

# La Muñeca Fea

## la plus grande salle des Amériques

91

Regards N° 94 - 2024

Gaëtan Rochez – Groupe Spéléo Alpin Belge (GSAB)

*Stéphane au départ d'un puits quelque peu arrosé. Photo : Gaëtan Rochez (GSAB).*

*Voici plusieurs années que nous avons le projet de tenter de photographier la Muñeca Fea.*

*Oui, tenter, car l'objectif était ambitieux et sa réussite n'était pas garantie. Mais cette fois, pour l'expédition Regreso 2023, tout semblait réuni pour mener à bien ce projet.*

*Plus nous pénétrons dans l'inconnu, plus il nous semble immense et merveilleux. Charles Lindberg.*

## Sierra Negra

Depuis 1980, le Groupe Spéléo Alpin Belge (GSAB) explore au Mexique un secteur calcaire de la chaîne méridionale de la Sierra Madre-Orientale. L'extrémité nord de cette chaîne est située à 320 km au sud-sud-est de la ville de Mexico. Elle touche à la bordure du plateau volcanique central mexicain, au pied du plus haut sommet du pays, le Citlaltepétl (Pico d'Orizaba) qui culmine à 5.636 m. L'extrémité sud-est proche de la grande ville d'Oaxaca dans l'État du même nom.

La zone de recherches et d'explorations est située dans le tiers nord de la chaîne, à cheval principalement sur l'État de Puebla (à 90%) et l'État Veracruz (10%). Elle est située au cœur de la Sierra Negra limitée au nord par la Sierra Zongolica et au sud par la Sierra Mazateca.

Le massif calcaire en cours d'exploration culmine à 2930 m. Les résurgences sont étagées entre 200 et 800 m d'altitude. Le potentiel maximal théorique de dénivellation des systèmes est de près de 2 500 m. Plusieurs systèmes hydrogéologiques

distincts drainent cette partie du massif. Depuis quelques années, le camp de base des expéditions est situé non loin du village d'Oztotulco.

Il signifie en nahuatl « le lieu où il y a beaucoup de cavernes », Oztotl étant le dieu des eaux et de l'inframonde dans le panthéon aztèque. A ce jour, les expéditions du GSAB sont au nombre de 32 et totalisent plus de 150 kilomètres de réseaux souterrains découverts et topographiés, dont Tlamanicitli.

## Tlamanicitli

Tlamanicitli se trouve non loin du village de Tepepan Zaragoza. Il s'agit d'un ensemble de trois cavités (TZ1 – TZ1 bis – TZ1 ter) dont le développement global est actuellement de 4970 mètres. Le TZ1 et le TZ1 bis sont dotés d'une entrée commune, le TZ1 ter jonctionne avec le TZ1 à une centaine de mètres de son entrée. Ce dernier a été découvert lors de l'expédition de 1999. Aujourd'hui, la cavité est longue de 2736 mètres et profonde de 386 mètres. Le TZ1bis découvert en 2017, se développe sur 1559 mètres et est profond de 571 mètres. Il est donc relié au TZ1 à l'entrée. Toujours en cours d'exploration, il sera l'un des objectifs de l'expédition 2024. Enfin, le TZ1 ter qui fut exploré lors de l'expédition 2023 sur 675 mètres pour une profondeur de 294 mètres.

Lors de l'expédition de 1999, André-Marie Dawagne (Dédé), Fernand Decock, George Feller, David Gueulette et François Saussus explorent le TZ1. Au bout du troisième jour, André-Marie Dawagne & George Feller débouchent dans une grande salle à la cote de -337 mètres. Très vite,



*La marche d'approche, assez sportive, vers Tlamanicitli (TZ1) offre de splendides paysages de la Sierra. Photo : Stéphane Pire (GSAB).*

	Salle	Grotte	Pays	Volume (millions m <sup>3</sup> )
1	Miao Room	Système de la Gebihe	Chine	10.59
2	Sarawak Chamber	Lubang Nasib Bagus	Malaisie	9.81
3	Cloud Ladder Hall	Quankou Dong	Chine	6.23
4	Tunnel of Light	Maoqidong	Chine	6.13
<b>5</b>	<b>Muñeca Fea</b>	<b>Cueva Tlamanicitli - TZ1</b>	<b>Mexique</b>	<b>5.90</b>
6	Hong Meigui	Niu Ping Dong	Chine	5.56

