

Dr. R. Gospodarič a noué dans les années passées des rapports avec les karstologues belges qui ont commencé à étudier les sédiments souterrains et dater les procès spéléogénétiques chronologiquement. Les résultats de Y. Quinif et B. Bastin, publiés ici, peuvent stimuler les études comparatives de la spéléogénèse du Karst Dinarique et de karst Européen d'ailleurs.

Rédacteur

In the last years dr. R. Gospodarič formed tight connections with Belgian karstologists who started to study the cave sediments and to date the speleogenetical processes by a similar way. Here published results may stimulate the opened comparative studies on speleogenesis of Dinaric and other European Karst.

The Editor

V zadnjih letih je dr. R. Gospodarič navezal tesnejše stike z belgijskimi krasoslovci, ki so na podoben način kot on začeli preučevati jamske sedimente in kronološko datirati speleogenetske procese. Tu objavljeni izsledki Y. Quinifa in B. Bastina naj vzpodbudijo zastavljene primerjalne študije speleogeneze dinarskega in drugega evropskega krasa.

Urednik

CARACTERISTIQUES DES CAVITÉS KARSTIQUES DE BELGIQUE

Paysage de la Haute Belgique

Le karst belge, situé essentiellement au sud du sillon des cours d'eau Sambre–Meuse (fig. 1) affecte les calcaires du Dévonien moyen (Givétien et Frasnien) et du Dinantien (Tournaisien et Viséen). La morpho–structure générale est de type appalachien: les assises calcaires givéto–frasniennes sont comprises dans les paysages entre les grès et pélites du Dévonien inférieur et du Frasnien supérieur–Famennien, les assises calcaires dinantiennes sont plissées en synclinaux bordés par les arkoses et grès famenniens affleurant à la faveur d'anticlinaux.

Ces structures résultant de l'orogénèse hercynienne ont été aplanies à plusieurs reprises durant le Mésozoïque et le Cénozoïque, des transgressions marines successives apportant sur les surfaces aplanies sables et argiles. Un réseau hydrographique conséquent prit naissance sur cette couverture, avant de s'encaisser dans le socle primaire. Enfin, les fluctuations climatiques du Quaternaire apportèrent la touche ultime au paysages ardennais avec, notamment, le creusement de vallons subséquents affluents des grosses rivières épigénétiques (Meuse, Lesse, Ourthe etc...).

Les types de réseaux karstiques

Les réseaux karstiques se partagent entre deux familles résultant du paysage morpho-structural décrit au paragraphe précédent (Quinif, 1977). Les recoupements souterrains de méandres affectent les rivières épigénétiques qui recoupent parfois souterrainement certains méandres encaissés dans les assises calcaires. Ces recoupements donnent naissance à certains réseaux karstiques parmi les plus importants: Réseau de Han-sur-Lesse, de Rochefort, de Bohon, de l'Eau Noire à Pétigny. Les réseaux de type chantoir-résurgence se structurent le long d'assises calcaires affectées de vallons subséquents. De nombreux ruisseaux descendent de collines sculptées en roches gréseuses ou schisteuses vers les vallons calcaires où ils se perdent. Ils confluent sous terre pour donner naissance à des puissantes rivières souterraines qui résurgent au creux des vallées épigénétiques, souvent par des vastes grottes-résurgences à niveaux superposé: Grotte de Remouchamps, de Hotton, de la Vilaine Source, etc...

La structure et la morphologie des cavités sont typiques des deux familles de réseaux. Les recoupements souterrains de méandres sont caractérisés par de forts débits et une faible dénivellation entre pertes et résurgences. Les cavités sont donc essentiellement horizontales, de puissants drains se partageant entre le karst noyé et les écoulements libres. Les réseaux chantoirs-résurgences, par contre, prennent naissance sur le plateau et ont une zone d'alimentation caractérisée par des cavités à prédominance verticale dont la profondeur oscille entre 50 et 120 mètres: les avens-chantoirs, suites de puits et de méandres. L'écoulement horizontal n'est souvent accessible que par la grotte-résurgence. Ces cavités sont constituées de galeries plus ou moins rectilignes suivant la structure, et étagées.

CAUSES DE LA SÉDIMENTATION KARSTIQUE

Les deux familles de réseaux ont ceci de commun qu'ils constituent des systèmes binaires (Mangin, 1982). Une partie très importante de l'impluvium est constituée de terrains

Fig.1 Distribution des calcaires et localisation des réseaux karstiques cités dans le texte.

A. Calcaires dinantiens

B. Calcaires givéto-frasnien

C. Réseaux karstiques

Réseaux de type "recoupement souterrain de méandre": 1. Réseau de l'Eau Noire, 2. Réseau de Han, 3. Réseau de Rochefort, 4. Réseau de Bohon; réseaux de type "chantoir-résurgence": 5. Réseau de Hotton, 6. Réseau de Remouchamps, 7. Réseau de la Vilaine Source.

