

UNE CAVITÉ HYPOGÈNE DU PÉROU : LA CUEVA DE LOS GUACHAROS DE SORITOR

(Yorongos, Rioja, San Martín, Pérou)

Compte-rendu écrit par
Jean-Yves BIGOT et Liz HIDALGO

1. Introduction

Les explorations assidues de clubs péruviens et français dans le nord du Pérou ont permis d'identifier une cavité originale dans le sud du massif de l'Alto Mayo, près de San Marcos (région de San Martin). La Cueva de los Guacharos de Soritor présente une géométrie et des formes pariétales caractéristiques des cavités hypogènes creusées par la condensation-corrosion sulfurique. L'acide à l'origine de la corrosion est l'hydrogène sulfuré (H_2S) dont le pouvoir de corrosion est supérieur à celui de la plupart des grottes dites épigènes creusées par l'acide carbonique (CO_2).

La cavité est située en bordure de la plaine de Rioja et des derniers reliefs calcaires du massif de l'Alto Mayo ; elle est en relation avec deux circulations souterraines dont l'une est en contact avec des formations évaporitiques (gypse). Les différentes observations effectuées dans la cavité sont présentées avant de proposer un schéma d'évolution justifiant la formation de la cavité.

2. Situation

La Cueva de los Guacharos de Soritor s'ouvre sur le versant amazonien des Andes dans le massif karstique de l'Alto Mayo au nord du Pérou, dans la région de San Martin. La plaine de Rioja qui borde la partie orientale du massif de l'Alto Mayo contrôle les niveaux de base des principales émergences qui drainent le massif calcaire.

La Cueva de los Guacharos de Soritor se situe dans la partie sud du massif de l'Alto Mayo (fig. 1) dans le district andino-amazonien de Yorongos (Province de Rioja). Elle s'ouvre à l'altitude d'environ 1000 m sur la rive droite du

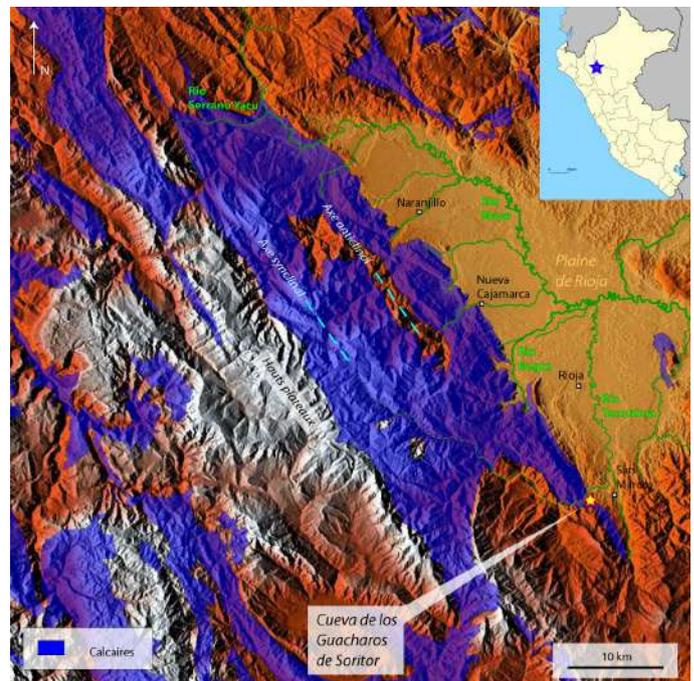


Fig. 1 : Carte de situation du massif calcaire de l'Alto Mayo, Pérou.

Rio Tonchima qui entaille les derniers reliefs calcaires avant d'atteindre la plaine de Rioja. Les coordonnées en longitude et latitude de la cavité sont : $-77,1649 / -6,2279$ et en UTM / X / Y : 18M / 260,46 km / 9311,11 km.

3. Historique

La grotte est bien connue des habitants de la région et des natifs qui y chassaient autrefois les guacharos.

Le 20/09/2003 durant l'expédition du CESPE-GBPE-GSBM (Pucara 2003), la grotte est explorée rapidement, mais aucune topographie n'est effectuée.

Le 16/01/2016, en mission dans la région, J. Apaéstegui et J. L. Guyot visitent la cavité, relèvent une topographie partielle, et notent une anomalie de température (géothermie ?) au niveau de la rivière souterraine.

Le 10/09/2016, l'étage supérieur de la cavité est topographié par Tini Alvarado et Ezio Rubbioli (Expédition Nord Pérou 2016).