Tableau des plus grandes salles du monde - D'après Roo Walters, Andy Eavis and Tim Allen (2023)

l'équipe se rend compte des dimensions hors normes de celle-ci. Conscients de l'énorme volume souterrain qu'ils viennent de découvrir, l'un des membres de l'équipe teste l'écho de la salle en poussant un cri. Il faudra 13 secondes pour que l'écho s'estompe ! Lors de cette première, Georges et Dédé se perdent dans le volume, ils mettront plus d'une heure à retrouver la galerie d'accès aux puits menant vers la sortie. La topographie vient confirmer les dimensions exceptionnelles de la salle. Cependant, faute d'appareil pouvant réaliser la mesure d'une telle hauteur, la salle est estimée à 100 mètres de haut à l'aide d'une fusée éclairante. La salle fait alors partie des plus grandes du monde en superficie. Elle est baptisée Muñeca Fea<sup>1</sup> par les inventeurs en souvenir d'une boîte de nuit de Córdoba dans l'État de Veracruz. Mais la Muñeca Fea est avant tout une chanson enfantine traditionnelle très connue au Mexique, un peu comme l'est « Frère Jacques » chez nous.

En octobre 2013, débute un projet qui a pour objectif de mesurer au Lidar les plus grandes salles du monde souterrain. Ce sont des spéléos anglais qui en sont les

acteurs : Tim Allen, Andy Eavis, David Rose et Pete Ward. C'est donc en toute logique que la Muñeca Fea fait partie de leur liste de salles à mesurer. Dans le cadre de ce projet, ils participent à l'expédition 2017 pendant quelques jours. L'objectif est de mesurer à l'aide du lidar les dimensions exactes de la salle. En deux descentes dans la cavité et via 47 stations, des dizaines de milliers de points de mesure sont réalisés. Après quelques jours de traitement de données, le volume exact de la salle tombe. Celui-ci est bien supérieur à la topographie de 1999 principalement en raison de la précision de la hauteur réelle de la salle. Le volume est de 5.90 millions de m<sup>3</sup>, sa longueur de 396 mètres pour 238 mètres de large et 225 mètres de haut. Suite à ces mesures d'une grande précision, la salle devient la plus grande du continent américain et à ce jour, la cinquième plus grande au monde.

<sup>1</sup> La laide poupée.



L'entrée de Tlamanicitli (TZ1) est située à 1470 mètres d'altitude, au fond de la doline, il est possible de s'équiper au milieu des tepetchis, une variété sauvage de maïs à très petits épis. Photo : Alain Maurice (GSAB).



*Pour atteindre la Muñeca de nombreux puits sont à descendre. Photo : Gaëtan Rochez (GSAB).*

### Regreso 2023

L'expédition Regreso 2023, avait pour objectifs de poursuivre des explorations menées sur la zone depuis de nombreuses années : le Sistema Oztotl avec ses 35.475 mètres et ses -878 mètres de profondeur et Atlixicaya l'une des résurgences du

massif où l'objectif était de reprendre l'exploration arrêtée depuis 1997, et de retopographier entièrement la cavité. A cela, est venu s'ajouter un objectif un peu fou, celui de photographier la Muñeca Fea !

