Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 130 (2004)
Heft: 19: Risques naturels

Artikel: Le karst: un milieu trop méconnu des ingénieurs?
Autor: Blant, Denis / Eichenberger, Urs / Jeannin, Pierre-Yves
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-99344

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Denis Blant, Urs Eichenberger et Pierre-Yves Jeannin

Le **karst** : un milieu trop méconnu des ingénieurs ?

Les travaux de génie civil dans des terrains karstiques offrent souvent leur lot de surprises, généralement liée à la présence de vides ou d'arrivées d'eau à fort débit. Dans la pratique, l'absence de formation et de cours sur la gestion du karst conduit parfois à des approches et des solutions inadéquates.

Qu'est-ce que le karst ?

Avant d'être un paysage calcaire ou un ensemble de phénomènes liés à la dissolution, le Karst est historiquement une région située près de Trieste, entre l'Italie et la Slovénie. Très tôt, on y décrit des phénomènes spectaculaires liés à la dissolution des calcaires, et le terme se voit alors appliqué à toute région présentant des phénomènes similaires (région karstique).

Les paysages karstiques sont caractérisés par l'existence de bassins fermés, l'abondance de dolines, de grottes, de gouffres et par la quasi-absence de rivières en surface : les eaux s'infiltrent dans les calcaires et aboutissent généralement à des sources au fond des vallées.

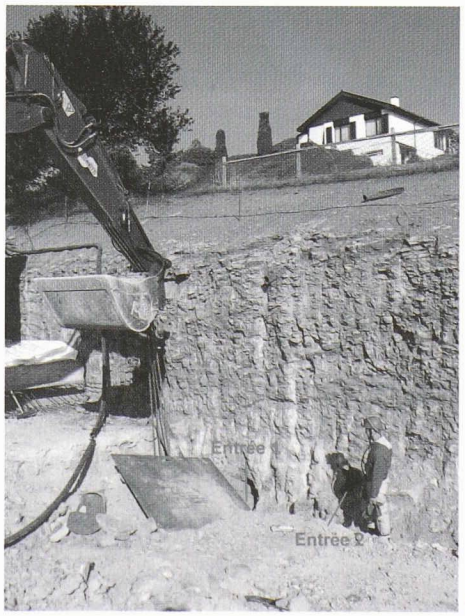
Environ 20% du territoire suisse est karstique, ce taux approche même les 100% pour le Jura où les rares roches non karstifiées (molasses, moraines) reposent néanmoins sur des calcaires.

L'eau des précipitations trouve toujours un chemin pour s'infiltrer dans les petites fissures des roches calcaires. Grâce à son pouvoir de dissolution, cette eau élargit progressivement les fissures jusqu'à former un réseau de conduits de taille métrique à plurimétrique convergeant vers une zone d'exutoire. A partir d'un certain degré d'évolution, la karstification cesse pratiquement, l'érosion étant compensée par la sédimentation de particules fines provenant des impuretés contenues dans les calcaires ou du lessivage des sols en surface.

Karst et génie civil

Les études préliminaires - relevés géologiques ou forages - ne révèlent que rarement l'emplacement exact des zones perturbées en terrain karstique, d'où l'importance d'avoir recours à d'autres méthodes d'investigation avant, mais surtout pendant le chantier.

Souvent tenues pour aléatoires, les occurrences de conduits karstiques ne doivent cependant pas être considérées comme des fatalités : la position et les caractéristiques de ces conduits suivent les règles de la karstification qui sont peu à peu mises à jour par les spécialistes. Pendant la phase préparatoire, une analyse détaillée et en trois dimensions du contexte géologique et hydrogéologique, associée à une bonne connaissance de l'histoire régionale de la karstification, permettent de définir les zones les plus délicates. Des recherches menées avec l'EPFL (GEOLEP) devraient d'ailleurs permettre d'améliorer encore ces prévisions. Il existe différentes méthodes d'investigation pour détecter la présence éventuelle de vides : géophysique (géoradar, électro-magnétisme, géoélectricité, sismique), exploration directe du karst par les réseaux souterrains pénétrables (spéléologie) ou indirecte par des observations hydrogéologiques (suivi des sources, etc).



1

Fig. 1 : Fissure d'entrée de la grotte du chantier de contournement de Corcelles (NE)

Fig. 2 : Vue de la cavité en 3D avec la tranchée routière. Les débits infiltrables et les volumes de stockage dans la grotte sont donnés pour les hauteurs de mise en charge indiquées à droite.

