

NYMPHAEA Folia naturae Bihariae	XLVIII	45 - 76	Oradea, 2021
---	---------------	----------------	---------------------

Morphologie et hydrogéologie des grottes du mont Phou Namthok, Khammouane, Laos

Liviu VĂLENAȘ

Speleological Club „Z“, Wanderer Str. 27, D-90431 Nürnberg, Germany

e-mail: liviu.valenas@gmail.com

Introduction

Le club de spéléologie «Z» de Nuremberg, Allemagne, a commencé en 2006 des explorations spéléologiques au Laos. Depuis 2015 elles se sont intensifiées dans le cadre des 7 expéditions spéléologiques internationales déroulées principalement dans la province de Khammouane, au centre du Laos, toutes dirigées par Liviu Vălenaș. Khammouane est la province du Laos avec les plus grandes zones de calcaire et les plus grandes grottes. Entre 2010 et 2020 le Club de Spéléologie «Z» a découvert (ou repris les explorations) 65 grottes, dont 11 de plus de 1 km de développement. Le système Pha Soung est la plus grande des grottes explorées et cartographiées (21.012 m de développement en 2020). Nous avons décidé de publier les résultats des explorations (qui se poursuivront dans les années à venir) par étapes et par des entités géographiques bien définies. La première étude sera consacrée aux grottes du mont Phou Namthok (Le Mont des Torrents).

Tham Dan Makhia

Résumé. Tham Dan Makhia (La Grotte de la Clairière du Haut Bois) est l'une des plus grandes grottes du Laos, avec un développement total de 2.160,4 m. La première partie est une grotte typique pour le Laos, concentrée sur une grande galerie terminée par un lac géant. Le reste de la grotte est relativement atypique pour le Laos, étant un labyrinthe composé de galeries à petites sections, formées exclusivement en régime phréatique. Dans l'ensemble, Tham Dan Makhia est l'une des grottes les plus labyrinthiques du Laos, avec un coefficient de ramification de 10,2. L'insurgence de la grotte provient peut-être d'une polje de 4,5 km de long, située dans le mont Phou Namthok à 6,5 km en ligne droite. On peut déduire de ce chiffre que ce qui a été exploré jusqu'à présent dans cette belle et intéressante grotte n'est qu'une infime partie d'un système souterrain extrêmement vaste.

Localisation

Entrée no. 2 c: N 17 30' 33. 3, E 104 53' 28. 3, alt.: 157 m. Entrée no. 3 (la résurgence de la grotte) : N 17 30' 44. 7, E 104 53' 27. 5, alt.: 157 m. Tham Dan Makhia se trouve dans la paroi verticale du mont Phou Namthok (Le Mont des Torrents), à 3,250 km sud du village de Ban Phondou.

Données physiques

Développement: 2.160,4 m, dénivellation 33,5 m (-20,5;+13,0), extension 232,3 m, coefficient de ramification 10,2.

Historique des explorations

La grotte était probablement connue depuis un siècle par les habitants du village de Ban Phondou et Ban Nasé, à proximité desquels elle se trouve. Ils ont mis en place des installations simples de pêche dans le grand lac souterrain à -20 m. Les Français Claude Mouret et Jean-François Vacquié ont été les premiers spéléologues à pénétrer dans la grotte en 2013. Il semble qu'ils aient parcouru environ 500 m de galeries. Cependant, ils n'ont pas communiqué les résultats de cette exploration et nous ne disposons pas d'informations concernant une éventuelle topographie réalisée à cette occasion. Ce qui est certain, c'est qu'ils n'ont jamais rien publié. En janvier 2015, ignorant cette première exploration, Liviu Vălenaș, Maliwan Vălenaș et Khamlex Khomxayxana ont repris les explorations dans la grotte et ont topographié 570 m de galeries. Cette exploration a été considérée comme définitive et la grotte entièrement explorée. C'était inexact. La topographie et la description détaillée de la grotte ont été publiées la même année (Vălenaș,

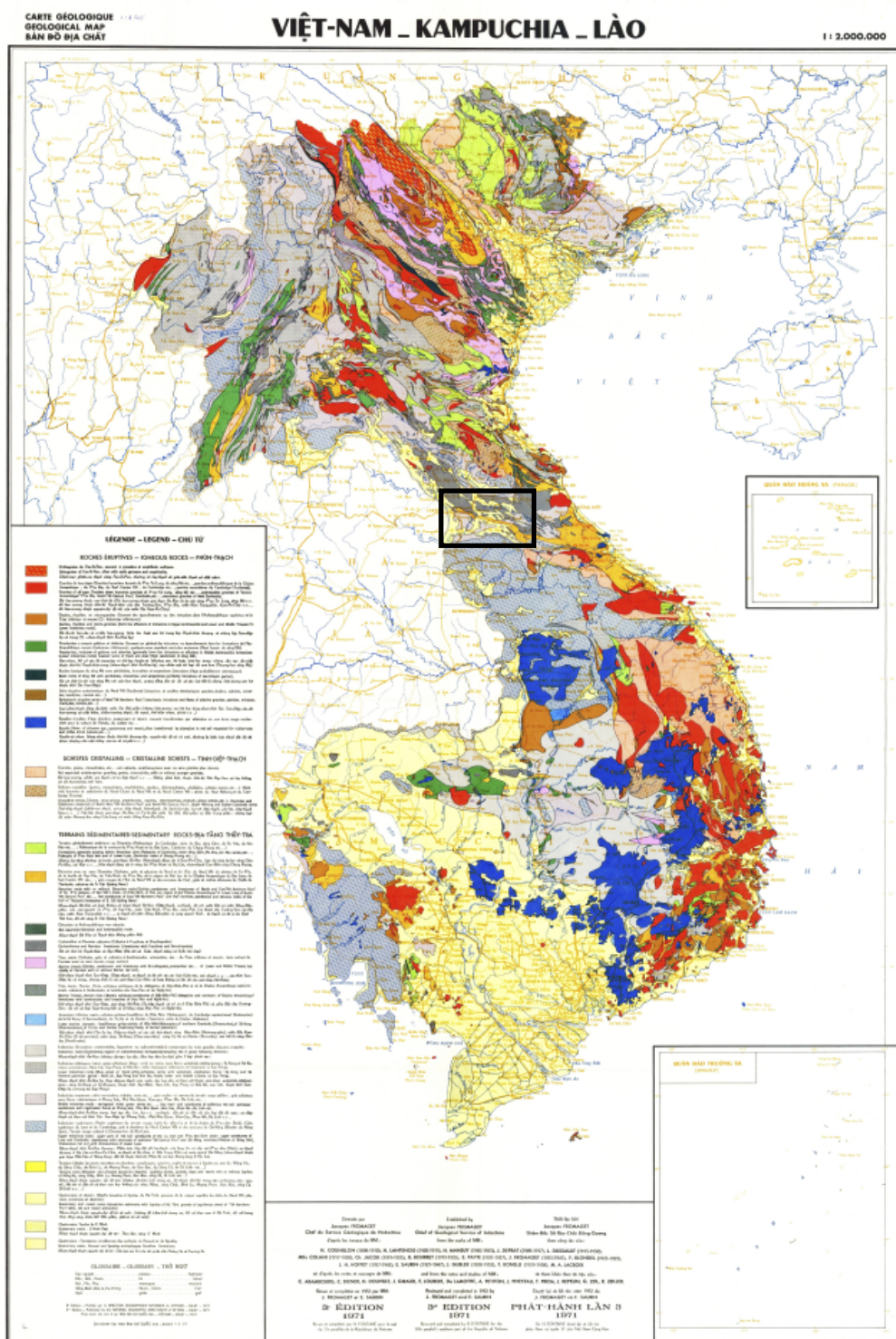


Figure1. Localisation de la province de Khammouane (en cadre noir) de Laos sur la carte géologique de l'ancienne Indochine française (Laos, Vietnam et Cambodge).

2015). En 2017, cependant, nous avons décidé la reprise de l'exploration de la grotte. Jozef Grego et Liviu Vălenaș parviennent à forcer un passage étroit dans la Grande Latérale et ils avancent dans un système labyrinthique aux galeries étroites, qui conduit finalement à la surface par deux entrées plus grandes, l'une de ces entrées étant la résurgence même de la grotte! Le développement passe à 1.340,4 m. En 2018, il y a eu d'autres découvertes inattendues, deux secteurs labyrinthiques, le premier (Liviu Vălenaș Labyrinthe) au nord de l'entrée no. 3, avec un développement de 155,0 m, découvert et exploré par Liviu Vălenaș seul. Entre les entrées no. 1 et 2, Mehdi Boukhal et Liviu Vălenaș découvrent un autre système labyrinthique de 598,1 m de long (Mehdi Boukhal Labyrinthe), avec de nombreux lacs de siphon. Le développement de la grotte atteint 2093,5 m. En 2019 Liviu Vălenaș, Leda Monza et Franco Malacrida parviennent à topographier encore 66,9 m dans le Labyrinthe Mehdi Boukhal, atteignant ainsi le développement actuel de 2.160,4 m. Au cours de la même expédition, Jean Pierre Dégletagne réussit dans la galerie principale les premières prises de vue avec un drone.

