

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 2021

**Forum Spelaion**

10-28 juin 2022

> voir le flyer inséré dans ce rapport

FOCUS

**Construire  
dans le karst**

# S O M M A I R E

FOCUS

## CONSTRUIRE DANS LE KARST

- 4 Des problèmes variés et des solutions en développement
- 5 L'ISSKA, un partenaire pour la construction de tunnels en milieux hétérogènes
- 7 Comment évaluer et gérer les instabilités de la surface du sol ?
- 9 Nos outils au service de la construction en milieu karstique

## 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
- 15 Comptes & bilan



Les principaux partenaires de l'ISSKA en 2021 :

- ▶ Service de l'environnement du canton de Bâle campagne
- ▶ Bureau de recherches géologiques et minières (F) (BRGM)
- ▶ CFF Infrastructure
- ▶ Danone Waters
- ▶ Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud (DGE)
- ▶ Fonds national suisse de la recherche scientifique
- ▶ Institut pour les technologies 4D (i4Ds)
- ▶ Laboratoire FAST, Université de Paris Sud
- ▶ Loterie romande
- ▶ Office fédéral de l'environnement (OFEV)
- ▶ Office fédéral des routes (OFROU)
- ▶ Office des Eaux et Déchets Canton de Berne
- ▶ IFES SARL (Algérie)
- ▶ Service de l'énergie et de l'environnement du canton de Neuchâtel (SENE)
- ▶ Service de l'environnement du canton de Soleure (AFU-SO)
- ▶ Société électrique du Val-de-Travers (SEVT)
- ▶ Ville de La Chaux-de-Fonds



@Isska\_Siska



@isska.siska



@isska.siska

LinkedIn



---

## Editorial

Le présent rapport annuel montre une fois de plus que l'ISSKA est devenu un centre de compétences important. Ses activités à l'interface entre la recherche et la pratique en font un partenaire reconnu pour les thèmes liés à la compréhension, à l'évaluation et à la gestion des constructions en terrains karstiques, non seulement dans le contexte suisse, mais aussi international. Cela se reflète aussi bien dans la diversité des thèmes abordés par l'ISSKA que dans la manière dont les projets sont mis en œuvre.

Le thème "Construire dans le karst" présenté dans ce rapport en est un exemple. La construction dans les massifs karstiques s'accompagne souvent d'un potentiel de risques accru. Or, les solutions économiques et durables sont souvent mises en œuvre au coup-par-coup et de manière tardive, notamment parce que les normes et la pratique de la construction ne tiennent pas suffisamment compte des relations entre l'ouvrage et le sous-sol karstique dans la gestion de ces dangers. La pression croissante de l'urbanisation sur les zones karstiques renforce la nécessité de combler ces lacunes.

Les expériences tirées des différents mandats et projets de l'ISSKA sont notamment intégrées dans le développement de méthodes de travail et de techniques qui sont mises à la disposition des milieux spécialisés dans des publications, des guides et des solutions logicielles. Cela permet, d'une part, de préserver et de transmettre les connaissances et les expériences acquises et, d'autre part, de montrer comment la recherche et les thèmes appliqués peuvent s'enrichir mutuellement et progresser. Les activités de l'ISSKA présentées dans ce rapport annuel constituent une contribution importante pour combler les lacunes susmentionnées en vue d'une activité de construction durable dans les terrains karstiques.

Je vous souhaite bonne lecture du rapport annuel 2021 de l'ISSKA.

*Marco Filipponi*

*Chef de projet en géologie de l'ingénieur,*

*Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs - Nagra*

## CONSTRUIRE DANS LE KARST

## Des problèmes variés et des solutions en développement

**Dans les régions karstiques, la présence de cavités souterraines, le plus souvent inconnues, pose toute une série de problèmes particuliers lorsqu'il s'agit de construire un ouvrage. En effet, la simple présence d'un vide (ou absence de roche) ne permet pas le soutien des fondations d'une maison, des piles d'un pont ou même des ancrages d'un tunnelier. La situation se complique encore lorsque les cavités sont remplies d'eau ou de sédiments.**

Comme vous le verrez en lisant les pages suivantes, les galeries (tunnels routiers ou ferroviaires, galeries hydroélectriques, galeries de sécurité, etc.) sont les ouvrages qui nous occupent le plus. Toutefois, les effondrements et mouvements de terrain touchent aussi les constructions situées à la surface du sol, qu'elles soient petites ou grandes. Cette question est même devenue centrale avec l'obligation d'infiltrer dans les sols les eaux de toits et de routes. En effet, en région karstique de telles infiltrations provoquent fréquemment des effondrements de terrain, ce qui génère rapidement des problèmes lorsque que l'effondrement se produit au coin d'une maison ou au milieu d'une route.

Grâce à la méthode Karst-ALEA, et avec une compréhension fine du sous-sol, il est possible de prédire, avec une assez bonne fiabilité, les endroits particulièrement susceptibles de présenter des problèmes. L'élément le plus incertain, hélas, est fréquemment le modèle géologique pour lequel les données de terrain sont souvent insuffisantes. C'est pourquoi nous travaillons depuis plusieurs années au développement de Visual KARSYS, un outil aussi efficace que possible pour créer des modèles géologiques du sous-sol en trois dimensions. En 2021, nous avons ajouté la possibilité de visualiser avec précision les ouvrages souterrains dans leur environnement géologique.



Les vides karstiques posent des problèmes lors de la construction de tunnels.

Notre expérience du milieu karstique nous permet aussi peu à peu d'adapter nos méthodes à d'autres environnements complexes. Par exemple, le milieu volcanique n'est pas sans analogie avec le karst. Il présente des coulées de lave très perméables au sein de dépôts de cendres beaucoup moins perméables. Avec le BRGM nous appliquons donc nos prévisions à l'île de la Réunion pour le percement d'une galerie d'amenée d'eau.



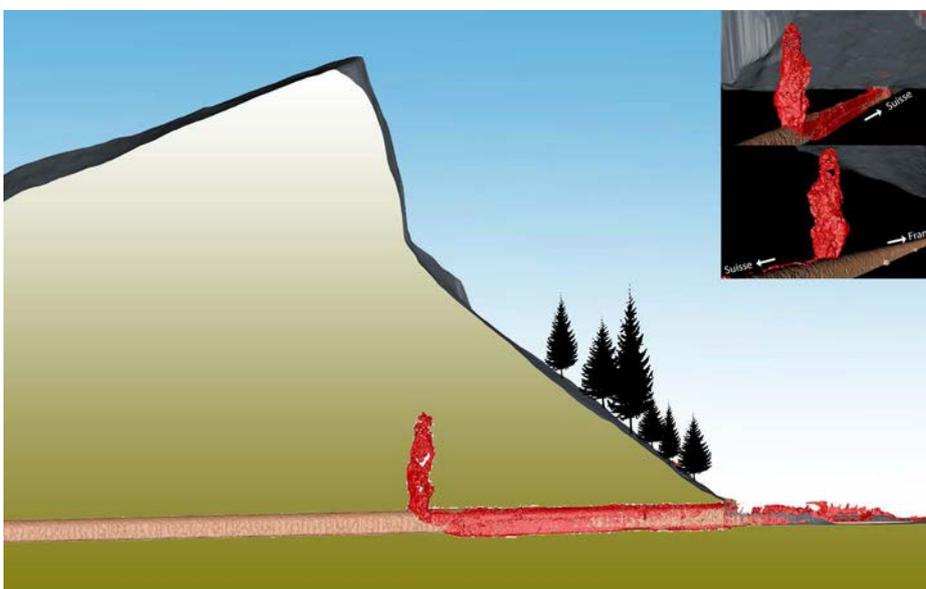
Effondrement de 3 m de profondeur devant la porte d'une maison, lié à l'infiltration de l'eau du toit.





ces tunnels pour les mettre aux normes actuelles. Il s'agissait ici surtout d'une évaluation des dangers à la fois pour les ouvrages et pour l'environnement, par rapport aux particularités rencontrées dans chacun de ces ouvrages. Dans le tunnel du Col-des-Roches, une cheminée instable a été diagnostiquée « à distance », en plaçant un scanner 3D au bout du bras d'une pelle mécanique, le danger de chutes de pierres étant trop élevé pour un constat direct. Des mesures constructives adéquates ont pu être appliquées sur cette base.