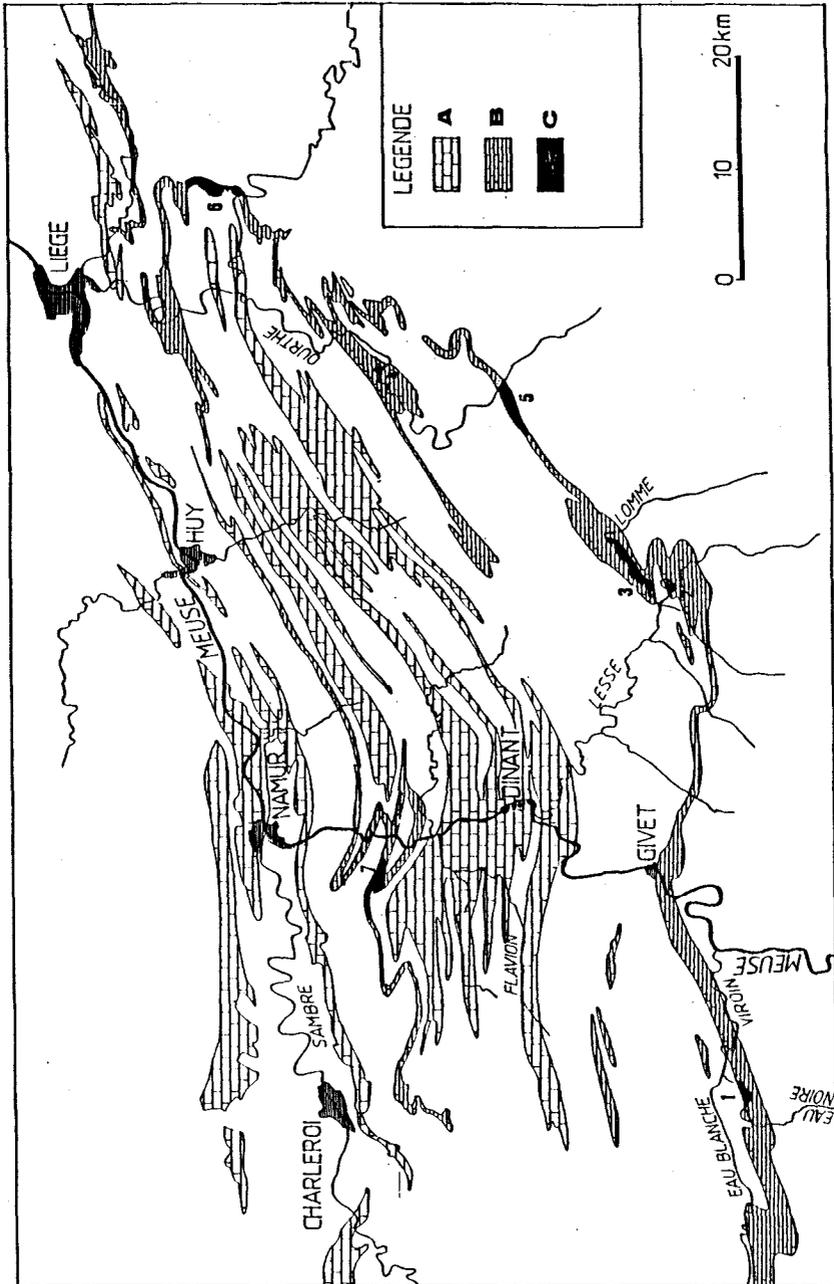
Fig.1 Limestones distribution and localisation of karstic networks

A. Dinantian limestones

B. Givetian and Frasnian limestones

C. Karstic networks

Networks of "underground meander cutoff" type: 1. Réseau de l'Eau Noire, 2. Réseau de Han, 3. Réseau de Rochefort, 4. Réseau de Bohon; networks of "chantoir-résurgence" type: 5. Réseau de Hotton, 6. Réseau de Remouchamps, 7. Réseau de la Vilaine Source.



non-karstiques. Il y a injection massive aux points de pertes de matières et d'énergie dans le réseau karstique, plus importante que les apports autochtones vu la superficie réduite des terrains karstifiés. Ainsi, des apports sédimentaires quasi-illimités de sédiments sont disponible pour le karst. Les possibilités de colmatage sont donc permanentes. La cause principale doit être recherchée dans les fluctuations climatiques du Quaternaire. Plusieurs séquences sédimentaires souterraines constituent des cas exemplatifs illustrant les principales caractéristiques de l'évolution sédimentologique des cavités belges. Voyons quelques-unes de ces séquences.

LA SÉQUENCE DE BASE: COUPE DE LA GALERIE DES VERVIÉTOIS A LA GROTTÉ DE HAN.

La Galerie des Verviétois est une galerie supérieure de la Grotte de Han (fig. 2), complètement colmatée à certains endroit (Quinif, Bastin, 1986). La Salle Vigneron, qui résulte de l'effondrement de plancher rocheux séparant deux niveaux de galeries, permet un examen complet de la séquence (Quinif, Bastin, 1987). La série détritique inférieure est surmontée d'un complexe stalagmitique épais parfois de plus d'un mètre et constitué d'un plancher stalagmitique hérissé de stalagmites et de colonnes (fig. 3). Les sables de l'ensemble détritique sont fluviatiles et traduisent une sédimentation assez grossière matérialisant un environnement à érosion mécanique active pour le bassin d'alimentation de la Lesse. Actuellement, la Lesse sédimmente essentiellement des argiles et des limons. Le climat devait donc être plus froid que l'actuel. L'ensemble stalagmitique, par contre, marque une amélioration climatique de type interglaciaire. Cela est confirmé par des datations U/ Th qui indiquent une croissance de la majorité du plancher durant l'Eémien *sensu-lato*. Le plancher termine sa croissance vers 60.000 ans, indiquant que son développement fut complexe et s'étala sur plusieurs interglaciaires et interstades au début de la dernière glaciation (Quinif, en préparation).

SÉDIMETATION DURANT LE WEICHSELIEN: LA COUPE DE LA GROTTE DE LA VILAINE SOURCE (PROFONDEVILLE).