Lithologie et genèse

Tham Dan Makhia se développe dans des calcaires carbonifères, fortement faillés. Il existe deux systèmes de failles et de diaclases, un principal orienté SO-NE et un secondaire orienté SE-NO. Les faces de stratification ne jouent pas de rôle important dans la création de la caverne. La genèse de la grotte est épiphréatique. Elle a d'abord fonctionné en régime totalement immergé, l'entrée principale (entrée no. 1) était une résurgence vaclusienne. L'approfondissement de 30 m de la rivière Nam Don a déterminé la fossilisation de la galerie principale (aucune trace notable de remodelage vadeux n'est visible) et une nouvelle résurgence a été activée (entrée no. 3). Avant cette activation, il y a eu une autre phase intermédiaire: la création de la Galerie d'Avancement, les galeries de raccord no. 1 et no. 2, et la Galerie Jozef Grego. Elles aussi fonctionnaient exclusivement en régime phréatique et ont été par la suite abandonnées par tout cours permanent au profit de la résurgence actuelle (entrée no. 3), située près du niveau de base de la rivière Nam Don. On constate donc une expansion spatiale du système de résurgences jusqu'à l'extrémité ouest du mont Phou Namthok. Un phénomène similaire a été trouvé dans un karst typique des zones tempérées d'Europe. Il s'agit de l'expansion spatiale du système Coiba Mica - Coiba Mare dans les montagnes du Bihor, en Roumanie (Vălenaș, 1978).

Hydrogéologie

Tham Dan Makhia a sans aucun doute l'une des plus intéressantes hydrogéol-

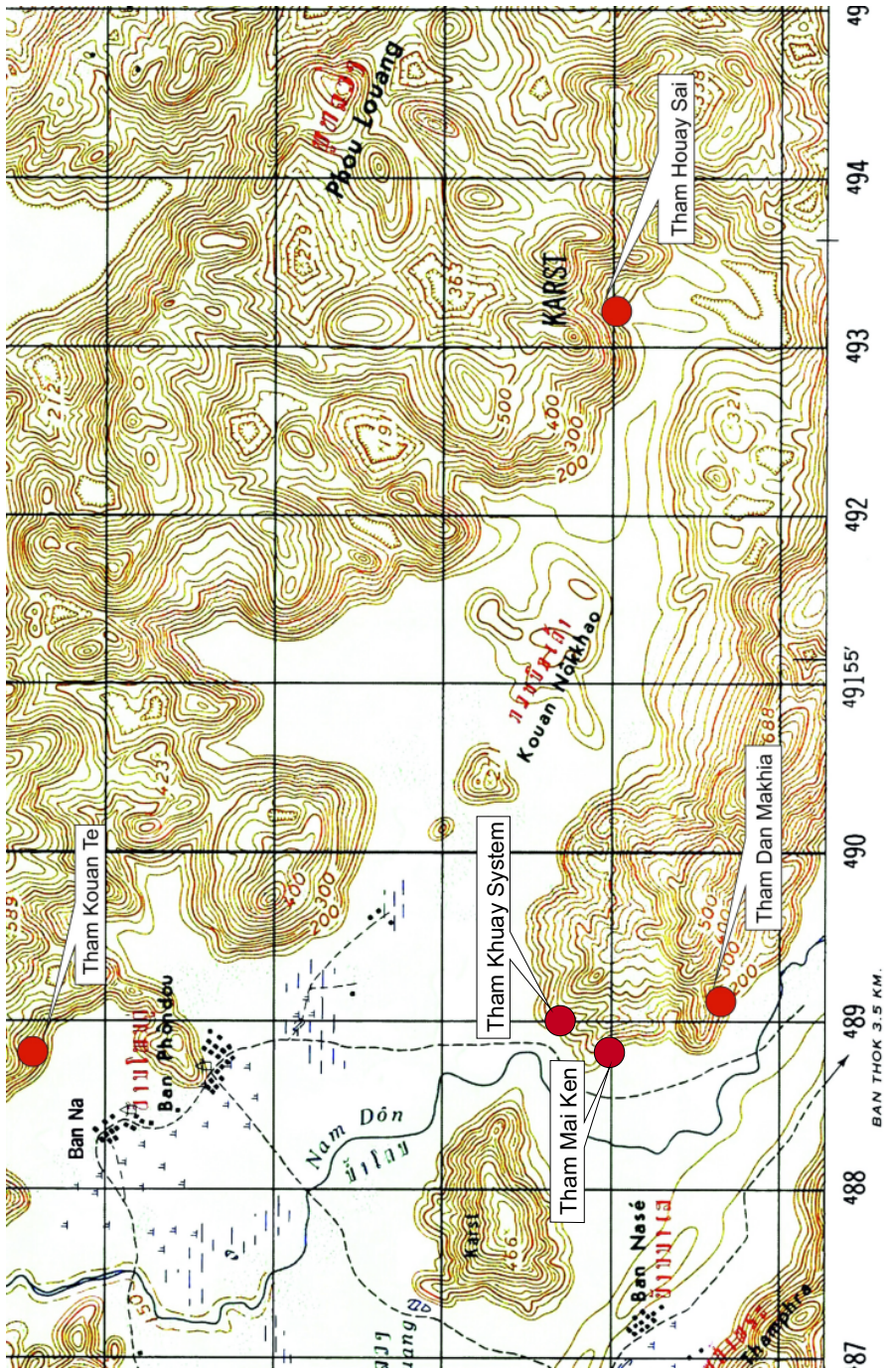


Figure 2. Emplacement des grottes Tham Dan Makhia, Tham Mai Ken et Système Tham Khuay dans le cadre du versant ouest du mont Phou Namthok, carte militaire américaine de 1965.

logies du karst du Laos. Le grand lac souterrain, à -20,5 m (cota de 2019) de 36 x 23,5 m, a une profondeur de 20 m (sondage à fil lesté réalisé par Khamlex Khomxayxana en 2017). Il y a encore une distance en ligne droite de 114,7 m jusqu'au lac de la résurgence (entrée no. 3) Seule une future exploration avec des plongeurs pourrait apporter des données sur ce siphon. Le problème que rencontrent tous les spéléologues et les hydrogéologues au Laos est qu'ils ont étudié et observé le régime hydrologique des grottes seulement pendant les saisons sèches (janvier-avril). Il n'y a pas de données précises sur l'hydrologie et l'hydrogéologie des grottes pendant la saison de la mousson (mai - octobre). Cependant, nous pouvons tirer quelques conclusions, basées sur des informations données par les habitants et à partir des dépôts d'argile sur les parois de la grotte, traces des inondations de la saison des pluies. Il est clair que pendant la saison de la mousson le Grand Lac déborde sur les marches de 5,5 m et 1,6 m et inonde, jusqu'à 8 m de hauteur, à la fois la galerie principale, près de l'entrée no. 1, et la Grande Latérale. Les eaux s'écoulent ensuite à travers le secteur des galeries basses de la Grande Latérale et remontent à la surface, à un niveau supérieur, par les entrées no. 2 et no. 3. Bien entendu, le débit principal est déversé par le siphon du lac de la résurgence de la grotte (entrée no. 3). Il s'agit donc de deux rivières souterraines dans ce secteur pendant la saison humide, celle située entre le lac de résurgence et le Grand Lac et, à un niveau supérieur, le cours qui inonde complètement les galeries de débordement entre la Grande Latérale et l'entrée no. 3. Il est possible aussi qu'il y ait une communication entre Tham Dan Makhia et le Système Tham Khuay pendant la saison humide, à des débits élevés. Nous nous référons au siphon terminal de Tham Khuay I, siphon situé à -22,5 m. Tout comme pendant la saison humide dans le grand système voisin de Pha Soung, où, à des débits élevés, l'eau surgit par au moins 6 résurgences. Dans le Labyrinthe Mehdi Boukhal à Tham Dan Makhia, il y a aussi cinq siphons stagnants qui correspondent évidemment à la nappe phréatique. Le fait que dans la Tham Dan Makhia (spécialement dans le labyrinthe Mehdi Boukhal) il y a plusieurs siphons au même niveau nous fait penser à une idée claire: il existe un réseau labyrinthique phréatique noyé en dessous du niveau actuel des galeries fossiles. Autrement dit, il s'agit de deux grottes Dan Makhia, un réseau à présent fossile et un réseau inférieur complètement noyé. Nous n'avons aucune donnée exacte sur ce réseau. Seule une prochaine exploration avec des plongeurs pourrait éclaircir ce problème. Une situation identique existe aussi pour la grande grotte située à proximité, le Système Pha Soung où il y a un niveau phréatique inférieur, certainement beaucoup plus grand. Là aussi en période de mousson une partie de ce labyrinthe est inondée jusqu'à 8 m de haut. A la fin, les eaux qui sortent pendant la saison humide de Tham Dan Makhia se

jettent directement dans la rivière Nam Don, qui coule à ce moment-là à proximité immédiate de la résurgence à l'entrée no. 3.

