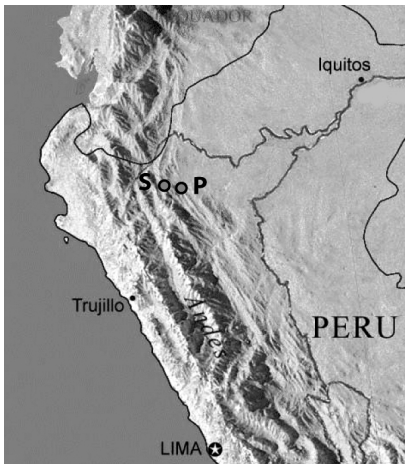
Jean-Yves BIGOT[1] & Jean Loup GUYOT[2]

CHAUVES-SOURIS ET CONDENSATION-CORROSION DANS LES GROTTES DU PÉROU



Dans un article traitant des grottes de Madagascar richement illustré de spectaculaires photographies (Delaty et al., 2006), une hypothèse hardie a été formulée au sujet des cloches qui se développent au plafond des cavités fréquentées par les chauves-souris. Pour expliquer la formation des coupoles, les auteurs ont invoqué l'humidité dégagée par les animaux et le CO_2 rejeté par leur respiration. En outre, l'observation des auteurs ne s'est pas limitée aux cloches ; ils ont également relevé qu'il existait *« parfois à l'aplomb des niches des sortes de marmites remplies de guano. »*
Les auteurs ont jeté les bases d'un creusement par condensation-corrosion dont les effets corrosifs ne se limitent pas aux cloches ou niches, mais à toutes les surfaces pariétales des grottes.

Fig. 1 : Situation des deux cavités péruviennes.
S : grotte de Shatuca, **P :** grotte de Palestina.

Des observations dans deux cavités du Pérou (**fig. 1**), les grottes de Palestina (San Martin) et de Shatuca (Amazonas), permettent d'accréditer les hypothèses formulées.

1. La grotte de Palestina

La grotte de Palestina (**fig. 2**) s'ouvre dans la région de San Martin sur le piémont amazonien des Andes à l'altitude de 870 m. Un historique de la cavité est suivi des observations effectuées dans la grotte.

a) Historique

La cueva de Palestina (Nueva Cajamarca, Région de San Martin) est une cavité bien connue des habitants de la région et fréquentée par les touristes. La première mention spéléologique est due à l'exploration par le Bristol Exploration Club (BEC) en août et septembre 2003, qui lève 2381 m de galeries.

Fig. 2 : Rivière souterraine de la grotte de Palestina, Nueva Cajamarca, San Martin, Pérou.

Lors de l'expédition Pucará 2003, le Groupe Spéléologique Bagnols Marcoule (GSBM) visite rapidement la caverne le 19 septembre 2003. Celle-ci est à nouveau visitée en septembre 2010 par le groupe Espeleo Club Andino (ECA PERU) de Lima et l'équipe de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) travaillant sur le paléoclimat amazonien.
Le 18 mai 2011, le groupe ECA PERU explore à nouveau la caverne jusqu'au siphon terminal, repère un passage au-dessus de ce siphon, et lève la topographie de la cavité (2400 m). En septembre 2013, de retour au siphon terminal lors de l'expédition Alto Mayo 2013, un passage en escalade est découvert et l'amont de la rivière est exploré, une grande salle est découverte, mais l'équipe (ECA - GSBM) s'arrête sur une étroiture impénétrable avec fort courant d'air.

[1] Groupe Spéléologique Bagnols Marcoule (GSBM).
[2] Espeleo Club Andino (ECA PERU).

Avec l'affluent des 3000 découvert au retour, la caverne développe aujourd'hui plus de 3 km et devient de fait la seconde grande cavité du Pérou (Guyot et al., 2014).

b) Observations

Bien que la grotte de Palestina (**fig. 3**) ne soit plus vraiment fréquentée par les chauves-souris mais seulement par quelques guacharos, nous avons pu découvrir à plusieurs kilomètres de l'entrée un cadavre de vampire en décomposition dans la Grande salle soit environ à 2500 m de l'entrée (site 2).
Certes, en l'absence de chiroptères les indices sont minces pour proposer une corrosion d'origine biologique dans cette cavité. Pourtant, au plafond des parties fossiles (site 1) de la grotte, des formes circulaires d'un diamètre de 50 à 60 cm montrent l'encaissant calcaire alors que tout le reste de la roche est couvert de calcite ou de stalactites.