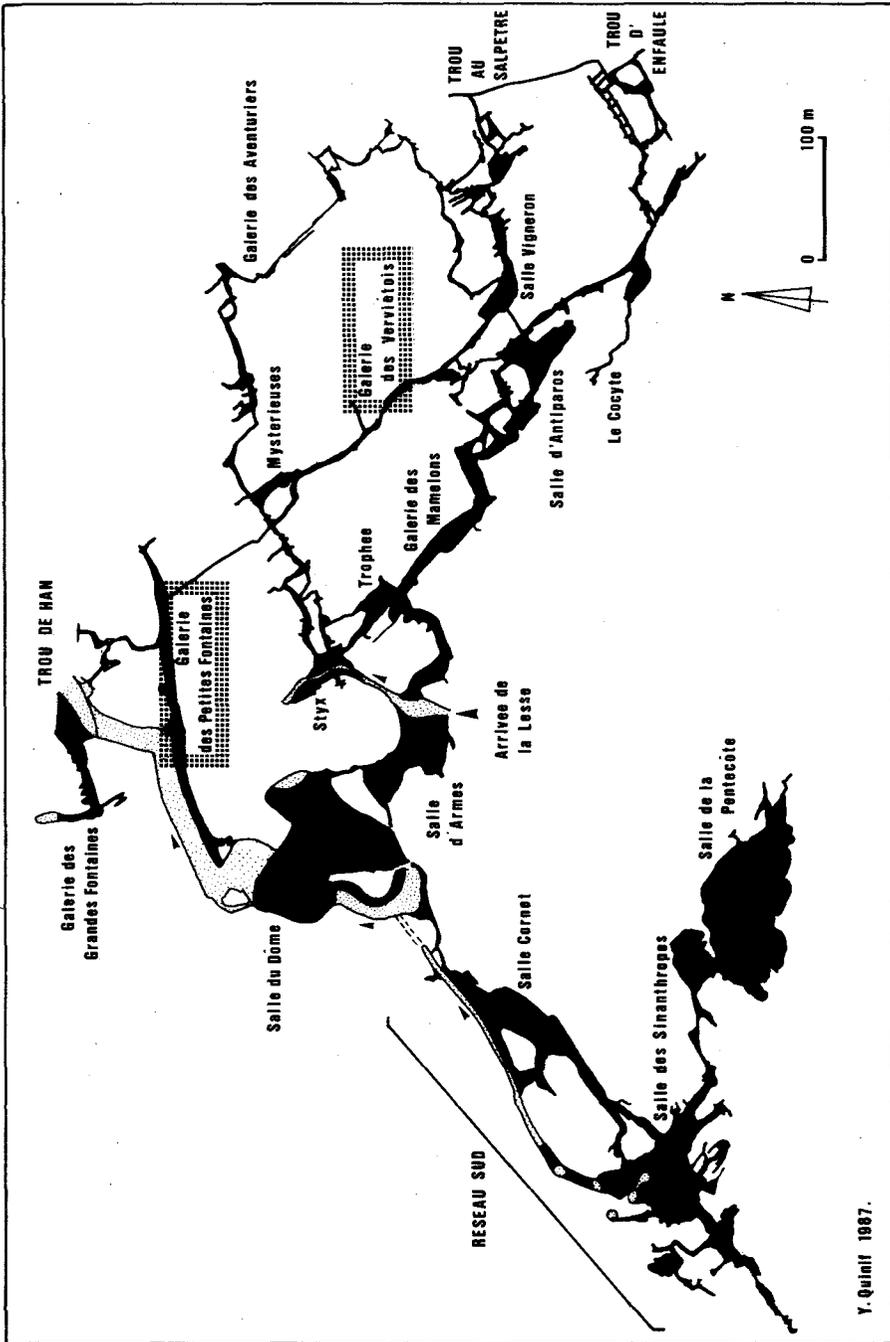
Sédimentologie

La Grotte de la Vilaine Source constitue la résurgence d'un réseau de type "chantoir-résurgence". C'est essentiellement une galerie unique assez spacieuse, avec d'épais remplissages très diversifiés (fig. 4) (Quinif, 1978).

Une coupe complexe (fig. 5) a été étudié en détail par une équipe pluridisciplinaire (Quinif, Dupuis, Bastin, Juvigné, 1979). La lithostratigraphie (fig. 7) montre la succession de trois unités détritiques, la deuxième (B) occupant un creusement (2) dans la première. L'unité inférieure repose sur un lit d'éboulis parfois surmontés de petites stalagmites (1), matérialisant une phase dénoyée. Cette unité est fluviatiles avec une tendance vers l'augmentation de la granulométrie. Après qu'elle ait complètement comblé la cavité, une circulation recreuse

Fig.2 Plan de la Grotte de Han avec localisation des sites de coupes sédimentaires.

Fig.2 Survey of the "Grotte de Han" with location of the sedimentary sections sites.



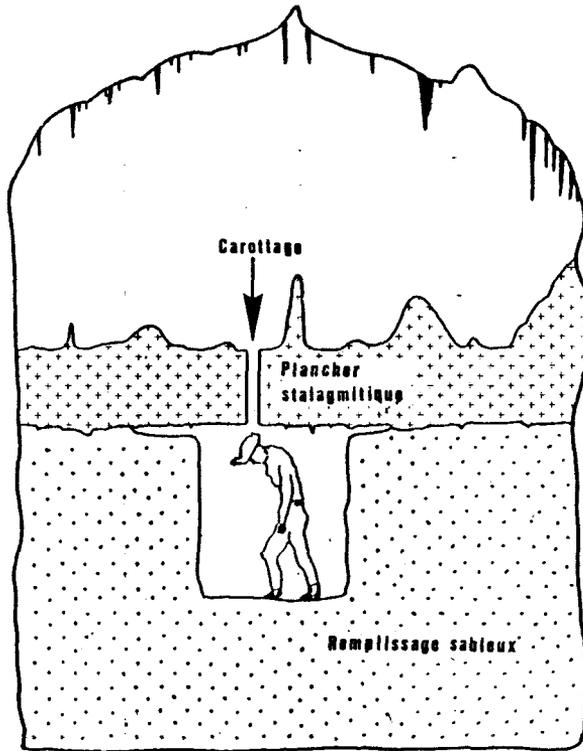


Fig.3 Coupe dans la Galerie des Verviétos de la Grotte de Han. Un remplissage sablo-limoneux est surmonté par un épais plancher stalagmitique. Le passage inférieur est artificiel: il a été creusé pour installer le chemin de visite touristique et permet ainsi d'investiguer le remplissage.

