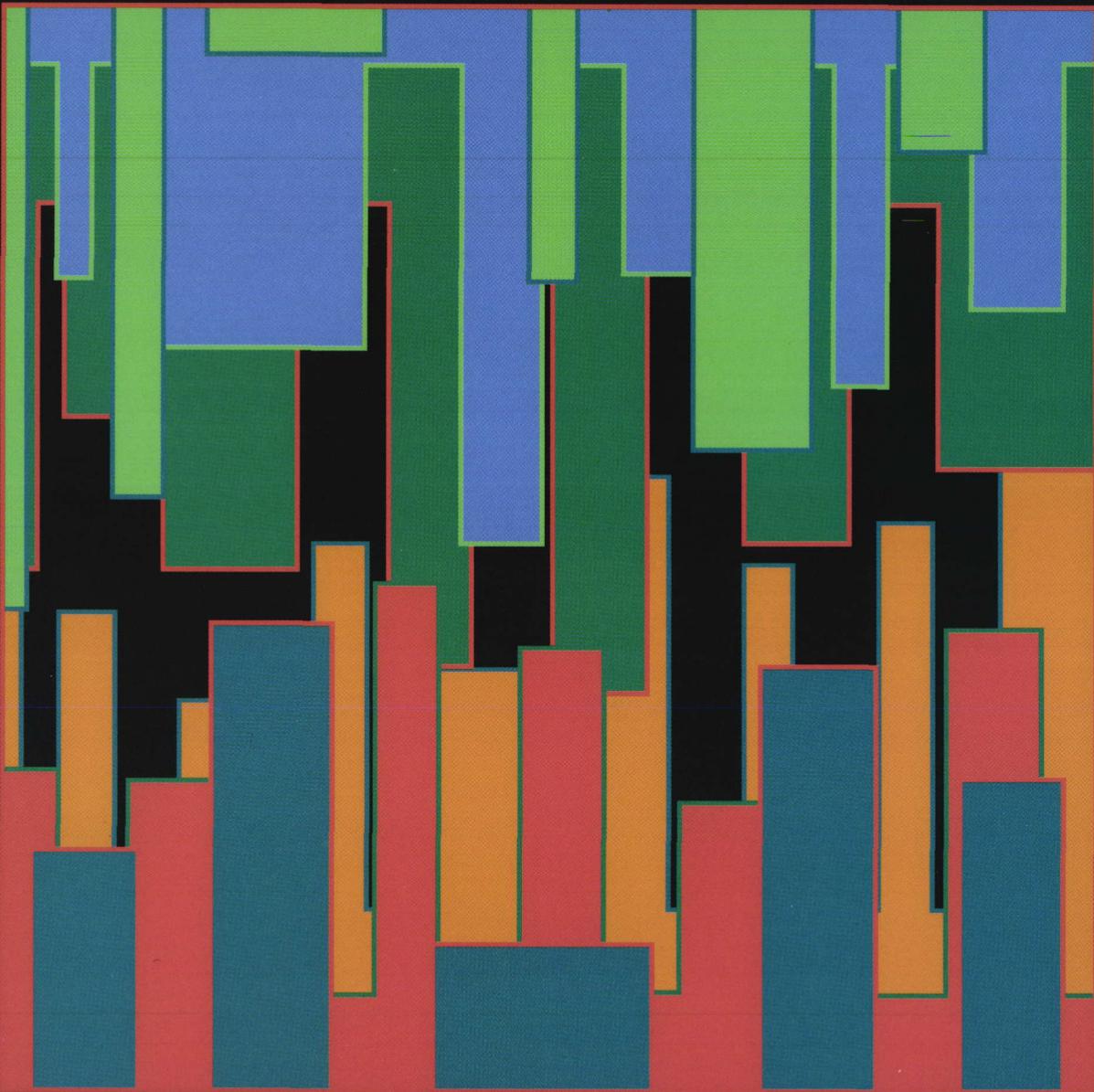


RECHERCHES AUX GROTTES DE SCLAYN



**RECHERCHES
AUX GROTTES
DE SCLAYN**

Volume 1

LE CONTEXTE

**Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, n°27
Liège, 1992**

Publié avec l'aide du
Fonds National de la Recherche Scientifique,
du Ministère de la Région Wallonne,
de l'Administration du Patrimoine Culturel
et du Ministère de l'Emploi et du Travail.

Edité par :
Marcel OTTE
Service de Préhistoire
Université de Liège
Place du XX Août, 7 Bât. A1
B-4000 Liège
Belgique

Dépôt légal : D/1992/0480/5
Tout droit de reproduction réservé

TABLE DES MATIERES

Introduction	
M.OTTE	5

I. SCIENCES MINERALES

Erosion et remplissage	
Fr.GULLENTOPS et Chr.DEBLAERE	9
Les dépôts pléistocènes de la terrasse	
P.HAESAERTS	33

II. SCIENCES DE LA VIE

Analyse pollinique des sédiments détritiques, des coprolithes et des concrétions stalagmitiques	
B.BASTIN	59
Bio-et chronostratigraphie des dépôts quaternaires à partir des micromammifères	
J.-M.CORDY	79
Les associations de grands mammifères	
P.SIMONET	127
Synthèse des études paléontologiques	
J.-M.CORDY et B.BASTIN	153

III. DATATIONS

Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques	
M.GEWELT, H.P.SCHWARCZ et B.J.SZABO	159
Datation par ^{14}C du Moustérien final	
E.GILOT	173
Thermoluminescence dating of burned flint and stalagmitic calcite	
J.HUXTABLE and M.J.AITKEN	175

INTRODUCTION

Les fouilles à la grotte Scladina ont débuté en 1977. Elles furent d'abord réalisées par l'Université de Liège (Préhistoire) en collaboration avec le Cercle Archéologique de Sclayn (CAS). A présent, elles se poursuivent sous l'égide de l'ASBL "Archéologie Andennaise", constituée entre-temps. Cette association rassemble, outre les deux citées, le Musée, le Cercle Archéologique et la Ville d'Andenne.

Nous disposons ainsi d'une équipe permanente occupée non seulement à la grotte, mais aussi aux autres chantiers entrepris par l'association.

Nous nous plaignons à remercier chaleureusement l'Administration de la Ville d'Andenne qui nous a toujours apporté un important appui. En particulier, Messieurs Cl. Eerdeken, bourgmestre, J. Maes, alors échevin de la culture, et Monsieur P. Tonneau, actuel échevin. C'est grâce à leur intérêt et à leur appui que cette entreprise a pris naissance et se poursuit régulièrement.

Nous disposons également d'un cadre de personnel accordé grâce à l'intervention du Ministère de l'Emploi et du Travail (cadre "Prime").

Les subsides nécessaires à cette recherche furent d'abord accordés par l'Université de Liège (Centre de Recherches Archéologiques) puis par le FNRS ("Crédits aux chercheurs"). Par la suite, l'Administration du Patrimoine Culturel nous a apporté un appui constant et substantiel. Cette Administration, d'abord rattachée au Ministère de la Communauté Française, est aujourd'hui d'obédience régionale et dépend de l'Aménagement du Territoire. C'est particulièrement grâce à ses responsables que nous pouvons aujourd'hui poursuivre ces travaux : Madame Danielle Sarlet et Monsieur André Matthys.

Les cabinets ministériels gérant ces Administrations ont, eux aussi, manifesté leur ferme soutien. Il s'agit d'abord de Monsieur le Ministre Albert Liénard puis, aujourd'hui, de Monsieur le Ministre Robert Collignon. Que chacun veuille recevoir notre sincère et chaleureux remerciement.

La fouille de Sclayn est toujours en cours. Elle s'étendra probablement sur de nombreuses années encore. Il nous a cependant paru utile d'éditer des travaux importants sur les premiers résultats acquis.

Cette première série de deux monographies concerne donc les travaux entrepris sur la terrasse et dans la première salle de la grotte supérieure. Fouilles et analyses se poursuivant, nous envisageons d'autres séries à paraître ultérieurement.

Le premier volume rassemble l'essentiel des recherches consacrées aux sciences dites "auxiliaires" de l'archéologie : celles traitant de l'environnement et de la chronologie.

Un second volume, en préparation, fournira les données à caractère purement archéologique et comportemental.

La grotte supérieure présente plusieurs phases d'occupation préhistorique : néolithique, paléolithique final et moustérienne.

C'est pourtant l'occupation de la couche 5 (paléolithique moyen) qui en constitue aujourd'hui l'intérêt principal.

Cette couche, bien scellée par des dépôts meubles et des croûtes calcitiques, restitue un sol d'occupation appartenant au dernier complexe interglaciaire, il y a environ 120 mille ans.

La qualité de sa préservation permet des observations précises sur le mode de vie à cette période ancienne de la Préhistoire : chasse, techniques, approvisionnement.

Ceci constituera la matière du prochain volume, donnant écho à celui-ci qui fournit le cadre de ces activités.

Je vous en souhaite bonne lecture et vous remercie de votre intérêt.

Marcel OTTE,
Professeur de Préhistoire.
Directeur du projet.

I. SCIENCES MINERALES

EROSION ET REMPLISSAGE DE LA GROTTÉ SCLADINA

Fr. GULLENTOPS et Chr. DEBLAERE

I. SITUATION

A. L'environnement : localisation géologique et géomorphologique

La grotte s'ouvre dans la paroi nord d'un vallon drainé par un ruisseau temporaire, le "Ri de Pontainne", qui se jette dans la Meuse (Fig. 1 et 2). Le vallon a un bassin de drainage de 6 km², un thalweg de 3,5 km de longueur et en aval une pente de 4%. L'interfluve étroit qui existe entre le vallon et la Meuse comporte un ensemble de grottes creusées dans le calcaire Viséen.

Cet interfluve, qui possède une pente escarpée vers le Ri de Pontainne, présente plusieurs ressauts vers la Meuse. Leur situation géographique (Fig. 3) et l'observation de cailloux arrondis de quartzite et de quartz indiquent qu'il s'agit de trois terrasses mosanes : la première à 12 m au-dessus de la voûte de la grotte, les deux autres à 7 m et 20 m au-dessous de ce point, respectivement à 150, 130 et 115 m d'altitude.

On peut essayer de raccorder ces trois terrasses aux niveaux que A.-M. Clairbois (1958) a reconnus à Sclayn, classés suivant la nomenclature de P. Macar (1938). La terrasse de 115 m, reconnue par P. Macar comme terrasse principale, est en rapport avec son niveau 4. Cette terrasse est estimée d'âge Mindel dans une synthèse de A. Pissart (1974). Les terrasses de 130 m et de 150 m, probablement les niveaux 5 et 5' de Macar, sont évidemment plus anciennes.

B. La grotte : morphographie

1. Cartographie détaillée

Une cartographie détaillée de la grotte a été établie à partir du point de référence "O" choisi sur la voûte près de l'entrée. Les coordonnées de Lambert de ce point de référence local sont X = 196,57 km et Y = 130,60 km. L'altitude mesurée par rapport au niveau zéro d'Ostende est de 137,7 m. La figure 4 montre le plan (a) et deux coupes (b et c) sous forme généralisée.

2. Morphographie

Le plan montre bien à quel point les limites actuelles de la grotte forment un réseau accessible par deux galeries (I et II) qui ont pour largeur respective 5 et 2 mètres. Ces limites ne consistent pas toujours en des parois rocheuses : il s'agit souvent d'un rideau de stalactites ou de sédiments formés jusqu'à la voûte. Le réseau actuel comprend donc des passages provenant de tassements ou de sédimentations incomplètes.

En reliant entre elles les différentes parois rocheuses, on peut obtenir l'étendue probable minimale de la grotte telle qu'elle se présentait avant le remplissage : cette grotte devait alors avoir l'aspect d'une plus grande cavité (longueur minimale d'environ 30 m et largeur de 15 m) à laquelle menaient deux galeries.

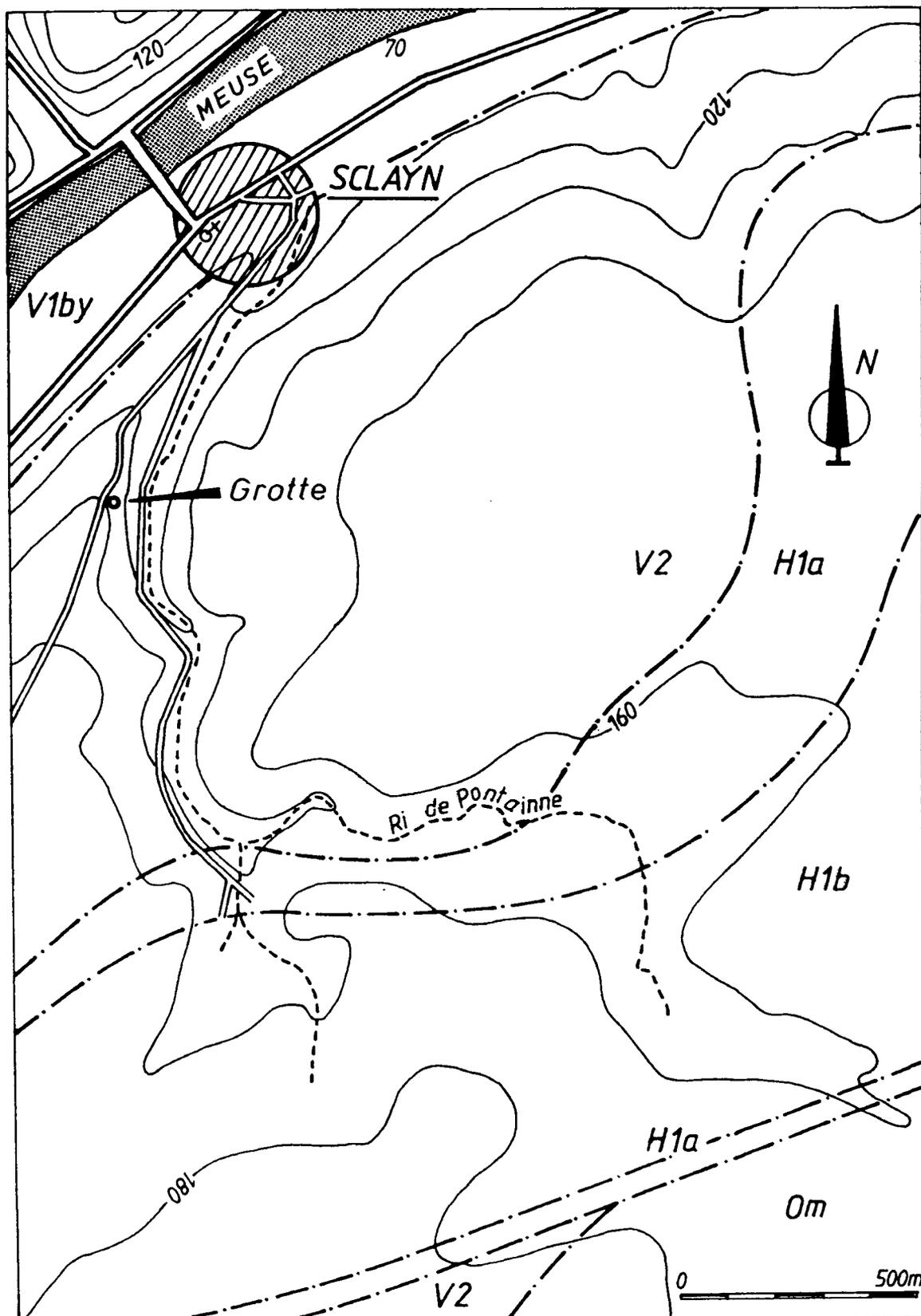


Figure 1 : Situation de la grotte dans l'éperon de confluence du Ri de Pontainne avec la Meuse. Le Viséen (V1, V2) est essentiellement composé de calcaires massifs, le Houiller est schisto-gréseux.

Les fouilles dans la galerie I ont atteint la base en deux endroits (Fig. 4b), montrant ainsi une hauteur de 6 mètres. Cette galerie a pu se développer plus facilement car le plafond correspond à une voûte anticlinale. La galerie II, plus petite, s'est formée dans les mêmes couches mais se situe plus bas dans le flanc de l'anticlinal (Fig. 5). On remarque qu'il y a des conduits latéraux qui dispersent l'écoulement à ce niveau.

Deux autres sorties de galeries (III et IV) ont été découvertes sous le niveau des galeries I et II (Fig. 4c). Ce second niveau est relié au premier par plusieurs puits verticaux.

II. DESCRIPTION DES COUPES

A. Situation générale

Jusqu'à ce jour, la fouille s'est concentrée sur le plus grand boyau du réseau, la galerie I (Fig. 4a). Les observations sont synthétisées sur deux coupes, orientées longitudinalement (Fig. 6a) et transversalement (Fig. 6b) dans ce couloir.

Un premier aperçu de la coupe transversale illustre directement à quel point les couches sont horizontales alors que la coupe longitudinale permet de les séparer en trois groupes. Un premier groupe est constitué de couches comme DG4 (5), DG7 (3) et DG9 (2A). Ces couches ne peuvent être observées que dans la grotte en s'interrompant brutalement à l'entrée, ce qui montre qu'elles ont été générées par des phénomènes actifs à l'intérieur. Devant la grotte se trouvent des couches comme DG4* (5*) et DG7* (3*) qui ont ainsi trouvé leur origine à l'extérieur. Des couches comme DG3 (6), DG5 (4) et DG 10 (13) forment le troisième groupe. Ce sont des couches qui commencent par une éminence en dehors pour entrer dans la grotte avec une pente rapide et diminuer lentement en épaisseur vers le fond. Cette éminence est formée d'éboulis provenant du flanc de la vallée; ces sédiments ont ensuite progressivement pénétré dans la galerie. Une fois dans la grotte, ils se sont probablement enrichis en matériaux issus de phénomènes de dissolution.

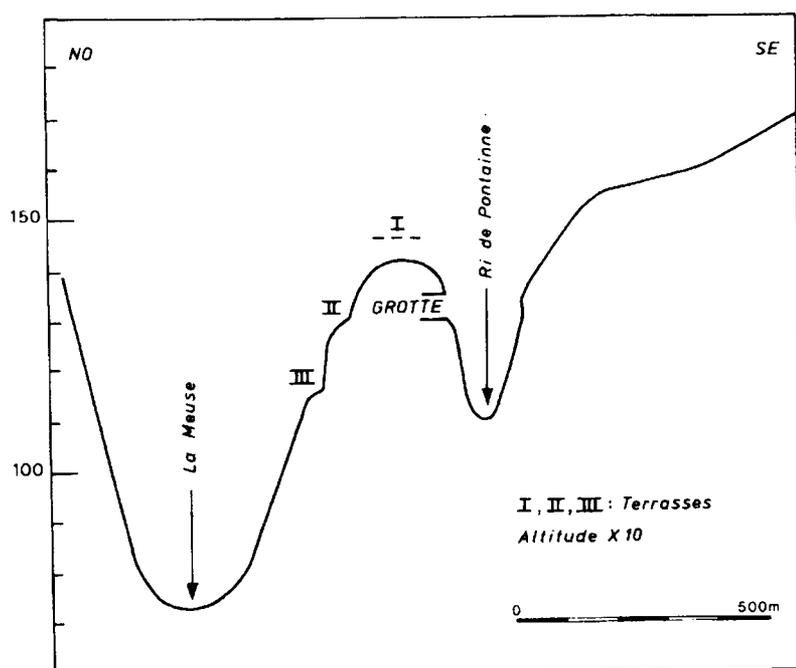


Figure 2 :
Coupe topographique
à travers
l'éperon de confluence
montrant
le déversement
souterrain aisé
du Ri de Pontainne
vers la Meuse.

B. Les coupes intérieures

Le plancher de la grotte a été atteint en H-J, 15-16. Le rocher calcaire y présente une surface régulière assez plane avec une fissure élargie vers le fond due à l'érosion par circulation d'eau. Cette surface est maintenant très légèrement rugueuse avec veinettes de calcite en relief minime montrant une légère détérioration ultérieure de la paroi par dissolution.

L'étude du remplissage ultérieur a permis de discerner les événements suivants :

DG1 - 7B. Le plancher est recouvert par une première couche qui remplit les irrégularités du fond rocheux, son épaisseur variant de 0 à 40 cm. La couche contient de 40 à 60% de fragments, en majorité des cailloux de quartzite et quartz arrondis provenant du remaniement d'une terrasse mosane, avec incorporation de débris de calcaire émoussés. Ce cailloutis flotte dans une matrice de limon argileux jaune brun à nombreuses taches noires. Cette couche a été mise en place par "creep" remaniant des sédiments de transport aqueux.

DG2 - 7A. La surface nivelée de cette couche inférieure est recouverte par un dépôt de cailloutis calcaires, dont la surface supérieure est ondulante et l'épaisseur de ce fait variable entre 20 et 50 cm. A la base se rencontrent de gros blocs (70 cm de longueur maximum) provenant des bancs de calcaire du plafond. Les autres débris ont en moyenne 3 à 6 cm, forment 60 à 70% de la masse et sont situés à plat. La pâte est grumeleuse et de couleur gris brun. L'ensemble est dû à une première activité cryoclastique des parois. Latéralement, la paroi présente encore les mêmes caractères d'érosion aqueuse suivie d'une légère dissolution.

DG3 - 6. La couche suivante est nettement limoneuse et jaune. A la base, ce limon remplit les anfractuosités de la couche précédente tandis que la surface supérieure est assez plane, l'épaisseur variant de 30 à 70 cm. Dans le limon flottent moins de 20 % de débris calcaires, en majorité de 4 à 8 cm de long et assez altérés, encore mélangés à quelques petits cailloux de terrasse. La paroi latérale de la grotte montre les premières anfractuosités dues au départ de débris anguleux.

Cette couche a été atteinte en plusieurs endroits de la fouille, ce qui permet de voir son amincissement vers l'intérieur, dû à une pente nette de la surface supérieure, diminuant de 8 à 2%. Cette allure prouve un apport extérieur de matériaux d'origine primaire éolienne, mélangés à des débris locaux de parois. Quelques fragments de calcaire fortement altérés ainsi que les cailloux de terrasse proviennent manifestement de l'extérieur.

DG4 - 5. La couche suivante se compose de débris calcaires (60 à 70%) assez frais mélangés à une matrice grumeleuse, meuble et grisâtre; les fragments varient de 2 à 5 cm de longueur et sont généralement situés à plat. Son épaisseur est très uniforme, entre 15 et 20 cm, avec un léger amincissement vers l'intérieur. Vers l'extérieur (Fig. 6a, zones 6 - 7), elle passe à un dépôt de blocs grossiers (I) représentant un effondrement de l'auvent.

La couche DG4* - 5* qui présente les caractéristiques morphographiques d'une couche d'origine extérieure s'étend sur la terrasse jusqu'à la zone d'éboulis. Le contenu de cette couche est tout à fait différent : elle est surtout constituée de limon, de blocs de calcaire épars, ainsi que d'un peu de gravier de terrasse. Contrairement à ce mélange hétérogène, nous observons à l'intérieur la couche DG4 - 5, formée de matériaux cryoclastiques dûs à l'accroissement de l'activité des parois. Cette couche contient l'habitat préhistorique.

DG5 - 4. Une nouvelle couche jaune limoneuse est partout présente et passe de 60 cm d'épaisseur à l'entrée à 25 cm au fond. A la base (DG5A - 4B), elle consiste en limon pur jaunâtre tacheté de noir. Des zones finement litées déposées par ruissellement y apparaissent en lentilles. Le fin striage est dû à de minces couches d'un précipité blanc de calcite alternant avec des horizons de limons bruns foncés. Ce précipité doit être rapproché du mondmilch, trouble blanchâtre produit par la sursaturation de flaques d'eau

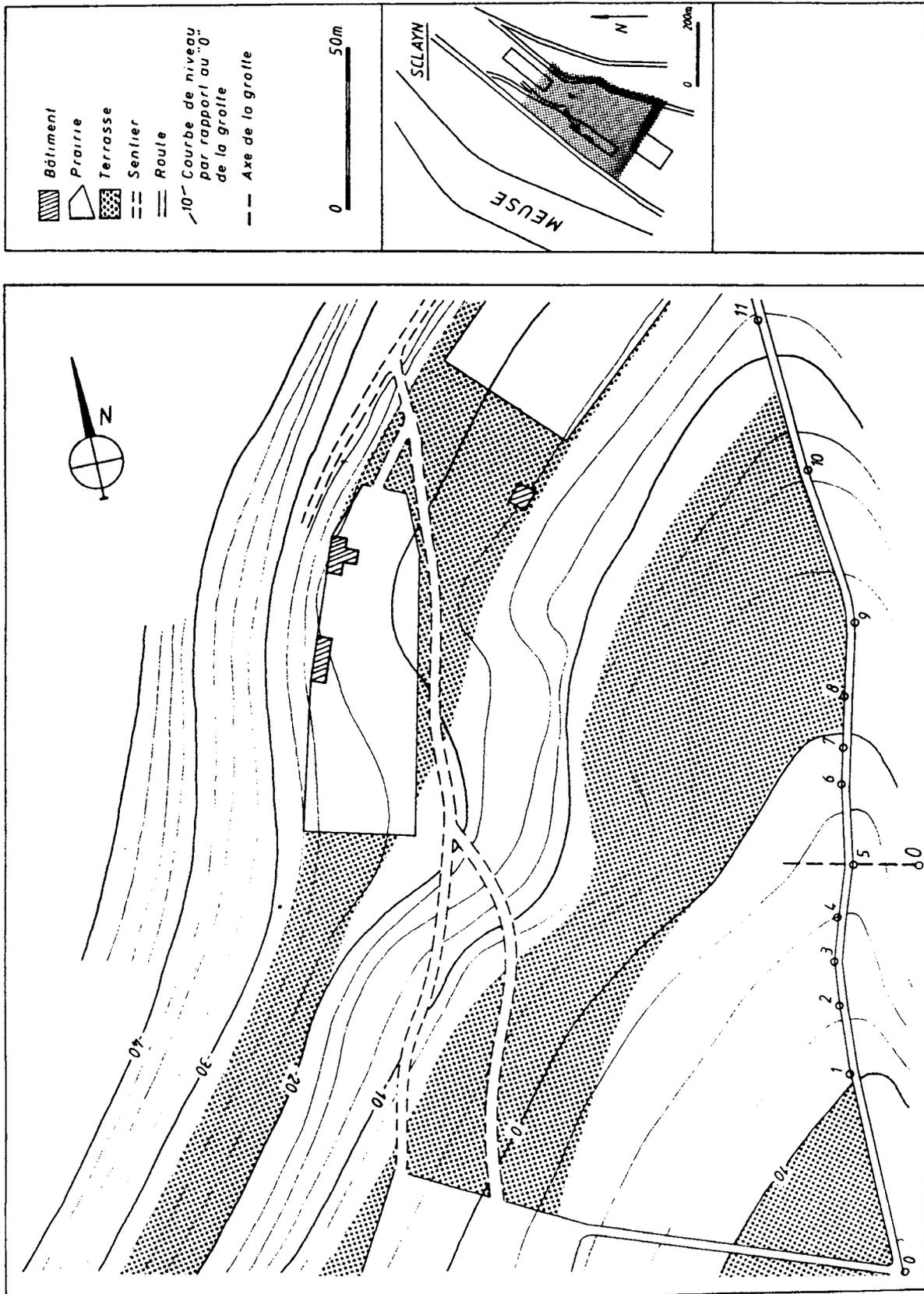


Figure 3 : Détail du versant mosan de l'éperon montrant les terrasses de la Meuse sous forme de replats couverts de graviers mosans.

dans les grottes. Dans les 20 cm supérieurs (DG5B - 4A), les débris calcaireux augmentent jusqu'à 30% et ont en moyenne de 6 à 8 cm de longueur avec quelques blocs plus grands. La morphographie illustre ici, comme pour la couche DG3 - 6, l'influence de l'apport extérieur. L'homogénéité et la finesse des sédiments démontrent l'existence d'un phénomène de transport continu de faible capacité. A la fin de cette période, les circonstances climatiques évoluent puisque les parois de la grotte recommencent à fournir des fragments de calcaire.

DG6 - 50. Vers l'entrée, la couche DG5 - 4 est nettement altérée, avec une structure grumeleuse du limon et une couleur brun-ocre qui provient manifestement d'une oxydation. Cette altération est due à une période de stabilité importante, accompagnée d'une activité chimique énergique au sommet de la couche. Nous l'indiquons par DG6A - 50A.

Le long de la traverse 17 se développe un plancher stalagmitique (DG6B - 50B) montrant une structure supérieure mamelonnée avec plusieurs petites colonnes stalagmitiques. Son épaisseur maximale est de 15 cm. Vers l'arrière, le plancher se heurte à une couche (DG6C - 50C) riche en limon jaune à taches calcitiques, parfois encroûtée et pratiquement dépourvue de cailloutis.

La présence de l'importante stalagmite exige un milieu de grotte plus confiné et semble donc indiquer que les dépôts de la couche DG5 avaient presque obturé la galerie.

Il est évident que c'est la même variation climatique qui a entraîné, à l'extérieur, l'altération des sédiments de la couche DG5 - 4 et à l'intérieur, la formation du plancher et du précipité stalagmitiques.

DG7 - 3. La cryoclastie se reproduit vivement dans la couche suivante. C'est une couche continue de fins débris de calcaire, en moyenne 2 - 3 cm, absente à l'extérieur et qui s'épaissit de 40 à 50 cm vers l'intérieur. Les fragments s'entassent au maximum pêle-mêle tels que l'effondrement du plafond les a placés. A la base se situent quelques gros blocs épais dont l'amoncellement est plus important à l'entrée, montrant l'effondrement II (Fig. 6a : zones 8 - 9). Latéralement, la paroi de la grotte fuit de plus en plus et devient très anguleuse.

DG8 - 2B, 2B1. Le sommet de la couche DG7 - 3 est transformé en un micro-sol très apparent (Photo 1). Au sommet, un horizon gris foncé (DG8B - 2B) peut atteindre 10 cm et est dû à un enrichissement important en matières humiques. En dessous se développe un horizon ocre clair (DG8A - 2B1) en relation avec la reprécipitation du fer mobilisé par le sol. Cet horizon reste parfaitement constant jusqu'à la fin actuelle de la fouille à la traverse 23 et pose le problème de l'origine des matières organiques et donc de la végétation responsable de son développement. Il représente de toute façon un arrêt de la cryoclastie et une stabilité assez longue de la grotte. La pédogenèse a opéré sur un fond très ondulant tel qu'il avait été produit par la phase cryoclastique DG7 - 3.

DG9 - 2A. Cette couche est une répétition de DG7 - 3 comprenant un amoncellement pêle-mêle de débris cryoclastiques assez fins entassés au maximum. Elle témoigne d'une activité maximale et prépondérante affectant les parois. Son sommet est localement enrichi de limon jaune.

DG10 - 1B. Cet horizon est caractérisé à l'intérieur de la grotte par une disposition horizontale des plaquettes de calcaire, la présence de nombreux cailloux roulés remaniés, une matrice importante (à 70%) et une teinte plus ocreuse. La base est nettement rougeâtre et très rectiligne, montrant une égalisation du sommet antérieur par le mouvement du nouveau dépôt. Cette couche témoigne d'une diminution de l'activité cryoclastique et par contre d'une augmentation de l'influence aqueuse sous forme de creep. Elle se raccorde vers l'extérieur à un effondrement important de l'auvent (III) (Fig. 6a : zones 11 - 12).

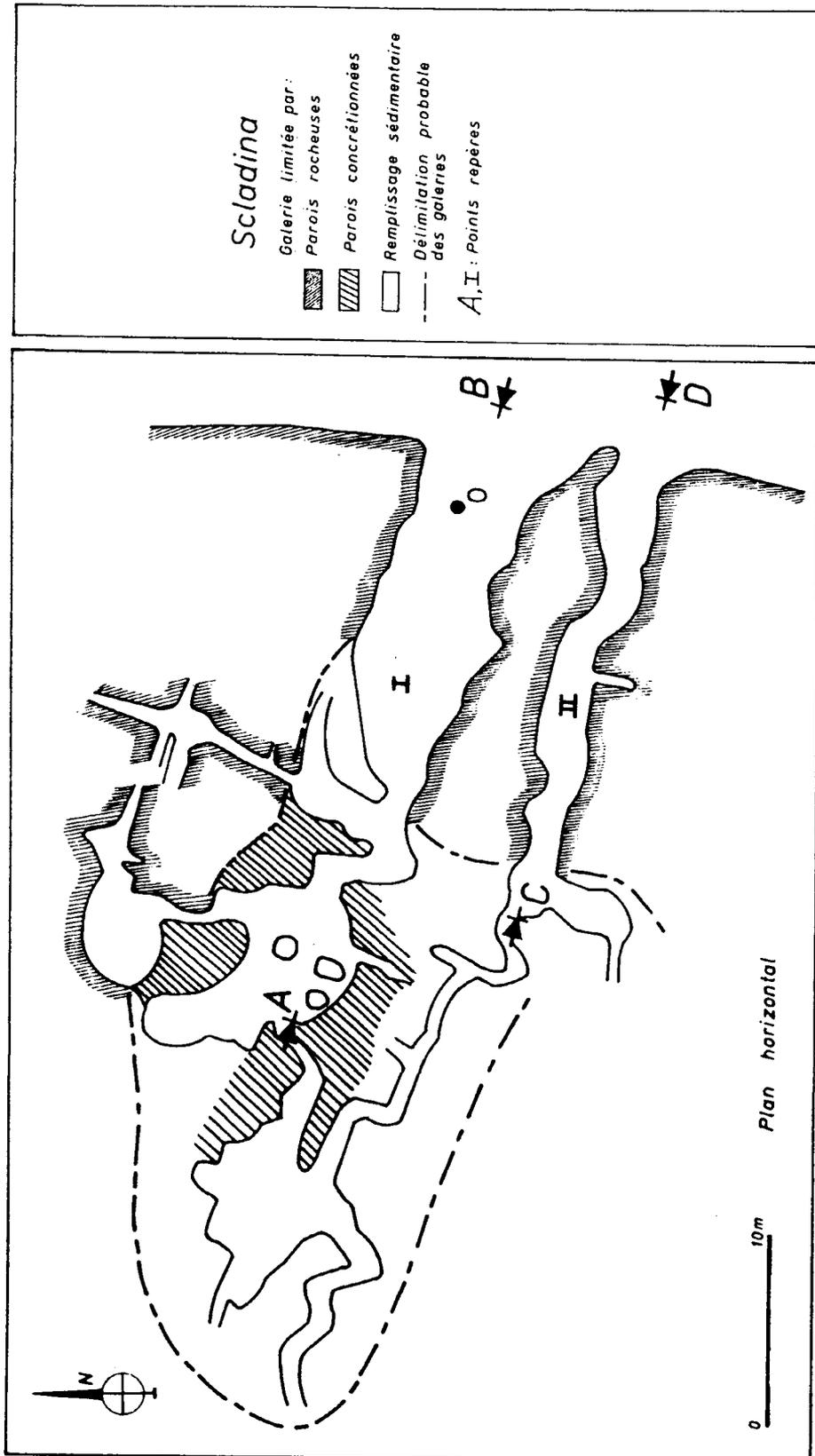


Figure 4a : Plan horizontal des galeries de la grotte Scladina.

La présence de beaucoup de terriers récents est intéressante : les animaux ont préféré cette couche limoneuse, facile à pénétrer, pas trop profonde et stable entre deux horizons cryoclastiques.

DG11 - 1A. Cette couche très continue est de nouveau constituée de fins fragments cryoclastiques (1 à 3 cm) et débute généralement par de gros blocs épars effondrés. Elle a la même origine que les couches DG7 - 3 et DG9 - 2A. Souvent elle comporte des artefacts préhistoriques.

Les couches suivantes sont préservées uniquement dans le fond de la grotte parce qu'à l'entrée elles ont été déblayées par les fouilleurs d'antan.

DG12 - 40. Elle consiste en une mince couche jaunâtre de 10 cm, plus limoneuse par endroits, comprenant par ailleurs deux minces lentilles de calcite grumeleuse superposées. Elle témoigne d'une activité chimique plus importante pendant une période calme du point de vue cryoclastique.

DG13 - 39. Commenant par quelques débris plus grossiers, cette couche gris-brun constituée de fragments cryoclastiques fins et pêle-mêle répète les conditions des couches DG7, DG9 et DG11. La présence régulière de gros blocs à la base d'une couche cryoclastique peut être interprétée comme un effondrement dû au changement climatique préparé durant toute la période plus stable qui a précédé.

DG14 - 38 et DG 15 - 37. Dans les dernières couches cryoclastiques, de couleur brun foncé, se manifestent déjà les perturbations dues à des terriers récents.

DG16 - 36. Enfin, les derniers limons sont atteints. On note tout un ensemble de lits limoneux, parfois très perturbés par les terriers et séparés par des planchers stalagmitiques. Les différentes directions d'inclinaison des croûtes témoignent d'un apport par différents points d'infiltration depuis la surface; l'entrée principale de la grotte était fermée, ce qui favorisait encore l'activité calcitique.

Finalement, des piliers et stalactites ont soudé le dernier plancher stalagmitique à l'encroûtement du plafond. Toutefois, l'épais remplissage a continué de se tasser et il s'est ainsi décollé du plancher stalagmitique qui resta soudé au plafond. Le vide variable ainsi produit a permis la pénétration d'animaux et finalement de l'homme contemporain.

III. ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES

A. Le prélèvement

Tous les 5 cm, des échantillons (2 kg) furent prélevés de trois coupes différentes choisies en fonction de leurs épaisseur, genèse et conservation. Sur le terrain, les plus grands blocs (diamètre supérieur à 5 cm) ont été éliminés. Un tamisage sur 2 mm a divisé l'échantillon en deux : une fraction fine (matrice) et une fraction grossière. La fraction fine a été analysée tous les 5 cm et les débris grossiers ont été réunis par horizon. Les analyses ont été effectuées complètement pour les couches DG1 à DG13.

B. La décomposition en deux fractions

La figure 7a montre la grande variabilité de la relation entre la matrice et la fraction grossière qui varie de 74 à 4%. Les analyses permettent de considérer quatre groupes : six horizons contiennent entre 74 et 68% d'éléments grossiers, c'est-à-dire que les fragements se touchent et même que certains pores doivent rester ouverts (Fig. 7a : I); 5 horizons en contiennent entre 58 et 50%, ce qui signifie que les pores sont complètement remplis de matrice fine avec un entassement lâche des éléments grossiers (Fig. 7a : II); 3 horizons ne

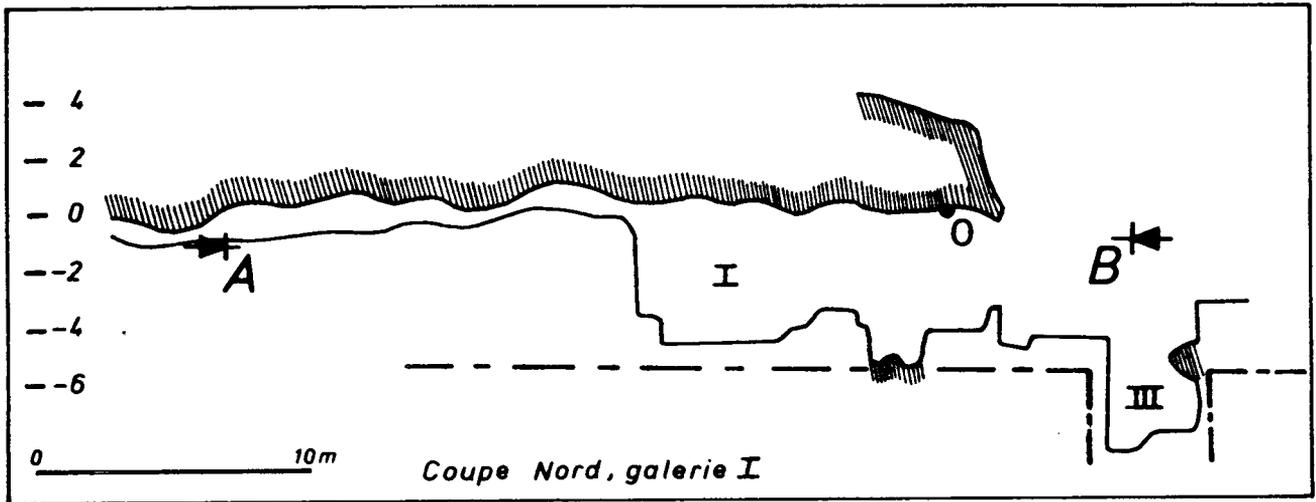


Figure 4b : Coupe longitudinale de la galerie I de la grotte Scladina.

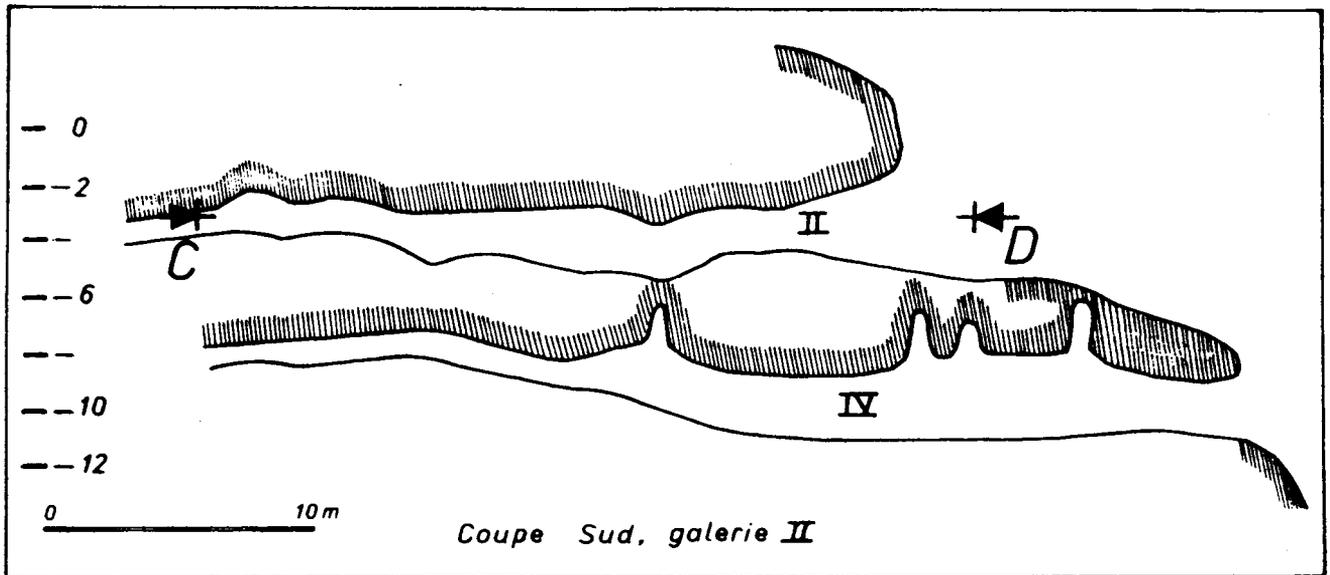


Figure 4c : Coupe longitudinale de la galerie II de la grotte Scladina.

contiennent qu'entre 37 et 30% d'éléments grossiers qui sont donc soutenus par la matrice (Fig. 7a : III); 4 horizons contiennent moins de 21% d'éléments grossiers qui "nagent" donc dans la fraction fine (Fig. 7a : IV).

Diverses catégories de dépôts semblent donc se distinguer, correspondant à certaines combinaisons de processus.

C. La fraction grossière

1. La granulométrie

Par horizon, la fraction grossière est d'abord tamisée par une série logarithmique de tamis à mailles circulaires. La figure 8 donne les résultats en pourcentages pondéraux. On remarque d'abord une dualité très nette du dépôt. La moitié inférieure est remarquablement grossière, 75 à 80% étant supérieurs à 22,5 mm avec même une tendance nette à un grossissement vers le haut atteignant un maximum dans l'horizon 5B. Cette évolution est interrompue par l'horizon DG5A aberrant qui ne contient que des éléments très petits, d'ailleurs en quantité minime. La moitié supérieure est nettement moins riche en débris grossiers tandis qu'elle contient davantage d'éléments de fraction moyenne jusqu'à 8 mm.

On peut en déduire l'existence de trois composantes génétiques de graviers. Les grands et moyens se chevauchent vers 32 mm; les moyens et petits vers 8 mm. La croissance du gravier moyen se fait au détriment tant de la fraction grossière que de la fine et ses maxima correspondent aux maxima absolus de la figure 7a. Les couches DG2, DG4, DG7, DG9 et DG13 par exemple, qui appartiennent aux groupes I et II, sont caractérisées par une fraction moyenne qui fait diminuer les pourcentages relatifs des fractions fines et grossières. Le gravier fin par contre est prépondérant dans les horizons les moins graveleux : les couches DG3-6, DG5-4 et DG10-1B appartiennent aux groupes III et IV de la figure 7a.

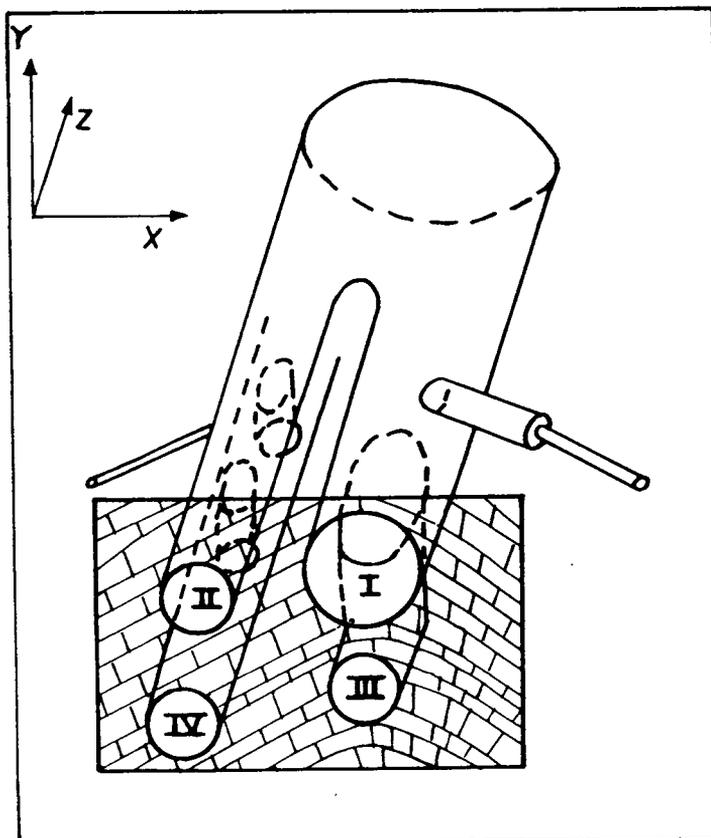


Figure 5 : Stéréogramme
des quatre galeries
et des boyaux latéraux.

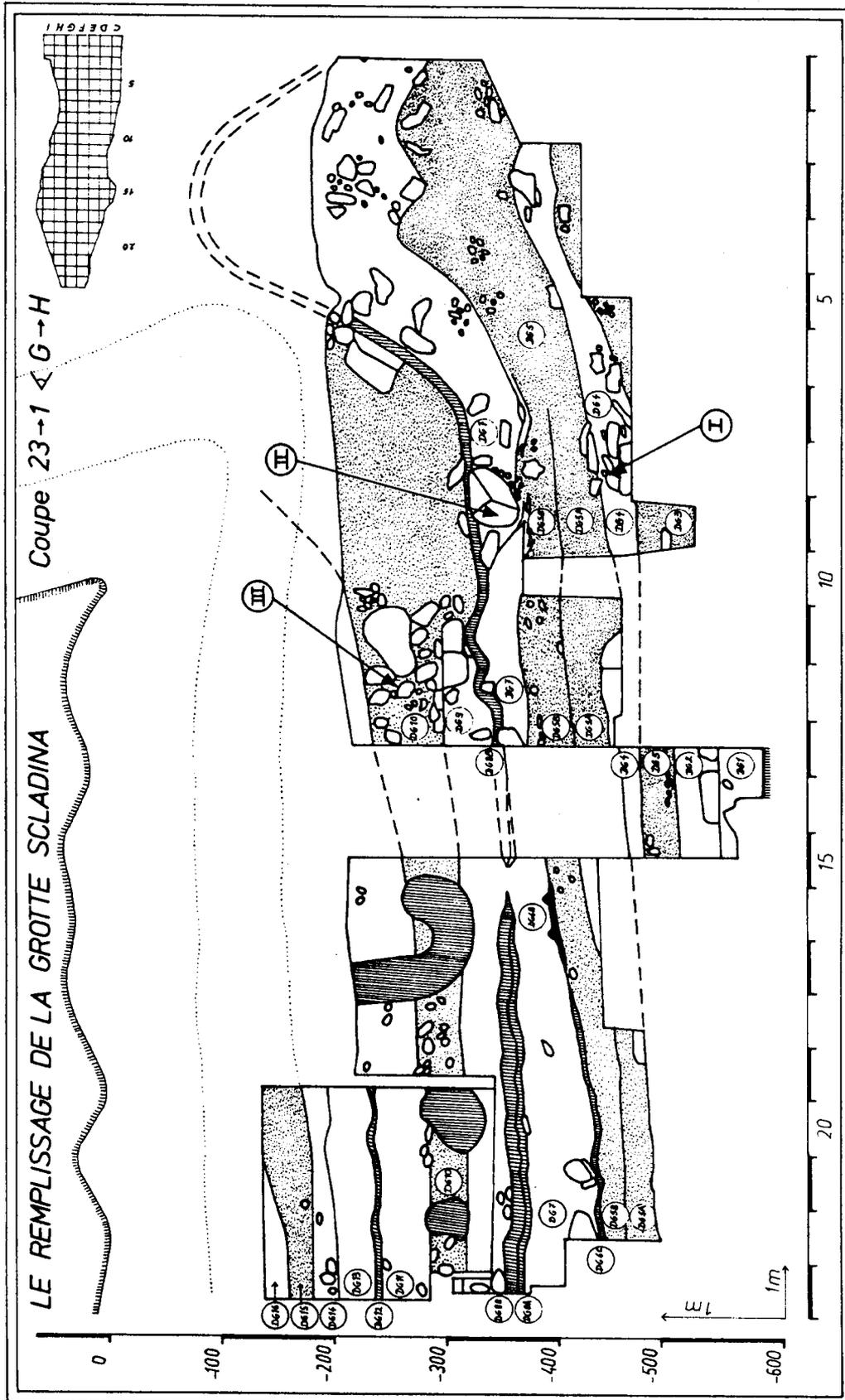


Figure 6a : Coupe longitudinale du remplissage de la galerie I.

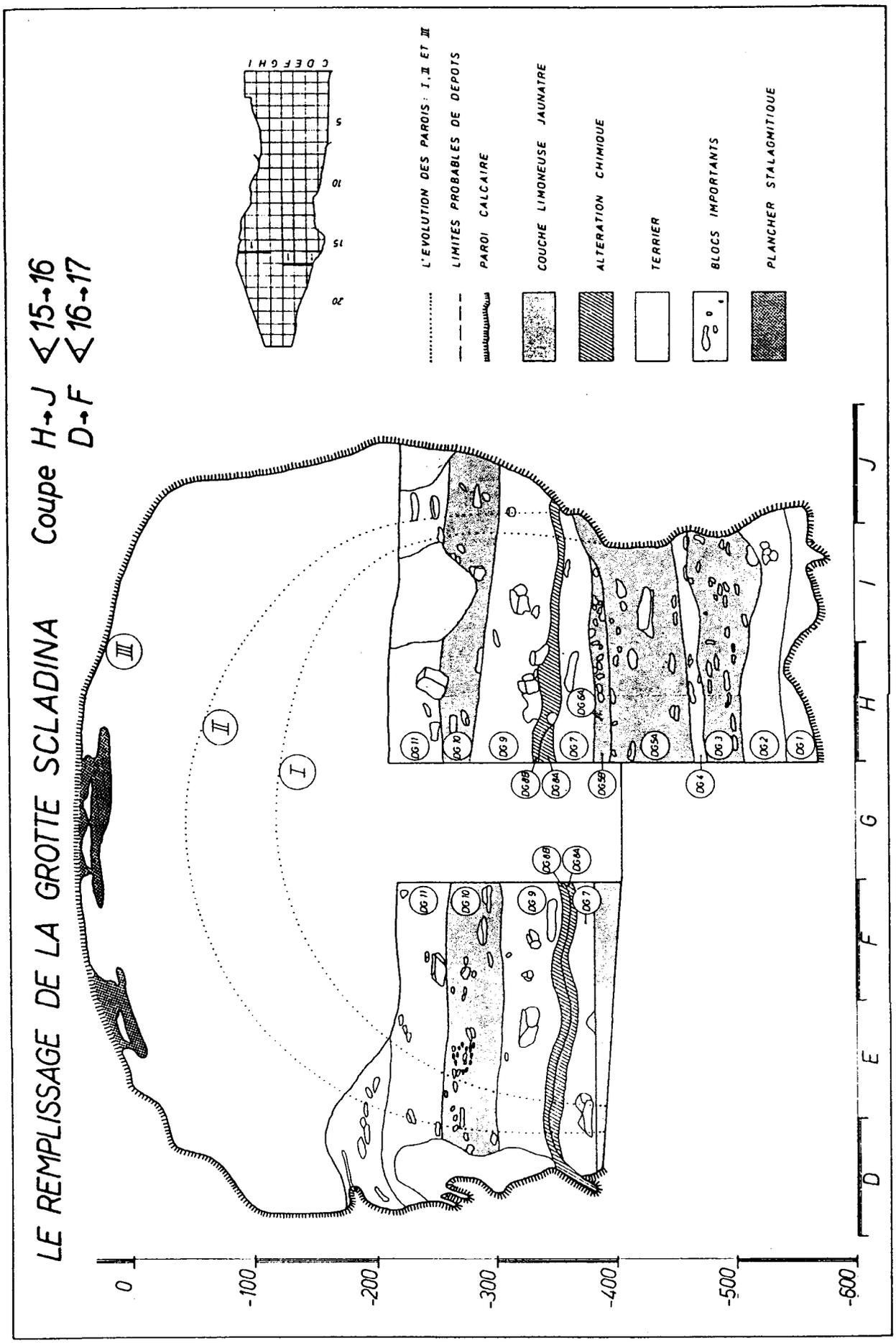


Figure 6b : Coupe transversale du remplissage de la galerie I.

2. La pétrographie

La constitution pétrographique fut étudiée dans deux fractions suffisamment riches, 16 à 11,2 mm et 5,6 à 4 mm, représentant le gravier moyen et le gravier fin (Fig. 7b).

D'un côté, 5 types de fragments de calcaire ont été distingués et d'autre part, 4 éléments spéciaux, notamment : (6) graviers de terrasse remaniés (quartz, quartzites et schistes roulés), (7) débris de calcite (souvent fibreuse), (8) concrétions loessiques et (9) concrétions de sesquioxydes.

Les fragments de calcaire dominent largement. Il s'agit de calcaires fins, purs, gris foncé provenant des parois et du plafond de la grotte. Leur pourcentage est une mesure de l'intensité de désagrégation des parois. Celle-ci peut être quelconque pour des débris peu nombreux, mais est certainement cryoclastique pour des concentrations élevées. C'est le cas des horizons appartenant aux groupes I et II. On peut donc considérer la relation fraction / matrice comme un indicateur de l'importance de l'activité cryoclastique. Dans les deux horizons inférieurs (DG1, 7B et DG2, 7A), toutefois, les graviers remaniés dominent. Au point de vue granulométrique, ils appartiennent aux groupes III et IV.

Parmi les 5 types de fragments de calcaire (Photo 2), le type 1, encore anguleux et gris foncé, est pratiquement non-altéré et forme les couches supérieures. Le type 2 a déjà développé une pellicule blanche poreuse et a perdu ses angles frais. Il est dominant dans les couches moyennes. Le type 1 est donc en contraste avec le type 2 qui représente les sédiments cryoclastiques qui se sont déjà déposés depuis plus longtemps. Nous estimons que l'altération de ce dernier type est liée à la circulation permanente de l'humidité dans la grotte. En fonction de la durée, les dépôts anciens ont été attaqués, les couches récentes pas encore. Le type 3 est fortement arrondi avec une épaisse pellicule blanche et poreuse. A part la base, ce type se concentre en deux maxima. Le type 4 arrondi possède une pellicule noirâtre épaisse et un intérieur complètement altéré, poudreux. Il se concentre au sommet de deux couches. La précipitation d'oxydes ferro-manganeux ne semble possible que par exsudation et témoignerait donc de conditions alternativement asséchantes dans la grotte. Enfin, on trouve le type 5 dans les couches DG3 et dans la moitié inférieure de DG10. Son effritement complet prouve une altération assez importante, ce qui demande une activité chimique forte après ou pendant le dépôt de ces horizons.

Parmi les débris spéciaux, les graviers remaniés de terrasse mosane sont très importants à la base, atteignant plus de 50% de la fraction grossière. Au-dessus, ils sont partout présents, surtout dans le gravier fin. Dans certains horizons, ils dépassent 25%. Ils témoignent d'un apport extérieur nécessitant un déplacement important. Dans le cas de la couche DG10 qui s'épaissit vers l'extérieur, on peut considérer cet apport par la pente et la terrasse de la grotte; mais pour d'autres couches, un apport par infiltration de l'intérieur de la grotte est probable. Les concrétions loessiques ne se rencontrent que dans la couche 5. A côté de rares concrétions de sesquioxydes, les graviers, surtout fins, contiennent une quantité variable de débris de calcite, souvent fibreuse. On peut exclure qu'une partie soit le résidu de dissolution différentielle du calcaire; nous estimons toutefois que la plus grande partie représente des effritements de concrétions de grotte. Leur maximum correspond d'ailleurs à l'horizon où un plancher stalagmitique a été observé.

D. La fraction fine

1. La granulométrie

Les analyses de la fraction fine, au-dessous de 2 mm - essentiellement la matrice des graviers - ont été effectuées tous les 5 cm. La colonne B (Fig. 9) en montre la composition totale : la fraction sableuse non décalcifiée, les fractions de silt et d'argile décalcifiées et leur contenu jumelé en carbonate.

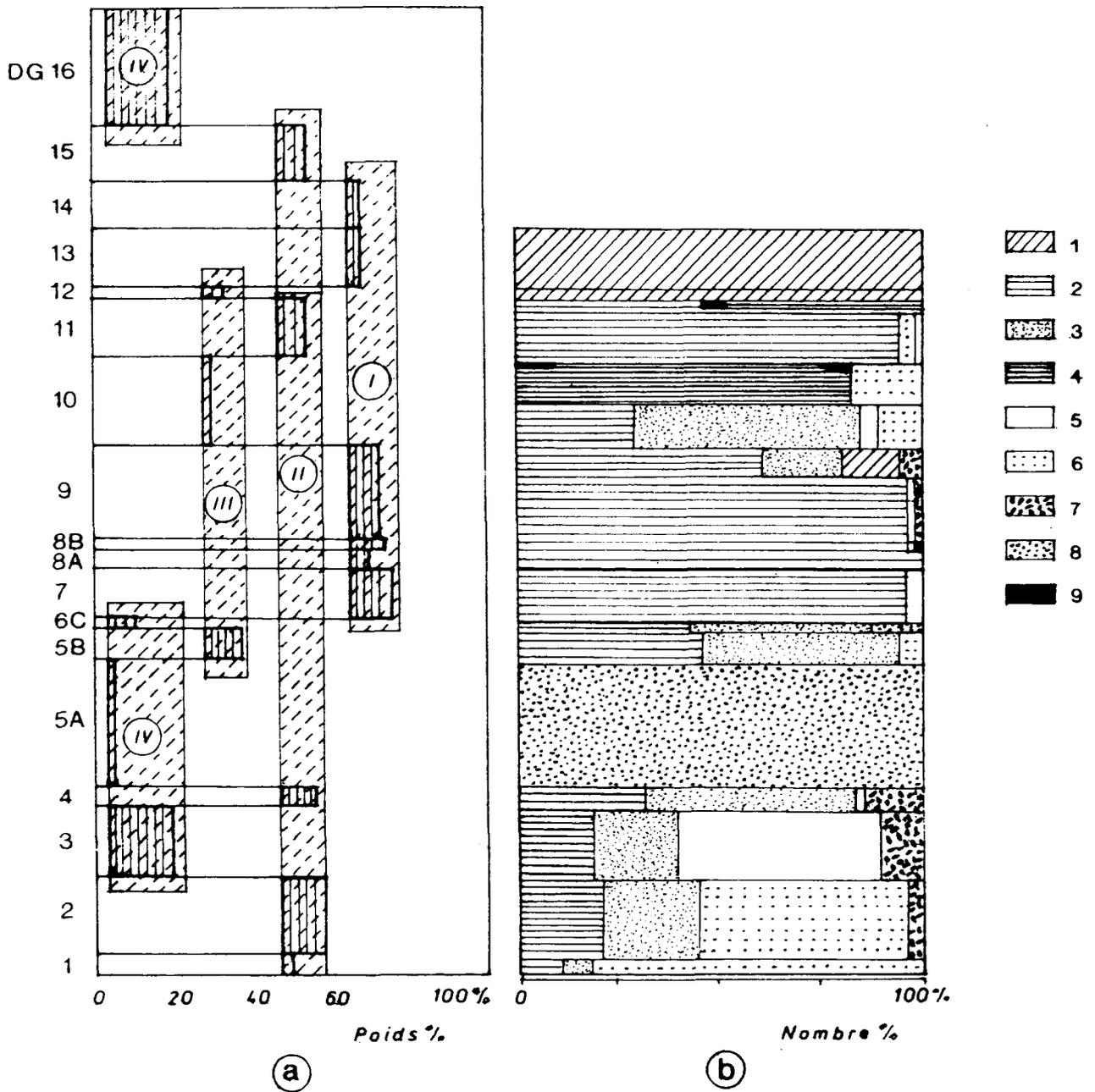


Figure 7 : La fraction grossière entre 50 et 2 mm.

a: pourcentage grossier en poids par horizon avec délimitation de quatre champs.

b: constitution pétrographique de la fraction grossière.

1 à 5: fragments de calcaire, 1: type 1; 2: type 2; 3: type 3; 4: type 4; 5: totalement pourri; 6: gravier fluviatile des terrasses mosanes; 7: débris de calcite; 8: agglomérats loessiques; 9: concrétions de sesquioxydes ferro-manganeux.

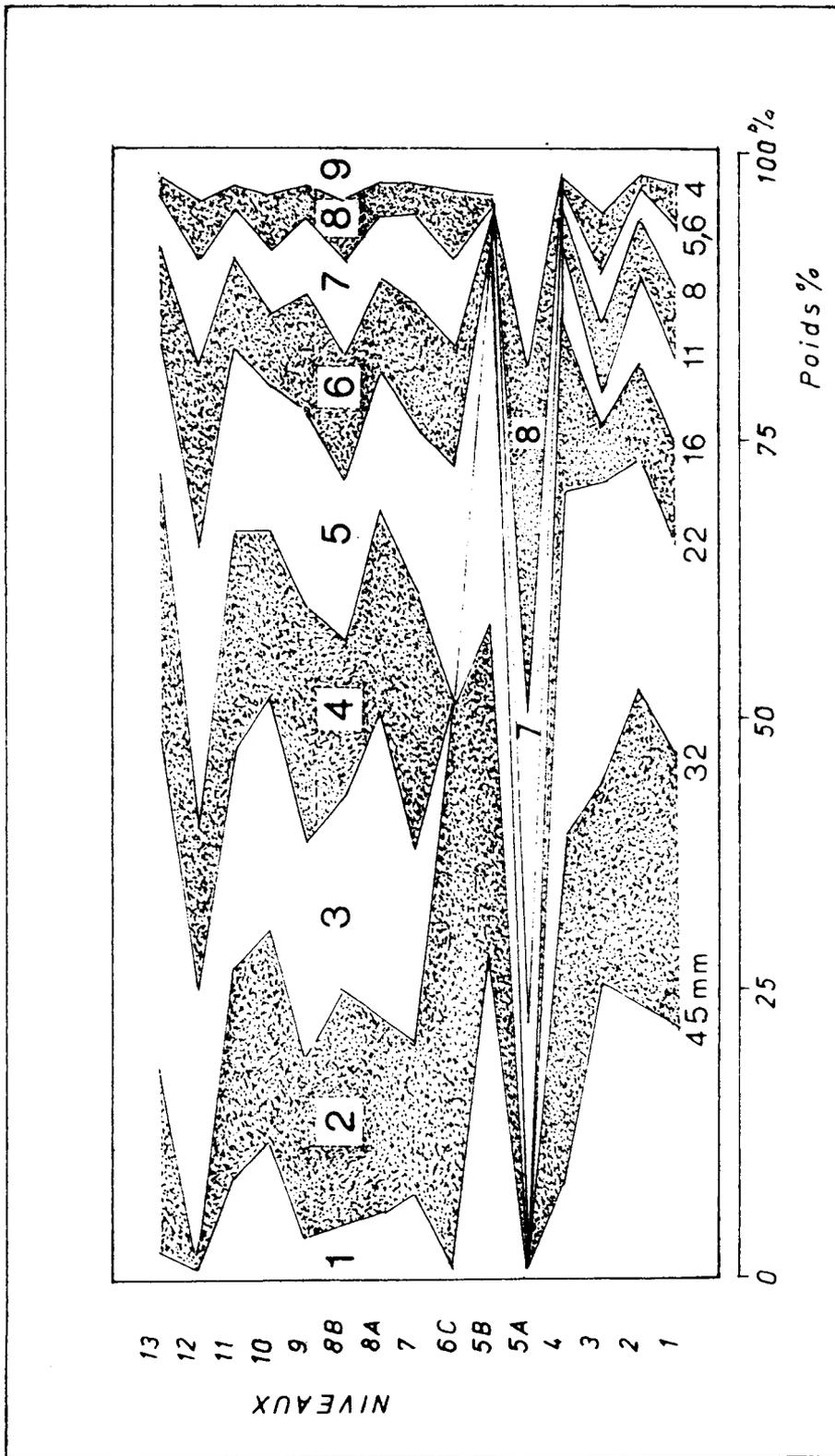


Figure 8 : La division pondérale de la fraction grossière en classes de 0,5 phi obtenues avec tamis à ouvertures circulaires.

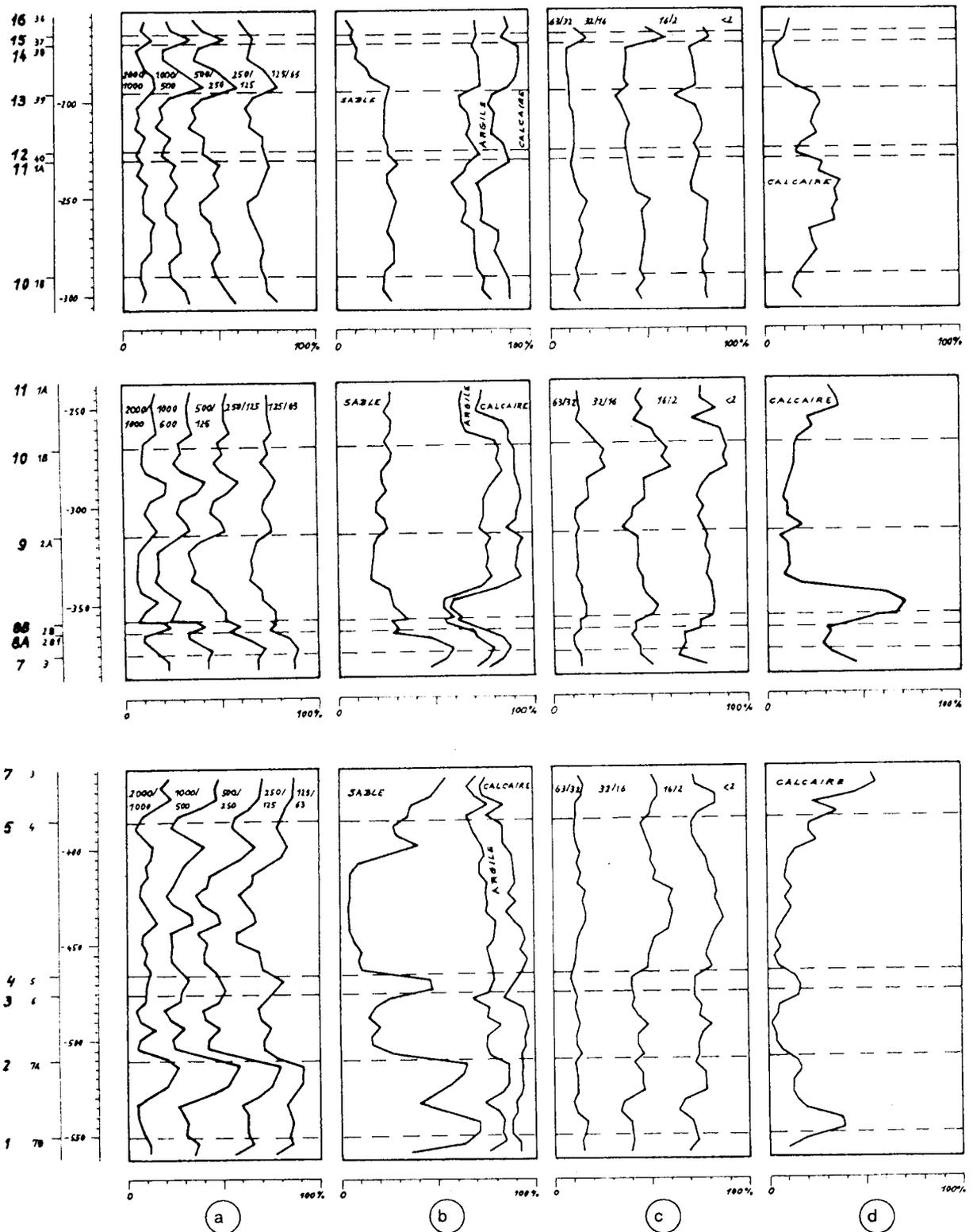


Figure 9 : La fraction fine, inférieure à 2 mm, de trois coupes du remplissage.

a: granulométrie cumulative du sable en fractions phi.

b: composition globale avec pourcentage des dissolubles (=calcaire), argile, silt et sable.

c: granulométrie du limon décalcifié.

d: pourcentage de calcaire du limon.

d: pourcentage de calcaire du limon.

En dessous de l'horizon 8, le sable dépasse souvent 50%, jusqu'à 72% à la base, tandis que dans les deux horizons silteux, il passe en dessous de 20%, avec un minimum de 6%. Par contre, la moitié supérieure est moyennement riche et remarquablement uniforme, mis à part le sommet qui est de nouveau nettement plus fin.

La colonne (Fig. 9a) détaille la constitution pondérale du sable. La médiane oscille largement autour de 250 μm . Ces oscillations sont liées au contenu absolu en sable : d'une part, à une fraction sableuse importante correspond un accroissement des fractions grossières supérieures à 250 μm . Pour les couches en dessous de l'horizon DG8, cette croissance accompagne celle des graviers moyens, ce qui était déjà mis en évidence par l'importance de l'activité cryoclastique déterminante. D'autre part, à une diminution de la fraction sableuse totale DG3-(6), DG5-(4) et DG16-(36) correspond une croissance relative des fractions inférieures à 250 μm . Ces couches forment le groupe IV dans la figure 7a.