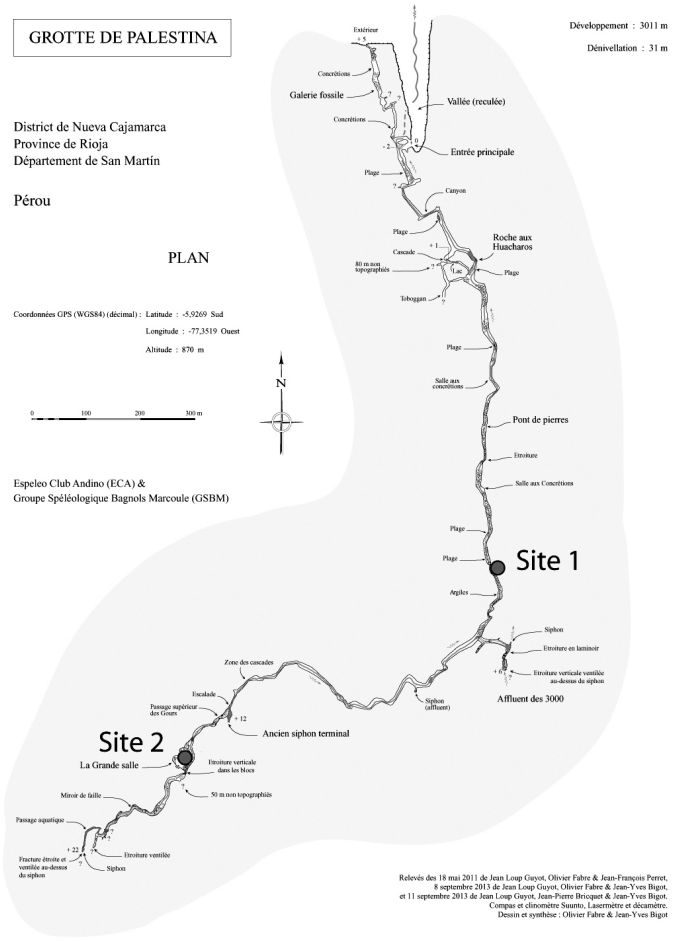
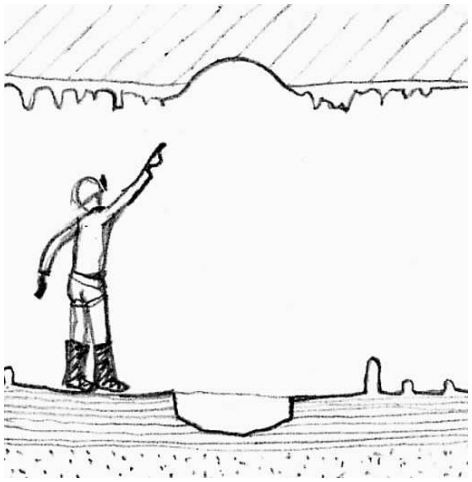


Fig. 3 : Plan de la grotte de Palestina, San Martin, Pérou.
Le site 1 indique l'emplacement des coupoles et décaissements observés.
Le site 2 correspond à la position du cadavre de vampire trouvé dans la Grande salle.



Ces coupoles peu marquées, légèrement concaves, qui se dessinent en gris sur le fond blanc concrétionné des plafonds ne s'expliquent pas avec des arguments géologiques ou karstologiques. Il faut donc proposer une autre hypothèse.
Les parties hautes et fossiles de la grotte de Palestina se trouvent préservées des crues de la rivière. Dans ces parties hautes , les plafonds et les sols sont parfaitement conservés. De nombreuses coupoles ont été observées et comportent à chaque fois au sol un décaissement circulaire de 10 cm à 15 cm de profondeur creusé à l'emporte-pièce dans le plancher stalagmitique.

