

Étagement dans la grotte de Lorette (Rochefort) - Relation avec les dépôts souterrains

Yves Quinif – ESCM – bouqui@skynet.be

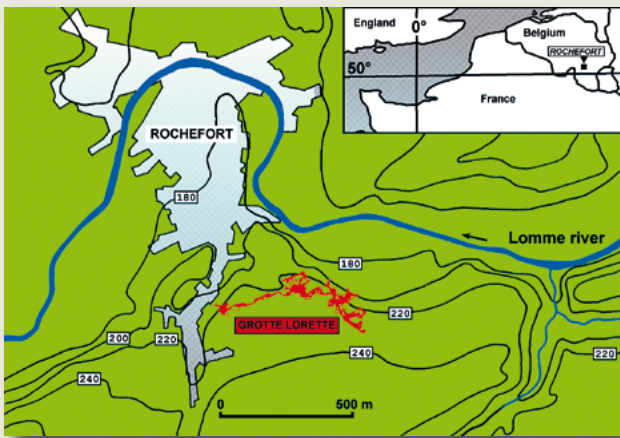
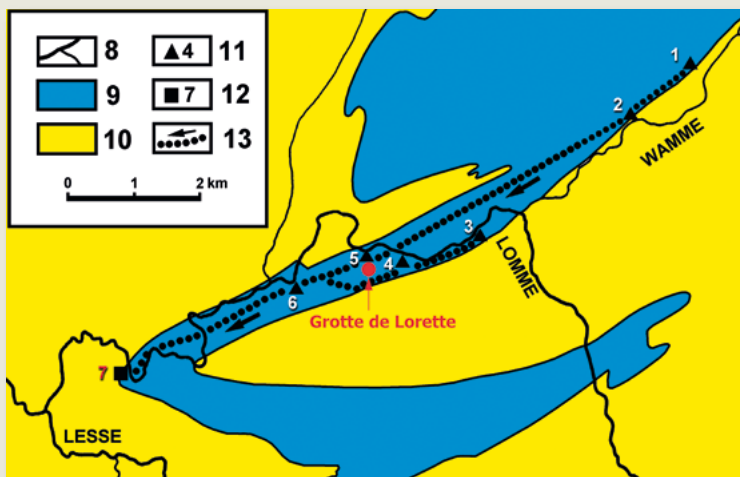


Figure 1a. Localisation de la grotte de Lorette.

Figure 1b. La grotte de Lorette au sein du système de la Lomme souterraine.

- 1 et 2 : Pertes de la Wamme à ON. 3 : Pertes du Mortier.
 4 : Grotte du Pré au Tonneau. 5 : Grotte du Nou Maulin.
 6 : Grottes des Falizes et Grotte de la Fosse aux Ours.
 7 : Résurgence et Grotte d'Eprave. 8 : Rivières.
 9 : Calcaires. 10 : Formations non karstifiables.
 11 : Pertes. 12 : Résurgence.
 13 : Ecoulements souterrains présumés.



Introduction

Les relations altitudinales entre les grottes et les vallées constituent un problème géomorphologique maintes fois discuté, avec des conclusions diverses. L'altitude des galeries horizontales a ainsi été invoquée pour justifier une spéléogénèse de type épiphréatique. De plus, les relations des étagements souterrains avec le niveau de base lorsque le système se développe comme un holokarst a aussi été développé dans de multiples recherches. Enfin, ces deux aspects des théories spéléogénétiques sont mis en doute par la karstogénèse de type fantôme de roche. Trancher signifie d'avoir des arguments géologiques solides, trouvés notamment dans l'étude des dépôts souterrains. La grotte de Lorette réunit de nombreuses observations et résultats d'analyse pour argumenter dans cette problématique complexe.

I. Caractérisation des divers dépôts souterrains de la grotte de Lorette

A. La grotte dans le système karstique de la Lomme

La Grotte de Lorette fait partie d'un vaste réseau de type recoupement souterrain de méandre (*figures 1 & 2*) (Van Den Broeck et al., 1910 ; Ek, 1969 ; Ek et al., 1987 ; Willems & Ek, 2011). La Lomme, en provenance du sud, traverse la bande calcaire givétienne à Jemelle, avant de la suivre en obliquant vers l'ouest. Les premières pertes se situent ainsi à Jemelle pour la Lomme, plus au N-E à On pour son affluent la Wamme. Mais le parallélisme entre la vallée aérienne de la Lomme et la bande calcaire provoque une succession de pertes partielles tout au long du talweg : Gouffre du Mortier, Grotte du Pré-au-Tonneau, Grotte du Nou Maulin pour ne citer que les plus importantes. Toute cette eau conflue sous terre dans le complexe « grotte de la fosse aux ours – grotte de l'hôtel » (Legros et al., 2014) pour retrouver le jour à Eprave, vaste résurgence vaclusienne explorée en plongée jusqu'à plus de 80 mètres de profondeur sous le talweg de la Lomme.