Le 20/08/2017, Liz Hidalgo, Jean-Yves Bigot, Constance Picque, Thonny Neyra et Bastien Delahoulière (Expédition Cerro Blanco 2017) tentent de trouver les passages qui mènent à la rivière. L'objectif est de reconnaître la cavité et de vérifier l'hypothèse de Jean Loup Guyot (IRD/GSBM) selon laquelle la grotte est d'origine thermique. Liz Hidalgo et Jean-Yves Bigot atteignent la rivière souterraine et confirment l'origine hypogène de la cavité par



Photo. 1 : La salle supérieure est jonchée de graines laissées par les guacharos. (JYB, 20/08/2017)

des observations (chaleur, odeur soufrée et filaments bactériens dans la rivière). Toutefois, aucun prélèvement ni mesure ne sont effectués.

Le 23/08/2017, Thonny Neyra, Bernard Lips, Marc Pouilly, Tini Alvarado, Max Hidalgo et Jean-Yves Bigot effectuent une nouvelle reconnaissance. L'objectif est d'inventorier la faune souterraine, de topographier le fond de la cavité, de capturer des poissons dans la rivière souterraine, de faire quelques observations et photos géomorphologiques et enfin d'effectuer divers prélèvements et mesures physico-chimiques.

4. Description de la cavité

Le développement cumulé de la grotte atteint 741 m pour une profondeur de 74 m. Elle se compose essentiellement d'une grande salle (salle Supérieure) accessible à partir de deux entrées orientées au nord. La première, de dimensions modestes (12 m de largeur pour 5 m de hauteur) est située dans la partie nord-est de la grotte. C'est l'entrée la plus empruntée, car une série de petits ressauts verticaux permet de gagner aisément la salle Supérieure.

Située au nord-ouest, la deuxième entrée d'une largeur de 30 m n'est pas très utilisée, car elle s'ouvre en paroi au-dessus des gorges du Rio Tonchima. La salle Supérieure, dont la surface est d'environ 2700 m², est entièrement jonchée de guano de guacharos (fig. 2). Les graines régurgitées par les oiseaux sont le siège d'une faune abondante et variée (arthropodes).

En outre, les importantes colonies de guacharos qui peuplent la grotte créent une ambiance particulière qui rend la visite pénible à cause des

cris fort désagréables des oiseaux. L'étage actif, où coule la rivière, peut être atteint par divers conduits depuis la salle Supérieure. Toutefois, on aura intérêt à choisir celui qui se trouve en face de la grande entrée.

L'itinéraire emprunte des vires et rampes qu'il faut équiper (photo. 2) ; ce qui permet d'arriver sans trop de peine à la rivière (-70 m), laquelle est défendue par un ultime puits de 5 m sommairement équipé de trois frêles troncs d'arbres (photo. 3).

On prend pied sur une des berges de la rivière, qui est très large à cet endroit. Cette berge est totalement sèche et comporte pas mal d'animaux morts, plus ou moins momifiés par la sécheresse du lieu. Un amas de graines sèches,

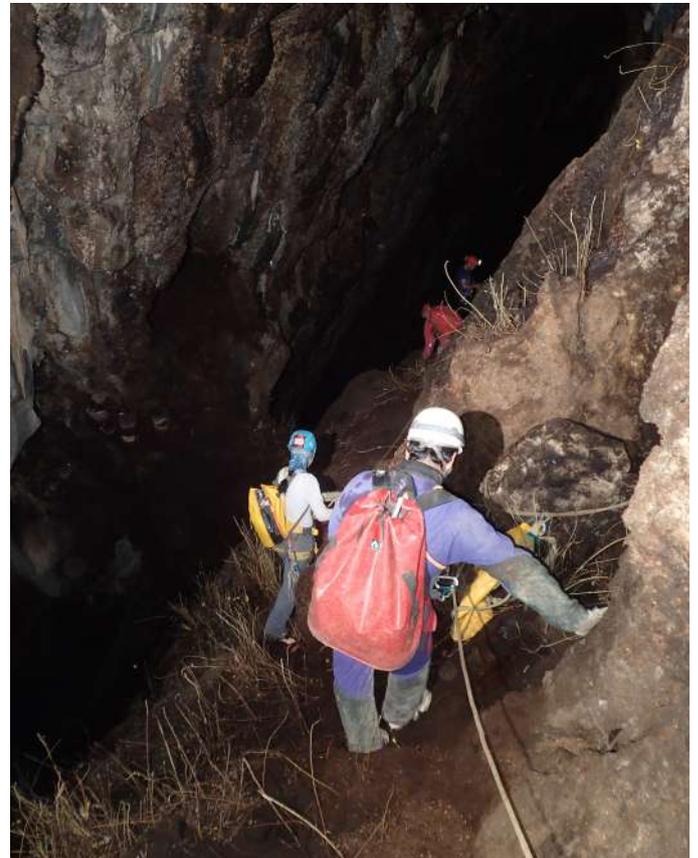


Photo. 2 : Vire d'accès à la rivière souterraine. Lorsque l'humidité est suffisante, les graines régurgitées par les guacharos germent. (BL, 23/08/2017)

déchets ultimes des guacharos, est également présent. En effet, malgré la largeur de la rivière les crues ne semblent pas inonder les berges.