En premier lieu, il fallait constituer une équipe prête à



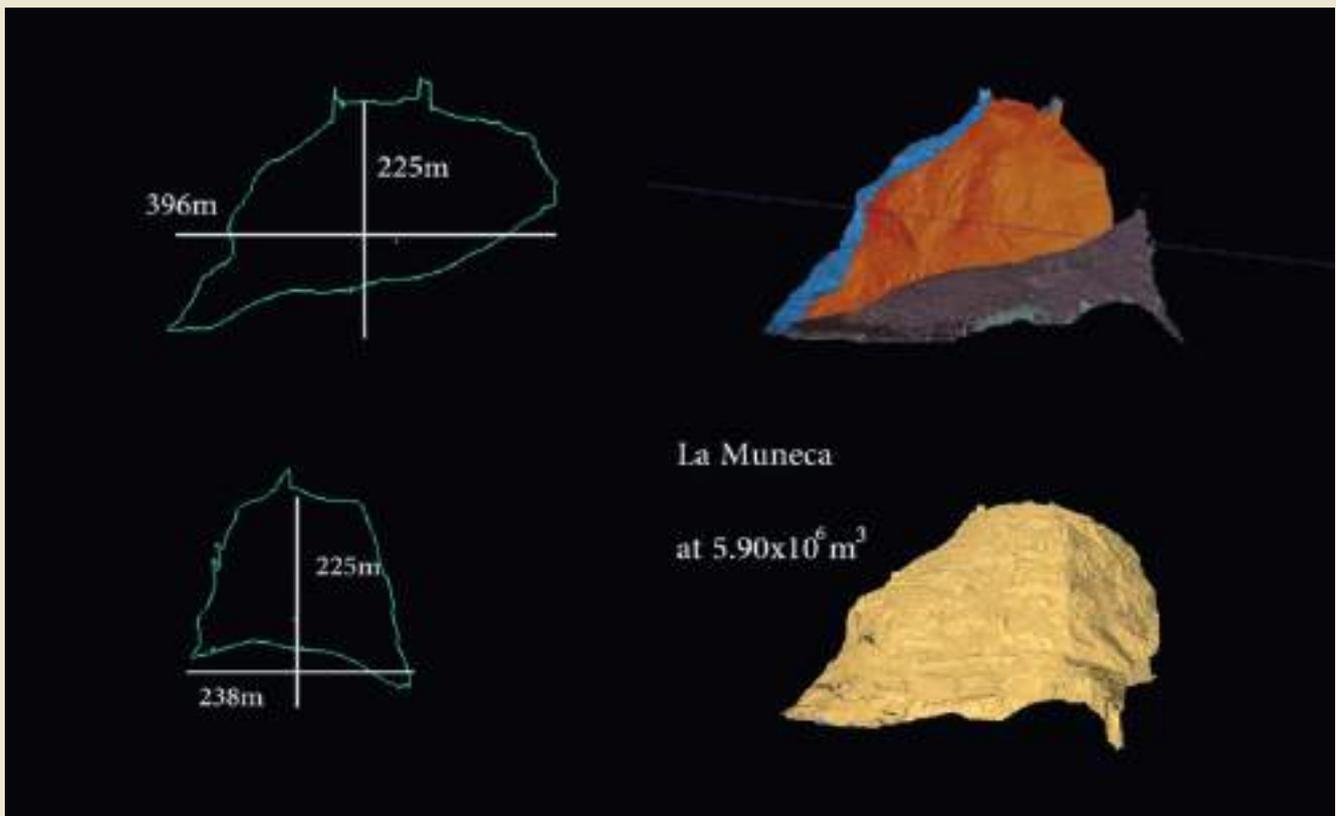
*Les bancs de shale sont fort présents dans le TZ1; s'ils sont esthétiques, ils sont aussi casse-gueule. Photo : Gaëtan Rochez (GSAB).*



Grande discussion au bivouac (qu'est ce qu'on mange ?) dans le bas de la salle (-350). Photo : Gaëtan Rochez (GSAB).

consacrer au moins 6 jours de l'expé à ce projet. Il était également nécessaire de travailler au niveau théorique sur la réalisation de la photo. Ceci a engendré de nombreuses questions : quel type d'éclairage utiliser (flash, spot ...), à quelle puissance, avec quel mode opératoire. Deuxième étape, réunir le matériel ad hoc ... Et enfin se lancer et s'envoler en direction du Mexique avec l'espoir que la théorie ne sera pas trop éloignée de la réalité !

Du camp de base à Oztopulco, Tlamanicitli est située à 1 heure de piste en 4x4, suivie d'1h30 de marche d'approche. Dans un premier temps, la cavité a été équipée jusque -250 par Brian & Loïc c'est une cavité qui demande beaucoup de cordes car en plus des puits, il est souvent nécessaire d'équiper de grandes rampes. L'équipe photo était composée de 4 personnes (Robert, Jack, Stéphane et moi). Nous descendons dans la cavité pour trois jours et deux



Vue 3D d'après les images Lidar (2017) de Tim Allen, Andy Eavis, David Rose et Pete Ward.