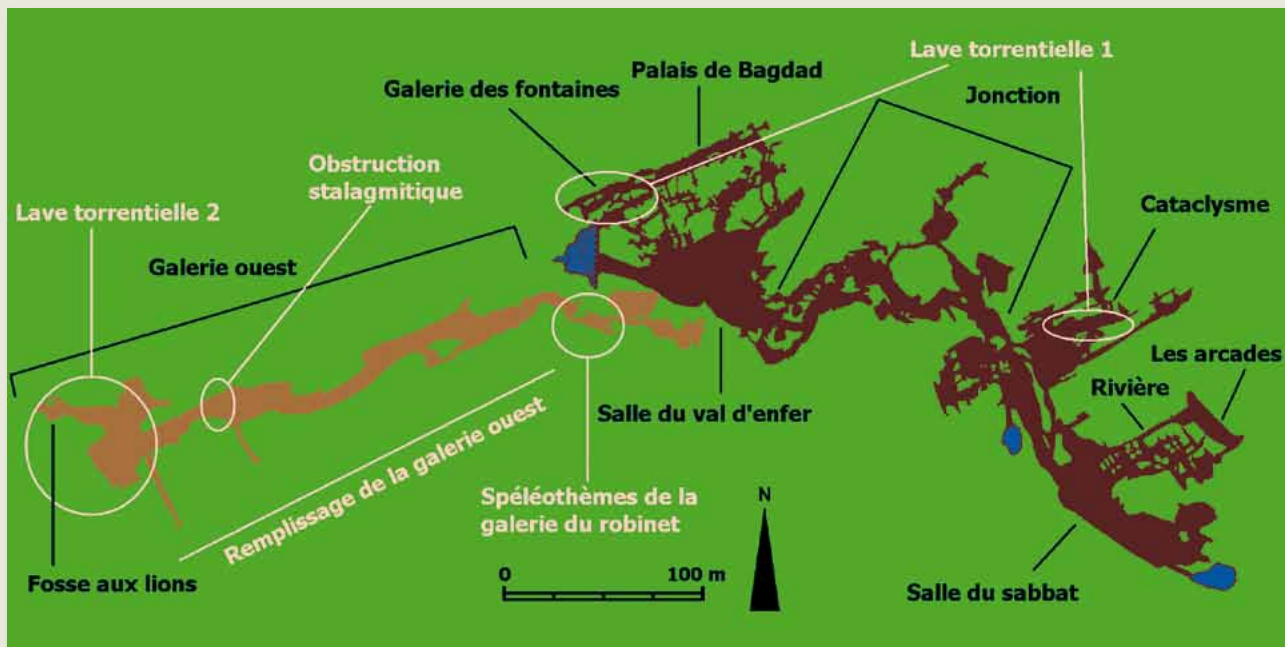


Figure 2. Localisation des divers dépôts dans la grotte de Lorette.

B. Les dépôts de la grotte Lorette

L'étude de ces dépôts ayant fait l'objet d'une publication antérieure (Quinif et al., 2011), je me contenterai de les décrire de façon sommaire en insistant sur leur position au sein de la grotte (figure 2), ainsi que sur leur altitude.

1. La lave torrentielle inférieure

Ces dépôts de galets de tailles diverses à matrice argileuse se découvrent dans deux galeries : l'ensemble galerie des fontaines – palais de Bagdad et le cataclysme (figure 3). Les galets sont constitués en grande proportion de grès ardennais, parfois de quartz, rarement de calcaire. Ils ne sont pas orientés (Sagot, 1995). La formation ne montre pas de stratification. Il s'agit d'une lave torrentielle (diamictite) qui a colmaté en un épisode les vides de la grotte jusqu'à l'altitude figurée dans la Galerie Fontaine-Bagdad par une surface supérieure dite « ancienne » recouverte de spéléothèmes. Dans les galeries qui mènent au Val d'Enfer, on retrouve des témoins de ces gros galets, montrant l'obstruction totale des vides de la grotte sous la surface supérieure ancienne.

Dans la galerie des fontaines et le palais de Bagdad, le spéléo marche sur le sommet de la diamictite. Cette dernière est scellée par un complexe stalagmitique discontinu



Figure 3. La diamictite dans le cataclysme.

comportant des stalagmites cierge et des édifices plus compliqués. Cette disposition stratigraphique authentifie la stratigraphie de la diamictite car on la retrouve dans d'autres galeries inférieures où elle est souvent remaniée. De plus, les stalagmites peuvent être datées par la méthode du déséquilibre radioactif dans la famille de l'uranium-238 (^{238}U). Plusieurs échantillons en provenance d'une base de stalagmite (figure 4) donnent des âges plus vieux de 350.000 à 400.000 ans.

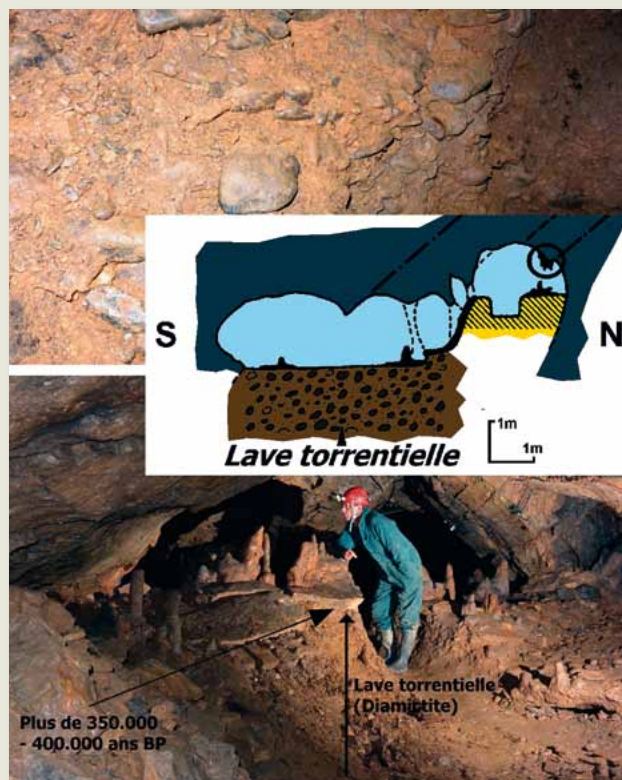


Figure 4. La diamictite dans la galerie des fontaines.

Le schéma en cartouche est une section dans la partie doublée de la galerie. Le jaune indique un plancher stalagmitique. La photo du haut indique le non classement des galets. La photo du bas montre le sommet de la diamictite coiffée de ses spéléothèmes. On distingue la cicatrice de prélèvement à la hauteur du genou droit du spéléologue.



Figure 5. La galerie ouest. *Les deux spéléos se trouvent au sommet du remplissage. La « colline » résulte de l'érosion récente de ce remplissage.*

L'évolution de ces sédiments a consisté en une injection brutale dans les galeries existant à cette époque, notamment la suite fontaine-Bagdad. Vu l'obstruction de la galerie côté amont, vers l'est, d'où provenaient le flux de galets, il faut admettre que les éboulis qui obstruent la galerie de ce côté, sont postérieurs à la mise en place de la diamictite. Les éboulis se sont donc mis en place après 350.000 ans. L'étude tectonique de la faille présente dans la galerie a clairement prouvé que ces remaniements sont consécutifs au mouvement récent de cette faille (Camelbeeck et al., 2012 ; Quinif et al., 2011 ; Quinif et al., 1997 ; Vandycke & Quinif, 2001).