Pourtant, les traces d'un niveau d'eau observées sur les stalactites de la rivière souterraine sont visibles à environ 2 à 3 m au-dessus du niveau actuel de la rivière (photo. 3).

On doit plutôt attribuer ces traces à une crue



Photo. 3 : La rivière souterraine à la base des puits et rampes d'accès. On note un niveau horizontal sur les stalactites encroûtées de gypse. Il s'agit probablement de traces laissées par une ancienne crue du Rio Tonchima tout proche. (BL, 23/08/2017)

ancienne du Rio Tonchima dont le niveau s'est momentanément élevé créant un engorgement de l'exutoire de la rivière souterraine et un ennoisement des galeries situées en amont. En effet, la grotte est extrêmement sèche et ne présente pas de traces annuelles d'inondation. Une montée des eaux du Rio Tonchima est l'hypothèse la plus plausible, car les débits des eaux hypogènes sont généralement d'une grande régularité.

Si on remonte la rivière, on trouve l'origine de l'eau sulfurée qui se présente sous la forme d'un profond trou bleu (photo. 4). Ce « Trou bleu » comporte un seuil de débordement et des venues d'eau sous pression formant un « champignon » qui dépasse de la surface de l'eau. En amont du Trou bleu, on peut continuer dans la rivière qui n'a plus le même débit ni les mêmes caractéristiques (voir infra), notamment chimiques car on n'y voit plus de filaments bactériens.

Les dimensions de la galerie amont deviennent « normales » et diminuent pour se terminer sur un siphon (photo. 5). Il s'agit de la deuxième émergence, dite Siphon amont, alimentant la rivière souterraine.

En aval du point d'arrivée par les rampes et les puits, on note une largeur disproportionnée de la rivière dont les voûtes s'élèvent parfois à plusieurs mètres. Ces voûtes sont connectées, par des conduits subverticaux, à la salle Supérieure. En aval, l'eau franchit en cascade un chaos de blocs encroûtés avant de disparaître dans un siphon où l'on trouve de nombreux poissons. Ces poissons viennent de la rivière aérienne toute proche, le Rio Tonchima.



Photo. 4 : Le Trou bleu, une des deux émergences alimentant en partie la rivière souterraine. A gauche, on aperçoit le débouché de la rivière du Siphon amont et à droite le lit de la rivière tapissé de filaments blancs. (JYB, 23/08/2017)



Photo. 5 : En amont du Trou bleu, la galerie reprend des dimensions plus humaines et se termine par le Siphon amont. (BL, 23/08/2017)

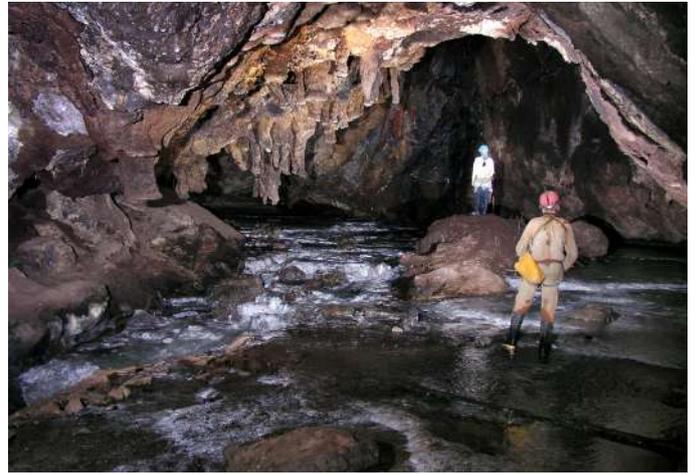


Photo. 6 : Les parois de la rivière souterraine sont couvertes d'encroûtements de gypse néoformé. Sur la gauche, la chute de certaines croûtes de gypse laisse à nu la roche calcaire de nouveau exposée à la condensation-corrosion. (JYB, 23/08/2017)

Vers l'aval, les filaments bactériens de couleur blanche sont moins denses, car le mélange des eaux hypogènes issues du Trou bleu avec celles de la rivière amont entraîne une dilution des eaux soufrées.

Partout sur les parois qui dominent la rivière, on trouve des encroûtements de gypse néoformé, une formation caractéristique des grottes hypogènes creusées par l'acide sulfurique (photo. 6).

Des stalactites encroûtées de gypse dominent la rivière qui favorise leur croissance. En effet, les extrémités des stalactites les plus excentrées, situées à l'aplomb de la berge, sont orientées vers le lit de la rivière.

5. Observations karstologiques

La grotte présente certaines caractéristiques comme la géométrie des conduits, qui résulte de la condensation-corrosion, et s'ouvre dans un contexte géologique et hydrologique particulier qu'il est utile d'exposer.