Le dernier cas concerne l'île de la Réunion où une galerie d'amenée d'eau doit traverser des coulées basaltiques très aquifères, avec des pressions de plusieurs bars et des débits potentiellement élevés (~1 m<sup>3</sup>/s). Une adaptation de la méthode Karst ALEA à ce contexte volcanique a permis de proposer une prévision et une approche pour gérer au mieux cette situation et évaluer les modalités techniques de réalisation.

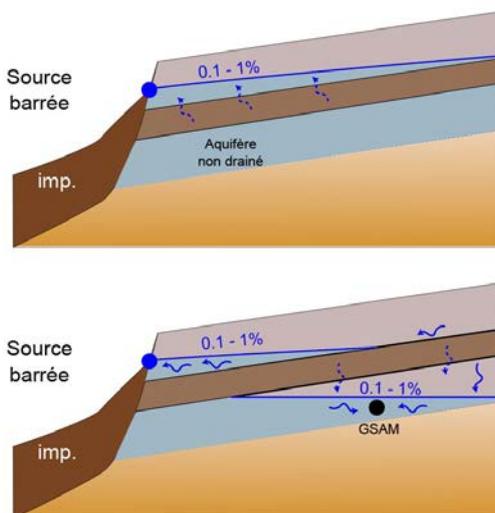


Montage d'un laser-scanner à l'extrémité du bras d'une pelle mécanique et placement du scanner à la base de la cheminée. Résultat du levé en coupe et 3D.

Par ailleurs, la méthode KarstALEA mentionnée précédemment est largement perfectible, en particulier pour essayer de mieux quantifier les phénomènes et leur incertitude. C'est dans ce contexte qu'une étude critique et une comparaison avec d'autres méthodes de prévision des problèmes posés par le karst lors du percement de tunnels a été menée sur demande de la NAGRA.

immédiate de ces ouvrages. Une étude que nous avons réalisée en 2016 avait permis d'identifier un risque important de recouper des arrivées d'eau dont le débit pourrait dépasser 10 mètres cubes par seconde lors des crues. Les oppositions concernant l'emplacement du portail nord-est de ce tunnel retardent cependant sa réalisation, plus que les problèmes hydrogéologiques...

Nous sommes également intervenus sur deux ouvrages CFF, l'un à Neuchâtel (tunnel du Gibet près des Deurres) et l'autre au Col-des-Roches (NE), où des effondrements imprévus sont apparus lors des travaux d'assainissement de



- brèches et laves fracturées (forte perméabilité)
- cendres, laves massives, etc. (faible perméabilité)
- laves altérées, argilitisées (faible à très faible perméabilité)

Schémas conceptuels de structuration des aquifères volcaniques et des modalités supposées de circulation des eaux souterraines.

## Comment évaluer et gérer les instabilités de la surface du sol ?

### Les affaissements de doline, une instabilité karstique classique

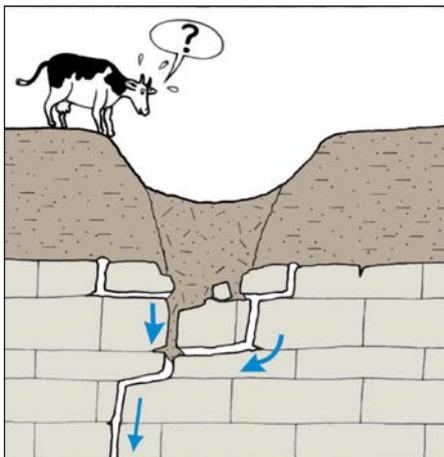
Au niveau de la surface, les affaissements du sol provoquant des dolines ou parfois de véritables gouffres, sont des phénomènes impressionnants. C'est le cas notamment des effondrements qui sont des phénomènes soudains et souvent imprévisibles dans le temps.

Ces phénomènes sont d'autant plus fréquents et potentiellement problématiques quand le terrain est constitué de roches gypseuses – beaucoup plus solubles que les calcaires – comme c'est le cas dans certains endroits des Préalpes vaudoises.

En collaboration avec l'Unité des dangers naturels du Canton de Vaud, l'ISSKA a mis au point une méthodologie permettant de classer les phénomènes d'affaissement de dolines par rapport à la géologie, au bâti, à la présence d'eau, aux connaissances du terrain et à la présence ou au projet d'implantation d'ouvrages sur ces endroits sensibles. Ces travaux, qui se sont étalés sur plus de trois années, ont été achevés fin 2021. Une méthode d'analyse permet maintenant, avec des systèmes de points, de juger la dangerosité de survenue d'un tel événement sur une zone bâtie ou destinée à la construction.

Un tableau permet de déterminer quelle est la situation de danger d'un site, d'évaluer le risque (combinaison de l'enjeu avec le danger) et de sélectionner des mesures constructives et techniques permettant de limiter le risque (mesures de mitigation).

Le canton désire mettre à disposition du public concerné (propriétaires, administrations communales et bureau d'étude) cette méthode présentée en deux cahiers (Généralités sur l'aléa et Méthode d'analyse de site). Le document sera donc disponible via Internet. Dès lors,



Apparition soudaine d'une doline par soutirage de matériaux meubles.



Doline en voie d'affaissement dans du gypse (Valais).

la méthode pourra connaître un bassin d'utilisateurs dépassant les limites strictes du canton de Vaud.

### Inondations et instabilités de l'emposieu de La Brévine

L'emposieu de La Brévine est une perte majeure, où un ruisseau s'infiltré sous terre pour finalement rejoindre la source de l'Areuse. Or la dépression au fond

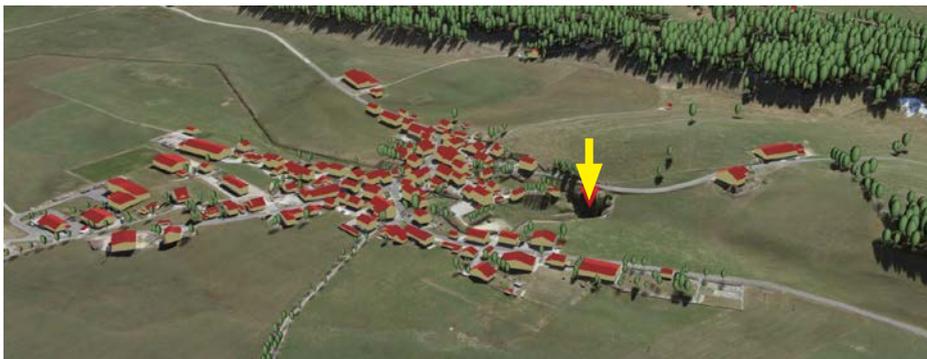
de laquelle l'eau se perd se remplit de temps à autre pouvant provoquer des inondations significatives du village. Par ailleurs, la stabilité des pentes aux limites de la doline et celle de la route cantonale qui se trouve juste en-dessus pourraient être mises en péril par ces inondations. C'est pour cela que le Service des Ponts et Chaussées a mandaté l'ISSKA pour collecter les informations disponibles sur l'emposieu et ses inondations et analyser la géologie et les conditions géotechniques du secteur.