Le contenu en carbonate de la fraction inférieure à 62 μm a été déterminé. Il est présenté à la figure 9b par rapport au sédiment total, à la figure 9d proportionnellement à la fraction inférieure à 62 μm . Il y a une nette covariance positive entre le rapport de ce contenu au total des fractions fines (Fig. 9d) et le rapport du pourcentage de sable à la composition totale (Fig. 9b). La production du calcaire fin est donc liée à celle du gravier moyen. Par contre, les couches supérieures DG8(2B) et DG7(3) sont différentes. Il est remarquable que ce soient des horizons qui ont connu une pédogenèse enracinée dans les dépôts de calcaire.

En rapport avec la composition totale (Fig. 9b), le silt domine dans les horizons DG3(6), DG5(4) et DG14(38)-15(37) - 16(36) avec environ 80%, alors que la matrice constitue jusqu'à 95% du sédiment entier. La figure 9c, qui donne le détail de la composition du silt, montre que le silt grossier est très constant, représentant entre 10 et 20% de la fraction fine détritique. La seule augmentation jusqu'à 30% est sans relation avec une autre fraction, ce qui prouve donc un réel apport de silt grossier pour cette couche DG10(1B). Le silt moyen oscille entre 30 et 50% : il augmente au détriment du silt fin lorsqu'il y a peu d'argile, par contre il diminue au profit du silt fin lorsqu'il y a beaucoup d'argile. Le premier cas est présent dans la couche de limon pur (DG5-(4)) qui est typique pour un loess de provenance éolienne avec un mode autour de 20 μm . L'autre cas, plus général, peut être expliqué par un mélange de limon éolien avec une argile silteuse fine due à l'altération par décalcification du calcaire. Celle-ci peut être produite sur le plateau et introduite par ruissellement ou provoquée sur place par altération dans la grotte. A ceci s'ajoute d'ailleurs la décalcification qui a été faite en laboratoire.

2. La minéralogie : minéraux lourds

Les minéraux lourds déterminés dans la fraction 62 - 32 μm (Fig. 10) démontrent que les horizons silteux 3 et 5 ont la constitution normale des loess supérieurs de Hesbaye avec en moyenne : épidote 30, hornblende 25 et grenat 10. Vers le haut et le bas, le pourcentage des ubiquistes augmente, ce qui dénote un fort mélange de silt non loessique.

Pour les horizons silteux les plus récents, les grenats et surtout les hornblendes diminuent considérablement par rapport à l'épidote et s'apparentent ainsi aux loess inférieurs de Hesbaye (Hennuyien). En grande partie, ils doivent provenir d'un remaniement d'anciens dépôts du plateau. Une entrée directe par l'ouverture principale était d'ailleurs exclue puisque la grotte était déjà obstruée par les sédiments.

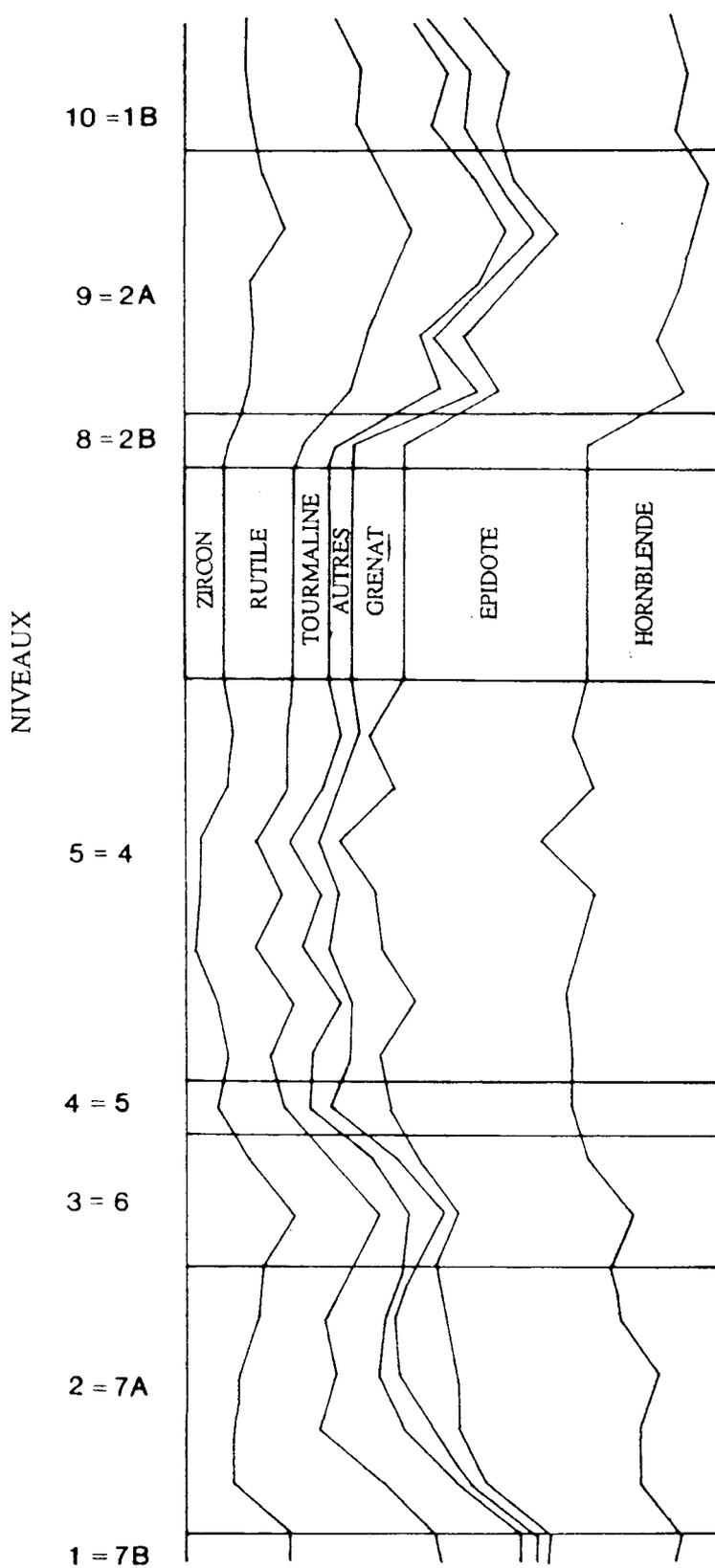


Figure 10 : Composition en minéraux lourds de la fraction 62-32 µm.

IV. CONCLUSIONS CLIMATIQUES (Fig. 11a et b)

Les cailloux roulés provenant d'une terrasse mosane et introduits par un écoulement aqueux ainsi que l'absence de débris cryoclastiques prouvent des conditions humides tempérées pour la couche basale (DG1).

Avec la couche DG2 débute l'activité du plafond, en première instance par de gros blocs, puis par les premiers débris cryoclastiques. Le mélange avec des cailloux roulés prouve que la cryoclastie, nécessitant un climat froid et assez humide, s'est chargée de la sédimentation tout de suite après l'écoulement de base.

Les horizons DG3 et DG5A consistent en un limon loessique presque pur, nécessitant un climat froid plutôt sec. Pourtant, dans la couche DG3, des débris de calcaire très rongés flottent dans le limon. Ils impliquent une sédimentation secondaire en conditions tempérées qui a remanié le loess apporté à l'extérieur dans un deuxième épisode de la période froide, commencée par la couche DG2 cryoclastique. L'épisode cryoclastique représenté par la couche DG4 est le début d'une seconde phase froide continuée par la couche silteuse DG5A, mais celle-ci se montre plutôt comme un loess primaire : elle a une forte pente et ne possède aucune impureté.

L'activité chimique qui cause la coloration ocreuse du sommet DG5B et la croûte stalagmitique (DG6) indique un climat humide plus tempéré, mais à cause de sa faible influence, nettement moins que durant l'Holocène. L'augmentation de l'humidité se fait déjà sentir à la fin de la période froide, ce qui a fait tomber quelques grands blocs dans la couche DG5B.

C'est seulement après que débute un climat très froid, humide, sub-nival dont quatre épisodes assez semblables se suivent dans les couches DG7, DG9, DG11 et DG13. C'est spécialement durant ces phases que la galerie s'agrandit par gélifraction tant des parois que surtout du plafond. On peut estimer cet agrandissement vers le haut entre 1,5 et 2 m. Ce développement s'arrête lorsque les retombées ont bouché l'entrée et ainsi rendu les variations thermiques moins efficaces. Ces niveaux froids sont séparés par une activité différente, chaque fois sous climat plus tempéré, peut-être plus humide. D'abord il y a l'horizon très continu et nettement humifère (DG8), suivi par la couche DG10 à éléments étrangers, dont beaucoup de limon (loess remanié) témoignant d'un apport par "creep" et nettement rubéfié.

	Sec	Humide	Remanié	Accumulation
		Concrétions de calcite	G R O T T E	X
Chaud		Solifluxion	X	X
		Pédogénèse et altération	X	
Froid	Dépôts loessiques	Matériel cryoclastique		X

Figure 11a : Schéma interprétatif.

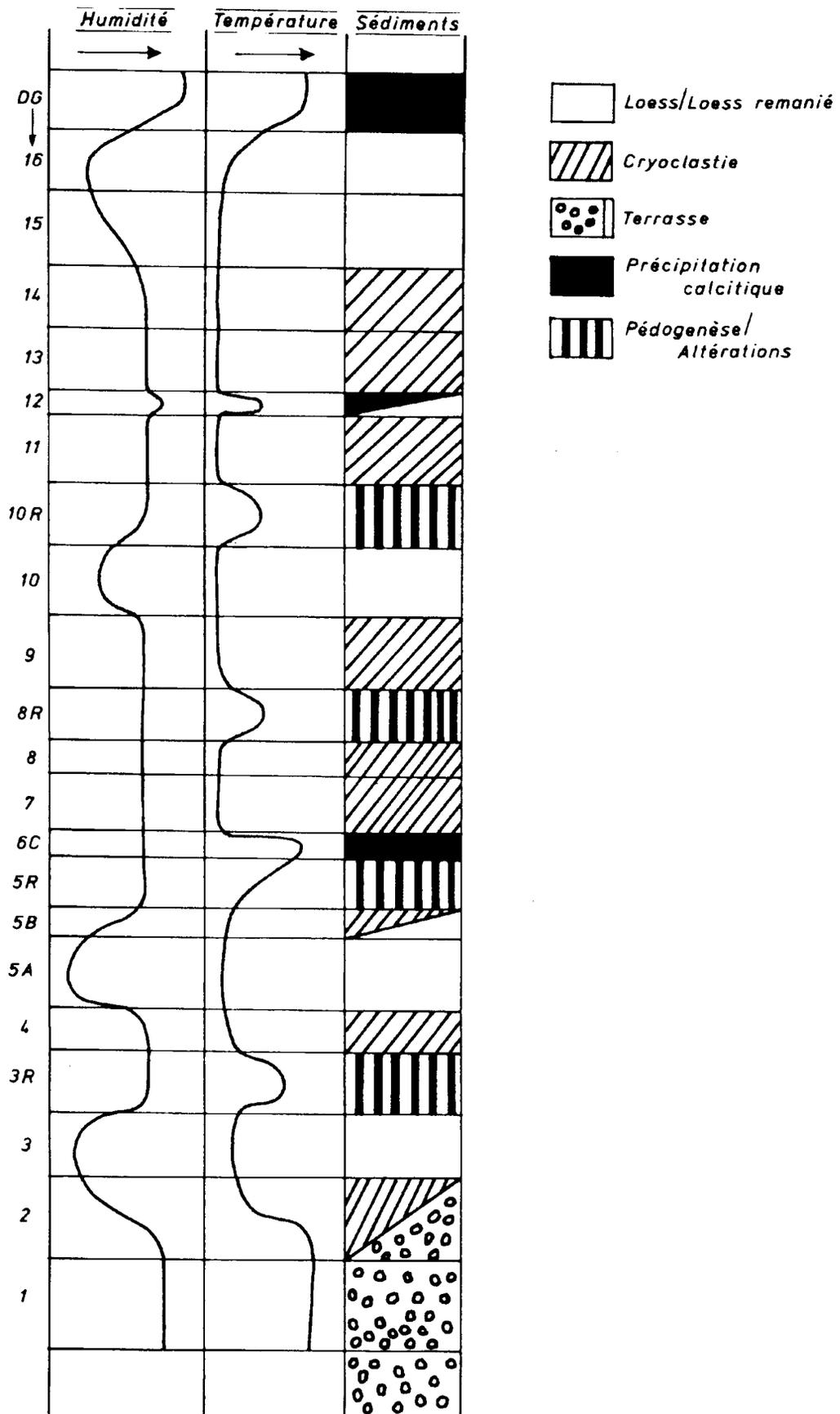


Figure 11b : Interprétation climatique des sédiments.

Enfin, suit une faible recrudescence de précipitation calcitique onctueuse (DG12) dans une mince couche limoneuse.

Il faut attendre la reprise de l'activité chimique postglaciaire pour voir se développer, dans l'atmosphère de la grotte fermée, le plancher stalagmitique qui bientôt se soude aux stalactites du plafond.

Par des puits verticaux, une circulation par ruissellement s'installe et creuse des boyaux dans les sédiments de remplissage. Par suite de cette évacuation et d'une dissolution diffuse, les sédiments se tassent et se décollent ainsi du plancher stalagmitique. Par le vide produit, des animaux fouisseurs et finalement l'homme contemporain pénètrent de nouveau dans la galerie.

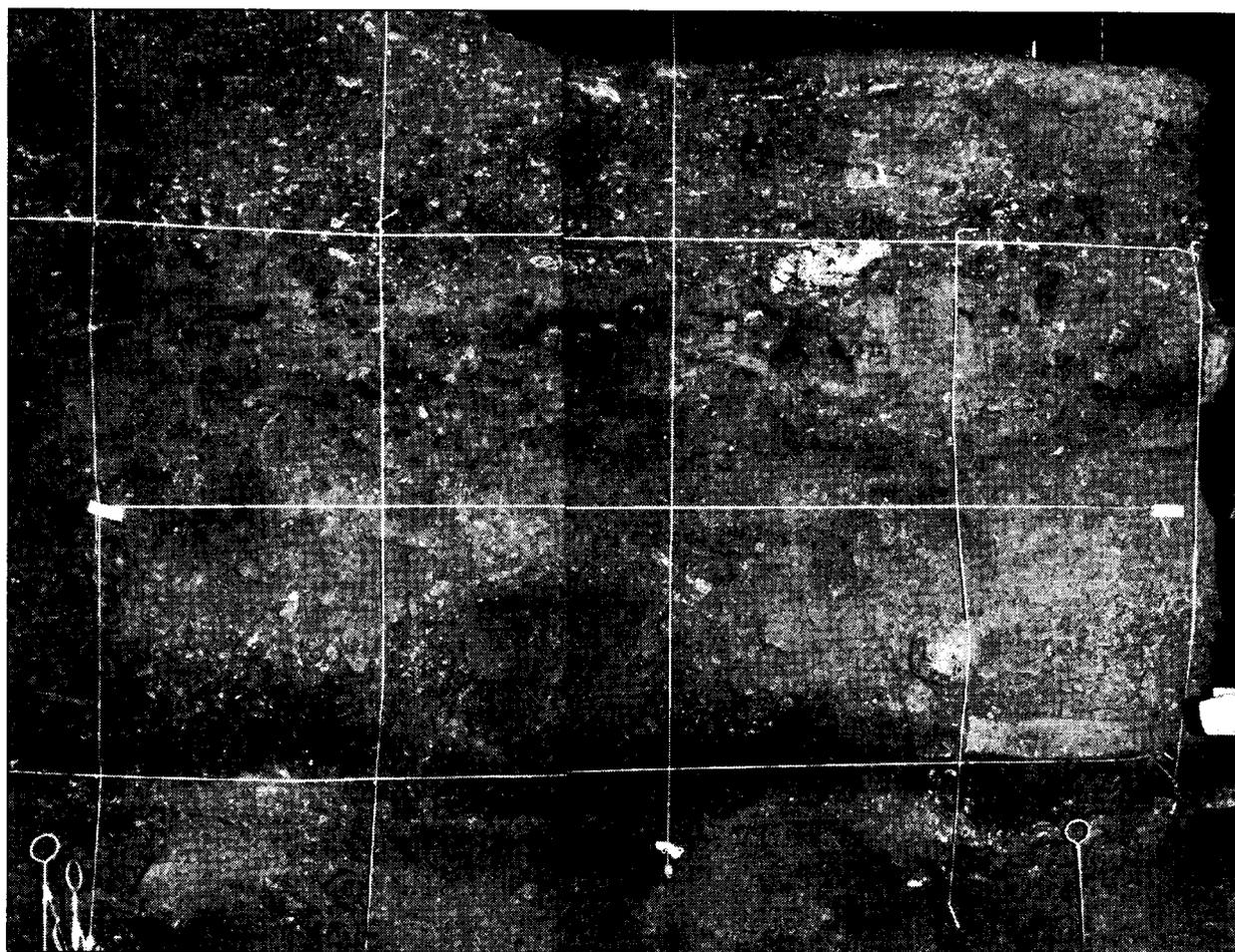
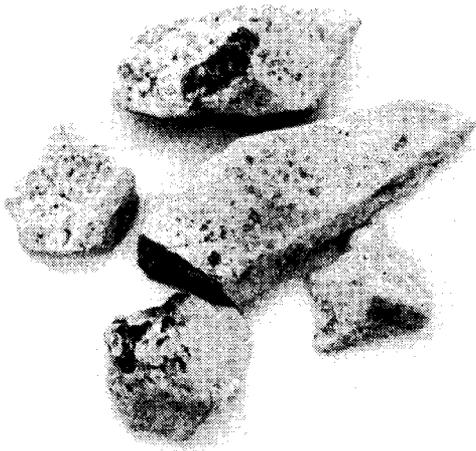
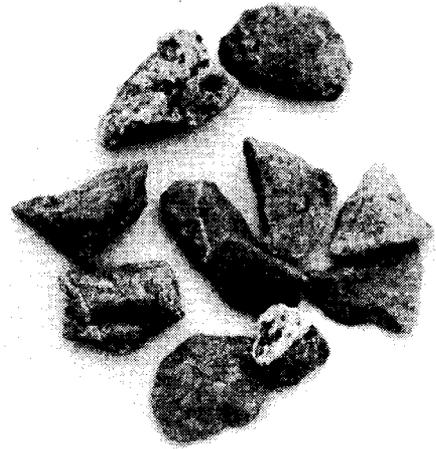


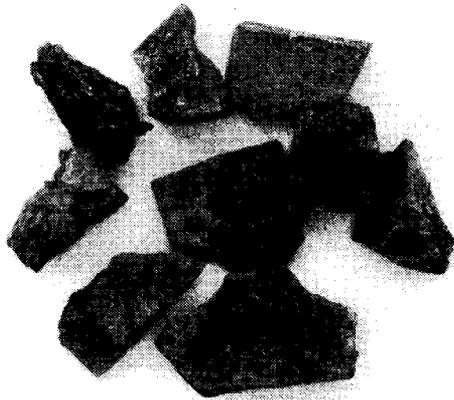
Photo 1 : La paroi (D)EF, à la profondeur de -17 m. Les carrés ont 50 cm de côté. Près de la base, l'horizon couple humifère-roux représente le sol DG8. Au-dessus se distinguent trois couches typiques nettement différenciées. D'abord DG9 à blocs pêle-mêle et sommet limoneux; ensuite DG10 avec plaquettes de calcaire frais; au sommet DG11 à fins débris altérés.



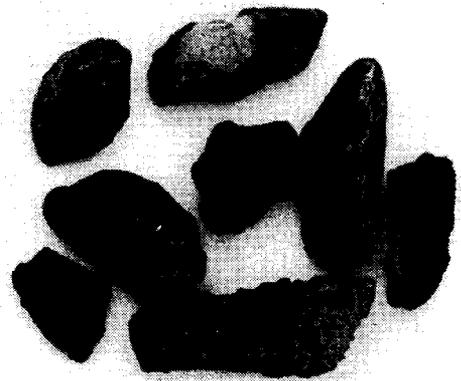
TYPE 1



TYPE 2



TYPE 3



TYPE 4

0  5cm

Photo 2 : Quatre types de fragments de calcaire.

BIBLIOGRAPHIE

Les méthodes analytiques employées sont celles en vogue dans notre Laboratoire de Sédiments Récents. Le détail de certaines analyses est consigné dans le mémoire de licence de

DEBLAERE, Chr., 1984. *Grotsedimentologische Studie van het Prehistorisch Site Sclayn*. K.U.L., 121 p.

Un résumé de nos résultats fut publié par

DEBLAERE, Chr. et GULLENTOPS Fr., 1986. Lithostratigraphie de la grotte Scladina. *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 25-26, pp. 178-181.

Nous renvoyons en général au bel ouvrage de

MISKOVSKY, J.-Cl. (éd.), 1985. *Géologie de la Préhistoire : Méthodes, Techniques, Applications*. *Geopre*, Paris, 1297 p.

LES DEPOTS PLEISTOCENES DE LA TERRASSE DE LA GROTTÉ SCLADINA A SCLAYN (PROVINCE DE NAMUR, BELGIQUE)

P. HAESAERTS *

1. INTRODUCTION

La grotte Scladina à Sclayn s'ouvre sur le versant ouest du ruisseau du Fond des Vaux et fait partie d'un réseau karstique complexe comprenant plusieurs niveaux (Otte *et al.*, 1983). Notre contribution concerne exclusivement les formations pléistocènes préservées à hauteur de la terrasse de la grotte Scladina, lesquelles appartiennent à deux galeries distinctes du réseau karstique (Fig. 1 et 2).

Les données relatives à l'archéologie, à la paléontologie et à la géochronologie permettent de rapporter la séquence sédimentaire de la grotte Scladina à une longue période de temps couvrant la première moitié du Pléistocène supérieur. Il s'agit d'un enregistrement exceptionnel, généralement représenté dans les séquences loessiques de plein air de Moyenne Belgique, notamment dans la région de Liège (Haesaerts *et al.*, 1981) ou encore dans le Bassin de Mons (Haesaerts et Van Vliet, 1974), mais pour lequel on ne dispose guère de système de référence dans le domaine karstique belge. En d'autres termes, se pose d'emblée ici le problème de la genèse et donc de l'interprétation paléoclimatique de la séquence enregistrée à Sclayn. De ce point de vue, les dépôts de la terrasse constituent un domaine privilégié, dans la mesure où ils devraient permettre d'établir un lien entre les séquences loessiques de plein air de Moyenne Belgique et le milieu karstique de nos régions.

2. GEOMETRIE DU SYSTEME

La séquence stratigraphique de la terrasse est préservée à l'extérieur du porche, mais s'inscrit néanmoins en continuité avec les dépôts de remplissage de la partie interne de la grotte (Otte *et al.*, 1983; Deblaere et Gullentops, 1986; Gullentops et Deblaere, 1992). La figure 1 reproduit la distribution d'ensemble des unités sédimentaires et permet de juger de la complémentarité de la séquence de la terrasse par rapport à celle de la grotte.

Un point important concerne l'existence de deux galeries distinctes et indépendantes (Fig. 2). La galerie supérieure, dans laquelle s'ouvre la grotte Scladina, contient les unités VII à II à hauteur de la terrasse et les couches 7 à 1A dans la partie interne de la grotte (Tableau I). Sa base présente, semble-t-il, une légère pente en direction de la partie interne du conduit; une pente similaire se marque également dans la distribution spatiale des principales unités de la galerie supérieure, surtout à partir de la base du gros éboulis (unité IV de la terrasse). Par contre, les unités sous-jacentes (unités VII à V gris) paraissent plutôt sub-horizontales, voire localement lenticulaires.

* Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 29, rue Vautier, 1040 Bruxelles

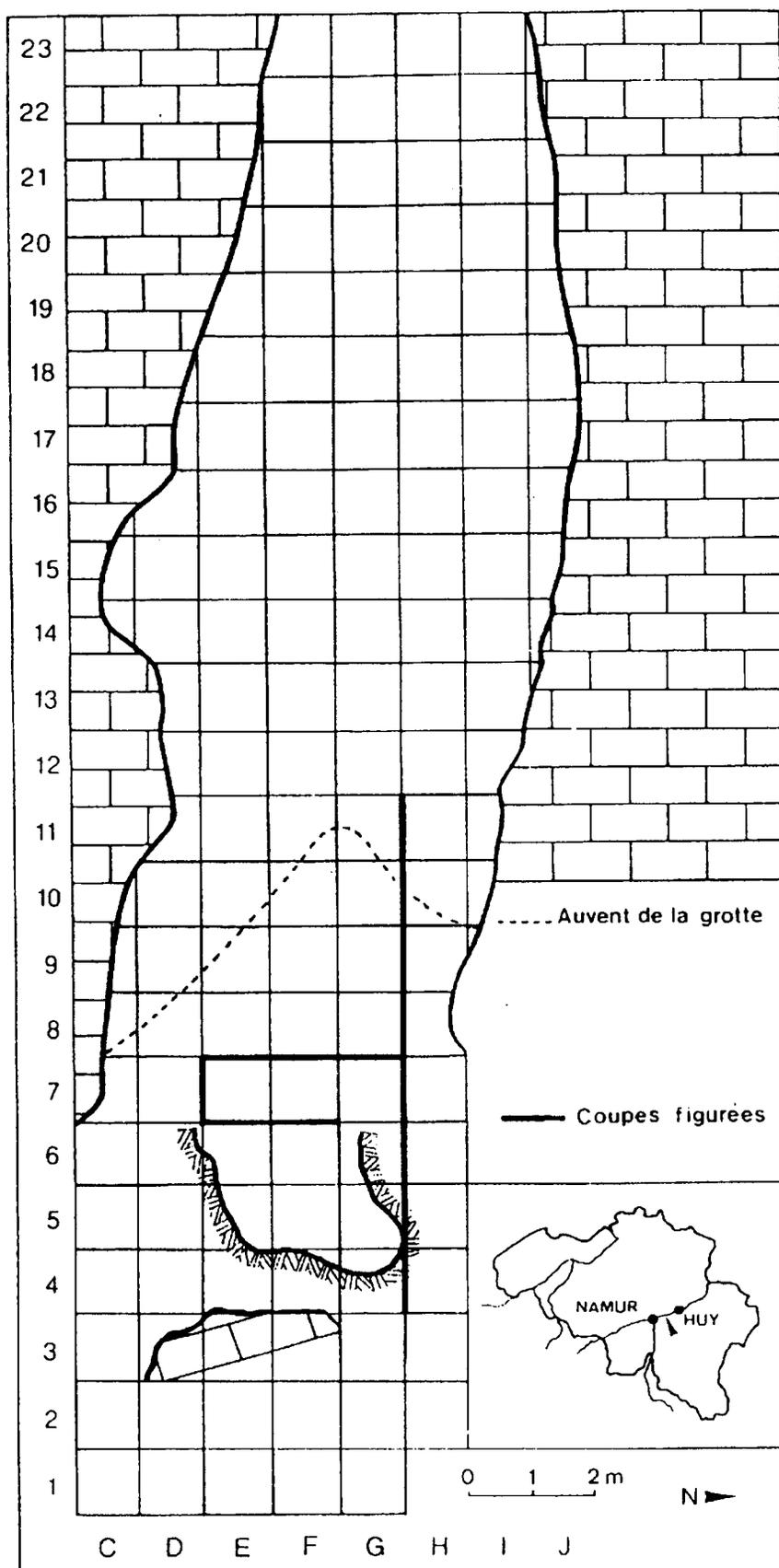


Figure 1 : Plan de la grotte Scladina (d'après Bastin et al., 1986) et emplacement des coupes figurées.

La galerie inférieure, située quelques mètres en contrebas, a été recoupée dans un sondage ouvert dans la terrasse au niveau des carrés 5 et 6. Le remplissage de cette galerie comprend les unités XII à VIII et présente une allure sub-horizontale; il se caractérise par une forte proportion de galets fluviaux d'origine mosane et contraste nettement avec la nature des dépôts de la galerie supérieure. Au niveau du sondage, ces dépôts supérieurs sont affectés par un fort mouvement descendant et colmatent en quelque sorte un puits provoqué par l'effondrement du toit de la galerie inférieure. De ce fait, la base du remplissage de la galerie supérieure (unité VII) repose directement sur le sommet tronqué du remplissage de la galerie inférieure (unité VIII). Ces différentes composantes d'une géométrie complexe seront considérées ci-après, lors de l'élaboration de la séquence des dépôts de la terrasse et de l'analyse de leur signification génétique et paléoclimatique.

3. LA SEQUENCE STRATIGRAPHIQUE DE LA TERRASSE (Fig. 3 et 4)

L'ensemble de la séquence de la terrasse a été recoupé dans deux coupes orthogonales. La première, parallèle à l'axe de la galerie supérieure, est localisée à la limite des secteurs G et H et comprend les carrés 11 à 4; la seconde coupe regroupe les observations stratigraphiques effectuées à hauteur du puits qui donne accès à la galerie inférieure (secteur F, E et D, limite des carrés 8/7 et 7/6). Au niveau de la terrasse, le sommet des dépôts était tronqué par une surface sub-horizontale située environ 2 mètres en dessous du point repère de la voûte (point O); il s'agit d'une surface artificielle d'origine anthropique résultant du déblayage de la partie supérieure du remplissage lors des fouilles antérieures à 1978. La séquence décrite ci-dessous se suit du haut vers le bas; les notations stratigraphiques sont reprises d'après Otte *et al.*, 1983 (voir également Tableau I).

Unité II

Limon jaune brunâtre incorporant quelques blocs décimétriques de calcaire; localement présence de lentilles de loess jaune poudreux au sommet de l'unité (coupe G/H, carrés 8 et 9).

Unité IA

Vers le bas, l'unité II passe progressivement à un limon brunâtre, avec blocs anguleux et abondantes plaquettes de calcaire. Dans la partie inférieure de l'unité IA se marquent des poches irrégulières colmatées de sédiments limoneux meubles résultant de l'activité d'animaux fouisseurs récents.

Unité IB

Horizon brun ocre préservé localement dans la partie supérieure du limon sous-jacent à l'unité IA (unité I); il s'agit d'un horizon enrichi en argile et en humus dont la limite inférieure graduelle est soulignée par des petites digitations et une migration localisée de l'humus le long de quelques plans structuraux. En lame mince, on note une assez forte proportion de matrice fine mélangée de matière humique, mais dépourvue de concentrations plasmiques (revêtements argileux).

Unité I

Limon homogène jaune brunâtre avec rares blocs de calcaire et quelques plaquettes dispersées dans la masse.

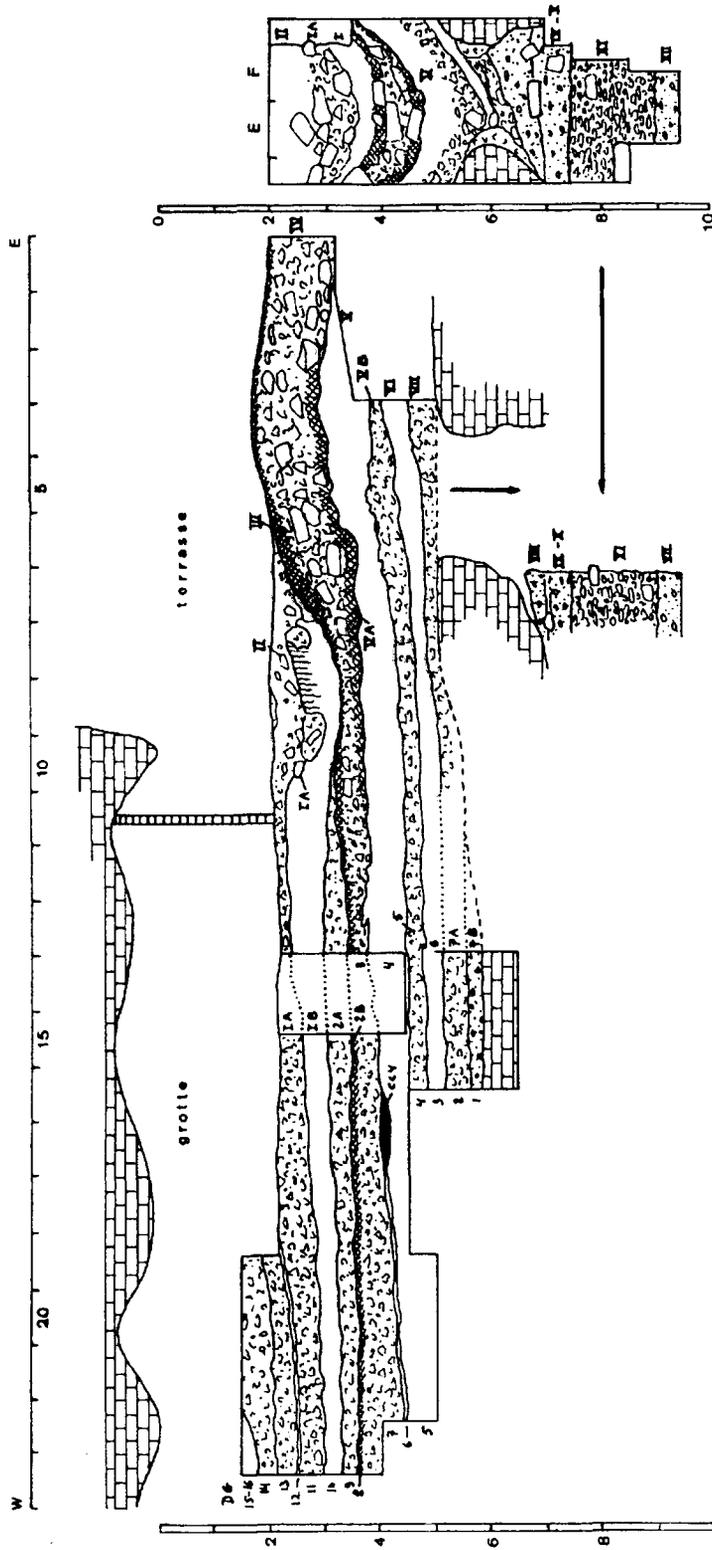


Figure 2 : Schéma stratigraphique montrant la géométrie du système (d'après Deblaere et Gullentops, 1986 et Otte et al., 1983) (symboles graphiques : voir Fig. 3).

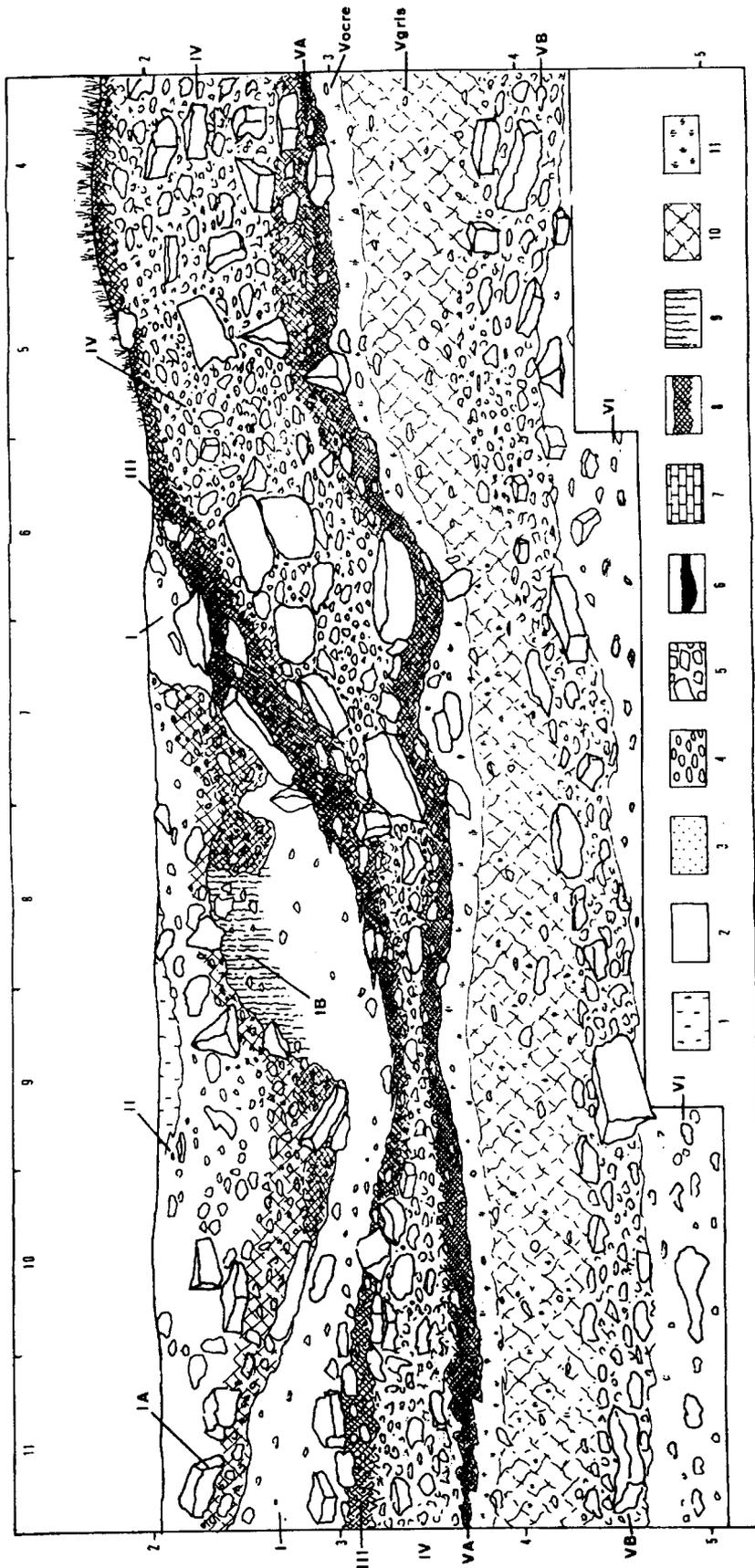


Figure 3 : Coupe longitudinale de la terrasse : carrés G/H-4 à G/H-11. Symboles graphiques:
 1 : loess; 2 : limon; 3 : sable limoneux; 4 : cailloutis mosans; 5 : blocs et plaquettes calcaires;
 6 : plancher stalagmitique; 7 : substratum calcaire; 8 : sédiment humifère; 9 : horizon brunifié;
 10 : sédiment hydromorphe; 11 : taches d'hydroxydes de fer.

Unité III

Limon brun sombre enrichi en matière humique, avec quelques gros blocs de calcaire. Ce limon humifère épouse le sommet du gros éboulis IV qui présente une pente prononcée vers l'intérieur de la grotte. Dans cette direction, la composante limoneuse de l'unité III diminue fortement et l'enrichissement en humus affecte directement la partie supérieure de l'éboulis IV.

Unité IV

Entrelacs serré de gros blocs anguleux et de plaquettes de calcaire; l'ensemble présente une allure plutôt lenticulaire avec des épaisseurs variant de 1,20m à $\pm 0,30$ m. L'accumulation maximum de l'éboulis s'est faite nettement en avant du porche actuel, à hauteur des carrés 5 et 4 (Fig. 2 et 3).

Unité VA

Limon brun sombre incorporant quelques blocs et plaquettes de calcaire; cet horizon humifère est comparable à l'unité III et s'inscrit parallèlement à la base de l'éboulis IV dont il épouse les ondulations. Bien souvent la limite inférieure de l'horizon VA est relativement abrupte tandis que sa limite supérieure, plus graduelle, s'intègre par endroit à la partie inférieure de l'éboulis IV.

Unité V ocre

Limon homogène jaune ocre avec quelques plaquettes et petits blocs de calcaire dispersés; il s'agit d'un horizon d'oxydation décimétrique nettement associé à l'horizon humifère sus-jacent, dont il suit les ondulations et s'inscrit de ce fait en légère discordance par rapport au sommet du limon V gris sous-jacent.

Unité V gris

Limon homogène gris brunâtre avec quelques petits blocs et plaquettes émoussées de calcaire gisant à plat; assez abondantes taches d'hydroxydes de fer dispersées dans la masse. Localement, vers la partie interne de la galerie, la base du dépôt présente une fine stratification laminaire, marquée par des lits de limon jaune clair et de limon jaune brunâtre, qui s'estompe vers le haut.

Unité VB

Couche continue de plaquettes calcaires gisant à plat, prises dans une matrice limoneuse jaune brunâtre; celle-ci incorpore également de rares éléments de roches mosanes (principalement des petits éléments roulés de quartz et de quartzite). Quelques blocs de calcaire jalonnent la base et le sommet de l'unité.

Unité VI

Limon jaune ocre brunâtre, relativement homogène, avec quelques blocs et plaquettes de calcaire gisant à plat. Dans la paroi du secteur E/F (carrés 6, 7 et 8), une couche décimétrique de petits blocs calcaires s'insère au sein du limon qu'elle permet de subdiviser en deux sous-unités (VIa et VIb).

Unité VII

Limon jaune ocre incorporant d'abondants blocs décimétriques et des plaquettes calcaires associées à une faible proportion de petits galets de quartz et de quartzite. A hauteur du puits creusé au centre de la terrasse, l'unité VII s'infléchit fortement et sa base vient au contact de la partie supérieure du remplissage de la galerie inférieure (unité VIII) qu'elle tronque nettement. Ce mouvement descendant, lié à l'effondrement du toit de la galerie inférieure, affecte également les unités sus-jacentes, y compris le limon II qui termine la séquence de la terrasse.

GROTTE		TERRASSE
Gullentops, 1992	Otte <i>et al.</i> , 1983	Otte <i>et al.</i> , 1983; Haesaerts, 1992
DG-16	36	-
DG-15	37	-
DG-14	38	-
DG-13	39	-
DG-12	40	II?
-	-	IB
DG-11	1A	IA
DG-10	1B	I
DG-9	2A	-
DG-8	2B	III
DG-7	3	IV
-	-	YA
DG-6	CC4	-
DG-5B	4 sup.	Y ocre
DG-5A	4	Y gris
DG-4	5	VB
DG-3	6	VI
DG-2	7A	VII
DG-1	7B	-
-	-	VIII
-	-	IX
-	-	X
-	-	XI
-	-	XII

Tableau I : Equivalences stratigraphiques.

Unité VIII

Sable limoneux jaune ocre brunâtre, compact, avec forte proportion de petits galets d'origine mosane (quartz, quartzite et schiste) et quelques blocs anguleux de calcaire. Ce dépôt appartient à la partie supérieure du remplissage de la galerie inférieure et se distingue de l'unité VII sus-jacente par une stratification diffuse et sub-horizontale. Localement, au contact des deux unités, des fragments de plancher stalagmitique déconnectés de la paroi calcaire étaient préservés.

Unités IX et X

Limon sableux et sable limoneux jaune brunâtre, compact, à stratification sub-horizontale; petits cailloux d'origine mosane relativement abondants, associés à quelques éléments calcaires.

Unité XI

Couche métrique formée essentiellement de galets de quartz, de quartzite et de schiste; ce dépôt compact dont les éléments sont fortement imbriqués constitue la partie médiane du remplissage de la galerie inférieure; il contient en outre quelques gros blocs de calcaire aux arêtes émoussées.

Unité XII

Sable limoneux brun jaunâtre avec abondants éléments roulés de roches mosanes.

En conclusion, la séquence stratigraphique de la terrasse comprend deux enregistrements nettement distincts appartenant à deux galeries différentes ayant fonctionné séparément : soit les unités II à VII dans la galerie supérieure et les unités VIII à XII dans la galerie inférieure. Ces deux enregistrements ont été mis en contact ultérieurement suite à l'effondrement du toit de la galerie inférieure.

En ce qui concerne l'enregistrement de la galerie supérieure observé au niveau de la terrasse (unités II à VII), il s'inscrit en continuité avec la séquence stratigraphique décrite dans la partie interne de la grotte (couches DG-1 à DG-16, cf. Gullentops et Deblaere, 1992). Certaines différences sont néanmoins perceptibles. En particulier, la partie supérieure de la séquence de la grotte (couches DG-12 à DG-16) n'est pas représentée dans la séquence de la terrasse car celle-ci fut fortement tronquée lors de fouilles antérieures. De même, la couche DG-1 à abondants éléments caillouteux d'origine mosane (couche 7B, cf. Otte *et al.*, 1983), qui constitue la base de la séquence dans la galerie supérieure, n'a pas d'équivalent au niveau de la terrasse. C'est également le cas de l'éboulis DG-9 (couche 2A, cf. Otte *et al.*, 1983) lequel se biseaute vers l'extérieur de la grotte entre l'horizon humifère de l'unité III et le limon de l'unité I. Enfin, il nous faut mentionner ici le plancher stalagmitique CC4 présent dans la grotte au sommet du limon DG-5B (couche 4, cf. Otte *et al.*, 1983) à hauteur du carré 17; dans la séquence de la terrasse, ce plancher serait en fait à situer entre le sommet du limon V ocre et l'horizon humifère VA lequel ne semble pas présent dans la grotte, contrairement à l'horizon humifère III qui lui y est bien développé.

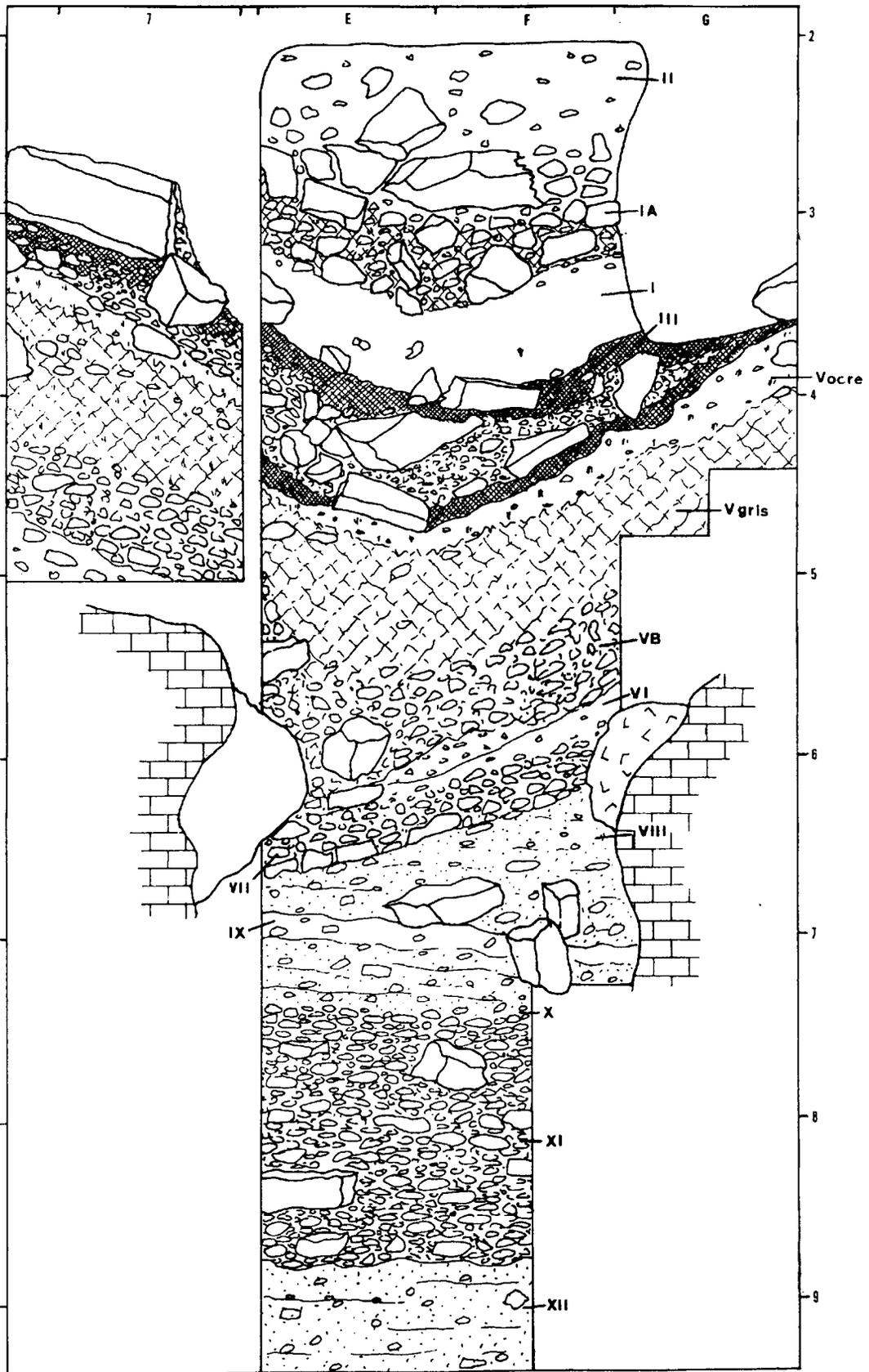


Figure 4 : Coupe transversale de la terrasse : carrés D-7/8 à G-7/8 et carrés E-6/7 et F-6/7 (partie inférieure de la coupe) (symboles graphiques : voir Fig. 3).

4. DONNEES ANALYTIQUES

Deux douzaines d'échantillons prélevés dans les dépôts de la terrasse ont fait l'objet d'analyses diverses. Celles-ci portent sur la granulométrie, la pétrographie des composants supérieurs à 850 microns et sur la composition des minéraux lourds des fractions inférieures à 50 microns. Les échantillons analysés concernent principalement les sédiments limoneux des unités II, I, V ocre, V gris, VI, VIII et XII. Par ailleurs, deux lames minces ont été réalisées dans des échantillons orientés prélevés dans l'horizon brunifié IB et dans le limon V ocre.

4.1. Granulométrie (Tableaux II et III; Fig. 5)

L'analyse granulométrique visait surtout à préciser le mode de dépôt des sédiments limoneux; aussi avons-nous choisi de nous limiter aux fractions inférieures à 850 microns. Après traitement à l'H₂O₂ et à l'HCL dilué, le sédiment fut tamisé sous eau à 50 microns. Par la suite, le refus fut traité à sec dans une série de tamis échelonnés entre 850 et 50 microns. Quant aux fractions inférieures à 50 microns, elles furent déterminées par décantation, méthode que nous avons appliquée précédemment aux loess de Moyenne Belgique et qui a fourni des résultats comparables à ceux obtenus par la méthode de la pipette.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus pour les sédiments de la terrasse de la grotte Scladina se sont avérés relativement cohérents et permettent d'individualiser nettement les dépôts de la galerie supérieure (unités II à VII) par rapport à ceux de la galerie inférieure (unités VIII à XII). Dans le premier cas, les dépôts limoneux se caractérisent par un bon degré de classement, par des teneurs relativement faibles des fractions sableuses (entre 17 et 9%) et par des valeurs relativement élevées de la fraction argileuse (entre ± 20 et $\pm 30\%$). En cela ils se distinguent nettement des sédiments limono-sableux de la galerie inférieure qui présentent un faible degré de classement et des fractions sableuses voisines de 30%.

4.2. Pétrographie des composants supérieurs à 850 microns

Les sédiments limoneux de la galerie supérieure, c'est-à-dire ceux des unités II, I, V ocre, V gris et VI, contiennent des fractions supérieures à 850 microns relativement faibles (entre 3 et 10%); celles-ci se composent surtout de petits fragments de calcite fibreuse de quelques millimètres de diamètre et de petites plaquettes de calcaire généralement corrodées. Les autres composants consistent en petites concrétions d'hydroxydes de fer et de manganèse et en petits éléments roulés de quartz et de quartzite; dans l'ensemble, les concrétions et les petits éléments roulés ne représentent que quelques pour cent de la fraction supérieure à 850 microns. Ici aussi une distinction très nette apparaît vis-à-vis des sédiments limono-sableux de la galerie inférieure dont la fraction supérieure à 850 microns dépasse 30% et se compose principalement de galets de quartz, de quartzite et de schiste en provenance des terrasses de la Meuse situées plus haut sur le plateau.

4.3. Minéraux lourds

Une dizaine d'échantillons provenant des unités I, V gris, VI et VII de la terrasse ont été analysés par S. Balescu dans le cadre de sa thèse de doctorat (1988). Dans l'ensemble, les compositions en minéraux lourds des fractions comprises entre 50 et 20 microns de ces dépôts limoneux étaient relativement homogènes et se sont avérées comparables aux résultats obtenus par Gullentops et Deblaere (1992) pour le remplissage limoneux de la partie interne de la galerie supérieure. En effet, d'après S. Balescu (communication

personnelle), les différentes unités limoneuses présentaient des teneurs relativement élevées en hornblende verte et en grenat, lesquels dominaient le rutile, le zircon et les ubiquistes. En ce sens, la composition des minéraux lourds des sédiments limoneux de Sclayn s'apparente à celle des loess du Weichsélien supérieur en Moyenne Belgique mais aussi à celle des loess de la partie terminale du Pléistocène moyen dans le Nord de la France (Balescu, 1988).

5. MODE DE DEPOT ET ORIGINE DES SEDIMENTS

La séquence sédimentaire de la grotte Scladina constitue une excellente illustration des problèmes que pose l'analyse des remplissages karstiques en Belgique, plus particulièrement en ce qui concerne les faciès limoneuses. En effet, si l'on s'accorde généralement pour attribuer les couches riches en éléments calcaires gélivés à des phases de forte altération physique associées à des épisodes froids, par contre l'interprétation génétique des unités limoneuses demeure problématique. S'agit-il de dépôts mis en place par le vent, par ruissellement ou en milieu aqueux? S'agit-il de dépôts introduits par le porche de la grotte ou plutôt de dépôts en provenance du plateau et ayant transité par des fissures ou des cheminées développées dans le massif calcaire? Les réponses apportées à ces questions seront assurément déterminantes pour l'interprétation génétique et pour l'approche paléoclimatique des séquences considérées. Malheureusement, des études de ce type, susceptibles de servir de référence, sont très peu nombreuses dans le cadre du karst belge; citons néanmoins l'étude du remplissage de la grotte de Remouchamps (Eck *et al.*, 1974) et celle de la grotte de la Vilaine Source à Arbre (Quinif *et al.*, 1979).

5.1. Galerie inférieure

A Sclayn, les analyses sédimentologiques permettent d'individualiser deux ensembles distincts appartenant pour l'essentiel à la galerie inférieure et à la galerie supérieure, lesquelles semblent bien avoir fonctionné tout à fait indépendamment.

Dans le premier cas, les deux dépôts limono-sableux (unité XII et unités X à VIII) qui encadrent la couche de cailloutis compacts (unité XI) sont nettement ruisselés, si l'on en juge par leur hétérogénéité et leur très faible degré de classement (Fig. 5e, éch. 19 et 20). Par contre, l'homogénéité et l'organisation interne de l'épais cailloutis XI paraissent bien indicatives d'une sédimentation aquatique. De plus, la composition pétrographique et le degré d'é moussé des éléments caillouteux de l'ensemble des unités XII à VIII démontrent que l'essentiel du matériel provient des terrasses pléistocènes de la Meuse dont des témoins sont préservés plus haut sur le plateau (Gullentops et Deblaere, 1992). En d'autres termes, considérant la morphologie de la galerie inférieure et sa position élevée par rapport au talweg du ruisseau du Fond des Vaux, il nous paraît justifié d'attribuer le dépôt des unités XI à VIII à une phase sédimentaire complexe liée à la dynamique interne du réseau karstique et sans doute associée à un contexte climatique humide.

5.2. Galerie supérieure

Dans l'ensemble, le remplissage de la galerie supérieure traduit une dynamique sensiblement différente de celle de la galerie inférieure et appartient probablement à une phase ultérieure de l'activité du réseau karstique. Toutefois, les dépôts hétérogènes à forte proportion d'éléments caillouteux mosans présents à la base de la séquence supérieure dans la partie interne de la galerie (couche DG-1, cf. Gullentops; couche 7B, cf. Otte) pourraient peut-être être contemporains du remplissage de la galerie inférieure.

n° éch.	Débris	Humus	CaCO ₃	> 50	< 2
SCLAYN					
Limon holocène n° 1 (fond grotte)	19,6	2,1	12,8	9,1	21,1
Couche II n° 2 (E-7/8 : sommet)	6,4	2,9	12,9	11,4	29,4
Couche I n° 3 (F-7/8 : sommet)	1,8	1,4	3,7	14,1	20,1
n° 4 (F-7/8 : base)	5,7	4,9	4,1	12,0	36,4
n° 5 (G/H-7 : sommet)	2,9	0,9	2,2	13,3	19,6
n° 6 (G/H-10 : base)	4,9	1,6	4,8	11,5	21,3
Couche III n° 7 (G/H-9)	4,4	12,0	22,0	8,4	36,6
Couche YA n° 8 (G/H-7)	4,2	15,6	6,1	12,1	24,9
Couche Y ocre n° 9 (G/H-11)	0,9	2,4	3,1	10,1	22,1
n° 10 (G/H-7)	6,2	5,2	7,2	6,1	26,1
n° 11 (C-4)	6,7	1,9	8,9	8,3	26,2
n° 12 (E-6/7)	4,1	3,0	4,4	7,1	23,5
Couche Y gris n° 13 (F-7/8 : base)	2,2	3,0	2,8	6,9	23,5
n° 14 (G/H-7 : milieu)	2,7	9,2	4,8	5,9	24,8
n° 15 (C-4 : milieu)	11,1	2,0	10,6	6,1	24,9
Couche YI n° 16 (C-5 : sommet)	6,8	3,5	7,7	14,3	30,2
n° 17 (G/H-11 : milieu)	2,7	3,3	2,1	9,1	15,6
n° 18 (C-5 : base)	10,4	1,5	6,7	12,4	22,5
Couche YIII n° 19 (E-6/7)	6,4	-	-	32,6	18,3
Couche XI n° 20 (E-6/7)	35,4	-	-	36,0	13,9
ROCOURT					
milieu sol de Rocourt	-	-	-	5,2	24,9
HARMIGNES					
Pléniglac. inf. H.G.C.	-	-	5,6	5,2	17,3
Pléniglac. sup. H.K.B.	-	-	6,2	4,8	16,5

Tableau II : Teneurs en débris (>850 microns), en humus, en carbonates, en sable et en argile des sédiments limoneux considérés (exprimées en %).

n° éch.	> 600	>420	>300	>210	>150	>105	>80	>50	>20	>10	> 2
SCLAYN											
Limon holocène n° 1	0,3	0,9	1,6	2,4	3,8	5,1	6,3	9,1	48,2	65,9	78,9
Couche II n° 2	0,5	1,0	1,7	2,6	4,2	6,1	7,8	11,4	48,3	58,3	70,6
Couche I n° 3	0,2	0,5	1,1	2,4	5,4	8,5	10,6	14,1	55,4	67,2	79,9
n° 4	0,4	0,8	1,8	3,4	6,5	9,2	11,1	12,0	34,6	49,9	63,6
n° 5	0,4	0,8	1,6	2,9	5,7	8,3	10,2	13,3	52,8	66,7	80,4
n° 6	0,2	0,5	1,2	2,3	4,9	7,3	9,2	11,5	62,9	69,3	78,7
Couche III n° 7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,7	5,1	6,2	8,4	44,8	51,4	63,4
Couche Y A n° 8	1,3	1,9	2,6	3,4	4,9	6,6	8,2	12,1	52,6	62,4	75,1
Couche Y ocre n° 9	0,1	0,2	0,4	0,8	1,7	2,5	3,2	10,1	65,9	71,1	77,9
n° 10	0,3	0,6	1,0	1,4	2,1	2,8	3,3	6,1	49,5	61,2	73,9
n° 11	0,5	1,3	2,1	2,7	3,8	4,7	5,6	8,3	50,8	62,9	73,8
n° 12	0,6	1,0	1,3	1,6	2,2	2,8	3,5	7,1	48,8	63,9	76,6
Couche Y gris n° 13	0,1	0,2	0,5	1,1	2,4	3,6	4,6	6,9	51,1	66,1	76,6
n° 14	0,4	0,6	1,1	1,5	2,2	3,1	3,8	5,9	50,0	62,8	75,2
n° 15	0,3	0,6	1,1	1,7	2,7	3,6	4,4	6,1	61,8	65,9	75,2
Couche VI A n° 16	1,1	1,6	2,6	4,0	6,4	8,8	10,5	14,3	49,3	60,2	69,8
Couche VI B n° 17	0,3	0,8	1,5	2,5	4,3	6,3	7,9	9,1	64,9	74,8	84,4
n° 18	1,0	1,7	2,6	3,9	6,2	8,1	9,6	12,4	51,9	65,4	77,6
Couche VIII n° 19	2,7	5,7	9,7	14,5	20,6	26,5	29,3	32,6	56,8	70,2	81,7
Couche XII n° 20	4,4	8,3	12,3	16,4	22,0	27,2	31,1	36,0	59,5	72,3	86,1
ROCOURT											
milieu sol de Rocourt	-	-	-	0,6	1,7	2,1	2,4	5,2	44,3	60,7	75,1
HARMIGNIES											
Pléniglac. inf. H.G.C.	-	-	-	0,3	0,5	1,4	2,8	5,2	65,6	76,9	82,7
Pléniglac. sup. H.K.B.	-	-	0,1	0,6	0,9	1,6	2,7	4,8	67,0	77,0	83,5

Tableau III : Composition granulométrique des sédiments limoneux considérés (exprimée en %).

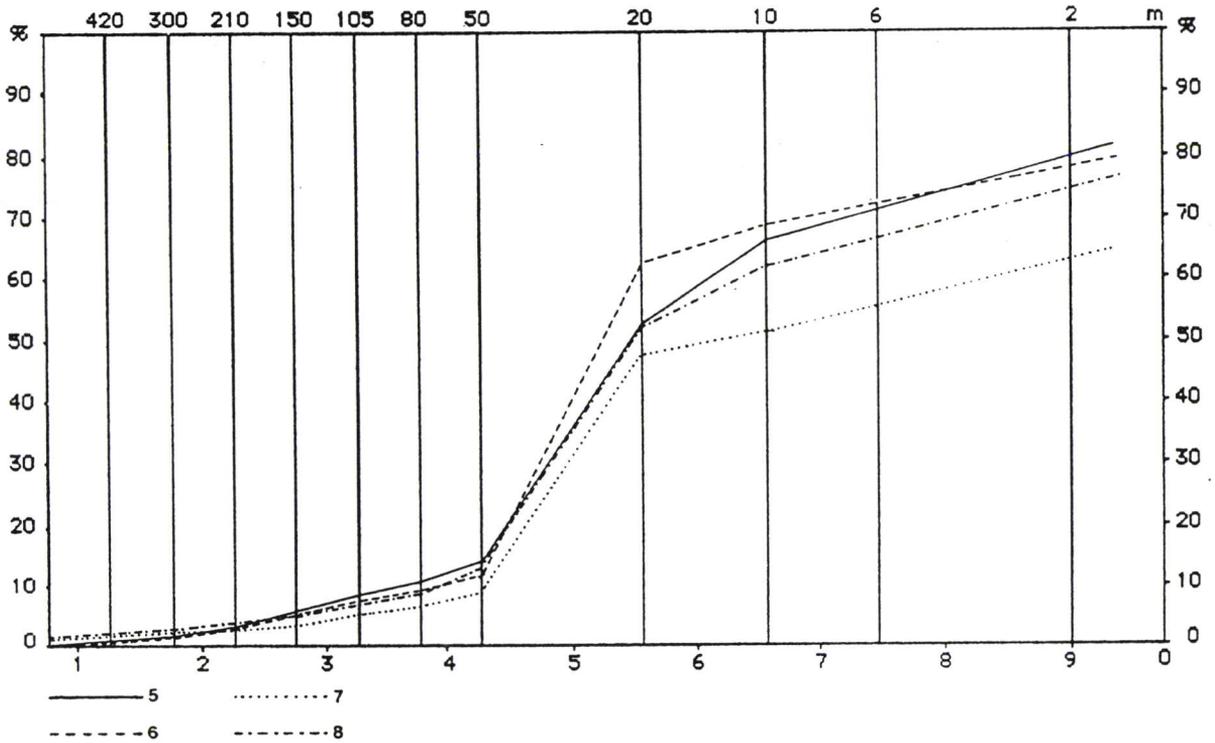
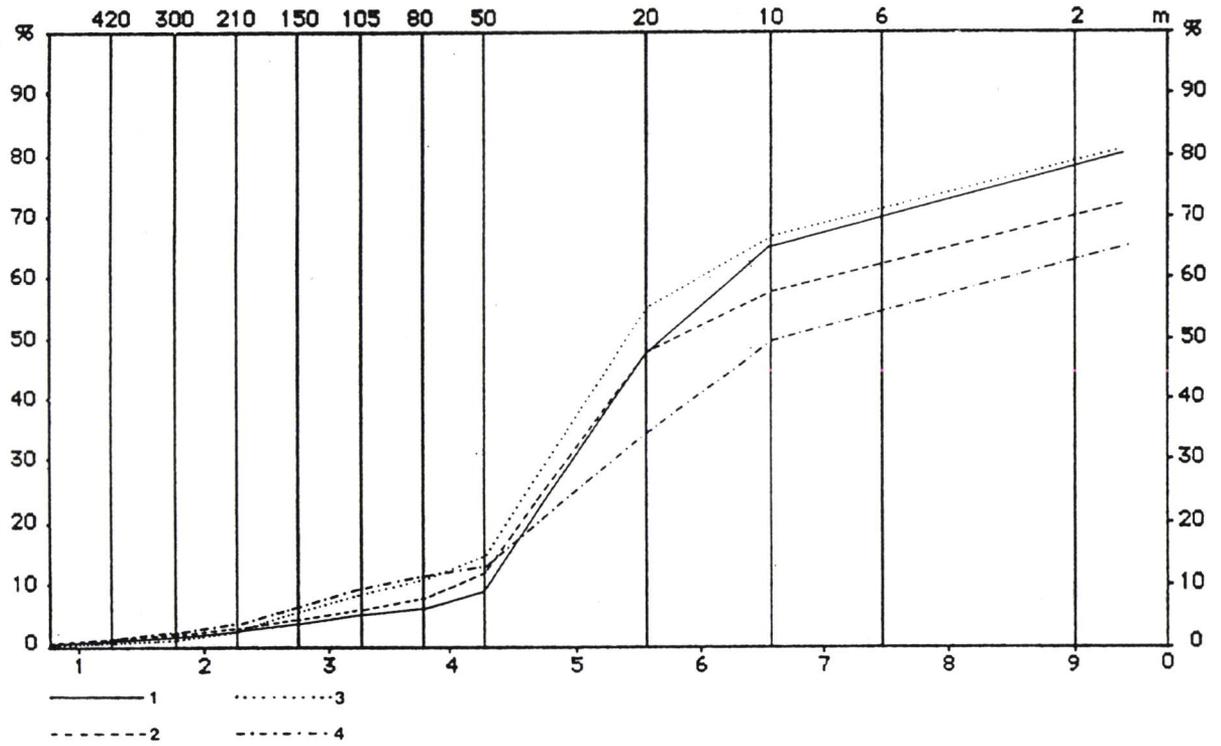


Figure 5 : Courbes granulométriques des sédiments limoneux.

Figure 5a : Ech. 1 : limon holocène; Ech. 2 : unité II; Ech. 3 : unité I (sommet); Ech. 4 : unité I (base).

Figure 5b : Ech. 5 : unité I (sommet); Ech. 6 : unité I (base); Ech. 7 : unité III; Ech. 8 : unité VA.

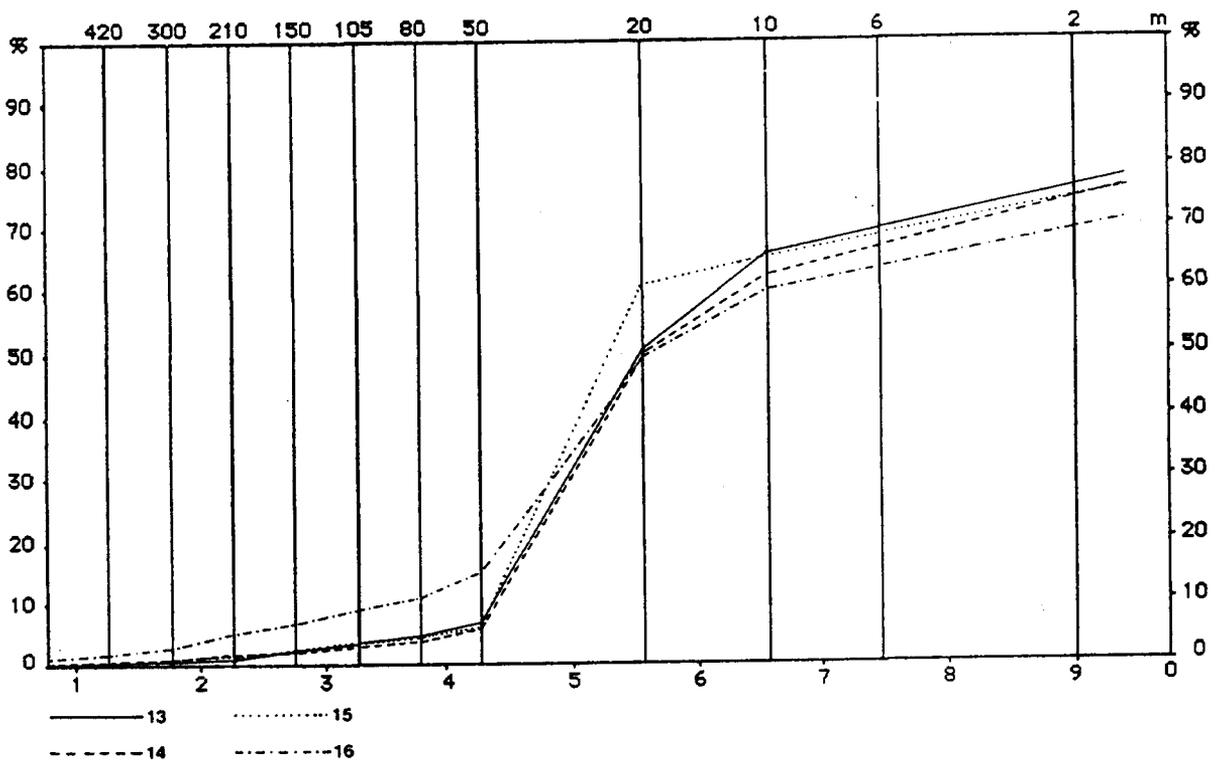
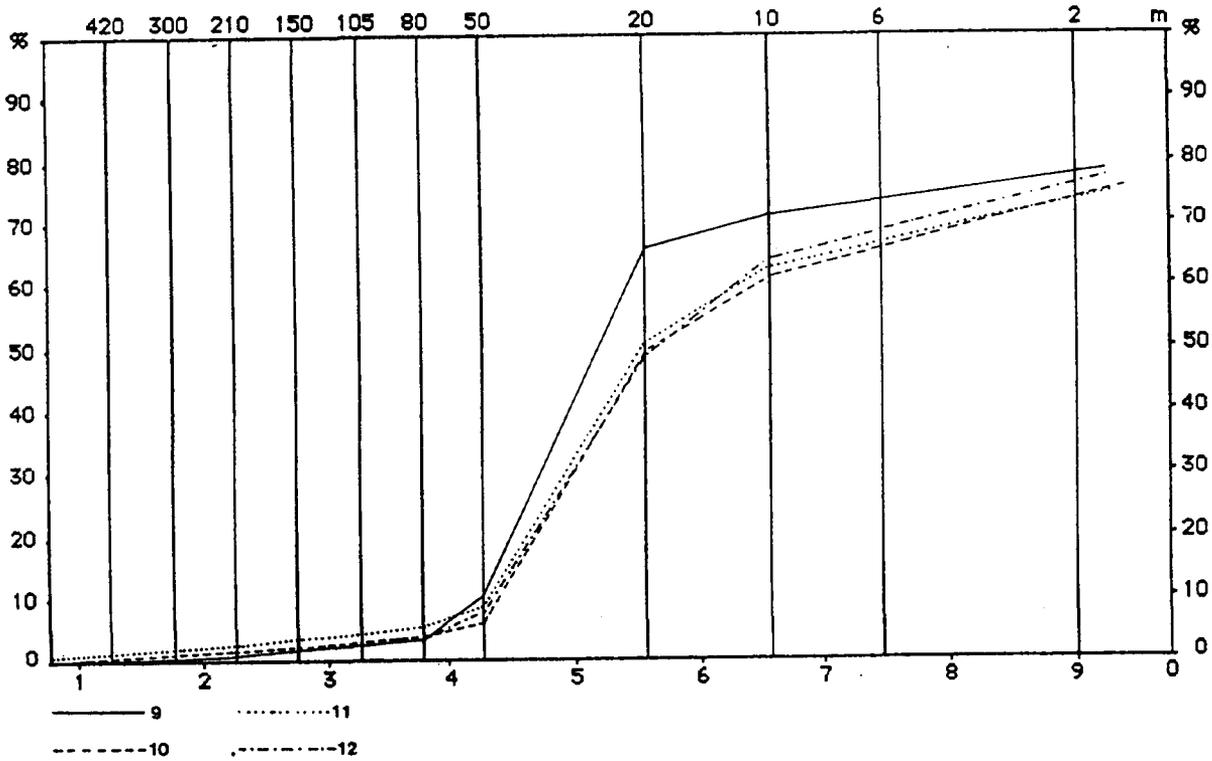


Figure 5c : Ech. 9 à 12 : unité V ocre.