2. Le remplissage de la galerie ouest

A l'instar du dépôt précédent, nous avons ici affaire à une série sédimentaire récente qui a pu être caractérisée du haut en bas grâce à un sondage. Lorsque, après avoir dépassé la zone d'éboulis qui en défend l'entrée, on entre dans la galerie, on progresse sur le sommet d'un puissant remplissage détritique fin (*figure 5*). On prend conscience de sa puissance en constatant le recreusement profond de plusieurs mètres qui serpente le long de la galerie. On suit ce remplissage jusque la salle terminale. C'est quelques mètres avant la margelle que le sondage a été pratiqué (*figure 6*).

A nouveau, la description détaillée du remplissage ne se justifie pas dans le cadre de cet article. Nous avons affaire à un dépôt fluviatile mis en place avant que la tectonique récente ne bouleverse l'entrée est de la galerie. Dans ces passages étroits et contournés, les vestiges de la voûte de la galerie sont encore visibles comme dans la galerie du robinet (*figure 2*). A la fin de la sédimentation, une première génération de stalagmites a coiffé le colmatage. Des datations U/Th donnèrent un âge moyen pour la base d'une de ces stalagmites de 12.250 années \pm 1.190 a. BP. Le recreusement s'est fait peu après et a aussi été scellé par une seconde génération de spéléothèmes sous la forme d'un plancher stalagmitique. Enfin, une troisième génération s'est développée, beaucoup plus importante, sous la forme de massifs stalagmitiques scellant toutes les formes antérieures (*figure 7*). Un âge moyen sur un carottage d'un gros massif donne



Figure 6. Le remplissage de la galerie ouest. *A gauche, le spéléo progresse dans le recreusement. A droite, le sondage a atteint le fond du remplissage, à 6,75 m sous le sommet de ce dernier.*



Figure 7. La dernière génération de spéléothèmes.
Le massif stalagmitique scelle la surface sommitale du remplissage et ses formes d'érosion.

5,280 a \pm 1,400 a. BP, soit le milieu de l'interglaciaire actuel (*figure 8*) (Genty et al., 1992).

En conclusion, ce remplissage représente la dernière période de sédimentation dans la grotte. Les limites d'âge entre 12.000 et 40.000 ans indiquent qu'il s'est mis en place durant la fin de la dernière glaciation.

3. La seconde diamictite et la coupe de la « fosse aux lions »

La géométrie du fond de la galerie ouest, avec la grande salle terminale et le diverticule supérieur de la fosse aux

lions laisse penser que ces vides devaient être colmatés par le remplissage précédent. Une preuve est apportée par la présence du plancher suspendu dans les voûtes de la salle (*figure 9*). Cette dernière, ainsi que les siphons terminaux, sont donc dus au décolmatage partiel mais néanmoins considérable du passage entre la dernière glaciation et notre actuel interglaciaire.

Dans ce contexte, une désobstruction effectuée sur le sommet sud du remplissage de la salle s'est déroulé essentiellement dans une diamictite (observation communiquée par Marc Legros, que je tiens à remercier). Elle est

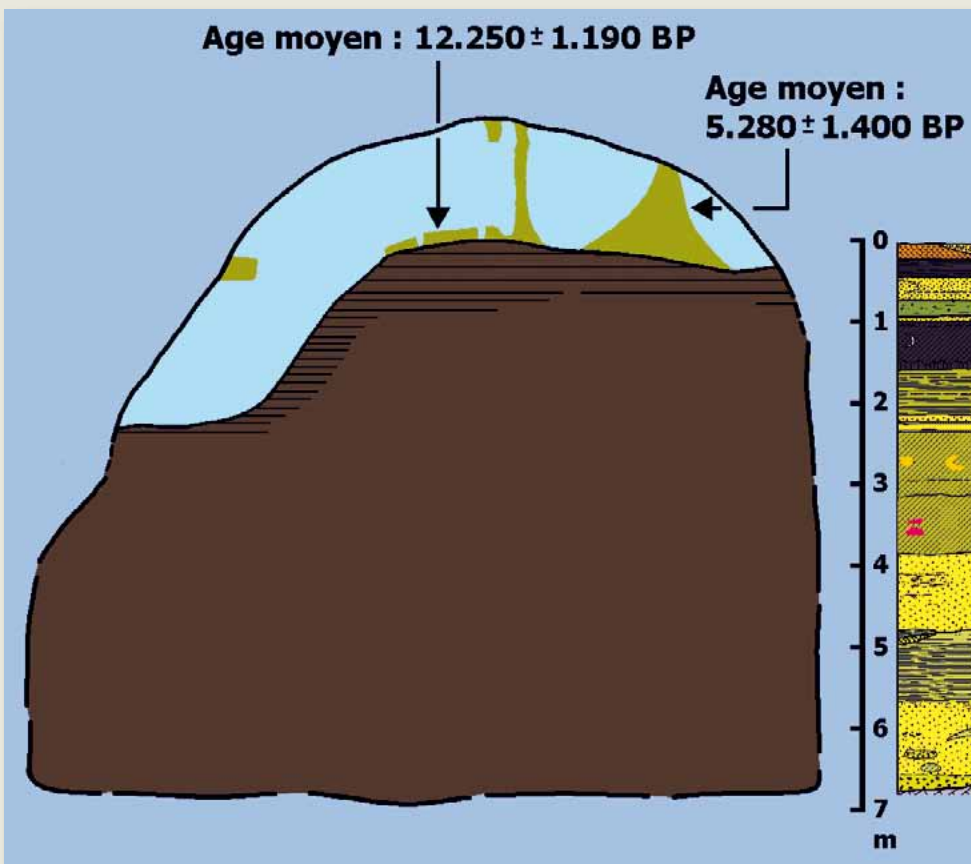
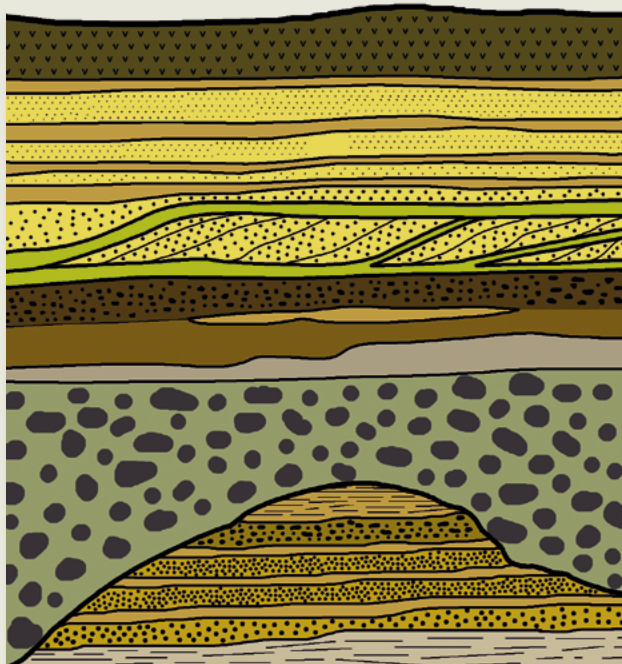
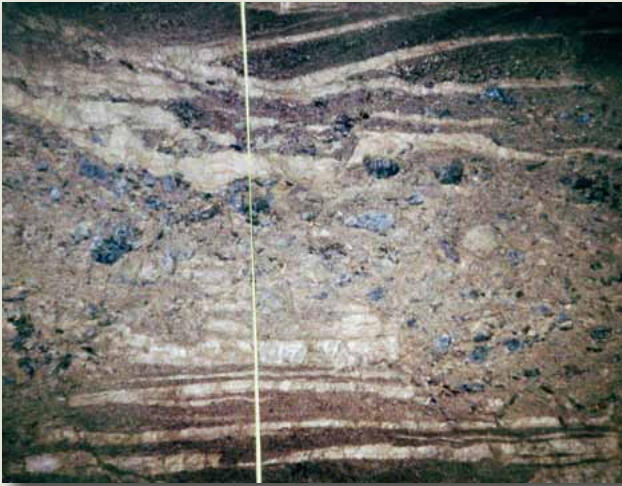