Si la stabilité de la partie rocheuse ne pose guère de soucis, quelques petits glissements des talus dans la partie non-rocheuse sont possibles, particulièrement lors des crues.

Un point critique pour le village est le débordement de l'emposieu lorsque le niveau dépasse 1039 m d'altitude. Ces événements se reproduisent tous les 3 à 5 ans et il est important d'assurer un curage régulier du fond de la doline pour limiter les cas de débordement. Il sera toutefois impossible d'éviter tout débordement et des solutions d'évacuation vers le nord ont pu être esquissées, mais nécessiteraient de disposer d'observations plus détaillées lors de crues majeures avant d'être éventuellement mises en œuvre.

### Subsidence et risque d'affaissement à Muttetz-Pratteln

Dans la région de Muttetz, on observe depuis longtemps des affaissements de terrain et des effondrements de dolines. De nouvelles évaluations via des mesures radar par satellite montrent que la région de Fröschenegg est particulièrement touchée, avec des taux d'affaissement de plusieurs millimètres par an, ce qui a évidemment des conséquences sur la stabilité des bâtiments et des infrastructures. Le canton de Bâle-Campagne a chargé une équipe d'(hydro)géologues de l'ISSKA et de l'Université de Bâle de mieux comprendre



Le village de La Brévine et son emposieu (image tirée de map.geo.admin, Swisstopo).

le phénomène et ses causes afin de prendre d'éventuelles mesures pour réduire les affaissements.

Le sous-sol à Muttenz contient du calcaire, du gypse et du sel, trois formations solubles qui peuvent provoquer des affaissements. La géophysique (sismique) et les forages doivent permettre de décrire la configuration exacte du sous-sol. Des mesures et des tests hydrauliques doivent en outre aider à comprendre

les conditions de circulation des eaux souterraines. Au cours du siècle dernier, celles-ci ont été fortement modifiées artificiellement dans la région.

La géophysique a été réalisée et interprétée, et des forages seront effectués en 2022. En outre, les conditions d'écoulement des eaux souterraines dans la région seront enregistrées. Le projet se poursuivra jusqu'en 2023, date à laquelle les conclusions seront disponibles.



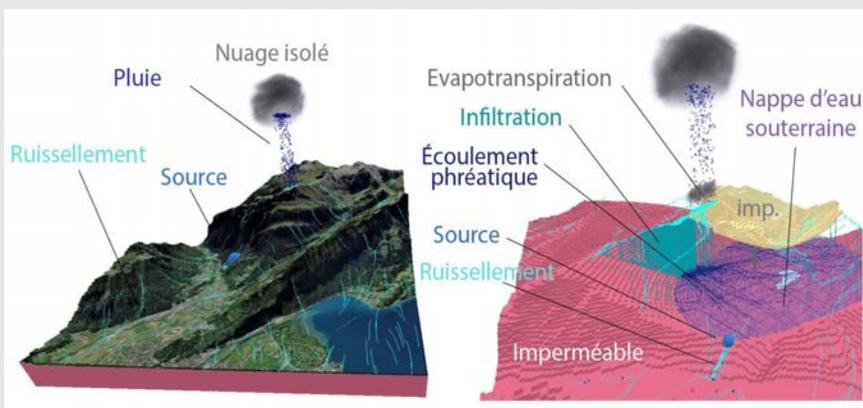
Fissure sur un immeuble provoquée par l'affaissement lent du sol (Bâle-Campagne).

### Un module dynamique (animé) pour la visualisation des écoulements souterrains

Dans le cadre d'un projet pour Danone Waters, l'ISSKA a développé un module dans Visual KARSYS pour la visualisation dynamique des écoulements de surface et souterrains en 3D. Ce module permet de générer des précipitations sur des secteurs prédéfinis du modèle 3D et de suivre les processus hydrologiques en surface (ruissellement) et en souterrain (infiltration dans la zone non saturée et circulation dans la nappe) depuis les zones de recharge diffuses ou concentrées, jusqu'aux zones d'émergence, le plus souvent des sources. D'autres processus sont simulés en même temps, comme l'évapotranspiration, la mise en charge / décharge des nappes en fonction des entrées / sorties et la minéralisation des eaux en fonction de leur temps de résidence dans l'aquifère.

Ce module a été initialement développé pour la gestion de la ressource en eau souterraine dans les milieux volcaniques et pour la communication des processus vers un public non initié. Tous ces processus étant concomitants et mêlant plusieurs échelles de temps et de taille, des outils de paramétrisation, d'exploitation et de visualisation ont dû être développés pour faciliter la lecture explicite de ces animations.

Ces outils ouvrent ainsi de nouvelles perspectives pour l'évaluation de projets dans les aquifères hétérogènes comme le karst car ils permettent de proposer rapidement des scénarios hydrogéologiques et d'envisager des solutions techniques ou pratiques pour les aménagements. Il est possible par exemple de simuler qualitativement des essais de traçage ou l'effet de pompages sur les circulations dans la nappe, etc.



Aperçu du module d'animation pour la simulation d'un événement pluvieux très localisé. L'animation génère successivement les précipitations (particules), le ruissellement (lignes bleu clair), l'évapotranspiration (fumeroles), l'infiltration à travers la zone non saturée et les circulations au toit des formations imperméables (ligne bleu canard) et les circulations dans la zone saturée (ligne bleu foncé) jusqu'à la source. Les particules émergent ensuite de la source pour rejoindre le cours d'eau de surface en aval.