Fig.3 Section of the "Galerie des Verviétos" in the "Grotte de Han". A sandy-loamy filling is capped by speleothems. The flowstone is essentially of Eemian age.

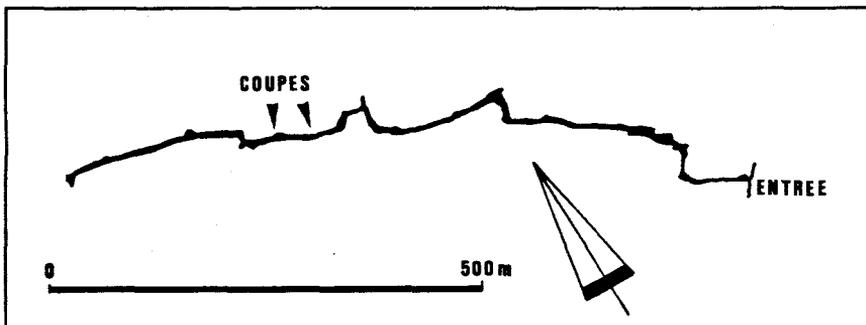


Fig.4 Grotte de la Vilaine Source avec la localisation des coupes sédimentaires.

Fig.4 "Grotte de la Vilaine Source" with the location of the sedimentary sections.

très partiellement cette sous-séquence. La deuxième unité détritique prend place dans ce recreusement mais elle est caractérisée par des limons éoliens remaniés. La disposition des couches indique des écoulements latéraux infiltrés à partir de la surface par des fissures ouvertes. La dernière unité détritique, argileuse (C), recouvre les limons avec une discordance angulaire et est elle-même scellée par des stalagmites. La fin de l'évolution sédimentaire de cette galerie est un recreusement généralisé beaucoup plus important que le précédent puisque, à certains endroits, il dévoile le lit d'éboulis. Une dernière phase de croissance stalagmitique (III) donne naissance à la presque totalité des grands spéléothèmes toujours actifs.

Des études ont été poursuivies sur d'autres sites de cette grotte. L'un d'entre eux est important pour notre propos (Bastin, Dupuis, Quinif, 1982). Une grosse stalagmite se développe sur le flanc du recreusement final qui affecte les sédiments de la grotte. Son étude pollinique a fourni un âge atlantique à subatlantique, datant ce recreusement du début de l'Holocène.

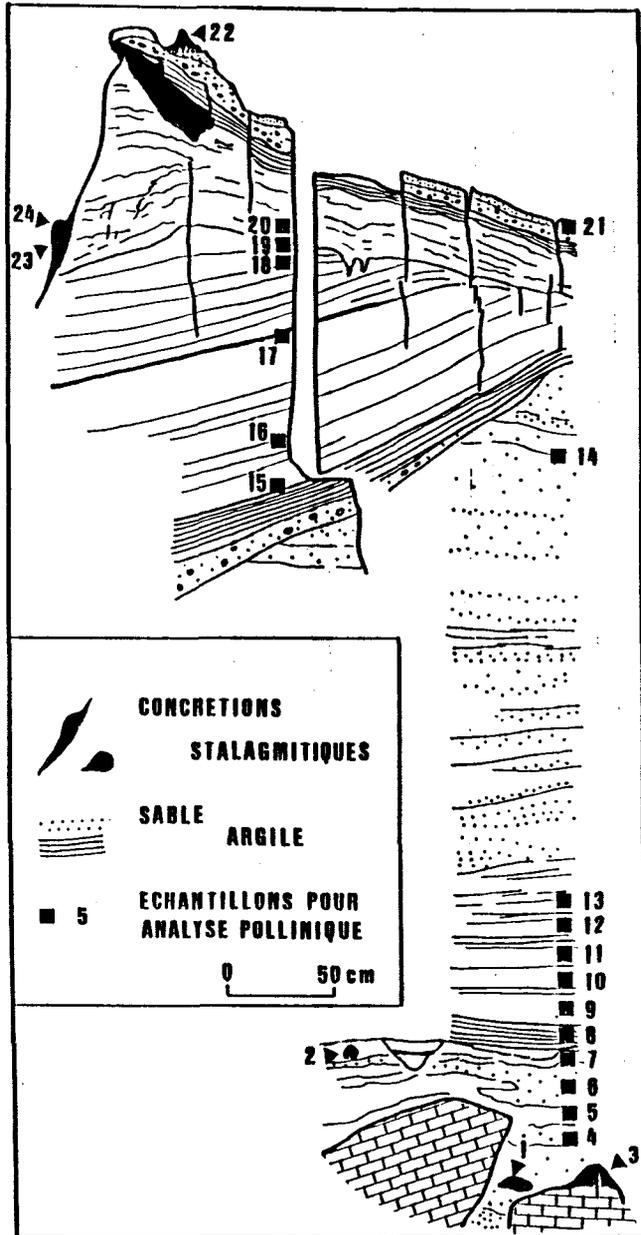
Palynologie

L'analyse pollinique (fig. 6) a essentiellement été appliquée à la coupe 1 de la grotte, dont la lithostratigraphie est explicitée à la figure 5. Les grands traits du diagramme pollinique peuvent être synthétisés de la manière suivante.

a) Les spectres obtenus dans les concrétions remaniées (1-2; les numéros des échantillons prélevés pour la palynologie renvoient à la figure 5) et dans la plus grande partie des sédiments détritiques (4-16 et 18-20) sont caractérisés par la forte dominance des plantes herbacées (75%), principalement représentées par les *Cichoriées* (60%), et par la présence régulière de spores de *Selaginella selaginoides* (1%), une espèce dont l'aire de répartition actuelle est arctique-alpine. De ce fait, ces spectres témoignent de l'existence d'un climat pléni-glaciaire au moment de la mise en place des sédiments détritiques et de la croissance des concrétions qui ont fourni ces spectres.