Figure 8. Section schématique de la galerie ouest au niveau du sondage.
Cette section est interprétée pour la partie cachée, la forme des parois étant interprétée. Un fragment de charbon de bois prélevé quasiment au fond du remplissage a donné une datation au radiocarbone d'environ 40.000 ans, soit la limite de la méthode, ce qui rend l'âge quantitativement non fiable.

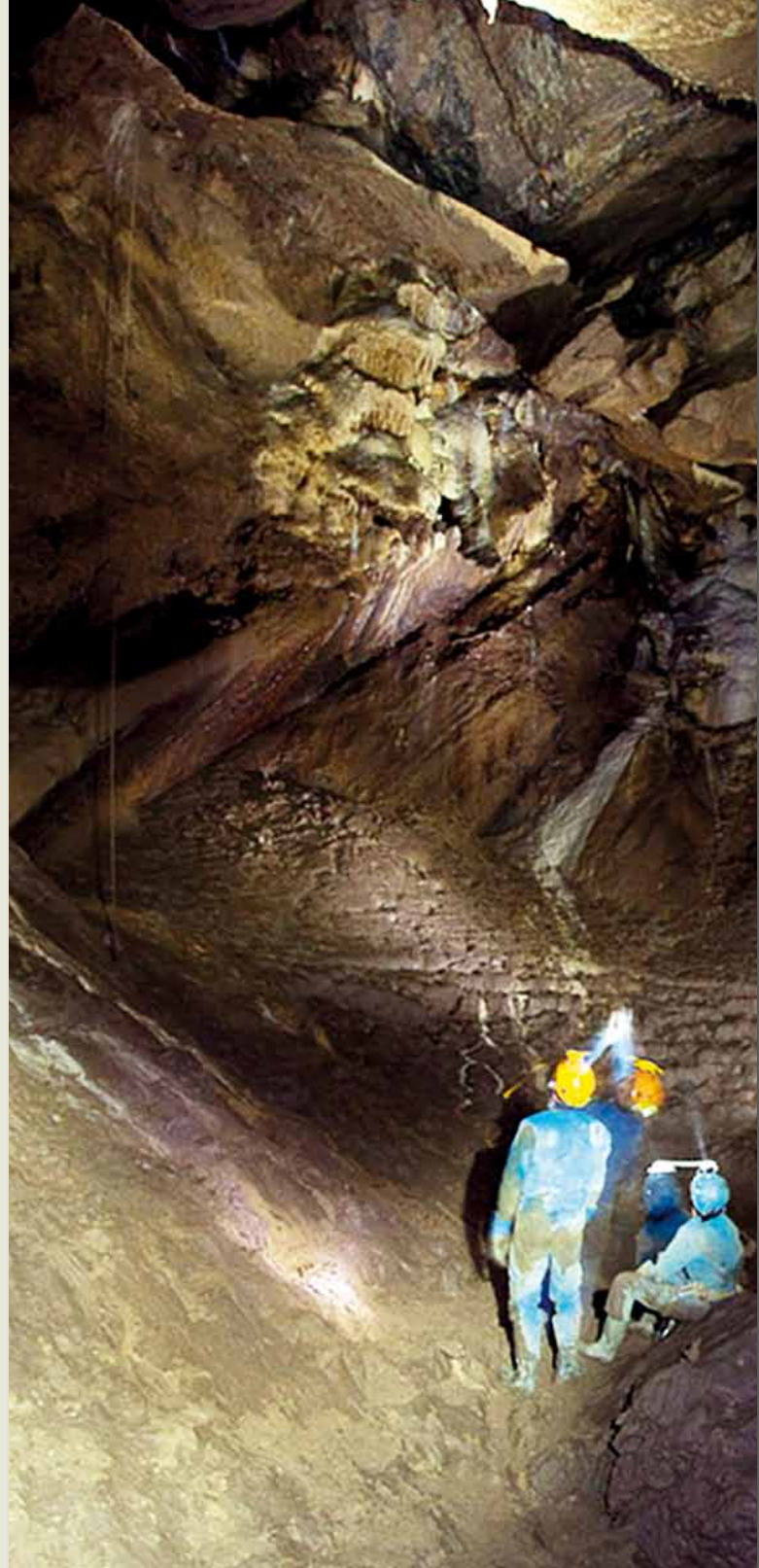
Figure 9. La grande salle terminale.

Il ne s'agit que de la partie sud. On voit clairement le plancher suspendu, duquel descend la corde qui a servi à la première escalade. On doit en déduire que le vide sous-jacent devait être rempli par les sédiments encore présents dans la galerie ouest.