Vue d'une partie de la plage avec le bivouac. Photo : Gaëtan Rochez (GSAB).

nuits, bivouaquant dans le bas de la Salle. Le programme est simple : la première journée, consiste à atteindre la salle située à - 337 et installer le bivouac, la deuxième est entièrement consacrée à la réalisation de la photo, enfin le troisième jour, démontage du bivouac, remontée et retour au camp de base à Oztopolco. Le déséquipement sera réalisé quelques jours plus tard, ceci permettra à d'autres membres de l'expédition de profiter de 5.90 millions de m<sup>3</sup> de noir

## La théorie

Depuis la découverte en 1999, le projet de photographier la Muñeca revenait régulièrement sur la table. Mais un tel projet ne pouvait s'improviser. Cinq à six jours d'expé étaient nécessaires (équipement, bivouac, déséquipement) pour une équipe d'au moins 4 à 5 spéléos. Par ailleurs, techniquement, photographier un tel volume n'est pas simple. Au départ, nous pensions utiliser des ampoules magnésiques comme nous l'avions déjà fait dans d'autres grandes salles de la zone. Nous avons même élaboré des plans d'une montgolfière afin de pouvoir déclencher une ampoule magnésique dans le "sommets" de la salle. Finalement, nous avons opté pour un flash. Le choix s'est porté sur le Godox AD600BM. Un monstre ! Avec une puissance maximum de 600 w, sa température de couleur est de 5600 K (+/- 200 K). Il délivre jusqu'à 360 coups d'éclair à pleine puissance. Son seul inconvénient pour la Muñeca est, sans aucun doute, son poids de 3 kg (avec batterie). Mais son efficacité fait vite oublier ce poids. Ses dimensions sont de 25 x 24,5 x 12,5 cm avec batterie.

Nous avons prévu deux batteries, ce qui nous permet de tirer environ 700 éclairs de flash. Un caisson spécial lui est consacré afin de le conduire avec le plus grand soin jusqu'à la salle. Nous avons quoiqu'il en soit prévu une ampoule de réserve. Nous ne sommes pas à l'abri d'une casse (transport, mule, portage sous terre ...). La technique

utilisée est celle de l'Open Flash, c'est-à-dire en pose B. Le temps de pose B est la durée pendant laquelle l'obturateur du boîtier reste ouvert pour permettre à la lumière de former une image sur le capteur. Il faut donc travailler sur pied. L'idée est d'éclairer le volume à l'aide du flash zone par zone. Chaque zone éclairée est une photo distincte. Ensuite, en post-traitement, les photos sont assemblées, ce qui permettra d'avoir "toute" la salle éclairée. L'appareil restera fixe pour toutes les photos (pas de collage pour une photo panoramique) et donc le cadrage sera "limité" à la longueur de focale c'est-à-dire 16mm. Chacun a un rôle bien précis. Stéphane restera toute l'opération au boîtier (car écrit comme cela ailleurs dans l'article) en communication radio avec moi afin d'ouvrir et de fermer l'obturateur du boîtier selon les consignes. Robert et Jack seront les deux "figurants" sur la photo afin de donner l'échelle, vu le volume, ils devront même figurer à plusieurs endroits. Enfin, pour ma part je vais arpenter la salle dans tous les sens, de station en station, afin d'éclairer zone par zone à l'aide du flash. Voilà la théorie, mais ...

## Test grandeur nature

Enfin, "test grandeur nature", c'est un grand mot, car il nous faudrait pour cela une salle de plusieurs millions de mètres cube. Mais n'ayant pas pu tester le flash in situ avant de m'envoler pour l'expé, l'idée est de quand même le manipuler avant le jour J. Le plan est d'aller l'essayer dans Atlixicaya dans la salle Nanga Parbat (60m / 40 m) qui est d'un volume suffisant pour utiliser le Godox. C'est à 6 (Luis, Alain, Jack, Steph, Boulon et moi) que nous pénétrons dans Atlixicaya avec cet objectif. Au-dessus du P30, nous débouchons dans le "bas de la salle". Nanga Parbat est très accidenté avec de nombreux reliefs. Pour atteindre le "bout" de la salle, il est nécessaire de longer la paroi de droite et de remonter deux puits pour enfin rejoindre le haut de la salle. Mais Alain, équipé d'une pelle, fait des miracles en



*Les bonnes communications radio ont permis de mener à bien le projet. Photo : Jean-Claude London (GSAB).*



Réveil du troisième jour au bivouac. Photo : Gaëtan Rochez (GSAB).

taillant des marches sur les crêtes. Ceci nous fait gagner pas mal de temps et simplifie grandement la progression. La photo test sera prise du haut vers le bas. Une fois tout en place (mise en place théorique de la Muñeca), il n'a fallu que trois éclairs de flash pour éclairer le volume (voir la photo dans Escapade en Images). C'est peu, mais je suis satisfait du test "grandeur nature". Avant de remonter, nous filons sur le deuxième objectif de la journée. Il y a quelques jours, une superbe galerie concrétionnée a été découverte, la galerie du Haricot Magique. Il reste un potentiel départ de galerie à explorer. Sur place, malheureusement ça queute très vite. Nous topographions cette partie pour ensuite visiter cette fabuleuse galerie. J'en profite pour y prendre des photos (voir Escapade en Images). Cette galerie est vraiment exceptionnelle. Tous comblés par cette journée, nous rentrons de nuit au camp.