b) Dans le spectre pollinique de la concrétion 3, la dominance des arbres (56,5%), et parmi ceux-ci les pourcentages significatifs de *Alnus* (16%), *Corylus* (10%) et *Quercus* (2%), reflètent des conditions climatiques tempérées. L'âge de 50.300 ans obtenu par datation $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ de cette concrétion suggère qu'elle s'est formée durant une des oscillations "Ognon" reconnues à la Grande Pile par G. Woillard (1978).

c) Le spectre 17 est caractérisé par une assez forte proportion d'arbres (45%) et l'on note à nouveau les pourcentages significatifs de *Alnus* (10%), *Corylus* (7%) et *Quercus* (1%). En tenant compte de la position lithostratigraphique de l'échantillon 17, l'amélioration climatique enregistrée dans ce spectre pourrait correspondre soit à l'interstade des Cottés, soit à l'oscillation d'Arcy-Kesselt.



d) Dans les spectre 21 et 22, une troisième amélioration climatique se marque par la dominance des arbres et des fougères qui leur sont associées (A.P. + *Filicales* = 75%), ainsi que par les pourcentages élevés de *Corylus* (19%). Cette amélioration climatique pourrait correspondre soit à l'oscillation d'Arcy-Kesselt, soit au complexe des oscillations de Laugerie, Lascaux et Angles-sur-l'Anglin.

e) Enfin, dans les spectre 23 et 24 obtenus dans une stalagmite édifiée postérieurement au creusement final, l'extension du Pin jusqu'à 3% et des céréales jusqu'à 10% attestent un âge subatlantique récent.

Chronologie

Plusieurs données chronologiques ont été obtenues. Les datations U/Th tout d'abord (effectuées par M.Gascoyne), ont donné une date de 50.300 B.P. pour la stalagmite (3) située sur un bloc éboulé à la base de la coupe. Ajoutons que les deux autres dates ont été obtenues sur des massifs stalagmitiques plus anciens et remaniés (140.500 B.P., 226.700 B.P.) attestant d'une évolution couvrant plusieurs cycles climatiques (fig. 6).

L'étude pollinique reconnaît sans équivoque possible l'Holocène pour la dernière croissance stalagmitique. Enfin, l'examen des minéraux des loess prouvent l'âge pléni-weichselien du deuxième ensemble détritique.

Interprétation paléoclimatique (fig. 7)

Indépendamment de toute chronologie, l'étude pollinique prouve ici l'origine pléniglaciaire de la majorité des sédiments détritiques de cette grotte ainsi que l'origine interglaciaire ou interstadaire de la majorité des spéléothèmes. Par déduction, vu la reconnaissance de deux interstades dans les sédiments détritiques par la palynologie, on peut attribuer le creusement séparant les deux premières unités détritiques (2) à un interstade, vu le changement radical de sédimentogenèse; cet interstade est probablement celui des Cottés vu son importance, le deux suivants étant rapportés respectivement à Arcy-Kesselt (3) et au complexe Laugerie, Lascaux, Angles-sur-l'Anglin (4).

Les repères chronologiques permettent dans cet exemple d'attribuer strictement les diverses phases d'érosion et de sédimentation à des épisodes climatiques. Les périodes froides peuvent se distinguer en deux types suivant leurs conséquences sédimentogénétiques dans la

Fig.5 Coupe sédimentaire dans la Grotte de la Vilaine Source

Fig.5 Sedimentary section in the "Grotte de la Vilaine Source". One sees the first detritic unit of fallen blocks with little speleothems (3). The second detritic unit finds in an hollowing. A third detritic unit caps the sequence. A last hollowing has cut the deposit and has been embedded by stalagmites (23, 24). In black, we have speleothems. The numbers represent the samples for pollen analysis.

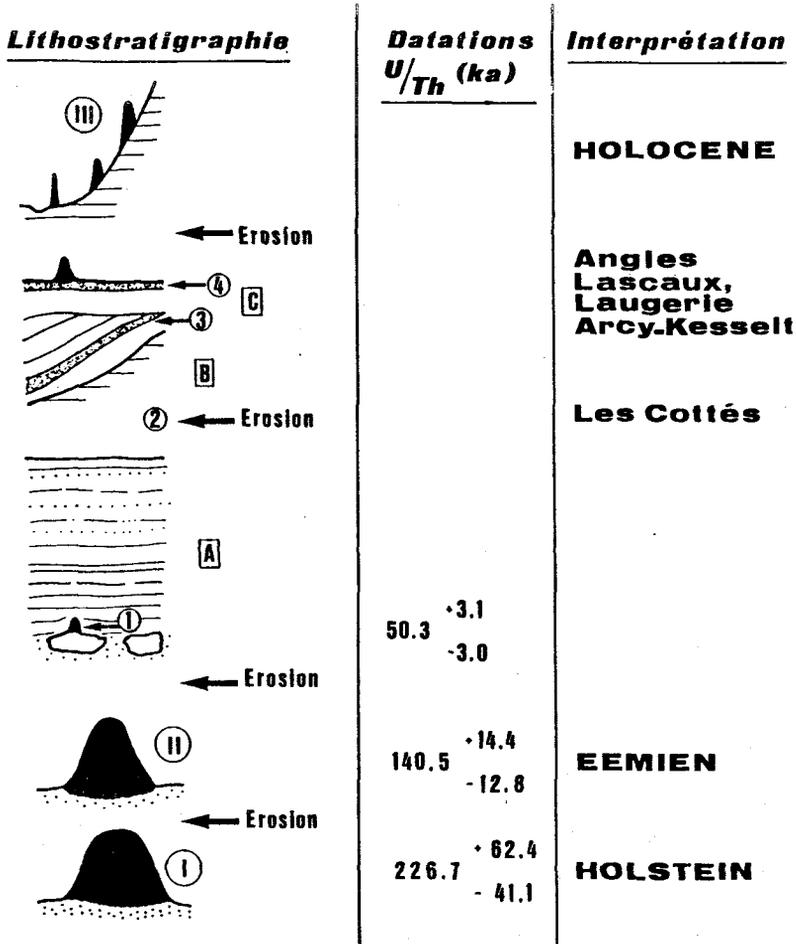


Fig.7 Evolution du remplissage dans la Grotte de la Vilaine Source. On distingue essentiellement deux importants épisodes stalagmitiques (I et II) suivis d'un remplissage détritico datant de la dernière glaciation (A, B et C). On y trouve la marque de plusieurs interstades: en 1 (concrétionnement), 2 (érosion), 3 et 4 (épisodes polliniques). La séquence se termine à l'Holocène par un important recréusement scellé par des stalagmites.

