

Les merveilles du royaume d'Hadès

Jean DEPASSE

Les clichés en couleur qui illustrent cet article ont été réalisés grâce à la Fondation François Delhez.

RÉSUMÉ

Cet article, tiré d'un exposé donné devant les Chercheurs de la Wallonie, se veut simplement une introduction à l'étude des concrétions des grottes.

ABSTRACT

This paper is only an introduction to the study of cave concretions.

1. INTRODUCTION

Il y a quelque temps, les Chercheurs de la Wallonie m'ont donné l'occasion de leur présenter un exposé dans lequel j'ai rassemblé les plus belles photos que j'ai eu la possibilité de réaliser au cours de plus de 2 000 explorations souterraines. Je ne suis pas un scientifique, mais simplement un admirateur de la beauté du monde souterrain. Je prie donc les lecteurs de faire preuve d'indulgence, mais je souhaite néanmoins qu'ils trouvent ici matière à émerveillement et à réflexion.

2. LE MONDE MINÉRAL

La plupart des grottes se forment dans des massifs calcaires (karst) sous l'action de l'eau, à la fois chimique (dissolution) et mécanique (érosion). On pense à présent que des phénomènes tectoniques interviennent préalablement. Mais on connaît aussi d'importantes cavités dans la glace, la lave et même dans le gneiss, roche particulièrement résistante mais dont pourraient avoir raison certains microorganismes...

Dans la suite de cet exposé, je me limiterai aux grottes « classiques », creusées dans le calcaire, et aux concrétions que l'on y rencontre.

Avec l'obscurité qui y règne, les concrétions (ou « spéléothèmes ») sont certainement une des caractéristiques essentielles, aux yeux du public, du monde souterrain. Elles consistent, géologiquement parlant, en des épaissements par accumulation de matière autour d'un noyau ou sur une surface, d'origine chimique ou biochimique. Les matières

formant ces épaissements sont variées, mais trois sont particulièrement bien représentées.

- La calcite est un carbonate de calcium (CaCO_3) qui cristallise dans le système rhomboédrique (cristaux à six faces losangiques égales). C'est le minéral qui constitue la plupart des concrétions dans nos grottes.
- L'aragonite a exactement la même formule chimique que la calcite, mais cristallise dans le système orthorhombique (prisme droit à base losangique). À l'état pur, elle est blanche et translucide. Moins fréquente que la calcite car plus instable, l'aragonite n'en forme pas moins des concrétions remarquables et parfois de très grande taille. Ces deux formes de carbonate de calcium peuvent, selon les conditions, se transformer de l'une en l'autre (par exemple, sous l'influence de la température ou la présence de certains ions, jouant le rôle de catalyseurs) et, dans certaines concrétions, on peut observer une étroite imbrication des deux formes cristallines. Ces phénomènes sont encore mal connus et leur explication controversée.
- Le gypse est un sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) qui cristallise dans le système monoclinique (cristaux en plaquettes ou en fibres). Les cristallisations de gypse sont beaucoup plus rares et se rencontrent surtout dans les parties les mieux ventilées et sèches des cavités, en présence de pyrite (catalyseur ?). Néanmoins, dans certaines grottes, on trouve parfois de véritables « glaciers » de gypse de plusieurs milliers de m^3 , comme par exemple à Lechuguilla (Nouveau Mexique) ou à la Cigalère (Ariège).

- Enfin, si ces trois minéraux constituent l'essentiel des spéléothèmes, il ne faut pas pour autant oublier les contributions, plus rares mais tout aussi merveilleuses, d'autres substances : divers sulfates (de sodium, de magnésium, ...), quartz (SiO_2), lave, glace (grottes des régions froides ou de haute altitude), sel (dans les régions sèches), ... De plus, la présence d'oxydes de fer, de manganèse, de cuivre, ... ou d'acides humiques confère parfois aux concrétions des couleurs extraordinaires.

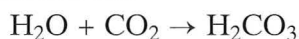
3. FORMATION DES CONCRÉTIIONS

Tout le monde connaît les stalactites (« qui tombent ») et les stalagmites (« qui montent »). Il existe cependant bien d'autres formes de concrétions. Certaines n'ont été découvertes que récemment (comme par exemple les baguettes de gour) et les processus présidant à leur formation sont, pour quelques unes, encore sujet à controverse. Dans ce modeste article, je me limiterai aux concrétions les plus connues, en particulier celles évoquées ci-dessus.