5.1. Géométrie des conduits souterrains

La géométrie de la cavité montre qu'il existe un étagement des galeries qui correspond à au moins deux niveaux de creusement contrôlés par le Rio Tonchima et matérialisés par les étages supérieur et inférieur.

L'étage supérieur est composé d'une grande salle dite Supérieure qui compte de nombreuses connexions avec l'étage inférieur où coule la

rivière souterraine (fig. 2).

En plan, les deux étages sont pratiquement superposés. De sorte, qu'on peut faire l'hypothèse que l'étage supérieur correspond à un ancien niveau de la rivière souterraine (fig. 3).

A priori, seul le soulèvement tectonique (orogénèse) de la cordillère des Andes peut expliquer l'étagement des galeries. En effet, le niveau de base est ici entièrement contrôlé par le Rio Tonchima qui incise les calcaires avant de rejoindre la plaine de Rioja.

En bas, la galerie de la rivière présente les sections caractéristiques d'un creusement par la condensation-corrosion. En effet, la rivière est peu profonde et d'une grande largeur. Elle a agrandi son lit latéralement pour prendre des dimensions imposantes et disproportionnées par rapport à son débit.

5.2. La condensation-corrosion

Les sections de galeries sont typiques des phénomènes de condensation-corrosion observés dans les grottes d'origine hypogène. Les sections de la grotte d'Acqua Fitusa en Sicile (Italie) offrent des formes similaires bien que beaucoup plus réduites. En effet, l'apport d'hydrogène sulfuré (H_2S) par des fractures (ou « feeders ») permet d'entretenir les phénomènes de corrosion (fig. 4) sur les parois calcaires (Vattano et al., 2013).

Les phénomènes sont similaires dans la Cueva de los Guacharos de Soritor où le dégazage du

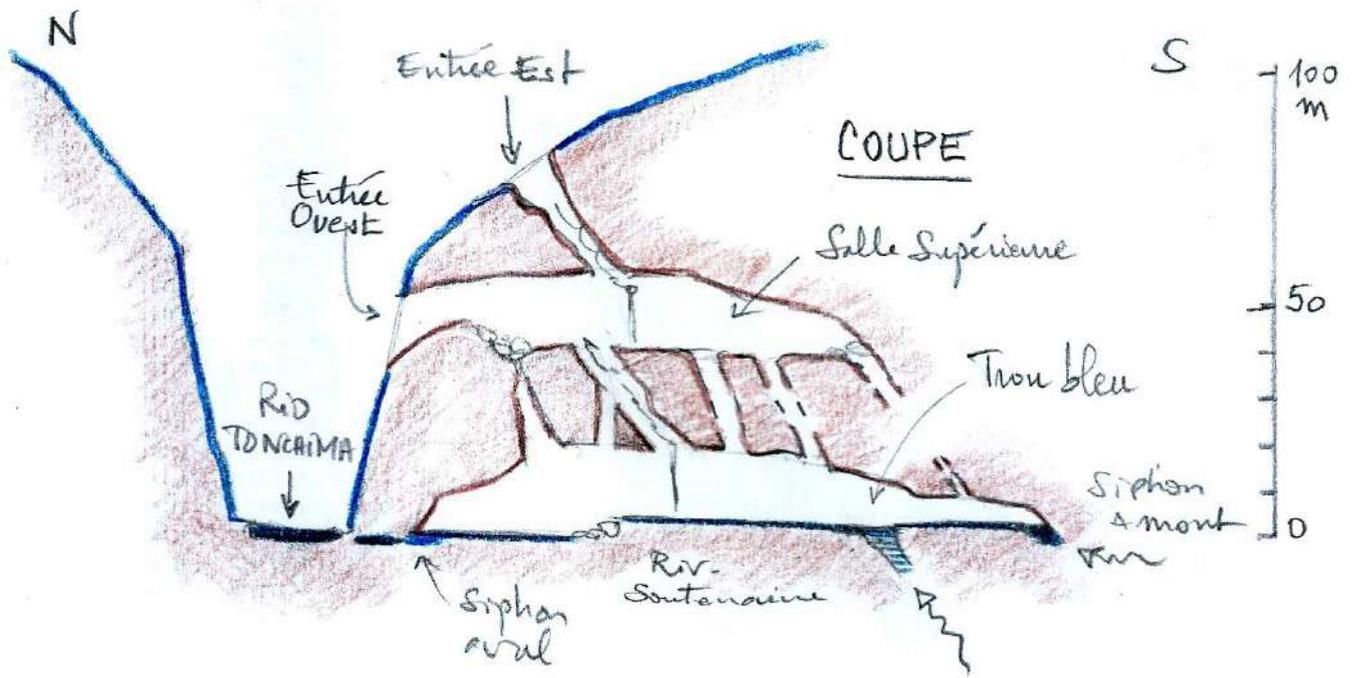


Fig. 2 : Coupe schématique représentant l'étagement des galeries.