Fig.7 Evolution of the filling of the main gallery in the "Grotte de la Vilaine Source", Profondeville. One sees essentially two important stalagmitic phases (I and II) followed by a detritic filling dated from the last glacial period (A, B and C). One finds the trace of several interstadial periods: 1. speleothem. 2. erosion, 3. and 4. pollen episodes. The sequence ends at the Holocene by a last incision with speleothems.

grotte. La première partie du Weichselien est froide mais humide. Des circulations abondantes et très chargées traversent la grotte. La seconde partie de la dernière glaciation jouit d'un climat froid et sec. La grotte est quasiment exempte de circulation. Des loess descendent de la surface dans la grotte par des fissures. Les phases instadias aboutissent par contre soit à un développement des spéléothèmes, soit à des recreusements. Les phases interglaciaires, enfin, présentent des séquences morpho-sédimentaires plus complexes, alliant de très importants déblaiements et des constructions stalagmitiques imposantes.

LA GALERIE DES PETITES FONTAINES ET LE REMPLISSAGE DE L'ÉTAGE MOYEN DE LA GROTTÉ DE HAN

Le début de la Galerie des Petites Fontaines dans la Grotte de Han (fig. 2) dévoile une coupe qui éclaire l'évolution de la cavité depuis la fin de la dernière période glaciaire. Cette galerie est partiellement colmatée par un épais remplissage d'argiles et de limons que le passage creusé pour la visite touristique permet de bien appréhender (fig. 8). Ce dépôt est caractéristique de la sédimentation karstique en Belgique durant la dernière période glaciaire. Il est scellé par un plancher stalagmitique et des stalagmites. L'étude palynologique du plancher stalagmitique, carotté à l'entrée de la galerie, indique une élaboration débutant au Subboréal. Une datation au ^{14}C confirme cette analyse (fig. 9). On retrouve de plancher stalagmitique accrochés à plusieurs endroits aux parois de la rue d'eau.

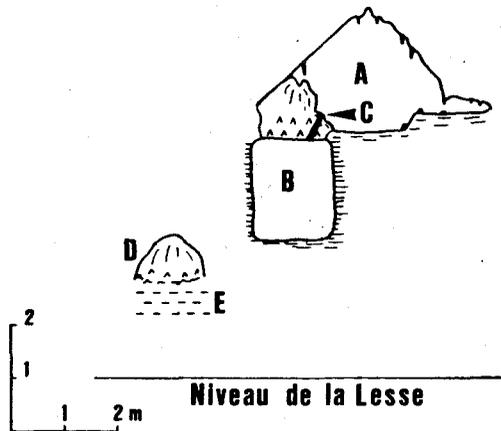


Fig.8. Coupe à l'entrée de la Galerie des Petites Fontaines (Grotte de Han). A: entrée naturelle de la galerie, B: tunnel du chemin touristique creusé au travers d'un remplissage argileux sous le massif stalagmitique, C: carottage, D: stalagmite dominant un remplissage E dont le niveau supérieur est daté du Moyen-Age.

Fig.8 Section at the entrance of the "Galerie des Petites Fontaines" (Grotte de Han). A: a natural entrance of the gallery, B: tunnel of the touristic road across the clayey filling under a speleothem, C: drilling-core, D: speleothem capping a detritic deposit E which is dated to the Middle Ages.

De l'entrée de la Galerie des Petites Fontaines, le sol descend jusqu'à la rive de la rivière souterraine. A un mètre au-dessus du niveau de l'eau, une séquence archéologique se termine par une couche attribuée au Moyen-Age. Elle est scellée par une stalagmite massive.

Nous déduisons de ce dispositif morpho-sédimentaire que, avant le Subboréal, la galerie de sortie de la Lesse était colmatée jusqu'à une hauteur importante (plusieurs mètres au-dessus du chemin de Hâlage) par des limons et argiles. L'édification du plancher stalagmitique indique une activité hydraulique très réduite: la Lesse devait encore contourner le massif, les conduits souterrains étant en grande partie colmatés. Ce n'est qu'il y a quelques millénaires que la rivière a incisé le chenal actuel.

SÉQUENCE POLYCYCLIQUE: LES SÉDIMENTS DE LA GROTTÉ DE BOHON

La Grotte de Bohon, recouplement souterrain de méandre (Quinif, 1980), apporte des données quantitatives grâce à un important remplissage (Quinif, Bastin, Dupuis, Gascoyne, 1988). L'entrée se fait par une ancienne résurgence et conduit à un couloir horizontal et rectiligne, communiquant par des regards avec un étage inférieur actif 3 mètres plus bas. Cette galerie conserve d'importants témoins de remplissage dont la coupe synthétique (fig. 10) montre d'abord un ensemble détritique inférieur surmonté d'un complexe stalagmitique daté de 121.000 et 88.400 B.P., donc Eémien et Saint-Germain II. Un ensemble détritique moyen fait suite, recreusé par un dernier ensemble détritique scellé par des planchers stalagmitiques holocènes. Le recreusement est à nouveau attribué à l'Interstade des Cottés.

Cette séquence est plus synthétique que celle de la Grotte de la Vilaine Source. Elle ne présente ainsi que les ruptures paléoclimatiques les plus importantes (effet de lissage), à savoir le complexe Eémien (complexe stalagmitique médian), un interstade weichselien (recreusement) et l'Holocène (alternance de planchers stalagmitiques et d'argile, séquence due partiellement à des effets anthropiques).