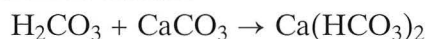
3.1. Les stalactites

L'eau, riche en sels divers et provenant des précipitations, traverse le sol surplombant la grotte et se charge en gaz carbonique, devenant ainsi acide. En s'infiltrant dans les fissures de la roche, elle dissout le calcaire, qui passe sous forme de bicarbonate de calcium, soluble et instable. Dans la grotte, l'eau s'évapore et perd une partie de son CO_2 , ce qui entraîne la précipitation d'une partie du carbonate de calcium à la périphérie de la goutte sous forme d'un anneau monocristallin. Peu à peu se forme ainsi un tube très fin et très fragile qui peut s'allonger parfois sur plusieurs mètres et que l'on appelle *fistuleuse*, *tubiforme* ou encore *macaroni*. Tout le processus peut se résumer dans les trois équations chimiques suivantes :

Acidification de l'eau



Corrosion du calcaire



Précipitation



Mais le débit de l'eau n'est pas nécessairement constant et il arrive que le canal central se bouche. L'eau s'écoule alors sur les flancs de la fistuleuse, entraînant son épaissement et la formation d'une stalactite « classique ». L'apparition de fistuleuses exige une roche poreuse. C'est pourquoi on en voit fréquemment dans des galeries artificielles en béton.

3.2. Les stalagmites

À l'aplomb de la stalactite, la goutte d'eau tombe sur le sol de la grotte. Si elle n'a pas, comme c'est souvent le cas, épuisé tout son carbonate de calcium dans la formation de la stalactite, elle va déposer le reste sur le plancher où, peu à peu, il va se former une stalagmite. La taille et la forme de cette dernière va bien sûr dépendre, comme dans le cas de sa cousine d'en haut, du débit de l'eau, de son contenu en sel, mais aussi de la hauteur de la chute et de la nature du plancher (argile, roche, ...). D'une manière générale, les stalagmites sont plus épaisses et présentent une base plus large en raison des éclaboussures (combiné à des phénomènes de capillarité, cela explique peut-être les stalagmites en « piles d'assiettes » ou en « feuilles de palmier »). À la longue, stalactite et stalagmite peuvent se rencontrer et former une *colonne*. Dans les cavités où l'infiltration de l'eau (le débit) est trop rapide, il n'y a pas de stalactites mais seulement des stalagmites. La fig. 1 montre ces principaux types de formations : fistuleuses et stalactites descendant de la voûte, stalagmite (beaucoup plus massive) s'élevant du plancher. On peut voir aussi des draperies (dans le fond) et, à l'avant plan, une très belle coulée stalagmitique.

La vitesse du concrétionnement est extrêmement variable (le chiffre de 1 cm^3 par siècle, souvent cité aux visiteurs des grottes touristiques, n'a aucune valeur scientifique). Elle dépend de nombreux facteurs : climat, nature et pureté de la roche, circulation de l'air dans la cavité, ... et la taille de la concrétion ne peut être un indice de son âge. À l'heure actuelle, grâce aux méthodes de datation au carbone 14 et à l'uranium-thorium, on peut estimer de plus en plus précisément l'âge des concrétions. Certaines mettent des dizaines de milliers d'années à se former, d'autres sont beaucoup plus rapides.