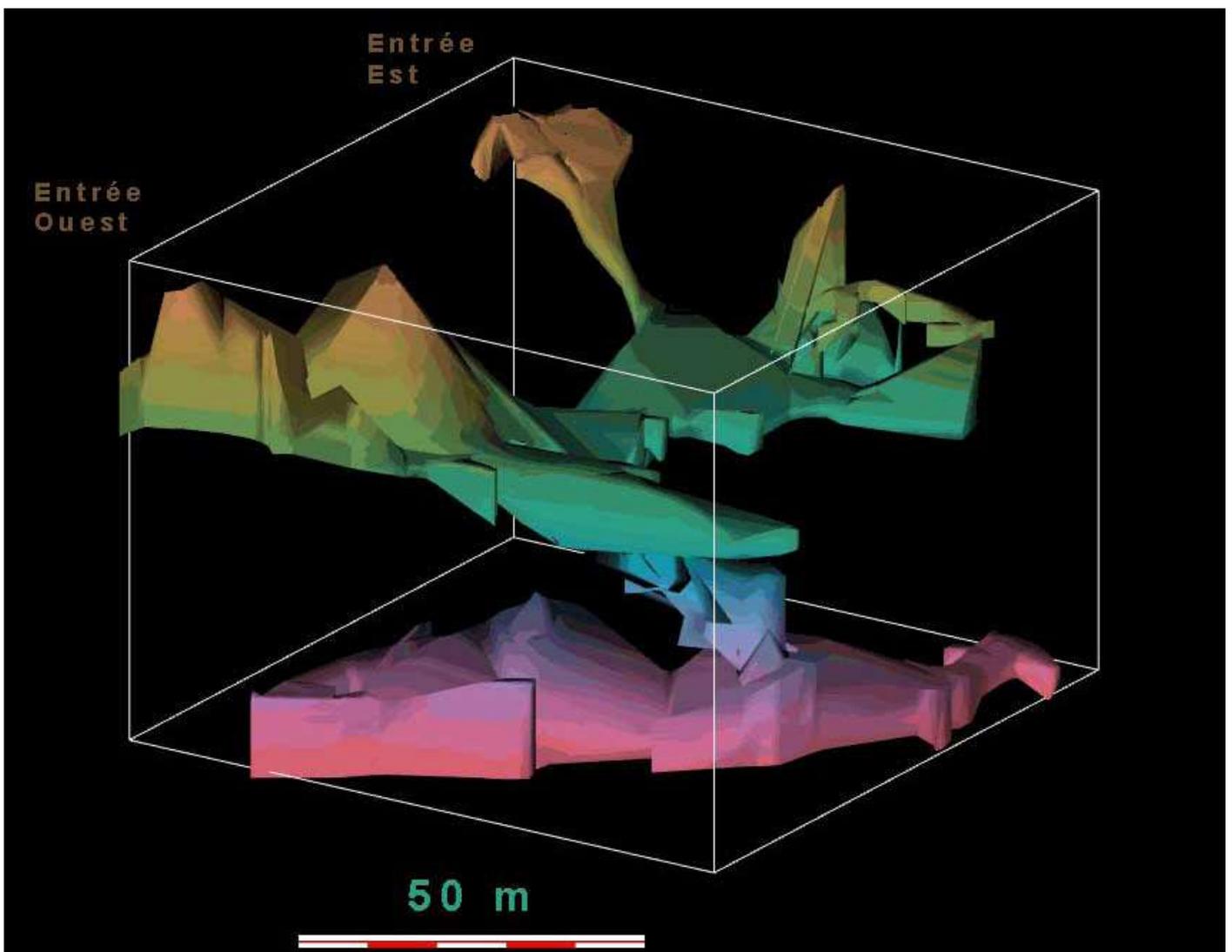


Fig. 3 : Vue 3D de la Cueva de los Guacharos de Soritor. On distingue deux niveaux de creusement matérialisés par les galeries horizontales. Extrait du logiciel Therion, Xavier Robert, 2017.

soufre (H_2S) à la surface de la rivière alimente une corrosion sulfurique (condensation-corrosion) qui s'exerce sur les plafonds et les parois plus froides.

Sachant que les eaux d'origine hypogène ne présentent pratiquement pas de variations dans leur débit et leur composition chimique, la corrosion sulfurique constamment renouvelée peut alors s'exercer toujours au même endroit.

Il en résulte une incision latérale en « trait de scie » qui sape les rives rocheuses de la rivière (fig. 5). Les phénomènes de dégazage et de condensation-corrosion étant très importants à la surface de l'eau, on observe un élargissement notable de la galerie (encoche latérale) à partir du point d'émission des eaux sulfurées (Trou bleu).