CONCLUSIONS

Ces exemples mettent en évidence que l'évolution sédimentaire des grottes belges obéit, durant le Pleistocène moyen et récent, essentiellement à l'influence climatique. Les climats froids, grâce au régime de rhexistase, provoquent le colmatage des réseaux par l'abondance des sédiments détritiques apportés par les rivières allochtones, que ce soit dans le cas des recouplements de méandres ou des réseaux de type chantoir-résurgence. De toute façon, dans les deux cas, ce sont les grandes rivières épigénétiques qui constituent le niveau de base.

Les périodes interglaciaires voient l'arrêt de cette sédimentation détritique. Tant que dure l'amélioration climatique, les spéléothèmes se développent. Un décolmatage partiel ou parfois quasi-total des réseaux se produit. Ce décolmatage se place à différentes périodes de l'interglaciaire. A la Vilaine Source, il se produit au début de l'Holocène (Boréal ou début de l'Atlantique). A Han-sur-Lesse, par contre, il est excessivement tardif (Subatlantique). Des cavités continuent encore de nos jours à se décolmater, provoquant par exemple des effondrements dans les champs ou prairies.

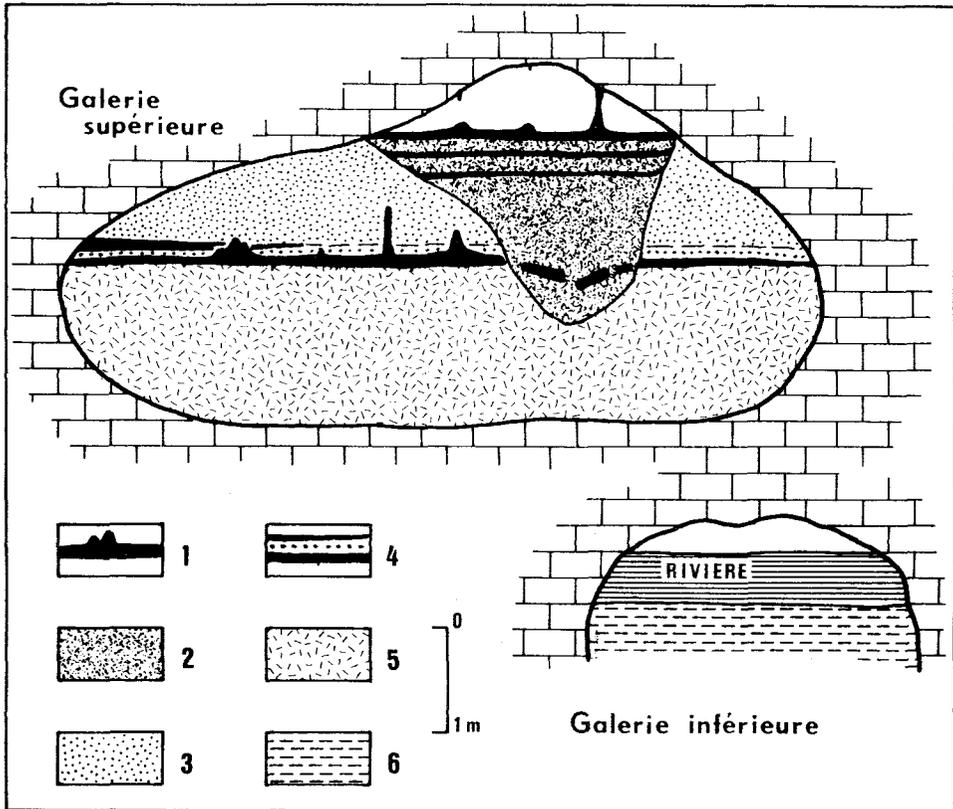


Fig.10 Contexte morpho-sédimentaire de la Grotte de Bohon. La galerie supérieure était presque complètement colmatée jusqu'à ce qu'elle soit désobstruée. La galerie inférieure est seule active. 1: plancher stalagmitique et stalagmites, 2: ensemble détritique supérieur, 3: ensemble détritique moyen, 4: strata argilo-limoneuse entre les deux planchers stalagmitiques médians, 5: ensemble détritique inférieur, 6: ensemble détritique de la galerie inférieure (la base n'a pas été atteinte par un sondage de 50 cm). Le plancher stalagmitique médian inférieur a fourni une date de 121,000 +/- 14,000 B.P., le plancher médian supérieur 88,000 +/- 10,000 B.P. (datations: Mel Gascoyne). Cet épisode stalagmitique complexe s'étend donc depuis l'Eémien jusqu'au Saint-Germain II. Les trois fins planchers stalagmitiques supérieurs datent de la période subatlantique.

Fig.10 Morpho-sedimentary context of the "Grotte de Bohon". The upper gallery is almost completely filled. The lower gallery is active. 1: flowstone and stalagmites, 2: upper detritic unit, 3: middle detritic unit, 4: clayey-loamy layer between the two middle flowstones, 5: lower detritic unit, 6: detritic filling of the lower gallery (the basis has not been reached by a 50 cm bore-hole). The lower middle flowstone is dated at 121,000 +/- 14,000 B.P., the upper-middle flowstone at 88,000 +/- 10,000 B.P. (datations: M.Gascoyne). This stalagmitic phase is related to Eemian and Saint-Germain II periods. The three thin upper flowstones are dated to the subatlantic period.

Les périodes interstadiaires les plus importantes présentent des caractères analogues mais moins importants: recreusements et concrétionnement. Vu leur durée plus restreinte, un seul phénomène prend souvent la place à l'exclusion de l'autre. Le karst a un effet de lissage.