Figure 5d : Ech. 13 à 15 : unité V gris; Ech. 16 : unité VI (sommet).

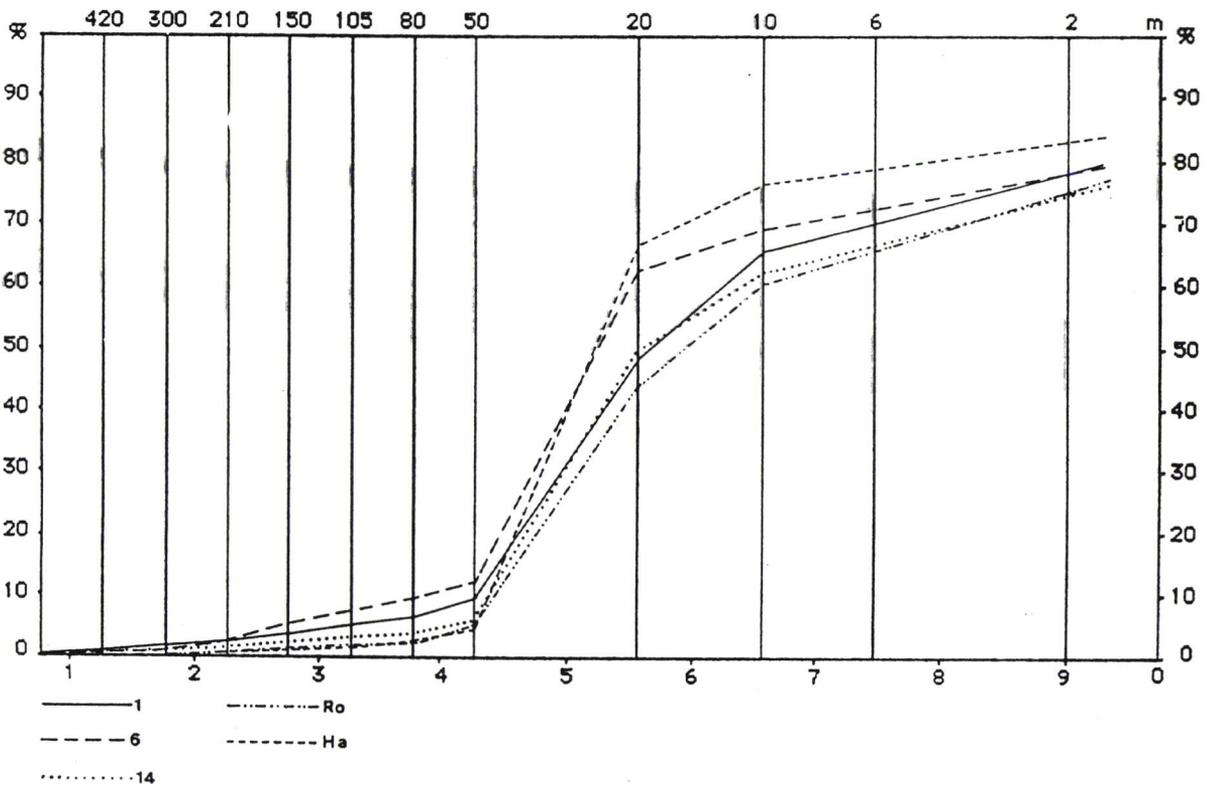
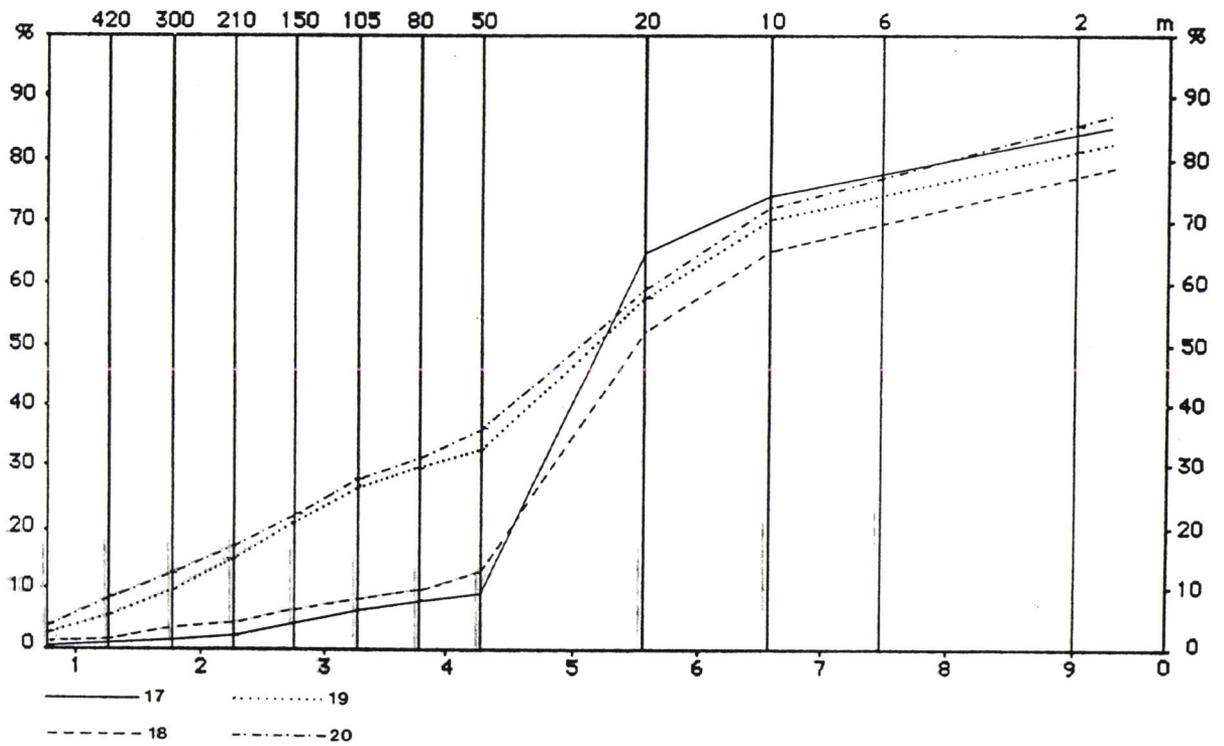


Figure 5e : Ech. 17 et 18 : unité VI; Ech. 19 : unité VIII; Ech. 20 : unité XII.

Figure 5f : Ech. 1 : Sclayn, limon holocène; Ech. 6 : Sclayn, unité I (base); Ech. 14 : Sclayn, unité V gris (milieu); Ech. Ro. : Rocourt, partie médiane du sol de Rocourt; Ech. Ha.: Harmignies, loess du Pléniglaciaire supérieur.

Au niveau de la terrasse, la couche caillouteuse qui débute la séquence supérieure (unité VII) se compose essentiellement de débris calcaires pris dans une matrice limoneuse relativement sableuse, ce qui implique la persistance de processus de ruissellement au moment du dépôt. Les débris calcaires proviennent essentiellement de la gélivation du toit de la galerie supérieure laquelle s'étendait à l'époque au-delà du porche actuel de la grotte. Notons à ce propos la très faible proportion des éléments mosans dans la fraction supérieure à 850 microns de l'unité VII à hauteur de la terrasse (moins de 5%), alors que ceux-ci atteignent près de 25% de la fraction grossière de la même couche dans la partie interne de la galerie (couche DG-2, cf. Gullentops; couche 7A, cf. Otte).

L'unité VI enregistre une nette diminution des apports cryoclastiques; il s'agit d'un limon légèrement sableux dont la teneur en argile varie de 15,6 à 30,2% et qui localement s'apparente même à un vrai loess (Fig. 5e, éch. 17). Comme dans le cas de l'unité VII, on note aussi une variation latérale du pourcentage des éléments mosans dans la fraction grossière; très faible à hauteur de la terrasse (moins de 1%), celui-ci avoisine 25% dans la partie interne de la galerie (couche DG-3, cf. Gullentops; couche 6, cf. Otte). Ces éléments témoignent selon nous d'une sédimentation colluviale principalement alimentée par des apports loessiques en provenance du plateau mais ayant transité par la partie interne du réseau karstique. Signalons à ce propos l'existence de dépôts limoneux de ce type au fond de la grotte, au sommet du remplissage de la galerie supérieure; attribués à l'Holocène du fait de leur contenu pollinique (communication de B. Bastin), ces limons présentent dans l'ensemble une composition granulométrique fort semblable à celle de l'unité VI de la terrasse (Fig. 5a et 5f).

L'unité VB traduit une recrudescence des processus de gélivation avec la mise en place d'une couche continue de blocs et de plaquettes calcaires, présentant cependant une allure bombée au niveau des carrés 4 et 5 (Fig. 2 et 3). Semblable disposition est probablement à mettre en relation avec l'emplacement du porche de la grotte qui à cette époque occupait une position plus avancée par rapport à l'entrée actuelle de la galerie supérieure.

Les unités V gris et V ocre constituent une seconde génération de dépôts limoneux dont la base s'inscrit en continuité avec l'éboulis VB sous-jacent. Largement répartis, ces limons s'apparentent à un dépôt éolien par leur degré de classement et leur faible teneur en particules sableuses, mais se distinguent néanmoins des loess weichséliens de Moyenne Belgique par des teneurs en argile relativement élevées comprises entre 22,1 et 26,2% (Tableau II). En cela, les unités V gris et V ocre seraient plutôt comparables aux loess anciens altérés du pédocomplexe de Rocourt (Tableau III; Fig. 5f), mais leur examen en lame mince n'a pas permis d'y déceler les indices d'une pédogenèse importante. D'autre part, selon nous, l'unité V ocre ne constitue pas une couche sédimentaire indépendante de l'unité V gris mais représenterait plutôt un horizon d'oxydation lié à la couche humifère sus-jacente (unité VA) dont elle suit les ondulations. Dans ce contexte, on peut considérer les unités V gris et V ocre comme un ensemble sédimentaire unique dont le caractère homogène évoque une sédimentation colluviale de très faible énergie en milieu humide, devenant de plus en plus diffuse vers le haut. Cette interprétation est d'ailleurs en accord avec le caractère hydromorphe du dépôt et avec la fine lamination observée dans la partie inférieure de l'unité V gris à hauteur des carrés 10 et 11. Enfin, comme dans le cas de l'unité VI, le matériel sédimentaire fut probablement mis en place à partir de l'intérieur de la grotte et provient du remaniement de dépôts loessiques altérés préservés sur le plateau.

Unités	lithologie	mode de dépôt	environnements climatiques		
			Sédimentologie (Haesaerts)	Palynologie (Bastin 1992)	Microfaune (Cordy 1992)
galerie supérieure					
II	limon et loess	colluvial et éolien (ext.)	froid et sec	?	?
IA	éboulis	cryoclastique	froid et ± humide	(froid)	froid et humide
IB	horizon brunifié	pédogenèse	tempéré froid	(tempéré froid)	tempéré froid et ± humide
I	limon	colluvial (ext)	froid et sec	?	rigoureux et sec
III	horizon humifère	pédogenèse	tempéré froid	(tempéré froid)	tempéré froid et humide
IV	éboulis	cryoclastique	froid et humide	(tempéré froid)	tempéré froid et humide
VA	limon humifère	colluvial (ext)	tempéré froid	tempéré froid	± froid et sec
(V ocre)	oxydation	pédogenèse	tempéré froid et humide	tempéré	tempéré et ± sec
V gris	limon	colluvial (int.)	?	tempéré	froid et très sec
VB	éboulis et limon	cryoclastique et colluvial (int.)	?	froid	tempéré froid et sec
VI	limon	colluvial (int.)	?	tempéré	tempéré et sec
VII	éboulis et limon	cryoclastique et colluvial (int.)	?	froid	froid et très humide puis froid et ± humide
galerie inférieure					
VIII	sable limoneux	colluvial (int.)	?	tempéré	?
IX et X	sable limoneux	colluvial (int.)	?	tempéré	?
XI	cailloutis mosans	fluvial ?	?	tempéré froid	?
XII	sable limoneux	colluvial (int.)	?	?	?

Tableau IV : Mode de dépôt et contexte climatique des unités de la terrasse.

Le limon humifère VA suit une surface légèrement onduleuse, sensiblement discordante par rapport à la base de l'unité V gris, avec une pente bien exprimée en direction de l'intérieur de la grotte où il s'inscrit dans le prolongement du plancher stalagmitique CC4 (Otte *et al.*, 1983) et d'une fine couche de limon jaune (couche DG-6c, cf. Gullentops). La formation de cet horizon humifère fait donc suite à un épisode d'érosion et traduit distinctement une longue phase de stabilisation de la surface du remplissage limoneux pendant laquelle eurent lieu la croissance du plancher stalagmitique CC4 et le développement de l'horizon d'oxydation V ocre. Toutefois, par sa disposition et sa limite inférieure abrupte, le limon humifère qui n'a pas de prolongement dans la partie interne de la galerie supérieure, s'apparente à un dépôt colluvié plutôt qu'à un horizon pédologique en place; il représenterait de ce fait les premiers apports extérieurs mis en place par ruissellement à partir du porche de la grotte qui à cette époque se situait probablement à hauteur des carrés 3 et 4.

La présence de blocs calcaires dans la partie supérieure du limon humifère VA marque sans doute une reprise des processus de gélivation et annonce la formation du gros éboulis sus-jacent (unité IV). Composé de gros blocs associés à des plaquettes calcaires prises dans une matrice limoneuse peu abondante, cet éboulis présente une disposition en dôme à hauteur de la terrasse au-delà du carré 8 et paraît bien résulter de l'effondrement partiel du porche de la grotte au cours d'une phase cryoclastique importante. En effet, latéralement l'éboulis IV passe à une couche continue de débris gélifractés qui se suit jusqu'au fond de la galerie supérieure (couche DG-7, cf. Gullentops; couche 3, cf. Otte) et atteste donc de l'importance de ce dépôt en tant qu'épisode climatique bien individualisé.

L'horizon humifère (unité III) développé au sommet de l'éboulis IV marque une nouvelle stabilisation du système qui affecte l'ensemble de la galerie supérieure. Partout la base de l'horizon est diffuse et graduelle, tandis que la composante limoneuse augmente nettement vers le haut. Il s'agit ici d'un horizon pédologique formé en place sous une couverture végétale sans doute abondante et continue. Par ailleurs, l'extension de cet horizon humifère à l'intérieur de la galerie (couche DG-8, cf. Gullentops; couche 2B, cf. Otte) est probablement à mettre en relation avec le recul de l'entrée de la grotte suite à l'effondrement d'une partie du porche. Enfin, la présence de quelques gros blocs calcaires au sommet de l'horizon humifère III laisse supposer une recrudescence des processus de gélivation; de fait, ces blocs occupent une position similaire à celle de la couche de plaquettes et de blocs calcaires observée dans la partie interne de la galerie (couche DG-9, cf. Gullentops; couche 2A, cf. Otte), mais qui n'est pas individualisée sur la terrasse.

Après une phase d'érosion qui tronque en partie la couche caillouteuse 2A et affecte la partie supérieure de l'horizon humifère III, les dépôts cryoclastiques cèdent à nouveau le pas à des apports limoneux représentés par l'unité I laquelle se prolonge également dans la partie interne de la galerie (couche DG-10, cf. Gullentops; couche 1B, cf. Otte). Comme dans les cas précédents (unités VI et V), le mode de dépôt de l'unité limoneuse I prête à discussion. Un premier point concerne la géométrie de cette unité à hauteur de la terrasse; nettement érosive, celle-ci présente un fort gradient de pente en direction de la partie interne de la galerie à hauteur des carrés 6 à 9. De plus, au moment du dépôt, il est vraisemblable que cette partie de la terrasse se situait à l'extérieur de la grotte. Par ailleurs, la texture de l'unité I diffère légèrement de celle de l'unité V gris; elle s'en distingue par une fraction sableuse plus élevée, à composante bimodale, et par des teneurs en argile inférieures, voisines de 20%, plus proches de celles des loess weichséliens de Moyenne Belgique. Tous ces éléments évoquent un processus sédimentaire plus dynamique et plaident en faveur d'apports externes d'origine loessique remaniés par ruissellement le long du versant de la vallée. Par contre, à l'intérieur de la grotte la situation paraît plus complexe; les limons qui prolongent l'unité limoneuse I (couche DG-11, cf. Gullentops; couche 1B, cf. Otte) montrent en effet une disposition sub-horizontale et incorporent de surcroît un pourcentage non négligeable de petits cailloux d'origine mosane (Gullentops et Deblaere, 1992), lesquels sont totalement absents au niveau de la terrasse. En conséquence, une origine mixte du dépôt intégrant des composants externes et internes paraît la plus vraisemblable.

L'horizon brunifié (unité IB), uniquement présent dans la partie supérieure de l'unité I à hauteur des carrés 8 et 9 de la terrasse, enregistre un nouvel arrêt des processus sédimentaires associé à une phase d'altération. Celle-ci se caractérise par la formation d'un sol structuré présentant une bonne intégration de l'humus aux composants minéraux et implique pour le moins une stabilisation relativement longue du talus de la terrasse sous une végétation abondante.

L'unité IA correspond à une nouvelle phase d'activité cryoclastique marquée par un ensemble de gros blocs et de plaquettes calcaires discordant par rapport à l'unité I et à son horizon d'altération IB. Au niveau de la terrasse, ce dépôt cryoclastique est bien développé à hauteur des carrés 8 et 9 (Fig. 4), soit nettement en retrait par rapport à l'éboulis IV, ce qui répond probablement à la nouvelle position du porche de la grotte. Par ailleurs, l'importance de l'épisode cryoclastique associé à l'unité IA est attestée par l'extension latérale de celle-ci à l'intérieur de la galerie (couche DG-11, cf. Gullentops; couche 1A, cf. Otte).

La séquence de la terrasse, tronquée lors des fouilles antérieures à 1978, se termine par un dernier limon (unité II) incorporant vers le haut des lentilles de loess pur qui indiquent clairement une dynamique externe. Peut-être s'agit-il d'un équivalent de la mince couche limoneuse présente à l'intérieur de la galerie (couche DG-12, cf. Gullentops; couche 1, cf. Otte), mais l'absence de connections latérales ne permet pas de le préciser, cela d'autant plus qu'à partir de cette période les deux systèmes semblent bien avoir fonctionné séparément suite à la fermeture progressive du porche de la grotte. D'autre part, c'est après le dépôt du limon supérieur (unité II), qu'eut lieu l'effondrement du toit de la galerie inférieure à hauteur de la terrasse, mettant ainsi en contact et cela de manière tout à fait artificielle, la base du remplissage de la galerie supérieure (unité VII) et le sommet tronqué des dépôts de la galerie inférieure (unité VIII).

6. L'ENREGISTREMENT PALEOCLIMATIQUE

Dans un premier temps, l'interprétation paléoclimatique de la séquence de la grotte Scladina sera considérée à partir des données relatives à la genèse et au mode de dépôt des unités sédimentaires; étant confronté avec un enregistrement complexe pour lequel on ne dispose guère de système de référence, il importera donc de mettre en oeuvre une approche extrêmement critique. De fait, plusieurs schémas peuvent être considérés selon que l'on se réfère à des apports loessiques externes ou à une dynamique interne liée à l'activité karstique.

Dans le premier cas, on serait amené à considérer les différentes unités limoneuses comme l'expression de phases froides et relativement sèches, lesquelles contrastent avec les épisodes froids et humides correspondant aux dépôts cryoclastiques. Selon un tel schéma, seuls les horizons d'altération et les concrétionnements stalagmitiques traduiraient des périodes de réchauffement climatique.

Toutefois, il n'est nullement prouvé qu'un dépôt limoneux incorporant d'abondants fragments anguleux de calcaire, comme c'est le cas des unités VII et VB, soit toujours indicatif d'un environnement froid. De fait, des dépôts de ce type se rencontrent également dans le remplissage holocène de certaines cavités karstiques de nos régions; nous les avons notamment observés dans le vallon du Colebi près d'Anseremme où ils scellaient une sépulture mésolithique, mais aussi dans la partie supérieure du remplissage de la grotte Walou attribuée à l'Holocène (Chen *et al.*, 1988).

D'autre part, dans la mesure où une partie au moins des dépôts limoneux de la galerie supérieure est liée à une dynamique interne du karst, c'est-à-dire qu'elle résulte probablement du soutirage de loess préservés sur le plateau le long de fissures développées dans le massif calcaire, comment distinguer des dépôts correspondant à des épisodes froids

de ceux associés à des épisodes plus ou moins tempérés? La sédimentologie n'est ici d'aucun recours.

Ces différents éléments démontrent combien l'interprétation climatique de la séquence de Sclayn est difficilement contrôlable à partir des données de la sédimentologie. En fait, seule la partie supérieure de la séquence de la terrasse correspondant aux unités VA à II, lesquelles furent en grande partie alimentées par des apports extérieurs au réseau karstique, permet une appréciation de l'évolution de l'environnement paléoclimatique (Tableau IV), mais même dans ce cas, le domaine d'imprécision demeure considérable.

A cela s'ajoute l'existence certaine d'hiatus dont l'ampleur et la signification chronologique sont difficilement appréciables (Tableau IV). Ces hiatus permettent néanmoins d'individualiser cinq ensembles sédimentaires qui par leur nature et leur géométrie présentent une certaine continuité interne. Ceux-ci correspondent respectivement au colmatage de la galerie inférieure (unités XII à VIII), au tiers inférieur de la séquence de la galerie supérieure (unités VII à V gris), au gros éboulis IV avec les horizons humifères qui l'encadrent (unités VA et III), à l'unité limoneuse I surmontée de son horizon d'altération (unité IB) et enfin à l'éboulis IA suivi des limons loessiques (unité II).

Par ailleurs, il est évident que seule une approche multidisciplinaire est en mesure de fournir les éléments de réponse nécessaires à la compréhension du contexte paléoclimatique de la séquence. Dans le cas présent (Tableau IV), c'est surtout l'insertion des données de la palynologie et de la microfaune qui s'est avérée déterminante (voir Bastin, 1992; Cordy, 1992). Relevons en particulier la remarquable complémentarité des différentes approches, mais aussi l'excellente cohérence des données biostratigraphiques lesquelles confirment en quelque sorte les réserves que nous avons émises quant à la validité de l'interprétation paléoclimatique de la séquence de Sclayn à partir de l'enregistrement sédimentaire. C'est surtout le cas pour la partie inférieure de la séquence dont la genèse est liée à une dynamique interne du karst (unités XII à V gris); par contre, la concordance entre les enregistrements biostratigraphiques et sédimentologiques est mieux exprimée dans la partie supérieure de la séquence de la terrasse alimentée en partie par des apports extérieurs (unités VA à II). On y note cependant une certaine distorsion au niveau du gros éboulis IV dont le contexte climatique nettement froid n'est guère perceptible dans l'évolution de la végétation et de la microfaune.

7. CONTEXTE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE

Ici aussi le caractère limitatif des données stratigraphiques et sédimentologiques n'autorise guère une approche chronostratigraphique de la séquence de Sclayn; à nouveau priorité sera donnée aux enregistrements biostratigraphiques et chronologiques (Bastin, 1992; Bastin *et al.*, 1986; Cordy, 1992; Gewalt *et al.*, 1992). Néanmoins, la géométrie des dépôts et le type de bilan sédimentaire des différentes unités méritent d'être pris en considération. En particulier, nous avons révélé la présence d'un certain nombre d'hiatus qui rendent peu probable l'idée d'un enregistrement continu. De plus, il existe une unité certaine au niveau de la dynamique et du mode de dépôt des différents ensembles sédimentaires séparés par les hiatus (Tableau IV). En d'autres termes, nous avons le sentiment que le système a fonctionné d'une manière discontinue, enregistrant une succession d'épisodes sédimentaires de courte durée.

Ce schéma est d'ailleurs en accord avec les données de la géochronologie (Gewalt *et al.*, 1992), notamment en ce qui concerne le remplissage de la galerie inférieure que l'on peut valablement attribuer à la phase transitoire qui conduit de la fin du Pléistocène moyen au début de l'Eemien (Bastin *et al.*, 1986). En revanche, l'idée d'une certaine continuité semble bien s'imposer pour l'ensemble des unités VII à IV; en effet, d'après les arguments

biostratigraphiques, celles-ci correspondraient aux deux tiers supérieurs du stade isotopique 5 (Bastin, 1992; Bastin *et al.*, 1986; Cordy, 1992), ce qui nous paraît néanmoins considérable, si l'on tient compte du fait qu'il s'agit là d'un laps de temps de l'ordre de 40 millénaires.

Par ailleurs, l'éboulis IV et les horizons humifères qui l'encadrent traduisent distinctement une modification importante de la dynamique sédimentaire mais aussi de l'environnement climatique. Par comparaison avec les séquences de plein air du N-O de l'Europe (Van Vliet-Lanoë, 1986), ces dépôts enregistrent probablement le début de la dernière glaciation et seraient de ce fait à situer à la transition des stades isotopiques 5 et 4. Quant aux dépôts limoneux sus-jacents, ils pourraient représenter le Pléniglaciaire inférieur (stade isotopique 4), car c'est au cours de cette période qu'une première couverture loessique s'est mise en place dans nos régions (Haesaerts, 1984). En conséquence, on pourrait valablement rapporter l'horizon brunifié (unité IB) au début de l'Interpléniglaciaire (stade isotopique 3), interprétation d'ailleurs compatible avec les datations radiométriques obtenues pour l'unité IA qui situent ce dépôt entre 60.000 et 40.000 B.P. (Gewelt *et al.*, 1992).

BIBLIOGRAPHIE

- BALESCU, S., 1988. *Apports de la thermoluminescence à la stratigraphie et à la sédimentologie des loess du NW de l'Europe*. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, 199 p.
- BASTIN, B., 1992. Analyse pollinique des sédiments détritiques, des coprolithes et des concrétions du site préhistorique de la grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 59-77.
- BASTIN, B., CORDY, J.-M., GEWELT, M. et OTTE, M., 1986. Fluctuations climatiques enregistrées depuis 125.000 ans dans les couches de remplissage de la grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 25-26, pp. 168-177.
- CHEN, Z., EK, C. et LACROIX, D., 1988. Sédimentologie de quelques loess de la grotte Walou à Trooz, Belgique. *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 28, pp. 69-79.
- CORDY, J.-M., 1992. Bio - et chronostratigraphie des dépôts quaternaires de la grotte Scladina (Prov. de Namur, Belgique) à partir des micromammifères. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp.79-125.
- DEBLAERE, Chr. et GULLENTOPS, Fr., 1986. Lithostratigraphie de la grotte Scladina. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 25-26, pp. 178-181.
- EK, C., ALEXANDRE-PYRE, S. et JUVIGNE, E., 1974. Etude sédimentologique dans la grotte de Remouchamps. *Bulletin de la Société Royale Belge d'Anthropologie et de Préhistoire*, 85, pp. 16-41.
- GEWELT, M., SCHWARCZ, H.P. et SZABO, B.J., 1992. Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp.159-172.
- GULLENTOPS, Fr. et DEBLAERE, Chr., 1992. Erosion et remplissage de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp.9-31.
- HAESAERTS, P., 1984. Aspects de l'évolution du paysage et de l'environnement en Belgique au Quaternaire. In : CAHEN, D. et HAESAERTS, P. (éds), *Peuples chasseurs de la Belgique préhistorique dans leur cadre naturel*. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, pp. 27-39.
- HAESAERTS, P. et VAN VLIET, B., 1974. Compte rendu de l'excursion du 25 mai 1974 consacrée à la stratigraphie des limons aux environs de Mons. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 97, pp. 503-516.
- HAESAERTS, P., JUVIGNE, E., KUYL, O., MUCHER, H. et ROEBROEKS, W., 1981. Compte rendu de l'excursion du 13 juin 1981, en Hesbaye et au Limbourg néerlandais, consacrée à la chronostratigraphie des loess du Pléistocène supérieur. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 104, pp. 223-240.
- OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M. et GAUTIER, A., 1983. Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur). *Helinium*, 23, pp. 112-142.
- QUINIF, Y., DUPUIS, C., BASTIN, B. et JUVIGNE, E., 1979. Etude d'une coupe dans les sédiments quaternaires de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 102, pp. 229-241.
- VAN VLIET-LANOË, B., 1986. Le pédocomplexe du dernier interglaciaire (de 125.000 à 75.000 ans). Variations de faciès et signification paléoclimatique, du sud de la Pologne à l'ouest de la Bretagne. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 25-26, pp. 139-150.

II. SCIENCES DE LA VIE

ANALYSE POLLINIQUE DES SEDIMENTS DETRITIQUES, DES COPROLITHES ET DES CONCRETIONS STALAGMITIQUES DU SITE PREHISTORIQUE DE LA GROTTÉ SCLADINA (PROVINCE DE NAMUR, BELGIQUE)

B. BASTIN*

RESUME

L'analyse pollinique des couches XI à V de la terrasse à l'avant de la grotte et du plancher stalagmitique scellant leurs équivalents à l'intérieur de la grotte a mis en évidence une triple succession interglaciaire.

Le début de la première période interglaciaire est caractérisé par les courbes successivement croissantes de *Betula*, *Pinus*, *Ulmus* et *Corylus*, ce qui autorise une corrélation stricte avec le début de la période interglaciaire Eemienne (sous-stade isotopique 5e).

Durant la deuxième période interglaciaire, de forts pourcentages de *Tilia* et *Corylus* sont enregistrés, en même temps qu'une extension significative de *Picea*, *Carpinus* et *Quercus*. La présence simultanée de ces arbres thermophiles autorise une corrélation avec la période interglaciaire Saint-Germain I (sous-stade isotopique 5c).

Plus tard, l'évolution complexe d'une végétation forestière est une fois encore enregistrée; elle est caractérisée par l'extension de *Corylus*, *Ulmus* et *Alnus* au début, l'extension de *Carpinus*, *Tilia* et *Ilex* durant l'optimum climatique, et une très forte extension de *Ulmus* et *Pinus* à la fin. Cette végétation forestière bien diversifiée est rapportée à la période interglaciaire Saint-Germain II (sous-stade isotopique 5a).

A l'intérieur de la grotte, l'interstade connu sous le nom "Amélioration des Tambourets" a encore pu être reconnu plus haut dans la séquence détritique, cependant que l'Atlantique, le Subboréal et le Subatlantique sont enregistrés dans les concrétions stalagmitiques scellant le remplissage détritique.

ABSTRACT - Pollen analysis of the detritic sediments, the coprolithes and the speleothems from the prehistoric site of the Scladina Cave (Province of Namur, Belgium).

Pollen analysis of the layers XI to V from the terrace in front of the cave, and of the stalagmitic floor sealing their equivalents inside the cave, has evidenced a threefold interglacial succession.

The outset of the first interglacial period is characterized by the successively increasing curves of *Betula*, *Pinus*, *Ulmus* and *Corylus*, allowing a close correlation with the outset of the Eemian interglacial period (isotopic substage 5e).

During the second interglacial period, large amounts of *Tilia* and *Corylus* pollen are registered, together with a significant extension of *Picea*, *Carpinus* and *Quercus*. The simultaneous presence of such thermophilous trees allows a correlation with the Saint-Germain I interglacial period (isotopic substage 5c).

Later on, the complex evolution of a forest vegetation is once more registered, characterized by the extension of *Corylus*, *Ulmus* and *Alnus* at the outset, the extension of *Carpinus*, *Tilia* and *Ilex* at the climatic optimum, and a very strong extension of *Ulmus* together with *Pinus* at the end. This well diversified forest vegetation is referred to the Saint-Germain II interglacial period (isotopic substage 5a).

Inside the cave, the interstadial "Amélioration des Tambourets" can still be recognized higher in the detritic sequence, whilst the Atlantic, Subboreal and Subatlantic periods are registered in the speleothems sealing the detritic filling.

* Laboratoire de Palynologie, 4 Place Croix du Sud, 1348 Louvain-la-Neuve.
Manuscrit déposé le 15 mai 1990.

I. INTRODUCTION

Étalée sur plus de 10 ans, l'étude palynologique des couches sédimentaires de la terrasse et de l'intérieur de la Grotte Scladina a nécessité l'échantillonnage, dans quelque 30 m de coupes, d'une soixantaine de kilos de sédiments détritiques et d'une trentaine de kilos de concrétions stalagmitiques.

En juin 1979 tout d'abord, 29 échantillons furent prélevés dans les couches I à V de la Coupe G-H, seules accessibles alors et qui se révélèrent très défavorables à l'analyse pollinique. Certains échantillons étant tout à fait stériles, je n'obtins que 17 spectres polliniques pratiquement ininterprétables, soit en raison de remaniements manifestes, soit en raison de leur pauvreté en pollens et spores. Il n'est dès lors pas surprenant que l'interprétation chronostratigraphique proposée à cette époque (Otte *et al.*, 1981) ait été encore assez éloignée de celles qui furent proposées quelques années plus tard, au fur et à mesure de l'avancement de l'étude palynologique.

De novembre 1982 à mars 1984, A.M. Schneider effectua sous ma direction le prélèvement de 158 échantillons dans les couches XI à IB de la terrasse et les couches 7B à 1A de la grotte, ainsi que de 21 échantillons dans les planchers stalagmitiques CC1, CC4 et CC6. Dès l'obtention des premiers résultats, une nouvelle interprétation chronostratigraphique permit de reconnaître la succession des sous-stades isotopiques 5e à 5b enregistrée lors du dépôt des sédiments de la couche XI à la base de la couche V (Otte *et al.*, 1983). La poursuite de l'étude de la couche V et celle du plancher stalagmitique CC4 permirent un an plus tard de compléter cette interprétation en montrant que les couches XI à V avaient enregistré les cinq fluctuations climatiques du stade isotopique 5 reconnues pour la première fois dans les Vosges par Woillard (1978): Eemien - Melisey I - Saint-Germain I - Melisey II - Saint-Germain II (Bastin et Schneider, 1984).

Rentrée en Suisse, A.M. Schneider revint sur cette interprétation, et faisant appel à la "*corrosion différentielle*" des pollens, elle introduisit une inutile problématique selon laquelle tous les spectres polliniques à dominance de plantes herbacées "*seraient plutôt des indicateurs de remaniement du sédiment*", cependant que l'Eemien aurait probablement été la seule phase interglaciaire enregistrée (Schneider, 1986). Pour ajouter à la confusion, on s'aperçut à la lecture de cet article que bon nombre de spectres polliniques présentaient des pourcentages tout à fait anormaux de spores monolètes de *Filicales* (notamment dans les couches XI à V), que d'autres présentaient des pourcentages incongrus de *Carpinus* (à la base de la couche XI) ou étaient aberrants (dans la couche VB de la Coupe Nord).

Il ne restait dès lors qu'une solution: reprendre l'étude palynologique à zéro! Dans ce but, d'octobre 1984 à octobre 1986 je prélevai 200 échantillons dans les couches XI à 1A, ainsi que 33 échantillons dans les concrétions stalagmitiques CC1, CC3 et CC4¹). De ces nouveaux échantillons, quarante-six spectres polliniques ont été jusqu'à présent publiés (Bastin *et al.*, 1986). Il faut souligner que l'étude des faunes mammaliennes publiée dans cet article est en parfait accord avec l'étude palynologique pour reconnaître dans les couches XI à V la succession des trois phases interglaciaires 5e, 5c et 5a initialement reconnues par la seule palynologie (Bastin et Schneider, 1984).

¹ Ces prélèvements ont été rendus possibles grâce à la minutie avec laquelle Daniel Mangon dirigeait la fouille à cette époque: je l'en remercie vivement.

II. COMMENTAIRES DES RESULTATS

A. La Coupe 6-7, Carré F (Fig. 1)

Grâce à l'effondrement d'une partie du plancher de la galerie supérieure, deux galeries superposées ont été mises en communication puis comblées par les sédiments de la coupe 6-7, la seule sur laquelle on peut suivre de façon continue la succession des couches XI à V. Là où ont été effectués les prélèvements, la séquence sédimentaire - décrite en détail par Haesaerts (1992) - peut être résumée comme suit.

Une importante phase de ruissellement met d'abord en place un dépôt de 2,10 m d'épaisseur, principalement constitué de galets roulés (couches XI et X), surmonté par 10 cm de dépôt plus limoneux (couche IX) attestant d'un ralentissement de la sédimentation. La reprise du ruissellement met en place une couche peu caillouteuse (VIII) de 20 cm d'épaisseur, tronquée par 60 cm de cailloutis anguleux à matrice limoneuse (couche VII). Une nouvelle reprise du ruissellement met en place 30 cm de limon peu caillouteux (couche VI) lui-même surmonté par 40 cm d'un deuxième cailloutis à blocs anguleux (couche VB). La séquence s'achève par le dépôt de 60 cm de limon très finement lité et presque dépourvu de cailloux (couche V), témoignant d'un apport éolien repris par ruissellement.

1. Les couches XI à VIII

Le diagramme pollinique obtenu dans ces couches reflète une végétation forestière pionnière dans laquelle seuls *Betula* et *Pinus* sont présents en courbe continue⁽²⁾. Cinq phases polliniques successives peuvent être distinguées.

- De 902 à 832 cm: parmi les arbres, qui atteignent en moyenne 76%, *Betula* (69%) est nettement prédominant sur *Pinus* (5%), et l'on note la présence régulière de *Corylus* (0,7%) et *Alnus* (0,3%). Parmi les plantes herbacées, seuls quatre taxons sont présents en courbe continue: les *Cichoriées* (8%), les *Anthémidées* (6,5%), les *Poacées* (6%) et *Artemisia* (2,5%).

- De 822 à 762 cm: une légère extension de *Pinus* (10%), *Corylus* (1,1%) et *Alnus* (0,8%) ne compense pas une forte régression de *Betula* (40%), et les arbres n'atteignent plus que 53%. Par ailleurs, les *Cichoriées* (13,5%), les *Anthémidées* (12,5%), les *Poacées* (9%) et *Artemisia* (5%) sont en nette extension, cependant qu'apparaît la courbe continue d'un cinquième taxon herbacé, *Centaurea* (3,5%). L'épisode plus steppique enregistré dans ces six niveaux traduit vraisemblablement une petite récurrence de climat plus rigoureux.

- De 752 à 742 cm: suite à une forte extension de *Pinus* (64,5%) compensant largement la régression de *Betula* (11%), les arbres atteignent à présent 79%, en même temps qu'apparaît pour la première fois un pourcentage significatif de *Quercus* (2,6% à 742 cm). Parmi les plantes herbacées, l'extension de *Centaurea* (9%) n'arrive pas à compenser le net recul des *Poacées* (5%), de *Artemisia* (2,5%), des *Anthémidées* (1%) et des *Cichoriées* (0,5%). Il est donc clair que le couvert forestier se referme.

- De 732 à 682 cm: alors que le pourcentage des pollens arboréens (78%) ne varie guère, on note une rapide extension de *Ulmus* qui, avec 39%, devient le taxon dominant à 712 cm. Dans les deux niveaux suivants, *Ulmus* se maintient au-dessus de 35%, pour régresser ensuite à 15% à 682 cm. Simultanément est enregistrée l'apparition d'une courbe subcontinue de *Filicales monolètes* (2,5%) traduisant l'installation définitive d'une végétation forestière de caractère à la fois plus tempéré et un peu plus humide.

- A 672 cm: une nette extension de *Corylus* (36,5%) est malheureusement tronquée par le hiatus qui, dans la coupe, sépare la couche VIII de la couche VII sus-jacente.

²La terminologie utilisée dans le commentaire des diagrammes polliniques est celle qui a été définie dans Bastin (1979).

La succession des phases polliniques décrites ci-dessus ne laisse aucun doute sur le climat sous lequel se sont déposées les couches XI à VIII, à savoir un climat de début d'interglaciaire. En outre, l'extension successive de *Betula*, *Pinus*, puis *Ulmus* est une véritable signature du début de l'Eemien (Zagwijn, 1961; Andersen, 1974; Woillard, 1975; Beaulieu et Reille, 1984) à l'exclusion de tout autre interglaciaire (Menke et Behre, 1973; Frenzel, 1973).

Mais l'étude palynologique des couches XI à VIII de la Grotte Scladina apporte un résultat foncièrement nouveau: l'enregistrement détaillé du début de l'Eemien dans un autre contexte que celui d'un milieu tourbeux ou à tout le moins palustre. Les traits propres au milieu calcaire sont d'une part le rôle important joué par *Ulmus* (codominant avec plus de 35% dans trois niveaux successifs), et d'autre part l'extension de *Corylus* (et non pas de *Quercus*) juste après l'extension de *Ulmus*.

Il faut enfin souligner que la succession complexe des cinq phases polliniques décrites ci-dessus est très comparable au début de l'Eemien enregistré dans les sédiments limniques de Zeifen (Jung *et al.*, 1972), où se marque notamment très clairement une récurrence des taxons herbacés (jusque 75% de N.A.P.) peu après le début de l'interglaciaire.

2. Les couches VII à V

Suite à l'oxydation due notamment à une longue exposition à l'air de la partie supérieure de la coupe 6-7, les couches VII à V se sont révélées moins favorables à l'analyse pollinique, la concentration en pollen se réduisant des 2/3 par rapport aux couches XI à VIII, avec en outre cinq niveaux pratiquement stériles. La succession de cinq nouvelles phases polliniques a néanmoins pu être reconnue dans ces couches.

- De 662 à 642 cm: on assiste à une très forte régression des arbres, qui n'atteignent plus que 6,3% à 642 cm. Il faut cependant souligner que dans les deux premiers niveaux, *Pinus* (36%) n'est pas seulement accompagné de *Betula* (2,7%), mais aussi de *Corylus* (1,7%), *Alnus* (1,2%), *Picea* (0,8%), *Tilia* (0,8%) et *Quercus* (0,7%), dont la présence simultanée montre que c'est la fin de l'Eemien qui est enregistrée à la base de la couche VII.

- De 612 à 602 cm: la réextension des arbres à près de 50% n'est pas le seul fait de *Pinus* (35%), mais encore de *Corylus* (10,5%), *Betula* (1,3%) et *Tilia* (1,2%), ce qui traduit le début d'une deuxième phase interglaciaire, que la logique conduit à corréliser avec le Saint-Germain I.

- De 592 à 562 cm: outre l'extension de *Corylus* (81% à 592 cm), le caractère interglaciaire de cette phase est aussi attesté par la présence simultanée de *Tilia* (1,4%), *Alnus* (1%), *Picea* (0,5%) et *Quercus* (0,4%), du milieu de la couche VI à la base de la couche VB.

- De 552 à 512 cm: une nouvelle fois les arbres (9,5%) régressent fortement, seul *Pinus* (6%) se maintenant en courbe continue du sommet de la couche VB à la base de la couche V.

- A 482 cm: après deux niveaux malheureusement stériles, le spectre pollinique de ce niveau est à nouveau typiquement interglaciaire, avec 72% d'arbres dont 58% de feuillus: *Corylus* (44%), *Carpinus* (5%), *Alnus* (3%), *Betula* (2%), *Quercus* (2%) et *Ulmus* (2%). Parmi les plantes herbacées, la dominance des *Poacées* (17%) et des *Filicales monolètes* (5%) sur les *Cichoriées* (3%) traduit elle aussi l'ambiance forestière tempérée et plus humide sous laquelle se dépose le sommet de la couche V au cours d'une troisième phase interglaciaire: le Saint-Germain II.

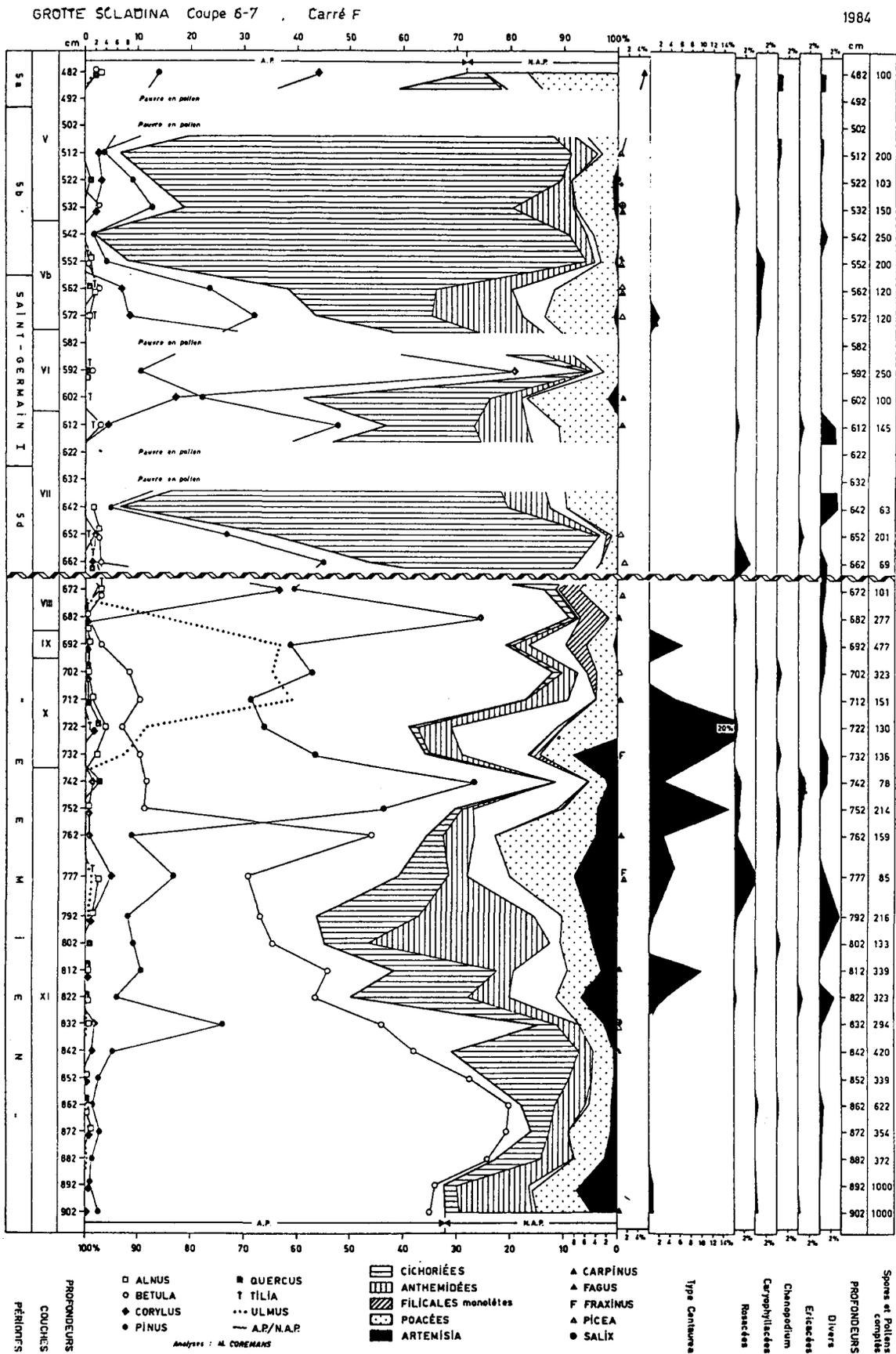


Figure 1 : Diagramme pollinique de la Coupe 6-7, Carré F.

B. La Coupe C-D, Carré 4 (Fig. 2)

L'échantillonnage de cette coupe a été guidé par le fait que la couche VI, qui n'atteignait que 30 cm d'épaisseur dans la coupe 6-7, atteignait ici une épaisseur de 80 cm et y était beaucoup moins caillouteuse. Ce choix s'est avéré très heureux, puisque de la couche VII à la couche VB, trente-deux spectres polliniques obtenus tous les 5 cm ont permis de retracer de façon détaillée la succession de plusieurs groupements forestiers au cours de l'épisode interglaciaire Saint-Germain I. Six phases polliniques successives ont été reconnues.

- De 505 à 500 cm: le faible pourcentage atteint par les arbres (5%) dans un environnement totalement dominé par les *Cichoriées* (94%) traduit bien la rigueur du climat lors du maximum de la crise froide du stade isotopique 5d.

- De 495 à 455 cm: dans un paysage assez ouvert, puisque les arbres n'atteignent encore que 44% en moyenne, pas moins de douze taxons arboréens participent à la recolonisation forestière du site au début du Saint-Germain I. Quatre d'entre eux sont présents en courbe continue: *Pinus* (20%), *Corylus* (8%), *Betula* (5%) et *Alnus* (3%); cinq autres sont présents en courbe subcontinue: *Carpinus* (2,2%), *Quercus* (1,6%), *Ulmus* (1,1%), *Picea* (0,7%) et *Fagus* (0,5%), cependant qu'apparaît à partir de 485 cm *Tilia* (1%) en courbe subcontinue et *Salix* (0,4%) en courbe discontinue, et qu'à partir de 475 cm apparaît *Fraxinus* (1%) en courbe subcontinue. Dans ces neuf spectres polliniques, la présence simultanée de *Carpinus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus*, *Tilia* et *Fraxinus* montre bien que dès son commencement, le Saint-Germain I témoigne à Sclayn (50° lat. N) d'une dynamique forestière interglaciaire, en conformité avec l'opinion de Woillard (1978, 1979) concernant la tourbière de la Grande Pile (48° lat. N). Vouloir en faire un "interstade forestier" du "Prévürm" au Lac du Bouchet (45° lat. N) ou au Marais des Echets (46° lat. N) comme l'ont récemment proposé Reille et Beaulieu (1988) ne peut engendrer que la confusion et d'inutiles polémiques.

- De 450 à 415 cm: la forte extension des arbres à 84% en moyenne traduit bien l'optimum climatique, caractérisé par les extensions de *Tilia* (39% avec un maximum de 72% à 420 cm), *Corylus* (21%), *Picea* (5% avec un premier maximum de 11% à 430 cm) et *Carpinus* (3% avec un maximum de 6% à 440 cm). On assiste par contre à la régression de *Pinus* (12%), *Alnus* (2,5%), *Betula* (1,2%), *Ulmus* (0,4%) et *Quercus* (0,2%) et à la quasi-disparition, voire à la disparition totale, de *Fagus*, *Salix* et *Fraxinus*. Parmi les plantes herbacées, on note la progression des *Filicales monolètes* (3,8%) dont la courbe devient continue. Il faut souligner l'originalité de ce groupement forestier propre au milieu calcaire, caractérisé par le parallélisme des courbes de *Tilia* et *Picea*, ce dernier ayant ici un comportement nettement calcicole. Enfin, il faut insister sur le très fort pourcentage moyen du pollen de *Tilia*, qui atteint durant cette phase une valeur double de celle enregistrée dans cent trente-huit spectres polliniques de concrétions stalagmitiques de grottes belges, d'âge atlantique à subatlantique (Bastin, 1990).

- De 410 à 380 cm: un léger recul des arbres à 74% est dû à la régression de *Tilia* (15%) et de *Carpinus* (1,5%), cependant compensée par une augmentation des pourcentages de *Corylus* (29%), *Pinus* (15,5%), *Picea* (6%), *Alnus* (4%), *Betula* (2%) et *Quercus* (0,8%), alors que *Ulmus* (0,4%) se maintient en courbe subcontinue. Parmi les plantes herbacées, l'extension des *Cichoriées* (10%), des *Filicales monolètes* (8,7%) et des *Anthémidiées* (3,3%) témoigne elle aussi de la légère ouverture du couvert forestier après l'optimum climatique du Saint-Germain I.

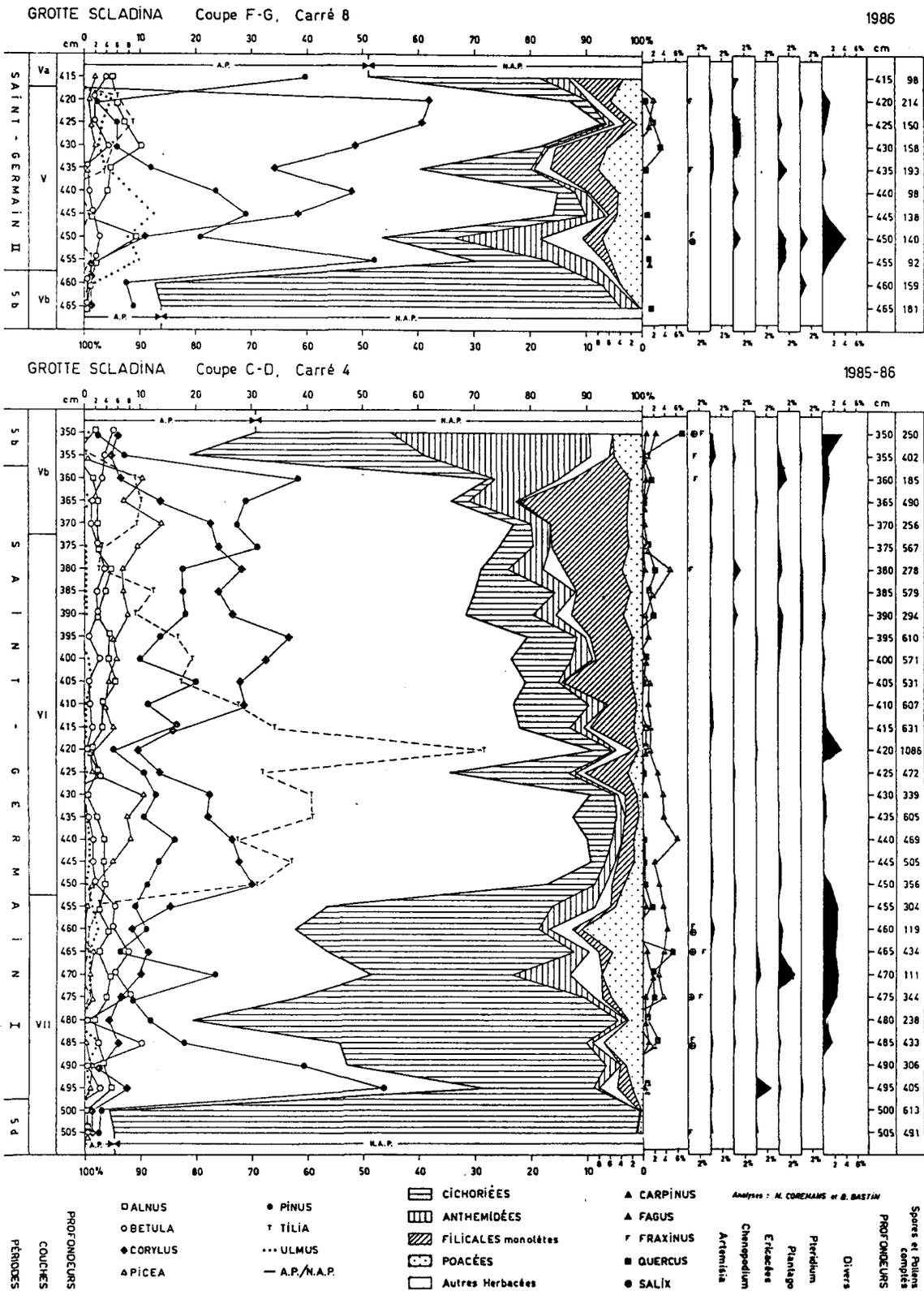


Figure 2 : Diagramme pollinique des Coupes C-D, Carré 4 et F-G, Carré 8.

- De 375 à 360 cm: la régression du pourcentage des pollens arborés (72%), la nette extension de *Pinus* (31,5%) et des *Filicales monolètes* (14,5%), et le recul de *Corylus* (16,5%) et de *Tilia* (8%), reflètent bien la phase finale du Saint-Germain I, au cours de laquelle *Picea* continue son extension (10% en moyenne, avec un deuxième maximum de 13,7% à 370 cm).

- De 355 à 350 cm: le recul des arbres (25%) amorcé à la phase précédente se poursuit, et outre le déclin de *Corylus* (5,5%) et de *Pinus* (5%) principalement, on note la disparition à 350 cm de *Picea*, de *Tilia* et des *Filicales monolètes*, alors que *Fraxinus* qui était apparu à 360 cm atteint à présent 1,8% en moyenne. Quant aux plantes herbacées, leur forte extension est due pour une part égale aux *Cichoriées* (33,3%) et aux *Anthémidées* (32,7%) et dans une mesure beaucoup moindre aux *Poacées* (5,1%).

Il faut souligner que la succession des groupements végétaux forestiers, enregistrée dans les trente-deux spectres polliniques de la coupe C-D basés en moyenne sur l'identification de plus de 500 pollens et spores relevant d'une quinzaine de taxons, fournit l'enregistrement cohérent - et peut-être complet - d'une phase d'amélioration climatique à cachet indiscutablement interglaciaire. A lui seul ce diagramme pollinique apporte un cinglant démenti aux critiques acerbes élevées par Pons (1984) à l'encontre de l'analyse pollinique des sédiments minéraux.

C. La Coupe F-G, Carré 8 (Fig. 2)

Dans les 60 cm de cette coupe se succèdent le sommet de la couche VB, la couche V et la couche VA. Quatre phases polliniques successives y ont été reconnues.

- De 465 à 460 cm: bien que les arbres n'atteignent en moyenne que 13%, en plus de *Pinus* (8,1%) et *Betula* (0,5%), on note la présence de *Corylus* (1,7%), *Ulmus* (1%), *Alnus* (0,9%) et *Quercus* (0,8%), en faibles quantités, il est vrai.

- De 455 à 450 cm: outre *Pinus* (36,4%), pas moins de dix taxons arborés participent à la remontée des arbres à 62%. Ce sont, par ordre d'importance: *Ulmus* (8,8%), *Corylus* (5,9%), *Alnus* (5,7%), *Betula* (2,5%), *Fagus*, *Quercus* et *Tilia* (tous trois 0,5%), *Carpinus*, *Fraxinus* et *Salix* (tous trois 0,3%). Il est clair que la mise en place de la couche V dans cette coupe correspond à une nouvelle dynamique forestière interglaciaire: c'est le début du Saint-Germain II.

- De 445 à 420 cm: la régression de *Pinus* (13,1%), *Ulmus* (5,8%) et *Betula* (1,9%) est largement compensée par l'extension de *Corylus* (48,7%) et de *Quercus* (1,1%), cependant que *Alnus* (5,6%) maintient ses pourcentages, si bien que les arbres atteignent à présent 81,7% en moyenne. On voit alors apparaître en courbe continue *Tilia* (5,9%) et *Picea* (1,1%) à partir de 435 cm, puis *Carpinus* (1,6%) à 425 cm. Parmi les plantes herbacées, le pourcentage des *Filicales monolètes* (4,6%) se rapproche de celui des *Poacées* (4,8%), cependant que les *Cichoriées* (5,5%) et les *Anthémidées* (1,3%) sont en nette régression.

- A 415 cm: une petite récurrence froide se marque par l'extension de *Pinus* (39,8%) et la brusque disparition de *Corylus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Carpinus* et *Quercus*, les arbres régressant alors à 51%.

D. Les Concrétions stalagmitiques CC4 et CC3 (Fig. 3)

Au cours de la fouille archéologique à l'intérieur de la grotte, le décapage de la couche 3 fit apparaître dans plusieurs carrés des éléments de planchers stalagmitiques et de stalagmites situés en connexion stratigraphique, entre les couches 3 et 4. Les dix-huit échantillons prélevés dans ces concrétions stalagmitiques ont permis de reconnaître trois phases polliniques.

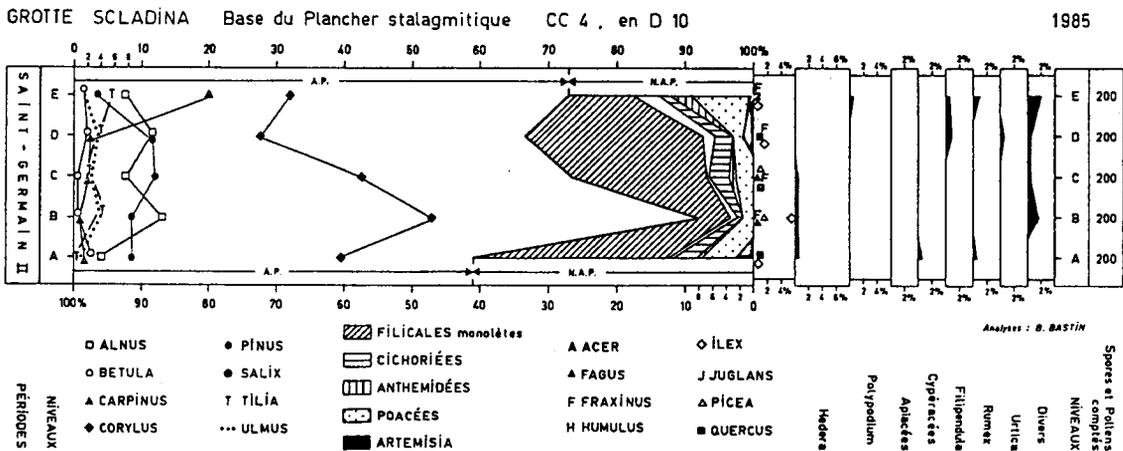
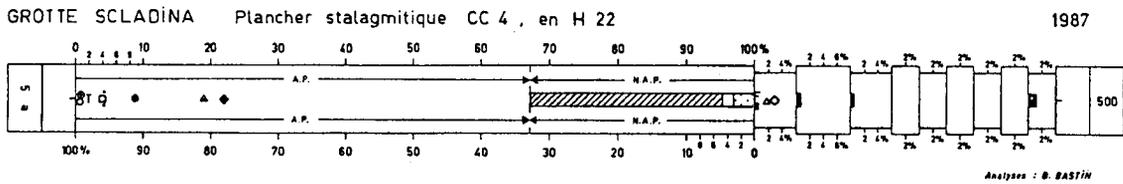
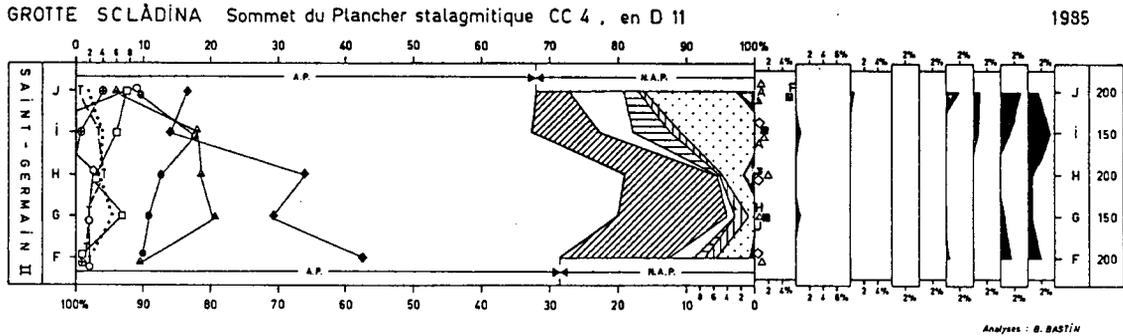
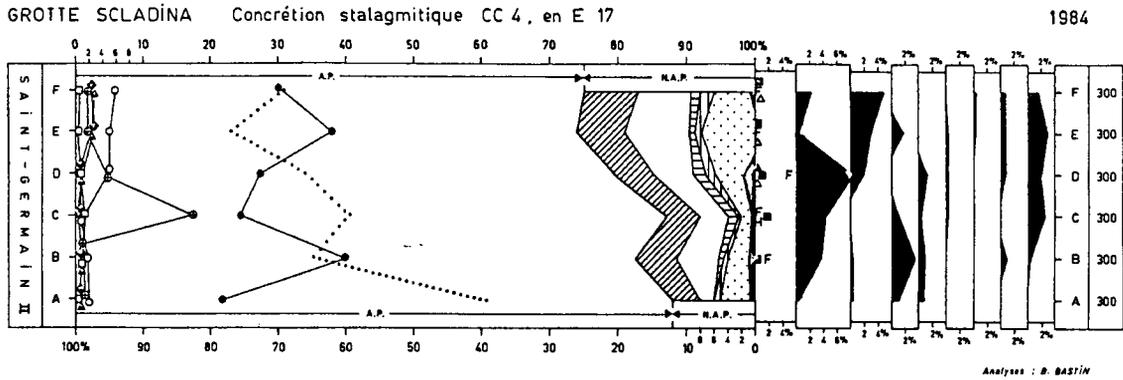
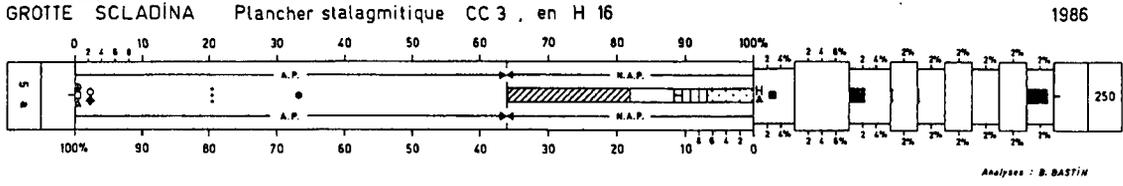


Figure 3 : Diagramme pollinique des Planchers stalagmitiques CC3 et CC4.

1. Plancher stalagmitique CC4 en D 10

Dans les échantillons A à D, les arbres atteignent 73% en moyenne. Huit taxons sont simultanément présents avec plus de 1%: *Corylus* (40,6%), *Pinus* (10,1%), *Alnus* (9%), *Tilia* (2,7%), *Ulmus* (2,7%), *Ilex* (1,9% avec un maximum de 5,5% dans l'échantillon B), *Carpinus* (1,8%) et *Betula* (1,4%). Parmi les plantes herbacées, la prédominance des *Filicales monolètes* (19,6%) complète ce tableau d'une ambiance forestière sous un climat de toute évidence interglaciaire.

Dans l'échantillon E débute une nette extension de *Carpinus* (20%), caractéristique d'une deuxième phase pollinique enregistrée dans six autres spectres du plancher stalagmitique CC4.

2. Plancher stalagmitique CC4 en D 11 et H 22

Les spectres polliniques obtenus dans ces concrétions sont principalement caractérisés par la dominance de *Corylus* (26,4%), le rôle important de *Carpinus* (15,3%), et la présence simultanée de *Alnus* (4,7%), *Ulmus* (3,5%), *Tilia* (2,2%) et *Picea* (1,3%) en courbe continue, et la présence dans quatre spectres de quelque 1% de *Ilex*.

3. Concrétions stalagmitiques CC4 en E 17 et CC3 en H 16

Les sept spectres obtenus dans ces concrétions reflètent un environnement forestier tout à fait nouveau, largement dominé par *Ulmus* (35% en moyenne, avec des valeurs extrêmes de 60,7% en CC4-A et 20,4% en CC3) et *Pinus* (30,5%). *Salix* (4% en moyenne, avec un maximum de 17% en CC4-C) et *Betula* (3,2%) y jouent un rôle non négligeable, alors que *Corylus* (1,4%), *Carpinus* (1,2%), *Quercus* (1%) et *Alnus* (0,6%) sont en nette régression, cependant que *Tilia* disparaît complètement. Par contre on enregistre l'apparition régulière de *Hedera* (3,2%) et de *Fraxinus* (1%) et, parmi les plantes herbacées, celle de *Polypodium* (1,9%).

Cette phase pollinique tout à fait inédite montre le grand intérêt de l'étude palynologique des concrétions stalagmitiques pour reconstituer la dynamique forestière interglaciaire en région calcaire, qui apparaît bien différente de ce qu'elle a pu être en régions de tourbières ou de marais. Eu égard aux très forts pourcentages atteints par l'Orme et sa concurrence avec le Pin, il faut envisager la présence, au cours du Saint-Germain II, d'autres écotypes d'Orme que ceux qui constituent la végétation actuelle, problème dont ne semblent pas se soucier les auteurs de reconstitutions paléoclimatiques basées sur la comparaison de spectres polliniques anciens et actuels (Guiot *et al.*, 1989).

E. La Coupe 16-17, Carré F (Fig. 4)

Echantillonnée de 5 en 5 cm sur 1,4 m de hauteur (³), cette coupe a permis de reconstituer l'évolution du climat contemporaine du dépôt des couches 3 à 1A. Quatre phases polliniques y ont été reconnues.

- De 377 à 372 cm: parmi les arbres qui atteignent en moyenne 62%, on note la prédominance de *Corylus* (40%) sur *Pinus* (11%), mais aussi les pourcentages non négligeables de *Tilia* (8%) et de *Quercus* (1,5%) qui témoignent d'un climat encore très tempéré, incitant à rapporter la couche 3 soit à la fin du Saint-Germain II, soit à l'une des oscillations Ognon de la Grande Pile (Woillard, 1978).

³Cet échantillonnage a été réalisé à mon intention par Chr. Deblaere: je l'en remercie vivement.