## Le Jour J

Nous sommes trois équipes et au total 9 spéléos à descendre dans la cavité ainsi qu'une équipe de deux (Boulon & Roland) en soutien portage jusque l'entrée. La première équipe (Brian & Renaud) termine l'équipement (de -250 à la salle), la deuxième (Luis, Berenice & Alain) réalise un portage jusqu'à la salle (matos bivouac / photo) et enfin, l'équipe photo également bien chargée ferme la marche. Hormis l'équipe photo qui installe un bivouac dans le bas de la salle pour trois jours, tous remontent le jour même pour rentrer au camp de base.

La descente se passe bien, nous enchaînons les puits, les rampes, les désescalades, les méandres ... Pas de grandes verticales mais quand même plus de 500 mètres de corde sont en place pour atteindre la salle située à - 337 mètres.

La cavité a des dimensions très humaines, c'est d'ailleurs déstabilisant quand nous savons que nous allons déboucher dans la plus grande salle des Amériques ! Vers -150, il est nécessaire de franchir un passage bas, une vraie soufflerie. Il faut dire qu'il y a du volume plus bas. Après le dernier P15 et quelques ressauts dans le méandre, nous arrivons dans la salle. Nous ne pouvons-nous empêcher de tester l'écho et en effet, plus de 10 secondes de retour. C'est impressionnant ! Nous longeons la paroi de droite et arrivons sur la plage. C'est une énorme surface dans le bas de la salle. Le sol y est très plat, il est constitué de boue de décantation sèche. C'est bien l'endroit idéal pour un bivouac. Très vite, les choses se mettent en place, installation des couchages, aller chercher de l'eau, mise en place de la cuisine, et préparation du repas. La soirée sera l'occasion d'un rappel théorique. Demain, c'est le grand jour. Nous passons enfin à la pratique !

Après une bonne nuit au bivouac, l'équipe peut commencer son travail et tenter de photographier les 5.9 millions de m<sup>3</sup> de la Muñeca Fea. C'est le moment où la théorie de ces derniers mois doit coller à la pratique in situ !

Sur base du relevé Lidar de l'équipe anglaise de 2017, la décision est prise de photographier la salle du haut vers le bas. La première opération consiste à trouver l'endroit ad hoc où positionner l'appareil photo. C'est donc quasiment au sommet de la salle que nous plaçons le boîtier photo posé sur pied. De cette position, au bas de la salle, il y a un dénivelé de 80 mètres ! Définir le cadrage n'est pas chose aisée dans cette masse noire qui s'offre à nous. Après quelques essais, le boîtier est en place. Du haut à l'aide des radios, Steph et moi guidons Robert et Jack afin de les placer correctement dans le cadrage, il ne faudrait pas qu'ils soient cachés derrière un bloc. L'exercice est complexe mais nous y arrivons. Nous pouvons enfin commencer la photo proprement dite via le

gros travail d'éclairage. Je parcours alors la salle en tous sens en tentant de n'oublier aucune zone mais, se repérer dans ce « volume noir » n'est pas simple. Le tout est de garder à l'esprit la géométrie de la salle et le cadrage de la photo. Tout au long de la journée, nous communiquons grâce aux radios (l'écho de la salle ne permet pas de communiquer en direct). Au fur et à mesure de l'avancement de la journée, la théorie semble bien coller à la pratique. Au total, c'est environ 400 éclairs de flash d'une valeur de 250 Nombre Guide<sup>2</sup> qui sont distribués dans les 5.90 millions de mètres cubes. Ce mode opératoire nous prend plus de 8 heures de travail non-stop. Le soir venu, il est temps de rentrer au bivouac en bas de la salle. Même s'il n'est pas possible de voir le résultat global de photo, nous sommes satisfaits de la journée et du travail accompli. C'est donc dans une ambiance festive que nous soupçons avant de passer notre deuxième nuit dans la plus grande chambre du continent américain !