Fig. 4 : L'association systématique d'une coupole en voûte et d'un cratère au sol montre les effets de la bio-corrosion dans la grotte de Palestina (San Martin, Pérou).

Il est curieux de constater que le diamètre de la coupole correspond à peu près à celui du décaissement (**fig. 4**). Bien qu'aucune trace d'urine ou de déjections de chauves-souris n'apparaissent en plafond ou au sol, on peut formuler l'hypothèse qu'il s'agit de sites de séjour de chiroptères. Ces décaissements, dus à la corrosion, correspondent à ce que les auteurs hispano-américains appellent des *« tinajitas »* : petits cuves remplies de déjections solides et liquides des chauves-souris dont l'acidité corrode indifféremment la roche ou les concrétions. Au cas particulier de la grotte de Palestina, il est probable que le décaissement circulaire corresponde à la vasque d'urine observée au sommet des cônes de guano des colonies de vampires.

Les « jus » corrosifs des hématophages sont restés piégés dans le décaissement et ont corrodé uniformément le fond et le pourtour de la vasque.
D'autres grottes des environs de Nueva Cajamarca, notamment la cueva Escrita (**fig. 5**), comportent des trous circulaires identiques creusés dans les planchers stalagmitiques. Ces trous ont été interprétés par les habitants comme des témoins archéologiques. La cueva Escrita abrite quelques chauves-souris qui laissent sur le sol des tas de guano. A l'entrée de la grotte, une bête morte gisant sur le sol a permis d'identifier formellement un vampire.

L'examen de la grotte de Palestina permet de voir d'un autre œil les formes de corrosion observées dans la grotte de Shatuca où la présence de vampires est avérée.

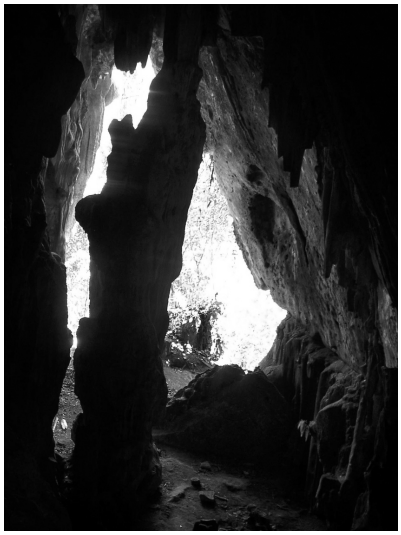


Fig. 5 : Intérieur de la cueva Escrita, Nueva Cajamarca, San Martin, Pérou.

2. La grotte de Shatuca

La grotte de Shatuca s'ouvre dans les Andes amazoniennes du Pérou (Yambrasbamba, Région d'Amazonas). Elle est une des principales émergences du massif de Gato Dormido. La cavité présente un étagement des réseaux : l'un actif où coule la rivière souterraine et l'autre fossile où séjournent des chauves-souris (**fig. 6**).

