



Jean-Michel OSTERMANN

De nombreuses cavités du Khammouane contiennent des concrétions creuses, sous forme de bordure ou de stalagmite. Ces spéléothèmes sont formés par un mouvement ascensionnel de l'eau contrairement aux classiques stalagmites dont l'alimentation vient du plafond. Ce mouvement d'eau peut être la capillarité, la condensation ou un flux direct (principe du geyser) (Hill et Forti, 1997).

## Spéléothèmes originaux du Khammouane, Laos (Chapitre 3)

# Stalagmites creuses et bordures



### Stalagmites creuses

Les stalagmites creuses ont l'apparence d'une stalagmite « normale », mais sont construites autour d'une cavité dont la largeur représente au moins la moitié du diamètre de la concrétion (photo 2). Ce concrétionnement est parfois foisonnant, avec des formes en choux-fleur comme pour les bordures, mais généralement épais de 2-3 centimètres au plus, parfois quelques millimètres. La hauteur est généralement de quelques centimètres, les plus grandes dépassant le mètre.

Elles sont parfois regroupées, comme dans la chambre des Aliens à Tham Koun Don découverte lors de l'expédition de 2013, qui en comporte environ une trentaine (photo 1), ou dans les parties hautes de Tham Phi Seu. On les différencie facilement des autres stalagmites à l'absence de percolation au plafond. Contrairement aux bordures, on n'observe pas de cavité sous-jacente, le cylindre étant généralement obstrué au niveau de la base de la concrétion, mais la faible diamètre relatif favorise l'obstruction.

Ces formations creuses s'apparentent à des geysermites qui sont des concrétions caractéristiques des réseaux hypogéens, car formées par un flux hydrothermal ascendant, comme pour un geyser.

Dans le cas présent, il nous est difficile d'affirmer que le processus génétique est le même.

L'abondance de bordures dans les cavités à stalagmites creuses peut laisser penser que l'origine de ces formations est identique, soit un flux d'air chaud ascendant avec phénomène de condensation-corrosion, mais que la forme des concrétions est due au diamètre de l'orifice de sortie de l'air. Il est d'ailleurs parfois difficile de classer certaines formations dans l'une ou l'autre catégorie.

L'origine hypogénique du flux d'air chaud ascendant reste à prouver formellement.

### Concrétions en bordure

Il s'agit de spéléothèmes croissant autour d'orifices au sol, au milieu de coulées de calcite (photo 3) ou en paroi de galerie (photo 4), en relation avec des parties profondes et ventilées de la cavité (événements). On les trouve aussi parfois en milieu d'éboulis (photo 5), ou le long d'une fissure. Ils peuvent être isolés ou en groupes.

La partie extérieure est dure, parfois hérissée de concrétions en forme de choux-fleurs, mais l'intérieur est de consistance pulvérulente. L'épaisseur du concrétionnement n'excède pas généralement quelques centimètres, peut être très fin (quelques mm, photo 6), mais peut être foisonnant et épais d'une dizaine de cm, alors que la hauteur peut atteindre plusieurs dizaines de cm.

On remarque sur certains exemples un aspect de draperie inversée avec même des petites stalagmites témoignant de la force du courant ascensionnel. Le diamètre des événements peut atteindre 80 cm dans nos observations (Tham Lô). L'examen de l'intérieur de la formation permet de voir des lamines de croissance (photos 7 et 8) généralement tout le long du tube qui les a générées.

Si la plupart des concrétions en bordure sont en calcite ou aragonite (Mouret et Al, 2009), nous en avons remarqué en gypse (Tham Lô, photo 3). Il nous a été possible d'observer dans Tham Koun Don, grâce à une cavité sous-jacente, l'intérieur de ce type de formation : on remarque le début du concrétionnement dès la partie rétrécie de l'orifice, alors que la roche est encore épaisse.

Parfois l'événement se résume à un cylindre creux et très régulier, creusé à l'emporte pièce, pouvant atteindre 4,5 m de hauteur, comme dans Tham Peung (Grommild, 2009 - photos 7 et 8).