Cette évolution prend place dans le schéma thermodynamique des karsts établi par Mangin (1982). Le colmatage d'un réseau karstique marque le passage d'un système binaire (partie de l'impluvium en terrains non karstiques) ouvert (transfert de matière, d'énergie et d'entropie entre ce système et le monde extérieur) à un système fermé qui n'échange plus d'énergie avec le monde extérieur. Il faut noter dans ce cas que ce changement est d'origine climatique: la période froide, en apportant une quantité énorme de sédiments dans le système de drainage (karstique et non karstique), provoque le remontée des niveaux de base par une sédimentation abondante dans le fond des talwegs et, simultanément, un engorgement généralisé des conduits internes du karst avec des "bouchons" qui, en s'établissant de proche en proche (d'étréouitures en étréouitures pourrions-nous dire), constituent autant de remontées partielles du niveau de base.

Cette nature particulière de formation de systèmes fermés fait que le phénomène est transitoire: une nouvelle modification climatique fera redescendre les niveaux de base, permettant à nouveau des échanges d'énergie avec le milieu extérieur. Une des caractéristiques de ce passage qui se marque par des décolmatages et recreusements est sa brutalité.

BIBLIOGRAPHIE

- Bastin, B., Dupuis, C., Quinif, Y., 1982: Etude microstratigraphique et palynologique d'une croute stalagmitique de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique): méthodologie et résultats. *Rev.Belg.Géogr.*, 106, 1: 109-120
- Bastin, B., Quinif, Y., Dupuis, C., Gascoyne, M., 1988: La séquence sédimentaire de la Grotte de Bohon (Belgique). *Ann. Soc.Géol.Belg.*, 111, 1:51-60
- Mangin, A., 1982: L'approche systémique du karst, conséquences conceptuelles et méthodologiques. *Reunion Monografia sobre el karst, Larra: 141-157*
- Quinif, Y., 1977: Essais d'étude synthétique des cavités karstiques de Belgique. *Rev.Belg.Géogr.*, 101, 1 à 3:115-173
- Quinif, Y., 1978: La Grotte de l'Obstination ou de la Vilaine Source et le réseau de Lesves-Arbre (Belgique). *Spelunca*, 4: 146-150
- Quinif, Y., 1980: Etude karstologique de la Grotte de Bohon. *Rev.Belg.Géogr.*, 104, 3:47-62
- Quinif, Y., en préparation: La séquence sédimentaire de la Galerie des Verviétois (Han-sur-Lesse, Belgique)
- Quinif, Y., Bastin, B., 1986: Le système karstique de Han-sur-Lesse (Belgique). *Actes 9^{ème} Cong.Int.Espeleol.*, Barcelona, 1:147-161
- Quinif, Y., Bastin, B., 1987: La Grotte de Han, *in* Livret-guide du Colloque International de Sédimentologie Karstique, Han-sur-Lesse, Belgique: 19-26
- Quinif, Y., Dupuis, C., Bastin, B., Juvigné, E., 1979: Etude d' une coupe dans les sédiments quaternaires de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique). *Ann.Soc.Géol.Belg.*, 102: 229-241
- Woillard, G., 1978: Grande Pile Peat Bog: A Continuous Pollen Record for the Last 140,000 Years. *Quant.Res.*, 9:1-21

NAČINI IN KRONOLOGIJA PODZEMNE SEDIMENTACIJE V BELGIJI V SREDNJEM IN ZGORNJEM PLEISTOCENU

Povzetek

Vsi nanizani primeri dokazujejo, da je bil sedimentacijski razvoj v belgijskih jamah v srednjem in mlajšem pleistocenu predvsem pogojen s klimatskimi vplivi. Mrzla klima je povzročila odlaganje sedimentov in zasipavanje rogov z detritičnimi sedimenti, ki so jih nanašale alohtone reke, bodisi da gre za rove, ki sekajo meandre ali za jame izvire. V dveh primerih sta bili to dve veliki epigenetski reki, ki sta vrezali osnovni nivo.

V interglacialu se je detritična sedimentacija ustavila. V času klimatskega izboljšanja so rasli kapniki. Rogvi so bili delno, včasih celo popolnoma zasuti. Ponovno odstranjevanje sedimentov se je pojavljalo v različnih fazah interglaciala. V izviru Vilaine je bilo to v začetku holocena (boreal ali začetek atlantika). Nasprotno pa je bilo v Han-sur-Lesse to izredno pozno (subatlantik). Jame se izpraznjujejo še danes, kar se odraža v grezih na poljih ali travnikih.

Najpomembnejša interstadijalna obdobja imajo analogen značaj, le da je manj izrazit: ponovno vrezovanje in rast sige. Glede na njihovo omejeno trajanje se je pojavljal le en fenomen, ki izključuje drugega. Kras torej vpliva "izenačevalno".

Ta razvoj krasa lahko sledimo po termodinamični skici, ki jo je predstavil A. Mangin (1982). Zasipavanje kraških sistemov označuje prehod z odprtega binarnega sistema (del impluvija na nekraških terenih) (prenos materiala, energije in entropije med sistemom in zunanjim svetom) v zaprt sistem, ki z zunanjim svetom ne izmenjuje več energije. Potrebno je dodati, da je v tem primeru sprememba klimatskega izvora: mrzlo obdobje, prinašajoče ogromne količine sedimentov v pretočni sistem (kraški in nekraški) povzroči ponoven dvig baze zaradi velike sedimentacije v dnu dolin in obenem se notranji kraški prevodniki zaprejo z "zamaški", ki se vedno bolj približujejo drug drugemu (lahko rečemo od ožine do ožine) in tako prispevajo k delnemu dvigovanju baze.

Ta značilnost razvoja zaprtih sistemov povzroča, da je pojav prehod: ponovna klimatska sprememba bo spet znižala bazo, omogočila izmenjavo energije z zunanjim okoljem. Ena od značilnosti teh prehodov, ki se izražajo s spiranjem in ponovnim vrezovanjem, je njena nenadnost.