Au réveil de notre troisième jour et après un bon déjeuner, nous rangeons et déséquiperons le bivouac. La remontée vers la surface peut alors commencer. Vers -300, nous croisons Luis & Roland venus en renfort pour remonter du matos. La remontée sera l'occasion de réaliser quelques photos dans les puits très esthétiques. Les niveaux de shales sont aussi casse-gueule que spectaculaires.

Tous dehors, nous reconditionnons le matos, les kits ... nous attaquons le retour. Après 1h30 de marche, fort chargés, nous sommes heureux de retrouver le 4x4 au bout de la piste. En quelques minutes, il fait nuit, il pleut et il fait quasi froid. Sur la piste du retour, perdu au milieu de nulle part : une tienda. Nous nous arrêtons et, agréable surprise, il y a de la bière fraîche. Le moment est surréaliste comme souvent au Mexique. C'est aussi cela que nous venons chercher en expé. C'est magique. Nous venons de passer trois jours sous terre. Il fait nuit, le tchipi tchipi (la bruine) nous arrose, mais nous sommes heureux de boire une cerveza fraîche. Entre deux

fous rires, nous nous rappelons déjà les épisodes de notre belle aventure. Des jours, des mois voire des années que j'avais ce projet Muñeca dans la tête. Il semble que ce soir il est terminé. Alors cette bière entre équipiers, entre amis, je la partage déjà avec un peu de nostalgie. Gracias, amigos míos, por esta fabulosa aventura, y que viva la próxima!

## Les futures explorations dans Tlamanicitli.

Le fond du TZ1 à -386m est malheureusement une belle queue ! Nous avons cependant un rêve un peu fou. En effet, les images Lidar de la salle montrent une arrivée de puits au plafond. À la suite du report de la topographie sur carte et sur Google Earth, nous prospectons dans cette zone afin de dénicher le sotano qui nous permettrait de rejoindre la salle. Mais cette zone est difficile d'accès, il faut jouer de la machette durant plusieurs journées pour progresser dans ce secteur de la Sierra. Mais l'espoir est toujours présent, ce qui offrira notamment un plein pot de 200 mètres de haut !