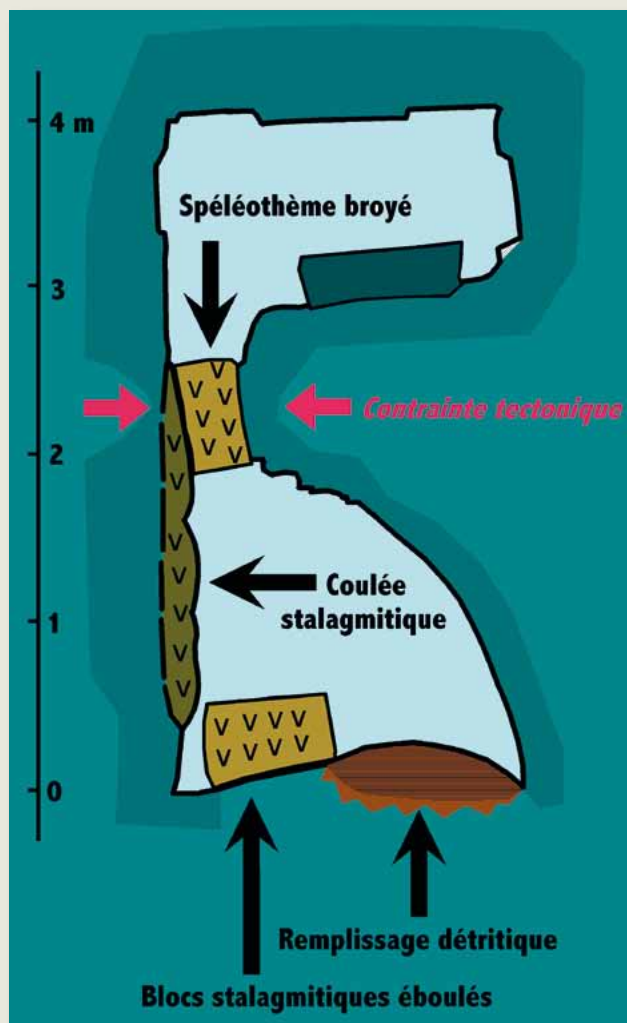
Figures 10a & b. Le remplissage de la « fosse aux lions ».

La coupe représentée mesure environ 1,5 m de hauteur. On trouve de bas en haut : un ensemble stratifié inférieur, alternance de couches sableuses et limoneuses, une diamictite avec des galets pugilaires, une formation de transition, une couche à stratification oblique, chenalisante et un ensemble supérieur à stratification horizontale. Bien que des preuves manquent, la diamictite correspond probablement à celle observée dans la désobstruction de la paroi sud. Une stalagmite coiffant cette coupe a donné un âge de 120.000 ans.



antérieure au remplissage de la galerie ouest. Un autre témoin important de ces remplissages antérieurs est fourni par la fosse aux lions. Ce puits de quelques mètres de profondeur est creusé dans une série sédimentaire complexe (figure 10). Il résulte probablement d'un tassement des sédiments lors du décolmatage postglaciaire de la grande salle.

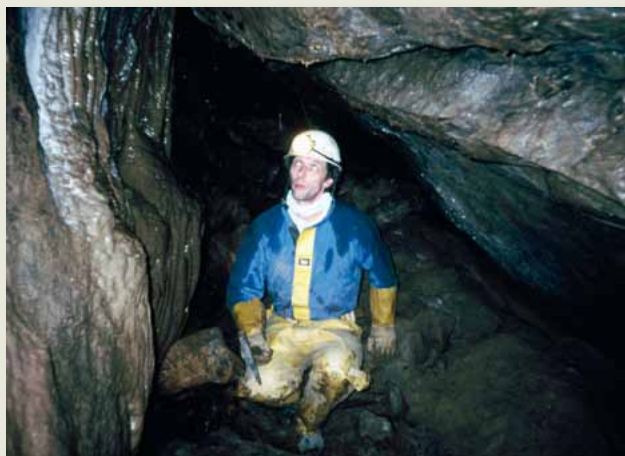
Cet ensemble sédimentaire comprend une diamictite interstratifiée dans des sédiments sableux d'origine fluviale. Il est scellé par une stalagmite datée d'environ 120.000 ans. Il représente ainsi un ensemble intermédiaire entre la diamictite 1 et les sédiments de la galerie ouest.



Figures 11. Les spéléothèmes de la galerie du robinet. A part la coulée stalagmitique récente le long de la paroi sud, les vieux spéléothèmes ont été broyés par les mouvements tectoniques.

4. Les spéléothèmes de la galerie du robinet

Cette galerie qui précède la grande zone d'éboulis est déformée par les mouvements tectoniques récents. Les deux parois se rapprochent et ont broyé des blocs à l'endroit le plus étroit. Ces blocs sont en réalité des



morceaux de spéléothèmes ; certains sont restés coincés entre les parois, d'autres sont tombés sur le sol de la galerie (figure 11).

Plusieurs datations ont été réalisées. Les plus vieilles sont au-delà de 400.000 ans. Il s'agit notamment du bloc coincé entre les parois, ainsi qu'un autre sur le sol. D'autres échantillons ont été datés dans les environs de 220 à 260.000 ans (222,6[+22,6/-18,9] / 266,9[+109/-56]). Enfin, certains sont plus jeunes.

II. Les dépôts dans leurs paléoenvironnements

Bien que ce ne soit pas l'objet du présent article, il est intéressant de replacer ces dépôts dans leurs paléoenvironnements. Il a été démontré depuis de nombreuses années que les dépôts souterrains enregistrent les anciens environnements, essentiellement au travers des conséquences climatiques (Quinif, 2006). Durant les périodes froides, la disparition ou la raréfaction des forêts mettent les sols à nu ; ils sont alors soumis à une érosion mécanique qui alimente les rivières en sédiments détritiques meubles. Ce sont eux qui se retrouvent colmatant les galeries de grottes. Parfois, un phénomène plus catastrophique se produit, aboutissant à de puissantes coulées de boues charriant des galets en provenance des plaines alluviales : les laves torrentielles. Lors des périodes chaudes, la végétation reprend le dessus ainsi que la vie pédologique, générant de grandes quantités de dioxyde de carbone. Les eaux plus acides dis-



Figure 13 (ci-dessus). Blocs coincés entre les deux parois de la galerie du robinet.

Figure 12 (ci-contre). La galerie du robinet. On voit un bloc de spéléothèmes aux pieds du spéléo et la coulée active récente à gauche.