## Nos outils au service de la construction en milieu karstique

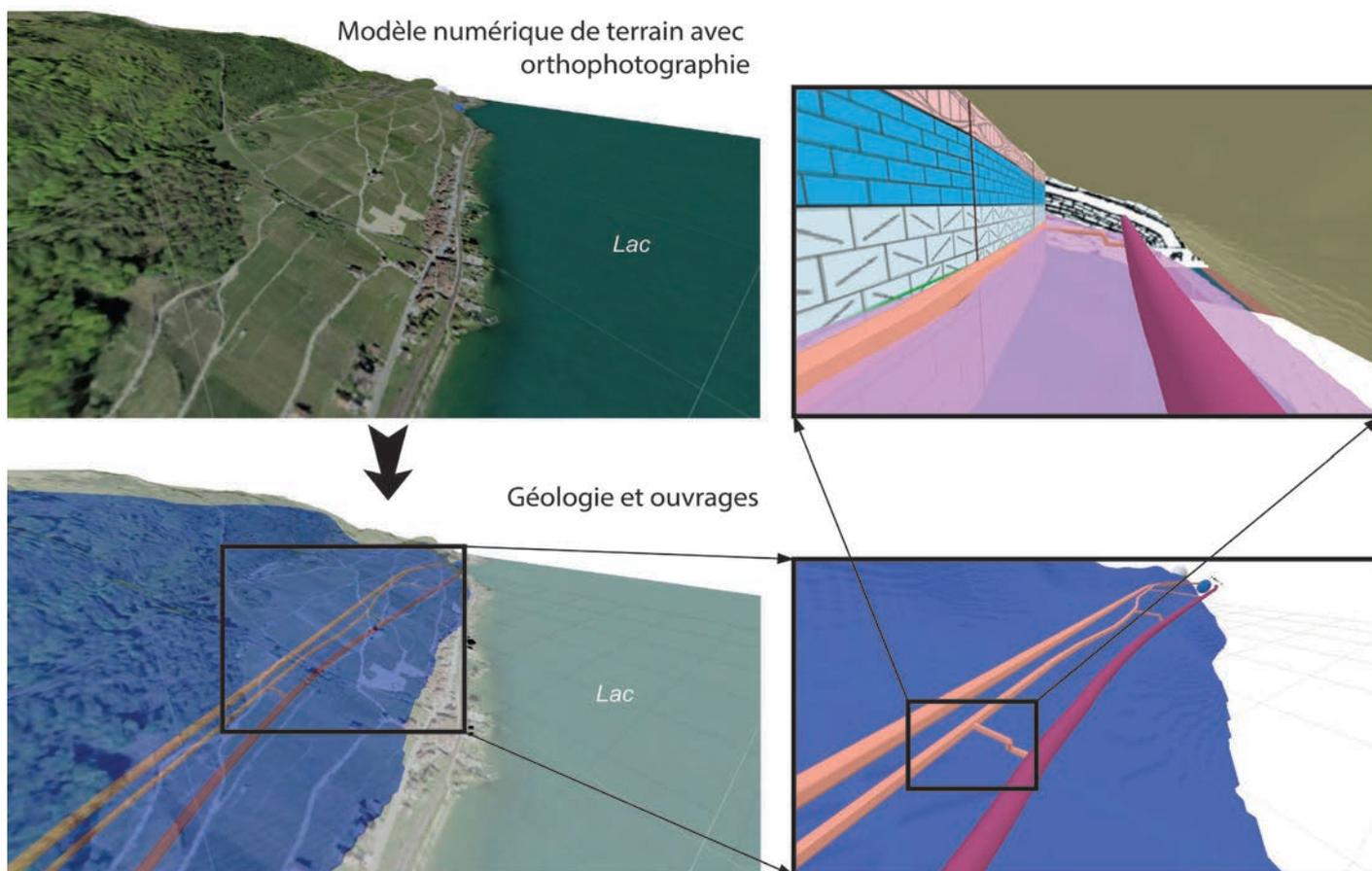
Comme indiqué plus haut, la problématique majeure des constructions en milieu karstique réside dans l'appréciation des conditions géologiques et hydrogéologiques avant travaux (choix du tracé, modalités techniques, dispositifs de drainage, etc.) et pendant les travaux (gestion des venues d'eau, gestion des vides, des instabilités, etc.).

La méthode KarstALEA permet une première évaluation qualitative et semi-quantitative des dangers pour un ouvrage de génie civil, mais aussi pour l'environnement. Cette méthode s'appuie cependant sur des considérations géologiques souvent peu précises avant travaux. Il convient donc de mettre à jour ces informations à mesure de l'avancement des projets et de l'acquisition de données,

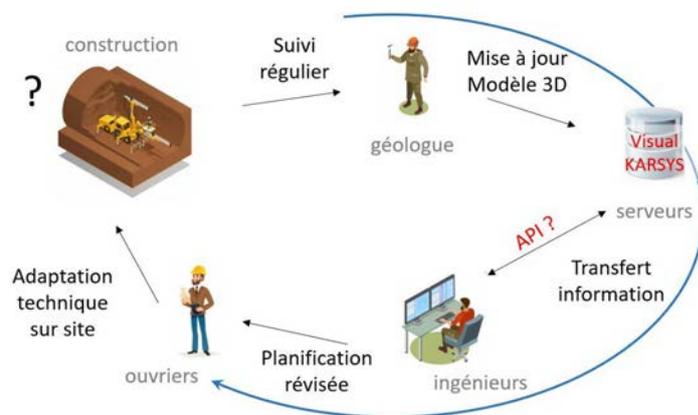
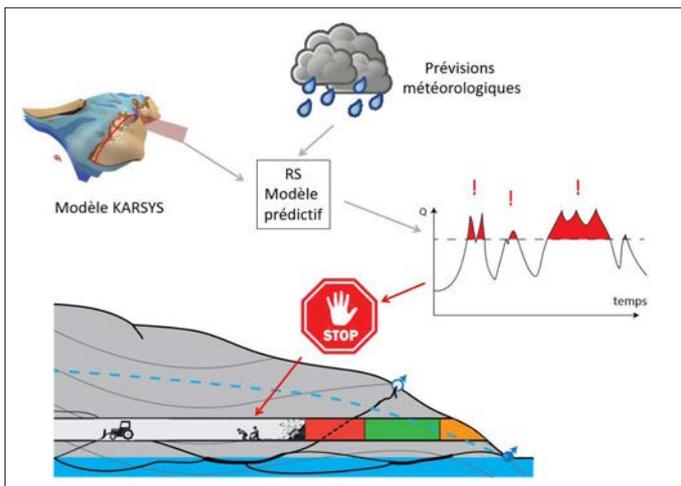
afin de réduire ces incertitudes et de bénéficier d'un pronostic de plus en plus précis à mesure que les travaux progressent.

Afin de mieux contextualiser les ouvrages souterrains dans leur environnement géologique et hydrogéologique en trois dimensions, l'ISSKA a développé des outils web sur la plateforme Visual KARSYS qui permettent aux utilisateurs de saisir la géométrie 3D des éléments géologiques et des ouvrages souterrains, et de réaliser ainsi les premières interprétations quant aux dangers potentiels. Ces modèles peuvent être complétés à mesure de l'avancement des travaux par le géologue de chantier ou tout autre spécialiste afin de fournir des prévisions géologiques qui permettront d'adapter la planification des travaux en temps réel.

En milieu karstique, les dangers liés aux venues d'eau sont généralement difficiles à prévoir car ils sont localisés à proximité de discontinuités géologiques et surtout car ils peuvent évoluer considérablement dans le temps en fonction des conditions météorologiques. Afin d'anticiper ces risques lors du percement d'un tunnel, l'ISSKA, en partenariat avec Hydrique SA, a développé voici plusieurs années un outil de prévision des venues d'eau en temps réel via un modèle hydrologique et/ou hydraulique qui s'appuie sur les prévisions météorologiques fournies par MeteoSuisse et mises à jour toutes les heures. Ainsi, les risques de venues d'eau sont établis à l'avance et, selon la gravité des prévisions, des mesures de sécurité peuvent être prises sur le chantier plusieurs jours avant ou le matin même.



Un effort particulier a été apporté à pouvoir visualiser les ouvrages souterrains directement dans leur contexte géologique en 3D.



Exemple d'un modèle de prévision en temps réel des venues d'eau lors des travaux de percement de la galerie de sécurité du tunnel de Ligerz. Les données météorologiques prédictives alimentent un modèle hydrologique/hydraulique qui prévoit les mises en charge de l'aquifère karstique (qui peuvent dépasser 50 m dans le cas présent) et présenter un risque d'envoie-ment de la galerie. Des seuils d'alarme sont établis d'entente avec les responsables du chantier et des mesures strictes sont appliquées en cas de dépassement (arrêt des travaux de percement, évacuation de la galerie, etc.).