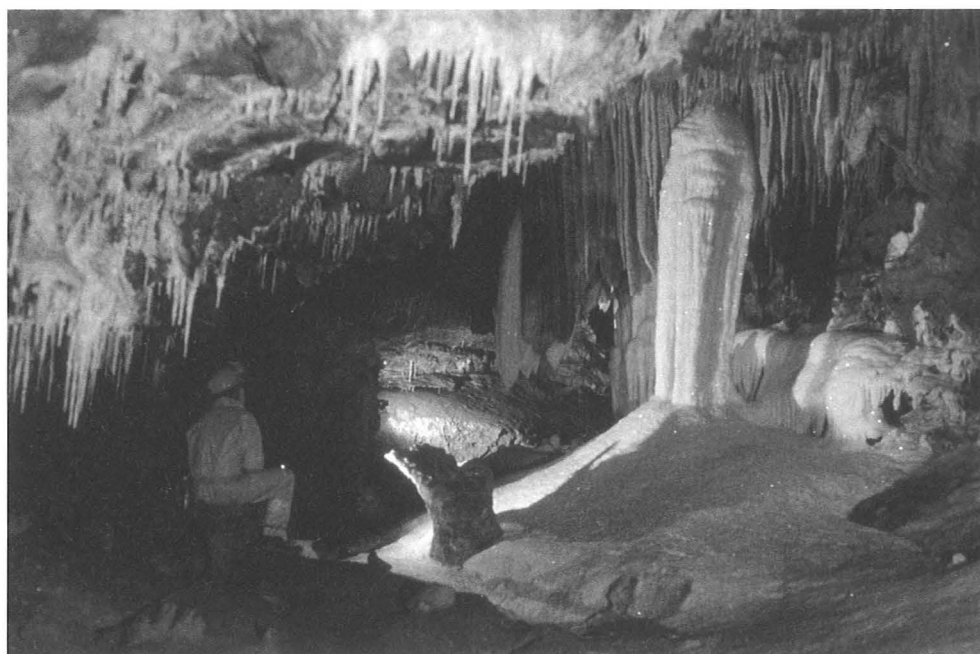


FIG. 1. – Stalactites, fistuleuses, stalagmites, coulées de calcite, draperies et plancher stalagmitique

L'étude minéralogique des concrétions est bien sûr passionnante et il reste beaucoup à faire dans ce domaine. Au début du siècle dernier, Prinz, un de nos compatriotes, a consacré à ce sujet un travail remarquable qui n'a pas encore été égalé à ce jour. Néanmoins, les techniques modernes, comme par exemple le microscope électronique à balayage, ont permis de lever quelques mystères. Pourtant, il reste encore bien des questions en suspens. Quelle est l'importance de l'argile dans les phénomènes de cristallisation ? Quel(s) rôle(s) joue(nt) certains microorganismes (bactéries et champignons microscopiques) dans la formation des spéléothèmes (et peut-être même des grottes !) ? Comment expliquer les formes parfois incroyables, et semblant défier les lois de la pesanteur, prises par des concrétions : phénomènes de capillarité, direction des courants d'air, ... ?

En outre, les concrétions reflètent souvent avec précision les conditions climatiques externes et constituent ainsi de véritables archives paléoclimatiques.

4. CLASSIFICATION DES CONCRÉTIONS ET QUELQUES EXEMPLES

Au vu de l'extraordinaire diversité de ces formations, il est bien difficile d'en donner une

classification à la fois simple, claire et précise. Ici, je me bornerai à distinguer quatre types :

- concrétions à débit d'eau gravitaire, formées par écoulement d'eau et dépôt de matière minérale (stalactites, stalagmites, gours, ...);
- concrétions à débit d'eau très réduit, soumis en outre à des forces capillaires et de tension superficielle (excentriques, disques, ...);
- concrétions subaquatiques, se développant entièrement sous l'eau, stagnante ou courante (perles de caverne, ...);
- concrétions « organiques », vraisemblablement induites par l'action de microorganismes (baguettes de gour, ...).

Au sein d'une même cavité, diverses formes de concrétions vont se développer ici ou là, comme le montre schématiquement la fig. 2 (il faut cependant noter qu'il est rare de rencontrer, dans une seule et même grotte, toutes ces sortes de concrétions !). D'autre part, en fonction du régime hydrique de la région, on aura généralement des grottes finement décorées sous un climat tempéré, des grottes peu concrétionnées sous un climat froid et des grottes avec des concrétions nombreuses et variées sous un climat chaud et humide.