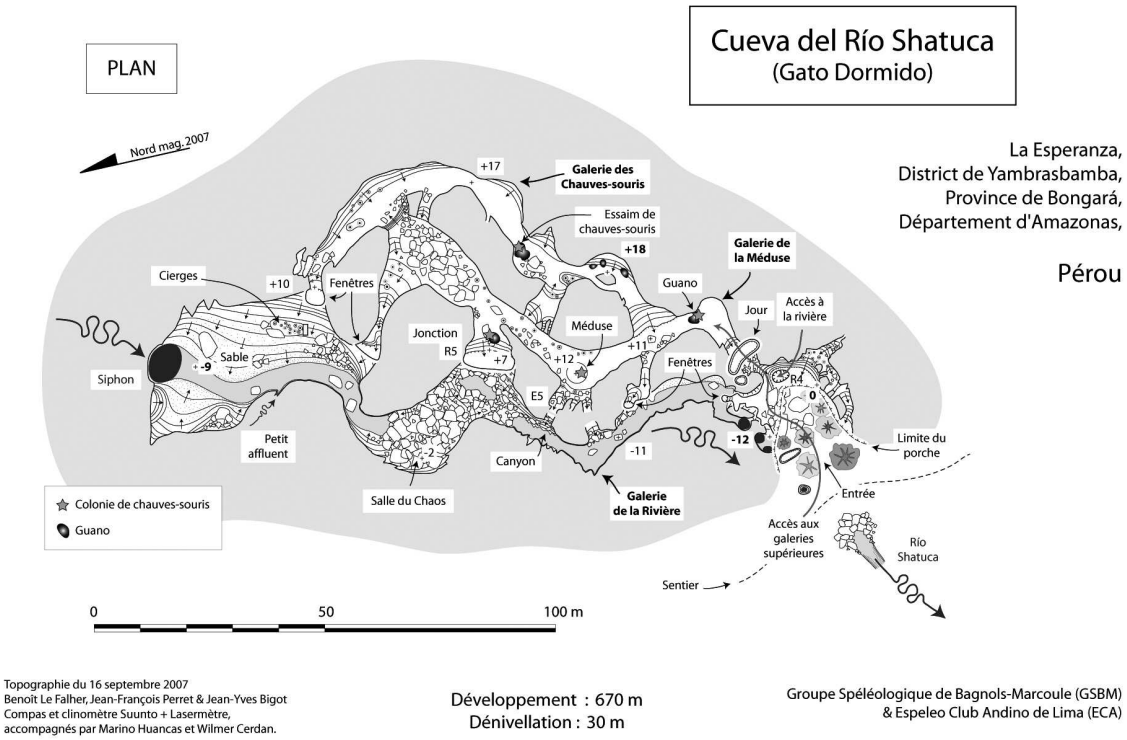


Fig. 6 : Plan de la grotte de Shatuca, Amazonas, Pérou.

a) Historique

Repérée lors d'expéditions précédentes, la grotte-résurgence du Rio Shatuca a été explorée et topographiée (GSBM - ECA) lors de l'expédition Santiago 2007. Le groupe ECA PERU de Lima y est revenu en mai 2009, puis en septembre 2013 durant l'expédition Alto Mayo 2013, afin d'échantillonner des stalagmites pour l'étude du paléoclimat de la région.

La grotte de Shatuca permet de remonter la rivière souterraine sur environ 200 m jusqu'à un siphon. Cette rivière est dominée par un vaste réseau fossile concrétionné et occupé par de nombreuses colonies de vampires.

b) Les chauves-souris

En 2007, la grotte était peuplée par des colonies de vampires qui ont produit une grande quantité de guano. En 2013, aucune chauve-souris n'était présente sans qu'on sache pourquoi. Cependant, la facilité d'accès de la grotte, la construction d'une route à proximité et peut-être l'aversion de la population pour les vampires ont sans doute eu raison des colonies. En 2007, lors de la topographie de la grotte, l'un de nous était intervenu pour empêcher un enfant, qui nous accompagnait, de jeter des pierres sur les essaims de chauves-souris. La partie fossile de la grotte de Shatuca est occupée par les vampires qui urinent et défèquent sur le sol de la grotte. Du fait de leur régime alimentaire (hématophage), les vampires rejettent plus de liquide qui s'accumule dans des cuvettes au sommet des tas de guano (**fig. 7**).

Fig. 7 : Le guano de vampires se présente sous la forme de cuvettes remplies d'urine qui trahissent le régime alimentaire de ces chauves-souris hématophages, grotte de Shatuca, Amazonas, Pérou.

c) Observations

Dans l'étage supérieur, des concrétions stalagmitiques présentent des formes de corrosion surprenantes qui laissent apparaître les cernes de croissance de la calcite.

Les concrétions ont des allures fantomatiques et torturées (**fig. 8**) et des formes qui ne correspondent pas à celles d'origine : elles ont été visiblement remodelées par une intense corrosion dont l'origine reste à déterminer.
La partie active de la grotte où coule la rivière souterraine ne présente pas les formes de corrosion intense observées dans la partie fossile.

Fig. 8 : Les concrétions corrodées laissent apparaître des cernes de calcite. Une chauve-souris s'est invitée sur la photo et rappelle que la cavité est fréquentée par d'importantes colonies de vampires.
Grotte de Shatuca, Amazonas, Pérou.