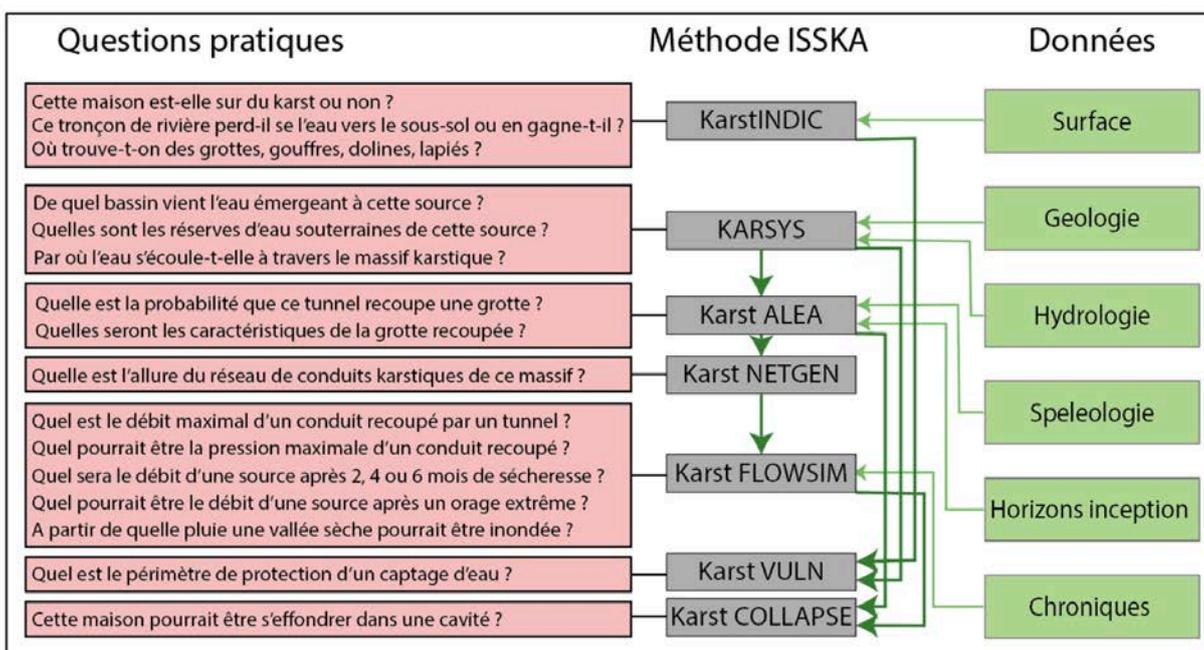
Le levé des informations géologiques pendant travaux doit servir la planification à l'avancement. En saisissant les informations géologiques de la journée, le géologue peut transmettre instantanément un modèle mis à jour aux ingénieurs qui pourront rapidement adapter la planification du chantier si la situation l'exige.

Comme cet outil prévoit également la durée probable des situations critiques, il permet d'améliorer la planification des travaux et d'éviter tout risque humain ou matériel pendant la construction.

concrètes, puis ils sont améliorés au fur et à mesure des retours d'expérience. Comme le montre la figure ci-jointe, une véritable palette de méthodes a été développée, permettant de répondre à de nombreuses questions pratiques liées à la construction en milieu karstique. A notre connaissance il existe peu de « boîtes à outils » aussi complètes que la nôtre en Europe ou même dans le

monde. A ce stade, seule la méthode KARSYS a été implémentée sur notre plateforme Visual KARSYS offrant un large accès à cette méthode. A moyen terme l'idée est d'y inclure progressivement les autres méthodes et de contribuer ainsi réellement à une meilleure gestion du milieu karstique en Suisse et ailleurs.

Dans la pratique, les outils d'évaluation et de gestion du milieu souterrain karstique de l'ISSKA sont généralement développés en lien avec des applications



Questions pratiques et méthodes développées par l'ISSKA pour y répondre. Les cases et flèches vertes indiquent les données nécessaires à l'application de chaque méthode.

## Accompagner les projets d'aménagement dans le karst ; le cas du Furcil (NE)

L'ISSKA accompagne la Société électrique du Val-de-Travers (SEVT) dans le cadre d'un projet de réhabilitation de la galerie de turbinage du Furcil qui traverse les formations calcaires du Dogger en rive gauche de l'Areuse. Ce projet se heurte à un conflit d'usage car non loin du site se développe le captage de Bossy qui contribue à une part de l'alimentation en eau potable de la ville de la Chaux-de-Fonds. Les enjeux concernent l'impact des travaux de réhabilitation sur la quantité et la qualité des eaux exploitées sur ce site déjà considérablement anthropisé malgré les apparences (mines, galeries de drainage et de turbinage existantes, etc.). Il est donc nécessaire d'étudier et de comprendre les mécanismes d'alimentation du captage et d'envisager les solutions techniques qui permettront de minimiser les impacts sur la ressource en eau.

Un premier modèle de fonctionnement hydrogéologique a été proposé en 2016 sur la base de l'analyse de données historiques et via l'établissement d'un modèle KARSYS. Sur la base de ces informations préliminaires, des investigations complémentaires ont été suggérées par les autorités afin de vérifier les hypothèses avancées. Ainsi, une campagne de trois sondages a été menée entre 2019 et 2020 en des points stratégiques de l'aquifère du Dogger. En outre, une surveillance des paramètres hydrogéologiques (hauteur d'eau, températures, conductivité électrique, etc.)



Récupération des mesures de hauteur d'eau, température et conductivité électrique au forage R7 dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines en vue du projet de réhabilitation de l'usine hydroélectrique du Furcil (NE).



Prélèvement d'eau dans la galerie de captage de Bossy dans le cadre de la surveillance du multitraçage de juin 2020.

a été conduite dans les sondages et au niveau des captages. En parallèle, deux campagnes de traçage (2020 et 2021) ont été opérées depuis les sondages afin de vérifier les modalités d'écoulement des eaux souterraines et les éventuelles interactions avec les captages.

Les investigations ont montré que l'aquifère du Dogger était fortement compartimenté et alimenté par des eaux d'origines diverses, dont une composante hypertherme (remontée depuis la profondeur d'eau « chaude », à 14°C). Ces investigations, couplées à un modèle explicite des écoulements, permettent d'étayer le modèle de fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère du Dogger dans cette région et d'évaluer au mieux les impacts potentiels d'un futur aménagement.



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



Arnauld Malard  
arnauld.malard@isska.ch



Philipp Häuselmann  
praczis@speleo.ch



Denis Blant  
denis.blant@isska.ch



Marc Luetscher  
marc.luetscher@isska.ch



Eric Weber  
eric.weber@isska.ch



Manon Trottet  
manon.trottet@isska.ch

# Les activités 2021 de l'ISSKA en bref .....

Les activités de l'ISSKA sont organisées en sept secteurs, auxquels s'ajoutent l'administration et les relations publiques.

Quelques projets majeurs ont en particulier marqué l'année 2021 :

## Laboratoire souterrain de Milandre

Notre vision d'un laboratoire souterrain national pour l'étude du karst prend lentement forme. L'instrumentation du site est complétée à la faveur du travail de doctorat de C. Pastore et une collaboration active est engagée avec l'université de Berne (F. Lechleitner) pour l'étude des flux de carbone.

## Travaux pour la communauté spéléologique

Parmi ses activités, l'ISSKA consacre une part non négligeable à soutenir la communauté spéléologique et scientifique. Il s'agit des heures bénévoles faites dans plusieurs domaines d'activité. Cela concerne le soutien aux spéléos (comme dans le cas de l'Inventaire spéléologique du Jura bernois ou la détermination d'ossements), la réponse à des questions diverses du public, des administrations et des médias, des relectures d'articles (reviews scientifiques), etc. Plusieurs centaines d'heures ont été consacrées à ces activités "annexes" en 2021.