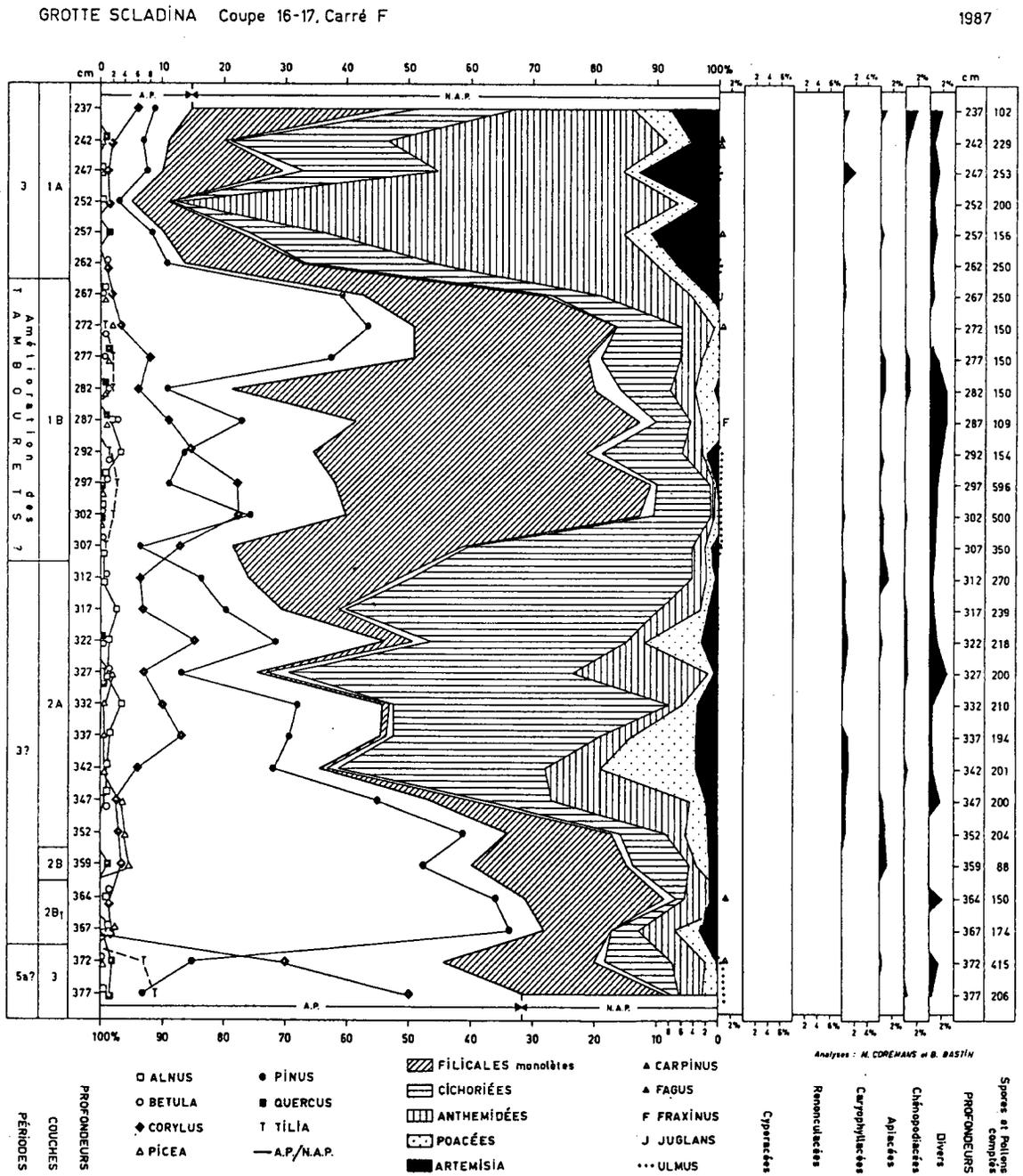
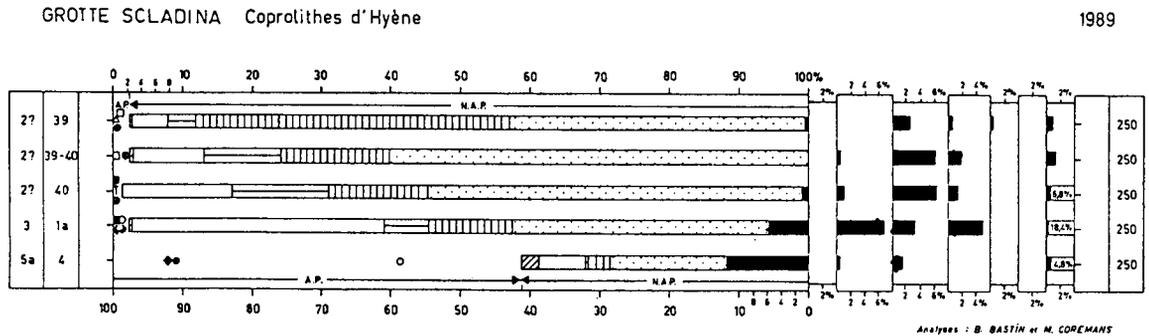


Figure 4 : Diagramme pollinique de la Coupe 16-17, Carré F et des Coprolithes d'Hyène.

- De 367 à 312 cm: la régression des arbres de 60% à 24% traduit une phase de péjoration climatique, dont témoigne aussi la réapparition d'une courbe continue de *Artemisia* (2%) et l'extension progressive des *Cichoriées* (de 5% à 10% au début de cette phase et de 30% à 50% ensuite). Il faut cependant souligner que le maintien d'une courbe continue de *Corylus* (6,3%), d'une courbe subcontinue de *Alnus* (1,2%) et d'une courbe discontinue de *Picea* (1,5%) rend l'interprétation de cette phase quelque peu délicate, de même que la réextension des *Filicales monolètes* dans les trois derniers niveaux (de 4% à 24%).

- De 307 à 267 cm: en raison de la très forte extension des *Filicales monolètes* (41,6%), les arbres ne dépassent pas 38% en moyenne. Mais les forts pourcentages de *Corylus* (11,2%) et la réapparition d'une courbe subcontinue de *Tilia* (1,2%) témoignent d'un léger réchauffement du climat, rapporté à l'Amélioration des Tambourets (Laville *et al.*, 1985) eu égard à la datation ^{14}C de 38.650 B.P. obtenue dans la couche 1A sus-jacente (Bastin *et al.*, 1986).

- De 262 à 237 cm: une très forte péjoration climatique se marque par le fort recul des arbres (10,7%), parmi lesquels seul *Pinus* (7,6%) est encore présent en courbe continue. Parmi les plantes herbacées, l'extension des *Anthémidées* (43%) s'accompagne de la plus forte extension de *Artemisia* (7,6% avec un maximum de 13% à 247 cm) qui ait été enregistrée à Sclayn depuis le début de l'Eemien. Il semble donc que se marquent pour la première fois dans la couche 1A des conditions climatiques à ce point rigoureuses qu'elles peuvent être franchement qualifiées de pléni-glaciaires.

F. Les Coprolithes d'Hyène (Fig. 4)

Afin de ne négliger aucun matériau d'étude, cinq coprolithes d'Hyène ont été soumis à l'analyse pollinique⁴. Quatre d'entre eux, trouvés dans les couches 1A à 39 présentent de grandes similitudes polliniques, dont les principales sont une très forte dominance des plantes herbacées (97,7%) parmi lesquelles les *Poacées* atteignent près de 50% en moyenne, la présence de près de 5% de *Renonculacées*, et la présence de *Cypéracées* (2,8%) dans trois d'entre eux. Ces deux derniers traits se retrouvent dans le coprolithe provenant de la couche 4, qui diffère des quatre autres par la dominance des arbres (59%), dont notamment 8% de *Corylus*. Dans cet échantillon, il faut souligner la présence simultanée de 41,5% de *Betula*, 11,7% de *Artemisia*, 9% de *Pinus* et 8% de *Corylus*, quatre taxons dont la période principale de pollination caractérise quatre phases différentes de la pluie pollinique, de début février à fin août (Lejoly-Gabriel, 1978). Il est clair que dans ce coprolithe-là au moins, une partie de la nourriture de l'herbivore dévoré par l'Hyène provenait de mousses ayant stocké un assemblage pollinique à caractère au moins annuel, voire même pluriannuel. Ce ne serait alors pas par hasard que le seul coprolithe provenant d'une couche mise en place au cours du Saint-Germain II ait fourni un spectre à dominance des arbres. Ce fait, joint à la richesse pollinique des cinq coprolithes analysés montre tout l'intérêt potentiel de la récolte des coprolithes en vue de leur analyse pollinique, lors de fouilles archéologiques ou paléontologiques.

G. La Concrétion stalagmitique CC1, en J 26 (Fig. 6)

En avril 1986, la fouille du carré J 26 fit apparaître sous la voûte de la grotte une séquence de lentilles de calcite interstratifiées dans du limon. L'ensemble de ces passées de calcite a été dénommé CC1. Prélevées sur place puis sciées en laboratoire, elles ont fourni quinze spectres polliniques dont la succession a permis de mettre en évidence quatre phases polliniques.

⁴Ces coprolithes m'ont été remis par P. Simonet: je l'en remercie vivement.

- En A et B: parmi les arbres qui atteignent 53,3%, *Corylus* (38,8%) domine *Pinus* (8,4%) et l'on note la présence de 1,6% de *Tilia* et 2,2% de *Hedera*. L'échantillon A dans lequel il n'y a encore que 0,6% de *Tilia* a fourni la datation ^{14}C MBN 357: 7040 ± 500 B.P. (Gewelt *et al.*, 1992). Après Han-sur-Lesse (Hst III : Bastin et Gewalt, 1986) et Arbre (Ast 9: Bastin et Gewalt, 1986), Sclayn est ainsi le troisième site de région calcaire dans lequel l'apparition du Tilleul ait été datée par le ^{14}C du début de l'Atlantique. Il faut dès lors très sérieusement mettre en doute l'âge boréal, voire même fin préboréal, attribué par Geurts (1976) - en l'absence de toute datation absolue - à certaines couches de travertins de fond de vallée dans lesquelles du pollen de *Tilia* est présent en quantités allant de 1,2% en moyenne à la fin du "Préboréal" à 7,6% en moyenne à la fin du "Boréal"!

La figure 5 montre en coupe la lentille de calcite ayant fourni les échantillons A (à la base) et B (au sommet). Il est intéressant de noter la présence, au sein de cette concrétion stalagmitique, de blocs de calcaire détachés de la voûte ou de la paroi par cryoclastie. Il ne faut en effet pas perdre de vue que même à l'Atlantique il gelait régulièrement pendant l'hiver.

- En C à G: alors que *Corylus* (13,1%) régresse au tiers de sa valeur précédente, *Tilia* (60,6%) connaît une rapide et très forte extension, maintes fois enregistrée dans des niveaux atlantiques de concrétions stalagmitiques holocènes (Bastin, 1982; Bastin et Gewalt, 1986). On note encore une légère augmentation des pourcentages de *Quercus* (1,2%) et l'absence presque complète de *Fagus* et *Carpinus*.

- En H à L: sous l'effet du recul de *Tilia* (42,6%) et de *Corylus* (8,7%), les arbres régressent à 55%, mais on note l'apparition d'une courbe continue de *Carpinus* (0,3%). Parmi les plantes herbacées, l'extension des *Filicales monolètes* (20%) confirme une légère ouverture du couvert forestier, peut-être consécutive à un plus fort impact anthropique, comme le suggère l'apparition d'une courbe continue de *Plantago* (0,6%). Cette phase est empiriquement rapportée au Subboréal.

- En M à O: alors que les pourcentages de *Tilia* (42,9%) et de *Corylus* (9,3%) se stabilisent, *Carpinus* (1,1%) poursuit son extension, cependant que *Fagus* passe de 1,2% en M à 5% en O. Parmi les plantes herbacées, *Plantago* dépasse 1% dans les trois niveaux, en même temps qu'y réapparaît *Artemisia* (0,7%). Cette quatrième phase est rapportée au Subatlantique.

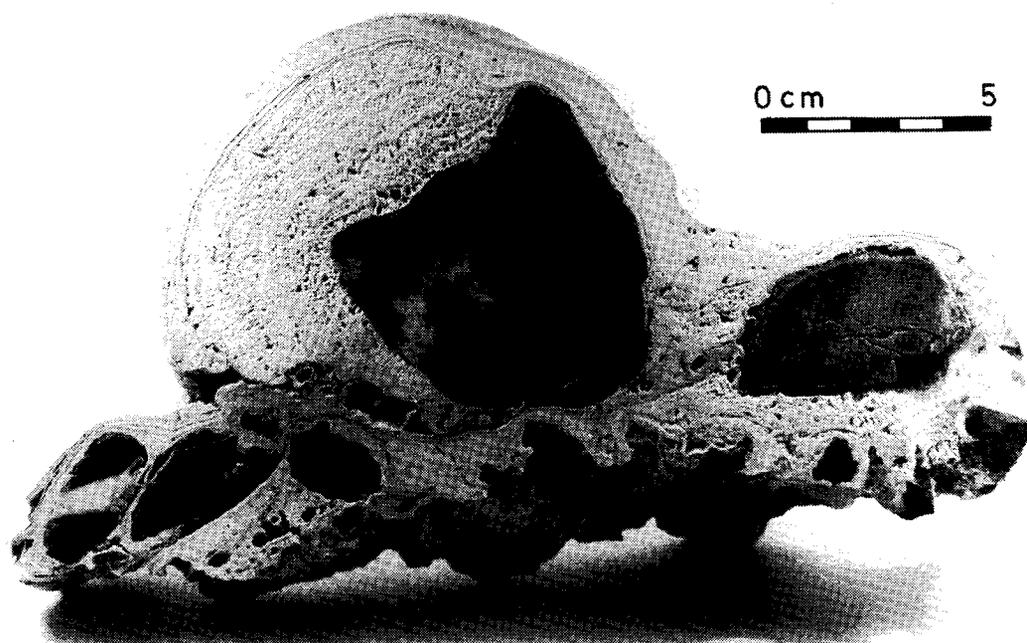


Figure 5 : Gelifracts au sein de la Concrétion stalagmitique CC1/A-B, d'âge Atlantique.

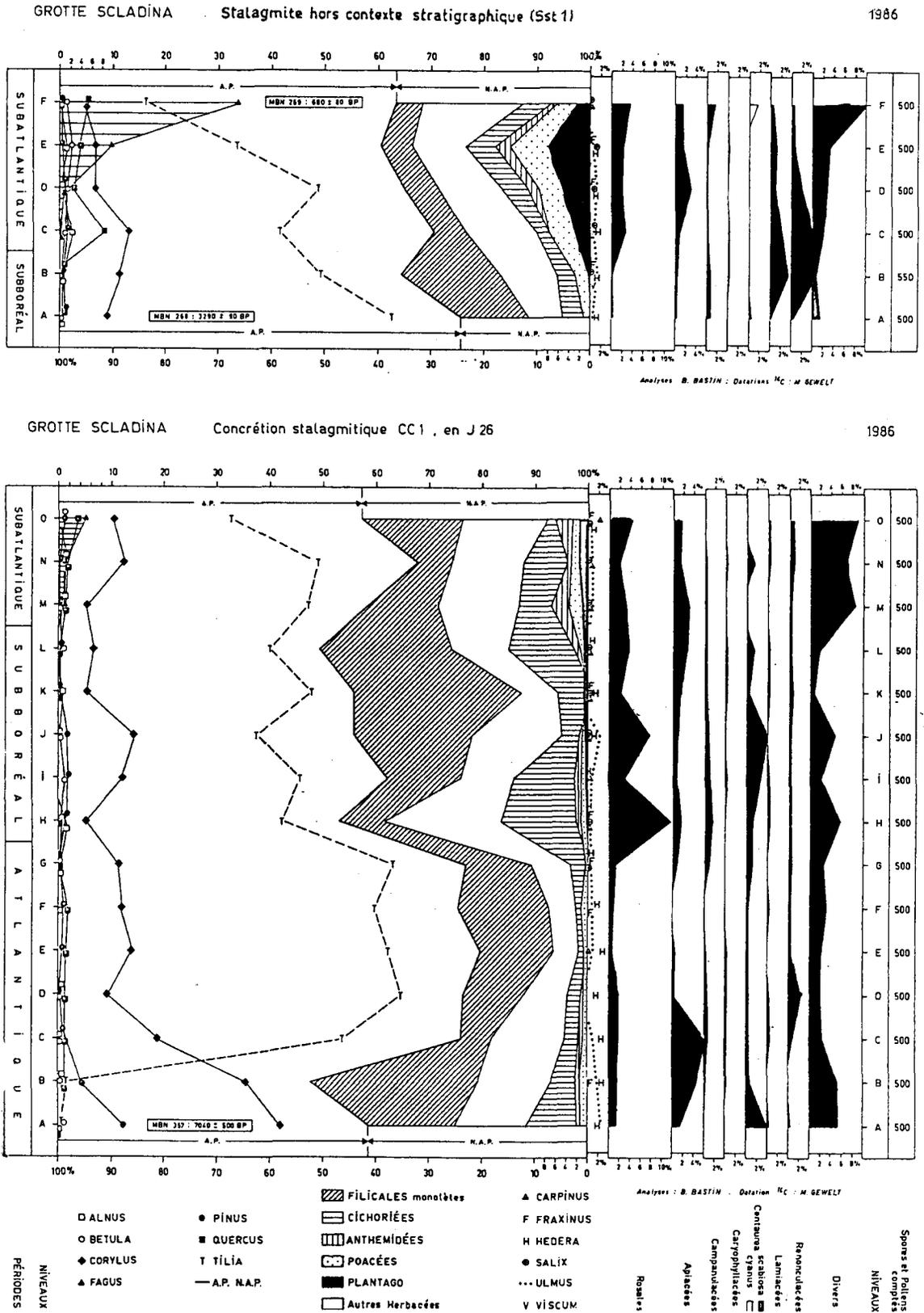


Figure 6 : Diagramme pollinique de la Stalagmite Sst 1 et de la Concrétion stalagmitique CC1.

H. La Stalagmite Sst 1 (Fig. 6)

Prélevée hors contexte stratigraphique en janvier 1979, cette stalagmite a fourni six spectres polliniques à dominance de *Tilia* (47%) dans les niveaux A à E, et à dominance de *Fagus* (33,6%) dans le niveau F. Précédemment, la partie supérieure de cette stalagmite a été rapportée au Subatlantique (Bastin, 1982), cependant que pour la partie inférieure a été proposée l'alternative soit du seul Subboréal, soit d'une succession Atlantique-Subboréal (Bastin et Schneider, 1984). Suite à la datation ^{14}C des échantillons A (MBN 268: 3290 ± 90 BP) et F (MBN 269: 680 ± 80 BP), les niveaux A à D ont été rapportés au seul Subboréal, mais il a été envisagé de déplacer la limite Subboréal-Subatlantique entre les niveaux B et C, en supposant constante la vitesse de croissance de cette stalagmite (Bastin et Gewalt, 1986). C'est ce dernier découpage chronologique qui est adopté ici, en tenant compte du caractère très progressif de l'extension de *Fagus* mis en évidence dans les niveaux M à O de la concrétion stalagmitique CC1, ainsi que du pourcentage très élevé de *Plantago* (4,6% en moyenne) dans les quatre niveaux supérieurs de Sst 1. L'extension de *Fagus* en E (9,8%) et en F (33,6%) est ici remarquable car, avec l'échantillon Ast 11-E dans lequel *Fagus* atteint 11,5% (Bastin *et al.*, 1982), il n'y a que trois spectres polliniques de concrétions stalagmitiques sur un total actuel de cinquante-sept spectres subatlantiques (Bastin, 1990), dans lesquels le Hêtre atteint ou dépasse 10%.

III. DISCUSSION DES RESULTATS

J'ai rappelé dans l'introduction que la mise en évidence dans les couches XI à V de la succession Eemien - Melisey I - Saint-Germain I - Melisey II - Saint-Germain II, tout d'abord réalisée par la seule étude palynologique (Bastin et Schneider, 1984), avait ultérieurement été confirmée par l'étude des faunes mammaliennes de ces mêmes couches (Bastin *et al.*, 1986), en même temps qu'elle était remise en question dans le cadre d'une autre étude palynologique (Schneider, 1986).

Une première question à discuter est alors la suivante : la mise en place des couches XI à V est-elle contemporaine de la succession de trois phases interglaciaires (*sensu* Woillard, 1978), ou s'est-elle faite durant une seule phase interglaciaire (*idem*)? Par trois fois: au sein de la couche VIII, au passage de la couche VII à la couche VI, et enfin au sein de la couche V, est enregistrée la dominance successive de *Pinus*, puis de *Corylus* en même temps qu'apparaît une courbe plus ou moins importante de *Tilia*. Ce fait témoigne, selon moi, de l'enregistrement trois fois répété d'un début de phase interglaciaire. En outre, dans la coupe C-D/Carré 4, est enregistrée de façon très cohérente la succession des phases protocratique, mésocratique et télocratique d'un interglaciaire (*sensu* Iversen, 1958), lors de la mise en place du sommet de la couche VII, de la couche VI et de la base de la couche VB. Enfin, aussi bien à la base de la couche VII qu'à la base de la couche VB, est enregistrée **de façon progressive** la transition d'une période de climat tempéré à une période de climat rigoureux, cependant que la transition inverse est observée au sommet de ces couches. Cela signifie qu'au sein de la couche VII et de la couche VB sont enregistrées deux crises froides (*sensu* Rognon, 1981), séparant à chaque fois deux ensembles de phases polliniques à caractère interglaciaire. En ce sens, l'ensemble des couches XI à V est à rattacher à un complexe interglaciaire, dont l'équivalent le plus probable est le stade isotopique 5, ainsi que l'ont montré tant l'étude palynologique que l'étude des faunes mammaliennes et les essais de datation absolue (Bastin *et al.*, 1986).

Concernant la deuxième question, celle de l'interprétation chronostratigraphique, il faut en effet souligner que d'après les datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ les plus récentes, le complexe interglaciaire reconnu dans les couches XI à V de Sclayn se situerait entre environ 130 ± 18 ka et environ 67 ± 6 ka (Gewalt *et al.*, 1992) soit, à quelques millénaires près, dans l'intervalle de temps classiquement imparti au stade isotopique 5 : 127.000 - 73.000 BP (Hays *et al.*, 1976).

IV. CONCLUSIONS

Bien qu'ils n'atteignent pas la finesse des diagrammes polliniques issus de sédiments lacustres, les diagrammes polliniques obtenus à Sclayn apportent cependant une contribution fondamentale à la connaissance de l'évolution de la végétation, au cours du stade isotopique 5, dans la région calcaire de la Belgique.

Dans la couche XI sont tout d'abord enregistrées trois phases polliniques forestières, à forte dominance de *Betula* (58% en moyenne) dans les deux premières, à forte dominance de *Pinus* (65%) dans la troisième. Dans les couches X à VIII sont ensuite enregistrées deux phases polliniques dont la première est caractérisée par l'extension de *Ulmus* (24%), cependant que la seconde voit le début de l'extension de *Corylus* (37%) et de *Tilia* (3%). De toute évidence, ces cinq phases polliniques constituent la signature du début de l'Eemien. Ce premier épisode interglaciaire est malheureusement tronqué par un hiatus, bien visible sous forme d'une discordance entre le sommet de la couche VIII et la base de la couche VII, dans laquelle est enregistrée une sixième phase pollinique caractérisée par la dominance de *Pinus* (36%), mais avec la présence simultanée de *Betula* (3%), *Corylus* (2%), *Alnus*, *Picea*, *Quercus* et *Tilia* (tous quatre 1%). Cette phase pollinique reflète donc l'extrême fin de l'Eemien.

Au milieu de la couche VII, une septième phase pollinique à très faible pourcentage d'arbres (5%) et très fort pourcentage de *Cichoriées* (87%) caractérise une première crise froide, séparant l'Eemien du Saint-Germain I. Au sommet de la couche VII et à la base de la couche VI, la huitième phase pollinique témoigne en effet du début d'un nouvel épisode interglaciaire, par la présence simultanée de douze taxons arboréens qui sont, par ordre d'importance: *Pinus* (23%), *Corylus* (8%), *Betula* (4%), *Alnus* et *Carpinus* (2%), *Quercus* et *Ulmus* (1%), *Fraxinus*, *Picea*, *Tilia*, *Fagus* et *Salix* (tous cinq moins de 1%). L'optimum de l'épisode interglaciaire Saint-Germain I est enregistré, au sein de la couche VI, dans deux phases polliniques dont la première est caractérisée par la dominance de *Tilia* (35%) sur *Corylus* (28%) et *Picea* (4%) notamment, la seconde étant caractérisée au contraire par la dominance de *Corylus* (29%) sur *Tilia* (15%) et *Picea* (6%) notamment. Dans la phase pollinique suivante, correspondant au sommet de la couche VI et à la base de la couche VB, *Pinus* (30%) domine à nouveau, cependant que *Picea* (7%) poursuit son extension: c'est la fin du Saint-Germain I.

Dès le milieu de la couche VB, une deuxième crise froide se marque par une chute des pollens arboréens (14%) et une forte extension des *Cichoriées* (70%) et des *Anthémidées* (10%). A la base de la couche V, une treizième phase pollinique est à nouveau caractérisée par la présence simultanée de onze taxons arboréens qui sont, par ordre d'importance: *Pinus* (36%), *Ulmus* (9%), *Corylus* et *Alnus* (6%), *Betula* (2%), *Fagus*, *Quercus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Fraxinus* et *Salix* (tous six moins de 1%). Un troisième épisode interglaciaire commence: c'est le Saint-Germain II. Son optimum est enregistré dans quatre phases polliniques caractérisées par la dominance de *Corylus* (36%) et l'extension de *Alnus* (5%) au sommet de la couche V, et par l'extension de *Carpinus* (10%) et de *Ilex* (1%) dans le plancher stalagmitique CC4. Dans la stalagmite qui termine la phase de concrétionnement est enregistrée une dix-huitième phase pollinique correspondant à la fin du Saint-Germain II et caractérisée par la dominance de *Ulmus* (35%) sur *Pinus* (30%) en même temps qu'apparaît pour la première fois une courbe continue de *Salix* (4%).

Le tableau 1 donne les pourcentages moyens des principaux taxons au cours des six phases polliniques rapportées à l'Eemien, des quatre phases polliniques rapportées au Saint-Germain I et des six phases polliniques rapportées au Saint-Germain II. Malgré son caractère forcément synthétique ce tableau montre, une fois encore, que les épisodes Saint-Germain I et II présentent des traits polliniques de périodes interglaciaires, telles que les a définies Woillard (1978,1979).

	Début et fin de l'Eemien	Saint-Germain I	Saint-Germain II
(Nombre de spectres)	(26)	(33)	(28)
ALNUS	0.8	2.6	4.8
BETULA	36.0	2.5	2.5
CARPINUS	0.1	1.8	4.7
CORYLUS	2.2	19.0	25.5
PICEA	-	3.9	0.6
PINUS	23.5	19.5	18.9
TILIA	0.2	13.9	1.9
ULMUS	5.7	0.5	11.8
A.P./T	69.2	65.1	74.5
ANTHEMIDEES	6.2	4.2	1.7
CICHORIEES	10.1	19.3	4.2
FLICALES	0.8	5.1	9.8
POACEES	6.1	4.2	5.3
N.A.P./T	30.7	34.8	25.5

Tableau 1 : Pourcentages moyens atteints par les principaux taxons au cours de l'Eemien, du Saint-Germain I et du Saint-Germain II. Pour chaque taxon, la valeur la plus forte est visualisée par un chiffre en caractères gras.

Dans les couches 3 à 1A, quatre phases polliniques reflètent la détérioration progressive du climat au cours des stades isotopiques 4 et 3, le stade isotopique 2 correspondant quant à lui à des couches polliniquement stériles.

Au cours du stade isotopique 1, quatre phases polliniques sont encore enregistrées dans la concrétion stalagmitique CC1 et la stalagmite Sst 1. Elles reflètent certains traits désormais classiques de l'évolution de la végétation holocène en région calcaire (Bastin, 1990):

- la coïncidence du début de l'extension du Tilleul et du début de l'Atlantique;
- la dominance locale du Tilleul, de l'Atlantique au Subatlantique;
- le caractère très local de l'extension du Hêtre au Subatlantique.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN, S.T., 1974. The Eemian freshwater deposit at Egersund, South Jylland, and the Eemian landscape development in Denmark. *Danm. Geol. Unders.*, Arbog 1974, pp. 49-70.
- BASTIN, B., 1979. Essai de définition d'une terminologie précise applicable au commentaire des diagrammes polliniques se rapportant au Quaternaire. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 112 (1), pp. 7-12.
- BASTIN, B., 1982. Premier bilan de l'analyse pollinique de stalagmites holocènes en provenance de grottes belges. *Rev. belge de Géogr.*, 106 (1), pp. 87-97.
- BASTIN, B., 1990. L'analyse pollinique des concrétions stalagmitiques: méthodologie et résultats en provenance des grottes belges. *Karstologia*, Mém. n°2, pp. 3-10.
- BASTIN, B. et GEWELT, M., 1986. Analyse pollinique et datation ^{14}C de concrétions stalagmitiques holocènes: apports complémentaires des deux méthodes. *Géogr. phys. et Quatern.*, 40 (2), pp. 185-196.
- BASTIN, B. et SCHNEIDER, A.-M., 1984. Palynologie. In : EK, C. et PFEFFER, K.-H. (éds), Le Karst belge. *Köln. Geogr. Arb.*, 45, pp. 87-93.
- BASTIN, B., DUPUIS, C. et QUINIF, Y., 1982. Etude microstratigraphique et palynologique d'une croûte stalagmitique de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique): méthodologie et résultats. *Rev. belge de Géogr.*, 106 (1), pp. 109-120.
- BASTIN, B., CORDY, J.-M., GEWELT, M. et OTTE, M., 1986. Fluctuations climatiques enregistrées depuis 125 000 ans dans les couches de remplissage de la Grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *Bull. Ass. Franç. Et. Quat.*, 2ème sér., 25-26, pp. 168-177.
- BEAULIEU, J.-L. de et REILLE, M., 1984. A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. *Boreas*, 13, pp. 111-132.
- FRENZEL, B., 1973. On the Pleistocene Vegetation History. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 23/24, pp. 321-332.
- GEURTS, M.A., 1976. Genèse et stratigraphie des travertins de fond de vallée en Belgique. *Acta Geographica Lovaniensia*, 16, 87 p.
- GEWELT, M., SCHWARCZ, H.P., SZABO, B.J., 1992. Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 159-172.
- GUIOT, J., PONS, A., BEAULIEU, J.-L. de et REILLE, M., 1989. A 140,000-year continental climate reconstruction from two European pollen records. *Nature*, 338, pp. 309-313.
- HAESAERTS, P., 1992. Les dépôts pléistocènes de la terrasse de la Grotte Scladina à Sclayn (Province de Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 33-55.
- HAYS, J.D., IMBRIE, J. et SHACKLETON, N.J., 1976. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science*, 194 (4270), pp. 1121-1132.
- IVERSEN, J., 1958. The bearing of glacial and interglacial epochs on the formation and extinction of plant taxa. *Uppsala Univ. Arsskr.*, 6, pp. 210-215.
- JUNG, W., BEUG, H.-J. et DEHM, R., 1972. Das Riss/Würm-Interglazial von Zeifen, Landkreis Laufen a.d. Salzach. *Bayer. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl.*, Abh., N.F., 151, pp. 1-131.

- LAVILLE, H., PAQUEREAU, M.-M. et BRICKER, H., 1985. Précisions sur l'évolution climatique de l'interstade würmien et du début du Würm récent : les dépôts du gisement castelperronien des Tambourets (Haute-Garonne) et leur contenu pollinique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, Sér. II, 301 (15), pp. 1137-1140.
- LEJOLY-GABRIEL, M., 1978. Recherches écologiques sur la pluie pollinique en Belgique. *Acta Geographica Lovaniensia*, 13, 460 p.
- MENKE, B. et BEHRE, K.-E., 1973. History of Vegetation and Biostratigraphy. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 23/24, pp. 251-267.
- OTTE, M., BASTIN, B., HAESAERTS, P. et GAUTIER, A., 1981. Paléolithique inférieur et moyen à Sclayn (Province de Namur, Belgique). *Notae Praehistoricae*, 1, p. 11.
- OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M. et GAUTIER, A., 1983. Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur). *Helinium*, 23, pp. 112-142.
- PONS, A., 1984. A propos de l'apport de la palynologie quaternaire à la connaissance de la forêt bourguignonne. *Bull. Soc. bot. France, Lettres bot.*, 131 (1), pp. 49-53.
- REILLE, M. et BEAULIEU, J.-L. de, 1988. La fin de l'Eemien et les interstades du Prévüwm mis pour la première fois en évidence dans le Massif Central français par l'analyse pollinique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, Sér. II, 306, pp. 1205-1210.
- ROGNON, P., 1981. Les crises climatiques. *La Recherche*, 12 (128), pp. 1354-1364.
- SCHNEIDER, A.-M., 1986. Contribution à l'étude du dernier interglaciaire: résultats palynologiques à la Grotte de Sclayn (Belgique). *Revue de Paléobiologie*, 5 (1), pp. 57-70.
- WOILLARD, G., 1975. Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'est de la Belgique et dans les Vosges lorraines. *Acta Geographica Lovaniensia*, 14, 166 p.
- WOILLARD, G., 1978. Grande Pile Peat Bog: A Continuous Pollen Record for the Last 140,000 Years. *Quaternary Research*, 9, pp. 1-21.
- WOILLARD, G., 1979. The last interglacial-glacial cycle at Grande Pile in northeastern France. *Bull. Soc. belge de Géol.*, 88 (1), pp. 51-69.
- ZAGWIJN, W.H., 1961. Vegetation, Climate and Radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part I: Eemian and Early Weichselian. *Mem. Geol. Found. Netherl.*, 14, pp. 15-45.

BIO- ET CHRONOSTRATIGRAPHIE DES DEPOTS QUATERNAIRES DE LA GROTTÉ SCLADINA (PROVINCE DE NAMUR, BELGIQUE) A PARTIR DES MICROMAMMIFERES

J.-M. CORDY*

RESUME

La description et l'interprétation paléocécologique des associations de Micromammifères permettent d'établir une biostratigraphie détaillée des dépôts de la grotte Scladina à Sclayn (Namur, Belgique). Cette étude permet de distinguer neuf biozones principales qui sont corrélées aux grands événements paléoclimatiques du Pléistocène supérieur ancien (fin du stade isotopique 5e au début du stade 4) et de l'Interpléniglaciaire (fin de l'interstade de Moershoofd au complexe interstadaire d'Hengelo-les Cottés). Cette biozotation constitue la référence la plus complète du genre en Europe du nord-ouest et apporte d'utiles indications sur le plan des migrations des Rongeurs en Europe et de leur paléobiogéographie. Enfin, l'interprétation des résultats fournit des données importantes sur différents sujets et, parmi eux, la validité de la méthode, la taphonomie du gisement, les corrélations avec les autres disciplines, la paléoclimatologie du Pléistocène supérieur et les reconstitutions paléoenvironnementales.

ABSTRACT

The palaeocécological interpretation of micromammal assemblages allows us to obtain a detailed biostratigraphy of Scladina cave deposits in Sclayn (Namur, Belgium). This study distinguishes nine main biozones which are correlated with the main palaeoclimatical events of the early Upper Pleistocene (from the end of oxygen stage 5e to the beginning of stage 4) and the inter pleniglacial period (from the end of the Moershoofd interstadial to the beginning of the interstadial complex of Hengelo-les Cottés). This biozotation provides the most entire reference of this type in northwestern Europe. It provides useful data about rodent migrations into Europe and about their palaeobiogeography. Finally, the interpretation of the results gives several important indications of method accuracy, taphonomy in the cave, correlations with other approaches, palaeoclimate and landscape reconstructions.

I. INTRODUCTION

La grotte de Sclayn, ou plus exactement la grotte Scladina, se situe sur la rive droite de la Meuse, près du village de Sclayn, entre Namur et Andenne (Fig. 1). Plus précisément, la grotte s'ouvre dans un petit vallon (Ruisseau du Fond des Vaux) à proximité immédiate de la vallée de la Meuse.

Depuis une dizaine d'années, le site fait l'objet de fouilles archéologiques systématiques sous la direction de M. Otte, dans le cadre d'une collaboration entre l'Université de Liège et le Cercle Archéologique de Sclayn. Entre autres, ces recherches ont

* Chercheur qualifié au F.N.R.S. - Université de Liège - U.R. Evolution des Vertébrés et Evolution humaine - Place du XX Août 7 - 4000 LIEGE (BELGIQUE).

mis en évidence les témoins d'au moins cinq occupations humaines préhistoriques, dont les deux principales sont moustériennes (Otte, Léotard, Schneider et Gautier, 1983; Otte, 1984; Otte, Evrard et Mathis, 1986).

Dans le cadre d'une étude pluridisciplinaire du remplissage de la grotte, cette publication est consacrée aux restes de Microvertébrés et plus particulièrement de Micromammifères que recelaient les dépôts. Pour rappel, une première étude préliminaire d'une colonne biostratigraphique en F7 (Fig. 1 et 2) a déjà été publiée dans le cadre du Colloque international de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire à Rennes en 1985 (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986).

Le but de cette nouvelle publication est de présenter dans le détail, non seulement les données complètes de l'étude précédente, mais aussi d'y adjoindre les résultats des recherches entreprises sur deux autres ensembles biostratigraphiques, l'un en C4 et l'autre dans les carrés H et I, 12 et 13 (Fig. 1). Ces nouveaux résultats renforcent considérablement les premières conclusions et les complètent remarquablement.

Ce travail a essentiellement une vocation biostratigraphique. En premier lieu, je chercherai à définir la biozonation des différents dépôts et à établir les corrélations biostratigraphiques entre les différentes coupes étudiées. D'autre part, je proposerai une interprétation paléoécologique des différentes associations microfauniques, afin d'évaluer le paléoclimat et le paléoenvironnement de chaque biozone. Enfin, grâce à la succession des associations microfauniques, je tenterai de reconstruire des séquences d'oscillations paléoclimatiques, de les corrélérer à la chronostratigraphie climatique du Quaternaire supérieur et d'apporter ainsi une contribution à la datation relative des dépôts étudiés.

La détermination spécifique des différents Micromammifères et l'estimation de leur fréquence relative seront donc utilisées en priorité dans cette publication. Les analyses morphologiques et biométriques des fossiles pour la discrimination interspécifique et la description de la variabilité intraspécifique ne seront pas abordées ici et feront éventuellement l'objet d'une étude ultérieure.

II. MATERIAUX ET METHODES

A. Matériaux d'étude

Cette étude est consacrée à l'ensemble des Micromammifères, c'est-à-dire avant tout les Rongeurs, qui sont nettement les plus abondants, mais aussi les Insectivores, les Chiroptères et une espèce de Lagomorphe de petite taille, le Lièvre siffleur, *Ochotona pusilla*.

Les restes dentaires constituent l'essentiel des matériaux d'identification taxonomique. Toutefois, les ossements particulièrement caractéristiques, comme ceux de la Taupe par exemple, peuvent également être pris en compte pour établir la présence d'un taxon.

L'interprétation paléoécologique des associations microfauniques est fondée sur la définition écologique actuelle de chacun des taxons. A ce sujet, le lecteur se reportera, par exemple, aux travaux de Chaline (1972 et 1977a), Malec (1978) et Marquet (1989).

La systématique des Rongeurs employée ici est classique, mis à part l'emploi de la dénomination *Dicrostonyx gulielmi* à la place de *Dicrostonyx torquatus* (Agadzhanian et von Koeningswald, 1977) et l'emploi de la dénomination *Microtus arvalis-agrestis* pour rassembler indistinctement les espèces *Microtus arvalis* et *Microtus agrestis* qui sont difficiles à séparer. Quant à la systématique des Soricidés (les Musaraignes), le seul écart par rapport à la norme concerne l'espèce *Sorex araneus* qui rassemble indistinctement les espèces jumelles encore actuelles, *Sorex araneus* et *Sorex coronatus*, et éventuellement des

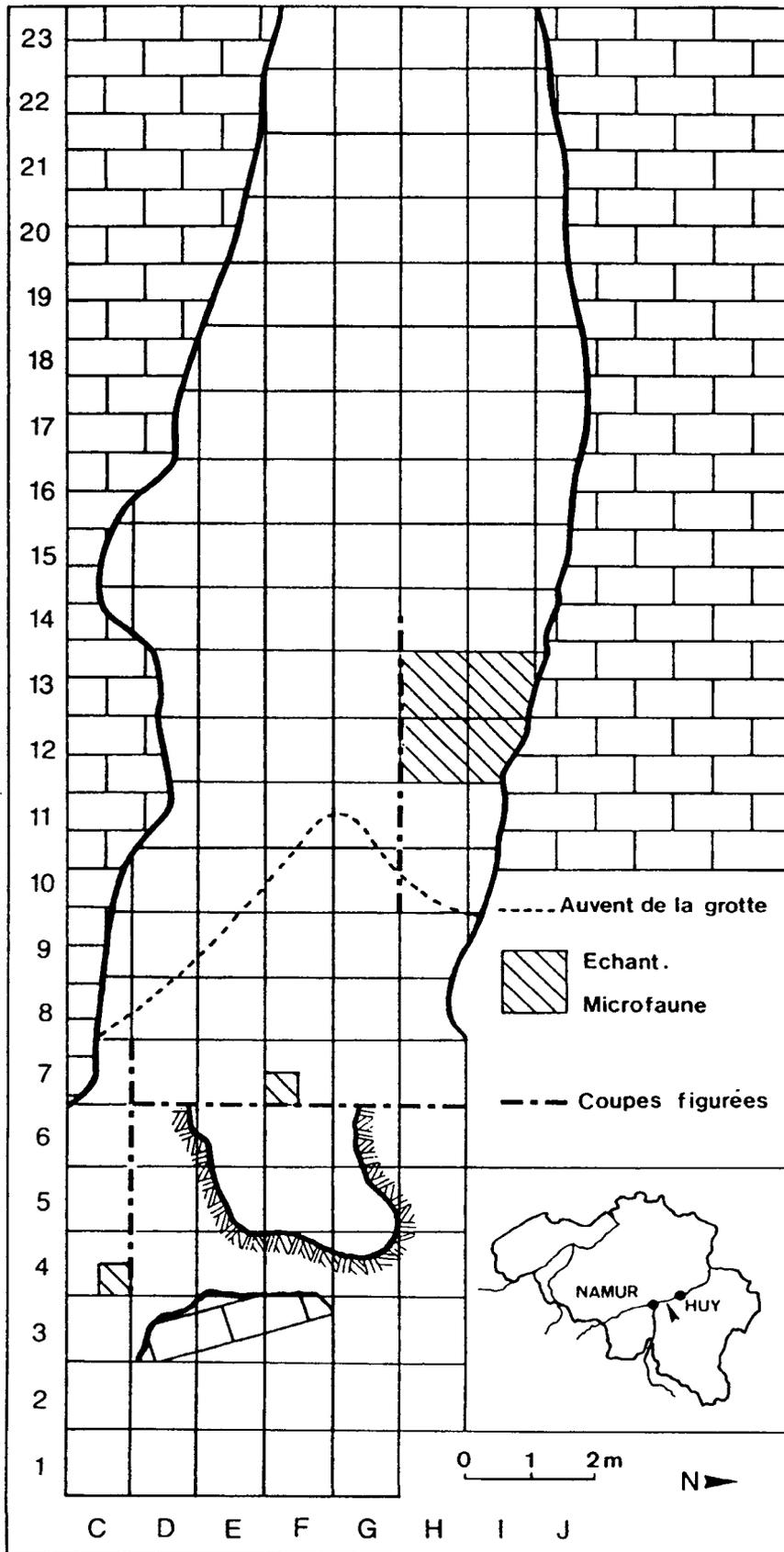


Figure 1 : Plan des fouilles dans la grotte Scladina et plan de situation de Sclayn en Belgique (D'après Bastin et al., 1986). Emplacement des colonnes biostratigraphiques de prélèvement de la microfaune.

espèces fossiles de même taille comme *Sorex subaraneus* et *Sorex thaleri* définies dans la thèse de Jammot (1977).

B. Méthodes

1. Echantillonnage décimétrique continu

A ma demande, les prélèvements sédimentaires pour la récolte des restes de Micromammifères ont été réalisés en continu dans des colonnes stratigraphiques choisies. Chaque couche définie lithostratigraphiquement fournit au moins un prélèvement; toutefois, si la couche présente une épaisseur supérieure à 10 cm, elle est subdivisée en tranches de 10 cm, voire parfois de 5 cm aux abords d'une interface de couches. Les figures 2, 4 et 7 visualisent ce découpage décimétrique continu adopté pour quatre colonnes biostratigraphiques dans la grotte de Sclayn.

Cette nouvelle forme d'échantillonnage est indispensable pour fonder une biostratigraphie fine d'un gisement.

Chacun des prélèvements est lavé et tamisé sous eau et, après séchage, le refus de tamisage est alors trié sous loupe binoculaire pour en recueillir les restes de microfaune.

2. Décompte des dents

Le décompte des Micromammifères a été réalisé dans un premier temps à partir des premières molaires inférieures (M/1). Comme les échantillons étaient le plus souvent trop petits ($N M/1 < 30$), ce décompte traditionnel a été complété par un décompte effectué sur l'ensemble des molaires supérieures et inférieures. Dans ce cas, les molaires de *Microtus* sp. qui n'ont pu être déterminées au niveau spécifique ont été réparties dans le décompte des différentes espèces de ce genre au prorata du dénombrement des M/1. Cette nouvelle méthode de décompte et de calcul des proportions des différents constituants de la microfaune a été développée pour permettre, dans le cas d'échantillons pauvres, de préciser et de valider l'analyse de la représentativité de tous les Micromammifères qui n'appartiennent pas au genre *Microtus* puisque, dans ce cas, la détermination spécifique ne nécessite pas obligatoirement l'emploi de la première molaire inférieure. Dans les tableaux de décompte (Tabl. 1 à 8), il est donc indispensable de spécifier le nombre de M/1 de *Microtus* et le nombre de l'ensemble des molaires déterminées pour estimer la validité des proportions calculées d'une part, sur les Rongeurs du genre *Microtus* et d'autre part, sur les autres Micromammifères.

3. Présentation des résultats

Une nouvelle technique de visualisation des résultats a été utilisée. Elle consiste à disposer les résultats sur un diagramme multigraphique, un peu à la manière d'un diagramme palynologique. Ainsi, les figures 3, 5, 8 et 9 visualisent, sous forme d'une combinaison de graphiques, la fréquence des différents taxons au sein de chaque assemblage et leur évolution dans la série stratigraphique. Sur chaque diagramme sont repris de gauche à droite : 1) les biozones reconnues, leur interprétation chronostratigraphique et la disposition des échantillons microfauniques au sein des différentes couches; 2) le pourcentage d'Insectivores et des Chiroptères par rapport à l'ensemble des Micromammifères (comme indice d'amélioration climatique); 3) par rapport à l'ensemble des Rongeurs, les pourcentages cumulés de six ensembles d'espèces caractéristiques globalement a) d'un climat tempéré à biotopes boisés (*Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus*), b) d'un climat tempéré à biotopes ouverts (*Microtus arvalis*, *Microtus agrestis* et *Arvicola terrestris*), c) d'un climat steppique (*Ochotona pusilla*, *Cricetus cricetus*, *Cricetulus migratorius*, *Lagurus lagurus* et *Citellus* sp.) ou montagnard (*Microtus nivalis*), d) d'un climat continental sec (*Microtus gregalis*), e) d'un climat continental humide (*Microtus oeconomus* et *Sicista betulina*), f) d'un climat polaire (*Dicrostonyx gulielmi* et *Lemmus lemmus*); 4) les pourcentages dilatés des espèces

plus rares. Dans le graphique des ensembles paléocéologiques, nous avons opposé les Rongeurs autochtones (A), c'est-à-dire ceux qui vivent encore actuellement en Belgique, aux Rongeurs non-autochtones (NA) ou allochtones, afin de bien visualiser les modifications des paléoclimats par rapport au climat actuel pris comme référence.

La figure 6 est un diagramme microfaunique complémentaire dans lequel sont représentés graphiquement les pourcentages non cumulés des quatre espèces ou groupes d'espèces les mieux représentés. En outre, la partie droite du graphique visualise le pourcentage cumulé de deux espèces inféodées aux milieux humides, *Arvicola terrestris* et *Microtus oeconomus*, ainsi que le pourcentage cumulé des Micromammifères de climat continental steppique, tels que *Ochotona pusilla*, *Lagurus lagurus* et *Citellus* sp. (trame ponctuée).

C. Récolte des échantillons microfauniques

Quatre colonnes biostratigraphiques ont été prélevées dans le gisement (Fig. 1). Deux d'entre elles se situent au devant de l'entrée de la grotte dans les dépôts dits de «terrasse». Elles concernent un quart de mètre carré de F7 et de C4 et, dans les deux cas, les prélèvements pour la recherche microfaunique ont été faits en parallèle avec des prélèvements palynologiques. Les deux autres colonnes correspondent à une fouille décimétrique de deux couples de carrés juxtaposés, H-I 12 et H-I 13, qui se situent cette fois dans la grotte proprement dite. Du fait de leur situation respective et de la nomenclature stratigraphique employée par les fouilleurs, les colonnes biostratigraphiques se réfèrent à deux numérotations différentes des couches (chiffres romains en «terrasse» et chiffres arabes en grotte) (Fig. 2, 4 et 7).

Concrètement, les échantillons en «terrasse» ont été prélevés par B. Bastin avec l'aide de D. Mangon et les échantillons en grotte ont été prélevés par les fouilleurs eux-mêmes sous la responsabilité de F. Collin.

Le lavage-tamassage des différents prélèvements sédimentaires ainsi que le premier tri des refus de tamassage pour en extraire l'ensemble des fossiles ont été accomplis par l'équipe de fouilles. Le dernier tri sélectif des fossiles déterminables a été, bien entendu, réalisé par mes soins.

III. COLONNE BIOSTRATIGRAPHIQUE EN F7

A. Introduction

Cette colonne biostratigraphique a déjà fait l'objet d'une première analyse (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986). Depuis lors, la microfaune a été révisée et les décomptes des espèces ont été réalisés sur l'ensemble des molaires et non plus seulement sur la première molaire inférieure. L'extension des déterminations spécifiques à l'ensemble des molaires a permis d'augmenter sensiblement les effectifs des échantillons (tableau 1); toutefois, ceux-ci restent pauvres dans la majorité des cas, ce qui incite à des interprétations prudentes. Néanmoins, non seulement il reste possible de dégager une biozonation (Fig. 2), mais en outre, celle-ci s'avère remarquablement concordante avec les résultats de la palynologie (Bastin, 1992), comme cela avait déjà été signalé dans l'étude initiale. Notons encore l'extrême pauvreté des couches IX à XIII (Echantillons 17 à 36) dans lesquelles seule la présence sporadique de restes de Batraciens a pu être reconnue.

Dans son ensemble, la nouvelle analyse de la colonne biostratigraphique F7 ne fait que confirmer les interprétations déjà développées antérieurement (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986) (Fig. 3). Ainsi, elle permet de définir cinq grandes biozones alternativement tempérées et froides, dont les transitions semblent se produire à la base

des couches VII, VI, VB et V ocre. D'autre part, les biozones tempérées 3 et 5, rapportées dans la première publication aux stades isotopiques 5c et 5a, se caractérisent par une association microfaunique très tempérée d'aspect interglaciaire. Enfin, il se confirme que les deux biozones de type glaciaire 2 et 4, attribuées aux stades isotopiques 5d et 5b, paraissent significativement différentes : la première correspondrait à un épisode climatique moins rigoureux et plus humide que la seconde qui se caractérise par un indice de continentalité et de sécheresse assez marqué.

Toutefois, cette révision apporte quelques corrections au tableau faunique préalablement publié. En particulier, il faut souligner la présence du Hamster migrateur (*Cricetulus migratorius* plutôt que *Allocricetus bursae*) dans l'échantillon 12 et non 2 et l'absence de l'Écureuil (*Sciurus vulgaris*) dans la couche 2. D'autre part, la nouvelle analyse apporte de nombreuses précisions complémentaires au tableau faunique et met surtout en évidence l'existence d'un phénomène nettement interstadaire au sein de la phase froide définie par la biozone 2. Le phénomène n'avait pu être décelé dans la première étude.

B. Biozonation (Figure 3, Tableaux 1 et 2)

1. Biozone 1 (Couche VIII; Echantillons 16 et 15)

Compte tenu de la grande pauvreté des échantillons concernés, nous ne les avons pas figurés sur le diagramme paléoécologique (Fig. 3). Néanmoins, la couche VIII paraît caractérisée par l'absence des espèces allochtones et, parmi elles, des Lemmings; la présence du Mulot (*Apodemus sylvaticus*) et d'un Chiroptère semble bien confirmer le caractère tempéré du climat. Dans notre première publication, nous avons également utilisé les caractéristiques de la macrofaune pour asseoir cette biozone tempérée et pour l'étendre hypothétiquement jusqu'à la couche XI. La persistance de Chiroptères dans l'échantillon 14 pourrait indiquer le prolongement de cette biozone jusqu'à la base de la couche VII.

2. Biozone 2 (Couche VII; Echantillons 14 à 10)

A la base de la couche VII, dans l'échantillon 14, la présence simultanée de Chiroptères et du Lemming à collier (*Dicrostonyx gulielmi*) paraît quelque peu contradictoire. Il est probable que cet échantillon soit hétérogène et qu'il contienne à la fois un prolongement de la biozone 1 tempérée et l'amorce de la biozone 2 marquée par un très net refroidissement du climat.

L'apparition du Lemming à collier, du Campagnol des hauteurs (*Microtus gregalis*) et du Campagnol nordique (*Microtus oeconomus*) indique sans conteste l'établissement d'un climat de type continental froid à subpolaire. La très nette dégradation climatique est encore démontrée par la présence du Siciste des bouleaux (*Sicista betulina*), espèce caractéristique de la forêt boréale. La continentalisation du climat est, quant à elle, confirmée par la présence du Hamster migrateur (*Cricetulus migratorius*).

Cet épisode glaciaire apparaît toutefois complexe puisqu'il semble se subdiviser en trois phases (pour autant que les échantillons microfauniques soient représentatifs) :

a) A la base de la couche VII (Echantillon 14), la biozone débute par une phase très froide à Lemming à collier (6,7 %);

b) Dans les échantillons 13 et 12, apparaît un net épisode interstadaire : les Rongeurs allochtones deviennent tout à fait minoritaires (4,7 et 15,4 %) et les milieux boisés semblent quelque peu se réinstaller, comme l'atteste la présence du Mulot (*Apodemus sylvaticus*) (7,7 %), du Campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*) (15,4 %) et du Siciste (7,7 %) dans l'échantillon 12; en outre, ce dernier Rongeur et l'importance du Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) dans l'échantillon 13 (53,1 %) semblent démontrer le caractère humide du climat; le groupe du Campagnol agreste (*Microtus*

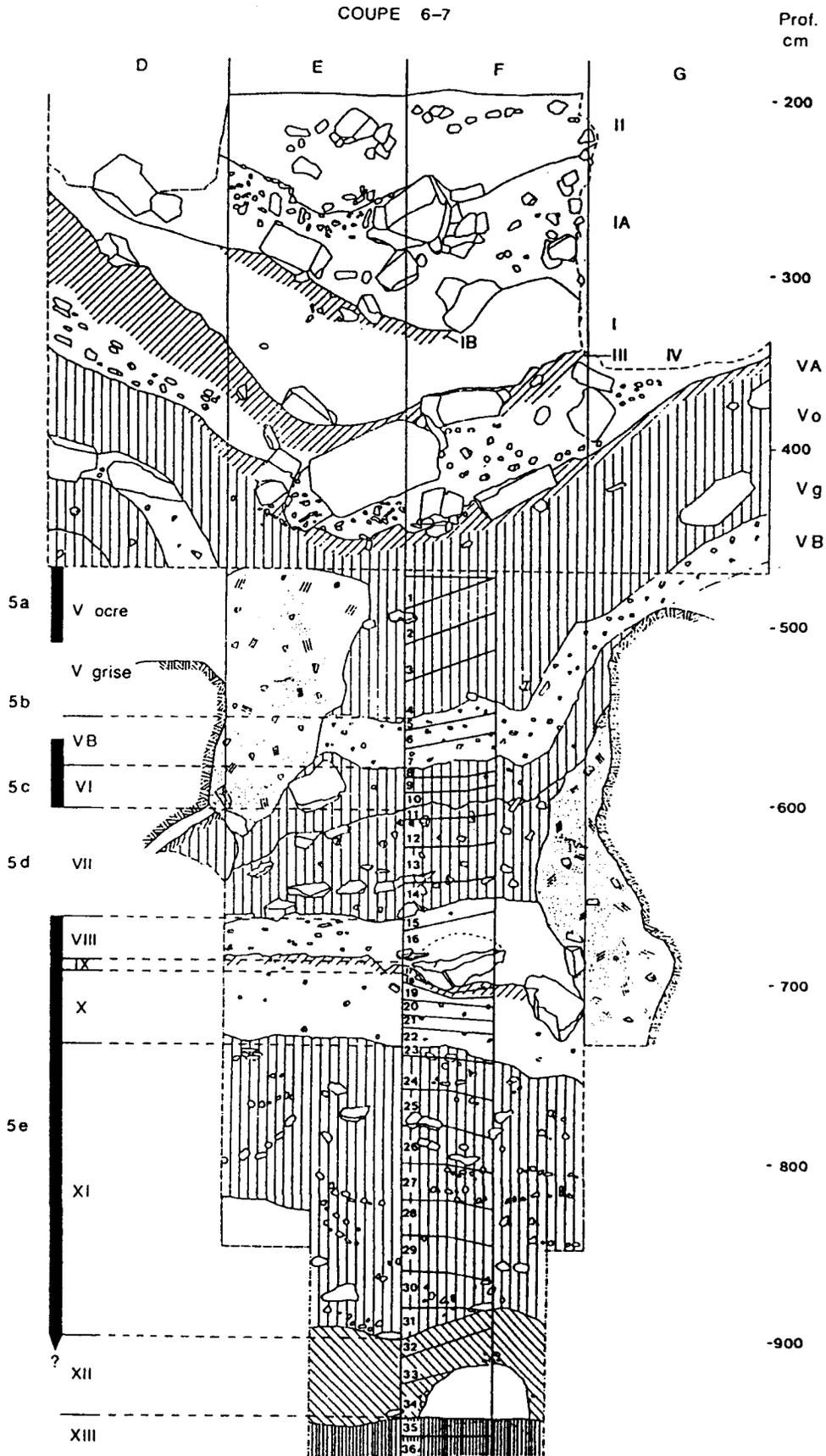


Figure 2 : Coupe stratigraphique transversale de la "terrasse" (Face est des carrés D7 à G7) (D'après Otte et al., 1983). Projection schématique de la colonne des prélèvements pour la recherche de la microfaune en F7.

agrestis) et du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) domine tout à fait cette sous-biozone (42,2 à 53,8 %) et atteste l'importance des biotopes herbeux découverts.

c) Au sommet de la couche VII (Echantillon 11), une nouvelle phase de péjoration climatique s'individualise clairement : bien que les Lemmings ne semblent pas réapparaître, les Rongeurs allochtones sont à nouveau prédominants et les Rongeurs tempérés sylvicoles, ainsi que les Insectivores, disparaissent à nouveau; cette phase se prolonge sans doute à la base de la couche VI (Echantillon 10), puisque l'on y observe la persistance d'un effectif majoritaire de Campagnol des hauteurs et de Campagnol nordique (58,4 %).

3. Biozone 3 (Couche VI; Echantillons 9 et 8)

La quasi-disparition des espèces froides allochtones, l'importance des espèces forestières et leur dominance dans l'échantillon 8 (58,3 %), le redéploiement des Insectivores et l'apparition du Campagnol souterrain (*Pitymys subterraneus*) témoignent sans conteste d'un réchauffement marqué du climat qui, par toutes ces caractéristiques microfauniques, présente une allure interglaciaire.

Il est probable que cette biozone se prolonge dans la première moitié de la couche VB puisque l'échantillon 7 est encore caractérisé par la présence du Mulot, de la Taupe et d'une Musaraigne (Tabl. 1). L'interprétation de cet échantillon reste toutefois délicate vu son faible effectif et la présence du Lemming des toundras (*Lemmus lemmus*) qui contredit les données précédentes.

4. Biozone 4 (Couches VB et V grise; Echantillons 6 à 3)

A partir de la moitié supérieure de la couche VB, les associations microfauniques sont marquées par la réapparition des espèces arctiques, comme le Lemming à collier, et des espèces continentales à subarctiques, comme le Campagnol des hauteurs et le Campagnol nordique. Il est évident que cette biozone correspond à un nouvel épisode glaciaire. Il est possible que la présence du Lemming des toundras dans l'échantillon 7, dans la partie inférieure de la couche VB, soit un premier indice de cette dégradation climatique (Tabl. 1).

Cette nouvelle phase glaciaire semble plus rigoureuse que la première en raison de l'importance accrue et persistante du Lemming à collier et de la faiblesse apparente des espèces tempérées autochtones (27,3 à 0 %) (Fig. 3). D'autre part, elle s'individualise par la présence d'un Rongeur particulier, typique des steppes continentales sèches : le Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*). Cette donnée suggère que le climat était nettement de type continental et probablement tendant vers une certaine aridité. D'ailleurs, l'apparition dans l'échantillon 2 de deux nouveaux Micromammifères adaptés au contexte des steppes continentales sèches d'Eurasie, le Lièvre des steppes (*Ochotona pusilla*) et le Spermophile (*Citellus* sp.), ne fait que confirmer cette tendance.

5. Biozone 5 (Couche V ocre; Echantillons 2 et 1)

Il faut souligner le caractère de transition de l'échantillon 2 à la base de la couche V ocre. D'une part, les conditions climatiques rigoureuses semblent se relâcher puisque le Lemming à collier disparaît d'une manière tout à fait significative (aucune dent sur 96 molaires de Rongeurs) et que les autres Rongeurs allochtones ne représentent plus que 56,3 % de la totalité. De plus, les Rongeurs sylvicoles se redéveloppent remarquablement (39,6 %) et les Insectivores et Chiroptères se redéploient (11,9 %). Toutefois, plusieurs indices prolongent quelque peu l'épisode glaciaire précédent, comme l'absence du Campagnol agreste (*Microtus agrestis*) et du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) et comme la présence du Lièvre siffleur et du Spermophile qui attestent la persistance de conditions climatiques continentales malgré le réchauffement.

La partie supérieure de la couche V ocre (Echantillon 1) est, quant à elle, caractérisée par une association microfaunique en grande partie tempérée. En particulier, les Rongeurs

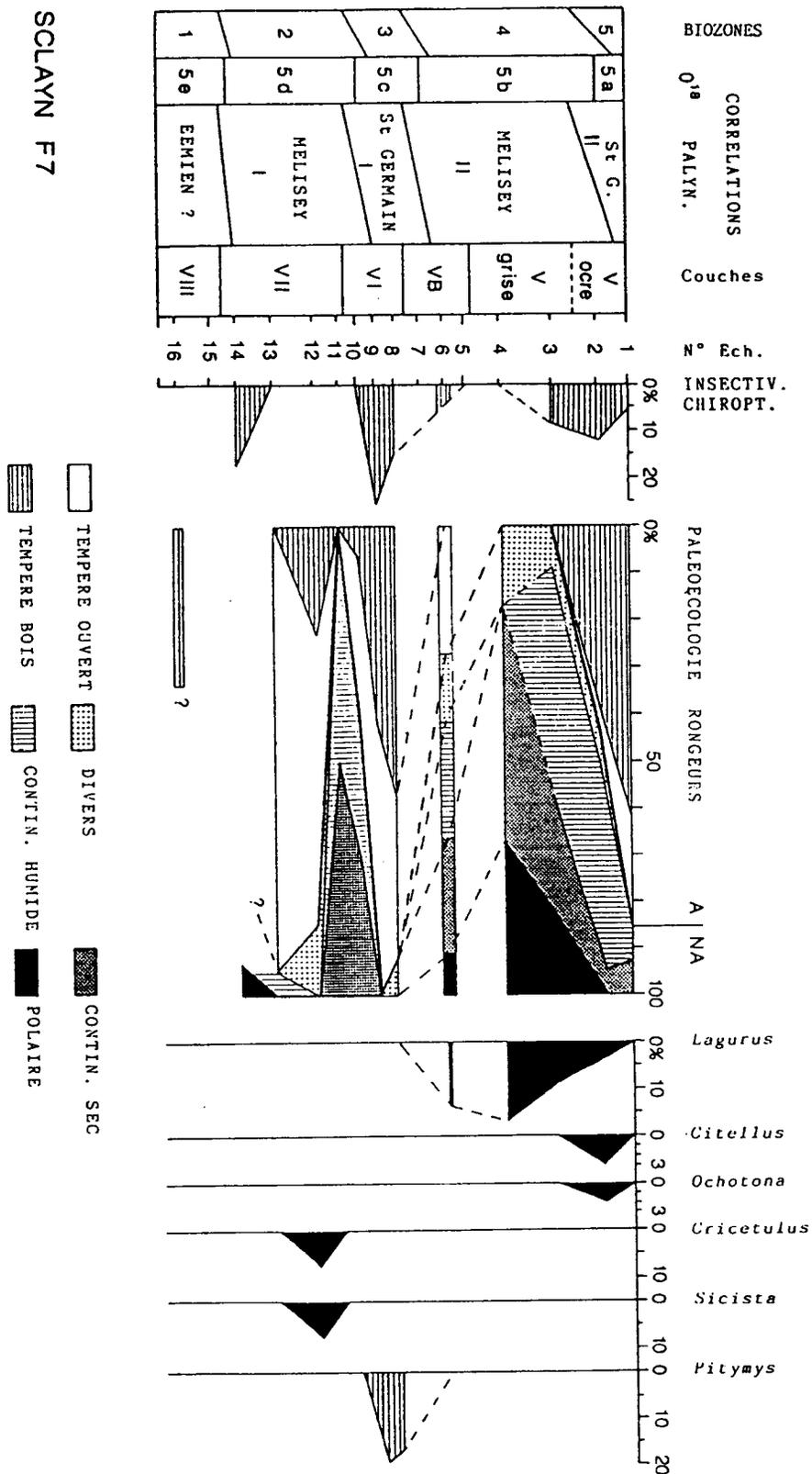


Figure 3 : Diagramme microfaunique de la colonne biostratigraphique en F7 de la grotte Scladina. Signification des différentes parties du diagramme: voyez le texte (Introduction). Le tracé est fonction de la profondeur moyenne de chacun des prélèvements (1 = -477,6 cm, 16 = -686,7 cm; cf. Tabl. 1 et 2).

sylvicoles tempérés, tels que le Mulot (47,5 %) et le Campagnol roussâtre (13,1 %), auxquels vient s'ajouter le Loir (*Glis glis*), forment 62,3 % de l'ensemble. Les Rongeurs allochtones, parmi lesquels on ne retrouve plus trace des Lemmings, du Spermophile et du Lièvre siffleur, n'atteignent plus que 14,4 % de représentativité. Enfin, il faut encore signaler d'une part, la prédominance du Mulot (47,5 %) et d'autre part, la dominance du groupe du Campagnol des champs et du Campagnol agreste (21,6 %) sur le Campagnol des hauteurs (7,2 %) et le Campagnol nordique (7,2 %). Il est clair que toutes ces caractéristiques microfauniques correspondent à un climat tempéré nettement affirmé, allié à un net redéveloppement des milieux boisés.

IV. COLONNE BIOSTRATIGRAPHIQUE EN C4

A. Introduction

La colonne biostratigraphique en C4 a livré un échantillonnage extrêmement intéressant. D'une part, les fossiles déterminés sont nettement plus nombreux; le décompte total est de 2186 molaires, dont plus d'un millier déterminées spécifiquement, soit en moyenne plus de 48 fossiles par échantillon, alors qu'en F7 la moyenne atteignait seulement 22. Les interprétations sont dès lors beaucoup mieux fondées. D'autre part, la séquence biostratigraphique est plus longue et plus détaillée puisque 45 échantillons se répartissent sur près de 4 mètres (de -525 à -140 cm) correspondant à sept couches successives, VII, VI, VB, V, IV, III et I (Fig. 4). Notons que la couche V ne se décompose pas en deux composantes, V grise et V ocre, comme en F7. Notons encore que la couche III se présente comme un horizon humifère qui serait une forme d'altération du sommet de la couche IV (Otte, Léotard, Schneider et Gautier, 1983; Deblaere et Gullentops, 1986; Haesaerts, 1992). Soulignons enfin qu'il existe une lacune sédimentaire entre la couche III et la couche I, concrétisée par le niveau d'altération de la couche III et par l'absence de la couche 2A qui se cantonne dans la grotte proprement dite (Fig. 7).

Dans l'ensemble, cette colonne biostratigraphique confirme les résultats obtenus en F7, mais avec beaucoup plus de détails et une plus grande dilatation des biozones (Fig. 5). En particulier, les cinq biozones ressortent à nouveau indiscutablement et la biozone 2 présente à nouveau trois sous-phases distinctes. D'autre part, les zones de transition semblent bien exister à la base des couches VII, VI et V supérieure (équivalent de la V ocre).

La seule divergence éventuelle réside au niveau de la couche VB qui paraissait plutôt glaciaire en F7 et qui se présente comme la fin d'un réchauffement en C4.

De nouveaux éléments apparaissent en C4, en particulier la dilatation des biozones tempérées 3 et 5, qui semblent se subdiviser chacune en 3 sous-phases climatiques, et bien entendu l'existence de nouvelles biozones pour les couches supérieures III et I.

B. Biozonation (Figures 5 et 6, Tableaux 3 et 4)

1. Biozone 1 (Base de la couche VII; Echantillon 45)

Il semble que la base de la couche VII appartienne à une biozone tempérée distincte de la biozone glaciaire qui lui succède. En effet, les Rongeurs allochtones paraissent inexistantes alors que les Rongeurs tempérés sylvicoles sont de toute évidence présents.

Cette interprétation rejoint celle qui a déjà été formulée dans le cadre de la séquence biostratigraphique en F7. Malgré la faiblesse des échantillons, la conjonction des observations paraît bien confirmer l'existence de cette biozone tempérée, qui se prolongerait donc jusqu'à la base de la couche VII.

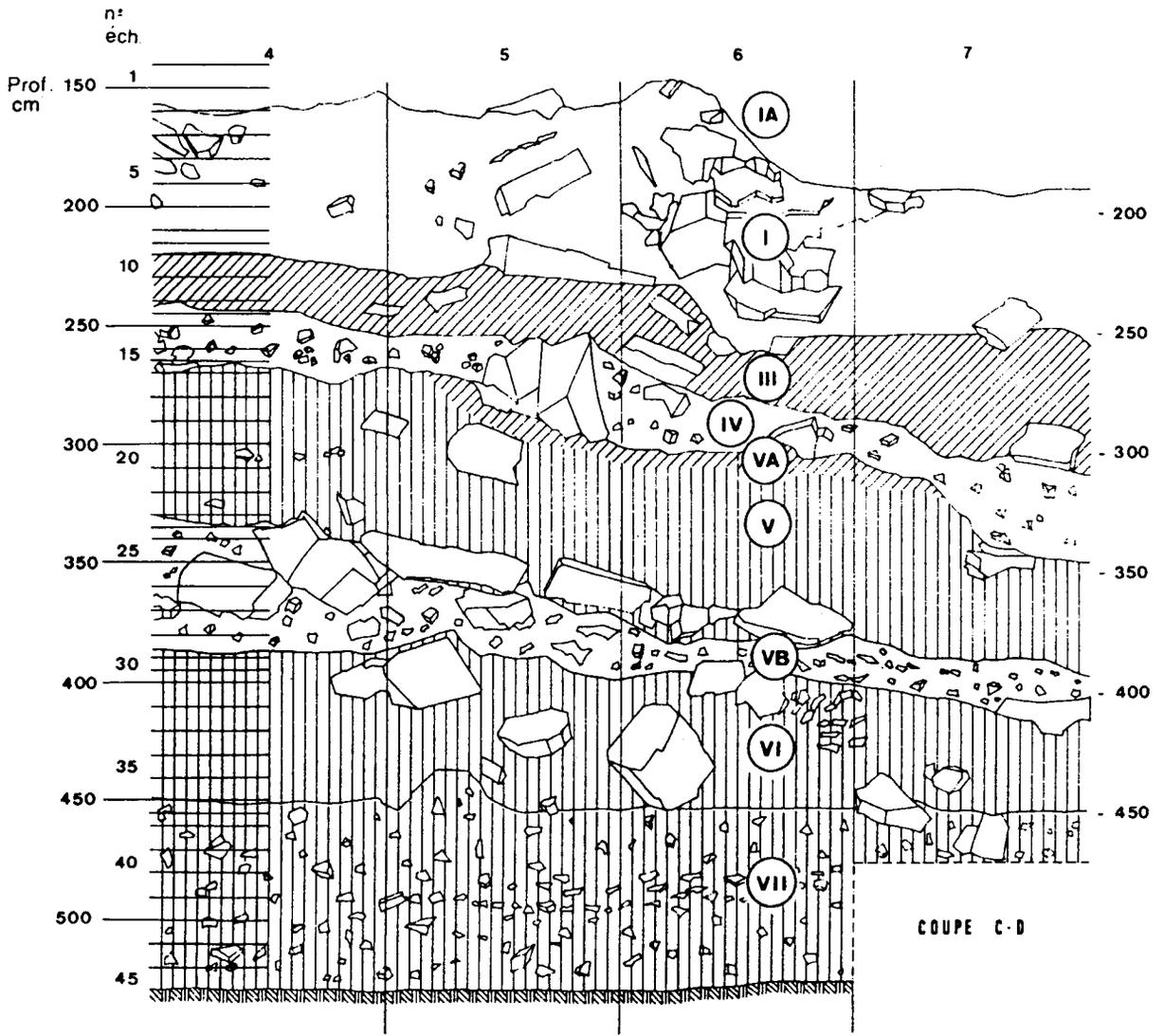


Figure 4 : Coupe stratigraphique longitudinale du côté sud de la "terrasse" (Face nord des carrés C4 à C7) (D'après Otte et al., 1983). Projection schématique de la colonne des prélèvements pour la recherche de la microfaune en C4.