Certes, le lit de la rivière et les surfaces baignées par l'eau sont intensément corrodés, mais au-dessus de ce niveau, les mises en charge de la rivière (variation sur seulement quelques mètres de hauteur) ne parviennent pas à corroder le concrétionnement régulièrement ennoyé par les crues.

Les stalagmites sont seulement recouvertes d'une pellicule noire très commune dans le lit des rivières souterraines. On en conclut que le pouvoir corrosif des eaux sur les concrétions est relativement faible et ne correspond pas à celui observé dans l'étage supérieur. En outre, l'étage supérieur ne présente pas partout des formes d'intense corrosion laissant la roche à nue. En effet, certaines parties fossiles sont richement concrétionnées et ne présentent absolument aucune trace de corrosion.
On en conclut qu'il existe une source de corrosion plus puissante qui trouve son origine dans la partie haute et fossile de la grotte. L'intense corrosion dans l'étage supérieur n'est pas le résultat d'une corrosion phréatique mais de phénomènes localisés sans rapport avec la rivière souterraine.

En effet, certaines surfaces de l'étage supérieur ne présentent aucun concrétionnement et laissent apparaître de très belles constructions récifales fossiles (coraux) dans la roche encaissante (**fig. 9**). On note également que les formes arrondies des galeries s'arrêtent au sol comme si les parties exposées au-dessus du sol avaient fait l'objet d'un alésage par des flux corrosifs. Ces parties exemptes de concrétionnement se situent entre l'entrée supérieure de la grotte et les colonies de chauves-souris qui la fréquentent.

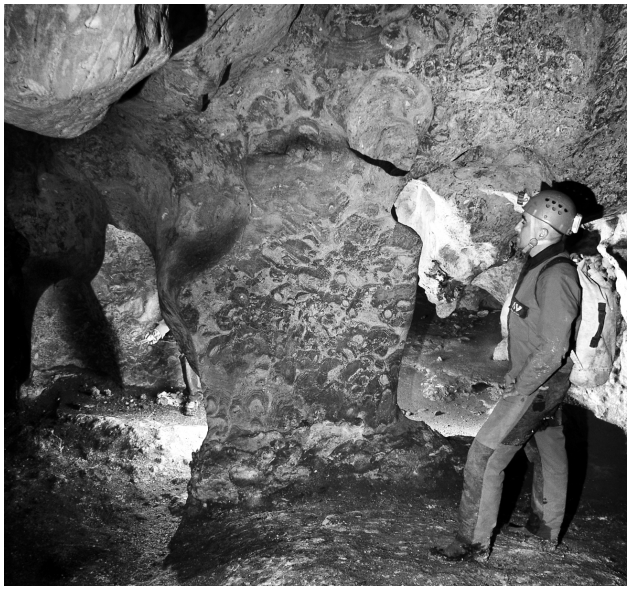


Fig. 9 : La base du pilier, qui laisse apparaître des accumulations de fossiles dans l'encaissant, semble avoir été amincie par des phénomènes de corrosion qui affectent les parties supérieures exposées aux aérosols. La condensation-corrosion pourrait être à l'origine d'un tel décapage chimique des parois de la grotte.

Bien que les concrétions de calcite soient généralement plus résistantes que l'encaissant calcaire, elles subissent une corrosion intense qui conduit à envisager un foyer de corrosion d'origine animale lié à la présence des chauves-souris. Une colonie de chauves-souris s'est installée à l'intérieur d'un pilier, appelé méduse (**fig. 10**), qui a en partie été évidé. La corrosion pariétale est diffuse et s'attaque indifféremment aux parois et aux concrétions.

Fig. 10 : La « méduse » est affectée par des phénomènes de tassements (soutirages) et de condensation-corrosion. On peut voir du guano à l'intérieur indiquant la présence de chauves-souris.

Fig. 11 : Un essaim de vampires qui peuplaient la grotte de Shatuca en 2007. Noter les traînées luisantes d'urine et les vermiculures en bas à gauche (urine sèche).