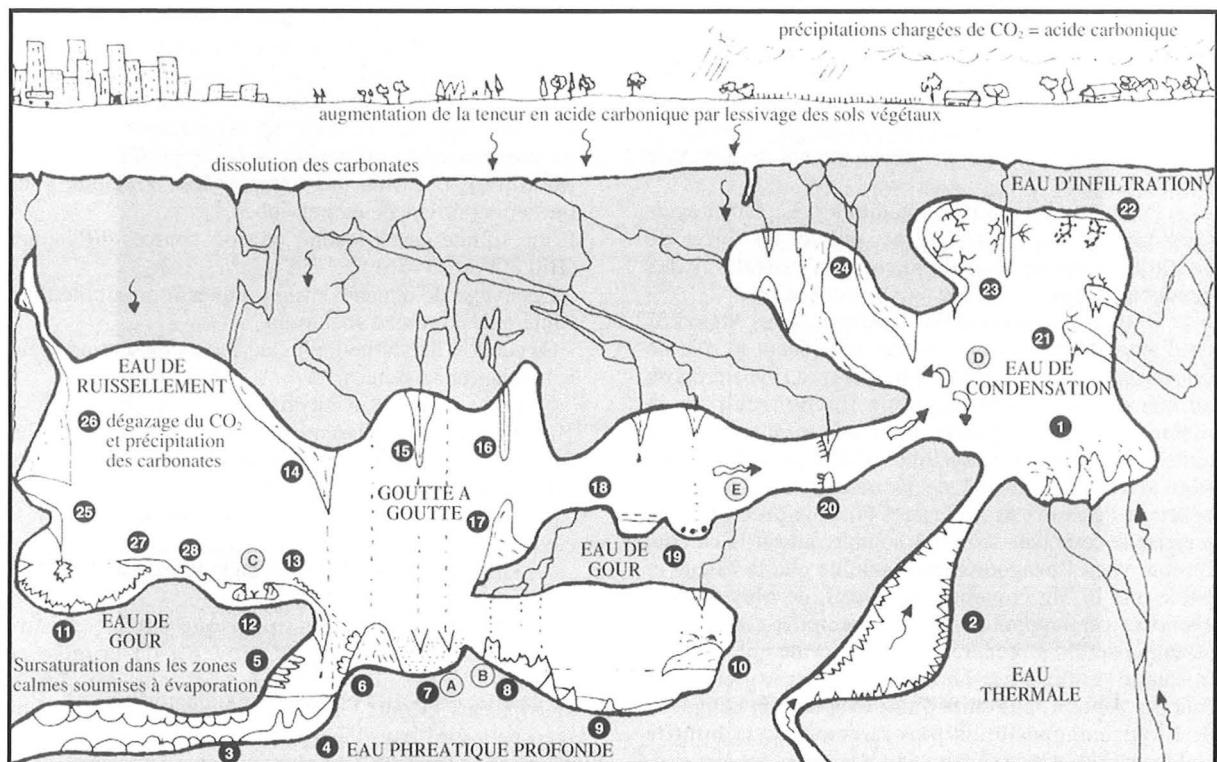


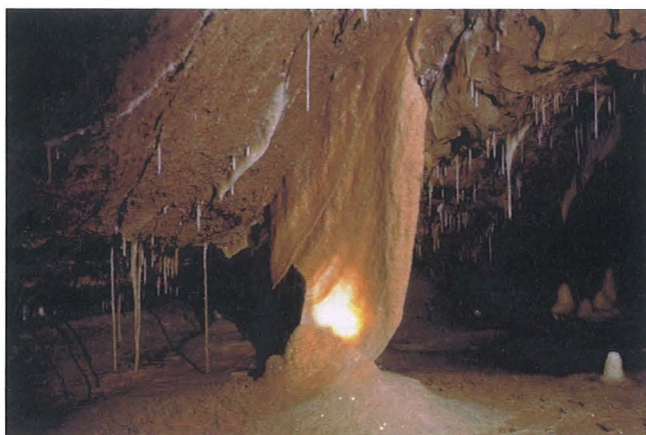
FIG. 2. – Schéma de formation des concrétions carbonatées (calcite – aragonite) [extrait de Martaud (1997)]

- | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| ① geysermite | ⑪ cristaux de gour | ⑳ disques | Ⓐ sable |
| ② cristaux | ⑫ baguettes de gour | ㉑ anthodites et coralloïdes | Ⓑ argile |
| ③ concrétions en « nuage » | ⑬ moonmilk | ㉒ excentriques | Ⓒ bactéries |
| ④ tours coniques | ⑭ draperie | ㉓ colonne | Ⓓ microclimat confiné |
| ⑤ feuilles | ⑮ stalactite | ㉔ stalactite en écouvillon | Ⓔ courant d'air |
| ⑥ choux-fleurs | ⑯ fistuleuse | ㉕ coulées | |
| ⑦ conulites | ⑰ stalagmite | ㉖ trottoir de gour | |
| ⑧ sapins d'argile | ⑱ calcite flottante | ㉗ microgours | |
| ⑨ gours en escalier | ⑲ perles des cavernes | | |
| ⑩ méduse | ㉘ stalactites en brosse à dents | | |

La figure 3 montre quelques exemples de belles concrétions, photographiées au cours de mes visites souterraines.