2. Biozone 2 (Couche VII; Echantillons 44 à 36)

La présence réduite (< 5%), mais répétée du Lemming à collier (*Dicrostonyx guielmi*), l'importance des Rongeurs non-autochtones, l'absence de Rongeurs sylvicoles et la rareté des Insectivores et des Chiroptères définissent clairement cette biozone qui témoigne d'un refroidissement relativement rigoureux.

Il se confirme d'une manière tout à fait significative, vu l'effectif des échantillons, que cette biozone peut être subdivisée en trois phases :

a) Dans la partie inférieure de la couche VII (Echantillons 44 à 42), une phase assez rigoureuse est marquée par la présence du Lemming à collier (0,7 à 2,7 %) et par la dominance absolue des Rongeurs allochtones (51,7 à 68,4 %) et avant tout du Campagnol nordique (*Microtus oeconomus*) (Fig. 6). L'importance de ce dernier Rongeur semble bien indiquer que le climat et l'environnement étaient fort humides.

b) Dans les échantillons 41 à 39, un épisode de type interstadiaire est nettement attesté par la diminution relative des Rongeurs non-autochtones (41 à 25,1 %) et par le développement du Campagnol agreste (*Microtus agrestis*) et du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) qui deviennent dominants (> 40 %) (Fig. 6). La présence sporadique de quelques Insectivores souligne encore ce réchauffement. Par contre, contrairement aux résultats obtenus en F7, les espèces sylvicoles semblent totalement absentes; au delà des aléas de l'échantillonnage, cet élément indique probablement que la recolonisation forestière reste peu développée. L'importance relative du Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) ne compense pas la forte diminution du Campagnol nordique, ce qui pourrait démontrer une nette diminution du caractère humide du climat (Fig. 6).

c) Enfin, au sommet de la couche VII (Echantillons 38 à 36), la biozone est caractérisée par une nouvelle augmentation des Rongeurs de climat continental, tels que le Campagnol nordique et le Campagnol des hauteurs (*Microtus gregalis*) (44,3 à 40 %), et par la réapparition discrète, mais significative du Lemming à collier (2,5%). Ces caractéristiques démontrent la réinstallation d'un climat de type continental froid à subarctique. Cette phase paraît cependant moins rigoureuse que la précédente au vu de la moindre importance des Rongeurs allochtones et des Lemmings. Bien que les effectifs des M/1, à partir desquels s'effectue la détermination spécifique des *Microtus*, soient fort faibles et incitent à la prudence, il semble que l'importance relative du Campagnol nordique diminue au profit du Campagnol des hauteurs, ce qui pourrait indiquer que le climat continental à tendance humide deviendrait plutôt sec (Fig. 6). Cette hypothèse semble bien se confirmer par la régression du Campagnol terrestre et l'apparition du Lièvre des steppes (*Ochotona pusilla*) au début de la biozone suivante (Fig. 5).

L'échantillon 36 présente des traits de transition entre une biozone froide où les Rongeurs allochtones atteignent encore 40 % et une biozone tempérée où les Insectivores réapparaissent et où les Rongeurs sylvicoles atteignent déjà 15 %. Ainsi, la biozone 2 pourrait se prolonger jusqu'à la base de la couche VI.

3. Biozone 3 (Couches VI et VB; Echantillons 35 à 25)

Cette biozone est très bien définie par la régression parfois complète des espèces allochtones et plus précisément par la quasi-inexistence des Lemmings, ainsi que par la prédominance absolue des espèces autochtones (Fig. 5). En outre, la microfaune est tout à fait dominée par le Campagnol agreste et le Campagnol des champs qui représentent bien souvent près des deux tiers des effectifs (Fig. 6); le groupe des Rongeurs sylvicoles (Campagnol roussâtre et Mulot) est second en importance.

Par toutes ces caractéristiques microfauniques, cette période de réchauffement a un peu l'allure d'un interglaciaire, ce qui est encore confirmé par la présence du Campagnol souterrain (*Pitymys subterraneus*) (Fig. 5), comme dans le cas de la séquence microfaunique en F7. Toutefois, la persistance d'un fond variable d'espèces non-autochtones (avec des espèces nettement continentales comme le Campagnol des hauteurs et le Lièvre siffleur) et

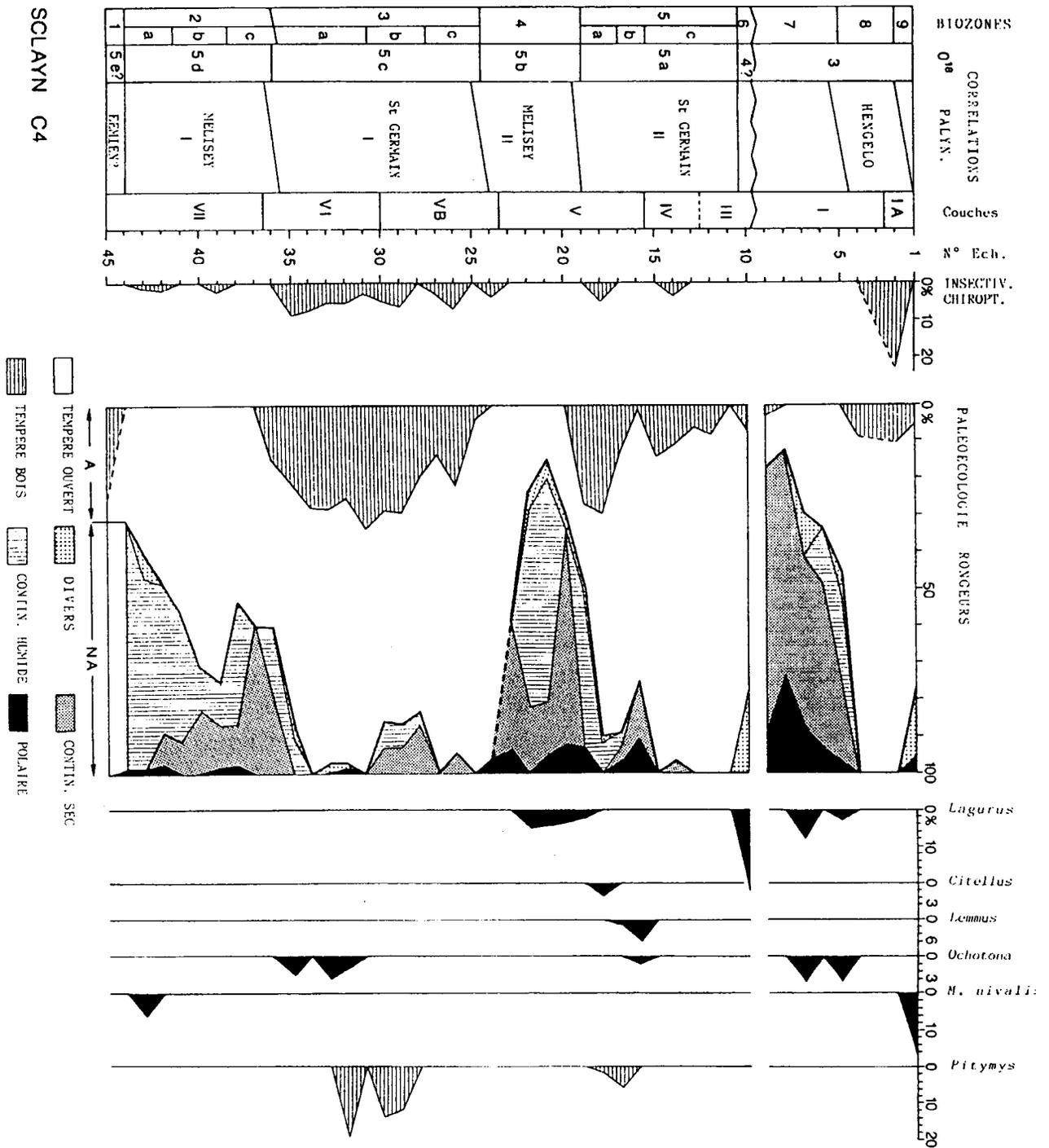


Figure 5 : Diagramme microfaunique de la colonne biostratigraphique en C4 de la grotte Scladina. Signification des différentes parties du diagramme: voyez le texte (Introduction). Le tracé est approximativement fonction de la profondeur moyenne de chacun des prélèvements (1 = -145 cm, 45 = -522,5 cm; cf. Tabl. 3 et 4).

le maintien de la dominance des espaces herbeux me contraignent à être plus nuancé que dans la première publication.

Du point de vue de l'humidité, il semble que cette période d'adoucissement soit caractérisée par une certaine continentalité et aridité, puisqu'elle est marquée en son début par une immigration du Lièvre siffleur (*Ochotona pusilla*) et par la faiblesse des espèces de milieux humides telles que le Campagnol terrestre, parmi les espèces autochtones, et le Campagnol nordique, parmi les espèces allochtones (Fig. 6).

La couche VB est avant tout caractérisée par la dégradation du paysage comme en témoignent la régression des espèces sylvicoles et l'augmentation des espèces de prairies (Campagnol agreste et Campagnol des champs) (Fig. 5 et 6). Toutefois, aucun développement particulier d'espèces non-autochtones ne vient démontrer l'avènement d'une nette dégradation climatique, si ce n'est l'échantillon 24 au sommet de la couche VB qui se signale par la présence du Lemming à collier représentant déjà plus de 4 % de l'ensemble des Rongeurs. La pauvreté des effectifs en M/1 à partir de l'échantillon 25 oblitère peut-être les signes d'un net refroidissement comme semblait en témoigner l'échantillon 6 en F7. Dans le détail, la microfaune de la partie inférieure de la couche VB révèle peut-être l'existence d'une petite phase stadiaire puisque la présence des Rongeurs non-autochtones semble augmenter jusqu'à plus de 15 % et qu'en correspondance s'amorcent la régression des Rongeurs sylvicoles, une forte diminution temporaire des Insectivores et la disparition du Campagnol souterrain (Fig. 5).

4. Biozone 4

(Sommet de la couche VB et partie inférieure de la couche V; Echantillons 24 à 20)

La réapparition du Lemming à collier et le redéveloppement rapide des autres espèces de climat continental froid caractérisent cette biozone qui correspond évidemment à un nouvel épisode glaciaire (Fig. 5). La disparition totale des espèces sylvicoles, des Insectivores et des Chiroptères ne fait que souligner encore le caractère rigoureux de cette nouvelle dégradation climatique.

Le début de cette biozone est délicat à définir en raison de la petitesse des échantillons microfauniques, c'est pourquoi le diagramme correspondant est figuré en pointillé (Fig. 5). Elle pourrait néanmoins débuter dans l'échantillon 25.

Comme le suggérait déjà la séquence en F7, cet épisode glaciaire paraît plus accentué que celui représenté par la biozone 2. En effet, le taux d'espèces non-autochtones paraît plus élevé (jusqu'à 85 % dans l'échantillon 21) et les fréquences du Lemming à collier paraissent également plus élevées (jusqu'à 7,7 % en 20).

Comme en F7, cette biozone s'individualise avant tout par la migration d'un Rongeur particulier, le Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*), qui atteste le caractère aride et nettement continental du climat (Fig. 5). L'apparition ultérieure, dans le début de la biozone 5, du Spermophile (*Citellus* sp.) et du Lièvre siffleur ne fera que confirmer à nouveau, à l'instar de la séquence en F7, le développement de conditions climatiques de type continental sec avec installation de steppes semi-arides.

Notons que les fréquences élevées du Campagnol nordique sont en contradiction avec la présence bien marquée d'espèces de climat continental semi-aride (Fig. 6). Il est évident que la petitesse des échantillons, en particulier au niveau des M/1, fausse les évaluations de la représentativité des *Microtus*. En l'occurrence, il y a probablement une surévaluation du Campagnol nordique aux dépens du Campagnol des hauteurs. D'ailleurs, les variations extrêmes de leur représentativité (par exemple, l'hétérogénéité de la succession des fréquences du Campagnol nordique des échantillons 23 à 18) (Fig. 6) montrent bien que ces évaluations ne sont sans doute pas crédibles.

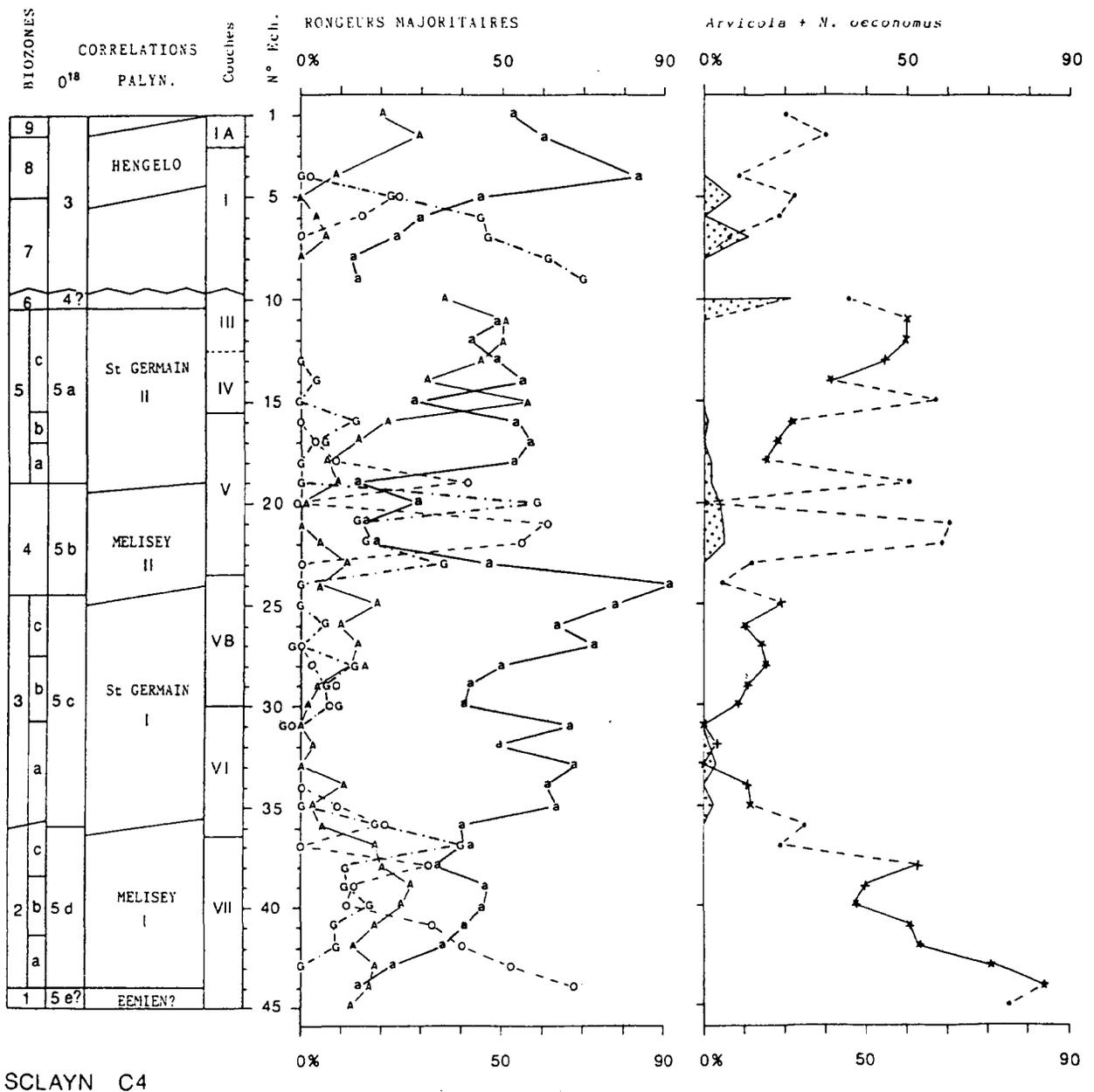


Figure 6 : Diagramme microfaunique complémentaire de la colonne biostratigraphique en C4 de la grotte Scladina. Signification des différentes parties du diagramme: voyez le texte (Introduction). Graphique de gauche: a = *Microtus arvalis-agrestis*; A = *Arvicola terrestris*; G = *Microtus gregalis*; O = *Microtus oeconomus*. Graphique de droite: * = valeur significative; + = valeur moyenne; . = valeur peu significative; aire pointillée = fréquence des Micromammifères steppiques.

5. Biozone 5

(Partie supérieure de la couche V, couches IV et III; Echantillons 19 à 11)

Au milieu de la couche V, la chute rapide des effectifs des espèces de climat continental froid et le redéploiement des espèces sylvoles et des Insectivores indiquent sans conteste le redéveloppement de conditions climatiques tempérées. Comme la biozone 3, la biozone 5 est à nouveau caractérisée par : 1) une prédominance absolue voire totale des espèces autochtones (Fig. 5), 2) le redéveloppement variable des Rongeurs sylvoles et des Insectivores, 3) une dominance du Campagnol agreste et du Campagnol des champs, ainsi que du Campagnol terrestre dans la deuxième moitié de la séquence (Fig. 6).

L'échantillon 19, tout comme l'échantillon 2 en F7, présente un caractère quelque peu hétérogène. D'une part, il conserve des traits qui le rattachent à la biozone glaciaire précédente comme la persistance non négligeable du Lemming à collier (7,1 %), l'importance des espèces non-autochtones (50,4 %) et l'absence d'Insectivores. D'autre part, il présente des signes de transition tels que la réduction rapide des fréquences des Rongeurs non-autochtones et le développement brusque des Rongeurs sylvoles (atteignant d'emblée 26,8 %), qui constitue un trait typique de la biozone 5. Ces caractères contradictoires peuvent être expliqués par un réchauffement accentué et brusque du climat, allié à une sédimentation relativement faible qui entraîne un télescopage des microfaunes.

La relative richesse des échantillons microfauniques permet d'assurer la définition probable de trois phases climatiques au sein de cette biozone 5 :

a) Dans les échantillons 18 et 17, un très net réchauffement du climat entraînant une recolonisation rapide des milieux boisés est attesté par la régression considérable des Rongeurs non-autochtones qui ne représentent plus qu'environ 10 % de l'ensemble, par le développement des Rongeurs sylvoles qui atteignent près de 30 %, par la réapparition des Insectivores (4,8 %) et par la réinstallation temporaire du Campagnol souterrain (5,3 %). Toutefois, le caractère continental du climat et une certaine sécheresse semblent persister comme l'indiquent l'apparition discrète, mais très significative du Spermophile (*Citellus* sp.) et la relative faiblesse du groupe du Campagnol terrestre et du Campagnol nordique (Fig. 6). En outre, la dominance absolue du Campagnol agreste et du Campagnol des champs (> 50 %) témoigne de la prépondérance des paysages découverts.

b) Ensuite, le sommet de la couche V (Echantillon 16) est caractérisé significativement par une réaugmentation des espèces de climat continental sec et de climat polaire (23,3 %); le Lemming à collier (2,9 %) et le Campagnol des hauteurs (13,5 %) réapparaissent, mais aussi le Lemming des toundras (*Lemmus lemmus*) (5,9 %) et le Lièvre siffleur (*Ochotona pusilla*) (1 %) (Fig. 5). Corrélativement, les Rongeurs sylvoles et les Insectivores tendent à disparaître. Tous ces éléments semblent bien démontrer l'existence d'un bref, mais non moins marqué, épisode stadiaire accompagné d'une relative sécheresse du climat.

c) Les couches IV et III (Echantillons 15 à 11) semblent révéler une nouvelle sous-zone malgré leur relative pauvreté en fossiles; en effet, tous ces échantillons présentent une grande homogénéité et se confortent donc mutuellement. Les Rongeurs non-autochtones et parmi eux les Lemmings sont quasi ou totalement inexistantes; d'autre part, parmi les Rongeurs autochtones, le Campagnol terrestre et le groupe du Campagnol agreste et du Campagnol des champs se partagent la dominance de la microfaune (Fig. 6); de plus, les Rongeurs sylvoles rétablissent quelque peu leurs effectifs, mais ne dépassent plus les 15 % et d'ailleurs régressent progressivement (Fig. 5); enfin, les Insectivores restent très discrets. Tout semble indiquer que l'adoucissement climatique reste insuffisant pour permettre le rétablissement de conditions climatiques de type interglaciaire avec développement des milieux boisés; néanmoins, il n'y a aucun témoin de conditions climatiques défavorables et le développement du Campagnol terrestre semble indiquer une certaine humidité du climat qui contraste avec la relative sécheresse du début de cette biozone (Fig. 6).

6. Biozone 6 (Sommet de la couche III; Echantillon 10)

Malgré la petitesse de l'échantillon, la présence bien attestée (3 dents sur 14) du Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*) semble marquer le passage à une autre biozone qui serait caractérisée en son début par une réimmigration de ce Rongeur adapté actuellement aux steppes sèches d'Asie centrale. Ce fait témoignerait donc du début d'une nouvelle péjoration climatique à caractère continental et relativement aride. Toutefois, compte tenu de l'existence du Lemming des steppes dans la couche I sus-jacente et du prélèvement de l'échantillon 10 au sommet de la couche III, il se pourrait également que cet échantillon soit «pollué» par le haut et que cette biozone 6 ne soit qu'une fausse apparence. Rappelons néanmoins qu'il existe une lacune sédimentaire entre la couche III et la couche I.

7. Biozone 7 (Moitié inférieure de la couche I; Echantillons 9 à 5)

Cette biozone est très bien définie par la dominance absolue des Rongeurs non-autochtones qui peuvent atteindre des fréquences très élevées comme dans l'échantillon 8 (87,7 %) (Fig. 5). En outre, le Lemming à collier est non seulement présent, mais peut atteindre lui aussi des taux élevés (jusqu'à 26,3 % dans l'échantillon 8). Corrélativement, les espèces sylvoles sont quasi inexistantes et les Insectivores sont absents. Toutes ces caractéristiques attestent un climat subpolaire à polaire qui constitue l'épisode glaciaire le plus rigoureux de la séquence en C4. La seconde moitié de la biozone est caractérisée par une diminution progressive, mais continue des fréquences des Rongeurs continentaux froids et parmi eux du Lemming à collier. A la faveur de cette régression de la rigueur du climat, le Lemming des steppes et le Lièvre siffleur font leur réapparition et témoignent de l'installation de conditions paléoécologiques très continentales et arides (Fig. 5). Par ailleurs, la dominance absolue du Campagnol des hauteurs dans la microfaune confirme tout à fait ces caractéristiques climatiques. En outre, l'apparente faiblesse des fréquences du Campagnol terrestre et du Campagnol nordique est tout à fait en conformité avec la sécheresse du climat (Fig. 6).

Notons encore que les différences très marquées dans la composition microfaunique des échantillons 9 et 10 indiquent qu'il existe une nette discontinuité entre les couches III et I correspondant logiquement à une lacune de sédimentation.

8. Biozone 8 (Partie supérieure de la couche I; Echantillons 4 à 2)

Ces trois échantillons sont très pauvres et, de ce fait, ont été représentés en pointillé sur le diagramme paléoécologique (Fig. 5). Néanmoins, ils présentent les traits fauniques suivants : 1) absence de Lemmings (sur 25 déterminations), 2) absence apparente de Rongeurs non-autochtones, 3) en revanche, présence du Campagnol roussâtre qui est une espèce typiquement sylvoicole (2 dents sur 25) et présence d'un Chiroptère. Ces caractéristiques tranchent vis-à-vis de la biozone glaciaire précédente et témoignent plutôt d'un adoucissement climatique. Toutefois, il reste difficile de préciser le détail de cette phase de réchauffement qui semble à première vue bien accusée. Néanmoins, l'importance accrue du Campagnol terrestre semble indiquer une relative augmentation de l'humidité (Fig. 6); la présence du Campagnol des neiges (*Microtus nivalis*) dans l'échantillon 1 pourrait confirmer cette hypothèse (Fig. 5).

9. Biozone 9 (Couche IA; Echantillon 1)

Malgré la persistance d'un Rongeur sylvoicole, le Campagnol roussâtre (5 %), une nouvelle biozone semble s'amorcer avec la réapparition significative du Lemming à collier (5 %) alliée à la présence d'un Rongeur montagnard, le Campagnol des neiges (17,5 %). Vu la petitesse de l'échantillon, il n'est toutefois pas possible de définir les caractéristiques de ce nouvel épisode climatique.

V. COLONNES BIOSTRATIGRAPHIQUES EN H-I/12-13

A. Introduction

Les derniers échantillonnages microfauniques ont été prélevés au cours de la fouille de deux paires de carrés juxtaposés dans la grotte, un peu au delà de son entrée actuelle (Fig. 7). Ces prélèvements s'étalent sur environ deux mètres d'épaisseur, de la couche 4 à la couche 1A, et n'ont malheureusement pas été poursuivis dans les couches inférieures. Il faut encore souligner que les fouilleurs ont instauré un léger décalage entre le découpage décimétrique des carrés H-I 12 et des carrés H-I 13 (Fig. 7) et que la numérotation stratigraphique change en fonction du passage des dépôts de «terrasse» aux dépôts de la grotte proprement dite. Notons enfin que la couche 2B (équivalent de la couche III en «terrasse») est un horizon humifère qui serait une forme d'altération pédologique du sommet de la couche 3 (Otte, Léotard, Schneider et Gautier, 1983; Deblaere et Gullentops, 1986; Gullentops et Deblaere, 1992).

Bien que la microfaune provienne en principe du lavage-tamissage de quatre mètres carrés, les effectifs sont particulièrement faibles. En effet, l'ensemble des quatre carrés n'a livré que 706 restes dentaires (dont 446 ont pu être déterminés spécifiquement), ce qui correspond à une moyenne de 2 dents par échantillon et par quart de mètre carré.

Pour pallier en partie à cette pauvreté des effectifs, j'ai groupé les échantillons qui se correspondent en stratigraphie métrique, c'est-à-dire d'une part, ceux des carrés H et I 12 et d'autre part, ceux des carrés H et I 13 (Tabl. 5 à 8). Malgré cela, les chiffres obtenus restent très souvent peu significatifs, ce qui entraîne l'aspect parfois hétérogène, voire contradictoire, des diagrammes microfauniques (Fig. 8 et 9). Une évidente prudence s'impose quant à leur interprétation.

Un autre problème s'ajoute à la faiblesse des effectifs et affecte en particulier les couches supérieures à la couche 2B. D'une part, on observe dans les microfaunes une abondance de restes osseux de Batraciens dont l'aspect paraît bien souvent non fossilisé. D'autre part, les associations de micromammifères présentent quelquefois d'apparentes incohérences : a) un même échantillon peut contenir à la fois des fréquences importantes de Rongeurs sylvicoles tempérés (autour de 30 %) et des fréquences parfois élevées de Rongeurs allochtones, dont le Lemming à collier qui est typiquement adapté aux climats de type polaire et à un paysage toundroïde; b) les fréquences des Insectivores et Chiroptères peuvent présenter également des incompatibilités du même type. Ces constats doivent, de toute évidence, être mis en rapport avec l'existence de plusieurs terriers de Blaireau ou de Renard qui se concentrent dans la couche limoneuse 1B, facile à pénétrer, pas trop profonde et stable entre deux horizons d'aspect cryoclastique (3 et 1A) (Gullentops et Deblaere, 1992). Le remaniement et la «pollution» des microfaunes fossiles par des éléments récents (Batraciens, Rongeurs sylvicoles, Insectivores...) sont incontestablement la conséquence des bioturbations produites par ces Carnivores fouisseurs.

En dépit de leurs défauts, ces données peuvent néanmoins être interprétées avec un esprit critique à la lumière de la biozotation définie en C4; elles présentent d'ailleurs une bonne cohérence dans le cas de la couche 4. L'intérêt de ces deux nouvelles séquences biostratigraphiques réside avant tout dans la corrélation entre les dépôts de «terrasse» et de grotte et dans l'essai de définition paléoclimatique de la couche 2A qui réduit partiellement l'hiatus constaté entre les couches III et I en C4.

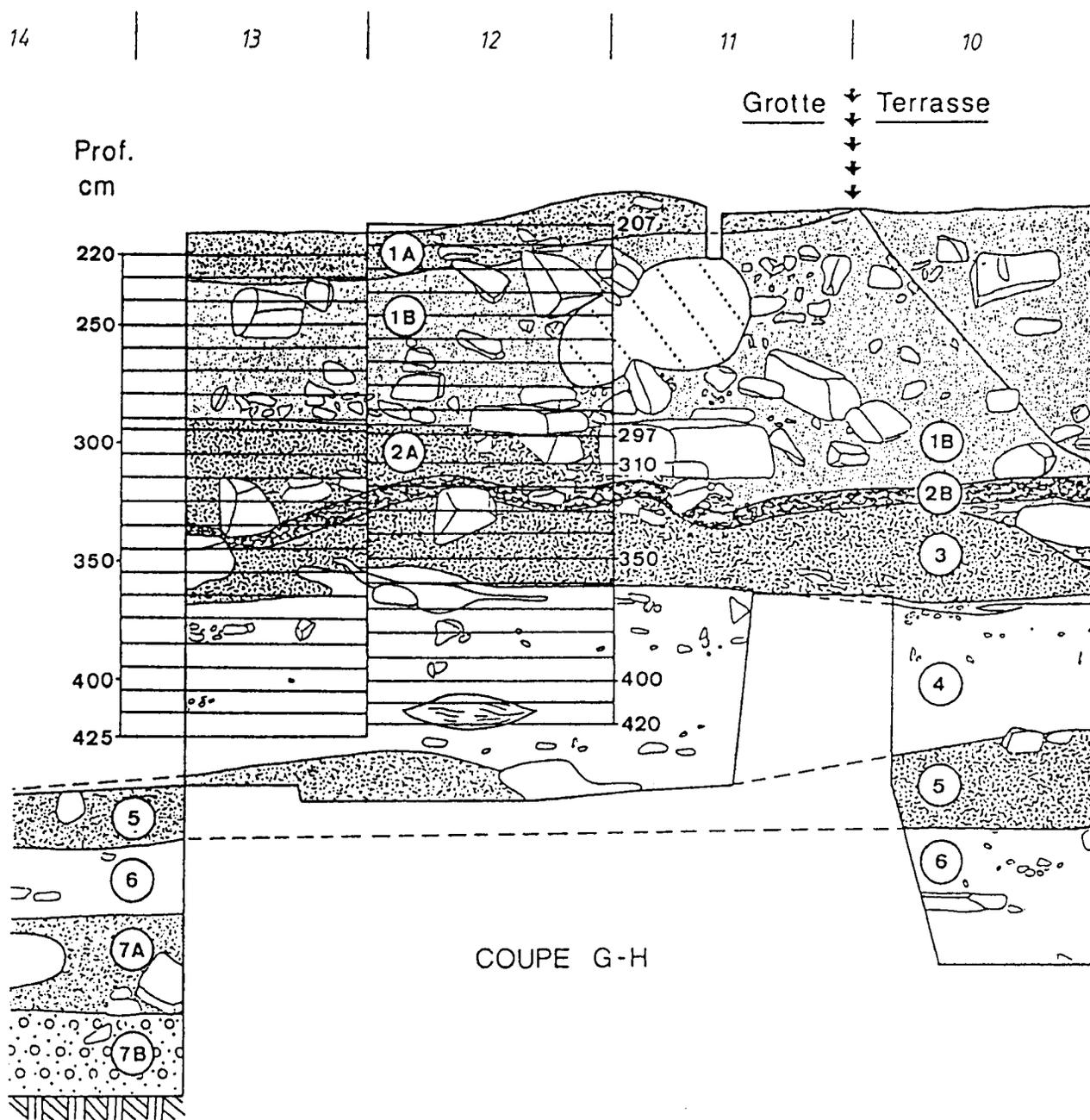


Figure 7 : Coupe stratigraphique longitudinale des dépôts de la grotte (Face sud des carrés H 14 à H 10) (D'après Otte et coll., inédit). Projection schématique des colonnes des prélèvements pour la recherche de la microfaune en H 12 et H 13.

B. Biozation (Figures 7 et 8, Tableaux 5 à 8)

1. 1ère biozone (Couche 4)

Sur les deux diagrammes microfauniques, une première biozone s'individualise très clairement de -420 à environ -390 cm. Elle se caractérise par un pourcentage élevé de Rongeurs non-autochtones (de 60 à 81 %), par la présence parfois très marquée du Lemming à collier (jusqu'à 30,8 % en H et I 13), par la quasi-absence des Rongeurs sylvoles et des Insectivores et enfin par la présence de quatre Rongeurs très significatifs : le Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*), le Spermophile (*Citellus* sp.), le Hamster migrateur (*Cricetulus migratorius*) et le Lemming des toundras (*Lemmus lemmus*) (Fig. 8 et 9). Les riches échantillons des carrés H et I 13 témoignent de la présence continue du Lemming à collier (Tabl. 8). L'ensemble de la biozone correspond de toute évidence à un épisode climatique glaciaire.

Dans le détail, les deux diagrammes indiquent que les quatre Rongeurs précités sont associés à la base de cette biozone (Fig. 8 et 9). En particulier, le Lemming des steppes, le Hamster migrateur et, dans une moindre mesure, le Spermophile indiquent que le climat était franchement de type continental et marqué avant tout par une grande aridité. L'apparente importance du Campagnol nordique (milieux continentaux humides), qui semble contradictoire, est très certainement liée aux aléas du petit échantillonnage. Par la suite, le froid semble s'intensifier comme l'indique l'augmentation des Rongeurs allochtones en général et du Lemming à collier en H et I 13 (Fig. 9). Simultanément, l'aridité semble s'atténuer vu que les Rongeurs continentaux steppiques disparaissent dans les deux séquences microfauniques et que le Campagnol nordique domine nettement le Campagnol des hauteurs. Enfin, cet épisode glaciaire semble régresser particulièrement rapidement en même temps que les Rongeurs sylvoles se redéveloppent tout aussi brusquement, au point qu'il semble qu'il y ait un certain télescopage de microfaunes en H et I 13 (Fig. 9).

Les caractéristiques de cette biozone et l'évolution des fréquences telle qu'elle apparaît sur les diagrammes microfauniques sont très analogues à celles de la biozone 4 précédemment définie en C4. Il est à noter qu'en C4 également, l'extension principale du Lemming à collier est effectivement précédée par l'acmé du Lemming des steppes.

2. 2e biozone (Couches 4 supérieure et 3 ?)

Sur les deux diagrammes microfauniques (de -385 à -355 en H et I 12; de -380 à -370 en H et I 13) (Fig. 8 et 9), le début de la biozone suivante se définit nettement par la diminution brusque des fréquences des Rongeurs non-autochtones jusqu'à leur complète disparition, ainsi que par la brusque augmentation des fréquences des Rongeurs tempérés sylvoles et la réapparition discrète, mais significative des Insectivores et Chiroptères. De toute évidence, la deuxième biozone correspond à un réchauffement important du climat favorisant le redéveloppement des milieux forestiers qui restent néanmoins dominés par les espaces découverts herbeux.

Cette biozone, qui correspond sans aucun doute à la biozone 5 de C4, pourrait éventuellement se prolonger dans la couche 3 puisque, dans les échantillons microfauniques correspondants, les Rongeurs non-autochtones sont pratiquement inexistantes (Fig. 8 et 9); il faut toutefois rester prudent vu la petitesse des échantillons (Tabl. 5 et 7). Notons encore que les Rongeurs tempérés sylvoles et les Insectivores semblent disparaître dans la couche 3 et que ce fait évoque remarquablement la régression de ces Micromammifères dans la dernière phase «c» de la biozone 5 en C4.

Dans le détail, en H et I 12 (Fig. 8), la régression des Rongeurs sylvoles à -365 cm pourrait éventuellement correspondre à la phase stadiaire «b» de la biozone 5 en C4. Notons encore que le Lemming à collier figuré à -375 cm a été recueilli en fait dans la partie inférieure de cet échantillon et illustre donc la fin de l'épisode glaciaire de la biozone précédente. Quant aux carrés H et I 13 (Fig. 9), ils sont caractérisés par la

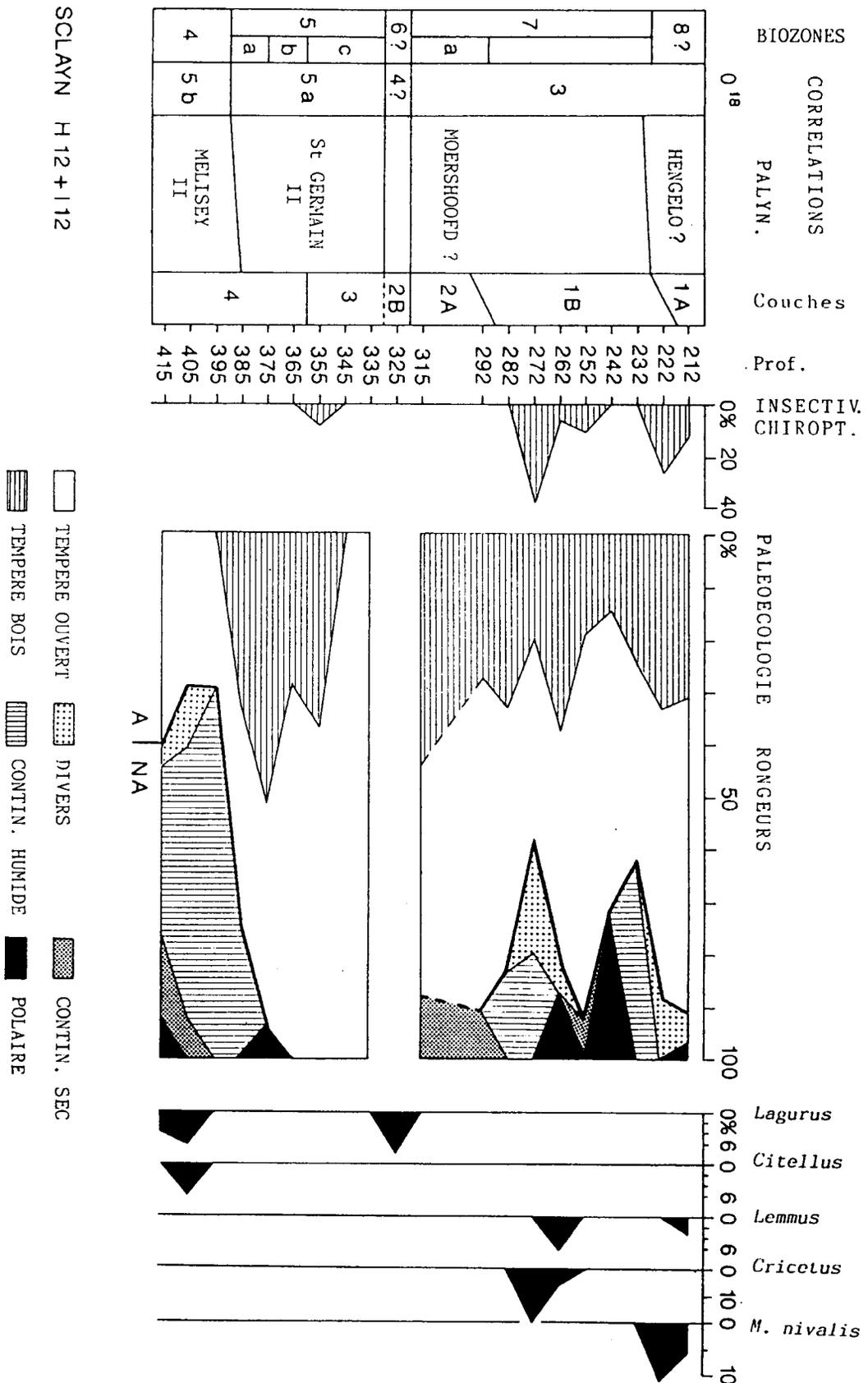


Figure 8 : Diagramme microfaunique de la colonne biostratigraphique en H et I 12 de la grotte Scladina. Signification des différentes parties du diagramme: voyez le texte (Introduction). Le tracé est fonction de la profondeur moyenne de chacun des prélèvements.

réapparition d'un Spermophile (*Citellus* sp.) vers -360 cm (partie inférieure), juste après le grand pic de fréquence des Rongeurs sylvicoles; cette situation évoque cette fois la phase «a» de la biozone 5 en C4 qui est caractérisée également par une petite phase migratoire de ce rongeur adapté aux steppes herbeuses continentales, surtout en milieu loessique.

3. Le problème de la couche 2B

La couche 2B étant peu épaisse et peu riche en microfaune (Tabl. 5 et 7), elle reste difficile à interpréter. L'apparente absence de Rongeurs sylvicoles alliée à la présence du Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*) en I 12 pourrait suggérer un rapprochement avec la biozone 6 définie en C4. D'ailleurs, ces deux caractéristiques microfauniques opposent ces échantillons à ceux de la couche 2 A, puisque les associations de la base de cette dernière semblent, au contraire, définies par des fréquences élevées de Campagnol roussâtre (16 à 44 %) et une absence totale du Lemming des steppes.

Un hiatus stratigraphique pourrait donc exister entre ces deux couches. Toutefois, la faiblesse des effectifs microfauniques dans tous ces échantillons nous oblige à rester prudent.

4. 3e biozone (Couches 2A ? et 1B)

Les couches supérieures à la couche 2B présentent, du point de vue microfaunique, un manque évident d'homogénéité et même d'importantes contradictions. Ce problème a été évoqué dans le paragraphe V.A. Néanmoins, il est quand même possible d'envisager, avec beaucoup de prudence, quelques hypothèses globales en recherchant les points communs entre les deux diagrammes (Fig. 8 et 9).

La troisième biozone semble être caractérisée par une importance variable des Rongeurs non-autochtones et par des taux parfois élevés de Lemming à collier dès la fin de la couche 2A en I 13 et jusque dans la partie supérieure de la couche 1B en H 12. Cette biozone correspond sans conteste à une période climatique assez froide à très froide. Elle est encore individualisée dans les deux diagrammes par la présence du grand Hamster (*Cricetus cricetus*) dans la couche 1B (environ -260 cm). Il faut encore noter que les fréquences du Campagnol terrestre et du Campagnol nordique, qui donnent une certaine estimation de l'importance des milieux humides à marécageux et donc de l'humidité relative du climat, sont assez à fort élevées.

Vu sa position relative et les corrélations stratigraphiques entre les couches de la «terrasse» et celles de la grotte, cette troisième biozone devrait correspondre à la biozone 7 définie en C4. Toutefois, elle s'oppose à celle-ci par l'absence apparente du Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*) et du Lièvre siffleur (*Ochotona pusilla*); corrélativement, ces biozones se contredisent encore par le caractère humide du climat en H et I ou aride en C4. La petitesse des échantillons microfauniques en H et en I ne permet peut-être pas de déceler l'existence de ces espèces particulières, qui restent discrètes en C4.

Dans le détail, cette biozone semble débiter par une phase relativement peu rigoureuse dans une bonne part de la couche 2A (phase «a»); en effet, les Lemmings semblent absents et les Rongeurs continentaux froids peuvent être peu représentés comme en H et I 12 (9,3 à 11,1 %); en outre, la base de la couche 2A en H 13 semble bien démontrer la présence du Campagnol roussâtre, d'Insectivores et de Chiroptères (Fig. 9), ce qui correspondrait bien à une phase moins rigoureuse du climat glaciaire. Par la suite, le climat devient sans doute nettement plus rigoureux comme l'attestent les fréquences élevées du Lemming à collier (jusqu'à près de 30 %) et l'augmentation des Rongeurs non-autochtones. Cette période glaciaire, qui paraît complexe, semble débiter dans la partie supérieure de la couche 2A et se terminer dans la moitié supérieure de la couche 1B.

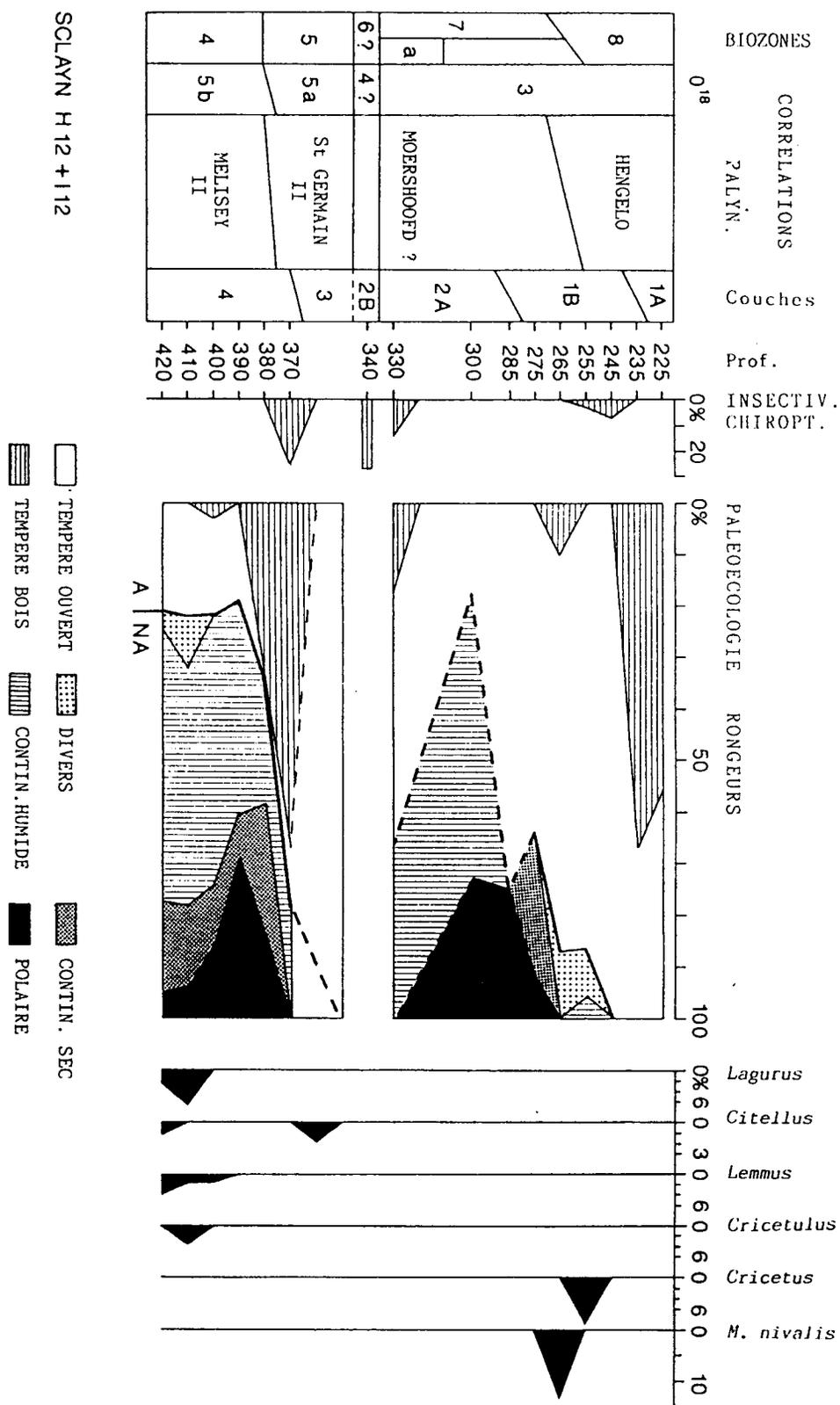


Figure 9 : Diagramme microfaunique de la colonne biostratigraphique en H et I 13 de la grotte Scladina. Signification des différentes parties du diagramme: voyez le texte (Introduction). Le tracé est fonction de la profondeur moyenne de chacun des prélèvements.

5. 4e biozone (Partie supérieure de la couche 1B et base de la couche 1A)

A partir de -230 cm en H et I 12 et de -265 cm en H et I 13, une nouvelle biozone se distingue par la disparition complète du Lemming à collier, par la régression rapide des Rongeurs allochtones, voire leur apparente disparition en H et I 13, et par le développement des Rongeurs sylvicoles et, dans une moindre mesure, des Insectivores et Chiroptères (Fig. 8 et 9). Cette biozone correspond de toute évidence à un interstade climatique très accusé et peut être corrélée logiquement à la biozone 8 définie en C4. Il faut encore noter que, dans les trois séquences biostratigraphiques, se trouve associé à cette biozone le développement d'une petite population de Campagnol des neiges (*Microtus nivalis*) qui pourrait témoigner de conditions climatiques quelque peu montagnardes et relativement humides.

Enfin, l'apparition du Lemming des toundras (*Lemmus lemmus*) en I 12 vers -210 cm (Fig. 8) pourrait éventuellement être considérée comme un premier élément annonciateur d'une nouvelle dégradation climatique correspondant à la biozone 9 définie en C4.

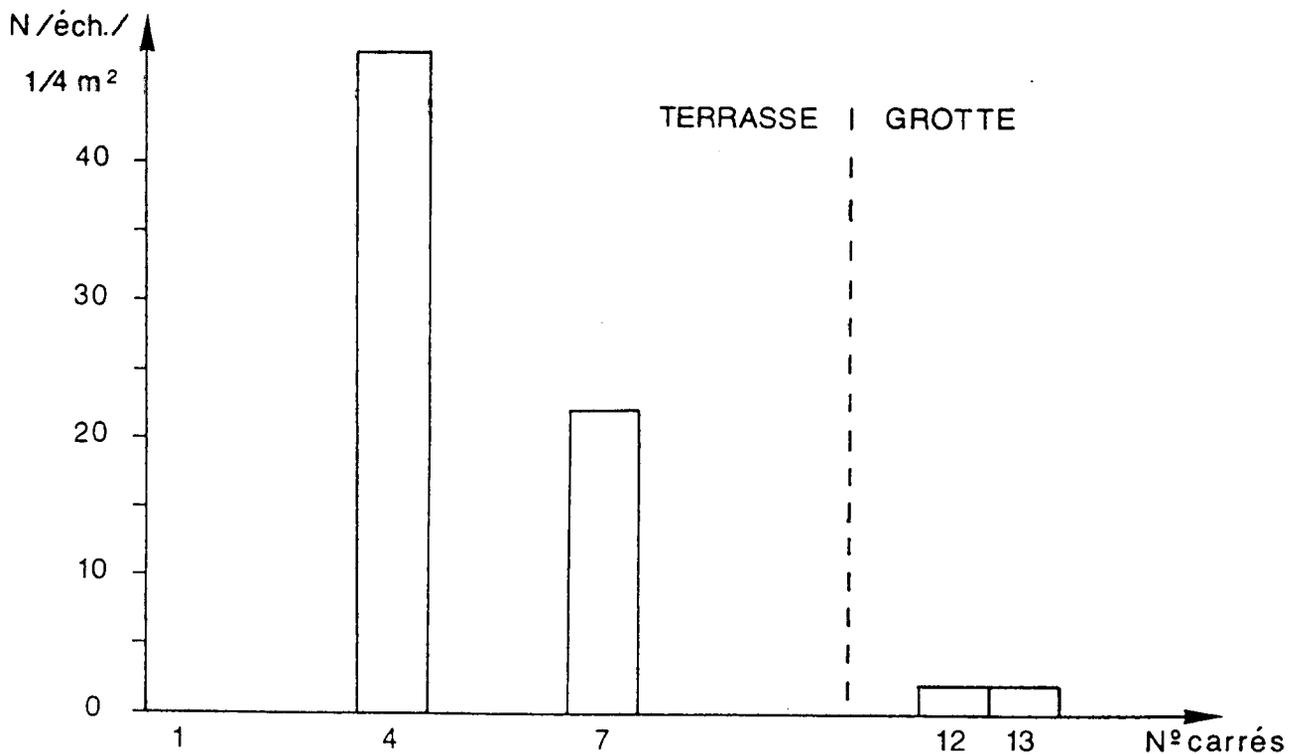


Figure 10 : Histogramme représentant le nombre moyen de molaires de micromammifères identifiées par échantillon et par quart de mètre carré en fonction de l'emplacement des colonnes biostratigraphiques étudiées (N° des carrés).

VI. INTERPRETATIONS

A. Taphonomie

Les restes de Micromammifères proviennent probablement, dans des proportions variées, de cadavres d'animaux morts sur place, de proies de petits Carnivores et surtout de proies d'Oiseaux Rapaces. En se référant aux chiffres donnés précédemment dans cet article pour chaque colonne biostratigraphique, il est intéressant de noter que la richesse en microfaune diminue sensiblement des dépôts de «terrasse» aux dépôts de la grotte proprement dite (Fig. 10). Cette diminution progressive doit sans doute être liée à la position relative des carrés échantillonnés par rapport à l'entrée primitive. En effet, l'endroit le plus favorable pour l'accumulation de restes de microfaune se situe dans les environs immédiats du porche d'entrée: d'une part, les animaux morts naturellement vivaient sur le devant de la grotte de l'époque et d'autre part, les Oiseaux Rapaces nichaient dans le porche et se postaient sur le rocher surplombant l'entrée primitive. Ainsi, il est probable que l'entrée de la grotte à l'époque du dépôt des fossiles se situait aux environs des carrés 4, là où les couches sont les plus fossilifères, et non au niveau des carrés 10 et 11 dans la situation actuelle.

Au niveau de la colonne biostratigraphique en F7, notons encore la rareté voire l'absence de fossiles de Micromammifères à partir de la couche VIII. Il est possible que ce phénomène soit dû en partie au passage à de nouveaux types de dépôts qui se seraient sédimentés dans une partie de la grotte assez éloignée de l'entrée. D'ailleurs, la palynologie met en évidence un hiatus entre les couches VIII et VII (Bastin, 1992) et les couches VIII à XIII se situent visiblement dans une galerie inférieure dont le toit s'est effondré (Haesaerts, 1992).

B. Bio- et lithostratigraphie

Au delà de la continuité des couches de la «terrasse» à la grotte (Deblaere et Gullentops, 1986), les corrélations biostratigraphiques entre les séquences en C4 et en H-I 12-13 mettent bien en évidence la contemporanéité relative des couches V et 4, IV et 3, III et 2B, I et 1B, IA et 1A (Fig. 11).

D'autre part, l'analyse détaillée des différentes séquences montre qu'il n'y a pas nécessairement coïncidence entre les limites biostratigraphiques et les limites lithostratigraphiques (Fig. 11). D'ailleurs, le plus souvent, il n'y a pas de correspondance étroite et les unités lithostratigraphiques peuvent même receler des associations microfauniques définissant des épisodes climatiques tout à fait différents, comme dans le cas des couches V, VB et 4. Ces constats soulignent les imprécisions voire les confusions qui peuvent découler de toute forme de prélèvement basé exclusivement sur la lithostratigraphie et confirment le bien-fondé d'un prélèvement décimétrique (ou inférieur) et en continu des couches.

Enfin, les corrélations biostratigraphiques entre les différentes séquences indiquent que les limites des biozones ne correspondent pas toujours aux mêmes épaisseurs de couches (Fig. 11). Ainsi, par exemple, la biozone 3 découpe différemment les couches VI et VB en C4 et F7; d'autre part, la base des biozones 4 et 8 ne se positionne pas de la même manière dans la couche 4 et la couche 1B en H-I 12 et H-I 13. Au delà des imprécisions dues à la méthode de prélèvement et aux aléas de l'échantillonnage, ces observations mettent sans doute en évidence les variations spatiales de la vitesse et du volume de la sédimentation.

Tous ces éléments portent bien entendu à conséquence. Sur le plan archéologique, il sera indispensable de tenir compte de la position en profondeur des artefacts au sein d'une couche pour définir exactement le type d'environnement auquel se rattache l'occupation préhistorique; c'est en particulier le cas de l'occupation moustérienne de la couche VB. Sur le plan des macrorestes fauniques, il serait tout aussi indispensable de connaître les

coordonnées spatiales des fossiles pour pouvoir résoudre l'hétérogénéité potentielle de chaque couche lithologique. La mosaïque d'espèces décelée dans la couche VB et la coexistence d'espèces écologiquement incompatibles dans la couche V (Simonet, 1992) sont sans doute des données faussées découlant d'un prélèvement macrofaunique trop sommaire à l'échelle des couches lithostratigraphiques.

C. Parallélisme avec les autres disciplines biostratigraphiques

Comme cela avait déjà été souligné dans la première publication (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986), les épisodes climatiques déduits de l'interprétation des associations microfauniques sont tout à fait semblables à ceux mis en évidence indépendamment par la palynologie (Bastin, 1992). Leur nombre, leurs caractéristiques et leur succession stratigraphique se correspondent parfaitement. Dans certains cas favorables, comme les couches VI et VB en C4, la correspondance est même perçue dans le détail des phases climatiques.

Ce parallélisme étroit entre les résultats de l'analyse microfaunique et ceux de l'analyse palynologique démontre définitivement la validité de la première méthode (Chaline, 1977a). En outre, il atteste le degré de précision remarquable que ce type d'étude biostratigraphique peut atteindre et cela, malgré la faiblesse occasionnelle des effectifs microfauniques. Les nouvelles règles méthodologiques adoptées ici ont probablement contribué à l'obtention d'une telle qualité.

Il faut toutefois noter l'existence de quelques divergences d'interprétation entre la micropaléozoologie et la palynologie dans le cas des analyses de Sclayn. Vraisemblablement, ces divergences sont surtout liées à une certaine subjectivité dans la définition des limites des épisodes climatiques et à de probables petits diachronismes entre les réponses du milieu végétal et celles du milieu animal à de mêmes phénomènes climatiques.

En premier lieu, dans le cas de la couche VII en C4 (Fig. 5), malgré une diminution globale des Rongeurs allochtones tout au long de cette couche, je considère que la dernière phase «c» de la biozone 2 correspond encore à un stade glaciaire en dépit du début d'un redéploiement des Rongeurs sylvicoles. En effet, les Rongeurs allochtones constituent encore environ 40 % de la microfaune et le Lemming à collier est encore présent au début de cette phase. Dans l'interprétation palynologique (Bastin, 1992), cette phase s'inscrit dans le cours d'un net adoucissement climatique qui débiterait déjà dans la moitié supérieure de la couche VII, c'est-à-dire en correspondance avec la phase «b» interstadienne de la biozone 2 décrite par la microfaune.

En second lieu, dans le cas du second grand épisode tempéré, l'analyse microfaunique en C4 (Fig. 4) et H-I 12-13 (Fig. 7 et 8) indique assez clairement que son début correspond à la moitié supérieure de la couche V (V ocre) ou de la couche 4, alors que l'analyse palynologique le situe plutôt à la base de la couche V.

Enfin, le parallélisme entre l'analyse microfaunique et celle fondée sur les associations de Macromammifères (Simonet, 1992) paraît globalement très positif. Les quelques divergences d'interprétation paléoécologique peuvent facilement s'expliquer par l'hétérogénéité des couches du point de vue climatique, hétérogénéité dont les fouilleurs n'ont pas tenu compte lors de la récolte des restes de grands Mammifères. La composition assez éclectique voire contradictoire de certaines associations macrofauniques, comme dans les couches VB et V (Simonet, 1992), peut sans doute s'expliquer en grande partie par les caractéristiques de la fouille.

Une première divergence apparente concerne la couche VB qui renferme l'occupation moustérienne principale. Dans cette couche, l'étude de la macrofaune fait apparaître «une mosaïque d'espèces» qui évoque une dégradation relative du climat dans la suite logique de l'épisode tempéré précédent (Simonet, 1992). Le seul échantillon microfaunique

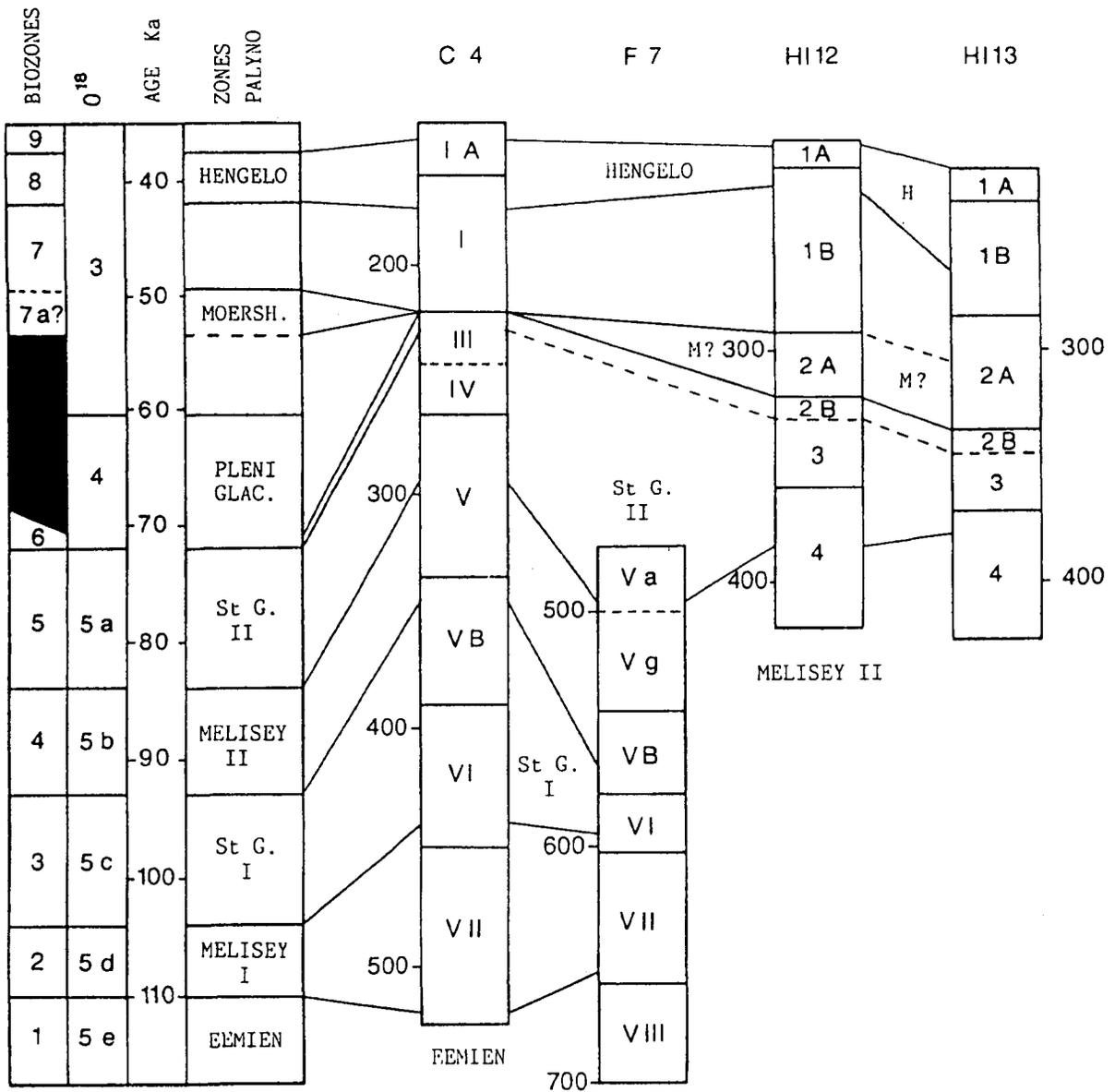


Figure 11 : Corrélation biostratigraphique des différentes colonnes sédimentaires qui ont été utilisées pour la recherche de la microfaune. Les colonnes sont représentées à la même échelle (profondeurs indiquées en cm), mais pas nécessairement à la même altimétrie (pour des raisons graphiques). Le tracé de la partie gauche du tableau est fonction de la chronologie du Pléistocène supérieur (Imbrie et al., 1984; Guiot et al., 1989).

significatif décrit en F7 dans la moitié supérieure de la couche VB (Fig. 2) paraissait s'opposer à cette interprétation et indiquer le début d'une période glaciaire déjà assez marquée (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986). Toutefois, la séquence plus complète en C4 (Fig. 4) corrige cette première impression et montre qu'une part importante de la couche VB correspond bien à la dégradation climatique de la période tempérée et qu'il faut attendre la partie sommitale de la même couche pour voir se développer la nouvelle période glaciaire marquée par le développement du Lemming à collier. De toute manière, intrinsèquement, la couche VB n'est pas homogène d'un point de vue climatique.

Un problème analogue existe pour les couches 1B et I qui paraissent également hétérogènes paléocéologiquement sur la base des analyses microfauniques (Fig. 4, 8 et 9). Dans ce cas, la macrofaune, qui présente d'évidentes caractéristiques interstadias, pourrait essentiellement provenir de la partie supérieure de la couche 1B.

D. Chronostratigraphie

Dans le cadre de ce travail, les corrélations chronostratigraphiques ont été établies en priorité avec les stades isotopiques des enregistrements océaniques (Emiliani, 1955; Shackleton, 1969) et avec les palynozones qui, dans le domaine continental, offrent parfois une précision plus grande, en particulier pour les périodes correspondant aux stades isotopiques 4 et 3 qui nous occupent en partie ici. Sur le plan de la nomenclature des palynozones, je me référerai aux travaux de Woillard (1978 et 1982), Leroi-Gourhan et Renault-Miskovsky (1977 et 1981). Quant à la chronologie absolue, elle correspond à l'échelle des temps SPECMAP (Imbrie *et al.*, 1984) adoptée également par Guiot, Pons, de Beaulieu et Reille (1989) dans la reconstitution du climat à partir des enregistrements polliniques de la Grande Pile et des Echets.

L'interprétation chronostratigraphique des séquences paléoclimatiques déduites des différentes analyses microfauniques reste globalement identique à celle déjà publiée précédemment (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986).

Un premier point d'ancrage concerne la biozone 1 de la couche VIII. En effet, l'analyse palynologique des couches XI à VIII démontre le caractère interglaciaire du climat et la signature du début de l'Eemien *sensu stricto* (Bastin, 1992). Les datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ du plancher stalagmitique SCPL1-CC6 sont tout à fait cohérentes avec cette attribution au stade isotopique 5e (Gewelt, Schwarcz et Szabo, 1992).

L'ancrage de la séquence la plus ancienne (couches VII à III, couches 4 à 2B) (Fig. 11 et 12) se fonde sur l'association de plusieurs critères. Le premier d'entre eux a trait, bien entendu, à la définition et à la succession des phases climatiques définies par l'analyse paléocéologique des microfaunes et en particulier à l'aspect très tempéré voire interglaciaire des biozones 3 et 5, qui est encore souligné par les analyses palynologiques correspondantes (Bastin, 1992). D'autre part, les datations radiométriques indiquent clairement que les planchers stalagmitiques correspondant aux couches 4 et 3 (équivalentes aux couches V et IV en «terrasse») sont à rapporter au stade isotopique 5 (Gewelt, Schwarcz et Szabo 1992). En tenant compte de tous ces éléments et du premier point d'ancrage, il semble évident que les deux biozones tempérées 3 et 5 d'aspect interglaciaire, qui suivent l'Eemien *sensu stricto*, doivent être corrélées aux stades isotopiques 5c et 5a, c'est-à-dire aux palynozones de Saint-Germain I et Saint-Germain II. Dans la même optique, les biozones glaciaires 2 et 4, qui séparent nettement les trois biozones tempérées précédentes, sont évidemment corrélées aux stades isotopiques 5d et 5b, c'est-à-dire aux palynozones de Melisey I et Melisey II.

Le petit stade glaciaire «b» de la biozone 5 reconnu en C4 (Fig. 5) pourrait éventuellement conduire à une interprétation qui viendrait quelque peu compliquer la précédente. En effet, on pourrait envisager que cet épisode soit l'équivalent d'un des coups de froid initialisant la phase pléniglaciaire du stade isotopique 4 et appartenant au début de la palynozone de Lanterne I. Dans le cadre de cette hypothèse, la biozone 5c pourrait être corrélée à la palynozone d'Ognon I de la Grande Pile (Woillard, 1978). Ce modèle n'a pas

été retenu ici pour deux raisons: d'une part, il impliquerait une sédimentation particulièrement faible dans le cas du stade 5a, qui se réduirait à une portion de couche stratigraphique; d'autre part, la disjonction relevée entre les datations radiométriques du plancher stalagmitique CC4 et les interprétations paléontologiques de la couche 4 (Gewelt, Schwarcz et Szabo, 1992) ne ferait que s'amplifier. Dès lors, dans le modèle chronostratigraphique choisi ici, seule la biozone 6 pourrait éventuellement correspondre au début de Lanterne I.

Dans la première étude (Bastin, Cordy, Gewelt et Otte, 1986), j'avais également utilisé la migration du Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*) comme argument pour corrélérer la biozone 4 au début de la dernière glaciation (Jánossy, 1960 et 1986; Chaline, 1972 et 1977b; Chaline et Monnier, 1976; Nadachowski, 1982). Toutefois, cet argument n'est plus déterminant puisque nos résultats démontrent que le Lemming des steppes a effectué au moins trois immigrations en Europe occidentale au cours de l'Interpléniglaciaire, juste avant l'interstade d'Hengelo (Fig. 5).

Enfin, l'ancrage de la séquence biostratigraphique terminale (couches I à IA, couches 1B à 1A) est fondé essentiellement sur la datation ^{14}C d'ossements provenant de la couche archéologique IA, qui est de 38.560 +/- 1500 BP (Gilot, 1992). Compte tenu que la base de la couche IA correspond, avec la partie supérieure de la couche I, à une biozone de type interstadaire, il est logique de corrélérer cette biozone 8 à l'interstade d'Hengelo, qui est probablement l'équivalent du premier terme tempéré de l'interstade würmien (Laville, Paquereau et Bricker, 1985). En conséquence, le stade glaciaire de la biozone 7 peut être corrélé à une phase froide du stade isotopique 3.

Il existe donc une discontinuité flagrante entre les deux séquences paléoclimatiques (Fig. 11 et 12), qui est d'ailleurs matérialisée par une lacune sédimentaire entre les couches III et I dans les dépôts de «terrasse» (Deblaere et Gullentops, 1986; Haesaerts, 1992). La couche 2A dans la grotte vient combler en partie cette lacune (Fig. 7). Malheureusement, la faiblesse des effectifs et les bioturbations altèrent la définition paléocéologique des associations microfauniques. Néanmoins, l'apparente opposition entre la microfaune de la couche 2B et celle de la couche 2A (cf. paragraphe V.B.3) semble indiquer l'existence d'un nouvel hiatus chronologique. Dès lors, en rattachant les associations microfauniques de la couche 2A à la séquence biostratigraphique terminale (Fig. 8, 9 et 11), il est possible de corrélérer hypothétiquement la biozone 7a, qui n'apparaît pas franchement glaciaire, à la fin du complexe interstadaire de Moershoofd.