Le concrétionnement est alors visible tout le long du cylindre dans la plupart des cas. Une des bordures de Tham Peung

(photo 9) montre cependant que le concrétionnement ne débute qu'à fleur de sol, au dessus de la roche. Quoi qu'il en soit, la régularité de ces cylindres et leur profondeur indique une corrosion puissante et remontante. Aucun flux d'air émanant de ces événements n'a été perçu, à l'exception d'un cas dans Tham Peung où la ventilation est puissante. Les phénomènes physico-chimiques ayant conduit à leur formation ne semblent pas actuels.

Les concrétions en bordure ont été observées dans les cavités hautes par rapport au niveau de base (Tham Lô), et les parties sèches de nombreux réseaux du Khammouane (Tham Houay Sai, Tham Koun Don, Tham Phi Seu, Tham Louang, Tham Peung, etc.). Nous avons remarqué notamment dans Tham Koun Don une proximité immédiate (quelques dizaines de mètres) entre bordures et stalagmites creuses.

Selon Hill et al (1997), mais également Davis (2000), les bordures se forment par ascension d'un flux d'air chaud et humide, sous saturé, qui condense et corrode la roche en place tout en s'enrichissant en carbonate de calcium et autres substances solubles (phénomène de condensation-corrusion), puis on a ascension par capillarité, et migration de l'eau condensée sur les parois du tube sous l'influence du flux d'air ascendant.

Le dégazage du CO<sub>2</sub> à l'arrivée à l'air libre par décompression/refroidissement et turbulences entraîne alors un dépôt de minéraux sur les bords de l'orifice.

Cette hypothèse a été discutée parfois de manière épique (Klimchouk et Maltsev 1997, Green et Davis, 2001).

Il est intéressant de se rappeler ici que dès le 17<sup>e</sup> siècle, une des théories de formation des spéléothèmes était celle de la « vapeur pétillante » d'origine profonde (Shaw, 1992).

Photo 1 : La chambre des Aliens dans Tham Koun Don : exceptionnel regroupement de stalagmites creuses. On remarque l'absence de stalagmites.

Photo 2 : Stalagmite creuse corrodée dans Tham Koun Don.

Photo 3 : Bordures hautes dans une coulée de calcite à Tham Lô.

Photo 4 : Bordures en paroi sur fissure (Tham Lô).

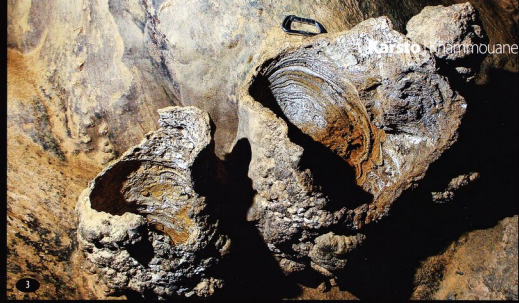
Photo 5 : Le Bénitier : bordure de gypse en milieu d'éboulis dans Tham Lô.

Photo 6 : Bordure fine au sol dans Tham Louang.

Photo 7 et 8 : Intérieur d'un événement dans Tham Peung.

Photo 9 : Bordures autour d'événements en paroi dans Tham Peung. Le concrétionnement ne débute qu'à partir de l'arrivée dans la galerie.

Photos H. Steiner



**Bibliographie**

Davis D. G., 2000: Extraordinary features of Lechuguilla Cave, Guadalupe Mountains, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies* 62 (2) : p. 147-157.

Ghommidh C., 2009: Tham Prung, in *Rapport Xé Ban Fai* 2007-2008, p. 33-34.

Green D.J., Davis D.G., 2001 : Discussion/Reply: «Extraordinary features of Lechuguilla cave, Guadalupe Mountains New Mexico». *Journal of Cave and Karst Studies*, April 2001, p. 48-50.

Hill C., Forti P., 1997 : Cave minerals of the world. National Speleological Society, 463 pp.

Klimchouk A.B., Nardkin Y. M., Cunningham K. L., 1997 : Speleothems of aerosol origin: reply. *Journal of Cave and Karst Studies*, April 1997, p. 45-47.

Maltsev, 1997 : Speleothems of aerosol origine: discussion. *Journal of Cave and Karst Studies*, April 1997, p. 43.

Mouret C., Lapointe P., 2009 : Mineralogy of mineral deposits in hypogenic Phiseua cave, Khammouane, central Laos. 15 th Int. Congr. of Speleology proceedings, p. 312-317.

Shaw T., 1992 : History of cave science. The exploration and study of limestone caves, to 1900. Ed. Sydney Speleological Society, 338 pp.