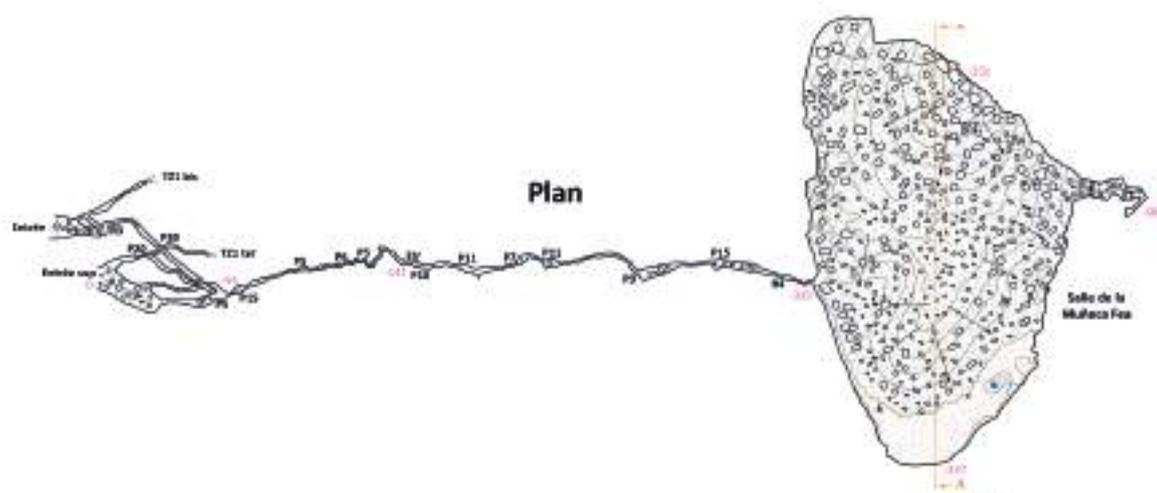
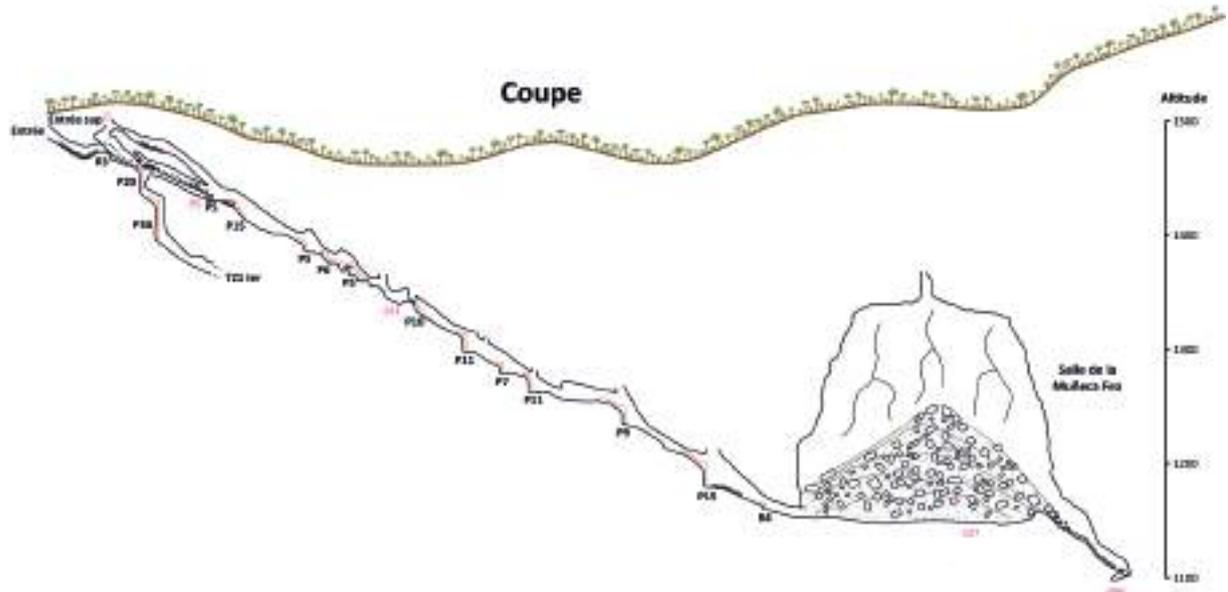
Quant au TZ1 bis, c'est un bel arrêt sur rien comme le veut la formule, nous sommes à la profondeur de 571 mètres. Mais il est évident que cette cote va encore évoluer. Vu la position des galeries du fond proche de la cueva Tepezala et plus précisément de la grande galerie "Fuyez Pauvres Fous", une jonction est fort possible, ce qui permettrait de relier Tlamanicitli au Sistema Oztotl dont le développement dépasserait alors les 40 kilomètres pour -878m.

<sup>2</sup> *Le nombre-guide (NG) caractérise la puissance maximale de l'éclair d'un flash. Il permet de connaître la distance maximale à laquelle un sujet gris neutre sera correctement exposé. Le nombre-guide est presque toujours donné pour 100 ISO.*



*Au sein de la Muñeca Fea il est possible d'observer de nombreux fossiles comme notamment des lamellibranches. Photo: Gaëtan Rochez (GSAB).*

**TZ1 - Cueva Tlamanictli**  
Tepepan Zaragoza, Puebla, Mexico  
Zone principale  
Dév. : 2736 m / Déniv. : -386 m  
Salle Muñeca Fea : Longueur : 397 m / Largeur : 238 m / Hauteur : 225 m  
Volume : 5,9 millions m<sup>3</sup>  
Topographie GSAB (1999 - 2023) - Dessin : Stéphane Pire



*Stéphane vers -300, la progression se fait encore dans des galeries de "taille humaine" avant de déboucher dans l'immense !  
Photo: Gaëtan Rochez (GSAB)*



Le Mexique présente une grande diversité géologique où les roches sédimentaires constituent 60% du territoire parmi lesquelles des calcaires secondaires généralement plissés et faillés (Sierra Madre Orientale et du Sud) et des calcaires tertiaires plutôt tabulaires (Yucatan).

La Sierra Negra se trouve juste au sud de la grande zone transversale volcanique exposant de grands stratovolcans, Popocatepetl, Ixtacihuatl et Pico d'Orizaba datant du Pliocène moyen.

Le niveau de base du massif est constitué de shales et de silts intercalés de niveaux calcaires datant du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur. Au-dessus de cette formation se pose une puissante série carbonatée d'une épaisseur supérieure à 1000m datant du Crétacé.