## Sites pollués

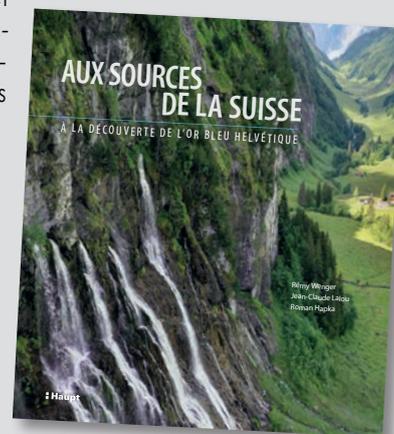
Alors que l'assainissement de cavités se poursuit, l'ISSKA se trouve également confronté à des sites pollués de plus grande envergure. Qu'il s'agisse de solvants chlorés ou de métaux lourds, l'ISSKA élargit son domaine d'activité pour apporter son expertise hydrogéologique du karst à la gestion de nouveaux types de pollution.

## Forum Spelaion

Les préparatifs du *Forum Spelaion* prévu en juin 2022 vont bon train. Une intense recherche de financement est en cours pour concrétiser un programme ambitieux visant à présenter le karst et les grottes à un large public.

## Livre « Aux sources de la Suisse »

La publication de cet ouvrage grand public matérialise les efforts de l'ISSKA dans le domaine de la médiation scientifique. En présentant les principales sources du pays, les auteurs (R. Wenger, J.-C. Lalou et R. Hapka) invitent le lecteur à découvrir de nombreuses facettes cachées du milieu karstique.



## Paléontologie

Les recherches paléontologiques débutées dans le gouffre de Giétroz (Evionnaz, VS) en 2018 se sont poursuivies en 2021 avec la récolte exhaustive des ossements de bouquetin (*Capra ibex*), moutons (*Ovis aries*) et autres mammifères. L'expédition entreprise avait pour objectif de sonder le fond de la cavité, de vérifier l'hypothèse de la présence d'un mur construit à l'âge du Fer, et de rapporter un maximum d'ossements pour des études biométriques et une reconstitution muséologique.

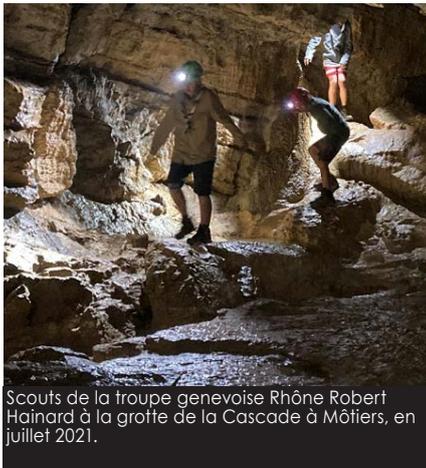
L'objectif a été pleinement atteint avec la récolte de plus de 20 kg d'ossements, remontés sur corde dans le puits.

A l'extérieur de la cavité, le mur a pu être retrouvé sous le pierrier, où se trouvait également un crâne de bouquetin. Les bouquetins mâles dont les ossements ont été retrouvés dans la salle basse de la grotte ont donc pu y pénétrer par la fissure de la falaise, avant qu'elle ne soit obturée par le mur. Ils sont vraisemblablement tombés ensuite à l'intérieur, incapables de se retourner sur une étroite vire surplombant la salle.

Les datations supplémentaires effectuées montrent que ces chutes accidentelles dans la cavité ont eu lieu entre 6400 et 2500 avant J.-C., soit durant près de 4000 ans.



Prélèvement des ossements au fond de la salle basse de la cavité.



Scouts de la troupe genevoise Rhône Robert Hainard à la grotte de la Cascade à Môtiers, en juillet 2021.

## Enseignement

Cette année, le secteur enseignement a changé de responsable avec le départ en retraite de Urs Eichenberger. Amandine Perret prend progressivement son relais pour l'organisation des cours, conférences, excursions et publications grand public de l'ISSKA.

Au programme 2021, les excursions ont été nombreuses et variées. Deux activités tout public ont été organisées avec notre partenaire, le Parc naturel régional (PNR) du Doubs, au printemps

(Valanvron) et à l'automne (Châtelot). Nous avons également eu le plaisir d'encadrer des groupes de lycéens et de scouts à la découverte des gorges de l'Areuse, des grottes de Môtiers et de la grotte du Glacier aux Rochers de Naye (VD). Un renfort bienvenu nous a été apporté par le SCMN. Nouveauté cette année, l'intégration d'un cours-excursion sur les grottes et le karst en trois volets à la demande de l'association Antenne Handicap (NE), pour les personnes bénéficiaires de l'AI.

## SNF – fonds national

Le fonds national suisse pour la recherche scientifique soutient deux projets en lien plus ou moins direct avec le laboratoire souterrain de Milandre.

Le projet « Thermokarst » étudie les échanges de chaleur dans un système karstique en vue de mieux comprendre sa réponse face au changement climatique. Deux cavités sont instrumentées pour quantifier les flux d'air et d'eau au cours d'un cycle annuel. Ces données servent de calibration pour un modèle

numérique en vue de simuler la réponse thermique à plus long terme. Les premiers résultats permettent d'ores et déjà de mieux appréhender la distance de pénétration thermique dans un conduit ventilé.

Le projet « Paleoflood » s'intéresse, quant à lui, aux crues millénaires enregistrées dans les concrétions pour identifier et quantifier des événements pluviométriques extrêmes au cours des derniers 10'000 ans. Une topographie spéléolo-

gique détaillée combinée à des mesures de hauteur d'eau permettent de calibrer un modèle hydraulique et ainsi de déterminer les débits maximums observés au sein d'un réseau karstique et leur impact sur le réseau hydrographique extérieur.

Dans les deux cas, ces projets bénéficient d'intenses collaborations (inter) nationales complétant l'expertise spécifique de l'ISSKA dans les domaines analytiques et numériques.

## Patrimoine

Comme chaque année, le programme national avec l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et les conventions dans les cantons de Vaud et Neuchâtel nous ont bien occupés. Cette année 2021 a vu le renouvellement de ces trois accords jusqu'à 2024. Cela nous permet une certaine visibilité et efficacité dans la durée. Même si aucune « grosse » dépollution n'a pu avoir lieu cette année, de petits assainissements ont été effectués dans le cadre de ces

conventions. Sur Vaud et Neuchâtel, ce ne sont pas loin d'une centaine de sites qui ont été visités soit par l'ISSKA soit par les spéléos des "groupes patrimoine", et qui ont fait l'objet d'un compte-rendu.

Citons encore dans ce secteur des travaux tels que l'étude d'impact sur le karst d'un projet éolien et l'étude au niveau géomorphologique et climatologique de la grotte archéologique des Plaints (Val-de-Travers, NE).

## Biodiversité

Le secrétaire de la commission patrimoine Christian Lüthi s'est – entre autres – beaucoup investi dans la mise au point de l'application CaveLife, qui permettra d'enregistrer beaucoup plus facilement la faune observée dans les cavités suisses et qui pourra servir de banque de données.

Dans le canton de Neuchâtel, une étude a aussi démarré pour l'évaluation de la biodiversité dans les cavités du canton et l'évaluation de la mise en danger de celle-ci par la pression humaine et les changements climatiques. Elle se poursuivra jusqu'en 2024.