E. Biocorrélations

En Europe occidentale, la principale biozonation paléoclimatique a été élaborée en France par Chaline (1972) et complétée récemment par la thèse de Marquet (1989).

Dans la première publication sur la microfaune de Sclayn (Bastin, Cordy, Gewelt et Otte, 1986), j'avais tiré argument de la migration ponctuelle du *Lagurus lagurus* pour corrélérer la biozonation de Sclayn avec celle du Würm ancien de France définie en particulier à partir des associations microfauniques de la grotte du Régourdou (Simard-Pélissier, 1966; Chaline, 1972). Puisqu'il apparaît maintenant que le Lemming des steppes a migré au moins trois fois en Belgique au cours du Pléistocène supérieur, ce point d'ajustement des deux biozonations n'a plus de valeur absolue. Néanmoins, compte tenu des caractéristiques écologiques des biozones de Chaline (1972 et 1977 b) et de leur attribution au Würm I, je maintiens le même schéma de corrélation que j'avais publié précédemment. Ainsi, la biozone 2 de Sclayn, froide et humide, correspondrait au stade de Santenay; la biozone 3 tempérée à l'interstade du Régourdou 7; la biozone 4, froide et aride, caractérisée par la première migration du *Lagurus*, au stade steppique du Régourdou 4; enfin, la biozone 5 tempérée à l'interstade du Régourdou 2.

Ce modèle de biocorrélation permet, entre autres, de proposer une datation relative plus précise des biozones françaises du Würm I. Le stade de Santenay correspondrait au stade isotopique 5d, l'interstade du Régourdou 7 au stade 5c, le stade steppique du Régourdou 4 au stade 5b et l'interstade du Régourdou 2 au stade 5a. Cet essai de chronocorrélation s'oppose quelque peu à celui proposé par Marquet (1989), qui corrèle la phase migratoire du Lemming des steppes et donc le stade steppique du Régourdou 4 avec le stade isotopique 4. A mon sens, cette dernière hypothèse explique assez mal l'existence d'un «interstade» très tempéré (Régourdou 2) après le stade steppique à *Lagurus*, alors que le modèle de Sclayn l'explique logiquement. Il n'empêche qu'une nouvelle phase migratoire du Lemming des steppes semble bien exister en Belgique au tout début du stade isotopique 4 (Fig. 5).

Enfin, la biostratigraphie de la grotte de Sclayn montre que le Pléistocène supérieur ancien a été émaillé de diverses migrations parfois répétitives (Fig. 12), ce qui contraste avec la seule phase migratoire mise en évidence dans le domaine atlantique français en correspondance avec le stade isotopique 4 (Marquet, 1989). Cette divergence illustre très probablement les différences paléoécologiques et biogéographiques régionales qui résultent des différences de latitude et de longitude des régions étudiées et de l'influence climatique de la proximité de l'océan dans le domaine atlantique français.

F. Discrimination des oscillations climatiques

L'approfondissement des analyses et leur extension à des colonnes biostratigraphiques plus riches et plus complètes comme celle en C4 (Fig. 5) confirment plusieurs hypothèses climatiques qui avaient déjà été exprimées dans l'étude préliminaire de la microfaune (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986).

1. Dégradation progressive du climat

La première phase froide (Biozone 2, Melisey I, stade 5d) semble marquée par un climat de type sub-arctique humide où la présence du Lemming à collier reste encore fort réduite (< 5%). La deuxième phase froide (Biozone 4, Melisey II, stade 5c) est davantage caractérisée par un climat plus arctique et plus sec, où l'importance du Lemming à collier double et dépasse légèrement les 10% de représentativité. Enfin, la troisième phase glaciaire, qui se situe dans l'Interpléniglaciaire, est encore plus rigoureuse au vu de l'importance des Rongeurs allochtones et plus spécialement du Lemming à collier qui peut dépasser largement les 20%.

2. Continentalisation du climat

En parallèle avec l'augmentation de l'ampleur des phases glaciaires, qui se traduit par la représentativité de plus en plus marquée des Rongeurs allochtones et du Lemming à collier, le climat se continentalise progressivement.

La continentalisation débute déjà au cours du premier épisode glaciaire (Biozone 2, Melisey I) comme l'indiquent une première immigration du Hamster migrateur (*Cricetulus migratorius*) typique des milieux continentaux steppiques (Fig. 3) et la diminution rapide et significative des Rongeurs de milieux humides tels que le Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) et le Campagnol nordique (*Microtus oeconomus*) (Fig. 6). Elle se poursuit au cours de l'épisode tempéré suivant (Biozone 3, Saint-Germain I) par une très faible représentativité des Rongeurs de milieux humides (Fig. 6) et par une première migration du Lièvre siffleur (*Ochotona pusilla*) caractéristique des steppes d'Asie centrale (Fig. 4). Le deuxième épisode glaciaire (Biozone 4, Melisey II) semble être caractérisé par un climat tout à fait continental et aride, comme en témoigne le cortège des espèces typiques des steppes eurasiatiques (Corbet, 1978) (Fig. 3, 5, 7 et 8): le Lemming des steppes (*Lagurus lagurus*), le Spermophile (*Citellus* sp.), le Hamster migrateur et éventuellement le Lièvre siffleur. Le début de la période tempérée suivante (Biozone 5, Saint-Germain II) est encore marqué par des fréquences relativement basses des Rongeurs de milieux humides (Fig. 6) et

par la persistance du Lièvre siffleur et du Spermophile. Enfin, après une courte augmentation de l'humidité (Fig. 6), la séquence s'achève par le retour du *Lagurus*, qui témoigne d'une nouvelle phase climatique aride.

Cette continentalisation n'est pas nécessairement la conséquence directe de l'abaissement de la température globale puisqu'elle est observée aussi bien durant les périodes froides que les périodes tempérées. Elle serait plutôt la conséquence d'un changement de régime météorologique (circulation générale, champ de pression atmosphérique, vents...) qui supprimerait l'influence prédominante des courants d'ouest d'origine maritime.

3. Interglaciaires ou interstadières ?

Dans l'étude préliminaire (Bastin, Cordy, Gewalt et Otte, 1986), j'avais insisté sur le fait que les phases tempérées correspondant aux biozones 3 et 5 après l'Eemien *sensu stricto* présentaient un aspect interglaciaire et non interstadaire. La riche séquence en C4 (Fig. 5 et 6) permet maintenant d'approfondir et de nuancer ce jugement.

Il est clair que l'importance des Rongeurs sylvoles, qui peuvent atteindre 30 % de représentativité, le développement relatif des Insectivores et des Chiroptères, qui représentent jusqu'à 10 % de la microfaune, et la faiblesse ou l'absence des Rongeurs allochtones sont autant de critères pour souligner le caractère nettement tempéré de ces deux épisodes. A cela, il faut encore ajouter la présence du Campagnol souterrain (*Pitymys subterraneus*), dont l'extension septentrionale actuelle ne dépasse pas le 52^e parallèle environ (Corbet, 1978).

Il faut toutefois nuancer cette première impression. En effet, au cours de l'Holocène, qui peut servir d'étalon pour établir la définition d'un interglaciaire, il n'est pas exceptionnel que les Rongeurs sylvoles forment les deux tiers de l'ensemble des Micromammifères. D'autre part, hormis durant le Préboréal ancien, les Rongeurs allochtones sont tout à fait inexistantes. Dès lors, la relative faiblesse des Rongeurs sylvoles et la persistance réduite, mais significative, de Rongeurs continentaux froids indiquent que Saint-Germain I et II ne sont pas strictement homologues à l'interglaciaire actuel.

La comparaison des diagrammes microfauniques des biozones 3 et 5 de Sclayn avec ceux correspondant aux interstades de Bölling et d'Allerød en Belgique (Cordy, 1991 et 1992) indique cependant qu'à l'apogée de ces interstades les mieux marqués du Tardiglaciaire, les pourcentages de Rongeurs sylvoles ne dépassent pas les 10 % et ceux des Rongeurs allochtones ne régressent pas en dessous des 20 %. Ceci montre bien que les épisodes tempérés rapportés ici à Saint-Germain I et II ne peuvent pas non plus être réduits à de simples interstades. En fait, ces périodes tempérées peuvent être considérées comme des réchauffements climatiques de grande ampleur et donc de type interglaciaire, mais altérés probablement par les effets de la continentalisation du climat. La moyenne annuelle des températures n'était pas nécessairement différente de celle de l'Eemien *sensu stricto* ou de l'Holocène, mais le facteur déterminant a probablement été la modification de l'amplitude des températures saisonnières et l'assèchement du climat.

VII. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus par l'analyse des associations de Micromammifères dans la grotte Scladina sont extrêmement intéressants. Au niveau de ce gisement, ils fournissent un cadre biostratigraphique fort détaillé et précis de la chronologie des couches et des conditions paléoécologiques qui régnaient lors de leur dépôt (Fig. 12). En outre, ces résultats sont en très bon accord avec ceux qui ressortent des autres disciplines biostratigraphiques.

La biozotation obtenue a non seulement valeur dans le gisement de Sclayn, mais a également valeur de référence régionale et même internationale. En effet, pour l'Europe du nord-ouest, il s'agit du premier tableau climatostratigraphique aussi complet et précis, en particulier du Pléistocène supérieur ancien, qui est fondé sur l'étude des Micromammifères. En cela, le gisement de la grotte Scladina devient une référence dans le domaine de la biostratigraphie et de la paléobiogéographie des Rongeurs. En particulier, plusieurs biozones locales sont suffisamment documentées et bien décrites paléontologiquement pour définir, dans le cadre des analyses microfauniques, des climatozones, c'est-à-dire des zones climatiques d'importance à tout le moins régionale et qui peuvent être corrélées aux grands événements de la paléoclimatologie du Pléistocène supérieur (Fig. 12). Ces climatozones seront dénommées en fonction des couches stratigraphiques qui les définissent le mieux. Il s'agit du stade glaciaire de Sclayn VII (Biozone 2 = stade isotopique 5d), de l'interglaciaire de Sclayn VI (Biozone 3 = stade 5c), du stade glaciaire de Sclayn V grise (Biozone 4 = stade 5b), de l'interglaciaire de Sclayn V ocre (Biozone 5 = stade 5a), du stade glaciaire de Sclayn I (Biozone 7 = stade 3 entre Moershoofd et Hengelo) et de l'interstade de Sclayn IA (Biozone 8 = stade 3, interstade d'Hengelo ou des Tambourets) dont la définition microfaunique reste cependant imparfaite. Les autres biozones n'ont qu'une valeur locale en raison de leur définition imprécise, voire parfois hypothétique.

Sur le plan de la paléoclimatologie, cette étude semble mettre en évidence l'existence de phénomènes mineurs qui pourraient ne pas avoir été répertoriés jusqu'à présent par d'autres méthodes ou qui n'ont pu être corrélés avec assurance à des événements paléoclimatiques déjà connus. En attendant, il me paraît utile de les distinguer et de les dénommer en employant la toponymie locale. Il s'agit de l'interstade de Friet (Biozone 2b au sein du stade glaciaire de Sclayn VII = Melisey I), du stade de Renoster (Biozone 3b au sein de l'interglaciaire de Sclayn VI = Saint-Germain I) et du stade de Scladina (Biozone 5b au sein de l'interglaciaire de Sclayn V ocre = Saint-Germain II) (Fig. 12). La signification et l'ampleur réelle de ces épisodes paléoclimatiques devront être précisées ultérieurement par des analyses, microfauniques ou autres, dans des gisements quaternaires belges et étrangers.

Dans un cadre plus général, les résultats de cette étude démontrent définitivement que, dans de bonnes conditions méthodologiques, les analyses microfauniques peuvent être aussi performantes que les analyses palynologiques. La détermination spécifique des fossiles (et non, au mieux, générique en palynologie) pallie certainement à la relative faiblesse des effectifs.

Pour terminer, il est utile de résumer les résultats obtenus sur le plan paléoécologique et sur la définition schématique des biozones par l'énumération des événements paléoclimatiques reconnus (Fig. 12) :

1) Biozone 1: Eemien (Fin?)

Couche VIII et base de la couche VII

La pauvreté des échantillons microfauniques permet seulement d'envisager une période tempérée et un environnement boisé.

2) Biozone 2a: Melisey I (Optimum?)

Couche VII (Partie inférieure)

Climat de type continental froid et très humide. Environnement essentiellement de type ouvert, peut-être un peu toundroïde; vallée caractérisée par des zones inondées, voire marécageuses.

Les Rongeurs allochtones sont nettement majoritaires. *Microtus oeconomus* est de loin l'espèce la plus abondante et la présence de *Dicrostonyx gulielmi* (3 à 6,7 %) est significative.

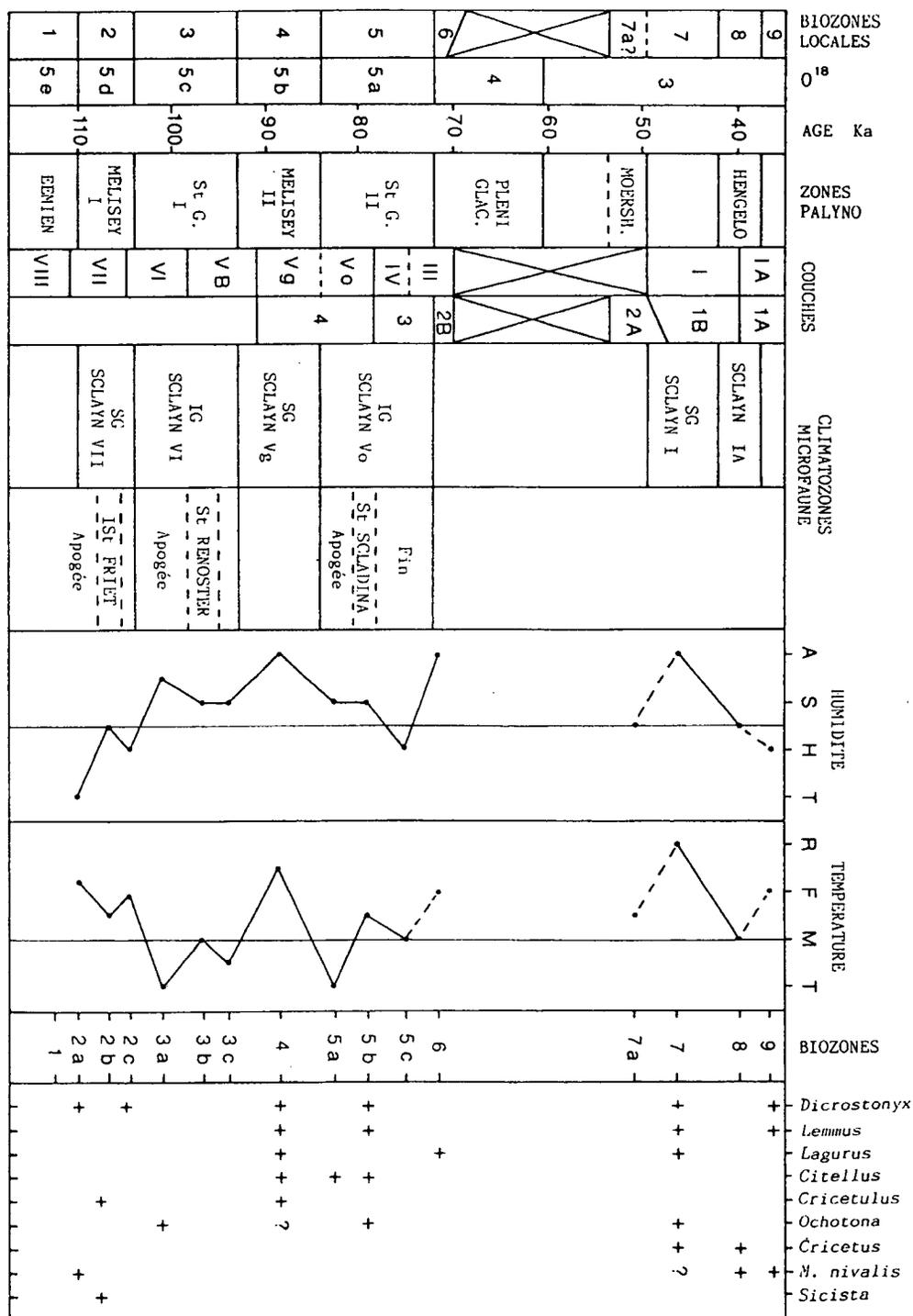


Figure 12 : Tableau synthétique global de biozonation microfaunique, de chronostratigraphie et d'interprétation paléocologique. Le tracé est fonction de la chronologie du Pléistocène supérieur (Imbrie et al., 1984; Guiot et al., 1989). Humidité: A = aride; S = sec; H = humide; T = très humide. Température: R = rigoureux sub-polaire; F = froid; M = médium tempéré-froid; T = tempéré.

3) Biozone 2b: Melisey I (Interstade)

Couche VII (Partie moyenne)

Climat de type continental tempéré froid et humide. Environnement tout à fait dominé par des prairies, peut-être quelque peu steppiques; les milieux boisés se redéveloppent relativement peu.

Les Rongeurs autochtones sont nettement majoritaires. Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* domine la microfaune et *Arvicola terrestris* en est le deuxième terme important. Une petite migration de *Cricetulus migratorius* et de *Sicista betulina* semble caractériser la fin de l'Interstade.

4) Biozone 2c: Melisey I (Fin)

Couche VII (Partie supérieure) et base de la couche VI

Climat de type continental froid et encore relativement humide. Environnement tout à fait dominé par des biotopes ouverts, éventuellement un peu toundroïdes.

Les Rongeurs allochtones sont quelque peu majoritaires. *Microtus oeconomus*, *Microtus gregalis* et le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* sont à peu près équivalents et forment l'essentiel de la microfaune.

5) Biozone 3a: Saint-Germain I (Apogée)

Couche VI

Climat de type tempéré à tendance continentale, marqué avant tout par la sécheresse. Environnement caractérisé par de grands espaces herbeux, quelque peu steppiques, et par le développement important des milieux boisés.

Les Rongeurs allochtones sont quasi ou totalement absents. Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* est tout à fait prédominant. Le groupe des Rongeurs sylvoles est deuxième en importance. Le plein développement de cet épisode est encore marqué par la présence de *Pitymys subterraneus* et son début est caractérisé par une migration d'*Ochotona pusilla*.

6) Biozone 3b: Saint-Germain I (Événement stadiaire)

Couche VB (Partie inférieure)

Climat de type tempéré continental et sec. Environnement du même type que dans la phase précédente avec une légère régression des milieux boisés.

Les Rongeurs allochtones minoritaires sont significativement présents (près de 20 %). Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* reste dominant et le groupe des Rongeurs sylvoles deuxième en importance.

7) Biozone 3c: Saint-Germain I (Fin)

Couche VB (Partie moyenne à supérieure)

Climat de type tempéré à tendance continentale, relativement sec. Environnement de plus en plus dominé par les espaces herbeux, alors que les milieux boisés régressent. Les Rongeurs allochtones semblent quasi absents. Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* est tout à fait prédominant.

8) Biozone 4: Melisey II

Couche VB (Partie supérieure) et surtout couche V (Moitié inférieure = Couche V grise) ou 4 (Partie inférieure et moyenne)

Climat de type continental froid à tendance polaire, sec à aride. Environnement tout à fait découvert, variant entre un paysage relativement toundroïde et un paysage de steppe aride.

Les Rongeurs allochtones sont tout à fait prédominants. *Microtus gregalis* devrait être l'espèce dominante. *Dicrostonyx gulielmi* peut atteindre 10 % de représentativité. Plusieurs migrations d'origine orientale individualisent cet épisode: *Lagurus lagurus* (la mieux attestée), *Citellus* sp., *Cricetulus migratorius* et sans doute *Ochotona pusilla*. On note encore la présence de *Lemmus lemmus*.

9) Biozone 5a: Saint-Germain II (Apogée)

Couche V (Partie supérieure = Couche V ocre) ou 4 (Partie supérieure)

Climat de type tempéré continental, encore relativement sec. Environnement caractérisé par de grands espaces herbeux, quelque peu steppiques, et par le développement important des milieux boisés.

La présence des Rongeurs allochtones est fortement réduite (< 15 %). Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* est nettement prédominant et le groupe des Rongeurs sylvoles est deuxième en importance. *Citellus* sp. semble persister au début de cette période.

10) Biozone 5b: Saint-Germain II (Événement stadiaire)

Couche V ou 4 (Sommet) et (?) base de IV ou 3

Climat de type continental froid et encore un peu sec. Environnement nettement dominé par les biotopes de prairies, quelque peu steppiques, alors que les milieux boisés régressent.

Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* reste clairement dominant. Les Rongeurs allochtones prennent de l'importance (près de 25 %) et, parmi eux, on note la présence significative du *Dicrostonyx gulielmi* (2,9 à 6,3 %). Enfin, ce petit stade glaciaire paraît individualisé par la migration de *Lemmus lemmus*, *Ochotona pusilla* et peut-être à nouveau de *Citellus* sp.

11) Biozone 5c: Saint-Germain II (Fin)

Couche IV ou 3 et couche III (Partie inférieure)

Climat de type continental tempéré froid, relativement humide à humide. Environnement de plus en plus dominé par les prairies plutôt humides au détriment des milieux boisés qui se réduisent considérablement.

Assez curieusement, malgré la dégradation du paysage, les Rongeurs allochtones paraissent quasiment ou totalement absents. *Arvicola terrestris* et le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* se partagent la domination absolue de la microfaune.

12) Biozone 6: ? Lanterne I (Début)

Couche III (Sommet) ou 2B

Les échantillons microfauniques étant très pauvres, seule la présence de *Lagurus lagurus* semble démontrer l'existence d'un climat de type continental, probablement tempéré froid à froid et avant tout sec à aride.

13) Biozone 7a: ? Moershoofd (Fin)

Couche 2A (Partie inférieure)

La faiblesse des effectifs microfauniques permet seulement d'envisager l'existence de la fin d'une période interstadaire qui serait marquée par un état relativement minoritaire des Rongeurs allochtones.

14) Biozone 7: Stade glaciaire de l'Interpléniglaciaire

Couche 2A (Partie supérieure) et couche I ou 1B (Partie inférieure)

Climat de type continental froid à polaire et très sec. Environnement tout à fait découvert, variant entre un paysage de toundra et un paysage de steppe aride.

Les Rongeurs allochtones semblent dominer parfois très nettement la microfaune. Si l'on s'en tient à la colonne biostratigraphique principale en C4, *Microtus gregalis* représente clairement l'espèce majoritaire. En outre, *Dicrostonyx gulielmi* peut atteindre des fréquences proches de 25 % ou même supérieures. Enfin, cette phase climatique est caractérisée par une nouvelle migration de *Lagurus lagurus* et d'*Ochotona pusilla*. On note également la présence de *Cricetus cricetus* et de *Lemmus lemmus*.

15) Biozone 8: Interstade d'Hengelo (1er terme de l'interstade würmien)

Couche I ou 1B (Partie supérieure) et couche IA ou 1A (Partie inférieure)

Climat de type tempéré à tempéré froid avec de légères tendances continentales et relativement humide. Environnement clairement dominé par les espaces découverts herbeux, mais caractérisé également par un net redéveloppement des milieux boisés.

Les Rongeurs allochtones paraissent fort réduits (10 % maximum) ou absents. Le groupe du *Microtus arvalis-agrestis* semble nettement prédominer. La présence de *Microtus nivalis* au début et en fin de cet épisode semble indiquer des conditions climatiques quelque peu montagnardes.

16) Biozone 9: Début d'un stade glaciaire (2e terme de l'interstade würmien ?)

Couche IA ou 1A (Partie moyenne à supérieure ?)

Le nombre d'échantillons microfauniques et leur relative pauvreté n'autorisent pas de définition paléoécologique précise. Toutefois, la présence de *Dicrostonyx gulielmi* et de *Lemmus lemmus* inaugure sans conteste une nouvelle période climatique de type continental froid à polaire.

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement M. Otte, directeur du chantier de fouilles de Sclayn, de m'avoir confié, pour étude, les matériaux microfauniques récoltés dans ce gisement et d'avoir mis à ma disposition le personnel adéquat pour le prélèvement et le lavage-tamassage des échantillons biostratigraphiques. A l'occasion de ce travail, j'ai pu apprécier en particulier les qualités de D. Mangon, technicien-fouilleur.

J'exprime également toute ma gratitude à mon collègue palynologue B. Bastin pour son aide extrêmement précieuse sur le terrain lors des échantillonnages biostratigraphiques et pour les discussions fructueuses que nous avons eues dans le cadre de nos recherches.

Je sais gré également à différents collègues des échanges d'informations dont j'ai pu profiter au cours de cette étude, en particulier à P. Simonet et M. Gewalt.

Enfin, à différents stades de ce travail, j'ai bénéficié de l'aide technique du personnel du Service d'Intervention en Paléontologie (TCT n° 6895): R. Fontaine et P. Hustinx pour le tri des microfaunes, F. Giraldo pour le graphisme et A. Taverna pour les travaux de secrétariat. C'est avec plaisir que je les remercie de leur efficacité.

BIBLIOGRAPHIE

- AGADJANIAN, A.K. et KOENINGSWALD, W. v., 1977. Merkmalsverschiebung an den oberen Molaren von *Dicrostonyx* (Rodentia, Mammalia), im Jungquartär. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 153, 1 : 33-49.
- BASTIN, B., 1992. Analyse pollinique des sédiments détritiques, des coprolithes et des concrétions stalagmitiques du site préhistorique de la grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège : 59-77.
- BASTIN, B., CORDY, J.-M., GEWELT, M. et OTTE, M., 1986. Fluctuations climatiques enregistrées depuis 125.000 ans dans les couches de remplissage de la Grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 2e sér., 25-26 : 168-177.
- CHALINE, J., 1972. Les rongeurs du Pléistocène moyen et supérieur de France. *Cahiers Paléontol.*, C.N.R.S. (éd.), Paris : 410 p.
- CHALINE, J., 1977a. Les Rongeurs au pilori ? Analyse critique des reconstitutions paléoécologiques en microthériodontologie. In : LAVILLE, H. et RENAULT-MISKOVSKY, J. (éds), Approche écologique de l'Homme fossile. *Suppl. Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 47 : 75-81.
- CHALINE, J., 1977b. Les Rongeurs et l'évolution des paysages et des climats au Pléistocène supérieur en France. In : LAVILLE, H. et RENAULT-MISKOVSKY, J. (éds), Approche écologique de l'Homme fossile. *Suppl. Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 47 : 161-170.
- CHALINE, J. et MONNIER, J.-L., 1976. Une faune à *Lagurus* d'âge post-Brörup dans le site moustérien du Mont-Dol (Ille-et-Vilaine). *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 47 : 95-98.
- CORBET, G.B., 1978. *The Mammals of the Palaeartic Region : a taxonomic review*. Cornell Univ. Press, London : 314 p.
- CORDY, J.-M., 1991. Palaeoecology of the Late Glacial and early Postglacial of Belgium and neighbouring areas. In : BARTON, N., ROBERTS, A.J. and ROE, D.A. (eds), *The Late Glacial in north-west Europe*. *C.B.A. Research Rep.*, 77 : 40-47.
- CORDY, J.-M., 1992. Le contexte faunique du Magdalénien d'Europe du nord-ouest. In : *Le peuplement magdalénien*. Actes Colloque Chancelade, 10-15 oct. 1988. Doc. Préh., 2, C.T.H.S. (éd.), Paris : 165-175.

- DEBLAERE, Chr. et GULLENTOPS, Fr., 1986. Lithostratigraphie de la grotte Scladina. *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 2e sér., 25-26 : 178-181.
- EMILIANI, C., 1955. Pleistocene temperatures. *Journ. Geol.*, 63, 6 : 538-578.
- GEWELT, M., SCHWARCZ, H.P. et SZABO, B.J., 1992. Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège : 159-172.
- GILOT, E., 1992. Sclayn : Datation par ^{14}C du Moustérien final. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège : 1973.
- GUIOT, J., PONS, A., de BEAULIEU, J.-L. et REILLE, M., 1989. A 140,000-year continental climate reconstruction from two European pollen records. *Nature*, 338 : 309-313.
- GULLENTOPS, Fr. et DEBLAERE, Chr., 1992. Erosion et remplissage de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège : 9-31.
- HAESAERTS, P., 1992. Les dépôts pléistocènes de la terrasse de la grotte Scladina à Sclayn (Province de Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège : 33-55.
- IMBRIE, J., HAYS, J., MARTINSON, D.G., Mc INTYRE, A., MIX, A.C., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., PRELL, W.L. et SHACKLETON, N.J., 1984. The orbital theory of Pleistocene climate : support of a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. In : BERGER, A. et al. (eds), *Milankovitch and Climate*. D. Reidel Pub. Comp., Dordrecht : 269-305.
- JAMMOT, D., 1977. *Les Musaraignes (Soricidae-Insectivora) du Plio-Pléistocène d'Europe*. Thèse Doct., Univ. Dijon : 344 p., 112 fig., 47 pl.
- JANOSSY, D., 1960. Wirbeltierkleinfauuna aus den Mousterien-Schichten der Subalyuk-Höhle (NO-Ungarn). In : *Mammalia Pleistocaenica. Suppl. Anthropos*, Brno : 71-76.
- JANOSSY, D., 1986. Pleistocene vertebrate faunas of Hungary. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 8, Elsevier (ed.) : 208 p.
- LAVILLE, H., PAQUEREAU, M.-M. et BRICKER, H., 1985. Précisions sur l'évolution climatique de l'interstade würmien et du début du Würm récent : les dépôts du gisement castelperronien des Tambourets (Haute-Garonne) et leur contenu pollinique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 301 (II), 15 : 1137-1140.
- LEROI-GOURHAN, Arl. et RENAULT-MISKOVSKY, J., 1977. La palynologie appliquée à l'archéologie, méthodes, limites et résultats. In : LAVILLE, H. et RENAULT-MISKOVSKY, J. (éds), *Approche écologique de l'Homme fossile. Suppl. Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 47 : 35-49.
- MALEC, F., 1978. Kleinsäugerfauna. In : BRUNNACKER, K. (ed.), *Geowissenschaftliche Untersuchungen in Gönnersdorf*. F. Steiner Verlag, Wiesbaden : 105-227.
- MARQUET, J.-C., 1989. *Paléoenvironnement et chronologie des sites du domaine atlantique français d'âge Pléistocène moyen et supérieur d'après l'étude des Rongeurs*. Thèse Doct., Univ. Dijon : 637 p.
- NADACHOWSKI, A., 1982. Late quaternary rodents of Poland with special reference to morphotype dentition analysis of voles. *Polska Akad. Nauk Zaklad Zool. System. Dosw.*, Krakow : 109 p.
- OTTE, M., 1984. Sol d'occupation du Paléolithique moyen aux grottes de Sclayn (Belgique). *L'Anthrop.*, Paris, 88, 1 : 115-117.
- OTTE, M., EVRARD, J.-M. et MATHIS, A., 1986. L'occupation du Paléolithique moyen à Sclayn (Belgique). In : TUFFREAU, A. (éd.), *Cultures et industries paléolithiques en milieu loessique. Actes Colloque Amiens. Rev. Archéol. Picardie*, 1-2 : 115-124.

- OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M., GAUTIER, A., 1983. Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur). *Helinium*, 23 : 112-142.
- RENAULT-MISKOVSKY, J. et LEROI-GOURHAN, Arl., 1981. Palynologie et Archéologie. Nouveaux résultats du Paléolithique supérieur au Mésolithique. *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 2e sér., 7-8 : 121-128.
- SHACKLETON, N.J., 1969. The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proceed. Roy. Soc. London*, B, 174 : 135-154.
- SIMARD-PELISSIER, S., 1966. *Etude paléontologique des Micromammifères de la grotte du Régourdou, Montignac (Dordogne)*. Thèse 3e cycle, Univ. Paris : 78 p., 37 pl.
- SIMONET, P., 1992. Les associations de grands mammifères du gisement de la grotte Scladina à Sclayn (Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège : 127-151.
- WOILLARD, G., 1978. Grande Pile peat bog : a continuous pollen record for the last 140,000 years. *Quaternary Research*, 9 : 1-21.
- WOILLARD, G. et MOOK, W.G., 1982. Carbon 14 dates at Grande Pile : Correlation of land and sea chronologies. *Science*, 215 : 159-161.

Couches	Profondeurs moyennes	Numéros des prélèvements	<i>Lagurus lagurus</i>	<i>Citellus</i> sp.	<i>Ochotona pusilla</i>	<i>Lemmus lemmus</i>	<i>Dicostonyx gubielmi</i>	<i>Microtus gregalis</i>	<i>Microtus oeconomus</i>	<i>Microtus nivalis</i>	<i>Microtus oeualis / agrestis</i>	<i>Pitymys subterranus</i>	<i>Microtus</i> sp.	<i>Arvicola terrestris</i>	<i>Clethrionomys glareolus</i>	<i>Apodemus</i> cf. <i>hybaticus</i>	<i>Eximiacus europaeus</i>	<i>Talpa europaea</i>	<i>Sorex "caeneus"</i>	<i>Chiroptera</i>	Total M/I du genre <i>Microtus</i>	Total molaires de Rongeurs	Total molaires Insectiv. + Chiropt.	Total molaires Micromammifères	Numéros des prélèvements
I A	145,0	1					1			1*	3*		10	4	1					3	4	20	0	20	1
	155,0	2									1*		5	3	1						1	10	3	13	2
I	165,0	3											3								0	3	0	3	3
	175,0	4									1*		9	1	1						1	12	0	12	4
	185,0	5	1		1		1	1*	1*		2*		24								4	31	0	31	5
	195,0	6					2	3*	1*		2*		21	1							6	30	0	30	6
	205,0	7	5		2		8	6*			3*		35	4							9	63	0	63	7
	212,5	8					10	5*			1*		22								6	38	0	38	8
217,5	9					4	5*			1*		22		1						6	33	0	33	9	
III	225,0	10	3										5	5	1						0	14	0	14	10
	235,0	11									3*		9	12							3	24	0	24	11
	242,5	12									2*		14	19	3			+			2	38	0	38	12
IV	247,5	13									4*		21	23	3						4	51	0	51	13
	255,0	14					1*				16*		3	9*	3*					1	17	29	1	30*	14
	262,5	15									1*		3	8	2				+		1	14	0	14	15
V	267,5	16			1	6	3	3*			12*		54	22	1						15	102	0	102	16
	275,0	17				1	2*	2*	2*	32*	3*		8*	7*						+	38	57	0	57*	17
	285,0	18		1				5*	5*	31*	1*		4*	13*					+	37	59	3	62*	18	
	295,0	19	1				4	3*		1*			27	5	12	4*			2*		4	56	0	56	19
	305,0	20	1				2	4*		2*			17							+	6	26	0	26	20
	315,0	21	1				1	1*	4*	1*			14								6	22	0	22	21
	325,0	22	1					1*	3*	1*			13	1							5	20	0	20	22
332,5	23					2	3*		4*			21	4							7	34	0	34	23	
V B	337,5	24					1				2*		20	1							2	24	1	25	24
	345,0	25									3*		41	11	2						3	57	0	57	25
	365,0	26						1*			12*		58	10	18					3	103	8	111	26	
	365,0	27									16*		82	19	15	2				2	16	134	4	138	27
	375,0	28						4*	1*		16*		4*	6*	1					2	21	32	0	32*	28
385,0	29						1*	1*		7*	2*	58	5	19	11	1	3	3		11	104	7	111	29	
VI	392,5	30						1*	1*		6*	2*	31	1	16	2				3	10	60	3	63	30
	397,5	31									2*		20	5	6					1	2	33	1	34	31
	405,0	32			1						5*	2*	39	2	12	5				1	7	67	4	71	32
	415,0	33					1				2*		22	7	3					1	2	35	2	37	33
	425,0	34									4*		18	4	8	2				1	4	36	3	39	34
	435,0	35			1				1*		7*		22	1	7	2				1	8	41	4	45	35
445,0	36						1*	1*		2*		12	1	3						4	20	0	20	36	
VII	452,5	37						1*			1*		11	3							2	16	0	16	37
	457,5	38					1	1*	3*		3*		24	8							7	40	0	40	38
	465,0	39					1	1*	1*		4*		34	16							6	57	1	58	39
	475,0	40						3*	2*		8*		54	23							13	90	0	90	40
	485,0	41					3	1*	4*		5*		40	11							10	61	0	61	41
	495,0	42						2*	9*		8*		74	14							19	110	2	112	42
	505,0	43					1		9*	1*	4*		108	28							14	151	2	153	43
	515,0	44					1		9*		2*		48	12							11	72	0	72	44
522,5	45											5	1	1	1					0	8	0	8	45	
												1170									368	2137	49	2186	

Tableau 3 : Détail des déterminations des micromammifères de la colonne biostratigraphique en C4 de la grotte Scladina.

* = décompte réalisé essentiellement à partir des M1 inférieures.

+ = présence attestée par des éléments autres que des molaires.

Couches	Profondeurs moyennes	Numéros des prélèvements	<i>Lagurus lagurus</i>	<i>Citellus</i> sp.	<i>Ochotona pusilla</i>	<i>Lemmus lemmus</i>	<i>Dicrostonyx gulei</i>	<i>Microtus gregalis</i>	<i>Microtus oeconomus</i>	<i>Microtus nivalis</i>	<i>Microtus arvalis / agrestis</i>	<i>Pitymys subterranus</i>	<i>Microtus</i> sp.	<i>Arvicola terrestris</i>	<i>Clethrionomys glareolus</i>	<i>Apodemus</i> cf. <i>sybalicus</i>	Insectiv. + Chiropt. / Micromammif.	Total M/I du genre <i>Microtus</i>	Total molaires de Rongeurs	Total molaires Insectiv. + Chiropt.	Total molaires Micromammifères	Numéros des prélèvements		
I A	145,0	1					5,0			17,5	52,5			20,0	5,0		(23,1)	4	20	0	20	1		
	155,0	2									(60,0)			(30,0)	(10,0)				1	10	3	13	2	
I	165,0	3											(100)					0	3	0	3	3		
	175,0	4									(83,3)			(8,3)	(8,3)				1	12	0	12	4	
	185,0	5	3,2		3,2		3,2	22,6			45,2								4	31	0	31	5	
	195,0	6					6,7	45,0		22,6	30,0				3,3					6	30	0	30	6
	205,5	7	7,9		3,2		12,7	46,6			23,3				6,3					9	63	0	63	7
	212,5	8					26,3	61,4			12,3									6	38	0	38	8
	217,5	9					12,1	70,7			14,1				3,0					6	33	0	33	9
III	225,0	10	(21,4)										(35,7)	(35,7)	(7,1)		+	0	14	0	14	10		
	235,0	11									50,0			50,0					3	24	0	24	11	
	242,5	12									42,1			50,0	7,9				2	38	0	38	12	
IV	247,5	13									49,0			45,1	5,9		3,3	4	51	0	51	13		
	255,0	14					3,4				56,2			31,0	10,3				17	29	1	30*	14	
	262,5	15									(28,6)			(57,1)	(14,3)				1	14	0	14	15	
V	267,5	16			1,0	5,9	2,9	13,5			54,1			21,8	1,0		+	15	102	0	102	16		
	275,0	17			1,8	3,5	3,5		3,5	56,1	5,3		14,0	12,3					39	57	0	57*	17	
	285,0	18		1,7					8,5	52,5	1,7		6,8	22,0	6,8				37	98	3	62*	18	
	295,0	19	1,8			7,1		41,5		13,8			8,9	21,4	5,4				4	56	0	56	19	
	305,0	20	3,8			7,7	59,0			29,5									6	26	0	26	20	
	315,0	21	4,5			4,5	15,2	60,6		15,2									6	22	0	22	21	
	325,0	22	5,0				18,0	54,0		18,0				5,0					5	20	0	20	22	
	332,5	23				5,9	35,3			47,1				11,8					7	34	0	34	23	
	V B	337,5	24				4,2				91,7				4,2				4,0	2	24	1	25	24
345,0		25								77,2			19,3	3,5				3		57	0	57	25	
355,0		26					5,3			63,6			9,7	17,5	3,9			13		103	8	111	26	
365,0		27								73,1			14,2	11,2	1,5			16		134	4	138	27	
375,0		28					12,5	3,1		50,0			12,5	18,8	3,1			21		32	0	32*	28	
385,0	29					8,0	6,0		42,2	12,1			4,8	18,3	10,6			11	104	7	111	29		
VI	392,5	30					6,8	6,8		41,0	13,7			1,7	26,7	3,3		4,8	10	60	3	63	30	
	397,5	31								66,7				15,2	18,2				2	33	1	34	31	
	405,0	32			1,5		1,5			49,0	2,0			3,0	17,9	7,5			7	67	4	71	32	
	415,0	33			2,9					68,6					20,0	8,6				2	35	2	37	33
	425,0	34								61,1				11,1	22,2	5,6				4	36	3	39	34
	435,0	35			2,4				9,1	64,0				2,4	17,1	4,9				8	41	4	45	35
	445,0	36						20,0	20,0	40,0				5,0	15,0					4	20	0	20	36
VII	452,5	37					(40,6)			(40,6)				(18,8)			1,7	2	16	0	16	37		
	457,5	38					2,5	11,1	33,2	33,2				20,0					7	40	0	40	38	
	465,0	39					1,8	11,7	11,7	46,8				28,1					6	57	1	58	39	
	475,0	40						17,2	11,5	45,8				25,6					13	90	0	90	40	
	485,0	41						8,2	32,8	41,0				18,0					10	61	0	61	41	
	495,0	42				2,7	8,9	40,0		35,6				12,7					19	110	2	112	42	
	505,0	43				0,7			5,8	23,1				18,5					14	151	2	153	43	
	515,0	44					1,4			67,0				16,7					11	72	0	72	44	
	522,5	45											(62,5)	(12,5)	(12,5)	(12,5)				0	8	0	8	45
																			368	2137	49	2186		

Tableau 4 : Composition en % des associations de micromammifères de la colonne biostratigraphique en C4 de la grotte Scladina.

() = valeur peu significative, calculée sur un effectif réduit.

* = association étudiée essentiellement à partir des Ml inférieures.

+ = présence attestée par des éléments autres que des molaires.

LES ASSOCIATIONS DE GRANDS MAMMIFERES DU GISEMENT DE LA GROTTA SCLADINA A SCLAYN (NAMUR, BELGIQUE)

P. SIMONET*

RESUME

L'analyse des faunes de grands mammifères du gisement de Sclayn a été réalisée sur base des associations d'Ongulés regroupés en fonction de leurs exigences écologiques. L'apport d'autres espèces (Carnivores, grands Rongeurs) permet de préciser les données paléocéologiques. On définit un cadre biostratigraphique basé sur ces associations. Le caractère interglaciaire des épisodes Saint-Germain I et II est particulièrement mis en évidence. Enfin, on précise le paysage dans lequel l'Homme a évolué lors de ses passages dans nos contrées.

ABSTRACT

In this analysis of the large mammals fauna of the Sclayn Cave, we take into account the evolution of the Ungulates associations along the stratigraphic sequence. These large Herbivorous groups are selected following their ecologic patterns. We used other species (Carnivorous, large Rodents) until when they give us some more paleoecologic arguments. We present a biostratigraphic scheme based on these associations. We precise the environment where Man lived in our countries.

1. INTRODUCTION

Depuis que l'Homme moderne explore de manière systématique les milieux karstiques à la recherche des traces abandonnées par ses ancêtres, il n'a cessé de perfectionner les diverses techniques mises en oeuvre pour fouiller les différents gisements. En Belgique, trop de gisements importants et capitaux dans la compréhension de l'évolution de l'Homme et de son environnement (Spy, Engis etc...) ont malheureusement été fouillés avec les moyens souvent rudimentaires de leur époque. Il nous fallait de nouveau trouver un ou plusieurs gisements de cette ampleur pour pouvoir jeter les bases plus sûres quant à la compréhension du Pléistocène supérieur en Belgique et dans les contrées avoisinantes. En 1971, le hasard permis à des amateurs de découvrir les prémices du gisement de la grotte Scladina à Sclayn (Fig. 1). Rapidement, la fouille systématique du gisement fut entamée alors que, parallèlement, les études pluridisciplinaires du site se développèrent dont les premiers résultats furent plus qu'encourageants (Otte *et al.*, 1983; Bastin *et al.*, 1986). Pour la paléontologie des grands mammifères, nous disposons avec ce gisement d'une formidable chance d'enfin pouvoir appréhender l'évolution des associations de grands mammifères au cours du dernier cycle interglaciaire-glaciaire dans nos contrées.

* Boursier I.R.S.I.A., Laboratoire de Paléontologie Animale, place du 20 août, 7, 4000 Liège Belgique.

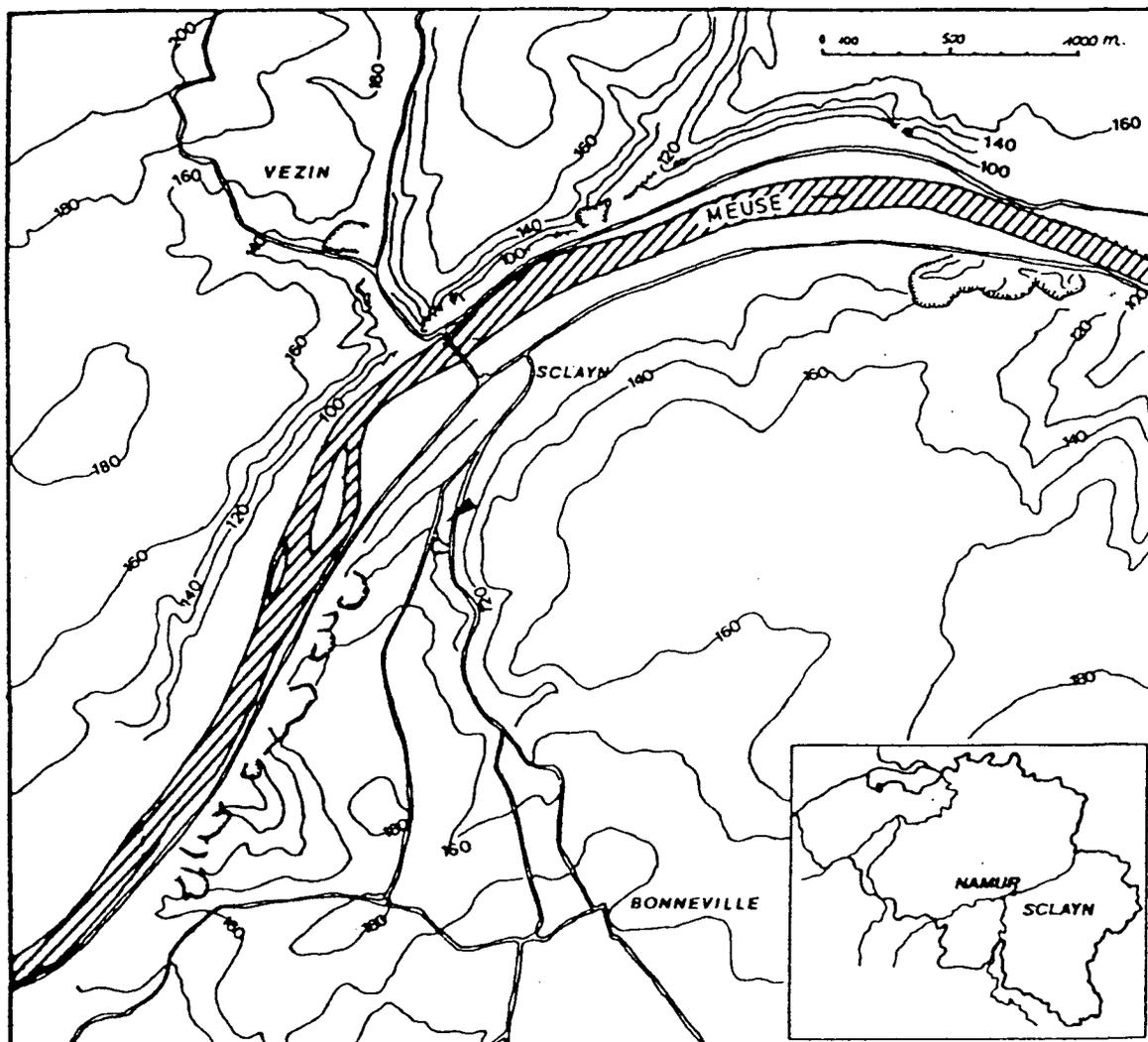


Figure 1 : Situation du gisement de la grotte Scladina (triangle) à Sclayn.

Figure 1 : Location map of the Scladina cave (triangle) at Sclayn.

Cet article présente les résultats de l'analyse paléontologique globale du gisement. Nous abordons plus précisément l'étude des associations d'Ongulés dont les exigences écologiques sont souvent les indicateurs précieux de l'environnement et par delà du climat qui régnait sur un territoire déterminé. L'utilisation des autres espèces mammaliennes ne sera envisagée que lorsque celles-ci apporteront des renseignements significatifs d'un climat bien déterminé.

Dans deux régions encadrant notre domaine d'investigation, la Grande - Bretagne (Stuart, 1982) et le Sud-Ouest de la France (Delpéch et Prat, 1980; Lacquay, 1981; Guadelli, 1987), les études biostratigraphiques sur les grands mammifères sont bien développées et permettent de tenter les corrélations. Des comparaisons seront ponctuellement réalisées avec d'autres régions. Enfin, nous présenterons un schéma biostratigraphique du Pléistocène supérieur dans nos régions basé sur les grands mammifères dont les cadres chronologique et paléoclimatique seront constitués par la biozotation palynologique établie à la Grande Pile (Woillard, 1978) et aux Echets (de Beaulieu et Reille, 1984). Nous nous référerons aussi à la courbe isotopique O^{18}/O^{16} établie sur les sondages marins profonds par Shackleton et Opdyke (1973).

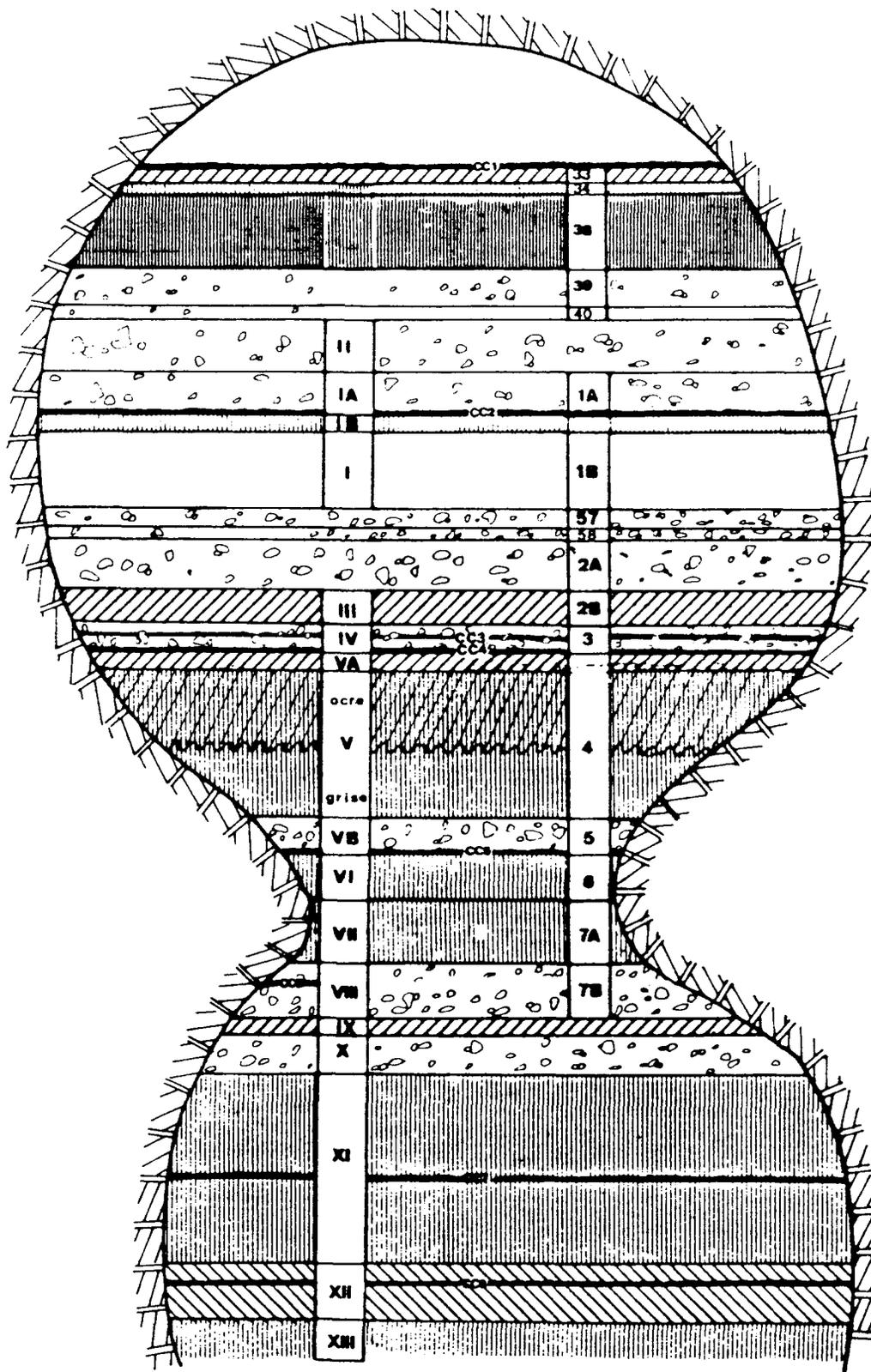


Figure 2 : Schéma stratigraphique du gisement de la grotte Scladina à Sclayn montrant les corrélations établies entre les dépôts de la terrasse (chiffres romains) et ceux de la grotte (chiffres arabes). Les planchers stalagmitiques sont renseignés (CC).

Figure 2 : Stratigraphic sequence of the Scladina cave deposits showing the correlations between the terrace (Roman numerals) and the cave levels (Arabic numerals). Speleothems are also indicated (CC).

2. ETUDE DES ASSOCIATIONS DE GRANDS MAMMIFERES ÉCOLOGIE ET PALEOENVIRONNEMENT

2.1. Introduction

La méthode utilisée pour analyser les populations de mammifères est basée sur les associations d'Ongulés, ceux-ci étant regroupés en fonction de leurs exigences écologiques. Cette manière d'aborder les faunes a été proposée par Delpéch (1983), Delpéch *et al.* (1983) et reprise par Guadelli (1987) pour ce qui concerne les faunes du sud-ouest de la France. Cependant, les faunes de l'Europe nord-occidentale sont peut-être quelque peu différentes de ces dernières et c'est ainsi que nous avons adapté cette méthode en fonction des espèces présentes. Nous avons défini les groupes suivants :

- groupe des milieux forestiers (Cerf, Daim, Chevreuil, Sanglier);
- groupe des milieux ouverts non arctiques (Cheval, Boeuf primitif et Bison);
- groupe des milieux ouverts arctiques (Mammouth, Rhinocéros);
- groupe des espèces rupicoles (Chamois, Bouquetin);
- espèce de la toundra (Renne).

De plus, nous ne manquerons pas de faire intervenir des espèces appartenant au groupe des Carnivores, des grands Rongeurs et des Lagomorphes en fonction de l'intérêt qu'elles présenteront en vue de confirmer ou d'infirmer les enseignements livrés par les faunes d'Ongulés.

D'autre part, la terrasse et la grotte ont fait l'objet de fouilles séparées qui ont abouti à des dénominations de couches différentes. Cependant, les corrélations ayant été établies entre les dépôts de la grotte et ceux de la terrasse (Bastin *et al.*, 1986), nous avons choisi de mettre en commun, lorsque cela se justifiait, les fossiles découverts dans les deux ensembles sédimentaires (voir Fig. 2, Tableau I).

2.2. Les couches inférieures de la terrasse (XIII à VIII) : BIOZONE 1

Atteintes lors d'un large sondage, ce sont les couches les plus profondes fouillées jusqu'à présent. Malheureusement, la fouille ne nous a livré que quelques fragments d'Ongulés. Nous avons attribué un fossile au Sanglier, un au Cerf élaphe, le troisième appartenant à un Boviné. Tout le reste de la faune appartient aux Carnivores, avec une très forte présence de l'Ours des cavernes. Avec cet animal, signalons la présence de la Panthère, du Chat sauvage et de la Fouine, ces deux dernières espèces habitant préférentiellement les zones tempérées et forestières de l'Europe occidentale.

Le peu d'éléments à notre disposition ne nous permet pas d'envisager d'emblée une attribution stratigraphique à ces couches. Cependant, une première étude sur les Ursidés de ces horizons permet d'apporter quelques éléments de réponse. Ainsi, la figure 3 reprend les mesures réalisées sur les quatrièmes prémolaires inférieures. On constate que la variation du diamètre mésio-distal en fonction du rapport diamètre vestibulo-lingual/diamètre mésio-distal des dents de l'Ursidé de Sclayn (points noirs) rapproche fortement ce dernier des individus appartenant à l'Ursidé caractéristique du Pléistocène moyen, *Ursus deningeri* von Reichenau. Plus précisément, notre Ursidé se rapproche de l'Ursidé des couches supérieures du gisement de Nauterie (petites étoiles). Ces horizons supérieurs sont datés de la fin de l'avant-dernière glaciation (Riss II/Riss III) par Prat et Thibault (1976). Les Ursidés de cette période terminale, s'ils sont attribués à *Ursus deningeri*, n'en sont pas moins les représentants de cette espèce les plus engagés dans la voie menant à l'Ours des cavernes du Pléistocène supérieur (Simonet, 1987). Les Ursidés de Sclayn sont donc soit des représentants très évolués d'*Ursus deningeri*, soit une forme très primitive d'*Ursus spelaeus*. Cette distinction est forcément subjective d'autant plus que la limite morphologique entre ces deux espèces est difficile à saisir tout comme l'est, d'ailleurs, la

limite temporelle. Enfin, il convient de rappeler combien les Ursidés du dernier interglaciaire sont très mal connus. Manifestant une morphologie primitive, comme l'a constaté Prat (comm.pers.) sur une population récemment découverte dans le sud-ouest de la France, leur position systématique est loin d'être bien établie. A cet égard, les populations d'Ursidés rapportées à l'interglaciaire éémien comme celles de Taubach (Rode, 1931; Kurten, 1968, 1977) mériteraient sans nul doute une révision complète. En résumé, les Ursidés de Sclayn représentent probablement une forme primitive de l'Ours des cavernes et nous la rapporterons, dans l'attente de documents fossiles plus nombreux, à *Ursus cf. spelaeus*.

Les seules données fiables actuellement sur cette couche sont celles données par la palynologie. Bastin (1986) estime que les couches XI à IX se sont mises en place lors du dernier interglaciaire éémien. La morphologie des Ursidés de ces couches ne va pas en sens opposé à cette interprétation.

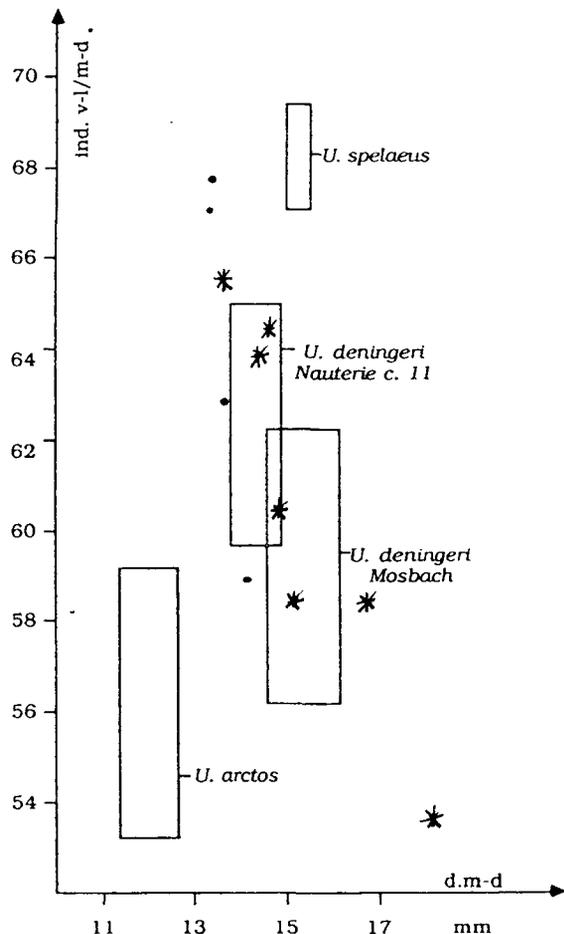
2.3. Couches VII - 7A : BIOZONE 2

La pauvreté en fossiles d'Ongulés est comparable à celle des couches précédentes. Huit pièces fossiles sont attribuées au Cerf, au Renne (dont c'est la première apparition dans la séquence stratigraphique de Sclayn), à un Boviné, au Chamois et au Cheval. L'apparition dans la faune du Renne et du Chamois nous fait penser à un refroidissement marqué du climat. Cependant nous n'irons pas plus loin dans l'interprétation d'une faune par trop réduite. Les Ursidés sont encore les plus nombreux avec cependant trop peu de matériel pour pouvoir réaliser une étude fructueuse. Signalons cependant la première apparition de l'Ours brun, espèce qui, comme nous le verrons, est très souvent présente dans la séquence, parfois en quantité fort appréciable.

Bastin et Cordy (*in* : Bastin *et al.*, 1986) s'accordent à reconnaître la période froide de Melisey I (sous-stade 5d de la courbe isotopique) dans les associations de pollens et de micromammifères de la couche VII. Les quelques éléments dont nous disposons ne nous permettent ni d'affirmer ni d'infirmer cette hypothèse.

Figure 3 :
Ursus : quatrième prémolaire inférieure : Diamètre mésio-distal (DMD) en fonction de l'indice Diamètre vestibulo-lingual (VL) X 100 / Diamètre mésio-distal (MD). Intervalle de confiance à 95% des moyennes (d'après Prat, 1976 et Simonet, 1987).
* : Nauterie, Riss final (*Ursus deningeri*)
. : Sclayn, Riss-Würm (*Ursus cf. spelaeus*).

Figure 3 : *Ursus* : bivariate analysis of lower P4 : Length against the index Width / Length; 95% confidence interval of the means (from Prat, 1976 and Simonet, 1987).
* : Nauterie, final Riss (*Ursus deningeri*)
. : Sclayn, Riss-Würm (*Ursus cf. spelaeus*).



2.4. Couches VI - 6 : BIOZONE 3

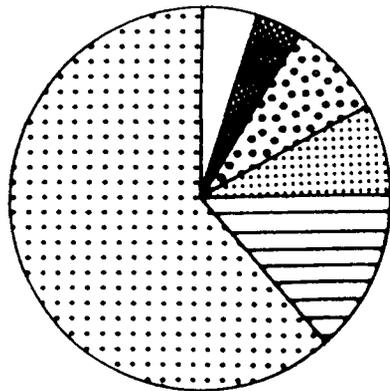
Nous avons regroupé ici les fossiles issus des fouilles de la grotte et de la terrasse du fait d'une part de leur homogénéité, d'autre part du peu de fossiles que chacune a livré. La répartition des Ongulés se traduit par le premier diagramme de la figure 4. Ainsi, les espèces appartenant au groupe des milieux forestiers représentent quelque 76,4 % de l'ensemble des Herbivores. Et dans cet ensemble, c'est le Cerf élaphe (*Cervus elaphus*) qui domine (44,4 %) suivi du Chevreuil (*Capreolus capreolus*) avec 25,1 %, du Daim (*Dama dama*) (5,5 %) dont c'est la première apparition dans la séquence de Sclayn et du Sanglier (*Sus scrofa*) (5,5 %). Cet ensemble est suivi de très loin par le groupe d'espèces des milieux ouverts non arctiques (13,9 %), à savoir le Cheval (*Equus caballus*) et les Bovinés (les genres *Bos* et / ou *Bison*). Le Chamois (*Rupicapra rupicapra*) est le seul représentant des espèces montagnardes avec 5,5 % de l'ensemble de la faune. Enfin, le Renne (*Rangifer tarandus*) est le seul et modeste représentant caractéristique de la toundra avec seulement 2,8 % des fossiles d'Ongulés. Manifestement, cette association faunique a un cachet très tempéré faisant immédiatement penser à un épisode interstadiaire voire interglaciaire. La présence du Daim tend à renforcer notre interprétation. Nous reviendrons plus loin sur les implications paléoécologiques que la présence de cette espèce au sein d'une faune peut amener d'autant plus que cette espèce est particulièrement abondante dans le gisement.

En Angleterre, le Daim est attesté durant l'interglaciaire ipswhischien (= Eemien *sensu stricto*), plus précisément l'étage Ip IIB, avec la faune classique à *Hippopotamus amphibius* qu'accompagnent *Cervus elaphus*, le Cerf, *Palaeoloxonta antiquus*, l'Elephant antique et *Bos primigenius*, le Boeuf primitif (Stuart, 1974, 1976, 1982). En Allemagne, les gisements de Taubach, Weimar-Erhingsdorf et Burgtonna ont livré également des faunes à caractère interglaciaire associant le Daim, l'Eléphant antique, le Sanglier, le Cerf et le Chevreuil (Kahlke, 1958, 1961). En Europe du Nord, Holm (1986) signale la présence du Daim dans les sédiments qu'il considère correspondre aux dépôts de l'interglaciaire éemien à Hollery (Jutland). Dans le sud-ouest de la France, Lacquay (1981) rapporte avec réserve à cette espèce un fragment de la couche 55 (qui correspond à la base des dépôts rapportés au Würm ancien) du gisement de Combe-Grenal. Dans le sud-est du même pays, le gisement du Rescoundoudou a livré une importante population de Daim associé au Cheval, au Cerf, au Cheval Hydruntin et au Boeuf primitif, datée «d'un épisode tempéré du stade isotopique 5» (Jaubert *et al.*, 1988). De son côté, l'horizon 3 du gisement de St Marcel a livré du Daim en association avec le Cerf et le Sanglier, épisode rapporté au début du Würm ancien (Debard *et al.*, 1986). Enfin, les couches du Würm I (base du Würm ancien) du gisement de la Calmette ont livré quelques fossiles attribués à ce Cervidé (Gerber, 1973).

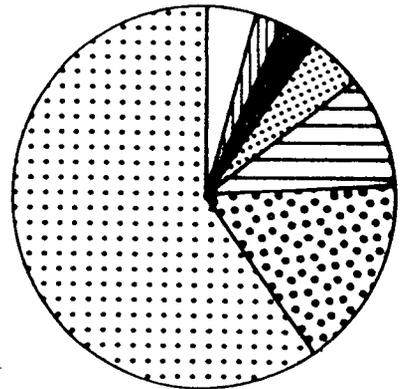
Dans le cas de Sclayn, cette première période tempérée qui voit l'apparition de cette espèce fait suite à la période froide de Melisey I où Cordy (*in* : Bastin *et al.*, 1986) avait déterminé la présence du Lemming à collier et du Campagnol des hauteurs révélant un climat de type glaciaire. La couche VI-6 révèle une phase à végétation forestière dominante (Bastin, 1986) où la microfaune voit la disparition des espèces froides et la prédominance des espèces forestières (Cordy, *op. cit.*). Nous rencontrons les groupes d'espèces équivalents chez les grands mammifères, groupes de type forestier de climat tempéré et rapportons également cette couche à l'interstade Saint-Germain I (sous-stade 5c de la courbe isotopique).

2.5. Couches Vb - 5 : BIOZONE 4

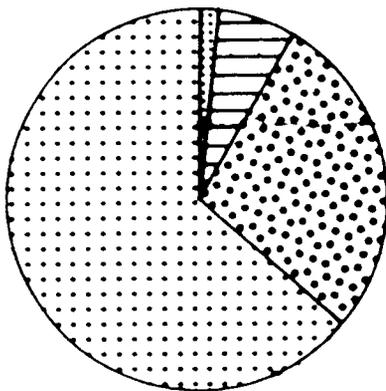
L'occupation préhistorique majeure du gisement a été découverte au sein de cette couche et attribuée au Paléolithique moyen (Otte, 1984; Otte *et al.*, 1983; Otte *et al.*, 1986).



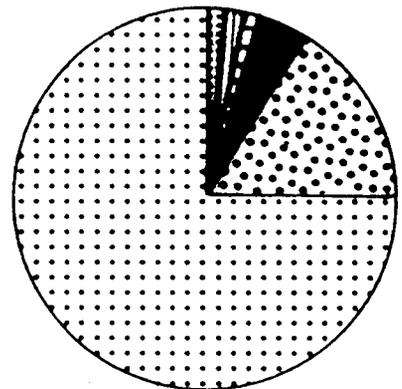
C.I-1B
n = 255



C. 1A
n = 500



C. 40
n=65



C. 39
n = 73

 Rupicole

 Forestier

 Rhinocéros-Mammouth

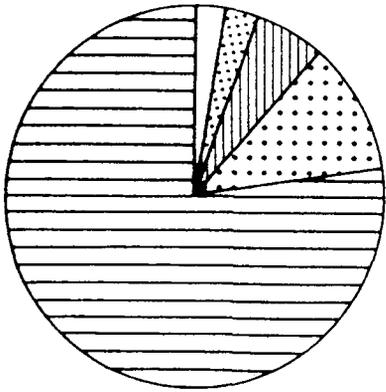
 Renne

 Cheval-Bovinés

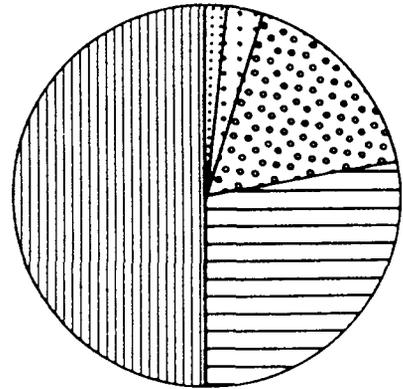
 Autre

 Mégacéros

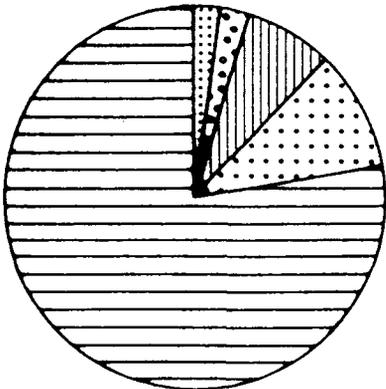
Figure 4 : Diagramme de distribution des groupes de grands mammifères herbivores au sein des unités stratigraphiques de la grotte Scladina à Sclayn.



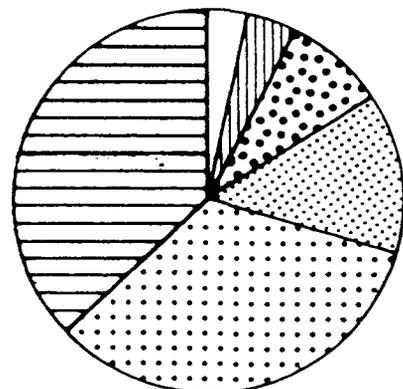
C.VI-6
n = 40



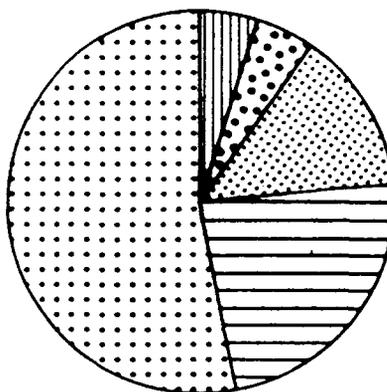
C.Vb-5
n = 278



C.Vo-4
n = 438



C.IV-3
n = 117



C.2B-III-2A
n = 63

Figure 4 : Distribution diagram of the large herbivores associations into the stratigraphic units of the Scladina cave at Sclayn.