L'accroissement du volume de la galerie de la rivière est bien visible sur la topographie de la

grotte (fig. 3). En effet, la partie amont de la rivière, dont l'eau n'a pas la même composition chimique, conserve des dimensions relativement réduites par rapport au reste de la grotte. Par ailleurs, les multiples conduits qui relient les deux étages correspondent à des discontinuités élargies par la condensation-corrosion qui s'exerce dans tout le volume de la cavité.

En effet, le gypse néoformé sur les parois de la grotte est présent dans la rivière souterraine où il forme des plaques qui peuvent parfois se décrocher des parois.

On utilise le terme néoformé, car le gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) qui se développe sur les parois est le résultat d'une attaque chimique de l'acide sulfurique (H_2SO_4), par condensation-corrosion sur l'encaissant calcaire ($CaCO_3$).

On observe également des plaques de gypse dans l'étage supérieur, notamment près des conduits verticaux en liaison avec l'étage in-

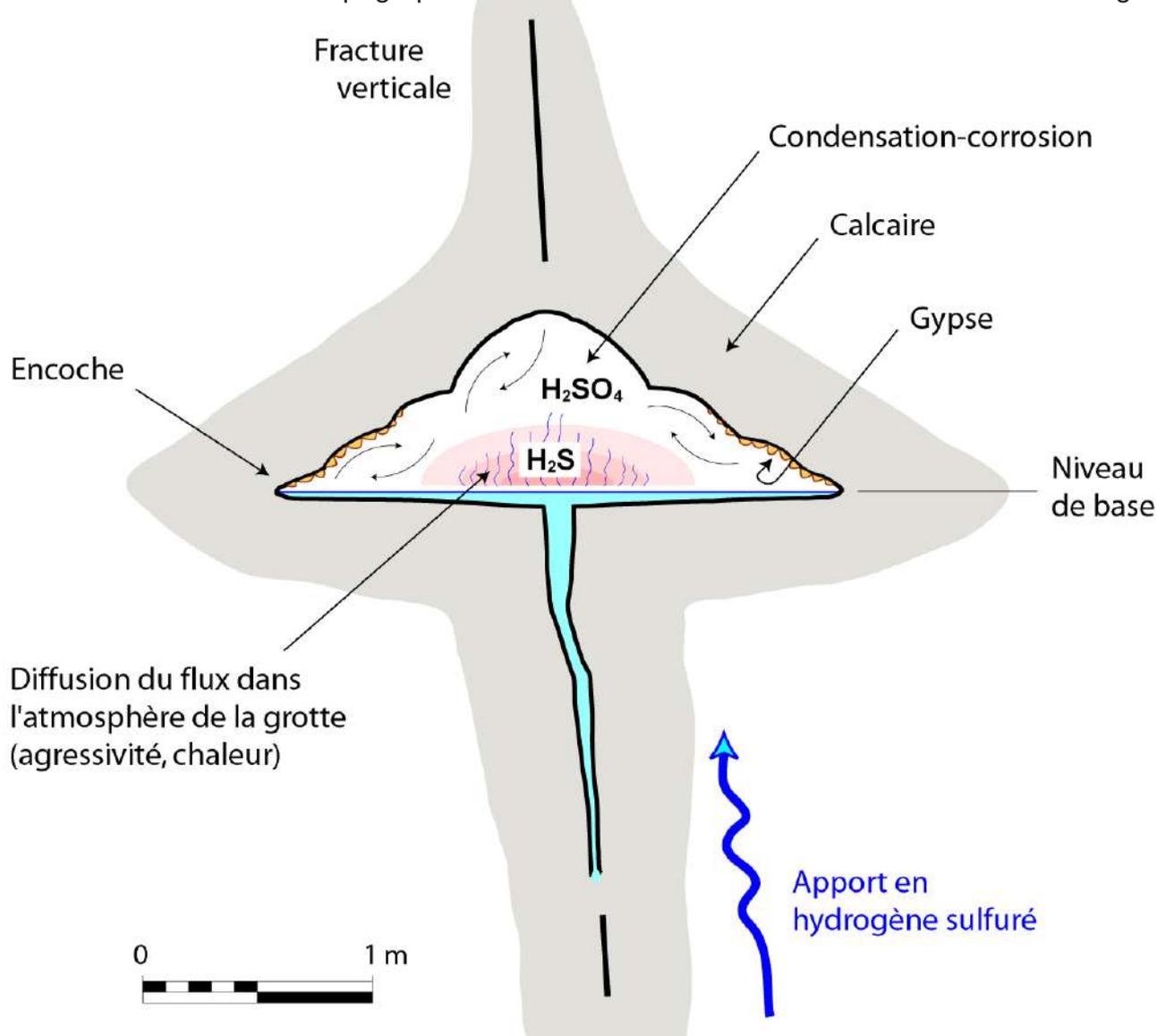


Fig. 4 : Spéléogénèse des conduits affectés par le dégazage de l'hydrogène sulfuré (H_2S) dans l'atmosphère de la grotte d'Acqua Fitusa (Sicile, Italie).

l'eau, mais se sont seulement élargis à la faveur de l'atmosphère corrosive de la grotte (condensation-corrosion).