Mais le grand mystère de l'hydrogéologie de Tham Dan Makhia reste l'origine de l'eau du Grand Lac. L'étude des cartes topographiques de la zone indique seulement une connexion possible à partir de la polje, d'une longueur de 4,5 km, située exactement à 6,5 km de distance aérienne Est de l'entrée no. 3 de Tham Dan Makhia. Dans ce cas, nous aurions à faire à la plus longue rivière souterraine de tout le Laos! Seules les marques d'eau pourraient apporter les éclaircissements nécessaires et, bien sûr, une exploration de cette soi-disant énorme rivière souterraine par des plongeurs autonomes.

Description

Dans le versant sud du lobe sud-ouest du mont Phou Namthok, à 30 m de hauteur relative, s'ouvre la grande entrée, l'entrée no. 1, de Tham Dan Makhia, de 20,6 m de large et 10 m de haut. L'entrée se poursuit par une large pente descendante, pleine de gros blocs. A -14,7 m se trouve la Grande Salle, la plus grande cavité de la grotte, avec des dimensions appréciables: 73 m de long, 38 m de large et 32 m de hauteur maximum. Surtout dans la zone près de l'entrée (mais même à l'entrée) Tham Dan Makhia présente les plus belles concrétions grossières. C'est le secteur de grotte le plus riche en concrétions. Depuis le bout de la salle la grotte se poursuit avec une galerie extrêmement spacieuse, avec des largeurs comprises entre 25-30 m. 50 m après un coude à 60 degrés, la galerie revient vers le nord-est. A 156,5 m de l'entrée, une petite verticale de 1,6 m descend, puis après seulement 6,8 m, à la base d'une paroi verticale se trouve le Grand Lac, de 36 m de long, 23,5 m de large et 20 m profondeur. Sa profondeur et ses dimensions sont variables, même en saison sèche. Le 12 février 2017, il se trouvait à -3,5 m de la base du mur vertical, mais le 22 février 2019, il était à -6,0 m (-20,5 m de l'entrée). Après la traversée du lac, il y a une pente boueuse embarrassante, la boue ayant une épaisseur appréciable. Après avoir gravi une petite verticale de 2 m, suit une diaclase qui se rétrécit progressivement. Elle se poursuit 39 m seulement puis l'avancement devient impossible. L'absence de tout courant d'air laisse comprendre qu'il n'y a plus de continuation notable à cet endroit-là. De retour à la galerie principale, près de son premier coude à droite, l'ascension d'un toboggan sur une grande pente mène à une large galerie, orientée vers l'Est, qui se termine après 64,7 m dans une salle basse et chaotique, pleine de blocs. Un énorme bloc la divise en deux fausses galeries, qui se „rejoignent“ de nouveau à la fin. Pas de courant d'air là non plus. Avant cette «salle» une poche de la galerie bifurque vers le nord où une cheminée atteint une hauteur de +13,0 m, le point culminant de

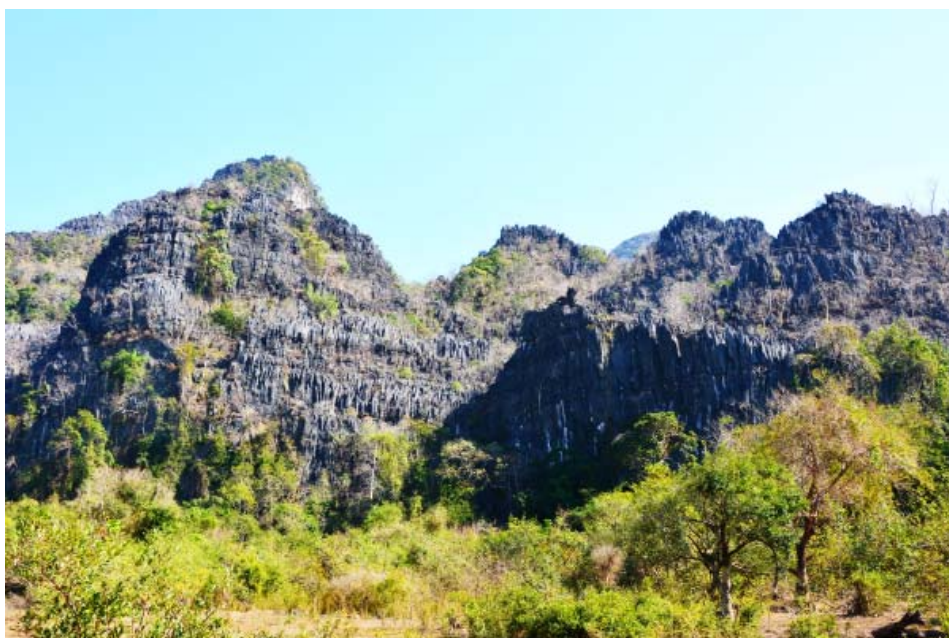


Figure 3. Mont Phou Namthok, versant ouest, photographie par Liviu Vălenaș, 2018.



Figure 4. Mont Phou Namthok, versant ouest, photographie par Liviu Vălenaș, 2018.



Figure 5. Dépression Kouan Nakhao, le mont Phou Namthok à droite, photographie par Liviu Vălenaș, 2018.



Figure 6. L'entrée de 20,6 m de large et de 10 m de haut de la grotte Tham Dan Makhia, photographie par Liviu Vălenaș, 2017.

Tham Dan Makhia. La branche la plus importante de la grotte part du deuxième coude de la galerie principale. Vers le sud-ouest, donc parallèlement à la galerie principale, la Grande Latérale va tout droit. C'est une grande galerie qui se termine en pente après 85 m à +10,0 m. Dans la partie finale il existe un étage supérieur, disposé de manière relativement capricieuse, qui communique avec la Grande Latérale par des larges puits ou à travers des fenêtres. De cette galerie, dans son secteur médian, vers l' Ouest, une autre galerie apparaît, d'abord assez large puis sous la forme d'une diaclase de 1 m de large. Un passage bas (H: 40 cm), également orienté vers l' Ouest permet l'accès dans le secteur des galeries rela-

tivement basses et étroites découvertes en 2017, la Galerie d'Avancement. Après 41 m on arrive à une première bifurcation importante. A gauche (à l'ouest) commence une galerie aux dimensions modestes (généralement 4 x 2 m), La Galerie de Raccord no. 1, horizontale qui débouche à la surface 70 m après, dans l'entrée no. 2, située à la base d'un grand abri. Pour revenir à la Galerie d'Avancement, après encore 40 m, direction nord, on arrive à la deuxième bifurcation. À l'ouest, la Galerie de Raccord no. 2 se développe, qui après 41 m débouche dans la paroi du magnifique lac de résurgence de Tham Dan Makhia. Le lac, avec des dimensions (en saison sèche, dans les années 2017-2019) de 26 m de longueur et 13 m de largeur maximale, profondeur supérieure à 7 m, se trouve en ligne droite à 114,7 m du Grand Lac. Le lac est situé dans un abri. Dans la paroi nord de l'abri se développent 8 diverticules, d'une longueur comprise entre 3 et 12 m. A 8 m seulement de l'abri, à la base de la même paroi se trouve le Labyrinthe Liviu Vălenaș, avec un développement total de 155.0 m. Deux entrées continuées par des galeries relativement étroites et descendantes donnent accès à une salle basse et confuse de 26 m de long et d'une largeur maximale de 8 m. De là partent plusieurs diverticules qui se terminent tous en cul de sac, avant la jonction avec la Galerie Jozef Grego. Vu que le Labyrinthe Liviu Vălenaș se trouve à 8 m à l'extérieur de l'abri de l'entrée no. 3, ce labyrinthe pourrait être considéré comme une grotte distincte (bien qu'il ait été formé avec le reste des galeries de Tham Dan Makhia). Dans ce cas-là, il s'agirait de 2 grottes, une de 155.0 m de long et une beaucoup plus grande de 2.005,4 m de long.

