grâce à son réseau de partenaires et de collaborateurs, il est à même de faire appel aux meilleurs spécialistes suisses et européens dans ces domaines.

L'ISSKA peut être mandaté en tant que partenaire, sous-traitant, ou en qualité d'expert, selon le type d'étude.

En recherche fondamentale, les domaines d'étude vont de la climatologie souterraine à l'hydrogéologie ou la spéléogenèse, en passant par l'archéozoologie en grotte. Ces projets sont menés dans le cadre de thèses de doctorat ou de diplômes universitaires; l'ISSKA en assure la direction scientifique, la coordination et le suivi, en collaboration avec les milieux académiques concernés.

SECTEURS D'ACTIVITÉ

- Recherche scientifique fondamentale et appliquée
- Protection du patrimoine karstique
- Paléontologie-ostéologie
- Enseignement
- Sécurité
- Exposition SPELAION



**INSTITUT SUISSE DE SPÉLÉOLOGIE
ET DE KARSTOLOGIE**

Rue de la Serre 68
CH-2301 La Chaux-de-Fonds
Tél. +41 (0)32 913 35 33
Fax +41 (0)32 913 35 55
info@isska.ch

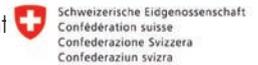
www.isska.ch

FONDATEURS

- Société suisse de spéléologie



- Office fédéral de l'Environnement



- Académie suisse des sciences naturelles



- Canton de Neuchâtel



- Canton du Jura



- Ville de La Chaux-de-Fonds



- Sublime, société organisatrice du XII^e Congrès international de spéléologie



AVEC LE SOUTIEN DE



MEMBRES DU CONSEIL DE FONDATION

Didier Cailhol (SC-Jura)
Jean-Pierre Clément (Canton de Berne)
Patrick Deriaz
Kurt Graf (Académie suisse des Sciences naturelles)
Roman Hapka (SC Préalpes fribourgeoises)
Ana Häuselmann (Commission de spéléologie scientifique SSS & SCNAT)
Jacques-André Humair (Ville de La Chaux-de-Fonds)
Werner Janz
Ulrich Jörin (AG-Höllochforschung)
Jean-Claude Lalou (Sublime + Président du Conseil)
Pierre Perrochet (Canton de Neuchâtel)
Jean-Louis Regez (SGH-Basel)
Edouard Roth (Canton du Jura)
Michael Sinreich (Office fédéral de l'env. - OFEV)
Maxime de Gian Pietro (AGS-Regensdorf)
Andres Wildberger (Société Suisse de spéléologie)

Couverture:
Tranchée d'infiltration d'eau (en haut) destinée à protéger la grotte de Milandre (en bas) contre un assèchement certain.
Cette figure illustre aussi l'importance des travaux de génie civil et leur proximité avec la rivière souterraine de Milandre.