- a) *Draperie* : l'écoulement de l'eau le long d'un plafond oblique explique cette formation en rideau translucide. La présence de divers oxydes (en particulier de fer) ou d'acides humiques confère parfois à la draperie un aspect en « tranche de lard ».
- b) *Gour* : il s'agit de vasques atteignant parfois plusieurs mètres de diamètre, parfois seulement quelques millimètres (on parle alors de microgours). Ces formations proviennent d'un écoulement laminaire de paroi (fin film d'eau chargé de sels) qui, lorsqu'il rencontre un obstacle (aspérité de la roche), dépose un barrage de calcite, donnant ainsi un aspect en bassins superposés. La pente influe bien sûr la morphologie des

- gours. Lorsque l'écoulement s'arrête, un gour peut devenir le siège d'une concrétion « statique », comme par exemple une *cou-pelle* ou *calice*, comme le montre la photo.
- c) *Perles de caverne* (ou *pisolithes*) : ces curieuses formations résultent du dépôt de minces pellicules de calcite autour d'un noyau central (grain de quartz, boulette d'argile, fragment d'os de chauve-souris, ...). Un faible mouvement tourbillonnaire de l'eau dans une vasque suffit à leur conférer une forme plus ou moins arrondie, mais on connaît aussi des perles de caverne de forme cubique, en toupie, tandis que d'autres sont agrémentées de petites aspérités. On les rencontre généralement en « nids », mais pas nécessairement dans des gours. Leur taille est très variable (de quelques millimètres à plus de dix



a) Draperie



b) Gour



c) Perles des cavernes



d) Excentriques de calcite



e) Concrétions d'aragonite



f) Concrétions organiques

FIG. 3.

centimètres) et leur formation est parfois très rapide (on peut en trouver de véritables amas dans des tunnels désaffectés depuis relativement peu de temps).

- d) *Excentriques de calcite* : ce sont des formations généralement monocristallines qui apparaissent indifféremment au plafond, sur le sol ou sur les parois, mais aussi sur d'autres concrétions (stalactites, stalagmites, colonnes ou draperies) ou même sur des morceaux de calcaire isolés ou un fragment d'os. Elles présentent en leur centre un très fin canal capillaire et peuvent affecter les formes les plus extravagantes, ainsi que des tailles très variées (de quelques millimètres à quelques décimètres). Parfois, elles se terminent en « clochette » ou en « haricot ». Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer la formation de ces concrétions qui défient les lois de la pesanteur en se comportant parfois à l'inverse d'une honnête stalactite. La plus vraisemblable est peut être celle des courants de convection, infimes courants d'air qui s'établissent entre sol et voûte, centre de la galerie et paroi, etc., en raison des différences de température entre ces points. Ils suffiraient à provoquer une plus forte évaporation du côté d'où vient l'air, entraînant une cristallisation plus rapide dans cette direction. Mais il est très probable que des phénomènes de capillarité interviennent également dans la formation des excentriques, et peut-être même des agents biologiques : on a en effet observé de fins filaments mycéliens enrobés de calcite à l'extrémité de certaines excentriques.
- e) *Concrétions d'aragonite* : ainsi que je l'ai expliqué plus haut, l'aragonite a exactement la même formule chimique que la calcite, mais cristallise dans un autre système. Les différences de solubilité entre ces deux formes expliquent sans doute, en partie, pourquoi on voit apparaître tantôt l'une et tantôt l'autre : une solution riche en carbonate de calcium laisse d'abord précipiter la calcite, moins soluble que l'aragonite. Une lente arrivée d'eau dans une atmosphère très sèche ou un courant d'air important peuvent entraîner une évaporation rapide au point que le seuil de saturation en calcite sera dépassé avant même le début du dépôt du calcaire en solution. On se trouve

alors d'emblée dans la zone de saturation de l'aragonite. Les concrétions d'aragonite peuvent parfois excéder le décimètre et prendre des aspects plumeux ou en touffe.

