

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 arborés (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.

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 "Préwürm" 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.

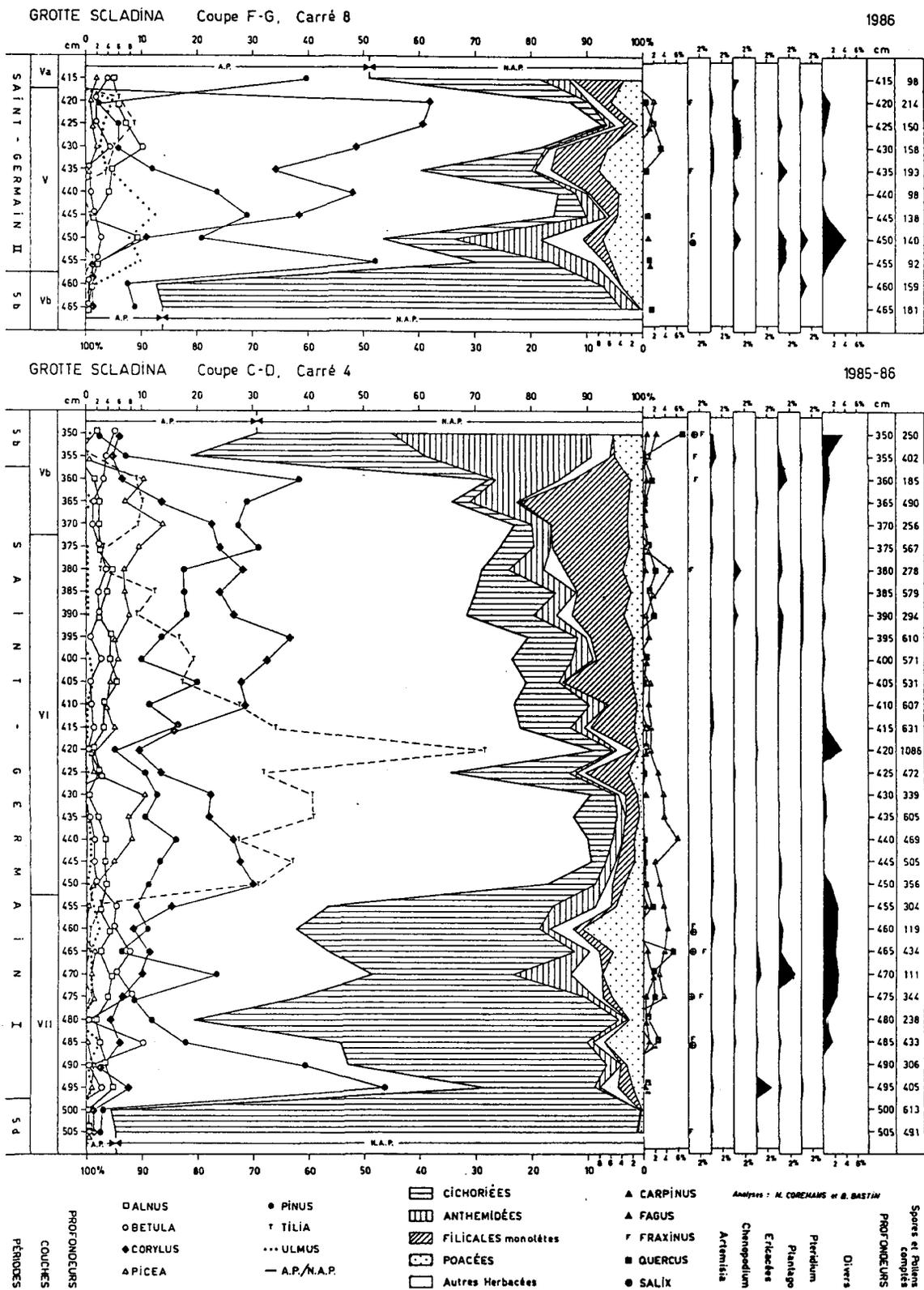


Figure 2 : Diagramme pollinique des Coupes C-D, Carré 4 et F-G, Carré 8.

- De 375 à 360 cm: la régression du pourcentage des pollens arboréens (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 arboréens 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.