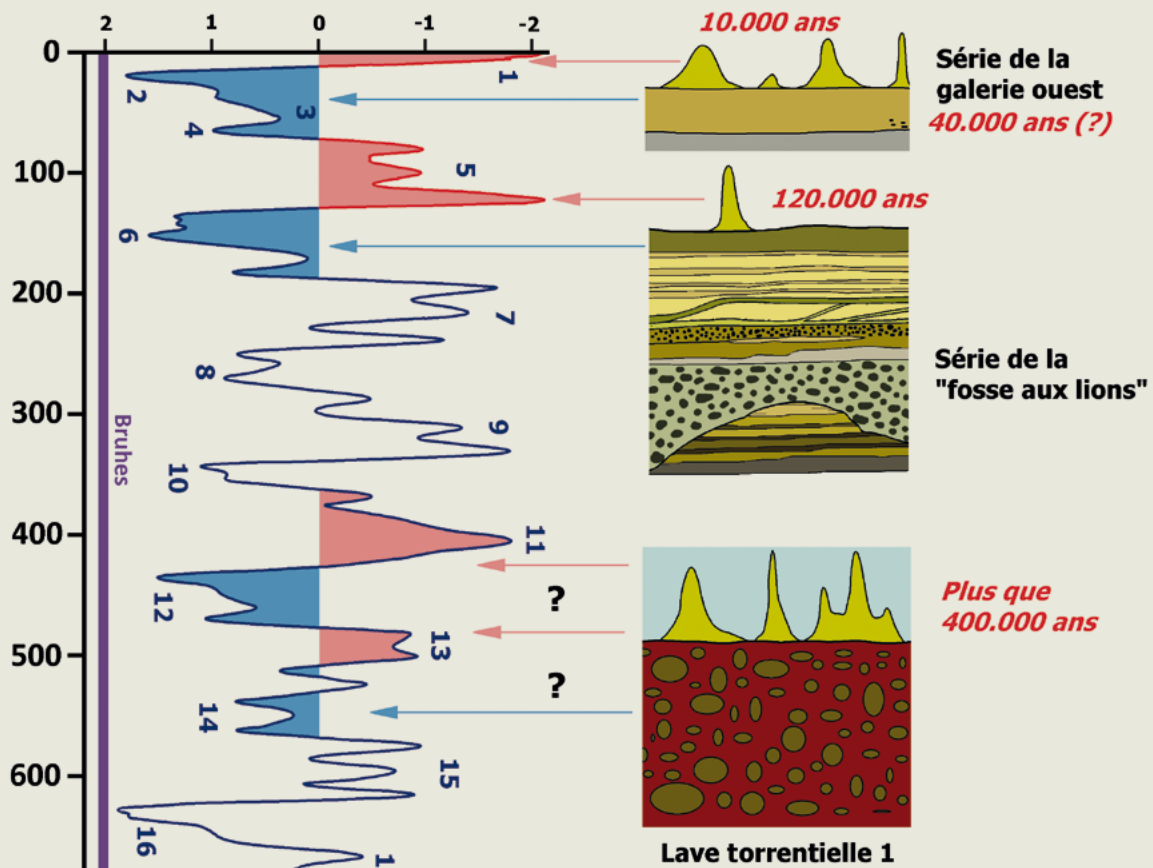


Figure 14. Localisation des séquences sédimentaires souterraines dans l'évolution paléoclimatique. L'ordonnée à gauche donne l'âge. Brunhes et Matuyama sont les périodes magnétiques, l'inversion s'étant manifestée vers 720.000 ans; elle constitue un repère chronologique. La courbe SPECMAP exprime la quantité d'eau bloquée sous forme de glace sur les continents, à partir du rapport isotopique entre les isotopes de l'oxygène : $18O/16O$. Les chiffres de 1 à 21 numérotent les « stades isotopiques ». On constate que la plupart d'entre eux sont complexes. À gauche, la tendance est le climat froid, à droite, le climat chaud ou tempéré.

solvent plus de calcaire qui contribue alors au développement des spéléothèmes. Par contre, la végétation stabilise les sols et les eaux des rivières ne charrient plus d'éléments détritiques. Au contraire, les eaux courantes souterraines peuvent recreuser les dépôts mis en place pendant la période froide qui a précédé cette amélioration climatique.

Dans le cas étudié de la grotte de Lorette, les principaux ensembles sédimentaires passés en revue jalonnent l'histoire climatique du pays. La **figure 14** met en relation ces séquences sédimentaires souterraines et la courbe exprimant les variations climatiques. Cette courbe est dérivée de l'étude des isotopes de l'oxygène, ainsi que d'autres paramètres, dans les sédiments marins prélevés par carottage au fond des océans : c'est la courbe SPECMAP.

La diamictite 1 ne peut précisément être positionnée puisque les spéléothèmes qui la scellent ont été datés à plus de 350.000 à 400.000 ans. La série de la fosse aux lions correspondraient à la glaciation antérieure à l'interglaciaire des 120.000 ans. Néanmoins, même si c'est moins probable, il est possible que ces sédiments détritiques appartiennent à une phase froide plus ancienne.

III. Relations altitudinales

Nous voici arrivés au point central de cet article. Il peut se résumer en une figure (**figure 15**). Plusieurs points sont à mettre en exergue pour la commenter.

- 1 Une constatation fondamentale est le développement des spéléothèmes à l'air libre. Lorsqu'une stalagmite croît, elle se trouve dans une galerie « sèche ». La surface piézométrique, surface d'équilibre entre la zone noyée et la zone dénoyée, est à une altitude inférieure.
- 2 Les sédiments fluviaux, depuis les diamictites jusqu'aux sédiments fins tels que les sables, limons et argiles, sont apportés par des écoulements concentrés.

Les points relevés ont été nivelés par les soins de la SPW sous la direction de Luc Funcken, que je remercie ici pour ce beau travail. Les principales constatations sont les suivantes.

- 1 La Lomme, depuis ses premières pertes, coule à l'air libre dans un talweg à une altitude supérieure à celle de sa surface piézométrique, du moins en basses eaux. L'exemple du Nou Maulin est significatif puisque le « lac » se situe à 163 m tandis que la Lomme coule autour

de 172 – 173 m d'altitude. La rivière de Lorette coule à 172 m, soit à peine 8 mètres au dessus de la résurgence pour une distance de 4 km à vol d'oiseau. Le siphon terminal dans la salle de la galerie ouest est à 157 m d'altitude, ce qui nous donne une pente moyenne de 0,075%. La perméabilité dans l'axe du drain est donc énorme.