- f) *Concrétions organiques* : contrairement aux photos qui précèdent, prises dans le fameux réseau Lachambre (Pyrénées-Orientales), ce dernier document a été photographié chez nous. Je ne donnerai pas la localisation exacte de la cavité dans laquelle se trouve cette curieuse formation, car des études sont en cours et nous ne voulons pas courir le risque d'une visite de vandales. On peut voir, au centre d'une zone de microgours, une petite vasque dans laquelle se trouvent de fins filaments blancs de quelques centimètres de long. Le tout dégage une odeur soufrée. À plusieurs reprises, on a signalé la présence de Bactéries et de Champignons microscopiques dans des concrétions souterraines, notamment dans la grotte de Clamouse. Récemment, on a même découvert un nouveau type de spéléothème, les baguettes de gours, dont la formation par des agents biologiques a été démontrée (*cf. supra*). Mais il reste encore bien des points à éclaircir et des recherches à poursuivre dans ce domaine ...

Il reste surtout à protéger ces merveilles des vandales, des marchands de minéraux et du tourisme de masse.

Remerciements

Je tiens à remercier les Chercheurs de la Wallonie pour leur accueil chaleureux et la possibilité qu'ils m'ont offerte de publier ce travail. M. Michel Dethier m'a apporté son aide pour sa rédaction. Qu'il trouve ici l'expression de mon amicale reconnaissance.

Bibliographie

Cet article de vulgarisation n'a pas de prétention scientifique. Il est simplement destiné à faire partager mon amour et mon émerveillement pour les trésors du monde souterrain. Il serait donc vain de le faire suivre d'une liste bibliographique abondante et pointue. Néanmoins, à ceux qui désireraient en savoir plus, je me permets de recommander les lectures suivantes (liste non exhaustive !).

ADOLPHE J.-P., CHOPPY J. & B., LOUBIÈRE J.-F., PARADAS J. & SOLEILHAVOUP F., 1991. « Biologie et concrétionnement : un exemple, les baguettes de gours », *Karstologia*, 18 : 49-55.

- BEELLEN J.-P., 1985. «Le concrétionnement. Principe général», *Clair-Obscur*, 42 : 16–20.
- CABROL P. & MANGIN H., 2000. *Fleurs de pierre*, Lausanne, Delachaux & Niestlé, 191 p.
- GERBER V., 2000. *La formation des concrétions*. Cours réalisé dans le cadre du brevet initiateur de l'UBS, dactylographié, 5 p.
- HILL C. & FORTI P., 1997. *Cave Minerals of the World*, Huntsville (USA), National Speleological Society, 463 p.
- MARTAUD A., 1997. «Les concrétions des grottes», *Le Règne minéral*, 16 : 4–49.
- MASSARD Cl., 2001. «Les cristallisations du réseau André Lachambre, Pyrénées-Orientales (France)», *Geological Survey of Belgium Professional Papers*, 295 : 36–37.
- SIFFRE M., 1984. *Stalactites, stalagmites*, Siffre, Coll. «Beautés souterraines», 32 p.
- SIFFRE M., 1994. *Les minéraux des cavernes*, Siffre, Coll. «Les Merveilles du monde souterrain», 32 p.
- THINÈS G. & TERCAFS R., 1972. *Atlas de la vie souterraine*, A. De Visscher, 161 p.
- VERHEYDEN S., 2001. «Les concrétions, enregistreurs naturels», *Geological Survey of Belgium Professional Papers*, 295 : 133–134.
- WILLEMS L., POUCKET A. & VICAT J.-P., 2001. «Problématique des karsts en roches silicatées non carbonatées. La grotte Mfoula, un cas dans les gneiss du Sud Cameroun», *Geological Survey of Belgium Professional Papers*, 295 : 135–139.

Adresse de l'auteur :

Jean DEPASSE

Rue de Nivelles, 8

B-6181 Gouy-les-Piéton

E-mail : Depasse.Jean@caramail.com