5.3. Géologie des aquifères

La rivière souterraine possède deux sources d'alimentation : la première émergence dite du Trou bleu (origine hypogène) et la deuxième dite du Siphon amont (origine épigène probable).

Les caractéristiques chimiques et physiques (conductivité et température) des eaux issues du siphon amont sont différentes de celles du

Trou bleu ; on peut donc faire l'hypothèse que l'eau de la partie amont correspond à des eaux karstiques « épigènes » issues d'un bassin d'alimentation classique des karsts de l'Alto Mayo. Tandis que les eaux émergeant du Trou bleu correspondent à des eaux d'origine profonde en contact avec des évaporites du bassin de Rioja (fig. 7).

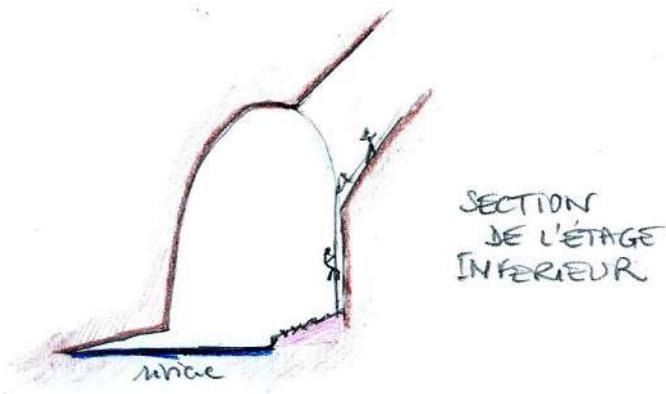


Fig. 5 : Section de la rivière souterraine comportant une encoche latérale marquée.

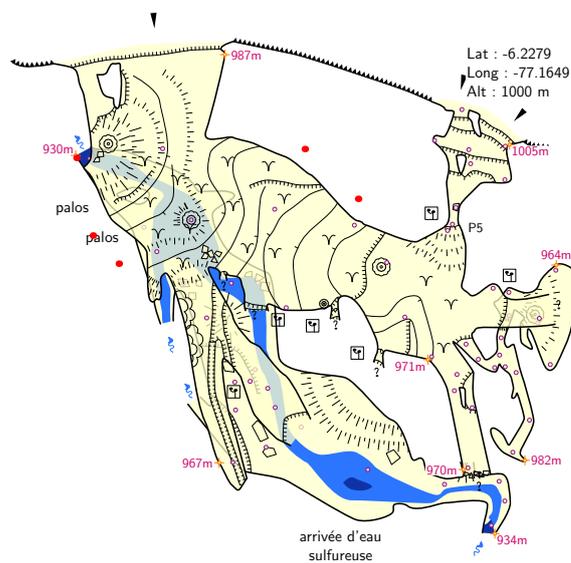
férieur et aussi près de la grande entrée ouest (photo. 7).

L'eau de condensation chargée d'acide sulfurique attaque les parois de la grotte et des encroûtements de gypse apparaissent. Sous leur propre poids, ces croûtes de gypse tombent sur le sol où elles peuvent parfois s'accumuler.

Avec le temps, les volumes de la grotte augmentent par expansion des vides. Ainsi, les fissures verticales se transforment en conduits subverticaux qui n'ont pourtant jamais été parcourus par



Photo. 7 : Vue d'une croûte de gypse encore en place sur la paroi calcaire près de la grande entrée ouest (BL, 23/08/2017)



Cueva de los Guacharos de Soritor

Yorongos, Rioja, San Martin, Pérou



Fig. 6 : Plan de la Cueva de los Guacharos de Soritor. D'après le logiciel Therion, Dessin Xavier Robert 2017.