En revenant à la dernière bifurcation, la Galerie de l'Avancement continue encore sur 23 m avec les mêmes sections moyennes de 2/3 m. Elle arrive à un étranglement sévère en roc vif, de 50 cm de large et 28 cm de haut, où il souffle un fort courant d'air. Jusqu'à présent, seul Jozef Grego, en février 2017, a réussi à le traverser en avançant environ 100 m de plus dans une galerie extrêmement étroite. Il s'est arrêté à un nouveau passage encore plus étroit. Là aussi le courant d'air est présent. Normalement, après le passage terminal il faudrait arriver à une nouvelle entrée, mais il n'est pas exclu que la Galerie Jozef Grego s'ouvre dans un autre secteur labyrinthe. Malheureusement, la galerie finale, longue d'environ 100 m, n'a pas été topographiée de sorte que nous ne savons pas exactement dans quelle direction elle va.

Dans l'abri sud, celui de l'entrée no. 2, plusieurs entrées s'ouvrent (dont une suspendue, Galerie Peter Lenahan) qui débouchent toutes dans un nouveau secteur labyrinthe beaucoup plus grand, le Labyrinthe Mehdi Boukhal, avec un développement total de 598,1 m. Au départ, il se compose de deux salles parallèles longue de 26,7 m et respectivement 17,2 m. Parallèlement à ces salles, une

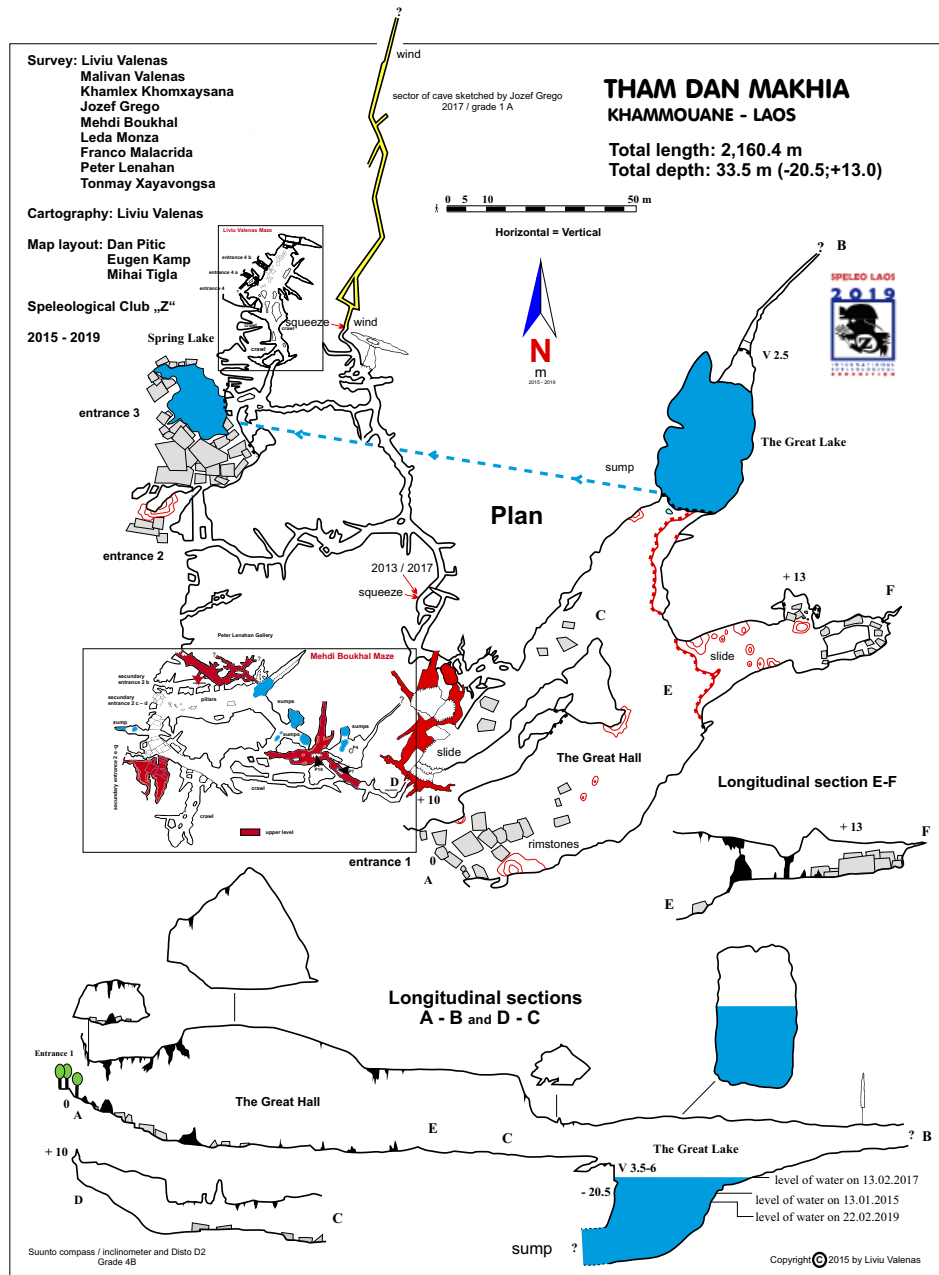


Figure 7. Tham Dan Makhia, plan, sections longitudinales et transversales, cartographie de Liviu Vălenaș, 2015-2019.



Figure 8. Tham Dan Makhia, l'entrée principale (nr. 1) et une partie de la Grande Salle, photographie par Liviu Vălenaș, 2015.

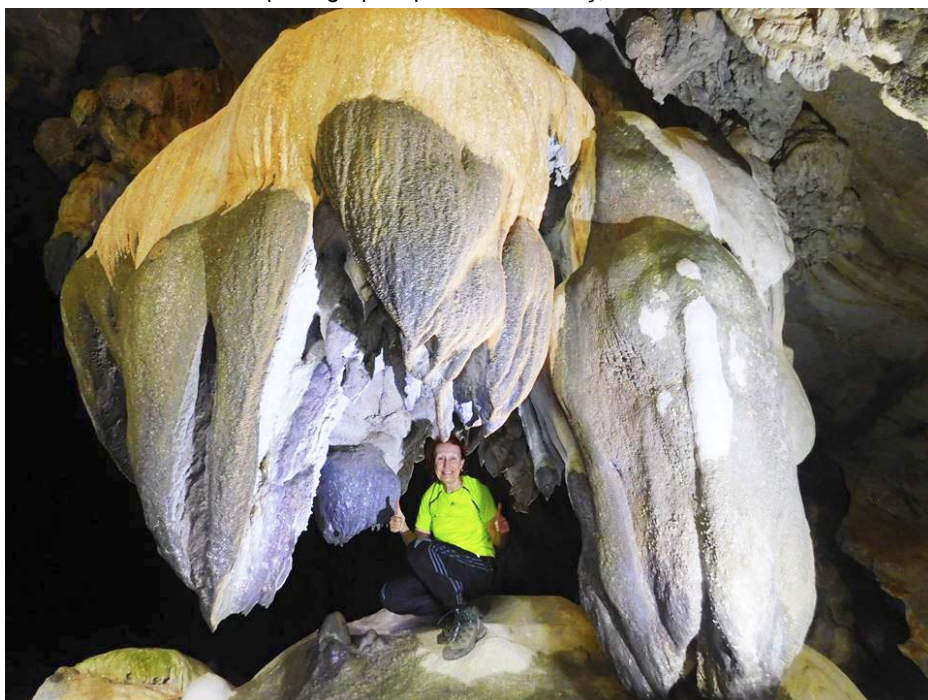


Figure 9. Tham Dan Makhia, «le Baldaquin Chinois» de la Grande Salle, photographie par Jean Philippe Dégletagne, 2019.



Figure 10. Tham Dan Makhia, la Grande Latérale, photographie par Liviu Vălenaș, 2015.

boucle relativement large de 48,4 m de long se développe. Dans la zone où les deux salles et la boucle se rejoignent, il y a 5 lacs de siphon-marmite, de 6 à 10 m de profondeur. Ce sont des lacs stagnants, ils ont à la surface une pellicule d'argile et de calcite. Ils correspondent évidemment avec la surface phréatique et communiquent sûrement entre eux et probablement même avec le siphon situé entre le Grand Lac et le lac de résurgence. De ces lacs stagnants, au sud, au sud-est et au nord-est, plusieurs galeries argileuses relativement étroites partent. Elles se terminent toutes après 40-60 m en cul de sac. L'une d'elles se termine à quelques mètres seulement du bout de la Grande Latérale. Il faut également mentionner dans ce labyrinthe trois étages supérieurs, concrétionnés, dont un communique avec la surface par deux entrées très étroites. En résumé, Tham Dan Makhia est une grotte extrêmement labyrinthique, les 2.160,4 m se développent sur une longueur aérienne de seulement 232,3 m (le passage final dans la galerie Jozef Grego et l'entrée no. 1). Cependant, compte tenu du fait que la Galerie Jozef Grego n'est pas encore topographiée, la longueur aérienne réelle semble encore plus petite, de seulement 211,8 m. Dans ce cas, le coefficient réel de ramification est plus élevé: 10,2.

