

Attention, un karst peut en cacher un autre...

La karstologie expliquée par un nul, par Karst Marx Brother

RÉSUMÉ DES ÉPISODES PRÉCÉDENTS

Eh oui, revoilà Karst Marx Brother, le démêleur de pelotes karstologiques ! Il y a quelque temps, dans les *Spelunca* n° 124 (décembre 2011) et 133 (mars 2014), on avait expliqué que, depuis Martel et Cvijić, tout le monde sait bien que les grottes et les gouffres c'était juste de l'eau qui tombe sur du calcaire, qui se fraye son chemin à travers en creusant des puits par la magie du gaz carbonique, et pis qui ressort en bas dans les vallées via de grandes galeries où les rivières souterraines s'écoulent vers des ré-exurgences dites, comme de par hasard, karstiques. Eh bon, il suffit de regarder nos beaux karsts alpins et nos causses pour voir que c'est bien ça.

Oui, c'est vrai, chez nous ça marche apparemment très bien, mais... Mais alors, pourquoi il y a aussi des grottes dans des zones arides ? Dans ces déserts-là, où elle est la pluie ? Et les plantes pour fabriquer le gaz carbonique, où elles sont ? Là, faut bien admettre que ça marche plus très bien notre affaire... Mais au fait... Pourquoi il n'y aurait qu'une seule manière de faire des trous dans du calcaire ? Est-ce qu'en fin de compte on est vraiment sûrs que le karst c'est TOUJOURS de la pluie qui s'infiltré à travers le calcaire ?

Parole de savant, parole d'évangile ?

Pour « tchatcher » entre potes, les karstologues résumant souvent avec un seul mot à eux des choses pas si compliquées que ça quand on les explique avec une vraie phrase sujet-verbe-complément, et du coup ça ne les rend pas toujours faciles à suivre quand ils parlent leur langage de karstologues ; eh ben y'a pas qu'eux, les philosophes aussi sont balèzes à ce jeu-là : ceux qui s'occupent de la branche de la philo qui étudie comment ça fonctionne la connaissance scientifique (déjà, au départ, chercheurs de p'tites bêtes en plein vol, les mecs !), l'*épistémologie*, appellent ce qu'on a vu dans les deux premiers articles un *paradigme*. En gros, un paradigme c'est l'ensemble des théories sur une question donnée qui, à un moment donné, sont considérées comme prouvées et certaines.

Tiens, par exemple, au XVI^e siècle, ce qui était certain et prouvé c'est que la Terre est au centre de l'univers, et que

donc le Soleil tourne autour de la Terre. Galilée – et avant lui Copernic – qui affirmaient que la Terre tournait autour du Soleil étaient forcément des crétins, des illuminés ou des drogués. Pareil, au XVIII^e siècle, des poivrots affirmaient qu'ils avaient vu des météorites tomber du ciel, alors que tout le monde savait bien que les météorites sont des cailloux frappés par la foudre. Lavoisier, un des plus grands esprits de son temps, cloua sans problème le bec à ces imbéciles en énonçant une démonstration d'une logique imparable : « Les météorites ne peuvent pas tomber du ciel parce qu'il n'y a pas de pierres dans le ciel. ». Bon, ben ça, c'est fait.

Le problème des paradigmes, c'est qu'ils sont aussi souvent démontés que démontrés. Celui du karst de Martel et Cvijić a commencé à prendre des gçons, sans trop que ça se voie, il y a une quarantaine d'années.

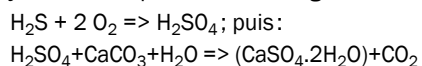
Le modèle se prend une karst à la crème...

En 1971, un Américain qui préparait tranquille son doctorat de géologie, Stephen Egemeier, avait choisi comme terrain de thèse la grotte de Lower Kane Cave, dans le Wyoming. Oh, pas bien grande cette grotte (330 m de développement), mais plutôt originale : elle est traversée par une petite rivière souterraine ; enfin, plus exactement de l'eau y sort de fissures dans le sol, une eau pas ordinaire, plutôt chaude (21 °C) et qui pue l'enfer (elle dégage de l'hydrogène sulfuré, un gaz toxique

qui sent les œufs pourris ou la fosse septique qui marche pas bien). Et puis aussi, alors que dans l'environnement géologique de Lower Kane Cave il n'y a pas un « pet » de gypse, bizarrement dans la grotte il y en a, des tonnes, par endroits sur plus de 4 m d'épaisseur ! Le gypse est un minéral hypersoluble (2 grammes par litre d'eau !) et du coup plutôt rare en spéléo parce que habituellement lessivé vite fait bien fait par l'humidité et les infiltrations : dans Lower Kane Cave, déjà qu'il n'a géologiquement