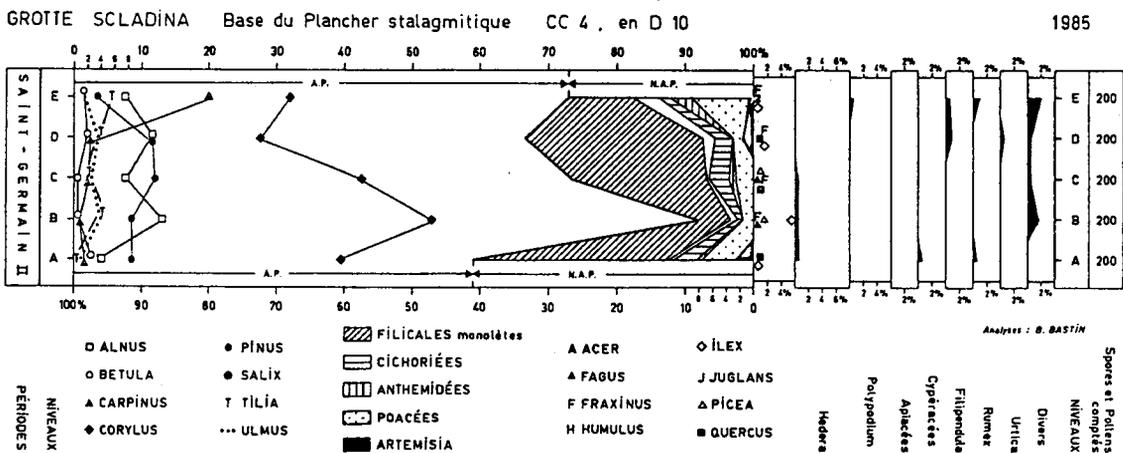
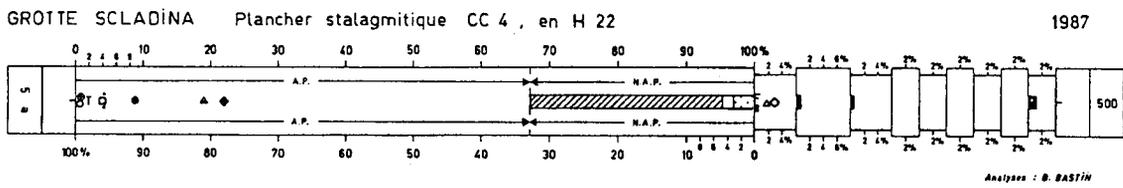
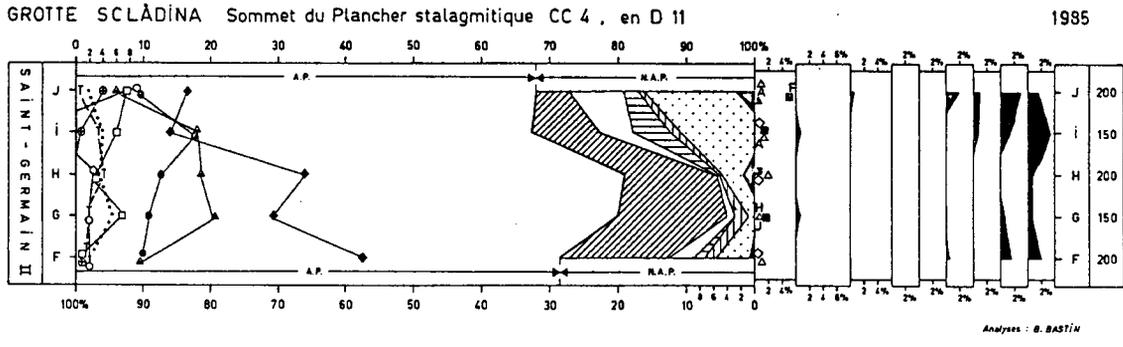
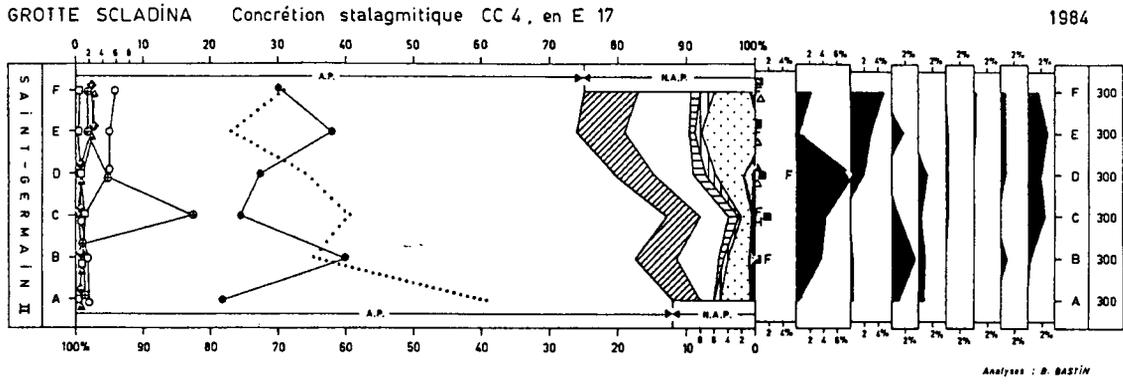
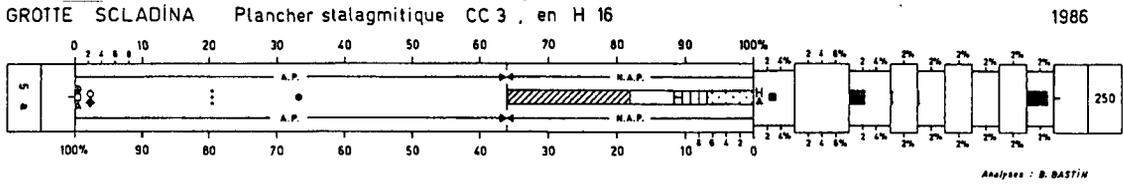