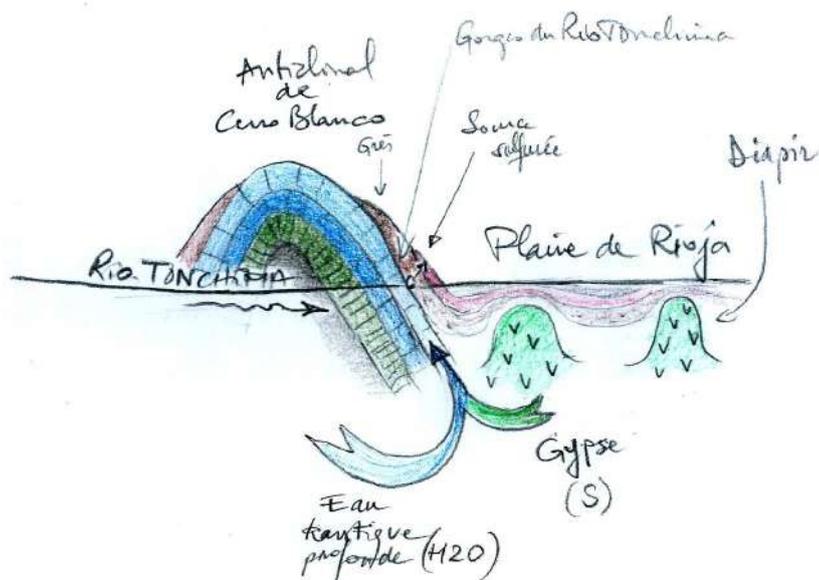


Fig. 7 :
Coupe géologique simplifiée
de l'anticlinal de Cerro Blanco
et de la plaine de Rioja.
Les caractéristiques des eaux
seraient liées à la présence de gypse.

5.4. Chimie des eaux

Les émergences provenant du siphon amont et du trou bleu possèdent des caractéristiques physico-chimiques très contrastées (tab. 1), excepté le pH dont les valeurs sont respectivement de 7,13 et 7,45.

L'émergence du siphon amont avec 21°C de température et 304 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivité diffère de celle du trou bleu dont la température est plus élevée de 5°C et la conductivité deux fois plus élevée. De la même façon les solides totaux dissous (TDS) sont plus élevées dans le Trou bleu (tab. 1). Ces caractéristiques confirment l'origine profonde (température) des eaux minéralisées (conductivité et TDS) de l'émergence du Trou bleu.

Dans les deux émergences, le cation dominant est le Ca^{2+} (87 % pour le siphon amont et 70 % pour le trou bleu) ; ce qui est une caractéristique commune à toutes les sources du massif de l'Alto Mayo (fig. 8). On observe la même tendance pour le cation Mg^{2+} avec respectivement 8 % et 15 % ; même chose pour le cation $\text{Na}^+ + \text{K}^+$: 5 % et 15 %.

Alors que l'anion dominant pour la première émergence (Siphon amont) est HCO_3^- (85 %), suivi par SO_4^{2-} (12 %) et Cl^- (4 %), dans la deuxième émergence (Trou bleu) ce sont les anions SO_4^{2-} (43 %) et HCO_3^- (38 %) qui sont dominants, suivis par Cl^- (18 %). Ainsi, la première émergence provenant du siphon amont peut être classifiée dans les eaux bicarbonatées calciques, tandis que l'émergence du Trou

bleu appartient au groupe des eaux sulfatées calciques et chlorurées.

Avec la température plus élevée des eaux issues du Trou bleu, les chlorures, sulfates, sodium et calcium augmentent sensiblement.

6. Conclusion

Les observations et mesures physico-chimiques effectuées dans la Cueva de los Guacharos de Soritor ont permis de décrire des phénomènes karstiques d'origine hypogène dans les massifs calcaires du nord du Pérou. Il s'agit d'un nouveau type de cavités qui atteste d'une grande variété des formes de karstification dans les karsts péruviens. En outre, les plaques de gypse néoformé, qui recouvrent les parois de la grotte, indiquent la présence de formations évaporitiques (gypse) alimentant chimiquement les émergences situées en bordure de la plaine de Rioja. ■

Références bibliographiques

Site internet : Cuevas y Tragaderos del Perú y Bolivia

Site <http://cuevasdelperu.org/san-martin-rioja/cueva-los-guacharos-soritor/>

VATTANO Marco, AUDRA Philippe, BENVENUTO Fabrizio, BIGOT Jean-Yves, DE WAELE Jo, GALLI Ermanno, MADONIA Giuliana & NOBECOURT Jean-Claude (2013) – Hypogenic caves of Sicily (Southern Italy). Proceedings of the 16th International Congress of Speleology, July 21-28, Brno, 2013, Vol. 3, pp. 144-149.

Photo. 8 : Les eaux du Trou bleu ont des propriétés physico-chimiques qui favorisent la croissance des filaments bactériens. (JYB, 23/08/2017)



Émergences	pH	Temp. (°C)	Conductivité (μS/cm)	Cations (mg/L)				Anions (mg/L)			Si (mg/L)	TDS
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻		
Siphon amont	7,13	21	304	65	4	3	1	177	21	5	4	285
Trou bleu	7,45	26	693	111	15	28	1	142	130	40	4	475

Tab. 1 : Concentrations des éléments chimiques majeurs (mg/L) des échantillons prélevés dans la rivière souterraine de la Cueva de los Guacharos de Soritor.

Fig. 8 : Diagramme de Piper des émergences du massif de l'Alto Mayo. Les caractéristiques des eaux de la rivière souterraine de la Cueva de los Guacharos de Soritor sont différentes de celles des autres émergences karstiques du massif.