PUBLICATIONS

BARTOLOMÉ M., BENITO G., **LUETSCHER M.**, BADULES-IGLESIAS J., PÉREZ-VILLAR G., EDWARDS R.L., MORENO A., (2021) : The potential of Ojo de Valjunquera cave (NE of Iberia) sediments for paleoflood reconstructions. *Cuaternario y Geomorfología*, 35, 11-28, doi.org/10.17735/cyg.v35i3-4.89413

BARTOLOMÉ M., SANCHO C., BENITO G., MEDIALDEA A., CALLE M., MORENO A., LEUNDA M., **LUETSCHER M.**, MUÑOZ A., BASTIDA J., CHENG H., EDWARDS R.L. (2021): Palaeoenvironmental implications of fluvial cave records and cave evolution during the Last Glacial Cycle in the Central Pyrenees: the case of Granito cave (NE Spain). *Catena*, 206, 105252, doi.org/10.1016/j.catena.2021.105252

**BLANT M. & LÜTHI C.** (2021): La biodiversité dans le karst et sa détection. *Stalactite* 71, 1, 62-71.

**BLANT M.**, REYNAUD-SAVIOZ M., **WENGER R.** (2021): Le site paléontologique de Giétroz Devant, 16 p.

CHAUVIÈRE F.-X., **BLANT D.**, BOUDADI-MALIGNE M., BRENET F., CASTEL J.-C., DEAK J., JAKOB B., **LUETSCHER M.**, SPIELMANN J., ULDRY V., VUILLEUMIER E., WÜTHRICH S., ZUPPINGER PH. (2021): La grotte des Plaints. Dans les pas de Jean-Pierre Jéquier (1937-1967)... ou Retour à la grotte des Plaints (Couvét, NE). *Cavernes* 65, 4-13.

FREYDIER P., **WEBER E.**, MARTIN J., **JEANNIN P.-Y.**, GUERRIER B., DOUMENC, F., (2021): Vermiculatons in painted caves: New inputs from laboratory experiments and field observations. *International Journal of Speleology*, 50(3), 289-299. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.50.3.2390>. Häuselmann, Ph., Editeur (2021): *Speleogenesis - another view*. - Editions du Fond, 2021, 44 p.

**HÄUSELMANN, PH.** (2021): The karst system Siebenhengste-Hohgant-Schratzenfluh. - *Landscapes and landforms of Switzerland* (Ed. E. Reynard), Springer Verlag Switzerland, 143-157.

**JEANNIN P.-Y.** et al. (2021): Karst modelling challenge 1 : Results of hydrological modelling. - *Journal of Hydrology*, vol. 600, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126508>.

**JEANNIN P.-Y.** et al. (2021): Mesures et observations climatiques dans la grotte de la Cascade (Môtiers, NE, Suisse). - *Cavernes, revue de spéléologie*, vol 65(1) : XXX-XX.

**JEANNIN P.-Y.**, TRIPET J.-P. (2021): Chapitre 6 (4<sup>e</sup> partie) L'eau dans le milieu karstique. - In : MALVESY T., TRIPET J.-P., SCHAER J.-P. (2021). *Histoire de la connaissance géologique du Jura franco-suisse, Mémoire de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles*, Tome XIII : 387-401.

**LUETSCHER M.**, MOSELEY G., FESTI D., HOF F., EDWARDS R.L., SPÖTL C. (2021) : A last interglacial speleothen record from the Sieben Hengste cave system (Switzerland): implications for alpine paleovegetation. *Quaternary Science Reviews*, 262, 106974, doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.106974

**LUETSCHER M.** (2021) : L'impact climatique sur les grottes et le karst – perspectives de spéléologues. *Stalactite*, 71, 100-107.

**LÜTHI C. & BLANT M.**, (2021): Höhlenforschung und Fledermaus – Spéléologie et chauves-souris. *Stalactite* 71, 1, 82-89.

REYNARD E., **HÄUSELMANN PH.**, **JEANNIN P.-Y.** & SCAPOZZA C. (2021): Geomorphological landscapes in Switzerland. - *Landscapes and landforms of Switzerland* (Ed. E. Reynard), Springer Verlag Switzerland, 71-80.

SAURO F., FELLIN M.G., COLUMBU A., **HÄUSELMANN PH.**, BORSATO A., CARBONE C. & DE WAELE J. (2021): Hints on the Late Miocene evolution of the Tonale-Adamello-Brenta region (Alps, Italy) based on allochthonous sediments from Raponzolo cave. - *Frontiers in Earth Science*, 9, 1-17, doi: 10.3389/feart.2021.672119.

VUILLEUMIER C., **JEANNIN P.-Y.**, HESSENAUER M., PERROCHET P. (2021): Hydraulics and turbidity generation in the Milandre Cave (Switzerland). - *Water Resources Research*, <https://doi.org/10.1029/2020WR029550>.

**WENGER, R., LALOU, J.-C.**, ET HAPKA, R. (2021). *Aux sources de la Suisse. / Quellen der Schweiz*. Ed. Haupt. 256 p.

COLLABORATEURS

Collaborateurs réguliers

Denis Blant	Science, patrimoine (50%)
Michel Blant	Science, archéozoologie (25%)
Urs Eichenberger	Science, enseignement (50%)
Philipp Häuselmann	Science (50%)
Pierre-Yves Jeannin	Science, administration (90%)
Marc Luetscher	Science, administration (100%)
Arnauld Malard	Science (90%)
Carole Mettler	Secrétariat (50%)
Georges Naman	Informatique (35%)
Amandine Perret	Science, enseignement (40%)
Manon Trottet	Science (80%)
Eric Weber	Science (70%)



Doctorants

Claudio Pastore	doctorant thermokarst
Amir Sedaghatkish	doctorant thermokarst

Stagiaires / civilistes

Maxime Beck	Civiliste
Kevin Bütikofer	Civiliste
Elena Dubois-Gill	Stagiaire
Elias Gajo	Civiliste
Simon Hayoz	Civiliste
Kevin Lonfat	Stagiaire
Arthur Louis	Stagiaire
Colin Pelletier	Civiliste
Samuel Thibaud	Civiliste
Tim Winkelmann	Civiliste

Cette année, une des figures de proue de l'ISSKA est arrivé à l'âge de la retraite : Urs Eichenberger. Il est entré à l'ISSKA en 2001 et a excellé dans de nombreux sujets, notamment en captivant son auditoire lors du guidage d'excursions ou lors de conférences. Il a également dirigé de nombreux projets scientifiques, dont le dernier en date était la carte géologique du Locle.

Nous le remercions encore une fois pour tout le travail accompli, toujours dans la bonne humeur malgré les aléas de la vie, et lui souhaitons la meilleure des retraites.

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. Ce mode de fonctionnement intégratif laisse des traces dans l'esprit des nombreux stagiaires, étudiants et civilistes que nous accueillons et encadrons chaque année.