Figure 3 : Diagramme pollinique des Planchers stalagmitiques CC3 et CC4.

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.

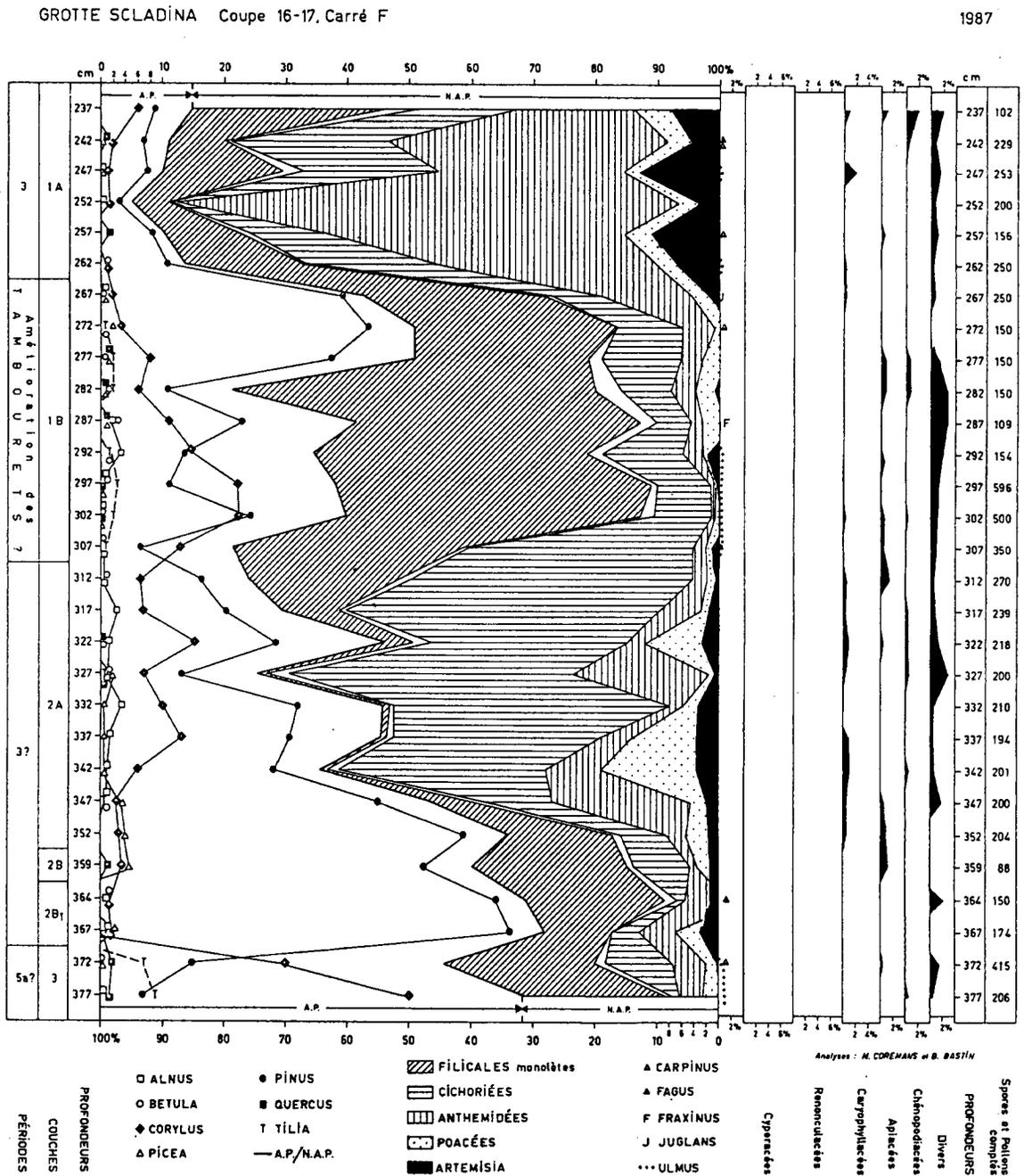
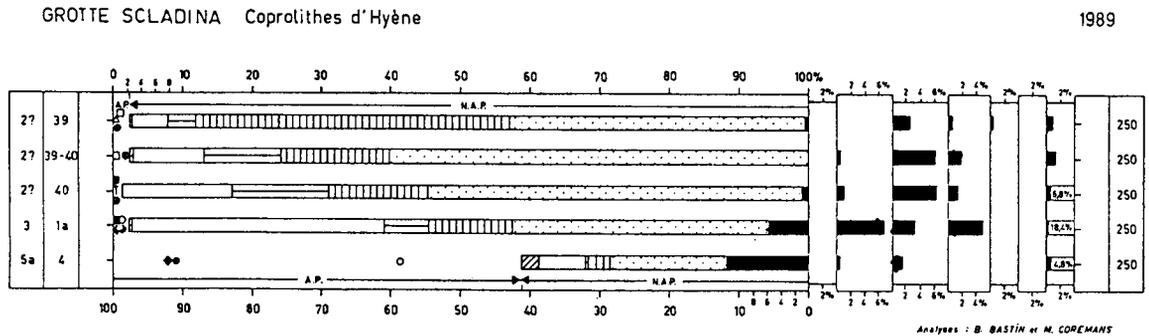