Minéralogie

Contrairement aux autres grottes explorées jusqu'à présent dans le mont Phou Namthok, Tham Dan Makhia est bien concrétionnée (stalactites et stalagmites



Figure 11. Tham Dan Makhia, le Grand Lac, photographie par Liviu Vălenaș, 2015. grossières, colonnes, draperies, vagues, gours, perles de caverne et cristallisations de calcite. Les zones fortement concrétionnées alternent avec des galeries argileuses ou en roc vif, où toute concrétion est absente. Ici les formes de corrosion formées en régime phréatique abondent.

Climatologie

La grotte a des températures comprises entre 21,0 et 22,5 degrés C, humidité: plus de 93%. Tham Dan Makhia, ayant plusieurs entrées, est fortement ventilée.



Figure 12. Tham Dan Makhia, l'entrée nr. 3 et le lac de la résurgence, photographie par Liviu Vălenaș, 2018.



Figure 13. Tham Dan Makhia, Mehdi Boukhal dans le lac de la résurgence, photographie par Liviu Vălenaș, 2018.

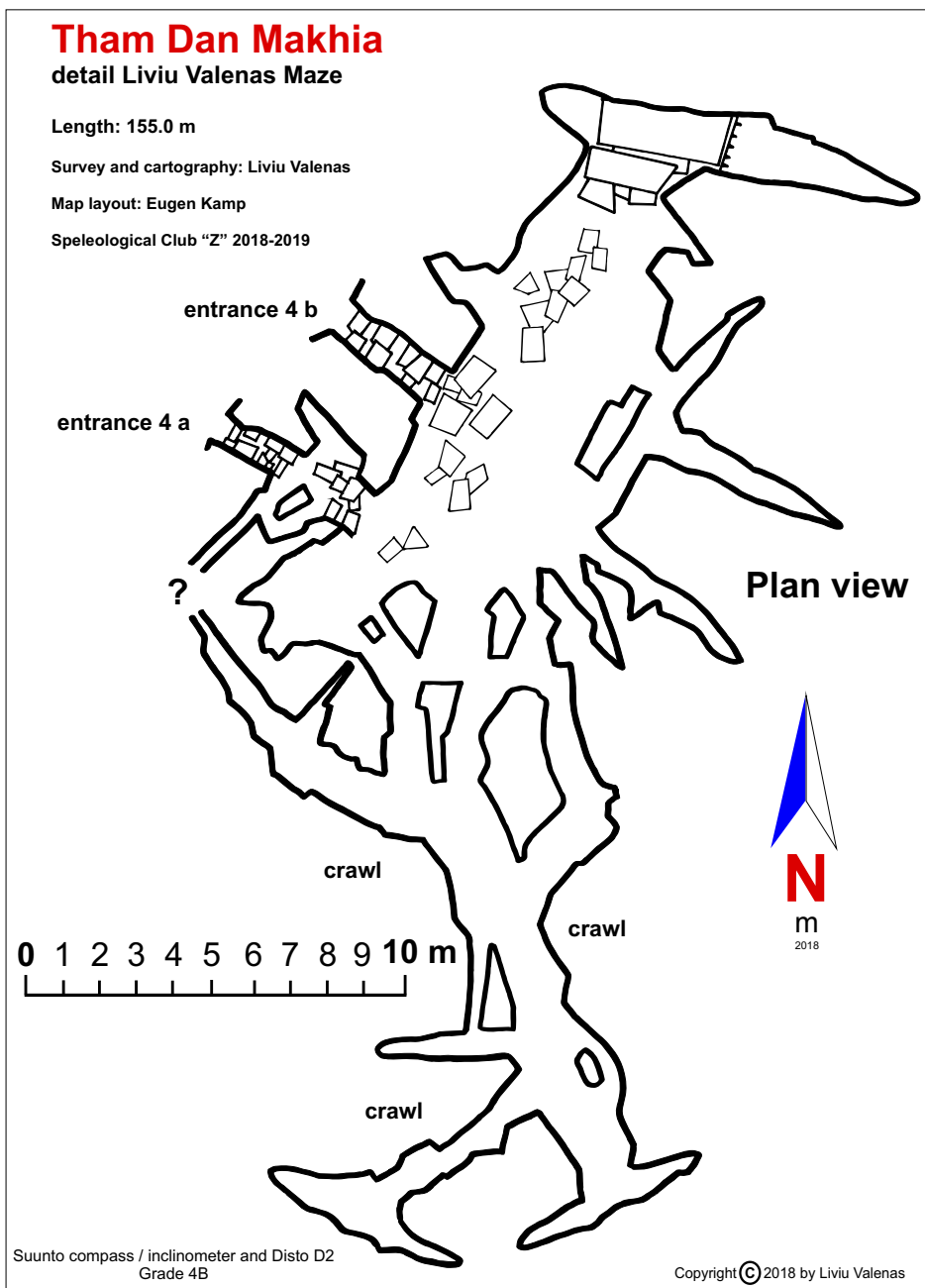


Figure 14. Tham Dan Makhia, le Labyrinthe Liviu Vălenaș, cartographie de Liviu Vălenaș, 2018-2019.



Figure 15. Tham Dan Makhia, l'entrée dans le labyrinthe Mehdi Boukhal, photographie par Liviu Vălenaș, 2019.

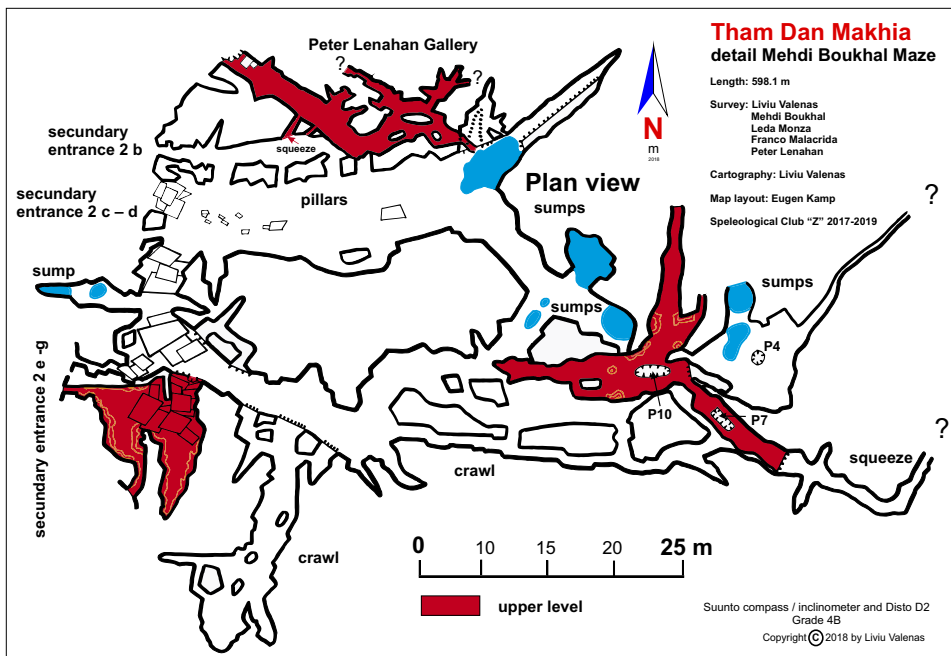


Figure 16. Tham Dan Makhia, le Labyrinthe Mehdi Boukhal, cartographie de Liviu Vălenaș, 2017-2019.