rien à faire ici, le gypse aurait été dissous bien avant le calcaire si la grotte s'était formée comme dans le modèle « normal » par les infiltrations d'eau de pluie, donc il ne serait plus là. Logique. Egemeier se grattait la tête et ne voulait pas trop planter son doctorat, mais la seule explication qui lui restait, c'est que ce gypse, sulfate de calcium, n'était pas là au départ mais s'était formé à la suite de la corrosion du calcaire non pas par l'acide carbonique comme d'hab', mais par de l'acide sulfurique, « achement » plus corrosif, produit par l'oxydation de l'hydrogène sulfuré dans l'air de la grotte, vous allez

voir, la formule se comprend très bien juste en comptant sur ses doigts :



Déjà, c'était gonflé de remettre en cause le modèle de la corrosion carbonique; mais en plus Egemeier démontra que l'eau de la grotte ne venait pas du tout de l'infiltration des pluies sur le massif de Big Horn dans lequel se développe la grotte, mais de celles tombées sur un autre massif assez lointain (les *Absaroka Mountains*): cette eau s'infiltrait jusqu'à une grande profondeur où elle trouve l'hydrogène sulfuré dont elle était gavée,

puis elle remonte en surface, loin de la zone d'alimentation, par un mécanisme de vases communicants: ça s'appelle une *source artésienne*. Lorsqu'il soutint sa thèse, personne ne put attaquer sa démonstration globale parce que tout était carré, nickel, argumenté, prouvé... Lower Kane Cave avait été creusée par de l'acide sulfurique fourni par de l'eau sulfureuse qui venait d'en bas, point barre. Les épistémologistes parlent d'une *tautologie* (Ptouy!) quand quelque chose est toujours vrai, eh ben avec ce contre-exemple, la tautologie du karst venait de tomber.

...Et le karst tend l'autre joue!

C'est marrant, mais dans l'histoire du savoir on voit souvent les grandes idées naître à plusieurs endroits quasiment en même temps: au même moment, à quelques milliers de kilomètres de là, au Nouveau-Mexique, des scientifiques qui travaillaient dans le système de Carlsbad Cavern se grattaient la tête eux aussi devant les montagnes de gypse qui s'y trouvent (photographie 1). Eux aussi se disaient que si la grotte avait été creusée par les infiltrations d'eau de pluie, il ne pourrait pas y avoir autant de gypse ici. D'ailleurs, de la pluie, bon, Carlsbad c'est dans le désert du Chihuahua et il y tombe un tout petit 250 mm par an... Pas vraiment de quoi creuser une maudite tanne, alors que Carlsbad ça commence par une salle de 80 m de hauteur sur autant de large et 300 m de longueur... Et ça continue sur des kilomètres comme ça. Il aurait fallu l'eau de la Durance pour creuser ça, pas trois pipis de chauves-souris au milieu des cactus...

Il y a bien un aquifère sous le désert du Chihuahua, mais assez profond. En dessous, tiens, y'a du gypse (la « *Castile formation* »), comme ça se trouve... Et encore au-dessous, à quelques milliers de mètres sous la grotte, il y a des grès grassement pétrolifères (la « *Bell canyon formation* »), d'ailleurs exploités pas très loin de là (photographie 2). Tous les réservoirs pétrolifères ont tendance à larguer du gaz, essentiellement du méthane, mais aussi de l'hydrogène sulfuré: tiens, tiens...

Et puis dans une autre grotte du coin, Parks Ranch Cave, une perte-résurgence qui se développe entièrement dans un niveau de gypse de la *Castile formation*, nos chercheurs se sont aperçus que dans les flaques d'eau il y avait plein de bactéries



Photographie 1 : Big Room, dans Carlsbad Cavern (Monts Guadalupe, Nouveau-Mexique) ; les banquettes épaisses qu'on voit au fond de la grande niche sont des dépôts de gypse massif, épais de deux à trois mètres, qui n'ont rien à faire dans une grotte « normale ». Cliché J.-Y. Bigot.



