



Dans une mine du Nord du Mexique, une série de grottes abrite les plus grands cristaux de gypse du monde. Leur étude est en cours, avant qu'ils ne disparaissent à jamais...

Dans le désert de Chihuahua, au Nord du Mexique, le village de Naica s'est développé autour de l'une des plus grandes mines d'argent au monde. En 1910, cette mine est devenue célèbre, car les travaux d'excavation ont mis au jour, 130 mètres sous le niveau de l'entrée de la mine (située à 1385 mètres d'altitude) la « Grottes des épées » (*Cueva de las Espadas*), une cavité qui renfermait des cristaux de gypse atteignant deux mètres de hauteur, parmi les plus grands jamais découverts (les plus grands étant alors ceux de Mazan, dans le Vaucluse, atteignant 2,50 mètres). Cette grotte a malheureusement été presque entièrement pillée et ses cristaux sont aujourd'hui exposés dans les plus grands musées minéralogiques du monde.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'activité minière s'est intensifiée et a atteint l'aquifère thermal sous-jacent, à 130 mètres de profondeur. Pour permettre aux mineurs de travailler, d'énormes pompes ont été installées. À l'heure actuelle, les pompes évacuent toujours du fond de la mine plus d'un mètre cube par seconde d'eau à 54 °C, et le niveau de l'aquifère a baissé de 700 mètres environ.

En 2000, à 290 mètres de profondeur, on découvrit trois autres grottes, ressemblant à d'énormes géodes, qui abritent des cristaux de gypse incroyables. Dans la plus grande d'entre elles, nommée Grotte aux cristaux (*Cueva de los cristales*), se trouve une forêt de cristaux aux dimensions gigantesques : la plupart d'entre eux mesurent quatre à six mètres, et le plus grand cristal atteint 11 mètres ! Les autorités condamnèrent immédiatement les grottes avec des grilles pour empêcher tout pillage.

Entre 2001 et 2005, des visites ponctuelles furent organisées, mais il apparut rapidement qu'il était

impossible d'explorer et d'étudier efficacement les grottes de Naica de cette façon, en raison des conditions environnementales extrêmes. La température, notamment dans la Grotte aux cristaux, y atteint 46 °C. En effet, si la température augmente toujours avec la profondeur, les grottes de Naica se situent dans une ancienne zone volcanique, de sorte que la température augmente plus vite qu'ailleurs avec la profondeur. De surcroît, l'humidité relative y est proche de 100 pour cent. Dans ces conditions, le corps ne peut refroidir par évaporation de la sueur. La peau se réchauffe jusqu'à la brûlure. En outre, après à peine cinq minutes, inspirer l'air brûlant et humide devient un calvaire, et les poumons sont rapidement saturés en eau, tandis que le cœur travaille plus fort.

On peut quantifier l'hostilité de cet environnement par l'indice humidex, qui tient compte de la température et de l'humidité. Le corps humain souffre lorsque cet indice dépasse 35, et au-delà de 55, le danger est réel. Les grottes de Naica ont des index humidex compris entre 95 et 105. Elles sont donc très dangereuses ! *A posteriori*, maintenant que nous en savons plus sur ce milieu, nous sommes heureux d'en être sortis vivants à chaque fois !

En 2006, pour mener des recherches sur ces grottes, la Société *Peñoles*, propriétaire de la mine, la Société de production audiovisuelle mexicaine *C/Producciones* et l'Association italienne d'exploration géographique *La Venta* ont mis sur pied le Projet Naica. La première action a été d'organiser un suivi médical en temps réel des explorateurs et des chercheurs. Nous nous sommes attachés ensuite à mettre au point des combinaisons et des respirateurs spéciaux pour permettre un séjour prolongé à l'intérieur de la grotte.

L'ESSENTIEL

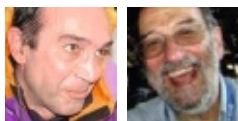
✓ En 2000, dans la mine de Naica, au Mexique, trois grottes abritant des cristaux de gypse géants ont été mises au jour. L'une contient des cristaux allant jusqu'à 11 mètres, sans doute les plus grands du monde.

✓ L'humidité et la température extrêmes qui y règnent rendent l'exploration de ces grottes difficile.

✓ Plusieurs expéditions ont cependant permis d'étudier ces cristaux géants.

✓ Ils seront engloutis à brève échéance par la remontée des eaux si rien n'est fait.

LES AUTEURS



Giovanni BADINO est professeur de physique à l'Université de Turin, en Italie.

Paolo FORTI est professeur de spéléologie à l'Université de Bologne.

1. LES CRISTAUX DE GYPSE

de la Grotte aux cristaux. Ils sont moins nombreux sur le plafond de la grotte que sur le sol. Cette répartition serait due à une stratification de la concentration en sulfate de calcium des eaux qui inondaient la grotte, la probabilité que la croissance d'un cristal soit initiée augmentant alors avec la profondeur.

Le Projet Naica rassemble des spécialistes de plusieurs disciplines. Les scientifiques qui en font partie sont issus d'une vingtaine d'Universités et organismes de recherche de par le monde. La coordination scientifique a été confiée au Département des sciences de la Terre et de l'environnement de l'Université de Bologne, en Italie. L'objectif du Projet était triple. Tout d'abord, explorer les cavités naturelles rencontrées par les galeries de la mine : entre 2006 et 2010, ce travail a été mené à bien, avec entre autres l'exécution d'un relevé précis de la Grotte aux cristaux et des cristaux eux-mêmes. Un autre aspect du Projet était la documentation de ces environnements incroyables : cet objectif a été atteint en 2010, avec la réalisation d'un documentaire scientifique et d'un film d'exploration, et des milliers de clichés haute résolution. L'étude scientifique de ces grottes est pour sa part toujours en cours.

Quand et comment se sont développés les cristaux de gypse géants ? Combien de temps a demandé leur croissance ?

Que vont-ils devenir ? Telles sont les principales questions auxquelles nous allons tenter de répondre.

Des conditions extrêmement stables

Les cristaux géants sont formés de gypse, c'est-à-dire du sulfate dihydraté de calcium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). D'où provient-il ? Durant des milliers d'années, l'acide sulfurique formé par l'oxydation de sulfides sous-jacents a réagi avec les roches sédimentaires (carbonate de calcium) pour former des eaux riches en sulfate de calcium (CaSO_4). Ce dernier précipite en général sous forme d'anhydrite. De fait, cette roche est massivement présente sur le site de Naica en dessous de 240 mètres de profondeur. Sous certaines conditions, les eaux riches en sulfate de calcium peuvent aussi précipiter sous forme de cristaux de gypse.

La présence de cristaux de gypse dans les grottes de Naica n'est ainsi pas étonnante. En revanche, leur gigantisme, mais aussi leur petit nombre, l'est plus. Pour