- 2 Dans la grotte de Lorette, les dépôts de la galerie ouest se situent entre 174 m pour son sommet et 167 m pour leur base. Nous nous trouvons là à l'altitude du talweg de la Lomme face au Nou Maulin, ce que confirme un écoulement au fond du recusement lorsque le Nou Maulin est saturé par la crue. La Lomme occupait ce talweg durant la dernière glaciation, lorsque ces dépôts se mettaient en place.
- 3 Les spéléothèmes de plus de 400.000 ans de la galerie du robinet indiquent que la Lomme devait se trouver à une altitude entre 180 et 185 m, incertitude due au remaniement de ces spéléothèmes suite aux mouvements tectoniques. Cette mesure est particulièrement importante. La Lomme coule actuellement entre 170 et 175 m, ce qui signifie qu'il y a plus de 400.000 qu'elle se situe dans une tranche altitudinale de 10 m au dessus de son talweg.
- 4 Le sommet de la lave torrentielle est à 187-188 m. Son épaisseur est inconnue mais dépasse 2 mètres. Cette diamictite s'est donc mise en place alors que la Lomme devait couler vers cette altitude. Or, à cette époque, le vide dans lequel les spéléothèmes de la galerie du robinet ne devait pas être formé car on ne trouve aucune trace de la lave torrentielle 1 en dehors de l'ensemble fontaine-

Bagdad – cataclysme. Ceci situe donc la mise en place en des temps plus anciens que le développement des spéléothèmes de la galerie du robinet.

- 5 La déduction générale est que la Lomme occupe une tranche altitudinale d'une quinzaine de mètres au dessus de son talweg actuel depuis quelques 500.000 ans au moins.

Conclusion

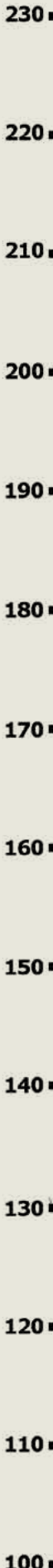
A nouveau, on constate ici l'importance de l'étude des dépôts souterrains. Ils constituent d'abord des enregistrements climatiques, notamment la diamictite traduisant un phénomène catastrophique sur la région (elle est aussi présente dans la grotte du Père Noël). Du point de vue spéléogénétique, les niveaux inférieurs indiquent une présence fluviale attestée par les dépôts, tandis que les vides supérieurs sont surtout dus aux éboulements. De place en place, on trouve quelques conduits avec des microformes telles que des coupoles à des niveaux altitudinaux supérieurs. Ceci s'explique dans le cadre de la karstogenèse par fantômisiation (Quinif, 2014). Enfin, une conséquence majeure de ces recherches porte sur l'évolution des rivières. En l'occurrence, dans cet exemple, on démontre que la Lomme occupe une altitude proche de son talweg actuel, à l'intérieur d'une tranche d'une quinzaine de mètres, depuis plus de 400.000 ans. Cette constatation remet en cause l'évolution classique de l'enfoncement des rivières de l'Ardenne, mais rejoint d'autres conclusions déjà publiées (Quinif, 1997 ; 1999). L'utilisation des cosmonuclides pour dater des dépôts souterrains pour des âges supérieurs à 400.000 ans est pleine de promesse pour l'avenir.

Bibliographie

- Camelbeeck T., Van Ruymbeke M., Quinif Y., Vandycke S., de Kerchove E., Ping Z. , 2012 - Observation and interpretation of fault activity in the Rochefort cave (Belgium). *Tectonophysics*, 581: 48-61.
- Ek C., 1969 - Facteurs, processus et géomorphologie karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique. Thèse de doctorat, Université de Liège.
- Ek C., Gewelt M., Goosens R., 1987 - La grotte de Rochefort, le karst du Thier des Falizes. Colloque International de Sédimentologie Karstique. Han-sur-Lesse, 1987 : 5-13.
- Genty D., Quinif Y., Bastin B., 1992 - Un remplissage endokarstique tardiglaciaire et holocène (nouvelle galerie de la Grotte de Rochefort). *Speleochronos*, 4 : 31-40.
- Legros M., Adriaensen W., 2014 – Les dolines du Thiers des Falizes. *Regards*, 79 : 31-41.
- Legros M., Nandance J-L., Pauwels M., Quinif Y., Maboge B., 1993 - La nouvelle galerie de Rochefort. *Regards*, 11 : 18-22.
- Quinif Y., - 1997 - Apport de la karstogenèse à la tectonique récente du Massif Ardennais. *Aardk. Mededel.*, 8 : 145-148.
- Quinif Y., 1999 - Karst et évolution des rivières : le cas de l'Ardenne. *Geodynamica Acta*, 12, 3-4 : 267-277.
- Quinif Y., 2006 - Complex stratigraphic sequences in Belgian caves – Correlation with climatic changes during the middle, the upper Pleistocene and the Holocene. *Geologica Belgica*, 9, 3-4 : 231-244.
- Quinif Y., 2014 – La fantômisiation, une nouvelle façon de concevoir la formation des cavernes. *Regards*, 79 : 42-72.
- Quinif Y., Kaufmann O., Sagot D., 2011 – Les dépôts de la grotte de Lorette (Rochefort). *Geological survey of Belgium professional paper 2011/2*, 309 : 55-63.
- Quinif Y., Vandycke S., 2001 - Les phénomènes karstiques de la région de Han-sur-Lesse - Rochefort (Belgique). *Bull. Inf. Bass. Paris*, 38, 1 : 6-19.
- Quinif Y., Vandycke S., Camelbeeck T., Delcourt J., Van Ruymbeke M., 2011 - Les failles récentes et le laboratoire souterrain de la grotte de Lorette à Rochefort : contexte structural, relations karst-tectonique. *Bulletin d'information des géologues du bassin de Paris*, 49(n°1) : 9-15.
- Quinif Y., Van Ruymbeke, M. Camelbeeck T. & Vandycke S. - 1997 - Les failles actives de la Grotte de Rochefort (Ardenne, Belgique) sont-elles sismogéniques? *Installation d'un laboratoire souterrain. Aardk. Mededel.*, 8 : 153-15.
- Sagot D., 1995 – Les phénomènes karstiques du bassin Wamme-Lomme, région de Rochefort, Belgique. *Organisation des écoulements et indices sur la nature des paléocourants. Mémoire de maîtrise de géographie, UFR de géographie et d'aménagement du territoire, Université des sciences et technologies de Lille 1*. 110 p.
- Van Den Broeck E., Martel E. A., Rahir, E., 1910 - Les Cavernes et les Rivières Souterraines de Belgique. H. Lamertin, Bruxelles, 2 tomes, 1592 pp. + annexes
- Vandycke S., Quinif Y., 2001 - Recent active faults in Belgian Ardenne revealed in Rochefort Karstic network (Namur Province, Belgium). *Geologie en Mijnbouw*, 80, 3-4 : 297-304.
- Willems L., Ek C., 2011 - Le Système Karstique de La Lomme, Région de Rochefort – livret – guide. *Geological Survey of Belgium, Professional Paper. 2011/2 n.309.*