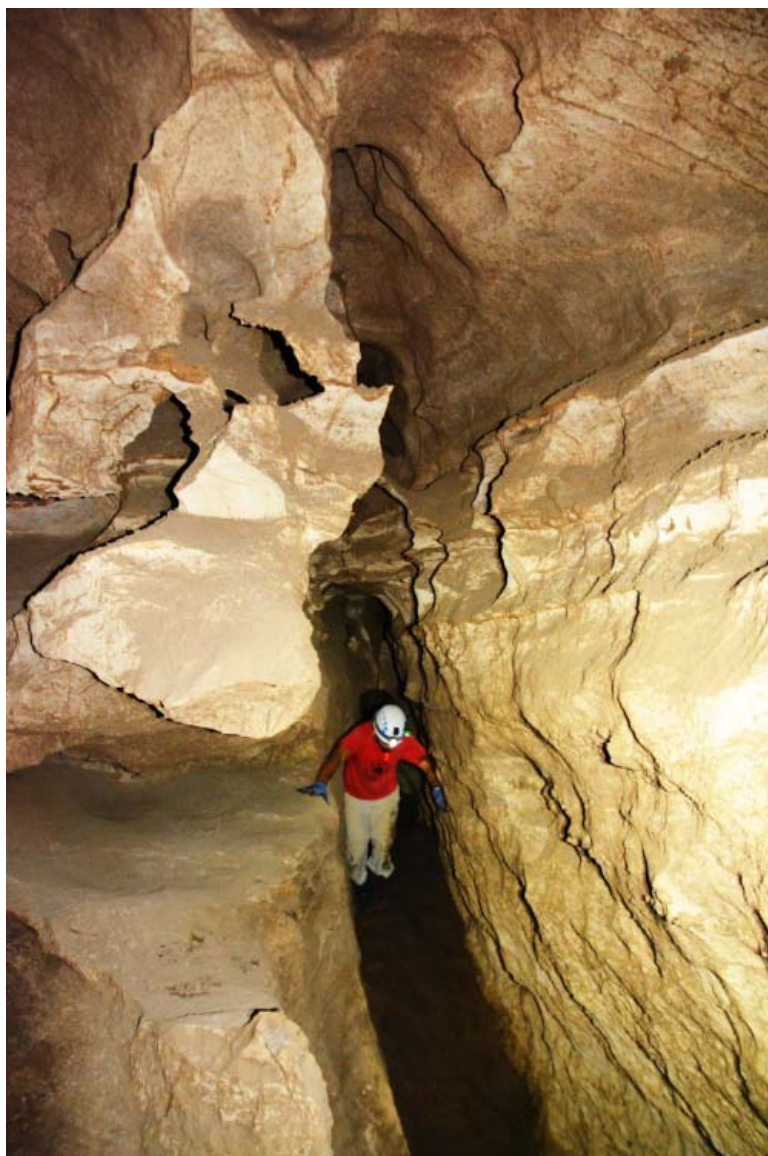


Figure 17. Tham Dan Makhia, diaclase et formes phréatiques dans le Labyrinthe Mehdi Boukhal, photographie par Liviu Vălenaș, 2018.

Biospéléologie

Tham Dan Makhia abrite plusieurs chauves-souris isolées, mais une véritable colonie n'a pas été observée pendant les années 2015-2020. Des centaines de poissons de Nam Don restent piégés dans le lac de la résurgence et le Grand Lac

pendant la saison sèche, en particulier des silures. Ils attendent d'être libérés avec les premières crues qui commencent pratiquement en juin - juillet.

Paléontologie

En 2018 plusieurs ossements, fortement concrétionnés, ont été découverts dans la petite salle supérieure terminale de la Grande Latérale, accessible par une verticale négative de 2 m. On estime qu'ils appartiennent à un mammifère de taille moyenne, probablement un herbivore, de la dernière période du Pléistocène. Les os n'ont pas encore été déterminés.

Archéologie

Dans la même petite salle des fragments fortement concrétionnés d'un récipient en céramique ont été découverts. Nous pensons que la petite salle a été intentionnellement choisie comme lieu de culte bouddhiste, probablement à l'apogée du royaume du Laos, sous le légendaire roi Sethirathat (qui a régné entre 1548-1571) et les fragments appartiennent à la même période.

Possibilités d'avancement

Tham Dan Makhia a un potentiel absolument énorme. La seule façon de continuer à explorer à grande échelle reste les plongées dans le Grand Lac. La jonction avec le lac de résurgence ne pose probablement pas de problème majeur, mais la plongée la plus intéressante doit se faire en amont de ce lac, direction Est. Une autre possibilité est le forçage du terminus dans la Galerie Jozef Grego, où il y a un courant d'air. C'est possible qu'il débouche à la surface dans une nouvelle entrée.

Tham Khuay System

Résumé. Tham Khuay System (Le Système de la Grottes des Buffles) est l'une des plus intéressantes grottes découvertes en 2020 au Laos par l'expédition spéléologique internationale SPELEO LAOS 2020, organisée par le Club de Spéléologie «Z». Avec son développement de presque 1,5 km, elle est aussi l'une des grottes importantes de la province de Khammouane. Le système, développé sur une longueur aérienne de 248,7 m, est représenté par deux grottes relativement distinctes du point de vue de la morphologie. Tham Khuay I est une grotte avec des galeries larges et une grande entrée principale. En échange, Tham Khuay II est un réseau labyrinthique, avec de nombreux tubes phréatiques parallèles, bon nombre de ces tubes étant extrêmement étroits.

Localisation

Tham Khuay I: N 17 31' 3. 5, E 104 53' 48. 7, alt.: 157 m. Tham Khuay II: N 17 31' 11. 7, E 104 53' 25. 4, alt.: 156 m. Tham Khuay System se trouve dans la paroi verticale du mont Phou Namthok (Le Mont des Torrents), à 1,930 km Sud - Sud-Est du village de Ban Phondou.

Données physiques

Développement: 1.430,7 m, dénivellation: -22,5 m, extension: 248,7 m, coefficient de ramification: 5,75.

Historique des explorations

La grotte a été explorée et topographiée dans le cadre de l'expédition SPELEOLAOS 2020 par Liviu Vălenaș, Khampeng Xayavongsa et Paul Mackrill (février 2020).

Lithologie et genèse

La cavité se développe en calcaires carbonifères massifs. Les calcaires sont fortement faillés et diaclasés, les failles principales sont orientées NO-SE et NE-SO. Mais la majorité des tubes phréatiques se développent sur le système de failles principal NO-SE, ce qui explique ce remarquable parallélisme. La grotte s'est certainement formée en régime épiphréatique. Dans Tham Khuay I il y a un remodelage vadeux, dans Tham Khuay II les traces en sont minimales. Tham Khuay I a d'abord fonctionné comme une résurgence vaclusienne. La descente des nappes phréatiques, provoquée par la soudaine augmentation en profondeur du lit de la rivière Nam Don, a fossilisé en grande partie la grotte, du moins pendant la saison sèche. Quant à Tham Khuay II, nous pensons que c'est en partie le résultat d'un système totalement immergé formé par la rivière Nam Don. Mais la galerie-salle de 50 m de long, qui se termine en pente descendante à -21,1 m, semble être liée à l'actif qui débouche dans le siphon terminal de Tham Khuay I.

Hydrogéologie

Tham Khuay I est une grotte - résurgences. Pendant la saison humide, une rivière souterraine longue de 125,8 m coule depuis le siphon terminal situé à -22,5 m. Elle inonde une bonne partie de la grotte, à la fin les eaux se jettent dans la vaste plaine alluviale de la rivière Nam Don. Par rapport au niveau de la plaine alluviale de Nam Don, le miroir d'eau du lac de siphon se trouve à une profondeur de 8,5 m, ce qui correspond à la nappe phréatique de la plaine de Nam Don, en saison sèche. L'origine du cours souterrain Tham Khuay I est totalement inconnue. Il peut également provenir de la polje de 4,5 km de long située à 6,5 km à l'est-sud-est.



Figure 18. Tham Khuay I, la salle de l'entrée principale (nr. 1), photographie par Liviu Vălenaș, 2020.

Plus vraisemblablement, cependant, il provient d'une fuite en amont de la dépression (en fait une poche allongée de la plaine de Nam Don), Kouan Nákhao (La Dépression de la Mare des Rizières), à 4,5 km distance aérienne à l'est. Tham Khuay II n'a pas de cours permanent. La galerie-salle qui descend à -21,1 m est près du niveau du siphon terminal de Tham Khuay I. Il est évident que Tham Khuay II est partiellement inondée pendant la saison des pluies. En plus, une partie des tubes phréatiques situés à proximité des entrées 8 et 9 sont inondés pendant la mousson directement par les eaux débordées de la rivière Nam Don.