La présence d'une colonie de vampires (**fig. 11**) dans la partie fossile de la grotte de Shatuca conduit à proposer l'hypothèse d'une condensation-corrosion pariétale d'origine animale. L'altération des parois serait liée à la dispersion de substances et d'aérosols[3] corrosifs dans l'atmosphère confinée de la cavité. Il s'agirait principalement de CO_2 dû à la respiration des chauves-souris et à la fermentation du guano qui dégagent également beaucoup de chaleur. La condensation-corrosion d'origine animale est le principal agent qui corrode les concrétions et les parois des étages supérieurs de la grotte de Shatuca.

3. Conclusion

Sur tous les continents, d'autres cavités présentent des formes et caractéristiques similaires comme le suggèrent les photos des grottes de Kiwengwa Caves en Tanzanie, peuplées de chauves-souris, dont les parois laissent apparaître d'intenses phénomènes de condensation-corrosion sur les concrétions. Les formes de corrosion des concrétions de Slaughter Canyon Cave (Nouveau Mexique, Etats-Unis) sont également typiques de la condensation-corrosion due au guano de chauves-souris produit par une espèce disparue il y a plusieurs centaines de milliers d'années.
En France, les indices de condensation-corrosion d'origine animale sont décelables dans certaines grottes, notamment à partir des concrétions qui présentent des formes amincies très particulières (**fig. 12**).

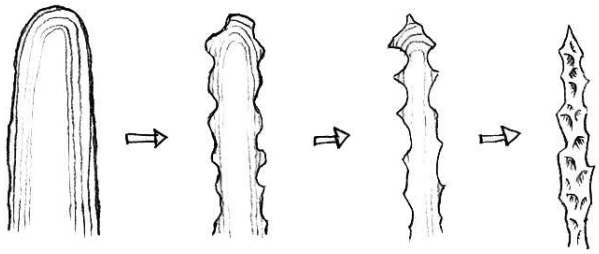


Fig. 12 : Effets de la condensation sur les édifices stalagmitiques des cavernes. Les formes des piliers ou colonnes sont considérablement amincies et laissent apparaître généralement les cernes de croissance de la calcite.

En sachant reconnaître les formes particulières typiques de la condensation-corrosion, il devient possible de s'affranchir d'indices comme la présence de chauves-souris ou de leurs déjections. La condensation-corrosion peut être un phénomène très ancien. Un nouveau champ de recherches s'ouvre aux spéléologues curieux.

4. Remerciements

Le rôle du guano de chauves-souris dans la condensation-corrosion pariétale résulte en partie des observations et discussions dans la grotte de la Grosse Marguerite (Gard) le 23 septembre 2012 avec Laurent Bruxelles et dans la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques) le 29 mai 2013, notamment avec Laurent Bruxelles, Hubert Camus et Nathalie Vanara.

5. Bibliographie

BIGOT Jean-Yves (2014 à paraître) - La corrosion pariétale des grottes par les aérosols d'origine animale. *Spelunca* ou *Spéléomag* à paraître, 8 p.

BIGOT Jean-Yves (2014) - La corrosion pariétale des grottes par les aérosols d'origine animale. *Actes de la vingt-troisième Rencontre d'Octobre*, Le Châtelard, 12 - 13 octobre 2013, *S. C. Paris édit.*, n° 23, pp. 14-21.

DELATY Jean-Nicolas, DOBRILLA Jean-Claude & WOLOZAN David (2006) - Observations concernant les Tsingy de Madagascar et plus particulièrement ceux de la Bemaraha. *Spelunca, revue de la Fédération française de spéléologie*, n° 103, sept. 2006, pp. 39-44.

GUYOT Jean Loup, APAESTEGUI James, BERMUDEZ Sonia & BIGOT Jean-Yves (2014) - Un nouveau point sur la spéléologie au Pérou. *Spelunca, revue de la Fédération française de spéléologie*, n° 133, mars 2014, pp. 32-36.

Le site du GSBM et de ses expéditions spéléologiques. http://www.gsbm.fr/cavites/perou/perou.htm

3 Aérosol : ensemble de particules, solides ou liquides, d'une substance chimique donnée en suspension dans un milieu gazeux.