Infiltration dans des cavités

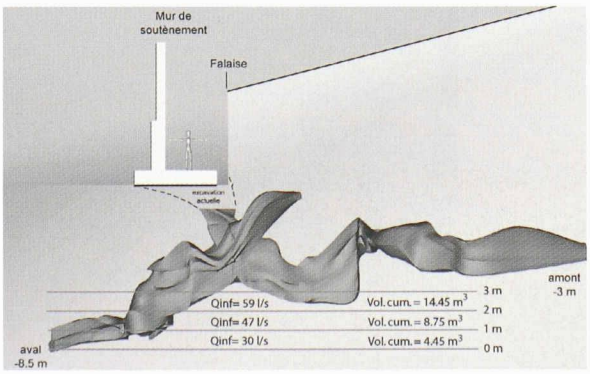
Les cavités karstiques sont souvent un moyen efficace pour évacuer les eaux, à une condition près : il faut effectuer un essai d'infiltration adéquat. (Attention, les écoulements dans les conduits karstiques sont turbulents). De plus, il faut que l'emplacement de la cavité soit pertinent par rapport à l'écoulement général des eaux et que ses dimensions soient adaptées aux débits. De même, il faut évaluer l'impact des infiltrations sur les grottes et les eaux souterraines.

Le chantier de la déviation de Corcelles (NE) par la route cantonale H10 est un bon exemple : une cavité ayant été découverte dans le mur amont de la tranchée (fig. 1), la direction des travaux a souhaité en établir la topographie et estimer son pouvoir d'infiltration. Un essai « grandeur nature » au fond de la fissure a montré que des débits jusqu'à 20 l/s pouvaient s'infiltrer sans problème. Des calculs hydrauliques ont permis de simuler l'infiltration et la rétention, déterminant qu'il était possible d'absorber un débit de pointe (orage) de 100 l/s (fig. 2).

Inventaire et dépollution de décharges

Les gouffres et les dépressions karstiques ont longtemps été utilisés comme dépotoirs par les habitants des régions karstiques (fig. 3). L'apogée du « tout-au-gouffre » a été atteinte dans les années 1960-70, alors qu'on commençait à tracer des routes sur les alpages, facilitant l'arrivée de quantité de matériaux qui finissaient souvent dans des « trous ». Cette augmentation en volume des déchets est allée de pair avec leur diversification, ceux-ci devenant toujours moins dégradables.

La sonnette d'alarme a été tirée dans la plupart des cantons dans les années 80, mais le mal était fait... Si ces pratiques ont presque disparu, les taxes sur les sacs poubelle ont toutefois ravivé localement ce type de procédé. Il reste encore en Suisse plusieurs centaines de décharges souterraines, les dolines polluées se comptant quant à elles par milliers.



2

Travaux à proximité d'une grotte concrétionnée

L'entrée sud du futur tunnel du Neu-Bois de l'A16 est située juste au-dessus de la grotte la plus longue et la plus concrétionnée du Jura suisse. Les galeries sont situées à une profondeur de 35 à 50 m, mais quelques cheminées remontent à 9 m sous la surface. Les mesures topographiques de ces cheminées ont mené au déplacement de l'axe principal du projet. La rivière de la grotte alimente une nappe phréatique importante, source d'eau potable de la commune de Boncourt. L'ensemble de la grotte est considéré comme un géotope (site géologique protégé) d'importance nationale.

Sans mesure de protection particulière, l'excavation de l'entrée du tunnel pourrait générer des ébranlements mettant en danger les concrétions millénaires. Aussi l'entrepreneur devra veiller à ne pas dépasser des valeurs limite d'ébranlements, voire travailler avec des méthodes d'excavation non conventionnelles. Pour connaître les ébranlements tolérables, des mesures en laboratoire, effectuées sur quelques stalactites prélevées dans la grotte, ont permis de définir les seuils de rupture des concrétions. En outre, l'atténuation des ébranlements entre le chantier et la grotte a été évaluée grâce à des essais avec de faibles charges d'explosifs placées en surface. Les vibrations mesurées au plafond de la grotte (fig. 4) ont montré que l'utilisation d'explosifs serait exclue et ont permis de fixer les valeurs-limite.

Topographie 3D de cavités

La réalisation de projets souterrains nécessite une connaissance précise du sous-sol, rendant de plus en plus importante une localisation précise des objets souterrains existants. Des kilomètres de grottes naturelles existent sous nos pieds, faisant l'objet de relevés topographiques par les spéléologues au fur et à mesure de leur découverte, alors que certaines galeries de mines n'ont jamais été topographiées.

Les représentations en plan ou en coupe ne sont pas suffisantes pour visualiser dans l'espace la géométrie des éléments d'un projet. La présentation en 3D de la surface topographique de l'emprise d'un ouvrage, combinée avec les structures souterraines existantes, peut s'avérer très utile (fig. 5 et 6). Le modèle 3D poursuit plusieurs objectifs :

- permettre la vérification du positionnement des diverses parties du projet et leur dimensionnement par rapport à des éléments existants ;
- faciliter la communication (et la vulgarisation) des multiples aspects d'un projet parmi les partenaires issus de diverses disciplines ;
- simplifier la prise de décision en identifiant immédiatement les endroits problématiques.