Description

Tham Khuay I part d'une grande entrée horizontale de 29,6 m de large et 3 m de haut, située à la base d'une paroi verticale. Elle donne accès à une salle assez grande, longue de 27 m et large de 28 m, légèrement en pente avec de nombreux blocs. De là commence vers le sud-est une grande galerie sinueuse, dont le plafond descend en continu, jusqu'à une petite salle terminale de 6 m de haut occupée par un lac de siphon, dont les dimensions sont de 9 x 6 m. La partie terminale de la galerie, y compris le lac du siphon, sont dans l'obscurité totale, mais ceci ne représente pas un obstacle pour les buffles, attirés par un bain dans le siphon terminal. Même le plafond qui descend dans certaines parties jusqu'à



Figure 20. Tham Khuay I, la grande galerie latérale, photographie par Liviu Vălenaș, 2020.



Figure 21. Le siphon terminal de Tham Khuay I, photographie par Liviu Vălenaș, 2020.



Figure 22. Tham Khuay II, les tubes phréatiques parallèles et l'entrée no 9, photographie par Liviu Vălenaș, 2020.

1,6 m du sol ne les empêche pas d'accéder au lac attrayant du siphon. Depuis la salle d'entrée, sur la gauche, un petit système labyrinthe constitué en partie de tubes souterrains orienté Ouest-Est se ramifie. Une galerie rectiligne plus large, orientée Sud-Nord, mène à l'entrée no. 2, avec les dimensions de 4,5 x 4 m. A seulement 16,3 m de l'entrée (dénivelé -6,0 m) il y a une importante bifurcation sur la droite. Au sud-ouest une grande galerie de 67,6 m de long se ramifie. Elle mène

à l'entrée no. 6, en pente ascendante élevée, pleine de blocs. De cette galerie, une galerie légèrement plus étroite (2 x 2 m) bifurque également vers l'ouest et mène à une autre entrée, no. 5. Dès l'entrée principale no.1 commence à droite un système légèrement labyrinthique, relativement déroutant, qui fait une grande boucle et traverse deux branches près du plafond de la grande galerie qui se dirige vers le sud-ouest. De cette boucle, deux autres entrées s'ouvrent, no. 3 et no. 4, la dernière assez large et pleine de blocs. En saison sèche la grotte est un lieu de prédilection des dizaines de buffles pour se reposer à l'ombre. Ils parcourent tranquillement toutes les galeries de la grotte. Ils appartiennent aux habitants du village de Ban Phondou.

Tham Khuay II part également de la base d'une paroi verticale où s'ouvrent sur une longueur de 46 m pas moins de 13 tubes souterrains, 2 légèrement suspendus dans la paroi, les autres au niveau de la plaine alluviale de la rivière Nam Don. Une montée ascendante de 1,5 m permet l'accès au tube principal qui mène au secteur plus profond de la grotte. Le tube se ramifie en deux branches parallèles, qui se rejoignent ensuite. Après 55 m, le tube débouche par une verticale négative de 2 m dans une large galerie de 61 m de long, orientée Nord-Est - Sud-Ouest. Vers le nord-est, il fait surface dans une entrée pleine de blocs, l'entrée no. 7. Vers le sud-ouest après une portion très basse, il continue avec une salle longue de 14 m. De là, une galerie en forme de L se poursuit, au début extrêmement étroite, puis un peu plus large, se terminant en cul de sac après 72,5 m. De la galerie orientée NE-SO, une petite galerie de 6 m de long bifurque. Elle permet d'accéder à une galerie quelque peu parallèle, de 76 m de long, qui mène aussi, après une grande pente ascendante à l'entrée no. 6. De cette galerie, deux tubes d'eau phréatique dont un plus large et l'autre extrêmement bas et étroit débouchent dans une galerie de 50 m de long, une galerie salle en pente descendante, se terminant à -21,1 m par un siphon sec en argile. C'est la plus large galerie de Tham Khuay II, quelque peu en dissonance avec la morphologie du reste de la grotte. Enfin, nous devons mentionner que, étant donné le plafond effondré sur une longueur de 15 m dans la zone de l'entrée no. 6, les puristes pourraient considérer qu'il s'agit de deux grottes distinctes: Tham Khuay I, avec un développement de 563,3 m et respectivement Tham Khuay II avec un développement de 867,4 m. Nous pensons que malgré un simple accident tectonique (l'effondrement du plafond sur une longueur de 15 m) il s'agit d'un seul système souterrain unique par une morphologie et une genèse identiques et non de deux grottes séparées.

Spéléothème

Si l'on fait abstraction de quelques concrétions (dont quelques gours) dans la galerie-salle qui descend à -21,1 m, le système Tham Khuay est dépourvu de toute concrétion.

Climatologie

Tham Khuai II: 21,2 degrés C, humidité: 90% (12 février 2020). Le système Tham Khuay, ayant plusieurs entrées, est fortement ventilé.

Possibilités d'avancement

A Tham Khuay II il y a quelques tubes souterrains qui n'ont pas encore été topographiés, la «réserve» de galeries pourrait continuer encore 200 m. Mais la vraie possibilité d'avancement, la plus tentante est de forcer le siphon terminal, ce qui pourrait permettre l'accès à plusieurs kilomètres de nouvelles galeries.

Tham Mai Ken

Résumé. Tham Mai Ken (La Grotte du Bois Nonpourri) est un labyrinthe fossile formé de tubes développés relativement de manière parallèle.

Localisation

Tham Mai Ken se trouve dans la paroi verticale du mont Phou Namthok (Le Mont des Torrents), à 2,300 km sud du village de Ban Phondou.

Données physiques

Développement: 304,0 m, dénivellation: +15,0 m, extension: 83,7 m, coefficient de ramification: 3,63.

Historique des explorations

La grotte a été explorée et topographiée dans le cadre de l'expédition SPELEO LAOS 2020 par Liviu Vălenaș et Khampeng Xayavongsa (février 2020).

Lithologie et genèse

La cavité se développe en calcaires carbonifères massifs, avec des intrusions de silex. Les calcaires sont fortement faillés et diaclasés, les failles principales sont orientées NO-SE et N-S. Mais la majorité des tubes phréatiques se développent sur le système de failles principal NO-SE, ce qui explique ce remarquable parallélisme. La grotte s'est formée sûrement en régime épiphréatique. Aucun remodelage vadeux n'est à observer. La grotte s'est formée par l'arrosage du paquet de calcaire du versant droit de la rivière Nam Don. Le processus de dissolution continue encore à présent, mais seulement pendant les crues de la saison hu-



Figure 23. Tham Mai Ken, les entrées no. 10-13, photographie par Liviu Vălenaș, 2020.

mide. Nam Dom n'a pas réussi à créer dans ce secteur une vraie grotte, mais un labyrinthe de tubes phréatiques qui n'avancent pas plus de 30 m dans le versant. Tham Mai Ken présente un parallélisme remarquable dans le secteur d'entrée depuis Tham Khuai II, qui se trouve à seulement 370 m NE.

Hydrogéologie

Pendant la saison humide, des moussons, pendant la période des grandes crues, la grotte est inondée par la rivière Nam Don.

Description

Au pied de versant abrupt de la montagne Phou Namthok, orienté SO-NE, se trouvent les 13 entrées de la grotte. L'entrée principale (no.10), qui est en fait un abri large de 23,4 m, présente 10 tubes phréatiques développés sur des diaclases parallèles orientées NO-SE. La largeur de ces tubes varie de 12 à 2 m et leur longueur maximale est de 25 m. Le secteur nord-est de la grotte (les entrées no. 1 à 9) est un peu différent, les tubes phréatiques sont plus longs et communiquent par des boucles (dont une très étroite) orientées parallèlement à la paroi verticale dans laquelle se trouve la grotte.