Photographie 2 : Au piémont des Monts Guadalupe (Nouveau-Mexique), à une quinzaine de kilomètres de Carlsbad Cavern... Notez que le climat du coin n'a vraiment pas grand-chose à voir avec le Vercors ni même avec les Causses... Cliché J.-Y. Bigot.

bizarres, qui se nourrissaient de matière organique et de gypse en larguant un max d'hydrogène sulfuré... Re-tiens, tiens... Peu à peu, nos karstologues furent amenés à conclure que Carlsbad Cavern s'était creusée non pas bêtement avec l'eau des pluies du massif, mais avec une eau

remontée des profondeurs et largement gavée d'un hydrogène sulfuré massive-ment fabriqué dans les couches profondes par des bactéries spécifiques, juste avec du gypse et du méthane. Avec ce deuxième exemple, le creusement des grottes par des remontées d'eaux

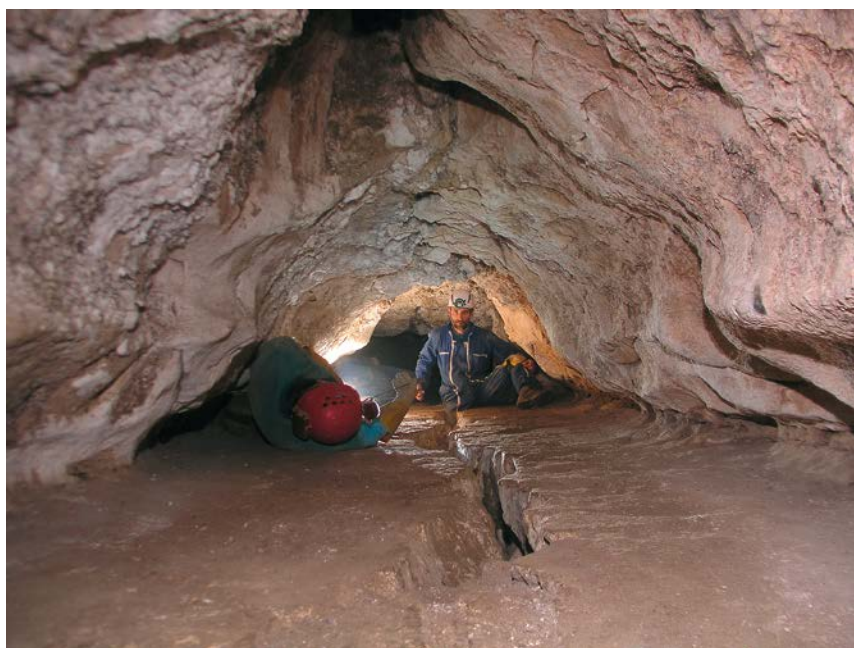
profondes et non pas par les infiltrations directes d'eau de surface, basé sur la corrosion par la chimie de l'acide sulfurique et non pas de l'acide carbonique, devenait un modèle de spéléogénèse à part entière, totalement distinct et différent du modèle martélien.

Y'a karst bien regarder pour bien voir!

Carlsbad et Lower Kane Caves, au début, ont été vues comme des sortes de « monstres karstologiques » exceptionnels et isolés, et le modèle de creusement, qualifié d'*hypogène* (du grec *upo* qui veut dire par-dessous, et *genos* qui signifie origine) par opposition à la corrosion « normale », dite *épigène* (du grec *epi*, qui, vous allez pas le croire, veut dire par-dessus), a d'abord été accueilli dans la communauté scientifique avec scepticisme, puis a été admis du bout des lèvres comme un phénomène marginal. Mais peu à peu on s'est aperçu que des grottes comme ça, avec de l'eau qui pue les œufs pourris et souvent plus ou moins chaude, en réalité on en connaissait un peu partout, et même souvent depuis l'antiquité où l'on s'y soignait, comme par exemple la grotte des Serpents à Aix-les-Bains (que d'ailleurs l'illustre Martel lui-même avait visitée en son temps... L'avait bien vu que c'était de l'eau hydrothermale, Martel, puisqu'elle en sort à une quarantaine de degrés, mais bon, les certitudes, surtout scientifiques, ont la peau dure, alors jusqu'au début des années 2000 la grotte des Serpents, ben... Rien, quoi, c'était une grotte qui pue, point barre!).