Fig. 3 : Montagne de détritus dans le gouffre de la Petite Joux (NE), avant le nettoyage effectué en 2003 (Photo R. Wenger, ISSKA)

Fig. 4 : Géophone au plafond de la grotte de Milandre (JU) - Essais à l'explosif sur le futur tracé de l'A16 (Photo P.-X. Meury, Géo & Environnement)

Fig. 5 et 6 : Exemple de modèle 3D d'une galerie souterraine, vue de l'intérieur et de l'extérieur. Ces représentations virtuelles permettent de se promener de manière interactive dans les galeries ou autour de celles-ci. Des informations (images, rapports, textes) peuvent être associées à chaque objet (forages par exemple).

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs)

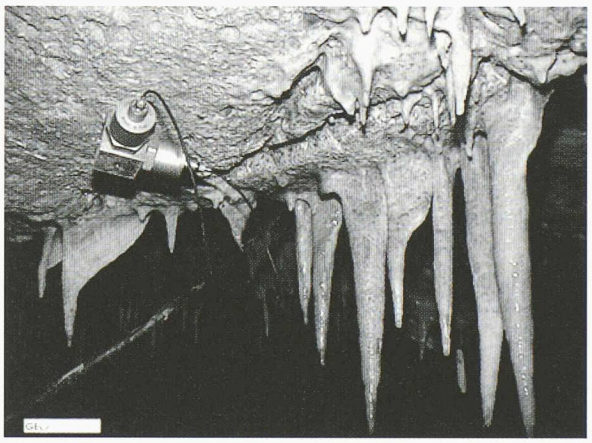
De plus, les modifications des plans et les observations faites pendant les travaux peuvent s'y intégrer assez rapidement, permettant de réévaluer les problèmes et d'éviter certaines surprises en cours de travaux.

Pour des modèles schématiques, une imitation cylindrique de l'espace souterrain, basée sur le levé d'une polygonale et d'un profil type dont la dimension est mesurée à intervalles réguliers, est souvent suffisante. Pour des estimations plus précises, des levés de section tous les 30 cm à 1 m peuvent être nécessaires pour représenter correctement les volumes souterrains. Des profils laser sont ainsi assemblés pour créer un espace virtuel, dans lequel on peut placer divers objets.

3

Anticiper les surprises

Le milieu karstique - qui correspond à un cinquième du territoire suisse - est relativement complexe et méconnu. Les projets de génie civil réalisés dans ce type de terrain rencontrent très souvent des surprises (cavités, arrivées d'eau...) qui compliquent les travaux. A défaut de les éviter, une meilleure connaissance du milieu permet d'atténuer les effets de ces difficultés. Des méthodes de prévision ainsi que des mesures indirectes peuvent être utilisées pour mettre en évidence les vides karstiques et les irrégularités de la roche, permettant d'anticiper les surprises et de limiter les risques.

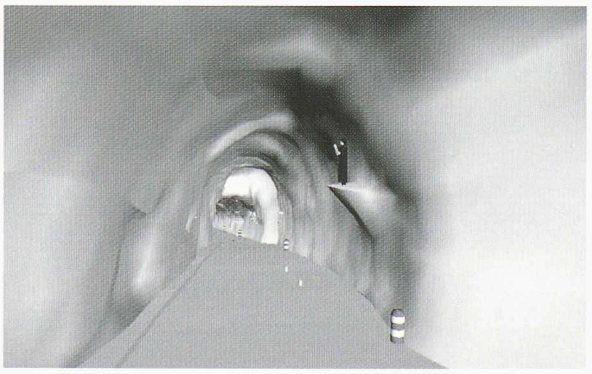


4

Denis Blant, hydrogéologue CHYN
Urs Eichenberger, dr sc. nat. géologue EPF
Pierre-Yves Jeannin, dr sc. nat. hydrogéologue CHYN

ISSKA, Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie
CH - 2301 La Chaux-de-Fonds

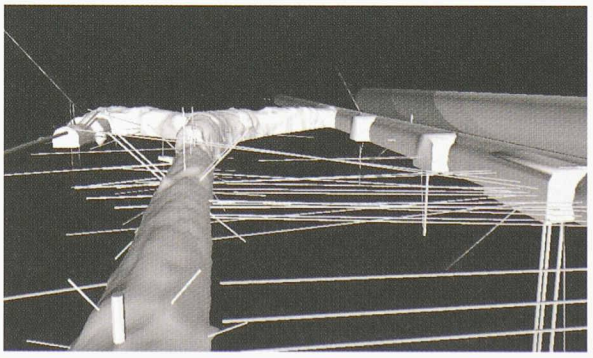
Remerciements
Les auteurs tiennent à remercier les services des Ponts et chaussées des cantons de Neuchâtel et du Jura pour leur accord sur le contenu de l'article et leurs compléments d'information.



5

L'ISSKA en deux mots

L'Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie (ISSKA), fondation d'utilité publique à but non lucratif, a été créé à l'initiative de la Société suisse de spéléologie en février 2000. Cet institut est né du manque de centre de compétence dans l'étude du karst. Il est au service des spéléologues, des administrations, des bureaux d'étude, ingénieurs et géologues, des syndicats des eaux, des milieux académiques, etc. (www.isska.ch).



6