Phénomènes de surface

Grotte de Lorette (a)



Surface du plateau
225m



222m
Sommet de la doline du Val d'Enfer

Plus de 400.000 ans



Entrée du Pré-au-Tonneau
175,42m
173,62m
Digue du Nou Maulin

Sommet de la lave torrentielle
de la Galerie des Fontaines

Plus de 40



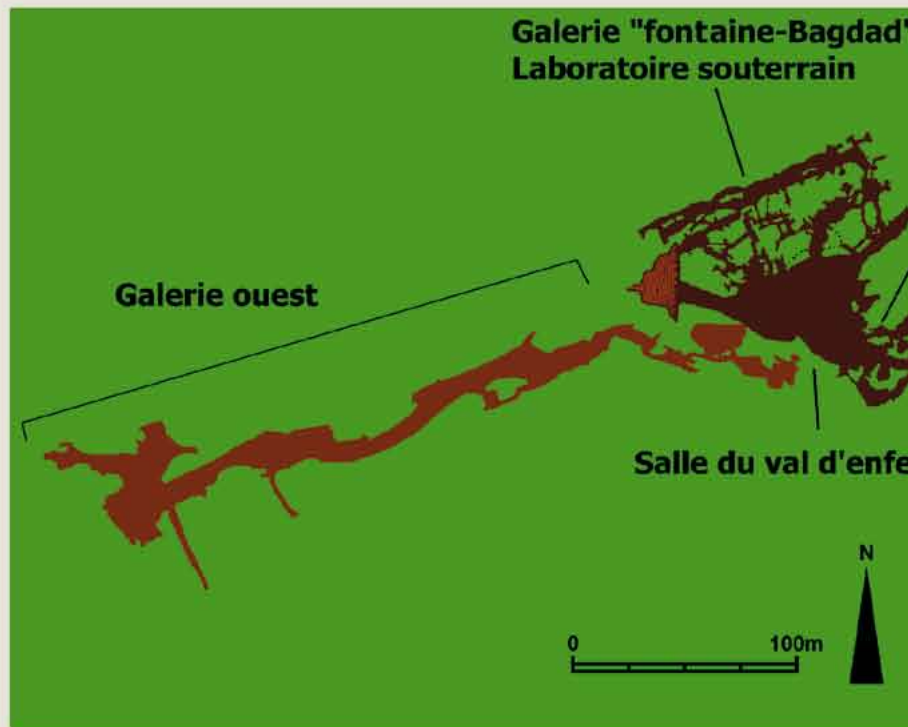
Lac du Nou Maulin 163m

Crue maximum
salle du sabbat
Crue sous la galerie
fontaine-Bagdad 7/12/2007

Rivière de Lorette 162m

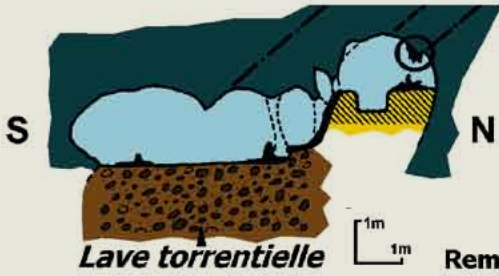


154m
Résurgence d'Eprave



66 m
Fond actuellement atteint
à la résurgence d'Eprave
à -88m sous la surface

Figure 15. Relations altitudinales des principaux phénomènes karstiques de la vallée de la Lomme, plus particulièrement dans la grotte de Lorette. Ces phénomènes sont classés de gauche à droite. A gauche, nous avons affaire aux pertes et résurgence le long de la vallée de la Lomme. A centre, ce sont les dépôts de Lorette à l'exclusion de la galerie ouest et à droite les dépôts de la galerie ouest.



187 - 188m

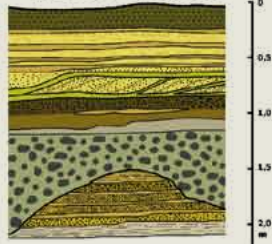
0.000 ans

Galerie du robinet
Sol du Val d'Enfer



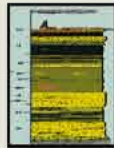
Remplissage ouest "Fosse aux lions"

120.000 ans



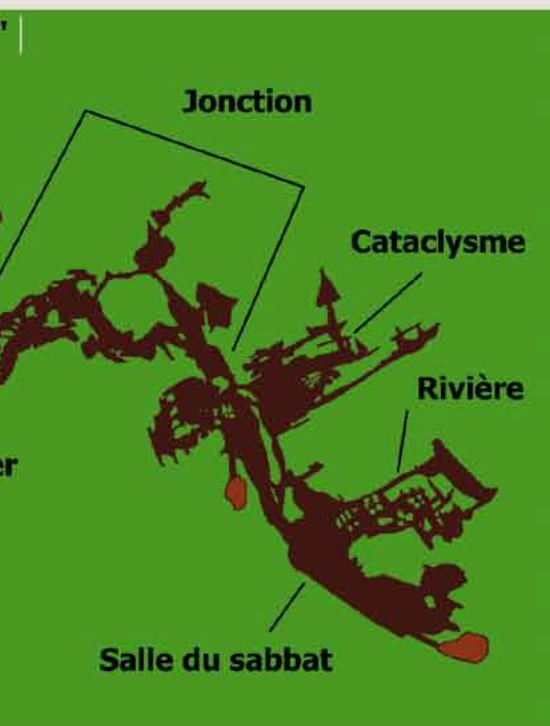
Sommet du remplissage galerie ouest face à la salle (flèche rouge)

11.000 ans



Remplissage de la galerie ouest

Siphon "petit noir"
157m



100m
Profondeur atteinte en plongée