

**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique  
**Herausgeber:** Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique  
**Band:** 27 (2015)  
**Heft:** 104

**Artikel:** Arpenter les enfers  
**Autor:** Koechlin, Simon  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-771883>

#### **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:** 12.01.2026

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

# Arpenter les enfers

Les Mayas considéraient le gigantesque système de grottes karstiques de la péninsule du Yucatan comme un passage vers les enfers. Des chercheurs suisses étudient son apparition grâce à l'exploration sous-marine et à des modèles mathématiques.

Par Simon Koechlin

**D**e la forêt vierge, à perte de vue. Il fait chaud et humide dans le Quintana Roo. Cet Etat du Mexique est situé au nord-est de la péninsule du Yucatan, laquelle s'avance dans la mer des Caraïbes comme une énorme corne. Mais malgré la forêt vierge et les mangroves, on parcourt les 400 kilomètres séparant Cancún du Belize sans franchir un seul pont. C'est un pays sans rivières ni ruisseaux. Du moins sans cours d'eau visible. Tout se passe sous terre.

Le sous-sol du Yucatan abrite en effet un gigantesque entrelacs de grottes qui compte des centaines de cavités, canaux et tunnels, remplis d'eau pour la plupart. A la surface, seuls les fameux «cénotes» témoignent de ce labyrinthe secret. Ce sont des dolines qui se forment lors de l'effondrement des plafonds des grottes. Le Yucatan

compte plus de 3000 de ces citernes naturelles. Pour les Mayas, qui avaient érigé de nombreux centres de leur civilisation dans cette région, les cénotes étaient les portes des enfers.

La ville de Tulum était l'un de ces centres. C'est là que se trouvent les deuxième et quatrième plus longues grottes du monde. «Elles sont très probablement reliées l'une à l'autre, ce qui en ferait le plus grand système de grottes du monde», explique Philippe Renard, hydrogéologue à l'Université de Neuchâtel. Avec ses collègues du service géologique autrichien (GBA), il étudie le système Ox Bel Ha qui s'étire sur 250 kilomètres. Le principal objectif du projet est de développer des modèles mathématiques qui expliquent la formation et le fonctionnement de ces labyrinthes de grottes.

La péninsule du Yucatan est une gigantesque plateforme carbonatée. Sa constitution a pris des millions d'années alors que la région était encore immergée. Une plateforme de calcaire, épaisse de plus de deux kilomètres, s'est formée à partir de coraux morts. Or, le calcaire s'érode relativement vite lorsqu'il entre en contact avec l'acide carbonique dissous dans l'eau. C'est ainsi qu'apparaissent des failles, des pores et des cavités.

Aujourd'hui, les grottes sont si longues que l'eau de mer y pénètre parfois sur des dizaines de kilomètres. «Dans les zones proches des côtes, comme dans la région de Tulum, un mélange d'eau douce et d'eau de mer dissout la roche au fil des millénaires», note Philippe Renard. L'eau de mer ayant une densité plus élevée que l'eau douce, elle se retrouve dans les masses d'eau de la couche inférieure. L'eau de pluie, elle, s'infiltra rapidement dans le sol calcaire perméable et ruisselle sur l'eau salée. Les deux types d'eau ne se mélangent pas complètement, mais uniquement dans une couche intermédiaire. «En général, on part du principe que le calcaire se dissout davantage le long de cette interface», relève le chercheur.

## Modèles mathématiques

Philippe Renard et ses collègues entendent élucider l'apparition du système de grottes à l'aide de modèles mathématiques. Pour alimenter ces derniers et tester leur plausibilité, les chercheurs ont toutefois besoin de données. Car les systèmes karstiques sont complexes. Toute une série de facteurs déterminent l'ampleur et la vitesse du phénomène. Quelle est la composition exacte de la roche et de l'eau? Comment les deux éléments interagissent-ils? Quels sont les substances et sédiments qui sont acheminés par les pores et les fissures de la roche?

Et les scientifiques doivent d'abord savoir où se trouvent les grottes et quelles sont leurs dimensions. Car elles ne sont pas toutes cartographiées, et de loin. «Ce sont nos collègues autrichiens qui repèrent par hélicoptère celles qui sont inconnues, en procédant à des mesures électromagnétiques», souligne l'hydrogéologue. L'appareil survole la zone karstique couverte de forêt vierge et envoie des ondes électromagnétiques dans le sous-sol. Comme le calcaire et l'eau conduisent ces signaux de manière différente, la méthode permet aux chercheurs de localiser les grottes submergées de façon assez précise.

**Des plongeurs-spéléologues mesurent les grottes au moyen d'un nouvel instrument submersible composé d'un laser et d'une caméra.**

Photo: Arnulf Schiller, Austrian Geological Survey

Pour mesurer leur taille, les chercheurs ont développé un instrument submersible, composé d'un laser et d'une caméra. Des plongeurs-spéléologues spécialisés s'aventurent avec ce dernier dans les grottes et déterminent ainsi leurs dimensions. «Les plongeurs nous ont aussi aidé à y placer des capteurs pour estimer le débit de l'eau», poursuit Philippe Renard. D'autres capteurs fournissent des indications sur les modifications du niveau de l'eau dans le système karstique, et d'autres instruments encore recueillent des données sur les propriétés des roches karstiques. «Nous utilisons aussi, bien sûr, des informations publiées par d'autres chercheurs», précise le spécialiste. Si l'on veut pouvoir prédire la formation du système karstique, on doit considérer des échelles de temps longues, et les fluctuations du niveau de la mer pendant la dernière ère glaciaire sont, par exemple, importantes.»

## Eau douce plus agressive

Selon lui, il est encore trop tôt pour parler de résultats définitifs. Les modèles mathématiques élaborés par ses docteurs Axayacatl Maqueda et Martin Hendrick ne sont pas encore terminés. «Mais aujourd'hui, nous comprenons mieux qu'avant la chimie des eaux souterraines dans la région», affirme-t-il. Des analyses chimiques menées dans le cadre du projet ont ainsi montré que l'eau douce, non mélangée à de l'eau de mer, est à elle seule beaucoup plus agressive qu'on ne le pensait jusqu'ici. Le haut niveau des eaux souterraines, le climat tropical et l'intense activité biologique augmentent la production de dioxyde de carbone, lequel, à son tour, entraîne une dissolution plus soutenue.

La mise au point de modèles relève de la recherche fondamentale. Néanmoins, le projet pourrait aussi déboucher sur des applications pratiques, notamment en matière de prévention de la pollution de l'eau. Les cénotes servent depuis l'époque maya de réservoirs d'eau potable aux habitants du Yucatan. Dans certaines de ces «salles de captage», l'eau est si propre que la visibilité y atteint jusqu'à 250 mètres. Mais depuis quelques années, à Tulum, les hôtels et autres infrastructures touristiques poussent comme des champignons. Dans un avenir proche, d'immenses quantités d'eaux usées pourraient donc pénétrer dans les réservoirs d'eau potable par le sous-sol karstique poreux. Or, pour prendre des mesures susceptibles de protéger de façon adéquate ce paysage géologique unique, il est nécessaire de connaître précisément le fonctionnement des systèmes de grottes.

Simon Koechlin est rédacteur en chef du magazine *Tierwelt* et journaliste scientifique.