L'ensemble des vestiges d'Herbivores est dominé par les espèces rupicoles (50 %) où le Chamois représente 47,5 % et le Bouquetin 2,5 % des fossiles. Viennent ensuite les espèces des paysages de type forestier (27 %) où nous retrouvons le Cerf (11,9 %), le Daim (10,8 %), le Chevreuil (3,2 %) et le Sanglier (1,1 %). L'espèce des milieux toundroïdes, le Renne, représente seulement 4,5 % des Herbivores, tandis que le Mammouth (9,7 %) et le Rhinocéros laineux (6,8%) complètent le tableau des espèces de climat froid. Signalons cependant que le Mammouth est certainement surévalué, n'étant représenté que par de multiples fragments de dents (ivoire des incisives et lamelles de dents de juvénile). Nous dirons encore qu'il faut se méfier de l'interprétation classique du caractère froid voire polaire que l'on attribue aux deux grands mammifères précités. En effet, ce n'est pas dans la maigre prairie de la toundra que celles-ci trouvèrent la nourriture suffisante à satisfaire leurs exigences alimentaires. Lors de ces périodes fraîches qui virent le front polaire se développer plus vers le sud qu'il ne l'est aujourd'hui, l'existence d'une riche steppe herbeuse, dont la structure présentait, à l'instar des populations d'Ongulés, des associations inédites aujourd'hui, permettait, sans doute, l'entretien et l'extension de grands troupeaux de Mammouths et de Rhinocéros dans un vaste domaine allant de l'Europe occidentale jusqu'au détroit de Behring (Guthrie, 1982).

La présence dominante du Chamois est manifestement la résultante d'un choix de la part de l'Homme moustérien. Il n'empêche que les deux espèces d'animaux rupicoles étaient bien présentes dans nos régions à l'époque de la mise en place de la couche 5. Ces espèces avaient trouvé un refuge dans nos régions escarpées où elles trouvèrent les conditions écologiques de relief nécessaires à leur installation, mais à une altitude plus basse que leur lieu de prédilection qu'est la montagne. Ces lieux devaient être impraticables suite à un enneigement excessif et à l'extension fluctuante des glaciers. La présence du Renne, du Mammouth et du Rhinocéros laineux plaide également pour une certaine dégradation des conditions climatiques. Cependant, dans ce contexte globalement frais, il ne faut surtout pas négliger l'importance des espèces sylvicoles de climat tempéré (27 %). Par rapport à la couche précédente, la mosaïque d'espèces que nous trouvons ici évoque probablement une dégradation climatique provoquant l'apparition de formes froides dans nos régions alors que des formes tempérées sont toujours bien présentes. Contrairement aux premières constatations réalisées par la palynologie (Bastin, 1986) et l'étude des micromammifères (Cordy *in* : Bastin *et al.*, 1986; Cordy, 1988) qui voyaient toutes deux l'extension d'une crise froide voire polaire (micromammifères), nous placerons cet épisode dans la suite logique de la couche VI, ce que confirment les nouvelles études menées par ces auteurs (voir Bastin, 1992; Cordy, 1992). Celle-ci placée dans l'optimum climatique de Saint-Germain I nous suggère de placer la couche Vb dans la fin de cet interstade au moment où les conditions climatiques se dégradent progressivement. De ceci découle le fait que l'occupation humaine moustérienne de la couche Vb de Sclayn prend place lors d'un épisode tempéré où le biotope tend à l'ouverture du paysage.

2.6. Couche V gris : BIOZONE 5

La présence dans l'ensemble très cohérent de la couche 4, que nous allons décrire dans la biozone 6, d'une espèce intrusive apparaît en complète discordance avec le reste de la faune : il s'agit du Renard polaire (*Alopex lagopus*). Sa présence en quantité non négligeable ne se justifie pas par l'aspect en mosaïque des faunes de ces époques. La coexistence entre d'une part, ce Vulpiné et d'autre part, le Daim et le Porc-épic est proprement incompatible, dans l'état actuel de nos connaissances, avec leurs exigences écologiques respectives. Manifestement nous avons affaire à un télescopage entre deux occupations d'âges différents. Cette espèce intrusive par excellence est le témoin d'un coup de froid de type polaire à un moment donné de ce dépôt. C'est ici que la microfaune peut nous être utile à la compréhension des dépôts de la couche 4. Au niveau de la terrasse, correspondent à la couche 4 de la grotte deux niveaux, Vgris et Vocre. Dans la couche Vgris, Cordy (1986, 1992) décèle un coup de froid polaire avec développement de la toundra (présence du Lemming gris, du Lemming à collier et du Lièvre siffleur, absence

complète d'espèces sylvicoles). Il rapporte cet épisode au deuxième stade froid de l'interglaciaire éémien, Melisey II (sous-stade 5b de la courbe isotopique). La couche Vocre par contre est caractérisée par la recolonisation des espèces sylvicoles et la disparition presque totale des espèces froides.

Nous pouvons dès lors envisager l'intrusion d'une colonie importante de Renard polaire lors du dépôt de la partie inférieure de la couche 4 correspondant à la couche Vgris, tandis que la partie supérieure des dépôts, correspondant à la couche Vocre, serait caractérisée par la faune tempérée, interprétation confortée en cela par les études palynologiques (Bastin, 1986). Nous aurions pu tenter de clarifier la situation par une étude taphonomique de cette couche mais, malheureusement, le manque de données de terrain ne nous autorise pas cette démarche.

2.7. Couches V ocre - Va - 4 : BIOZONE 6

Si la définition stratigraphique de la couche 4 de la grotte fut aisée, laquelle ne représentait apparemment qu'une seule unité, il n'en va pas de même au niveau de la terrasse où pas moins de trois sous-ensembles ont été mis en évidence. Le plus profond a été isolé et définit la biozone précédente.

Le groupe d'espèces de milieu forestier acquiert ici l'un des plus forts taux de représentativité au sein du gisement avec près de 77 % des espèces présentes. L'espèce dominante est ici le Daim (49,5 %) qui précède nettement le Cerf (18,3 %) lequel dominait encore les espèces sylvicoles dans la couche précédente. Viennent ensuite le Chevreuil (5,7 %) et enfin le Sanglier (3,4 %). Le second groupe en importance est alors le groupe des milieux ouverts à caractère steppique avec en tête le Cheval, animal typique de la steppe herbeuse et de la prairie (5,5 %) suivi de près par les Bovinés (4,1 %). Déjà présent dans la couche 5, le Renne se fait assez rare (3,9 %) au même titre que le Rhinocéros (1,8 %) et le Mammouth (0,2 %). Les espèces rupicoles complètent le tableau des Ongulés avec respectivement le Chamois (6,2 %) et le Bouquetin (1,4 %).

Parmi les Carnivores, nous noterons la présence conséquente de l'Ours brun (10 % de l'ensemble de la faune), animal habitant les régions boisées et les forêts mixtes. Le Chat sauvage est également présent, lequel affectionne la forêt dense avec taillis mais où les éclaircies ne sont pas absentes. Pour compléter ce tableau, nous mentionnerons parmi les Rongeurs de grande taille la présence du Porc-épic (*Hystrix cristata*). La répartition actuelle de cette espèce, comme celle originelle du Daim en Europe, est typiquement méditerranéenne, confinée en Macédoine et en Afrique du nord. Si notre propos n'est pas de supposer des conditions climatiques méditerranéennes dans nos régions à cette époque, il n'en est pas moins vrai que le climat devait être particulièrement clément pour permettre l'installation de cette espèce et a fortiori de la faune que nous venons de décrire. Ces conditions ont permis l'apparition et l'extension d'une forêt dense de feuillus thermophiles avec taillis mais où les clairières voire certaines étendues herbeuses ne sont jamais absentes. Elles sont le reflet assez évident d'un optimum climatique de grande ampleur.

Où replacer cette couche 4 dans le schéma stratigraphique ? Rappelons que la couche Vgris de la terrasse est rapportée à l'épisode froid Melisey II par Cordy (*in* : Bastin *et al.*, 1986) sur base des micromammifères. La palynologie n'a pas donné d'argument pour cette couche. Par contre, pour la couche Vocre, Bastin (1986) est formel : le profil palynologique de cette couche est celui d'un dépôt de type interglaciaire (AP 72%, avec les feuillus thermophiles comme le Noisetier et le Charme). Ce caractère interglaciaire plutôt qu'interstadaire, nous le retrouvons également au niveau de la macrofaune. Nous placerons ainsi la biozone 6 dans le deuxième interstade tempéré après l'interglaciaire éémien, à savoir Saint-Germain II (sous-stade 5a de la courbe isotopique). Les datations radiométriques réalisées sur le plancher stalagmitique scellant la couche 4 (CC4) ont donné deux valeurs moyennes, 114 +/- 23 ka et 102 +/- 3 ka (Gewelt *et al.*, 1992). Si les interprétations palynologiques et paléontologiques - concordantes - sont exactes, les datations sont, comme le signalent les auteurs, quelque 15 à 20 ka trop vieilles.

2.8. Couches IV-3 : BIOZONE 7

La faune d'Ongulés de la couche 3 est encore dominée par les espèces de milieux forestiers (36,8 %). Le Cerf est l'espèce dominante (19,7 %) suivie par le Daim (10,3 %) toujours bien présent, puis le Sanglier (3,4 %) et le Chevreuil (3,4 %). Le deuxième groupe en importance est celui des milieux ouverts non arctiques (35 %) avec en tête le Cheval (22,2 %) puis les Bovinés (12,8 %). Le Renne représente ici 11,1 % tandis que le Rhinocéros laineux est fort de 7,7 % (sa plus forte représentativité jusqu'à présent). Le Mégacéros, espèce de climat tempéré à tempéré froid mais assez humide, participe pour 4,3 % à l'ensemble de la faune. Enfin, les deux espèces rupicoles complètent l'ensemble avec respectivement 4,3 % pour le Chamois et 0,8 % pour le Bouquetin.

Parmi les Carnivores, on notera la présence de l'Ours brun et du Lion des cavernes alors que l'Hyène des cavernes n'est, elle, que sporadiquement présente (0,3 % de l'ensemble).

Par rapport à la couche précédente, nous notons un net recul des espèces sylvicoles alors que les espèces des milieux ouverts ont tendance à prendre une importance accrue. Nous pouvons envisager une dégradation assez marquée du climat, ce qui sous-tend le développement d'un environnement où les zones forestières régressent au profit des espaces herbeux, prairies et steppes. La présence du Cerf géant d'Irlande suggère une augmentation substantielle de l'humidité. Le refroidissement du climat se marque également par la présence accrue du Renne, du Rhinocéros laineux et des espèces montagnardes qui trouvent leur pendant chez les Rongeurs, la Marmotte (c.IV). Cependant, les espèces tempérées sont bien présentes via surtout le Daim et nous montrent une faune dont le caractère tempéré est souligné de nouveau par la présence du Porc-épic (c.3).

La présence en c.3 de ces deux espèces vivant sous des climats plus cléments et les différences relativement marquées entre les faunes de c.IV (terrasse) et c.3 (grotte) nous font penser que ces dépôts pourraient ne pas être exactement contemporains. Notons l'absence du Rhinocéros ainsi qu'une plus grande importance des espèces sylvicoles avec en plus le Sanglier en c.3. Le nombre relativement peu important de fossiles (54 en c.3 et 63 en c.IV) ne nous assure pas la réalité de nos observations mais nous appelle à observer avec la plus grande attention les compléments que la suite de la fouille amènera.

Cette mosaïque d'espèces que nous observons marque certainement un changement de climat présageant ici une dégradation climatique allant dans le sens d'un climat plus froid et plus humide sans avoir le caractère d'un climat stadiaire. Nous pensons pouvoir situer la couche 3 dans la partie terminale de l'interstade Saint-Germain II (sous-stade 5a de la courbe isotopique). Nous assistons ici au début de la dégradation climatique qui va marquer le vrai départ de la glaciation weichsélienne (stade isotopique 4).

2.9. Couches 2B - 2A : BIOZONE 8

La biozone 8 a livré essentiellement des restes de Carnivores parmi lesquels on relève la présence, outre de l'Ours des cavernes, de l'Ours brun, du Lion des cavernes et de l'Hyène des cavernes, celle-ci toujours modestement représentée. Au niveau des Ongulés, on décrira prudemment quelques tendances. Ainsi, signalons l'absence du Renne dans la couche 2B, espèce qui réapparaît dans la couche 2A avec près de 19% des fossiles d'Ongulés. Absentes également de la couche 2B, les espèces rupicoles représentent respectivement 5,4 % pour le Bouquetin et 2,1 % pour le Chamois dans la couche 2A. Dans ces deux couches, on note, en rupture avec ce que l'on a observé jusqu'à présent, un phénomène qui s'amplifiera encore dans les couches supérieures et qui peut nous faire penser à la présence d'un hiatus important entre les couches 3 et 2B. Les espèces des milieux ouverts prennent nettement le pas tant sur les espèces forestières, qui étaient dominantes jusqu'à présent, que sur les espèces froides qui toujours n'auront qu'un rôle

relativement mineur dans ce gisement. Ainsi, le Cheval devient l'espèce dominante avec respectivement 40 % dans la couche 2B et 35,1 % dans la couche 2A alors que les Bovinés représentent 15% en 2B et 11% en 2A. Les espèces forestières sont encore fortes de 20% en 2B et 24,4 % en 2A. Si ces données sont à interpréter avec prudence, il n'en est pas moins vrai qu'elles sont l'expression tangible d'un paysage où la prairie et la steppe herbeuse ont remplacé la forêt tempérée. En l'absence de toute autre donnée radiométrique ou palynologique, il est difficile de situer ces deux couches. Cependant nous envisageons leur rattachement à un moment du Weichsélien moyen (stade isotopique 3).

2.10. Couches I - Ib - 1B : BIOZONE 9

La tendance perçue dans les deux couches précédentes trouve ici confirmation au sein d'une association faunique riche et variée. Les espèces de milieux ouverts non arctiques représentent à elles seules 64,7 % de l'ensemble des Ongulés avec la gent caballine dominante (40%) suivie des Bovinés (24,7 %). Ces espèces ont complètement et définitivement supplanté les espèces sylvoicoles qui ne représentent plus que 11,8 % des Herbivores avec essentiellement du Cerf (9,8 %) mais où l'on constate surtout le retour du Daim (1,2 %) dans nos contrées. Cette espèce est présente à la fois dans les faunes de la grotte (1B) et de la terrasse (Ib). Le Chevreuil et le Sanglier participent chacun à raison de 0,4 % de l'ensemble des Ongulés. Le Mégacéros est également bien représenté avec 2,7 % des Ongulés. Le Renne des milieux toundroïdes représente 9,7 % des Ongulés tandis que les espèces rupicoles sont quasi inexistantes (0,4 % chacune). Le couple des grands Herbivores de climat plus froid, Rhinocéros et Mammouth, participe à concurrence de 8,6 % à l'ensemble de la faune. Signalons parmi les Lagomorphes, la présence du Lapin de Garenne qui affectionne les biotopes secs et chauds sous un climat tempéré, restant toujours éloigné des régions froides (Schilling *et al.*, 1983).

Manifestement, nous assistons à l'installation d'un paysage de type prairie herbeuse - steppe herbacée de grande ampleur, sous un climat continental humide. Au sein de cette faune, deux faits remarquables : la présence très discrète du Renne et la présence des quatre espèces forestières avec particulièrement le Daim qui nous apparaît être, dans nos régions, un excellent marqueur des climats tempérés. Plus que sa présence encore, c'est son retour en nos régions à ce moment de la glaciation weichsélienne qui étonne. Cela ne peut s'expliquer que par une amélioration climatique d'une ampleur certaine au cours du stade isotopique 3. Pour la positionner plus précisément, nous disposons de peu de données. En concordance avec nos observations, la palynologie indique également un climat tempéré par la présence de feuillus thermophiles. Ainsi, Bastin (1992) considère son spectre pollinique comme la manifestation de la phase palynologique correspondant à la base de l'interstade würmien, à savoir la zone des Tambourets (Laville *et al.*, 1986). Il en va de même au niveau des micro-mammifères où Cordy (1992) dénote une nette amélioration climatique qu'il corrèle avec une phase tempérée du même complexe interstadaire würmien. Ainsi, cette faune est probablement l'expression de l'amélioration qui prend place au début de la phase interstadaire majeure de la fin du stade isotopique 3, l'un des trois épisodes de l'interstade würmien défini par Laville pour le sud-ouest de la France (Laville *et al.*, 1985, 1986).

2.11. Couches IA -1A : BIOZONE 10

La répartition des Ongulés est proche de celle décrite dans la couche 1B. En effet, le Cheval (42,4 %) ainsi que les Bovinés (19,2 %) sont les espèces les mieux représentées : 61,6 % de l'ensemble des Herbivores appartenant aux espèces des milieux ouverts. Le couple Rhinocéros-Mammouth vient ensuite en importance (16,8 %) avec respectivement 12,6 % pour le premier et 4,2 % pour le second. Cet ensemble précède le groupe des espèces forestières (9,8 %) avec le Cerf (8,2 %), le Chevreuil (1,4 %) et le Sanglier (0,4 %). Le Renne se fait toujours remarquablement discret avec seulement 5,4 % tandis que l'on note la présence de deux espèces de climat tempéré froid et humide, le Mégacéros (1,2 %)

et l'Asinien *Equus hydruntinus* (0,4 %). Parmi les Carnivores, outre la présence très habituelle de l'Ours des cavernes, notons celle plus sporadique du Lion des cavernes, de la Panthère, de l'Hyène des cavernes et peut-être du Cuon, espèce habituée à un habitat forestier dense et qui vit actuellement en Asie centrale. Selon Cordy (1983), la zone de répartition géographique de cette espèce au cours du Quaternaire en Europe se limitait pratiquement aux abords du 50ème parallèle, le gisement de Chokier (Liège) constituant le gisement le plus au nord où cette espèce ait été décelée. Parmi les Lagomorphes, nous retrouvons le Lapin de Garenne et chez les Rongeurs, la Marmotte.

L'interprétation de cette faune n'est guère différente, nonobstant l'absence du Daim, de celle faite pour la couche 1B. Ici aussi, la steppe herbeuse est le paysage dominant alors que le climat est toujours humide (présence du Cerf géant d'Irlande et de l'Asinien *Equus hydruntinus*) mais probablement un peu plus continental et froid comme le montre l'importance accrue des deux grands Herbivores, Rhinocéros et Mammouth. En l'absence de toute autre donnée des sciences naturelles et considérant les trois datations réalisées (+/- 50 ka, Gewalt *et al.*, 1992; > 36200 BP, 38850 +/- 1500 BP, Gilot *in* : Otte *et al.*, 1983; Otte, 1986; 40-65 ka, Aitken *in* : Otte *et al.*, 1983), nous pouvons envisager l'appartenance des dépôts de cette couche à un stade plus froid de l'interstade würmien de Laville, probablement la phase intermédiaire inter les Tambourets-Les Cottés.

2.12. Les couches supérieures (40 à 38) : BIOZONE 11

Les couches terminales du gisement de Sclayn n'ont encore fait l'objet d'aucune étude particulière. Néanmoins, les macrofaunes livrées par ces différentes unités deviennent quantitativement intéressantes en vue d'une prudente première interprétation.

Dans la continuité de l'ensemble stratigraphique 1B-1A, les faunes d'Ongulés des couches supérieures sont dominées par le groupe des espèces des milieux ouverts non arctiques, à savoir le Cheval et les Bovinés. La première espèce est nettement majoritaire avec respectivement 40 % (c.40), 58,9 % (c.39) et 48 % (c.38) des Herbivores. Les grands Bovidés sont représentés par le Bison dans les couches 38 et 40 et par le Boeuf primitif dans la couche 39. Après ce premier grand groupe, viennent les grands Herbivores des milieux ouverts, à savoir le Rhinocéros laineux qui est à chaque fois l'espèce la mieux représentée au sein de ce groupe avec respectivement 27,7 % (c.40), 13,7 % (c.39) et 13,6 % (c.38) de l'ensemble des Ongulés et le Mammouth présent uniquement dans la couche 40. Pour l'ensemble des trois couches, les grands Herbivores des vastes plaines herbeuses que sont le Cheval, le Rhinocéros laineux et le Mammouth composent pour respectivement 75 % (c.40), 90 % (c.39) et 92 % (c.38) les faunes d'Ongulés. Ces dernières soulignent aisément le développement quasi permanent des grandes steppes herbeuses lors du dépôt des différentes couches de cet ensemble supérieur. Confirmant ce fait, la présence des espèces forestières ne se remarque vraiment quelque peu que dans la couche 38 (15,1 % de l'ensemble des Ongulés) avec comme seuls représentants le Cerf élaphe et le Chevreuil. Dans les deux autres couches, le Cerf est uniquement représenté et toujours d'une manière très modeste. On constatera que le Renne se fait toujours aussi rare : regroupant 10 % des fossiles d'Herbivores dans la couche 40, il ne représente quasiment rien dans la couche 39 (1,4 %), sa représentativité passant à 9,1 % dans la couche 38. Signalons dans la couche 39 la présence intéressante du Cerf géant d'Irlande, le Mégacéros, signe tangible d'une légère aggravation de l'humidité générale du climat.

Il n'est pas aisé de replacer ces couches dans la partie terminale du Pléistocène supérieur, d'autant plus qu'aucun autre renseignement concernant ces dépôts n'existe. Néanmoins, dans le contexte stratigraphique de la grotte, nous pouvons rapporter ces couches à une partie supérieure du stade isotopique 3. Il n'est pas exclu que ces couches appartiennent à l'ensemble stratigraphique que nous rattachons à l'interstade des Cottés (= 3ème terme de l'interstade würmien *sensu* Laville). Seuls de nouveaux restes fauniques et de nouveaux arguments, palynologiques et autres, nous permettront d'éclairer ce problème.

3. EVOLUTION DES FAUNES A SCLAYN

La figure 5 résume nos données concernant les faunes d'Ongulés du gisement de Sclayn. Quelques remarques générales s'imposent :

- faible représentativité chronique du Renne dans toute la séquence. Ce fait est à souligner particulièrement dans la partie supérieure de la séquence qui se situe en pleine phase pléniglaciaire de la dernière glaciation;

- faible représentativité des espèces rupicoles (Chamois et Bouquetin), exception faite pour la couche d'occupation humaine 5-Vb qui représente un cas d'espèce dans l'ensemble stratigraphique;

- présence remarquable du Daim dans les couches rapportées à l'Eemien *sensu lato* et dans la couche rapportée à la base de l'interstade würmien.

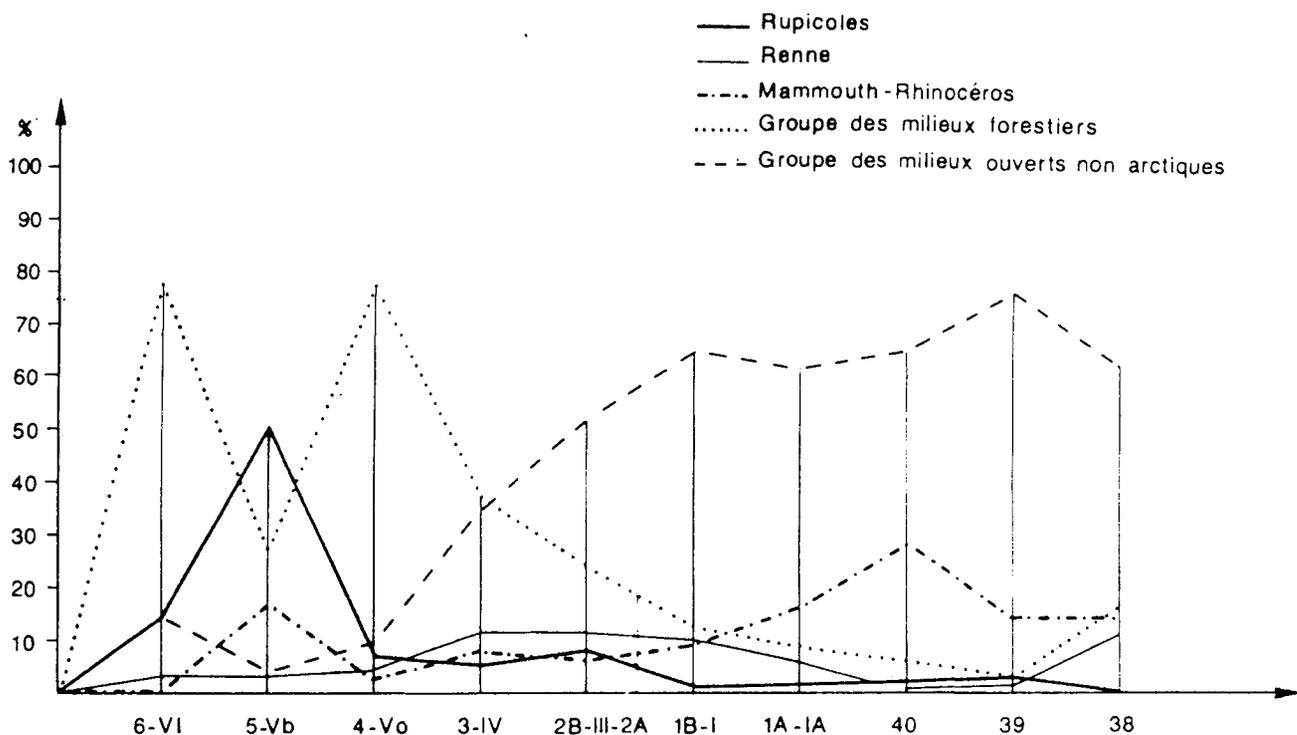


Figure 5 : Evolution des groupes d'Ongulés de la séquence stratigraphique de la grotte Scladina à Sclayn.

Figure 5 : Evolution of the majors groups of Ungulates into the stratigraphic sequence of the Scladina cave at Sclayn.

Ces deux groupes d'espèces semblent faire partie d'un fonds commun qui paraît avoir persisté pendant tout le Pléistocène supérieur dans nos régions. Le pic relevé au niveau des rupicoles de la couches Vb reflète l'intérêt que portait l'homme à ce groupe, plus spécifiquement au Chamois. L'argument suprême de la chasse de ce gibier était-il lié à la densité de l'espèce dans la région à cette période, à la facilité de sa capture ou à l'intérêt culinaire que pouvait avoir la chair de l'animal ? Il est probable que chacun de ces arguments prenne part à la solution de ce problème.

L'évolution générale des grands groupes d'Ongulés au sein du gisement nous montre un plan d'occupation divisé en deux grandes périodes. La première se compose de deux épisodes très tempérés que nous avons rattachés à Saint-Germain I (c.6-VI) et Saint-Germain II (c.4-Vocre) entrecoupés par un épisode plus froid rapporté à la fin de Saint-Germain I (c.Vb). Les faunes d'Ongulés sont dominées par les espèces de Cervidés sylvicoles que sont le Cerf, le Daim et le Chevreuil, accompagnés par le Sanglier. On note également la présence d'une autre espèce de climat tempéré chaud, à savoir le Porc-épic, qui pour nous renforce le caractère interglaciaire plutôt qu'interstadaire de ces périodes. De Beaulieu et Reille (1989b) arrivent à pareille conclusion dans leur tentative de modélisation des données palynologiques de la Grande Pile et des Echets. Ces auteurs considèrent que les conditions climatiques ayant existé pendant ces deux périodes étaient similaires à celles d'aujourd'hui, principalement du point de vue des températures.

La couche 3 nous apparaît comme une zone charnière dans la séquence de Sclayn. Nous la rattachons à la fin de la biozone Saint-Germain II de la zonation pollinique par la présence encore importante du Daim et la présence du Porc-épic. Mais c'est dans cette couche que se manifeste la tendance qui va s'affirmer comme prépondérante dans la deuxième partie de la séquence : le Cheval et, d'une manière plus générale, les espèces de la grande steppe herbeuse participent pour près de 45 % dans la composition de la faune d'Ongulés. Il s'agit, à Sclayn, d'un point de non-retour au-delà duquel les espèces des milieux ouverts, arctiques ou non, dominant systématiquement et largement les espèces sylvicoles des climats plus tempérés. Il apparaît même que l'impact d'améliorations climatiques notables, comme le sont les oscillations climatiques des Tambourets et l'épisode inter les Tambourets-Les Cottés que l'ont mis en évidence dans ce gisement (c.1B-1A), est relativement faible, ne modifiant que peu la composition de la faune des Ongulés. Comme nous l'avons vu plus tôt, il n'en va pas de même avec les micromammifères et les flores qui semblent subir et enregistrer plus directement les variations climatiques.

Nous rappellerons enfin la présence permanente du Daim tout au long des biozones rapportées à l'interglaciaire émien *sensu lato* ainsi que sa présence remarquable dans la population que nous rapportons à l'interstade des Tambourets (c.1B). C'est la première fois qu'en Europe nord-occidentale on trouve, avec certitude, cette espèce dans des faunes découvertes dans des dépôts d'âge postérieur aux dépôts émiens (sens strict).

Notre étude des biozones 4 (c.Vb-5) et 10 (c.1A-IA) où ont été découvertes les deux occupations humaines majeures du gisement a montré sans conteste, à chaque fois, que celles-ci correspondaient à un paysage plus ouvert où la prairie et la steppe herbeuse dominant le plus souvent le biotope forestier. Currant (1986), dans une étude des dépôts d'origine anthropique notamment lors des périodes interglaciaires, constate le même phénomène : l'Homme a laissé des traces dans nos régions lors des périodes où la steppe ou la prairie était le paysage le plus courant.

4. CORRELATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES (Tableau II)

Biozone 1

Comme nous l'avons signalé plus avant dans le texte, nous ne disposons pour les couches inférieures que des restes d'Ursidés appartenant probablement à une population

proche de l'espèce *Ursus spelaeus*, mais ayant gardé des caractéristiques morphologiques primitives que l'on retrouve sur les dents de l'espèce *Ursus deningeri*. Ces populations d'Ursidés, dont il est difficile de préciser l'âge, se retrouvent dans certains gisements d'Allemagne de l'Est tels Taubach, Weimar-Ehringsdorf et Burgtonna (Rode, 1931; Kurten, 1968, 1977). Différents auteurs retrouvent des Ursidés à affinité tantôt spéléenne, tantôt arctoïde, cette deuxième morphologie se retrouvant le plus souvent. Pour mémoire, signalons que Kurten détermina les fossiles interglaciaires de Taubach respectivement *Ursus arctos deningeri* (1957) puis *Ursus arctos taubachensis* (1977). En Tchécoslovaquie, Mostecky (1963) retrouve une population semblable à la population de Taubach qu'il baptisera d'un même nom à savoir, *Ursus arctos taubachensis*. En Hongrie, deux gisements importants ont livré des populations assez énigmatiques. D'abord, les dépôts interglaciaires d'Esterhazy (Kretzoi, 1954; Janossy, 1969) rapportés au sous-étage «Suttoian» (= Eemien sens strict) ont livré des Ursidés attribués à *Ursus cf arctos* (Janossy, 1982). Dans le gisement de Porlyuk (sous-étage «Varboian» = deuxième partie de l'Eemien sens large?), Janossy (op.cit.) décèle deux groupes qu'il attribue respectivement à *Ursus cf arctos* et à *Ursus aff. spelaeus*. Ensuite, ce même auteur a découvert dans la grotte Lambrecht une population interglaciaire qu'il définit comme *Ursus arctos aff. taubachensis*, ajoutant encore, s'il était besoin, à l'indécision et à la perplexité qu'engendre l'étude de ces Ursidés émiens. Enfin, en Angleterre, il semble que l'espèce présente pendant cet interglaciaire soit l'Ours brun, *Ursus arctos* (Kurten, 1957).

Biozone 2

Comme nous l'avons fait remarquer plus avant, la pauvreté des données macromammaliennes ne nous permet pas d'interprétation et moins encore de corrélation.

Biozones 3 et 4

Nous avons rapporté ces deux biozones à deux épisodes de la palynozone Saint-Germain I. Les faunes anglaises semblent difficilement interprétables au niveau des ensembles post-émiens (*sensu stricto*). Si la zone pollinique Ip IV semble correspondre à la palynozone Melisey I de la Grande Pile, les deux interstades suivants de Wretton et de Chelford, décelés au début du pléniglaciaire des Iles britanniques (Devensian), sont difficiles à corréler. Stuart (1982) propose, sans enthousiasme, des corrélations avec les interstades d'Amersfoort et Brorüp, les macrofaunes ne se marquant pas d'un cachet particulièrement interstadiaire comme on le retrouve à Sclayn et dans le sud-ouest de la France. Cet auteur donne même en 1974 un caractère de «fullglacial association» à la faune de Wretton.

La phase Périgord II définie dans le sud-ouest de la France (Bordes *et al.*, 1966; Paquereau, 1974-75) semble pouvoir être corrélée avec la palynozone Saint-Germain I (Laville *et al.*, 1985) de la courbe de Woillard (1978). Scindée en 4 sous-étages, cette biozone a livré des faunes essentiellement composées d'espèces sylvoicoles où le Cerf élaphe domine en permanence, toujours accompagné du Chevreuil, du Sanglier et d'une espèce de paysage plus ouvert, le Cheval (Delpech et Prat, 1980, 1985). L'absence quasi totale du Renne nous apparaît comme très significative également. Plus précisément, la zone I Ib, plus tempérée, montre un Cerf dominant (76 % et 82 %) tandis que la zone I Id voit sa proportion diminuer dans la population. Dans cette deuxième zone, le Cheval et les Bovinés représentent près de 26 %. Cela dénote probablement une légère aggravation du climat de la zone I Ib à la zone I Id. Nous observons ce même phénomène à Sclayn et proposons dès lors de corréler la biozone 3 de Sclayn avec la phase I Ib Périgord et la biozone 4 avec la phase I Id Périgord.

AGE 10^3	PALYNOLOGIE		PHASES CLIMATIQUES S-O de la FRANCE	BIOZONES SCLAYN	ESPECES DOMINANTES	PALEOECOLOGIE	
	GRANDE PILE LES COTTES	LES ECHETS				BIOTOPE	CLIMAT
10	HOLOCENE	HOLOCENE	HOLOCENE	HOLOCENE			
20			WURM RECENT				
30			XVII				
40			I				
30			I				
40			3 INTERSTADE	SCLAYN 3B-40	CHEVAL BOVINES RHINOCEROS	STEPPE HERBEUSE	TEMPERE FROID
40			2 WURMIEN	SCLAYN 1A-1a	CHEVAL BOVINES RHINOCEROS	STEPPE HERBEUSE AVEC BOIS	TEMPERE FROID HUMIDE
40			1 -TAMBOURETS-	SCLAYN 1B-1-1b	CHEVAL BOVINES CERF	STEPPE HERBEUSE AVEC BOIS	TEMPERE FROID
50			XI-XVIIII				
60			X	SCLAYN 2A SCLAYN 2B-III	CHEVAL CERF RENNE	STEPPE HERBEUSE	FROID SEC
70			IX				
80			V-VII				
80			IV				
80			7	SCLAYN 3-IV	CERF CHEVAL DAM DAM CERF	FORET-PRAIRIE FORET	TEMPERE + FROID TEMPERE
80			6	SCLAYN 4-Vo			
90			5	SCLAYN Vg	RENARD POLAIRE	TOUNDR TAIGA	TRES FROID
100			4	SCLAYN Vb-5			
100			3	SCLAYN VI-6			
110			2	SCLAYN VII-7A			
120			1	SCLAYN VIII XIII	OURS		
128			INTERGLACIAIRE RISS - WURM				
			RISS				
			A				
			6	LINEXERT			

SIMONET 1989

Tableau II : Proposition de corrélations biostratigraphiques entre la zonation des grands mammifères du gisement de Sclayn et la courbe $0^{18}/0^{16}$ (Shackleton et Opdyke, 1973), les zonations polliniques de La Grande Pile (Woillard, 1975; Woillard et Mook, 1978) et des Echets (de Beaulieu et Reille, 1984, 1988, 1989) et le cadre chronoclimatique du sud-ouest de la France (Laville et al., 1985, 1986).

Table II : Proposition of biostratigraphic correlations between the stratigraphic scheme of Sclayn and the isotopic curve $0^{18}/0^{16}$ (Shackleton and Opdyke, 1973), the classical stratigraphic schemes of La Grande Pile (Woillard, 1975; Woillard and Mook, 1978) and of Les Echets (de Beaulieu and Reille, 1984, 1988, 1989) and the chronoclimatic scheme descript for the S-W of France (Laville et al., 1985, 1986).

Biozone 5

En dehors de tous restes d'Herbivores, cette biozone, attribuée à la palynozone Melisey II de la courbe de Woillard (1978), semble n'être représentée que par une population non négligeable d'*Alopex lagopus*, le Renard polaire. Nous ne pouvons proposer de corrélation certaine. Signalons cependant que la phase III Périgord corrélée par Laville (1986) à Melisey II se révèle une phase climatique froide et sèche au travers des données de la sédimentologie (Laville, 1975) et de la palynologie (Paquereau, 1974-75), détérioration que l'on ne retrouve pas au niveau des macrofaunes. Lacquay (1981) trouve près de 60 % de Cerf élaphe et 20 % de Cheval avec en plus le Chevreuil, ce qui correspond assez mal, comme le souligne l'auteur, avec un climat de type glaciaire. L'étude récente de la macrofaune du gisement moustérien du Mont-Dol (Ille-et-Vilaine) que nous rapportons à cette période Melisey II (Simonet et Monnier, 1991) nous a livré une faune nettement plus froide dominée par le Cheval, le Mammouth et le Rhinocéros laineux.

Biozones 6 et 7

La domination des espèces sylvicoles de ces deux biozones, rapportées à deux épisodes de la palynozone Saint-Germain II, se retrouve dans les populations d'Ongulés de la phase Périgord IV décrite par Lacquay (op.cit.). Cette phase IV de la chronostratigraphie aquitaine développait un couvert végétal boisé où les feuillus thermophiles dominent la strate arborée. Les populations d'Herbivores sont toujours dominées par le Cerf élaphe et le Chevreuil, composant à eux deux 94 % de la faune. Nous corrélons la biozone 6 de Sclayn avec la phase IV Périgord.

La biozone 7, riche en espèces sylvicoles dont le Daim et où, parmi les grands Rongeurs, se marque toujours la présence du Porc-épic, se place probablement dans la partie terminale de Saint-Germain II. Nous pensons que les améliorations de l'extrême fin de cet épisode décelées dans la carotte des Échets (zones F7, H et J) et dont les pendants à la Grande Pile (oscillations Ognon I, II et III) sont contestés quant à leur existence même (Grüger, 1979; de Beaulieu et Reille, 1984, 1989a) n'ont pu avoir l'ampleur nécessaire à la remontée dans nos régions d'espèces aussi tempérées que celles que nous avons citées plus haut.

Biozone 8

L'étude des faunes de cette biozone ne nous permet pas, à l'heure actuelle, de situer plus précisément et donc de corréler cet ensemble dans le contexte chronostratigraphique du Pléistocène supérieur.

Biozones 9 et 10

Après la biozone 7, il semble que nous ayons décelé un hiatus important que la palynologie tend également à prouver (Bastin, comm.pers.). Comme nous l'avons vu plus haut, la biozone 8 nous semble pour l'instant impossible à situer dans la chronostratigraphie, la palynologie ne nous étant d'aucun secours.

L'existence d'une période de réchauffement relativement importante entre +/- 43.000 ans et +/- 32.000 semble actuellement acquise (la fluctuation des limites absolues de cette période est à rechercher dans la limite de la méthode de datation C¹⁴ communément utilisée; voir Mangerud, 1981; Hedges, 1986; Evin, 1988). L'interstade des Cottés décrit par Bastin *et al.* (1976) semble pouvoir être corrélé avec la partie terminale de l'interstade würmien (Laville *et al.*, 1985, 1986) dans le domaine continental. Pujol et Turon (1986) semblent retrouver également cette période d'amélioration climatique dans le domaine marin du golfe de Gascogne. En Europe du Nord, Mangerud *et al.* (1981) ont mis en évidence une période interstadienne relativement longue dénommée Alesund interstadial, datée entre 38.000 BP et 28.000 BP. On retrouve également cette amélioration dans les Iles bri-

taniques sous l'appellation de complexe interstadial de Upton Warren (Coope *et al.*, 1971; Coope, 1977) dont la définition est basée sur les populations de coléoptères tempérés.

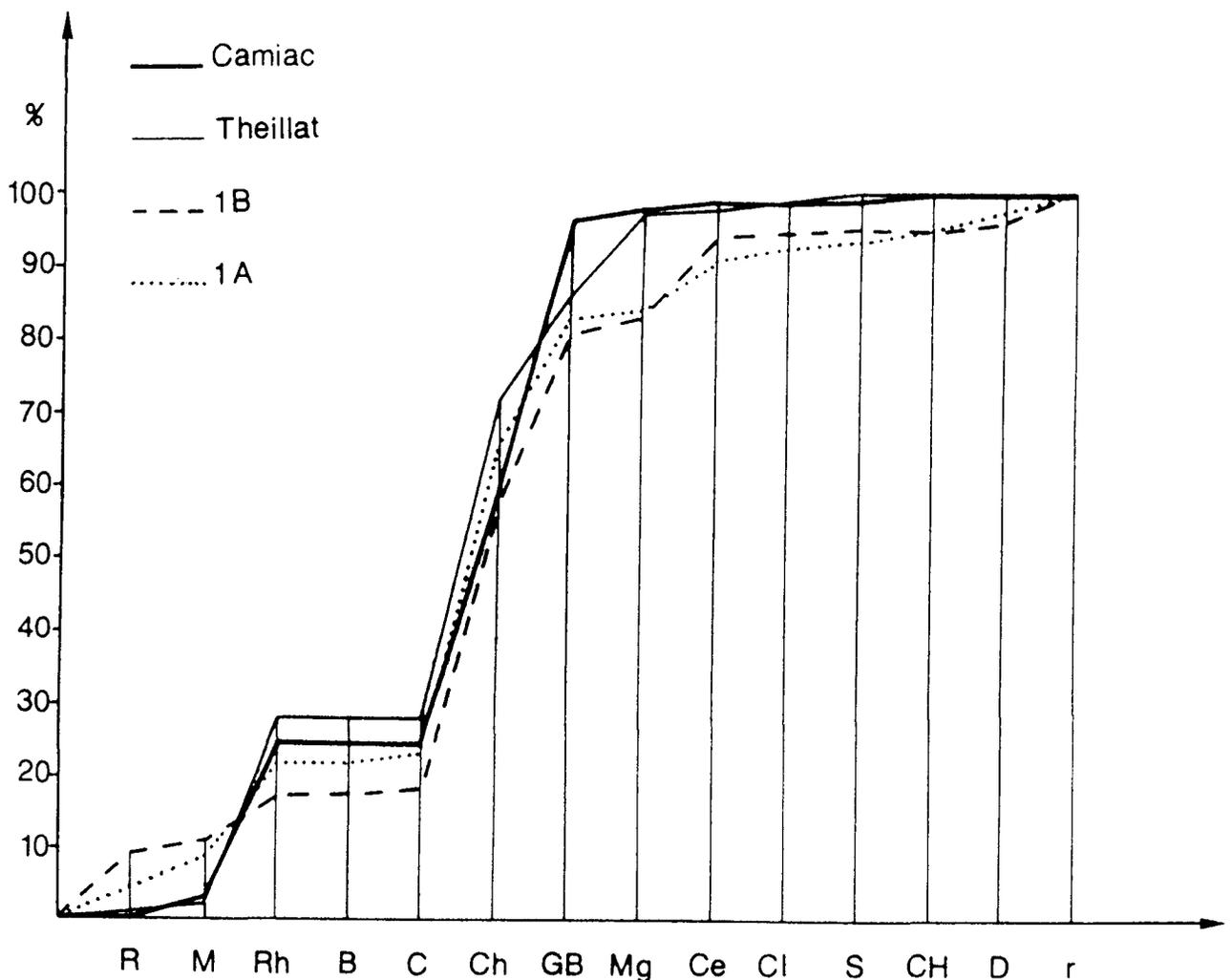


Figure 6 : Comparaison des associations de grands Ongulés des gisements de Camiac (Gironde), Theillat (Allier) et Sclayn (c. 1B et 1A). Courbe des fréquences cumulées (d'après Guadelli, 1987, modifié).

Figure 6 : Comparison between the following Ungulates associations : Camiac (Gironde), Theillat (Allier) and Sclayn (c. 1B and 1A). Cumulative frequency curve (from Guadelli, 1987, modified).

Paléocéologiquement, la remontée dans nos contrées du Daim apparaît comme un phénomène significatif. Il nous apparaît possible de corréliser la biozone 9 (c.1B, Ib), qui voit du point de vue palynologique la réapparition des feuillus thermophiles (le Tilleul en particulier), avec la première phase de l'interstade würmien au sens de Laville, plutôt que de la corréliser avec l'interstade des Cottés (= Denekamp). Cette phase, encore dénommée amélioration des Tambourets (= Hengelo) (Laville *et al.*, 1985), débiterait aux alentours de 40.000 BP. De plus, les éléments dont nous disposons pour la couche 1A (macrofaunes, datations C¹⁴), considérés avec les précautions voulues, nous permettent d'envisager une corrélation entre la biozone 10 et le second terme de l'interstade würmien que Laville *et al.* considèrent comme l'épisode inter les Tambourets - Les Cottés. Il faut cependant être clair, les différences entre les macrofaunes des biozones 9 et 10 ne sont pas démesurées.

De même, les différences entre la faune de la biozone 10 et les macrofaunes des gisements de Camiac (Gironde) et de Theillat (Allier) sont également assez minimes lorsqu'on compare leur composition. Corréliées avec la deuxième partie de l'interstade würmien (Guadelli, 1989; Raynal *et al.*, 1989) à la fois par la palynologie et une série de datations C¹⁴, ces deux faunes ont peut-être le défaut de résulter d'une accumulation due aux restes de repas de l'Hyène des cavernes. Néanmoins, le diagramme des fréquences cumulées (Fig. 6) nous permet de comparer quelque peu les trois ensembles. A Sclayn, le Renne est plus présent que dans les gisements français, ce qui peut se comprendre soit par le fait de l'action de l'Hyène (digestion totale des restes des animaux les plus petits), soit par la différence de latitude entre les gisements. Pour le Mégacéros, les proportions s'inversent, principalement à Camiac. Dans les gisements du sud-ouest de la France, les grands Bovidés se font plus fréquents, de même que le Rhinocéros laineux. Ainsi, il résulte de ces observations que les interprétations que l'on peut faire de ces différentes faunes sont assez semblables et que l'on puisse envisager une corrélation entre les macrofaunes de ces gisements.

Signalons encore les ensembles L2B2 front. et L3 à M1B sag. du gisement de La Ferrassie que Laville et Tuffreau (1984) rapportent également à l'interstade würmien. La faune décrite par Delpech (1984) comporte essentiellement du Renne, des grands Bovidés, du Cerf et du Cheval, ce dernier dans une moindre mesure.

Biozone 11

Dans le contexte décrit pour les biozones 9 et 10 et compte tenu du peu d'informations dont nous disposons pour les couches concernées (c.38 à 40), nous pourrions envisager éventuellement ces dépôts comme étant l'expression du troisième terme de l'interstade würmien, correspondant à l'épisode tempéré des Cottés. Cette proposition est cependant actuellement avancée sans grande conviction.

5. CONCLUSION

Le gisement de Sclayn semble bien constituer, à de multiples points de vue, un gisement de référence pour le Pléistocène supérieur en Europe nord-occidentale. Il en est de même concernant la distribution des grands mammifères durant cette période. Gageons que d'autres séquences viendront compléter, infirmer ou confirmer nos interprétations actuelles qui nous donnent un tableau encore bien fragmentaire de cette période dans nos régions.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier ici J.-M. Cordy, que M. Otte a désigné comme coordinateur des études paléozoologiques de Sclayn et qui nous a confié l'étude de la macrofaune. Lors de la rédaction de cet article, nous avons bénéficié des conseils et suggestions de M. Germonpré, M. Patou, B. Bastin, J.-M. Cordy et A. Pissart. Cette étude entre dans le cadre de la réalisation d'une thèse de doctorat sous contrat I.R.S.I.A. J. Robben a assuré la partie graphique de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN, B., 1992. Analyse pollinique des sédiments détritiques, des coprolithes et des concrétions stalagmitiques du site préhistorique de la grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 59-77.
- BASTIN, B., LEVEQUE, F. et PRADEL, L., 1976. Mise en évidence de spectres polliniques interstadias entre le Moustérien et le Périgordien ancien de la grotte des Cottés (Vienne). *C.R.Acad.Sc.Paris*, 282, Sér.D; pp. 1261-1264.
- BASTIN, B., CORDY, J.-M., GEWELT, M. et OTTE, M., 1986. Fluctuations climatiques enregistrées depuis 125 000 ans dans les couches de remplissage de la grotte Scladina (province de Namur, Belgique). *Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, 1/2, pp. 168-177.
- BEAULIEU, J.-L. de et REILLE, M., 1984. A long upper Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. *Boreas*, 13, pp. 111-132.
- BEAULIEU, J.-L. de et REILLE, M., 1989a. The transition from temperate phases to stadials in the long upper Pleistocene sequence from Les Echets (France). *Palaeogeog., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 72, pp. 147-159.
- BEAULIEU, J.-L. de et REILLE, M., 1989b. A 140,000-year continental climate reconstruction from two European pollen records. *Nature*, 338, pp. 309-313.
- BORDES, F., LAVILLE, H. et PAQUEREAU, M.-M., 1966. Observations sur le Pléistocène supérieur du gisement de Combe-Grenal (Dordogne). *Actes Soc.Lin.Bord.*, 103, pp. 1-19.
- COOPE, G.R., 1977. Fossil coleopteran assemblages as sensitive indicators of climatic changes during the Devensian (last) cold stage. *Phil.Trans.Roy.Soc.Lond.*, B. 280, pp. 313-340.
- COOPE, G.R., MORGAN, A. et OSBORNE, P.J., 1971. Fossil Coleoptera as indicators of climatic fluctuations during the last glaciation in Britain. *Palaeogeog., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 10, pp. 87-101.
- CORDY, J.-M., 1983. Découverte de *Cuon alpinus europaeus* Bourguignat dans le quaternaire de Belgique. *Mém.Soc.Préh.Fr.*, 16, pp. 49-54.
- CORDY, J.-M., 1988. Apport de la paléozoologie à la paléoécologie et la chronostratigraphie en Europe nord-occidentale. In : *L'Homme de Néandertal*. Actes du Colloque, vol.2, E.R.A.U.L., Liège, pp. 55-64.
- CORDY, J.-M., 1992. Bio- et chronostratigraphie des dépôts quaternaires de la grotte Scladina (Prov. de Namur, Belgique) à partir des Micromammifères. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 79-125.
- CORDY, J.-M. et SIMONET, P., 1989. Evolution of mammalian faunas from the last interglacial to the middle weichselian in the Scladina cave (Belgium). *Terra abstracts*, 1, (1), p. 424.

- CURRANT, A., 1986. Man and the quaternary interglacial faunas of Britain. *In* : COLCUUT, S. (ed.), *The paleolithic of Britain and its nearest neighbour*.
- DEBARD, E., BAZILE, F., BAZILE-ROBERT, E., GILLES, R. et GUILLERAULT, Ph., 1986. Les oscillations climatiques entre 125.000 ans et le maximum glaciaire dans le bas Vivarais (S- E France). *Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, 1/2, pp. 47-55.
- DEBLAERE, Chr. et GULLENTOPS, Fr., 1986. Lithostratigraphie de la grotte Scladina. *Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, 1/2, pp. 178-181.
- DELPECH, F., 1983. Les faunes du Paléolithique supérieur dans le sud-ouest de la France. *Cahiers du Quaternaire*, 6, C.N.R.S. (éd.), Paris, 453 p.
- DELPECH, F., 1984. La Ferrassie : Carnivores, Artiodactyles et Périssodactyles. *In* : Le grand abri de la Ferrassie. *Etudes Quaternaires*, mémoire n°7, pp. 61-89.
- DELPECH, F. et PRAT, F., 1980. Les grands mammifères Pléistocènes du sud-ouest de la France. *In* : CHALINE, J. (éd.), Problèmes de stratigraphie quaternaire en France et dans les pays limitrophes. *Suppl.Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, 1, pp. 268-297.
- DELPECH, F. et PRAT, F., 1985. Les grands mammifères Pléistocènes en Aquitaine. *Bull.Soc.Anthrop.S-O*, XX (1), Bordeaux, pp. 41-57.
- DELPECH, F., DONARD, E., GILBERT, A., GUADELLI, J.-L., LE GALL, O., MARTINI-JACQUIN, A., PAQUEREAU, M.-M., PRAT, F. et TOURNEPICHE, J.-F., 1983. Contribution à la lecture des paléoclimats quaternaires d'après les données de la paléontologie en milieu continental. Actes du Colloque AGSO, Bordeaux, mai 1983. *Bull.Inst.Géol.Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°34 et *Cahiers du Quaternaire*, n° spécial, C.N.R.S. (éd.), 1983, pp. 165-177, 12 fig.
- EVIN, J., 1988. Les limites d'utilisation de la méthode du radiocarbone dans les divers types de sédiments quaternaires. Actes du Colloque MCQS, Dijon, décembre 1988, p. 67.
- GERBER, J.-P., 1973. *La faune de grands mammifères du Würm ancien dans le sud-est de la France*. Thèse de doctorat, Université de Provence, n°5.
- GEWELT, M., SCHWARCZ, H.P. et SZABO, B.J., 1992. Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 159-172.
- GRÜGER, E., 1979. Comment on the Grande Pile peat bog : a continuous pollen record for the last 140,000 years by G.H. WOILLARD. *Quaternary research*, 18, pp. 152-153.
- GUADELLI, J.-L., 1987. *Contribution à l'étude des zoocénoses préhistoriques en Aquitaine (Würm ancien et interstade würmien)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, n°148, 3 volumes.
- GUADELLI, J.-L., 1989. Etude taphonomique du repaire d'Hyènes de Camiac (Gironde, France). *Bull. Assoc. Franç. Et. Quat.*, 2, pp. 91-100.
- GUIOT, J., PONS, A., BEAULIEU, J.-L. de et REILLE, M., 1989. A 140,000-year continental climate reconstruction from two European pollen records. *Nature*, 338, pp. 309-313.
- GUTHRIE, R.D., 1982. Mammals of the Mammoth steppe as paleoenvironmental indicators. *In* : HOPKINS, D.M., MATTHEWS, J.V., SCHWEGER, C.E. and YOUNG, S.B. (eds), *Paleoecology of Beringia*. Academic press, pp. 307-328.
- HEDGES, R.E., 1986. The future prospects of accelerator dating. *In* : GOWLETT, A.J. and HEDGES, R.E. (eds), *Archaeological results from accelerator dating*. Oxford University press.

- HOLM, J., 1986. The quaternary and the early/middle palaeolithic of Denmark. Actes du 22ème Congrès préhistorique de France. *Suppl.Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, n°26, pp. 75-80.
- JANOSSY, D., 1969. Stratigraphische Auswertung der europäischen mittelpleistozänen Wierbeltierfauna. Teile I-II. *Ber. Dtsch. Ges. Wiss. A. Geol. Paläont.*, 14, 4-5, pp. 367-438 et 573-643.
- JANOSSY, D., 1982. Pleistocene vertebrate faunas of Hungary. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 8, Elsevier (ed.).
- JAUBERT, J., BRUGAL, J.-Ph., DIOT, M.-F., KERVAZO, B. et QUINIF, Y., 1988. Le peuplement paléolithique moyen des causses du Massif central : le Rescoundoudou (Aveyron). Réunion décentralisée de la S.P.F., Le Puy-en-Velay, 8-9 octobre 1988.
- KAHLKE, H.-D., 1958. Die jungpleistozänen Säugetierfaunen aus dem Travertingebiet von Taubach-Weimar-Erhingsdorf. *Alt-Thüringen*, 3, Weimar, pp. 97-130.
- KAHLKE, H.-D., 1961. Revision der Säugetierfaunen der klassischen deutschen Pleistozän-Fundstellen von Süssenborn, Mosbach und Taubach. *Zeit.Geol.Jah.*, 10, pp. 493-532.
- KRETZOI, M., 1954. Befejezo jelentes a Csakvari barlang oslenytani feltarasarol. (Rapport final des fouilles paléontologiques dans la grotte de Csakvar). *Földt. Int. Evi. Jel.*, 1952, pp. 37-69.
- KURTEN, B., 1957. The Bears and Hyenas of the interglacials. *Quaternaria*, IV, pp. 1-10.
- KURTEN, B., 1968. Fossile Reste von Hyänen und Bären (Carnivora) aus den Travertinen von Weimar-Ehringsdorf. *Abh.des Zentr.Geol.Inst., Paläont.Abh.*, Heft 23, pp. 465-484.
- KURTEN, B., 1977. Bären und Hyänenreste aus dem Pleistozän von Taubach. *Quartärpaläontologie*, 2, pp. 361-378.
- KURTEN, B., 1978. Bären und Hyänenreste aus dem Pleistozän von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie*, 3, pp. 151-153.
- LACQUAY, G., 1981. *Recherches sur les faunes du Würm I en Périgord*. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Bordeaux I, n°1596.
- LAVILLE, H., 1975. Climatologie et chronologie du Paléolithique en Périgord. Etude sédimentologique de dépôts de grotte et sous abri. *Etudes Quaternaires*, 4, Univ. de Provence, 422 p.
- LAVILLE, H. et TUFFREAU, A., 1984. Les dépôts du grand abri de la Ferrassie : stratigraphie, signification climatique et chronologie. In : Le grand abri de la Ferrassie. *Etudes Quaternaires*, mémoire n°7, pp. 25-50.
- LAVILLE, H., PAQUEREAU, M.-M. et BRICKER, H., 1985. Précisions sur l'évolution climatique de l'interstade würmien et du début du Würm récent : les dépôts du gisement castelperronien des Tambourets (Haute-Garonne) et leur contenu pollinique. *C.R.Acad.Sc.Paris*, 301, Sér.II, 15, pp. 1137-1140.
- LAVILLE, H., RAYNAL, J.-P. et TEXIER, J.-P., 1986. Le dernier interglaciaire et le cycle climatique würmien dans le sud-ouest de la France et le Massif central. *Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, 1-2, pp. 35-46.
- MANGERUD, J., GULLIKSEN, S., LARSEN, E., LONGVA, O., MILLER, G.H., SEJRUP, H.P., SONSTEGAARD, E., 1981. A middle Weichselian ice free in western Norway : the Alesund interstadial. *Boreas*, 10, pp. 445-462.
- MOSTECKY, V., 1969. Jungpleistozäne Säugetiere aus der «Chlupac Höhle» auf dem Hügel «Kobyła» bei Koneprusy (Böhmisscher karst). *Sbornik Narodnihno Muzea v Praze*, 25, 1, pp. 1-54.

- OTTE, M., 1984. Sol d'occupation du paléolithique moyen aux grottes de Sclayn (Belgique). *L'Anthropologie*, 88, pp. 115-117.
- OTTE, M., EVRARD, J.-M. et MATHIS, A., 1986. L'occupation du Paléolithique moyen à Sclayn (Belgique). In : Cultures et industries paléolithiques en milieu loessique. Actes du Colloque, décembre 1986. *Revue archéologique de Picardie*, 1-2, pp. 115-124.
- OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M. et GAUTIER, A., 1983. Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur). *Helinium*, XXIII, pp. 112-142.
- PAQUEREAU, M.-M., 1974-75. Le Würm ancien en Périgord. Etude palynologique, première partie. *Quaternaria*, XVIII, pp. 1-49.
- PAQUEREAU, M.-M., 1974-75. Le Würm ancien en Périgord. Etude palynologique, deuxième partie. *Quaternaria*, XVIII, pp. 1-43.
- PRAT, F. et THIBAUT, Cl., 1976. Le gisement de Nauterie à la Romieu (Gers). Fouilles de 1967 à 1973. Nauterie I. *Mém. Mus. Nat. Hist. nat.*, Paris, série C, t. XXXV.
- PUJOL, Cl. et TURON, J.-L., 1986. Comparaison des cycles climatiques en domaine marin et continental entre 130 000 et 28 000 ans B.P. dans l'hémisphère nord. *Bull.Assoc.Franç.Et. Quat.*, 1/2, pp. 17-25.
- RAYNAL, J.-P., GUADELLI, J.-L., PAQUEREAU, M.-M. et DAUGAS, J.-P., 1989. A propos de l'interstade würmien dans le Massif central : le gisement de Theillat à Sanssat, Allier. *L'Anthropologie*, 93 (1), pp. 293-298.
- RODE, K., 1931. Über die Bären von Taubach und Erhingsdorf. *Palaeontologische Zeitschrift*, band 13, 1/2, Berlin, pp. 61-72.
- SCHILLING, D., SINGER, D. et DILLER, H., 1983. *Guide des mammifères d'Europe*. Delachaux et Niestlé (éds), Lausanne.
- SHACKLETON, N.J. et OPDYKE, N.D., 1973. Oxygen isotope and palaeostratigraphy of Equatorial Pacific core V28-238 : oxygen isotope temperatures and ice volume on a 10.5 year and 10.6 year scale. *Quaternary Research*, 3, pp. 39-55.
- SIMONET, P., 1987. L'Ursidae (Mammalia, Carnivora) de la couche 7 du gisement de Nauterie, à la Romieu (Gers) : *Ursus deningeri* von Reichenau. *Bull.Soc.Anthrop.S-O*, XXII (3), Bordeaux, pp. 145-158.
- SIMONET, P. et MONNIER, J.-L., 1991. Approche paléoécologique et taphonomique de la grande faune du gisement moustérien du Mont-Dol (Côtes-du-Nord, France). *Bull.Assoc.Franç.Et.Quat.*, 2/1, pp. 5-15.
- STUART, A.J., 1974. Pleistocene history of the british vertebrate faune. *Biol.Rev.*, 49, pp. 225-266.
- STUART, A.J., 1976. The history of the mammal fauna during the Ipswichian/last interglacial in England. *Phil.Trans.Roy.Soc.Lond.*, B. 276, pp. 221-250.
- STUART, A.J., 1982. *Pleistocene vertebrates in the British Isles*. Longman (ed.), London-New York.
- WOILLARD, G.M., 1978. Grande Pile Peat Bog : A Continuous Pollen Record for the Last 140,000 Years. *Quaternary research*, 9, pp. 1-21.
- WOILLARD, G. et MOOK, W., 1982. Carbon 14 dates at Grande Pile : Correlation of land and sea chronologies. *Science*, 215, pp. 159-161.

SYNTHESE DES ETUDES PALEONTOLOGIQUES REALISEES DANS LES DEPOTS DE LA GROTTA SCLADINA (Sclayn, Province de Namur)

J.-M. CORDY ¹ et B. BASTIN ²

Les études menées par trois disciplines paléontologiques dans les dépôts de la grotte Scladina ont permis de préciser considérablement la chronologie des phases principales de remplissage et de décrire, bien souvent dans le détail, l'évolution du paléoclimat et du paléoenvironnement, en particulier au cours du dernier interglaciaire (stade isotopique 5). Les résultats obtenus constituent indiscutablement une référence pour la poursuite des recherches sur le Pléistocène supérieur en Europe du nord-ouest.

Cette synthèse confronte succinctement les interprétations obtenues à partir des analyses polliniques (Bastin, 1992), des analyses microfauniques (Cordy, 1992) et des analyses de la grande faune mammalienne (Simonet, 1992) (Tableau 1). Schématiquement, il est possible de ramener la discussion en six points distincts :

1. Sous-stade 5e

Couches XI à VIII

Seule la palynologie a pu décrire valablement cet épisode interglaciaire. Les caractéristiques polliniques permettent d'assurer la corrélation de ces couches avec le début de l'Eemien. Bien que pauvre, l'association des grands mammifères ne présente aucune forme froide et, au contraire, est caractérisée par quelques taxons typiquement sylvicoles.

En outre, la palynologie révèle une discontinuité sédimentaire entre les couches VIII et VII.

2. Sous-stades 5d à 5a

Couches VII à V, 7A à 4

Globalement, les trois disciplines se corroborent remarquablement bien pour définir une succession de quatre grandes phases climatiques alternativement très froides et très tempérées. L'ordre de grandeur des datations radiométriques (Gewelt *et al.*, 1992) conduit à rattacher cette séquence paléoclimatique à la succession des sous-stades isotopiques 5d à 5a, c'est-à-dire à Melisey I, Saint-Germain I, Melisey II et Saint-Germain II (Woillard, 1978).

Les quelques différences d'interprétation qui apparaissent entre les trois types d'analyses restent mineures. Tout d'abord, dans le cas de la couche VII, il subsiste une différence d'appréciation entre la palynologie qui met plutôt l'accent sur l'amorce de la phase tempérée de Saint-Germain I sur la base d'un début de reboisement, alors que l'analyse microfaunique souligne la persistance des rongeurs allochtones qui semble indiquer un relatif prolongement de la phase froide de Melisey I. D'autre part, la macrofaune semble étendre la phase tempérée de Saint-Germain I à l'ensemble de la couche

¹ U.R. Evolution des Vertébrés et Evolution humaine, Place du XX Août, 7, 4000 Liège.

² Laboratoire de Palynologie, Place Croix du Sud, 4, 1348 Louvain-la-Neuve.

Vb-5 qui contient une des industries moustériennes. Il est nécessaire de souligner ici que les restes macrofauniques ont été recueillis par couche au cours des fouilles archéologiques et que l'association de grands mammifères n° 4 (Simonet, 1992) rassemble probablement des restes fauniques de la fin du sous-stade 5c et du début du sous-stade 5b qui caractérisent cette couche Vb-5. L'occupation préhistorique correspond donc à une phase climatique de transition. Pour un problème de prélèvement analogue, la macrofaune de la couche V-4 a été séparée *a posteriori* en deux biozones distinctes, l'une correspondant à la phase très froide de Melisey II (biozone 5) avec le Renard polaire, l'autre à la phase très tempérée de Saint-Germain II avec le Daim et le Porc-épic (biozone 6).

Cette séquence paléoclimatique est dans son ensemble très cohérente et permet, au travers des résultats des trois disciplines, de souligner le caractère très tempéré des phases attribuées aux Saint-Germain I et II, qui apparaissent comme de vrais phénomènes interglaciaires et non simplement comme des phénomènes interstadias.

3. Fin du sous-stade 5a

Sommet couche V, couches VA et IV

Planchers stalagmitiques CC4 et CC3, couche 3

Les résultats sont un peu hétérogènes. D'une part, ils sont incomplets ou pauvres au niveau de chacune des disciplines. D'autre part, les résultats sont parfois un peu opposés puisque les analyses microfauniques soulignent l'existence d'un paysage très ouvert et que l'analyse pollinique semble surtout insister sur la persistance d'un pourcentage encore élevé d'essences arborées. Enfin, les analyses polliniques et microfauniques semblent indiquer une certaine instabilité climatique qui se marque par une récurrence froide au sommet de la couche V et qui est suivie par un retour à des conditions à nouveau clémentes et plus humides. Par ailleurs, la macrofaune peut présenter à la fois des indices d'un climat tempéré et d'un climat froid dans la couche IV-3.

Le caractère temporaire et peu affirmé des signes de dégradation climatique conduit les différentes disciplines à corréliser cette phase d'instabilité climatique au sous-stade 5a, mais en l'attribuant à la fin de la période interglaciaire.

4. Le problème des couches III-2B et 2A

Dans le cas de ces trois couches, les différentes disciplines aboutissent à des hypothèses parfois très différentes. Il faut noter que les échantillons microfauniques sont malheureusement très pauvres.

Les signes d'une péjoration climatique avec dégradation des milieux forestiers restent néanmoins évidents, sans pour cela qu'ils soient suffisants pour établir une corrélation avec une phase pléniglaciaire. Dès lors, l'attribution de ces couches à une période indistincte du stade isotopique 3 est généralement envisagée; cependant, l'hypothèse du début du stade isotopique 4 n'est pas à exclure. La récolte de nouvelles données significatives dans ces couches et dans celles qui précèdent est indispensable pour tenter de résoudre cette question.

Soulignons encore que la présence de lacunes sédimentaires associées aux couches 2B et 2A est envisagée par les différents auteurs. Nous retiendrons particulièrement l'hypothèse d'un hiatus dans la séquence entre les couches IV et III ou les couches 3 et 2B; cet hiatus est évoqué par l'analyse pollinique et surtout par l'analyse des associations de grands mammifères qui révèle un nouveau type de faune dominé par les espèces de prairies et spécialement le Cheval à partir de la couche 2B. Une deuxième lacune sédimentaire est évoquée dans l'interprétation chronostratigraphique de la macrofaune entre les couches 2A et 1B et se trouve surtout confirmée par l'aspect très différent de ces couches d'un point de vue sédimentaire. Dans ce cas-ci également, des recherches complémentaires s'avèrent indispensables.

5. L'amélioration des Tambourets (= interstade d'Hengelo ?)

Couches I et IA, 1B et 1A

Les trois disciplines de recherches paléontologiques semblent être en accord pour établir l'existence d'une phase interstadaire dans les couches I-1B, qui pourrait se prolonger à la base des couches IA-1A selon les analyses microfauniques. La datation ^{14}C de la couche 1A (Gilot, 1992) conduit à corréliser cet épisode interstadaire avec la première amélioration de l'interstade würmien (Laville *et al.* 1985), l'amélioration des Tambourets, qui serait l'équivalent de l'interstade d'Hengelo.

Dans le détail, l'analyse microfaunique fait apparaître que cet interstade caractérise la partie supérieure des couches I et 1B et qu'il est précédé par une période très froide et aride. L'intensité du réchauffement qui survient par la suite est attestée par la réapparition du Daim et par la réduction spectaculaire des Lemmings et autres rongeurs continentaux. Enfin, l'interstade semble suivi par un refroidissement très accentué comme l'attestent les spectres polliniques de la couche 1A.

6. L'incertitude des couches 40 à 38

Les données fort partielles, voire absentes dans le cas de la microfaune, pour les couches 40 à 38 semblent néanmoins indiquer l'existence d'un paléoenvironnement essentiellement dominé par une steppe herbeuse. Cette phase n'apparaît pas franchement stadaire et certainement pas pléni-glaciaire, comme le démontre par exemple la présence fort minoritaire du Renne. Ces particularités ont permis de proposer l'hypothèse d'une prolongation de l'interstade würmien avec l'interstade des Cottés au niveau des couches 40 à 38 (Simonet, 1992).

Ici, à nouveau, des prélèvements complémentaires seraient sans doute d'une grande utilité pour affiner cette hypothèse de travail.

BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN, B., 1992. Analyse pollinique des sédiments détritiques, des coprolithes et des concrétions stalagmitiques du site préhistorique de la grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 59-77.
- CORDY, J.-M., 1992. Bio- et chronostratigraphie des dépôts quaternaires de la grotte Scladina (Prov. de Namur, Belgique) à partir des Micromammifères. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 79-125.
- GEWELT, M., SCHWARCZ, H.P. et SZABO, B.J., 1992. Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 159-172.
- GILLOT, E., 1992. Sclayn : Datation par ^{14}C du Moustérien final. *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, p. 173.
- LAVILLE, H., PAQUEREAU, M.-M. et BRICKER, H., 1985. Précisions sur l'évolution climatique de l'interstade würmien et du début du Würm récent : les dépôts du gisement castelperronien des Tambourets (Haute-Garonne) et leur contenu pollinique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, Sér. II, 301 (15), pp. 1137-1140.
- SIMONET, P., 1992. Les associations de grands Mammifères du gisement de la grotte Scladina à Sclayn (Namur, Belgique). *E.R.A.U.L.*, 27, Liège, pp. 127-151.
- WOILLARD, G., 1978. Grande Pile Peat Bog : A Continuous Pollen Record for the Last 140,000 Years. *Quaternary Research*, 9, pp. 1-21.

COUCHES		SYNTHESE PALEONT.		PALYNOLOGIE (Bastin)		MICROFAUNE (Cordy)		MACROFAUNE (Simonet)	
GROTTE	TERRASSE	St o 18	PALYNOZONES	St o 18	PALYNOLOGIE	St o 18	PALYNOLOGIE	St o 18	PALYNOLOGIE
38		3?	?	---	---	---	---	3	Tempéré froid Steppe herbeuse
39 - 40	II	3?	?	?	NAP 90%	---	---	3	Tempéré froid Steppe herbeuse
1A	IA	3	Stade	3	Pléni-glaciaire	3	Froid humide	3	Tempéré froid hum. Steppe boisée
1B sup.	I sup.	3	Tambourets	3	Interstade	3	Interstade	3	Tempéré froid Steppe boisée
1B inf.	I inf.	3	Stade ?	3	Interstade	3	Rigoureux aride	3	Tempéré froid hum. Steppe boisée
2A		Hiatus?	?	3?	Péjoration climat.	3?	Interstade ??	Hiatus?	Steppe herbeuse
2B	III	Hiatus?	?	3?	Péjoration climat.	Hiatus	Froid aride ?	3/4	Steppe herbeuse
3 sup.	IV sup.	5a	St Germain II	5a	Tempéré boisé	5a	Médium humide	5a	Tempéré + Froid Forêt - Prairie
3	IV inf.	5a	St Germain II	5a	---	5a	Médium humide	5a	Tempéré + Froid Forêt - Prairie
cc3+cc4	VA	5a	St Germain II	5a	Forêt intergl.	---	---	---	---
4A	V ocre	5a	Oscill. froide	5a	Récurance froide	5a	Refrigidiss. sec	---	---
4B	V grise	5b	Melisey II	5a	Dynamique intergl.	5a	Tempéré sec.	5a	Tempéré Forêt
5	Vb sup.	5b	Melisey II	5b	NAP 90%	5b	Rigoureux aride	5b	Très froid Toundra
5	Vb inf.	5c	St Germain I	5b	Forte régression AP	5b	Rigoureux aride	5c	Tempéré + Froid Forêt + Prairie
6	VI	5c	St Germain I	5c	Léger recul arbres	5c	Tempéré sec	5c	Tempéré + Froid Forêt + Prairie
7A	VII sup.	5c ou 5d	St G.I / Mel.I	5c	Optimum climatique	5c	Froid humide	5c	Tempéré Forêt
	VII inf.	5d	Melisey I	5d	Recolonis. arbres	5d	Froid très humide	5d	Refrigid. marqué ?
		Hiatus		Hiatus	Refrigid. marqué	5d	Froid très humide	5d	Refrigid. marqué ?
	VIII	5e	Début Emien	5e	Début interglac.	5e?	Tempéré ?	5e?	Tempéré ? Forêt ?
	IX - XI	5e	Début Emien	5e	Début interglac.	---	---	5e?	Tempéré ? Forêt ?

III. DATATIONS

DATATIONS $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ET ^{14}C DE CONCRETIONS STALAGMITIQUES DE LA GROTTÉ SCLADINA

M. GEWELT ¹
H.P. SCHWARCZ ²
B.J. SZABO ³

I. INTRODUCTION

La grotte Scladina est l'objet de recherches pluridisciplinaires dont les premiers résultats ont été publiés par Otte *et al.* (1983), Otte (1984) et par Bastin *et al.* (1986). On trouvera dans ces publications et dans le reste de ce volume les éléments nécessaires à la compréhension du site : localisation, contexte archéologique et résultats des diverses disciplines, y compris les premières datations radiométriques.

L'objet de cet article est de présenter une synthèse des résultats des datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C réalisées sur des concrétions stalagmitiques par trois laboratoires différents. Ce bilan s'appuie partiellement sur de nouvelles dates. Après la comparaison de 14 datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ effectuées par les trois laboratoires sur un même fragment de plancher stalagmitique, nous analyserons le cas d'un échantillon ayant fourni des dates en inversion stratigraphique. Pour terminer nous tenterons de replacer les datations en relation avec la stratigraphie et dégagerons les différentes phases de concrétionnement datées dans la grotte.

Les principes généraux de la méthode de datation par $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ sont décrits dans Ivanovich et Harmon (1982). La technique utilisée au CEN à Mol a été décrite par Gewelt (1985) et par Hurtgen *et al.* (1985). La correction des âges ^{14}C de concrétions stalagmitiques utilisée ici a été décrite dans Gewelt (1986) et dans Bastin et Gewelt (1986). Les âges moyens pondérés ont été calculés suivant la méthode décrite par Long et Rippeteau (1974).

II. COMPARAISON ENTRE LABORATOIRES : PLANCHER STALAGMITIQUE SCPL1

Quatorze analyses $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ont été effectuées par H.P. Schwarcz (Mc Master Univ.), B.J. Szabo (USGS) et M. Gewelt (ULg et CEN/SCK) dans le plancher stalagmitique SCPL1. La localisation des échantillons datés est donnée sur la figure 1. Il s'agit d'un fragment de plancher stalagmitique remanié et prélevé dans la couche VIII de la terrasse.

¹ Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Université de Liège, Place du XX Août, 7, B-4000 LIEGE (Belgique) et CEN/SCK, Service de Métrologie Nucléaire, Section "Mesures des faibles Radioactivités", B-2400 MOL (Belgique).

² Dept. of Geology, Mc Master University, Hamilton, Ontario, Canada L8S 4M1.

³ U.S. Geological Survey, Denver, Colorado 80225. U.S.A.

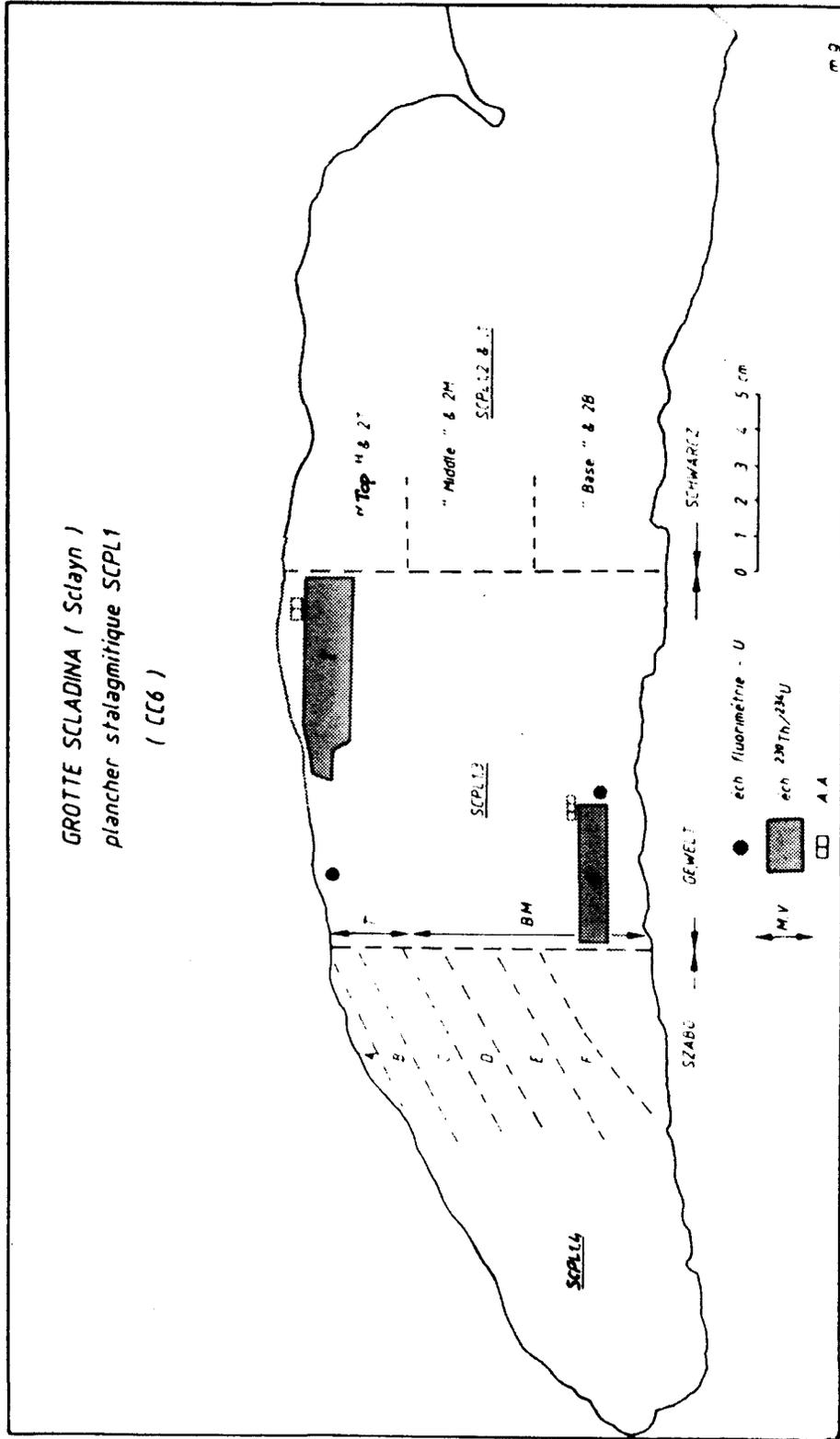


Figure 1 : Localisation et numérotation des échantillons datés par $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dans le plancher stalagmitique SCPL1.
 A.A. = échantillon pour analyse des acides aminés
 M.V. = échantillon dissous pour la recherche des minéraux volcaniques.
 (D'après Gewelt, inédit).

Les résultats des analyses, reportés dans le tableau I, montrent une concordance générale entre les laboratoires. Il existe cependant des différences significatives qui doivent sans doute être attribuées à la non homogénéité du plancher stalagmitique qui paraît être partiellement recristallisé. Ceci est d'autant plus probable que des analyses réalisées par un même laboratoire (Mc Master) sur des parties aliquotes (SCPL1 TOP & 2T, SCPL1 Base & 2B) montrent des résultats significativement différents.

Sample N°	L	Distance from the top (mm)	[U] (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Age $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (ka)	Half life correct.	Location
SCPL1.4/A	(2)	0 - 3	0.504 ± 0.010	1.026 ± 0.017	76 ± 24	0.732 ± 0.018	141 ± 8		
SCPL1.4/B	(2)	3 - 11	0.704 ± 0.017	1.074 ± 0.015	150 ± 60	0.774 ± 0.031	157 ± 14		
SCPL1.4/C	(2)	11 - 23	0.702 ± 0.017	1.121 ± 0.022	84 ± 40	0.709 ± 0.022	129 ± 8		"Top"
SCPL1.3/T	(3)	6 - 20	0.499 ± 0.012	1.110 ± 0.038	162 ± 19	0.717 ± 0.022	136 ± 13		(132)
SCPL1 TOP	(1)	?	0.36	1.125 ± 0.034	12 ± 1	1.016 ± 0.055	>350		
SCPL1 2T	(1)	?	0.29	1.093 ± 0.037	223 ± 147	0.695 ± 0.028	126 ± 9		
SCPL1.4/D	(2)	23 - 33	1.46 ± 0.03	1.123 ± 0.017	240 ± 120	0.582 ± 0.013	93 ± 4		
SCPL1.4/E	(2)	33 - 48	1.35 ± 0.03	1.095 ± 0.017	130 ± 40	0.691 ± 0.016	124 ± 6		"Middle"
SCPL1 Mid	(1)	?	0.58	1.118 ± 0.024	21 ± 1	0.799 ± 0.027	160 ± 13		
SCPL1 2M	(1)	?	0.57	1.100 ± 0.022	287 ± 200	0.765 ± 0.020	151 ± 8		
SCPL1.4/F	(2)	48 - 58	1.52 ± 0.03	1.089 ± 0.016	37 ± 3	0.665 ± 0.015	116 ± 5		
SCPL1 Base	(1)	?	0.74	1.102 ± 0.024	159 ± 92	0.709 ± 0.035	130 ± 12		"Base"
SCPL1 2B	(1)	?	0.61	1.101 ± 0.030	102 ± 41	0.821 ± 0.033	177 ± 17		
SCPL1.3/B	(3)	73 - 81	0.826 ± 0.020	1.097 ± 0.038	173 ± 25	0.789 ± 0.026	166 ± 21		(162)

Tableau I : Comparaison des datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ du plancher stalagmitique SCPL1 (CC6, couche VIII). Analyses de : (1) = H.P. Schwarcz (Mc Master); (2) = B.J. Szabo (USGS); (3) = M. Gewalt (ULg et CEN/SCK).

Table I : $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dating of flowstone SCPL1 (CC6, bed VIII, Scladina Cave). Analyses from : (1) = H.P. Schwarcz (Mc Master); (2) = B.J. Szabo (USGS); (3) = M. Gewalt (ULg and CEN/SCK).

On notera que les âges utilisés pour la comparaison n'ont pas été corrigés pour le ^{230}Th commun d'origine détritique. L'échantillon paraît d'ailleurs peu contaminé - en tout cas hors des couches externes - par des matières détritiques, les rapports $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ étant assez élevés ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ moyen des 14 analyses = 118 ± 75).

Pour cette comparaison, les âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ de M. Gewalt ont été recalculés en utilisant les mêmes périodes (Gascoyne, 1977) que celles en usage dans les deux autres laboratoires (Mc Master et USGS). Ces âges, utilisés pour le calcul des moyennes, sont fournis entre parenthèses dans le tableau I. Ils permettent bien sûr d'effectuer une meilleure comparaison des résultats, bien que l'utilisation des périodes actuellement admises (Nuclear Data Sheets, 1977) que l'un d'entre nous (M.G.) utilise d'habitude n'introduit qu'un léger vieillissement des âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, par rapport à ceux calculés avec les périodes "traditionnelles". On trouvera ci-dessous les différentes périodes utilisées.

	Gascoyne (1977)	Nuclear Data Sheets (1977)
$T^{230}\text{Th}$:	75200 a	77000 a
$T^{234}\text{U}$:	247000 a	244500 a

L'examen du tableau I montre que les teneurs en uranium sont variables (de 0,29 à 1,52 ppm), probablement du fait de migrations de U. Certaines zones montrent une perte ou un gain d'uranium, ce qui induit respectivement un vieillissement ou un rajeunissement des âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. Dans cette situation, il paraît réaliste de considérer la moyenne des âges obtenus sur l'ensemble de la hauteur du plancher comme la valeur de l'âge la plus représentative de la formation de la calcite. En excluant la valeur totalement discordante obtenue pour l'échantillon SCPL1 TOP (>350 ka), l'âge moyen du plancher s'établit à 138 ± 23 ka. La moyenne pondérée des 13 dates est égale à 121 ± 2 ka.

III. RESULTATS DES DATATIONS $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ET ^{14}C REALISEES EN BELGIQUE

A Sclayn, le site d'entrée de grotte pose de façon aiguë le problème de la contamination de la calcite par des matières détritiques incorporées dans les concrétions. Ceci implique en général un vieillissement des âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, car une partie de l'uranium et du thorium de la phase détritique passe dans la solution lors de la dissolution de la calcite. Plusieurs méthodes de correction ont été proposées (par exemple: Schwarcz, 1980; Ku et Liang, 1984), mais elles ne sont pas encore systématiquement appliquées par chaque laboratoire. Les résultats obtenus en Belgique par Gewalt sont reportés dans le tableau II. Pour la correction du thorium seul (tableau II), nous utilisons un rapport $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ initial = $1,003 \pm 0,224$ qui correspond à la moyenne mesurée dans les sédiments détritiques des couches 4 et 3 de la grotte (Gewelt, s.d.).

Les autres schémas utilisés (1 et 2) sont décrits dans Ku et Liang (1984). Leur application nécessite l'analyse séparée des résidus de la dissolution de la calcite.

Sample N°	[U] ppm	[Th] ppm	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Age ka	Corr. age ka	$(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})_0$
SCPL841109	0.488	0.087	$1.100 \pm .036$	$8.7 \pm .38$	$0.491 \pm .016$	74.1 ± 5.1	$67 \pm 6(\tau^*)$	$1.123 \pm .047$
SC851108/T	0.773	0.102	$1.081 \pm .041$	$7.04 \pm .27$	$0.282 \pm .010$	36.7 ± 2.2	-	$1.090 \pm .046$
SC851108/M	0.937	0.071	$1.078 \pm .039$	$9.79 \pm .44$	$0.225 \pm .007$	28.3 ± 1.6	-	$1.085 \pm .043$
SC851108/B	1.232	0.060	$1.088 \pm .042$	$12 \pm .47$	$0.178 \pm .006$	21.7 ± 1.2	-	$1.093 \pm .045$
SCPL F17.4/C	0.323	0.024	$1.088 \pm .035$	29 ± 3	$0.642 \pm .021$	112 ± 10	$101 \pm 9(\tau^{**})$	$1.121 \pm .054$
SCPLE17/11D	0.353	0.062	$1.095 \pm .039$	15 ± 1	$0.777 \pm .025$	160 ± 19	$147 \pm 18(\tau^{**})$	$1.150 \pm .074$
SCCC4-H22	0.233	0.070	$1.044 \pm .035$	$8.4 \pm .27$	$0.792 \pm .024$	170 ± 21	$157 \pm 19(\text{TS})$	$1.079 \pm .067$
SCPL 1.3/T	0.499	0.007	$1.110 \pm .038$	162 ± 19	$0.717 \pm .022$	136 ± 14	$132 \pm 14(\text{T})$	$1.161 \pm .065$
SCPL 1.3/B	0.826	0.013	$1.097 \pm .038$	173 ± 25	$0.789 \pm .026$	166 ± 21	$162 \pm 21(\text{T})$	$1.155 \pm .075$
SCCC 8	0.356	0.583	$1.174 \pm .042$	$1.77 \pm .06$	$0.816 \pm .027$	174 ± 22	$130 \pm 18(\text{TS})$	$1.285 \pm .095$

Tableau II : Concentration en uranium et en thorium, rapports d'activités U et Th et âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. (Analyses : M. Gewalt, ULg et CEN/SCK).

Ages corrigés :

(T) = Correction périodes T230 et T234

(s) = Thorium seul, avec $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ initial = $1,003 \pm 0,224$;

(*) = Schéma 1 de Ku et Liang (1984);

(**) = Schéma 2 de Ku et Liang (1984).

Erreur sur la concentration en U : $\leq 0,033$ ppm.

Erreur sur la concentration en Th : $\leq 0,013$ ppm.

Table II : Uranium and thorium concentration, activity ratios and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ages of speleothems from Scladina cave. (Analyses : M. Gewalt, ULg and CEN/SCK).

Corrected ages :

(T) = Correction for half life T230 and T234

(s) = Initial Th only, with $(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}) = 1.003 \pm 0.224$;

(*) = Scheme 1 (Ku and Liang 1984);

(**) = Scheme 2 (Ku and Liang 1984).

Error on U concentration : ≤ 0.033 ppm.

Error on Th concentration : ≤ 0.013 ppm.

Les résultats sont en concordance stratigraphique, sauf pour l'échantillon SC851108. Ils seront intégrés et analysés plus loin, avec les autres datations obtenues à Sclayn.

Trois datations ^{14}C ont été effectuées sur une stalagmite (Sst1) et un plancher stalagmitique (SCCC1/A) de la partie supérieure de la séquence sédimentaire de la grotte. Les résultats sont reportés dans le tableau III.

SAMPLE	LAB. N°	CONVENTIONAL ^{14}C AGE		CORRECTED ^{14}C AGE (BEDROCK DILUTION FACTOR : $q = 0.85 \pm 0.05$)		COMMENT
Sst1/F	MBN 269	1990 ± 80	BP	680 ± 500	BP	Top stalagmite
Sst1/A	MBN 268	4600 ± 90	BP	3290 ± 500	BP	Base stalagmite
SCCC1/A	MBN 357	8350 ± 115	BP	7040 ± 500	BP	Base flowstone

Tableau III : Datations ^{14}C de concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina. (Analyses M. Gewelt, ULg et CEN/SCK). MBN = Mol, Section Low-Level Measurements, CEN/SCK.

Remarque : les âges ^{14}C conventionnels ont été calculés en utilisant le $\delta^{13}\text{C}$ moyen estimé des concrétions stalagmitiques ($-8 \pm 2\text{‰}$, Stuiver et Polach, 1977).

Table III : Radiocarbon ages of speleothems from Scladina cave (Analyses : M. Gewelt, ULg and CEN/SCK). MBN = Mol, Section Low-Level Measurements, CEN/SCK.

Note : Estimated average $\delta^{13}\text{C}$ of speleothems ($-8 \pm 2\text{‰}$, Stuiver and Polach, 1977) have been used for calculation of conventional ^{14}C ages.

La stalagmite Sst1 a été prélevée hors stratigraphie mais en place, à environ 15 m de l'entrée de la grotte. L'âge ^{14}C corrigé avec un facteur de dilution $q = 0,85$ et la palynologie ont montrés (Bastin et Gewelt, 1986) que la base de la stalagmite appartient au dernier tiers du Subboréal. L'âge ^{14}C corrigé du sommet de la concrétion a permis de rapporter le maximum atteint par *Fagus* au FIII des palynologues, classiquement situé en Belgique vers 700 BP.



Figure 2 : Coupe transversale dans le plancher stalagmitique SCCC1. Les prélèvements pour la datation ^{14}C (MBN 357) ont été effectués à la base du plancher, en éliminant soigneusement les cailloux de calcaire. (Photo M. Gewelt).

Le plancher stalagmitique SCCC1, prélevé *in situ* dans la partie supérieure de la coupe de la grotte (carré J26, vers -135 cm) incorpore de très nombreux fragments anguleux de calcaire (gélifractions) ainsi que quelques rares graviers roulés à la base (Fig. 2). Ces derniers éléments pourraient provenir de la couche inférieure. Les cailloux anguleux sont totalement enrobés de calcite stalagmitique. Il est dès lors probable que la chute des géli-fractions soit contemporaine de l'édification du plancher stalagmitique. Comme celui-ci s'est formé au début de l'Atlantique, ainsi que l'indiquent aussi bien les analyses polliniques (Bastin, communication personnelle) que son âge ^{14}C corrigé (7040 ± 500 BP), il faut admettre que la géli-fraction en période hivernale a été suffisamment intense durant cette période.

IV. UN CAS D'INVERSION STRATIGRAPHIQUE : PLANCHER STALAGMITIQUE SC851108

L'échantillon SC851108 provient d'un carottage électrique réalisé par M. Gewelt dans le plancher stalagmitique CC4 localisé dans le carré D10 à -350 cm (Fig. 3). Deux carottes ont été prélevées (A et B).

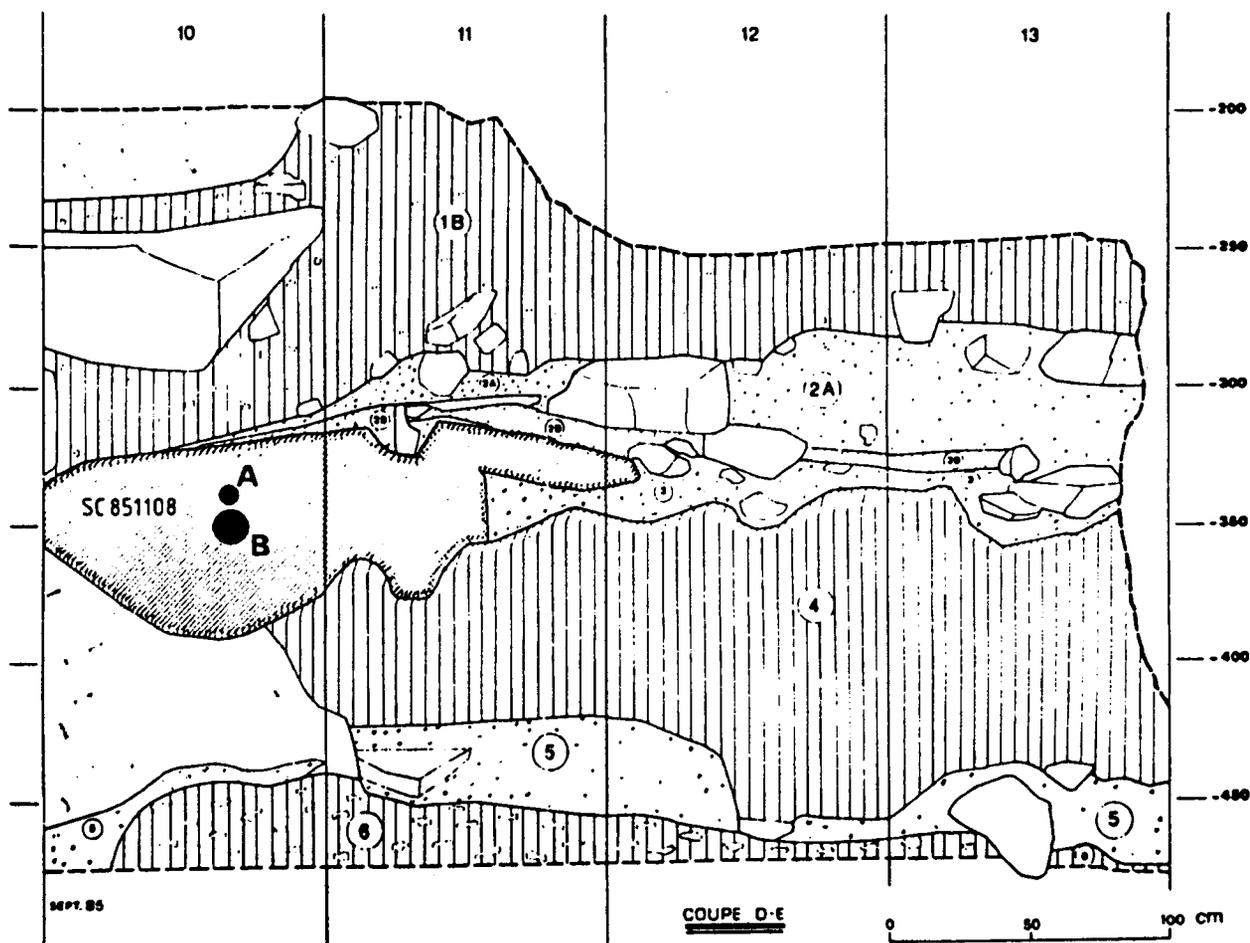


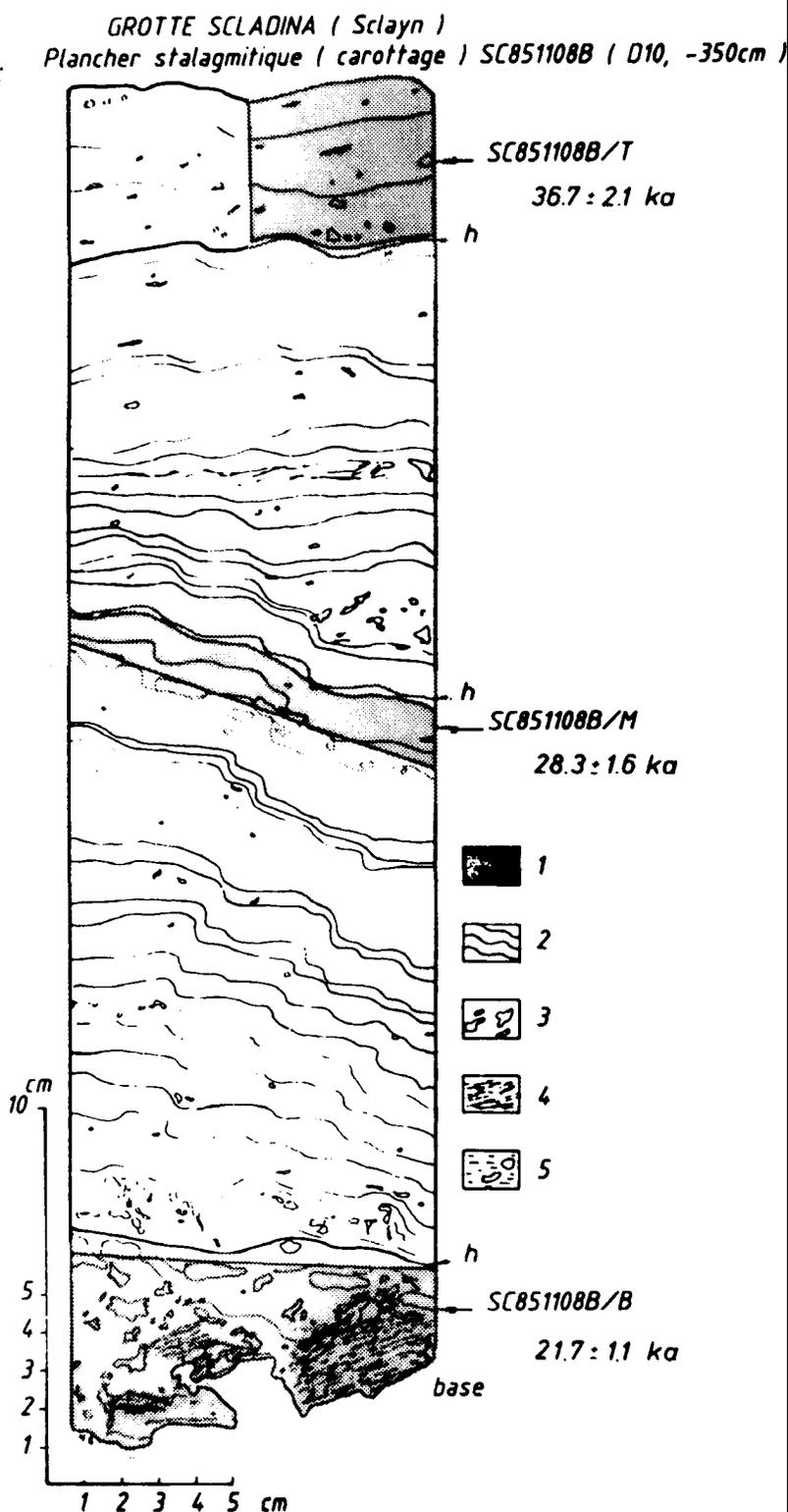
Figure 3 : Coupe D-E montrant la localisation des forages électriques (SC851108 A et B) dans le plancher stalagmitique CC4. (D'après un levé original au 1/10 de D. Mangon).

La carotte A (\varnothing 4,5cm) a été donnée à M. Aitken et J. Huxtable pour analyse par TL. Les 3 analyses Th/U ont été réalisées sur des échantillons de la carotte B (\varnothing 10cm) (Fig. 4), découpés à la base, au milieu et au sommet du plancher. En coupe longitudinale, le plancher montre une calcite partiellement recristallisée, poreuse, avec des vacuoles.

Figure 4 : Coupe longitudinale dans la carotte SC851108 B et localisation des échantillons datés par $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. (D'après Gewalt, inédit).

Légende :

1. échantillon daté par $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$;
2. couches de croissance principales;
3. vacuoles et calcite poreuse;
4. calcite feuilletée;
5. sédiments limono-argileux et petits cailloux roulés;
- h. hiatus de croissance.



Les résultats des datations (Tableau II) indiquent que les âges sont en inversion stratigraphique. Ils diminuent du sommet vers la base. La concentration en uranium augmente du sommet vers la base. Ceci permet de pouvoir expliquer les inversions d'âge observées.

Une première hypothèse serait de considérer que l'échantillon se comporte comme un système ouvert, avec addition progressive d'uranium. L'uranium contenu dans les eaux de percolation (sans thorium) pourrait être absorbé par la calcite qui est ici très poreuse et montre des signes évidents de recristallisation. Cette addition d'uranium est plus importante dans la partie inférieure du plancher c'est-à-dire dans la calcite formée la première. Elle pourrait être favorisée par la présence de matière organique. Une addition d'uranium après la formation du plancher conduit à des âges calculés sur base du rapport d'activité $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ trop jeunes.

Une seconde hypothèse ferait intervenir une perte sélective d'uranium dans les couches supérieures (le thorium restant fixé) et son accumulation dans la partie inférieure du plancher stalagmitique. Cette hypothèse conduirait à obtenir des âges trop vieux au sommet et des âges plus jeunes à la base. Elle semble cependant devoir être écartée car l'analyse pollinique (Bastin *et al.*, 1986) indique que le plancher CC4 s'est formé durant le Saint-Germain 2. Les âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ obtenus sont donc trop jeunes d'environ 30-40 ka, même pour l'échantillon du sommet du plancher stalagmitique.

La coupe longitudinale (Fig. 4) de la carotte SC 851108B montre la présence de lits de sédiments détritiques interstratifiés dans la calcite. Certains d'entre eux, plus épais, paraissent témoigner d'hiatus de croissance. Les matières détritiques présentes dans la calcite sous forme de fines couches provoquent aussi une contamination par du ^{230}Th commun d'origine exogène (les rapports $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ varient de 7 à 12). Du fait du système ouvert, il paraît cependant illusoire de vouloir corriger les "âges" obtenus.

V. SUCCESSION DES GENERATIONS DE CONCRETIONNEMENT ET RELATION AVEC LA STRATIGRAPHIE

Dans les grottes belges étudiées jusqu'à présent, on ne trouve pas de concrétionnement entre 10 et 40 ka environ (observation basée sur 82 dates ^{14}C et 47 dates $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$: Gewalt, 1985, 1986 et s.d.). Bien qu'on ne puisse exclure totalement une formation de calcite en période froide (voir l'exemple de Castleguard Cave dans Atkinson, 1983), il paraît acquis qu'on puisse accorder une signification paléoclimatique à la formation des concrétions de grottes et tenter de corrélérer les périodes de formation avec la chronologie des enregistrements isotopiques des fonds marins (par ex.: Shackleton, 1969). Les nouvelles courbes de fréquence des datations ^{14}C et $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ publiées par Gewalt et Ek (1988) en apportent une confirmation supplémentaire. A Sclayn, sur base des datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ^{14}C , on peut provisoirement reconnaître les périodes de concrétionnement suivantes (Tableau IV).

CAVE

TERRACE

Bed	Sample	Date	Bed	Sample	Date
"Top" (Roof)	Stalagmite Sst1/F(top)	MBN269: 680 ± 500 BP (MG)			
	Sst1/A(base)	MBN268: 3290 ± 500 BP (MG)			
	Flowstone SCCC1/A(base) (J26)	MBN357: 7050 ± 500 BP (MG)			
	CC1	6 ± 4 ka (HPS)			
	82.210	< 36 ka (BJS)			
1A	82.246 (CC2)	60 - 40 ka (HPS)	IA		
1B			IB		
2B			III		
3	SC841109 (H16)	67 ± 6 ka (MG)	IV		
	Base C3: BC3	59 ± 3 (HPS)			
	(F17?) BC3	99 ± 4 (HPS)			
	BC3	106 ± 5 (BJS)			
		$\bar{X}_4 = 83 \pm 23$ ka (78±2)			
4	CC4 - E1710A	144 ± 8 (BJS)	V	fragments of	
	E1710A	95 ± 5 (HPS)		stalactites	
	E1710A	91 ± 4 (HPS)		81.148	71±7 (BJS)
	E1712A	104 ± 14 (HPS)		82.316	73±4 (BJS)
	E1713C	115 ± 8 (HPS)			
	E1711D	147 ± 18 (MG)			
	E1711D	102 ± 12 (HPS)			
		$\bar{X}_7 = 114 \pm 23$ ka (102±3)			
	CC4-F171A	87 ± 7 (HPS)			
	F172B	118 ± 10 (HPS)			
	F174B	108 ± 11 (HPS)			
	F174C	101 ± 9 (MG)			
	F174C	132 ± 7 (BJS)			
	F1711D	113 ± 14 (HPS)			
	F174E	114 ± 8 (HPS)			
		$\bar{X}_7 = 110 \pm 14$ ka (110±3)			
	CC4-H22 870225	157 ± 19 ka (MG)			
	CC4-D10- 851108/T	32 ± 2 ka? (MG)			
	(Core B) 851108/M	28 ± 2 ka? (MG)			
	851108/B	22 ± 1 ka? (MG)			
	82.369 (rounded fragment of stalagmite)	144 ± 14 ka (HPS)			
5			VB	CC5	10±1 ka? (HPS)
6			VI		
7A			VII		
7B			VIII	SCPL1	$\bar{X}_{13} = 138 \pm 23$ ka
				(CC6)	(121±2)
				(see table 1)	(BJS-HPS-MG)
			IX		
			X		
			XI		
			XII	SCCC8	130±18 ka (MG)

Table IV

Tableau IV : Datations des concrétions stalagmitiques de la grotte Scladina et relation avec la stratigraphie.

Analyses : H.P. Schwarcz-Mc Master (HPS);
B.J. Szabo-USGS (BJS);
M. Gewalt-ULg et CEN/SCK (MG).

- ? Les âges suivis d'un point d'interrogation sont en inversion stratigraphique (système ouvert).
- Les âges entre parenthèses sont des moyennes pondérées en utilisant des coefficients de pondération inversement proportionnels aux sigmas.
- Les âges ^{14}C sont corrigés en utilisant un facteur de dilution de l'activité ^{14}C initiale $q = 0,85 \pm 0,05$.

Table IV : Speleothems dates from Scladina cave in relation with stratigraphy.

Analyses : H.P. Schwarcz - Mc Master (H.P.S.)
B.J. Szabo - USGS (B.J.S.)
M. Gewalt - ULg and CEN/SCK (M.G.)

- ? : Dates followed by a question mark are in stratigraphic inversion and unreliable (open system).
- Ages between brackets are weighted averages, using a weighting inversely proportional to the sigmas.
- Radiocarbon dates are corrected with a bedrock carbonate dilution factor $q = 0.85 \pm 0.05$.

a) A la base (provisoire) de l'excavation de la terrasse, une concrétion non en place (CC8, couche XII) formée par une cimentation calcaire de sédiment détritique (45% de résidus insolubles, $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} = 1,77 \pm 0,06$) a fourni un âge non corrigé de 174^{+25}_{-19} ka. En appliquant la correction pour le thorium seul, l'âge est ramené à 133^{+15}_{-13} ka (M. Gewalt, s.d.). Ceci place la formation de cette concrétion à la fin du stade isotopique 6 ou au début du 5e, ce qui est en accord avec les données de la palynologie. En effet, cette concrétion remaniée dans la couche XII peut éventuellement être du même âge qu'elle (Phase 1 début de l'Eemien : B. Bastin, communication personnelle), mais est plus probablement légèrement plus vieille.

b) Plancher stalagmitique non en place (SCPL1-CC6), retrouvé au sommet de la couche VIII de la terrasse, dont l'âge moyen non corrigé (138 ± 33 , 13 datations de Gewalt, Schwarcz et Szabo) place aussi cette concrétion à la fin du stade isotopique 6 ou plus probablement au début du stade 5e, si l'on considère l'âge moyen pondéré (121 ± 2 ka) calculé à partir des 13 dates.

Ce plancher non en place dans la couche fournit l'âge maximum de la mise en place des sédiments détritiques qui le renferment. Sa datation n'est donc pas en contradiction avec l'âge "éemien" attribué aux sédiments de la couche VIII par la palynologie (Bastin *et al.*, 1986).

c) Plancher stalagmitique CC4 en place dans la grotte, au sommet de la couche 4 (carrés E17 et F17).

Les 7 échantillons analysés dans chacun des 2 carrés indiquent que la calcite de ce plancher s'est formée entre 114 ± 23 et 110 ± 14 ka si l'on considère les âges moyens. La moyenne pondérée des dates obtenues sur les échantillons du carré E17 semble cependant indiquer un âge plus jeune (102 ± 3 ka). Ce plancher stalagmitique semble bien s'être formé durant le stade isotopique 5, mais il pose encore un problème d'interprétation. En effet, d'après la palynologie (Bastin *et al.*, 1986), le plancher stalagmitique CC4 aurait

probablement été formé vers la fin du Saint-Germain II (stade isotopique 5a) et dans ce cas les âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ obtenus seraient environ 20 ka trop vieux.

On rappellera aussi que le plancher CC4 prélevé dans le carré D10 (SC851108), proche de l'entrée de la grotte, a fourni 3 âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ beaucoup trop jeunes et en inversion stratigraphique, ce qui indique que ce plancher s'est comporté comme un système ouvert.

d) Fragments de stalactites dont deux datations de B.J. Szabo fournissent un âge voisin de 72 ka, indiquant un concrétionnement vers la fin du stade isotopique 5a. Cet âge serait trop jeune d'environ 10 ka, en comparaison avec la palynologie qui date du début du Saint-Germain II la couche V dans laquelle ont été trouvés ces fragments de stalactites.

e) Plancher stalagmitique CC3 apparemment en position de formation à la base de la couche 3 (SC841109 et F17BC3) dont l'âge moyen de 2 datations (Gewelt et Schwarcz) corrigées pour le ^{230}Th d'origine détritique avait été estimé à 61 ± 3 ka (Bastin *et al.*, 1986). De nouvelles analyses (Tableau II) semblent indiquer que la calcite s'est formée plutôt vers 83 ± 23 ka (moyenne de 4 datations de Gewelt, Schwarcz et Szabo).

L'âge moyen pondéré des 4 datations de CC3 s'établit à 78 ± 2 ka. Ces nouvelles données indiquent que le plancher s'est probablement formé durant le stade isotopique 5a plutôt que vers la fin du stade 4 ou du début du stade 3. Dans cette hypothèse, cette génération de concrétionnement correspondrait à celle des stalactites retrouvées dans la couche V de la terrasse. Des analyses palynologiques inédites (Bastin, communication personnelle) effectuées dans le plancher stalagmitique CC3 (identique à l'échantillon 841109) montrent un spectre pollinique très proche de la moyenne des spectres obtenus dans la stalagmite CC4 qui surmonte le plancher stalagmitique des carrés E17 et F17 (Bastin *et al.*, 1986). Le plancher stalagmitique CC3 se serait donc aussi formé pendant le Saint-Germain II, en accord avec l'âge moyen pondéré des 4 datations Th/U (78 ± 2 ka).

f) Une concrétion (CC2) de la couche 1A datée par H.P. Schwarcz témoigne d'une période de formation vers 50 ka, à rattacher au stade isotopique 3.

g) Au sommet, génération de calcite holocène, scellant la partie supérieure de la séquence. Elle est sans doute à mettre en relation avec une stalagmite récoltée hors stratigraphie, qui a été datée par ^{14}C entre 4600 ± 90 BP (MBN 268) et 1990 ± 80 BP (MBN 269). En corrigeant ces âges ^{14}C apparents pour une activité ^{14}C initiale de 85% (Gewelt, 1986; Bastin et Gewelt, 1986), la formation de cette stalagmite est ramenée entre 3290 et 680 BP environ.

La base d'un plancher stalagmitique (SCC1/A) a donné un âge ^{14}C corrigé de 7040 ± 500 BP (MBN 357) qui s'accorde bien avec l'âge du début de l'Atlantique que lui attribue la palynologie (Bastin, communication personnelle).

Une concrétion (CC1) datée par Schwarcz à 6 ± 4 ka et l'échantillon 82.210 (<36ka) daté par Szabo appartiennent sans doute aussi à cette génération de calcite holocène (stade isotopique 1).

On notera que les moyennes pondérées avec des coefficients de pondération inversement proportionnels aux sigmas privilégient les âges jeunes car la valeur de sigma est en général plus petite quand l'âge est jeune. Ce "rajeunissement" des âges moyens pondérés pourrait donc dans une certaine mesure contrebalancer l'influence de la contamination par du thorium exogène d'origine détritique.

VI. CONCLUSION

Les nombreuses datations radiométriques de concrétions ont permis de reconnaître jusqu'à présent des phases de concrétionnement stalagmitique pendant les stades isotopiques 1, 3, 5 et peut-être 6, posant quelques jalons importants dans la chronologie du remplissage de la grotte Scladina.

Malgré la bonne concordance générale des dates avec la stratigraphie, certains échantillons posent encore des problèmes d'interprétation. A côté des échantillons ne convenant pas à la datation (système ouvert de SC851108), on trouve des échantillons contaminés par des matières détritiques et dont les âges doivent être corrigés. On notera à ce sujet qu'une étude des rapports U et Th de sédiments d'une coupe de la grotte et des fractionnements entre les différents isotopes de U et de Th suivant la concentration de l'acide utilisé pour la dissolution des échantillons est en cours de réalisation (Atkinson et Gewalt). Elle pourrait permettre d'estimer quelles sont les corrections les plus appropriées à utiliser pour les calcites "sales".

REMERCIEMENTS

Les datations ont en partie été réalisées au CEN/SCK à Mol, dans le cadre de la Convention CEN-ULg, lors d'un stage effectué dans la section "Mesures des faibles Radioactivités" par l'un des auteurs (M.G.) qui a bénéficié de l'aide de MM. Koch, Hurtgen, Hofkens et Mermans.

BIBLIOGRAPHIE

- ATKINSON, T.C., 1983. Growth mechanisms of speleothems in Castleguard Cave, Columbia Icefields, Alberta, Canada. *Artic and Alpine Res.*, 15 (4) : 523-536.
- BASTIN, B. et GEWELT, M., 1986. Analyse pollinique et datation ^{14}C de concrétions stalagmitiques holocènes: apports complémentaires des deux méthodes. *Géographie Physique et Quaternaire*, 40 (2): 185-196.
- BASTIN, B., CORDY, J.-M., GEWELT, M. et OTTE, M., 1986. Fluctuations climatiques enregistrées depuis 125 000 ans dans les couches de remplissage de la Grotte Scladina (Province de Namur, Belgique). *Bull. Assoc. Franç. Et. Quat.*, 1986 1/2 : 168-177.
- GASCOYNE, M., 1977. Uranium series dating of speleothem : an investigation of technique, data processing and precision. *Tech. Memo*, 77-4, Dept. of Geology, Mc Master Univ., Hamilton, Ontario, Canada : 117 p.
- GEWELT, M., 1985. Cinétique du concrétionnement dans quelques grottes belges : apport des datations ^{14}C et $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 108 : 267-273.
- GEWELT, M., 1986. Datations ^{14}C de concrétions de grottes belges: vitesses de croissance durant l'Holocène et implications paléoclimatiques. In : PATERSON, K. and SWEETING, M. (eds), *New Directions in Karst*. Proceed. Sympos. Oxford 1983. Geo Books, Norwich : 293-322.
- GEWELT, M., s.d. *Apports géomorphologiques et paléoclimatiques des datations ^{14}C et $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ des concrétions stalagmitiques*. Th. Doct. Sc. Univ. Liège (en préparation).
- GEWELT, M. et EK, C., 1988. Les concrétions carbonatées des grottes : Aperçu synthétique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 111 (1) : 9 - 19.
- HURTGEN, C., GEWELT, M. et HOFKENS, K., 1985. A new radiochemical procedure for U-series dating of speleothems. Karlsruhe Int. Conf. on Analytical Chemistry in Nuclear Technology. Abstract + 8 p.
- IVANOVICH, M. et HARMON, R.S., (eds.), 1982. *Uranium series disequilibrium. Applications to environmental problems*. Clarendon Press, Oxford : 571 p.
- KU, T.L. et LIANG, Z.C., 1984. The dating of impure carbonates with decay-series isotopes. *Nuclear Instruments and Methods in Phys. Res.*, 223 : 563-571.
- LONG, A. et RIPPETEAU, B., 1974. Testing contemporaneity and averaging radiocarbon dates. *American Antiquity*, 39(2) : 205-215.
- NUCLEAR DATA SHEETS, 1977. Academic Press. New-York - London, 21(4).
- OTTE, M., 1984. Sol d'occupation du Paléolithique moyen aux grottes de Sclayn (Belgique). *L'Anthropologie*, 88 (1) : 115 - 117.
- OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M. et GAUTIER, A., 1983. Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur). *Helinium*, 23 : 112-142.
- SCHWARCZ, H.P., 1980. Absolute age determination of archaeological sites by uranium series dating of travertines. *Archaeometry*, 22(1) : 3-24.
- SHACKLETON, N.J., 1969. The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proceed. Roy. Soc. London*, B. 174 : 135-154.
- STUIVER, M. et POLACH, H.A., 1977. Discussion - Reporting of ^{14}C data. *Radiocarbon*, 19 (3) : 355-363.

SCLAYN : DATATION PAR ^{14}C DU MOUSTERIEN FINAL

E. GILOT

Lors des fouilles de 1982 à la grotte Scladina à Sclayn, les cailloutis agglomérés de la couche IA ont livré des restes fauniques en association stratigraphique avec l'industrie attribuée au Moustérien final (Otte *et al.*, 1983). Ces esquilles osseuses ont fait l'objet d'une datation ^{14}C au Laboratoire de Carbone 14 de l'Université Catholique de Louvain à Louvain-la-Neuve. L'analyse a été réalisée sur le collagène libéré par dissolution de la matrice minérale des os dans l'acide chlorhydrique dilué.

Au terme d'une première série de mesures effectuées dans les conditions habituelles (2 fois 22 heures de mesure), l'échantillon n'a laissé apparaître aucune radioactivité ^{14}C statistiquement significative au seuil de 5%. On ne pouvait donc que lui assigner un âge minimum.

Lv- 1377 plus ancien que 36.200 BP

Par la suite, compte tenu de l'intérêt archéologique de l'échantillon, des mesures exceptionnelles de longue durée ont été effectuées afin d'abaisser le seuil d'imprécision et de mettre ainsi en évidence le cas échéant un éventuel taux très faible de radioactivité. Six séries de mesures, d'une durée totale de 298 heures, ont été réalisées, en alternance avec des mesures équivalentes du bruit de fond. On a pu ainsi déterminer que cet échantillon de collagène présente un taux de radioactivité ^{14}C résiduelle de $0,82 \pm 0,15 \%$, et dès lors en calculer l'âge.

Lv- 1377 bis 38.560 ± 1500 BP

A ce niveau d'ancienneté, le caractère exponentiel de la décroissance radioactive a pour conséquence une dissymétrie non-négligeable de l'imprécision, dont ne rend pas compte l'expression classique ci-dessus. L'écart-type se comprime du côté des époques plus récentes (1350 ans pour un écart-type, 2500 ans pour deux écarts-types) alors qu'il s'élargit au contraire vers les temps plus reculés (1620 et 3660 ans respectivement). Ainsi, avec un âge moyen de 38.560 ± 1500 BP, l'échantillon analysé est à situer chronologiquement entre 36.000 BP et 42.200 BP, et plus probablement entre 37.200 BP et 40.200 BP.

On notera encore *in fine* que tous les âges BP sont trop courts d'environ 3% à cause de l'utilisation conventionnelle en datation ^{14}C de la période de Libby reconnue inexacte. En termes d'âge absolu, et notamment pour des comparaisons avec des âges déterminés par d'autres méthodes, les âges ci-avant doivent tous être augmentés d'environ 1200 ans.

BIBLIOGRAPHIE

OTTE, M., LEOTARD, J.-M., SCHNEIDER, A.-M., GAUTIER, A., 1983. Fouilles aux grottes de Sclayn (Namur). *Helinium*, 23, pp. 112-142.

THERMOLUMINESCENCE DATING OF BURNED FLINT AND STALAGMITIC CALCITE FROM GROTTES DE SCLAYN (NAMUR)

J. HUXTABLE and M. J. AITKEN*

Thermoluminescence (TL) is the emission of light when a mineral is heated. This light is additional to the ordinary red-hot glow; usually it occurs at a lower temperature. TL represents the release of energy that has been stored in the crystal lattice of the mineral. The stored energy is in the form of trapped electrons which have been excited by exposure to a weak flux of nuclear radiation. The radiation comes from the naturally occurring radioelements (potassium 40, thorium and uranium) present in samples and soil.

The basic tenet of TL dating is that at the time of the event being dated the latent TL of the sample was reset to zero by some method: then during the burial period the TL re-accumulates so that the intensity measurable today is related to the age. The erasure of geologically acquired TL at the time of the archaeological event is by heating in the case of burnt flint; a temperature of around 400°C is necessary. For stalagmitic calcite it is the actual formation of the calcite crystal which is the event being dated.

The basic age equation is

$$\text{Age} = \frac{\text{Archaeological dose}}{\text{Annual radiation dose}}$$

The Archaeological dose (A.D.) is evaluated from laboratory measurements of the TL accrued over the burial period (NTL) and the sensitivity of the sample.

$$\text{A.D.} = \frac{\text{NTL}}{\text{TL per unit dose of radiation}}$$

The annual radiation dose is determined by laboratory and on-site measurements. It is made up of two parts; the internal dose taken from the sample and the external one from the surrounding burial soil (up to a distance of 0.3 metre from the sample). For flint and calcite this latter component may be as much as 80% of the total annual dose and so the reliability of the age depends on an accurate evaluation of it.

The annual dose is influenced by the water content of sample and soil during burial. An upper limit to the effect is obtained by measuring the saturation water content, and the as-dug content can also be measured. Uncertainty about water content over the burial period is one of the chief factors limiting the accuracy attainable.

*Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, 6 Keble Road, Oxford OX1 3QJ, UK.

Measurements (Site TL ref. n° 230)

FLINT

Only 2 flints suitable for TL dating were found on the site; these were from the cave in levels 1A (archaeological ref. n° SC. 82.113.D15, TL ref. n° a1) and 5B (archaeological ref. n° SC. 82.370.G13, TL ref. n° a2). Several burnt rocks were found but these were not suitable because their TL signals were in saturation. It is sometimes possible to use burnt stones other than flint for TL dating but on older sites this is often limited because of their higher radioactivity. This means they return to TL saturation much faster than flint. The flints were dated by the method previously described in Huxtable and Jacobi 1982.

Although measurements were made on the site using a portable gamma spectrometer and many calcium fluoride dosimeters were measured from the site after being in place for a year, the soils were also analysed in the laboratory using a high resolution gamma spectrometer (see for example Murray 1981). This was because radon emanation from some of the soils had suggested that disequilibrium effects might be present. The germanium gamma measurements do show indications of disequilibrium (see Table 1); this suggests the occurrence of geochemical leaching. The environmental doses used to evaluate the TL ages have been calculated using these analyses, on the assumption that the geochemical conditions which exist in the cave today have been the same throughout the burial period. If this assumption is not correct then the ages obtained by TL (or by ESR) may be systematically in error.

Only one dosimeter was put into layer 1A but four were inserted into layer 5B: they recorded variations of $\pm 30\%$ within this layer. However if one calculates the ages using any other of the laboratory techniques used for dose rate evaluation (ie portable gamma spectrometer, calcium fluoride dosimeter, or thick source alpha counting modified to take account of radon emanation by the use of a gas cell) all the ages lie within one standard deviation of the quoted TL age. The annual internal dose was measured using thick source alpha counting and potassium analysis in the usual way. The annual cosmic dose (7 mrad) was from portable gamma spectrometer measurements.

The TL age of level 1A was found to be 44,000 years B.P. ($\pm 5,500$; ref. n° OxTL 230a1). The total annual dose was 140 mrad, 63% of this being due to the environment. This TL age is considered to be in good agreement with a C14 age of 38,600 years B.P. ($\pm 1,500$ ref. n° Lv 1377) for a bone fragment from this level. The TL age of level 5B was determined as 130,000 years B.P. ($\pm 20,000$; ref. n° OxTL 230a2). The total annual dose was 102 mrad, 83% of this being due to the environment.

Soil moisture content was assumed to be (0.75 ± 0.25) of saturation throughout the burial period, and the error limits quoted represent the total error at the 68% level of confidence.

This TL age is supported by a TL measurement done on the sediment from layer V section 10/11 above the flint layer by Dr N. C. Debenham when working in this laboratory. He obtained an apparent age of 80,000 years B.P. but because of the presumed fading effect in loess (Debenham 1985) he concluded that layer V was "older than 100,000 years".

CALCITE

The application of TL dating to calcite has been fully described in Debenham and Aitken 1984. Two samples of calcite were dated (laboratory reference C(i) and C(ii)). They came from a small block of calcite in square G16 at the top of level 4. Calcium fluoride dosimeters were inserted into holes drilled into the calcite block. The block was left in situ for a year and then removed. The TL samples used for dating were from the calcite immediately surrounding the dosimeters.

The archaeological doses of C(i) and C(ii) were 14.8 and 15.4 krad and their ages were 99,000 and 104,000 years B.P. Half the annual dose was from the calcite and the rest was from the environment.

The average TL age of this level is 100,000 years B.P. ($\pm 15,000$; ref. n° Ox TL 230c).

ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks are due to Dr R. Davie for the germanium gamma spectrometer analyses.

REFERENCES

- DEBENHAM, N.C., 1985. Use of UV emission in TL dating of sediments. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 10, pp. 717-724.
- DEBENHAM, N.C. and AITKEN, M.J., 1984. Thermoluminescence dating of stalagmitic calcite. *Archaeometry*, 26, pp.155-170.
- HUXTABLE, J. and JACOBI, R.M., 1982. Thermoluminescence dating of burned flints from a British Mesolithic site : Longmoor Inclosure, East Hampshire. *Archaeometry*, 24, pp.164-169.
- MURRAY, A.S., 1981. *Environmental radioactivity studies relevant to thermoluminescence dating*. Unpublished D. Phil. thesis, Oxford University.

Isotope used to determine the activity	Soil 1A	Soil VB	Soil V
U-235, U-234	47.2 (3.5)	45.2 (3.2)	46.1 (3.1)
Th-230	21.7 (23.8)	31.4 (22.3)	25.8 (21.3)
Ra-226, Pb-214 Bi-214	46.4 (1.2)	33.6 (1.0)	38.8 (1.0)
Pb-210	38.9 (3.5)	34.1 (3.2)	43.4 (3.2)
Average Activity for U chain	45.7 (1.1)	34.6 (0.9)	39.8 (0.9)
Ac-228	42.6 (3.1)	21.5 (2.7)	52.8 (3.0)
Ra-224, Pb-212 Bi-214, Tl-208	40.0 (1.2)	20.0 (0.8)	50.8 (1.2)
Average Activity for Th chain	40.4 (1.1)	20.1 (0.8)	51.1 (1.1)
K-40	365.9 (34.9)	198.7 (28.4)	481.3 (32.3)
Saturation water content (% of dry weight)	30	20	26

Table I : Gamma spectrometer activity measurements (Bq/kg) for soils used in the TL dating.

Note : The figures in parenthesis represent, in Bq/kg, the \pm error limits at the 68% level of confidence.

E.R.A.U.L.

(Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège)

Derniers parus

- N°21 D. CAHEN, J.-P. CASPAR, M. OTTE, Industries lithiques danubiennes de Belgique,
- N°22 M. OTTE et J. WILLEMS (édit.), La civilisation mérovingienne dans le bassin mosan, Liège, 1986, 300 p., fig. et pl. (B: 850 FB - E: 950 FB).
- N°23 M. OTTE (dir.), Les fouilles de la Place Saint Lambert à Liège, II, Le Vieux Marché. Liège, 1988, 254 p., 150 fig. (B: 850 FB - E: 950 FB).
- N°24 M. OTTE et J. KOZLOWSKI, (édit.), Le Paléolithique supérieur européen. Bilan quinquennal, U.I.S.P.P., Commission VIII, Liège, 1987 (B: 700 FB - E: 800 FB).
- N°25 M. OTTE, De la Loire à l'Oder, actes du colloque "Les civilisations du paléolithique final en Europe du nord-ouest", 1985, 2 vols. (B: 3.000 FB - E: 3.200 FB).
- N°26 Fr. VERHAEGHE et M. OTTE, L'archéologie des Temps Modernes, actes du colloque, Liège, 1985 (B: 950 FB - E: 1.050 FB).
- N°28 M. OTTE et H.P. SCHWARCZ - L'homme de Néandertal, Centenaire de la découverte de l'Homme de Spy, Actes du Colloque international, 1986, vol. 1, LA CHRONOLOGIE (B: 900 FB - E: 950 FB).
- N°29 M. OTTE et H. LAVILLE - L'Homme de Néandertal, 1988 vol. 2, L'ENVIRONNEMENT, 220 p., 45 ill. (B: 1.100 FB - E: 1.150 FB).
- N°30 M. OTTE et TRINKAUS E. - L'Homme de Néandertal, vol. 3, L'ANATOMIE, Liège, 1988, 140 p., 25 ill. (B: 900 FB - E: 950 FB).
- N°31 M. OTTE, L. BINFORD et J.-Ph. RIGAUD - L'Homme de Néandertal, 1988 vol. 4, LA TECHNIQUE, 140 p., 105 ill. (B: 1050 FB - E: 1100 FB).
- N°32 M. OTTE et BAR-YOSEF O. - L'Homme de Néandertal, 1988 vol. 5, LA PENSÉE, 120 p., 40 ill. (B: 900 FB - E: 950 FB).
- N°33 M. OTTE, M. PATOU et L.G. FREEMAN - L'Homme de Néandertal, 1989 vol. 6, LA SUBSISTANCE, 140 p., 50 ill. (B: 950 FB - E: 1.000 FB).
- N°34 M. OTTE et B. VANDERMEERSCH - L'Homme de Néandertal, 1989 vol. 7, L'EXTINCTION, 160 p., 40 ill. (B: 1.000 FB - E: 1.050 FB).
- N°35 M. OTTE et J. KOZLOWSKI - L'Homme de Néandertal, 1988 vol. 8, LA MUTATION, 190 p., 125 ill. (B: 1.150 FB - E: 1.200 FB).
- N°36 M. ULRIX-CLOSSET et M. OTTE (édit.), "La civilisation de Hallstatt", Actes du colloque international 22-24 novembre 1987 (B: 1.100 FB - E: 1.200 FB).
- N°38 J.-Ph. RIGAUD, "Le Magdalénien en Europe" - La structuration du magdalénien, Actes du Colloque de Mayence 1987, (B: 1.850 FB - E: 1.950 FB).
- N°39 D. CAHEN et M. OTTE (édit.) - "Rubané et Cardial", Néolithique ancien en Europe moyenne, Actes du Colloque International, 11-12-13 décembre, Liège, 1988, 464 p., 200 ill. (B: 1.850 FB - E: 1.950 FB).
- N° 40 A. MONTET-WHITE, "The Epigravettian site of Grubgraben, lower Austria: the 1986 & 1987 excavations, 1990, 162 p., 86 ill. (B: 1.500 FB - E: 1600 FB).

- N° 42 J. KOZLOWSKI et M. OTTE (édit.), Feuilles de pierre, Les industries à pointes foliacées du paléolithique supérieur européen, Actes du Colloque de Cracovie, 1989 (B : 2.000 FB - E : 2.100 FB).
- N° 43 A. MONTET-WHITE - Les bassins du Rhin et du Danube au Paléolithique supérieur, environnement et habitat et systèmes d'échange, 1992 (B : 1.300 FB - E : 1.400 FB)
- N° 44 M. OTTE (dir.), Les fouilles de la Place Saint Lambert à Liège, III, La villa gallo-romaine, 1990, 147 p., 108 ill.. (B: 950 FB - E: 1050 FB).
- N° 49 J. CLOTTES - The limitation of archaeological knowledge, 1992 (B : 1.500 FB - E : 1.600 FB).
- N° 52 J. KOZLOWSKI et M. OTTE (édit.), Rapport Quinquennal 1991 de la Commission 8 de l'UISPP. (B : 1.000 FB - E : 1.100 FB).
- N° 54 J. SVOBODA : Dolni Vestonice II., Western Slope (B : 800 FB - E : 900 FB).
- N° 56 M. TOUSSAINT : 5 millions d'années l'aventure humaine. (B : 2000 FB - E : 2200 FB).

Sous presse

- N° 45 J. KOZLOWSKI - Atlas Néolithique, vol. 1, Europe orientale.
- N° 50 S. BEYRIES et al. - Le geste retrouvé, Colloque "Traces et Fonction"
- N° 51 P. CATTELAÏN et M. OTTE - La chasse dans la préhistoire
- N° 53 V. GABORI : Paléolithique moyen de Hongrie
- N° 55 B. SCHMIDER : Marsangy
- N° 57 M. OTTE dir. - Place Saint Lambert, volume 4

En cours

- N° 14 M. LEJEUNE - L'utilisation des accidents naturels dans l'art pariétal paléolithique.
- N° 37 J.-M. LEOTARD - Le Paléolithique final des grottes de Presles.
- N° 41 N. ROLAND - La variabilité du paléolithique moyen occidental, nouvelles perspectives.
- N° 46 J. GUILAÏNE - Atlas Néolithique, vol. 2, Europe occidentale.
- N° 47 M. OTTE - Atlas Néolithique, vol. 3, Europe centrale.
- N° 48 J. KOZLOWSKI, M. OTTE et J. GUILAÏNE - Atlas Néolithique, vol. 4, Synthèse

DIVERS :

- I. DERAMAÏX - La collection Siret à Bruxelles, Néolithique et Chalcolithique (B : 800 FB - E : 850 FB) (Musées Royaux d'Art et d'Histoire, Parc du Cinquantenaire 10, B-1040 Bruxelles (Belgique)).

Mémoires de Préhistoire Liégeoise

L'A.S.B.L. Préhistoire Liégeoise vous propose sa première édition des mémoires de fin d'étude en Préhistoire

Trop souvent les mémoires de licence (= maîtrises) restent lettres mortes, faute de motivation des auteurs soulagés du défi de l'épreuve. La matière scientifique est ainsi d'autant plus inaccessible qu'il serait mal compris qu'elle soit intégrée dans un travail des "patrons" ou reprise dans une tentative ultérieure par un condisciple... La publication synthétique à diffuser dans les revues scientifiques est une activité d'une autre nature que l'épreuve académique requise en fin d'étude. L'édition de ces monographies est donc conçue sous une forme originale : la reproduction à l'identique du texte d'origine accomodée de la simple amélioration de présentation. Elle n'exclut nullement d'autres travaux réalisés par ailleurs sur le même thème; elle constitue ainsi un "sauvetage scientifique" provisoire et de sécurité, stimulant les jeunes chercheurs en valorisant leur travail et en gage de reconnaissance aux différentes formes d'aides accordées : réserves de musées, collections particuliers, conseils et appuis...

Une première fournée vous est ici présentée, d'autres titres suivront sans doute, selon le succès de l'opération. Merci pour eux !

Marcel OTTE.

N° 1 MOUREAU Odette : Armes et outils perforés en pierre découverts en Belgique. (1974) (B : 750 FB - E : 850 FB)

N° 2 KOCH Brigitte : Matériel lithique de Rhode-St-Genèse (La collection Cumont du musée Curtius à Liège), 1981 (B : 600 FB - E : 700 FB)

N° 4 MARCHAL Jean-Philippe : L'âge du bronze et le 1er âge du fer en Hesbaye, 1984 (B : 600 FB - E 700 FB)

N° 5 GRZEKOWIAK Annie - Etude du matériel protohistorique de Presles, 1984 (B : 650 FB - E : 750 FB)

N° 6 RUSINOWSKI FABIENNE : Etude de la représentation du mouvement dans les figures animales peintes et gravées de la grotte de Lascaux, 1984 (B : 750 FB - E : 850 FB)

N° 7 JADIN Ivan : Néolithique ancien d'Europe et datations carbone 14. Approche informatique, 1984 (B : 600 FB - E : 700 FB)

N° 8 WEYLAND Françoise : Aspect de la préhistoire dans le bassin de la Sambre, 1984 (B : 600 FB - E : 700 FB)

N° 10 COLLIN Fernand : Analyse fonctionnelle de quelques outils en silex provenant des sites de Mesvin IC, du Gué du Plantin, de Rekem (RE-6), 1986 (B : 550 FB - E : 650 FB)

N° 11 HENRY Laurence : Etude typologique de la céramique fine et décorée de l'âge du bronze final à Han-sur-Lesse, 1986 (B : 500 FB - E : 600 FB)

N° 12 LOCHT Jean-Luc : Etude technologique et typologique du site paléolithique moyen du Rissori à Masnuy-St-Jean (Hainaut), 1986 (B : 550 FB - E : 650 FB)

N° 13 BONJEAN Dominique : Etude technologique de l'industrie lithique de la sablière Kinart à Omal (Paléolithique moyen), 1987 (B : 850 FB - E : 950 FB)

N° 14 LANSIVAL Renée : Les "Vénus" du Paléolithique supérieur, 1987 (B : 750 FB - E : 850 FB)

N° 15 TILMAN Françoise : Etude de l'occupation La Tène III au Trou de Han à Han-sur-Lesse, 1987 (B : 650 FB - E : 750 FB)

N° 16 VERLAINE Joëlle : Les statuettes zoomorphes aurignaciennes et gravettiennes d'Europe centrale et orientale, 1987 (B : 650 FB - E : 750 FB)

N° 17 BODSON Carine : L'image des dieux celtes. Etude de trois thèmes animaliers, 1988 (B : 800 FB - E : 900 FB).

N° 18 DERAMAIX Isabelle : Etude du matériel lithique du site rubané de Blicquy-Ormeignies "La petite rosière", 1988 (B : 550 FB - E : 650 FB)

N° 19 KRUPA Alain-Gérard : Recherches sur des matières premières lithiques au Paléolithique moyen en Belgique, 1988 (B : 900 FB - E : 1.000 FB)

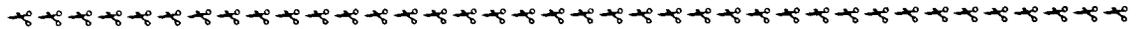
N° 20 SCHUTZ Jean-LUC : La définition des groupements archéologiques et ethniques germaniques à travers l'archéologie, 1988 (B : 800 FB - E : 900 FB)

N° 21 STREEL Bernadette : Implantation des grottes occupées au paléolithique supérieur, 1988 (B : 650 FB - E : 750 FB)

N° 22 CHARLIER Jean-Luc : Peuplement de l'Amérique et origine des Amérindiens. De l'art des chasseurs du paléolithique supérieur européen à l'art des Indiens d'Amérique du nord : un essai de comparaison ethnologique générale, 1989 (B : 900 FB - E : 1.000 FB)

N° 23 LAMBOTTE Bernard : Le cinéma au service de l'archéologie, 1989 (B : 550 FB - E : 650 FB)

N° 25 NOIRET Pierre : Le décor des bâtons percés paléolithiques, 1989 (B : 1.100 FB - E : 1.200 FB)



BULLETIN DE COMMANDE (UNIVERSITE DE LIEGE, MARCEL OTTE, SERVICE DE PREHISTOIRE, PLACE DU XX AOUT 7, BAT A1, 4000 LIEGE.

NOM

.....
PRENOM

.....
ADRESSE

.....
COMMANDE LES NUMEROS

.....
PRIX TOTAL

.....
DATE ET SIGNATURE

.....

Imprimerie DEROUAUX-ORDINA Editions
10, place Saint-Jacques – 4000 Liège
Tél. (041) 23 12 53 – Fax (041) 23 53 30