Il existe plusieurs genèses pour expliquer la formation de ce type de grandes salles. Nous pouvons citer notamment trois processus de creusement décrit en détail dans les publications d'Éric Gilli :

- Par dissolution : La galerie se creuse par dissolution de la roche par l'eau. Les fissures sont élargies, les blocs, délimités par ces fissures, s'affaissent et sont dissous par la rivière.
- Par dissolution et effondrement : C'est le type le plus fréquent. L'élargissement d'un conduit karstique par dissolution crée des surplombs générateurs d'effondrements. Le matériau effondré est ensuite dissout par la rivière ou entraîné mécaniquement.
- Par affouillement ou soutirage et effondrement : Le cours d'eau souterrain s'élargit en atteignant un niveau plus tendre, l'élargissement crée des surplombs qui évoluent par effondrements successifs.

A ces trois phénomènes décrits par Eric Gilli, nous pouvons ajouter bien évidemment le processus de "fantômisation" décrit par Yves Quinif (2010) mais aussi l'influence des séismes (tremblements de terre) sur l'affaiblissement des voûtes des salles (Thierry Camelbeeck et al 2018).

Mais dans le cas de la Muñeca Fea, tout reste à faire au niveau de la compréhension de sa genèse. Ce volume exceptionnel reste à étudier. Pour l'anecdote, la diversité des éboulis que nous parcourons pour "traverser" la salle est telle qu'il y serait possible de dresser un log géologique même si ceux-ci ne sont pas en place.

En dehors de la Muñeca Fea, notre zone d'exploration contient plus d'une demi-douzaine de grandes salles d'une superficie supérieure à 2,5 hectares. Ces salles ont la particularité de se situer +/- à la même altitude, entre 1000 et 1100 mètres. Nous en ignorons encore la raison :

- Une couche moins karstifiable (calcaire plus argileux) se situe à ce niveau et joue-t-elle un rôle ?
- Est-ce la karstogenèse lors d'une stabilisation du massif qui est responsable de la formation de ces grands vides ?

Une étude complète sur le sujet ainsi que sur la genèse de la salle reste à faire et serait fort intéressante !



*Une cerveza que je ne suis pas près d'oublier !  
Photo : Jean-Claude London (GSAB).*

## Remerciements

L'expédition Regreso 2023 tient à remercier :

- La Commune de Zoquitlán (Mexique)
- Les habitants du village d'Oztopolco (Mexique)
- Petzl Benelux
- La Comexplo (Commission Exploration de l'Union Belge de Spéléologie)
- L'Union Belge de Spéléologie (UBS)
- André-Marie Dawagne.
- Le Département de Géologie de l'Université de Namur - (Belgique)

## Les membres de l'expédition

L'expédition Regreso 2023 était composée de 21 membres et de 4 nationalités (belge, française, mexicaine et allemande): Luis Alvarez (BE), Sabine Bourgeois (BE), Pierre Cartry (BE), Etienne Degrave (BE), Benno Fiehring (DE), Roland Gillet (BE/FR), Richard Grebeude (BE), Berenice Gómez Estrada (MEX), Brian Hardy (BE), Tom Lallemand (BE), Robert Levêque (BE), Jean-Claude London (BE), Renaud Mathieu (BE), Alain Maurice (FR), Loïc Maurice (FR), Stéphane Pire (BE), Ulises Rivera Arroyo (MEX), Gaëtan Rochez (BE), Hugo E. Salgado Garrido (MEX), Didier Sauvage (BE), Lilu Vazquez (Mex).

## Bibliographie

- Camelbeeck Thierry, Yves Quinif, Sophie Verheyden, Kris Vanneste, Elisabeth Knuts. Earthquakes as collapse precursors at the Han-sur-Lesse Cave in the Belgian Ardennes. In Geomorphology journal 308, 2018. pp 13-24;
- Gilli Éric. Les grandes cavités souterraines, études et applications. In : Kartologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°7, 1<sup>er</sup> semestre 1986. pp 2-10 ;
- Gilli Éric. Les grands volumes souterrains de Mulu (Bornéo, Sarawak, Malaisie). In : Kartologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°22, 2<sup>ème</sup> semestre 1993. pp 1-14 ;
- Grebeude Richard. Les travaux spéléologiques belges au Mexique. In geological Survey of Belgium professional Paper 2001/3 N. 295. pp 116-121 ;
- Quinif Yves. Fantômes de roche et fantômisation. Essai sur un nouveau paradigme en karstogenèse. In Karstologia Mémoires 18. 2010.

La Muñeca Fea – Tamaniçitli (TZ1). Photo : Gaëtan Rochez (GSAB)