Du coup, on a commencé à regarder d'un autre œil plein de grottes qu'on ne comprenait pas trop auparavant, dont la topographie semblait bien un peu bizarre par rapport à la logique du modèle drainant « normal », le classique transfert vertical-transfert horizontal, ou bien qui recelaient des minéraux qui n'ont *a priori* pas grand-chose à faire dans du karst (des

concrétions d'oxyde de fer, des sulfures comme la galène ou la baryte...): soudain, ces grottes qui ne ressemblaient à rien prenaient un sens et collaient dans le modèle hypogène. On ne l'avait tout simplement pas compris avant, et pourtant, parfois, il n'y avait pas à aller chercher bien loin pour trouver la source sulfureuse à l'origine du creusement de la grotte,



Photographies 3 et 3 bis : galerie caractéristique de spéléogénèse sulfurique dans la grotte du Chat (Daluis, Alpes-Maritimes), et son clone parfait dans la grotte d'Acqua Fitusa (San Giovanni Gemini, Sicile). Une même morphologie parce qu'un même processus : l'oxydation en acide sulfurique de l'hydrogène sulfuré libéré par l'eau artésienne qui remonte des profondeurs par une fissure (« feeder ») se produit juste au-dessus de la surface de l'eau, où il rencontre l'oxygène de l'air. Du coup, c'est à ce niveau que se produit le maximum de corrosion, alors que sous la surface de l'eau il n'y a pratiquement pas d'oxydation, donc peu d'acide sulfurique et donc pas de corrosion. Le résultat, c'est que la galerie s'élargit au niveau de la surface de l'eau, alors que juste en dessous de la surface de l'eau le plancher ne se corrode pas : ce qui donne au plancher une horizontalité quasiment parfaite avec la fissure en évidence au milieu, et à la galerie un profil triangulaire caractéristique. Clichés J.-Y. Bigot.



Photographie 4 : Le « glacier de gypse » de Glacier Bay, dans Lechuguilla Cave (Monts Guadalupe, Nouveau-Mexique) ; à cet endroit, les énormes dépôts de gypse provoqué par la corrosion du calcaire pur et dur par les remontées d'hydrogène sulfuré forment une « coulée » de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, avec des « séracs » et des « moulins » creusés par les gouttes d'eau de condensation. Cliché Lukas Plan.

comme dans le cas de la grotte du Chat dans les Alpes-Maritimes, ou de la grotte d'Acqua Fitusa (littéralement « l'eau qui pue ») à San Giovanni Gemini, province d'Agrigente en Sicile (photographies 3 et 3 bis) : il n'y avait aucune raison pour qu'un unique processus soit capable de creuser des galeries dans le calcaire, encore fallait-il accepter de remettre en cause les certitudes du modèle karstologiquement correct.

Tiens, il y en a une aussi qui est brillamment entrée dans le modèle hypogène sulfurique et que vous connaissez tous de nom : Lechuguilla... Eh oui ! La grotte réputée comme l'une des plus belles du monde n'a rien à voir avec ce qu'on vous a appris sur la formation « normale » des grottes... (photographies 4 et 5).

Plus récemment, les quelques karstologues qui se sont penchés sur cette autre manière de créer des grottes ont même compris que, parfois, les eaux qui traversent le calcaire de bas en haut et non de haut en bas, *artésiennes* donc, n'ont pas forcément besoin de relâcher de l'hydrogène sulfuré pour bouffer le calcaire : sans chercher les complications géologiques, à grande profondeur, il y a plein de bon gros gaz carbonique, et rien qu'à cent mètres sous une source artésienne, la pression hydrostatique est dix fois celle de la pression atmosphérique : du coup, en bas, les eaux se chargent pire qu'une « binouze », et quand elles remontent c'est comme quand

on décapsule une cannette... CO₂ à gogo ! C'est pour ça que certaines eaux minérales sont naturellement gazeuses, et du coup acides, et du coup aident bien à digérer le haricot de mouton de mémé. Et aussi à digérer le bon vieux calcaire, et c'est comme ça que selon certains karstologues se serait par exemple formée la grotte de l'Adaouste, dans les Bouches-du-Rhône. Il y avait donc en réalité non pas un modèle de spéléogénèse différent du modèle

martélien, mais deux : un modèle hypogène qui fonctionne avec la chimie de l'acide sulfurique, et un autre qui fonctionne avec la chimie de l'acide carbonique.

Mais après tout, au fond ou en surface, faire des trous dans le calcaire, c'est toujours une histoire d'eau. Mouais... Hum... Toujours ?

Suite au prochain numéro...



Photographie 5 : Chandelier Ballroom (Lechuguilla Cave, Nouveau-Mexique) ; cette salle, avec ses énormes concrétions de sélénite (c'est juste du gypse recristallisé en très gros cristaux), est emblématique de Lech. Cliché Lukas Plan.