MEDIAS

**Presse:** ArInfo • Berner Zeitung • Berner Oberländer • La Salamandre • Le Quotidien Jurassien • La Région Nord Vaudois • Thunertagblatt

**TV + radios:** SRF

## COMPTES & BILAN

COMPTE DE RESULTAT DE L'EXERCICE	2021	2020
	CHF	CHF
Mandats	674 651,20	694 942,99
Subventions	307 861,00	189 248,75
Projet FNS	222 350,86	98 709,14
Soutien de la Loterie Romande	28 750,00	0,00
Ventes	4 458,06	4 686,98
Dons	16 470,00	10 134,50
Autres produits	17 839,07	30 630,01
TVA	(4 538,39)	(3 209,16)
Attribution du ducroire	(25 000,00)	0,00
<b>Total des produits</b>	<b>1 242 841,80</b>	<b>1 025 143,21</b>
Sous-traitance	(159 758,28)	(116 971,56)
Charges projet Thermokarst FNS	(73 626,36)	(50 379,59)
Matériel durable	(3 561,40)	(6 069,68)
Frais d'impression	(2 130,53)	(1 517,50)
Consommables	(42 398,96)	(41 631,09)
Frais de déplacement	(23 338,89)	(27 269,60)
Autres frais généraux	(2 335,16)	(57 694,76)
<b>Marge brute I</b>	<b>935 692,22</b>	<b>723 609,43</b>
Frais de personnel	(874 912,65)	(639 029,10)
<b>Marge brute II</b>	<b>60 779,57</b>	<b>84 580,33</b>
Frais de locaux	(32 121,90)	(30 932,68)
Assurances commerciales	(3 492,70)	(4 900,10)
Frais généraux administration	(3 600,00)	(3 600,00)
<b>Résultat d'exploitation avant intérêts, charges et produits hors exploitation</b>	<b>21 564,97</b>	<b>45 147,55</b>
Produits financiers	1 782,67	492,56
Charges financières	(2 645,80)	(5 716,58)
Attribution à la provision pour litige Bex	0,00	(35 500,00)
<b>Résultat de l'exercice avant attribution au fonds de réserve</b>	<b>20 701,84</b>	<b>4 423,53</b>
Attribution au fonds de réserve	0,00	0,00
<b>EXCEDENT DE (DEPENSES) / RECETTES</b>	<b>20 701,84</b>	<b>4 423,53</b>



**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, La Chaux-de-Fonds**

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 2021.

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 1<sup>er</sup> avril 2022

**FIDUCONSULT ACTA SA**



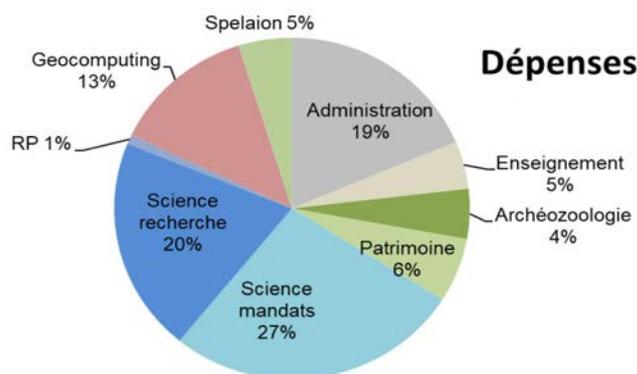
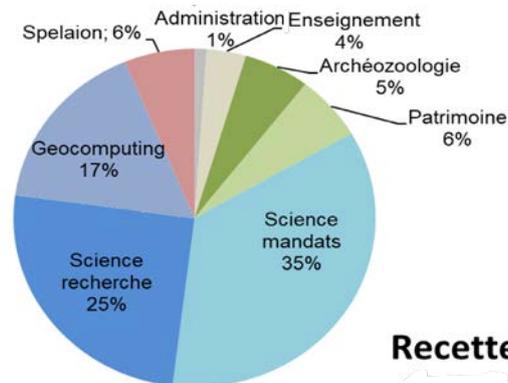
Laszlo Kelemen  
Expert-réviseur agréé  
(Responsable du mandat)



Kevin Lombard  
Réviseur agréé

BILAN AU 31 DECEMBRE	2021	2020
	CHF	CHF
<b>A C T I F</b>		
<b>Actif circulant</b>		
Trésorerie et actifs cotés en bourse détenus à c.t.		
• liquidités	377 770,00	640 905,30
• titres cotés à court terme	25 248,95	23 466,28
Créances résultant de ventes de biens et de prestations de services		
• envers des tiers	240 714,69	176 513,65
Autres créances à court terme		
• envers des tiers	82,39	3 787,88
Prestations de services non facturées		
• travaux en cours	51 568,44	25 846,20
Actifs de régularisation	6 222,65	2 620,00
	<b>701 607,12</b>	<b>873 139,31</b>
<b>Actif immobilisé</b>		
Immobilisations financières	1 557,92	1 557,86
<b>Total de l'actif</b>	<b>703 165,04</b>	<b>874 697,17</b>

BILAN AU 31 DECEMBRE	2021	2020
	CHF	CHF
<b>P A S S I F</b>		
<b>Capitaux étrangers à court terme</b>		
Dettes résultant de l'achat de biens et de prestations de services	59 354,00	56 490,30
Dettes à court terme portant intérêt	20 000,00	20 000,00
Autres dettes à court terme envers des tiers	23 726,75	33 998,17
Passifs de régularisation	297 864,11	462 690,36
	<b>400 944,86</b>	<b>573 178,83</b>
<b>Capitaux étrangers à long terme</b>		
Dettes à long terme portant intérêt	70 000,00	90 000,00
	<b>70 000,00</b>	<b>90 000,00</b>
<b>Capitaux propres</b>		
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	(148 481,66)	(152 905,19)
• excédent de recettes	20 701,84	4 423,53
	<b>232 220,18</b>	<b>211 518,34</b>
<b>TOTAL DU PASSIF</b>	<b>703 165,04</b>	<b>874 697,17</b>



# 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 différentes universités de Suisse et de l'étranger.

## 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 spéléogénèse, 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
- Geocomputing
- Protection du patrimoine karstique
- Archéozoologie
- Enseignement et sensibilisation
- Exposition SPELAION

## AVEC LE SOUTIEN DE

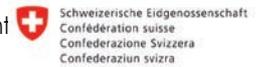


## FONDATEURS

- 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<sup>e</sup> Congrès international de spéléologie



## MEMBRES DU CONSEIL DE FONDATION

Paul Borer (Canton de Berne)

Didier Cailhol (SC-Jura)

Patrick Deriaz

Kurt Graf (Académie suisse des Sciences naturelles)

Roman Hapka (SC Préalpes fribourgeoises)

Ana Häuselmann (Commission de spéléologie scientifique SSS & SCNAT)

Werner Janz

Ulrich Jörin (AG-Höllochforschung)

Jean-Claude Lalou (Sublime + Président du Conseil)

Roger Martin (SGH-Basel)

Hans Rudolf Meier (Société suisse de spéléologie)

Pierre Perrochet (Canton de Neuchâtel)

Edouard Roth (Canton du Jura)

Pierre Schneider (Ville de La Chaux-de-Fonds)

Michael Sinreich (Office fédéral de l'env. - OFEV)

Mirjam Widmer (AGS-Regensdorf)

Andres Wildberger

## L'ISSKA vit aussi grâce à vos dons

Vos dons nous permettent par exemple de dater des os, dépolluer des cavités ou faire connaître le karst et les grottes dans les écoles. Il nous soutiennent aussi pour le suivi de diplômés et de thèses, ainsi que pour fournir un soutien scientifique aux spéléos suisses qui le demandent.

Notre compte : CH12 8080 8004 4839 3207 3, ISSKA, Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie

Une attestation de don pour vos **déductions d'impôts** vous sera envoyée automatiquement.



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  
info@isska.ch  
www.isska.ch

Couverture :  
Topographie 3D d'un vide après effondrement  
de la voûte dans un tunnel en réfection, Jura  
neuchâtelois. Photo Marc Luetscher