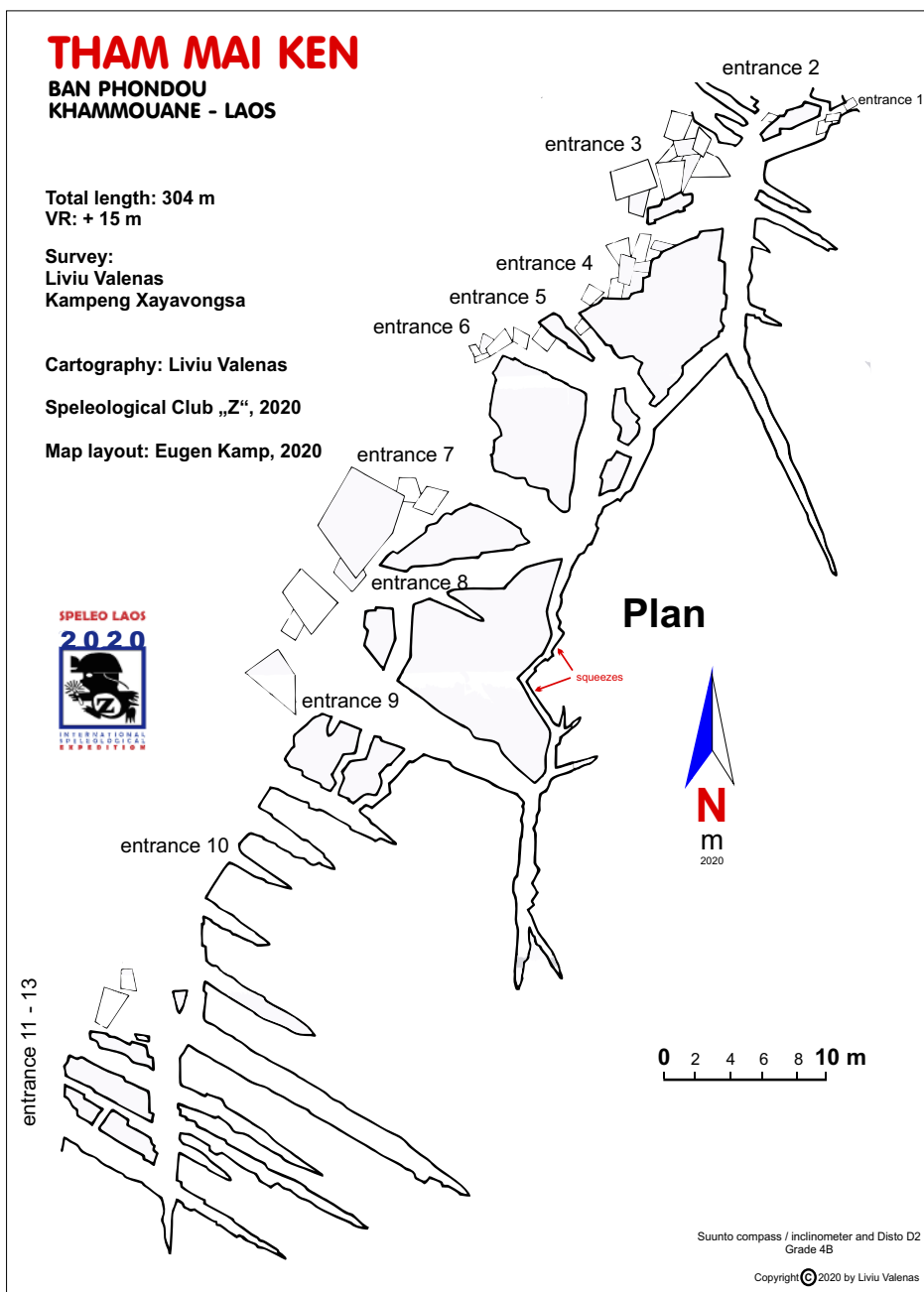


Figure 24. Tham Mai Ken, plan, cartographie de Liviu Vălenaș, 2020.



Figure 25. Tham Mai Ken, l'entrée no 3, photographie par Liviu Vălenaș, 2020.

Conclusions

Les trois grottes explorées dans le mont Phou Namthok représentent un endokarst évolué, mais avec des genèses différentes. Tham Dan Makhia est la grotte la plus complexe, échelonnée sur trois niveaux, le niveau le plus bas étant toujours en régime totalement immergé, marqué par des siphons particulièrement profonds. La descente par étapes (dictée par les oscillations climatiques) de la rivière Nam Don a été le facteur déterminant de la formation de plusieurs étages de la grotte Tham Dan Makhia. Tham Mai Ken, en revanche, semble être un ancien aquifère d'eau phréatique, œuvre exclusive de la rivière Nam Don, la grotte étant à l'origine formée sous le lit de cette grande rivière. Idem, une bonne partie du système Tham Khuay a la même origine, le reste représente un drain de premier ordre d'une insurgence qui n'a pas encore été identifiée. La grotte la plus ancienne et la plus complexe de la région (et qui est le drain principal du mont Phou Namthok) est Tham Dan Makhia. Nous apprécions l'âge de cette grande grotte comme étant formée à partir du Pléistocène moyen. On attribue le même âge à la galerie principale de Tham Khuay I. Les autres galeries sont encore plus récentes, formées au Pléistocène supérieur.

Petit glossaire

Ban: village

Don: coudé, à méandres

Houay: ruisseau

Nam: ruisseau, eau, lac

Pha: mont de calcaire à parois verticales

Phou: mont

Tham: grotte, abri

Remerciements

Georgeta Maria Vinay, Eugen Kamp, Maliwan Vălenaș, Khamlex Khomxayxana, Jozef Grego, Mehdi Boukhal, Brano Smida, Peter Lenahan, Tonmay Xayavongsa, Khampeng Xayavongsa, Leda Monza, Franco Malacrida, Claude Mouret, Charles Ghommidh and Somkiad Pineth.

Bibliographie

Brouquisse, F., Cholin, A. 2002, Khammouanne 2002. – Cave exploration in the Lao

- Peuple's Democratic Republic, *Int. Caver*, **28**: 4-14
- Brouquisse, F., Gregory, A., Hedouin, M., Preziosi, E. 1999. – Catalogue of caves in Lao People's Democratic Republic, *Int. Caver*, **25**: 13-16.
- Gregory, A. 1996. – Laos, *Int. Cave*, **18**: 38.
- Gregory, A. 1996. – The cave of Laos, *Descent*, **133**: 32.
- Kierman, K. 2009. – Distribution and character of karst in the Lao PDR, *Acta Carstologica*, **38** (1): 65-81.
- Mouret, C. 1998. – Laos 1998, *Spelunca*, **71**: 7-12.
- Mouret, C. 2001. – Le Karst de Khammouane au Laos central, *Spelunca*, **84**: 7-32.
- Mouret, C. 2004. – Khammouan, Laos-Vietnam, in Gunn, J. (edit.), *Encyclopedia of caves and karst sciences*, *Thaylor and Francis*, New York, 483-485.
- Mouret, C. 2005. – Main 2001 to early 2005 results on the karst of Khammouane, central Laos : long caves, sloping caves, hollow stalagmites and others. *14th Internat. Congr. Of Speleology*, Athens, Kalamos, Proceedings, **2**: 411-415.
- Mouret, C., Vacquié, J.-F., Ghommidh, C., Osterman, J.-M., Rollin, J., Steiner, H. 2009. – 2005 to 2008 speleological discoveries in caves of Khammouane, Laos, *Proceeding of the international congress of speleology*, **3**: 1848-1853.
- Mouret, C., Vacquié, J.-F. 2012 - La découverte des grottes du Khammouane, Laos (1991-2013). *Proceedings 22nd Rencontre d'Octobre, La Caunette, Spéléo-Club de Paris Publ.*:102-120.
- Mouret, C., Vacquié, J.-F. 2013. – The discovery of caves in Khammouane, Laos (1991-2013). *Proceedings 16th Intern. Congr. of Speleology*, **1**: 81-87.
- Ponta, G., M., Aharon, P. 2014. – Karst geology and isotope hidrology of the upstream section of Nam Hinboum River, Khammouan Province (Central Laos), *Carbonates and evaporites*, *Springer*, 1-14.
- Tran Van Ban. 2000. – Report geology and minerals of mid-central Laos region, scale 1:200,000, Final report, Part 1: General Geology on the prject "Mineral Investigation and Geological Mapping at 1:200,000 Scale in Mid. Central Laos Region".
- Vălenaș, L. 1978. – Morfologia sistemului Coiba Mică – Coiba Mare – Izbuluc Tăuz, *Nymphaea*, **V**: 329-362.
- Vălenaș, L. 2015. - Raport al expediției speologice internaționale LAOS 2015, *Speomond*, **18**: 31-41.
- Vălenaș, L. 2017. – 2017 Pha Soung Project, Laos, *NSS News*, **75** (7): 16-17.
- Vălenaș, L. 2018. – LAOS 2016 – Sistemul Pha Soung, *Speomond*, **19**: 10-19.
- Vălenaș, L. 2018. – Report on the Pha Soung Project, Laos, 2018, *NSS News*, **76**(6): 12-13.
- Vălenaș, L. 2019. – Report on the speleological expedition SPELEO LAOS 2019, *NSS News*, **77**(7): 19-21.
- Waltham, T., Middleton, J. 2000. – The Khammouan karst of Laos, *Cave Karst Sci.*, **27**: 113-120.
- 2016. – Caietele Clubului de Speologie „Z”, Laos /Thailanda, serie nouă, **1-2**, pp. 90.
- 2017. – Caietele Clubului de Speologie „Z”, Laos /Thailanda, serie nouă, **10-11**, pp. 112.
- 2019. – Caietele Clubului de Speologie „Z”, Laos 2018-2019, serie nouă, **13**, pp. 56.
- 2018. – L’histoire de Laos, Wikipédia.