Figure 4 : Diagramme pollinique de la Coupe 16-17, Carré F et des Coprolithes d'Hyène.

- 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 *Anthémidiées* (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.

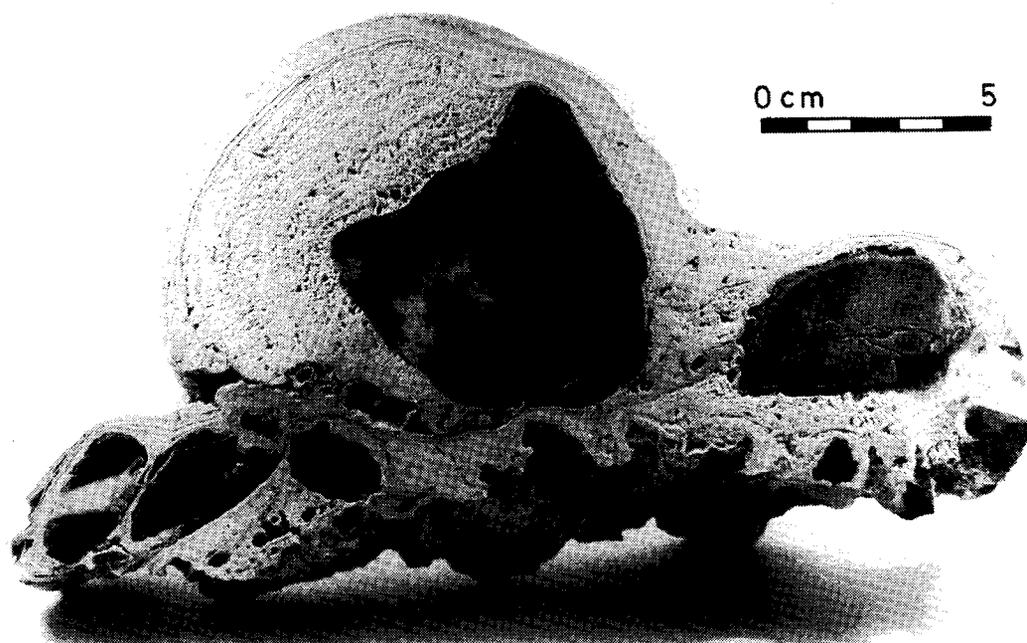


Figure 5 : Gélifracsts au sein de la Concrétion stalagmitique CC1/A-B, d'âge Atlantique.

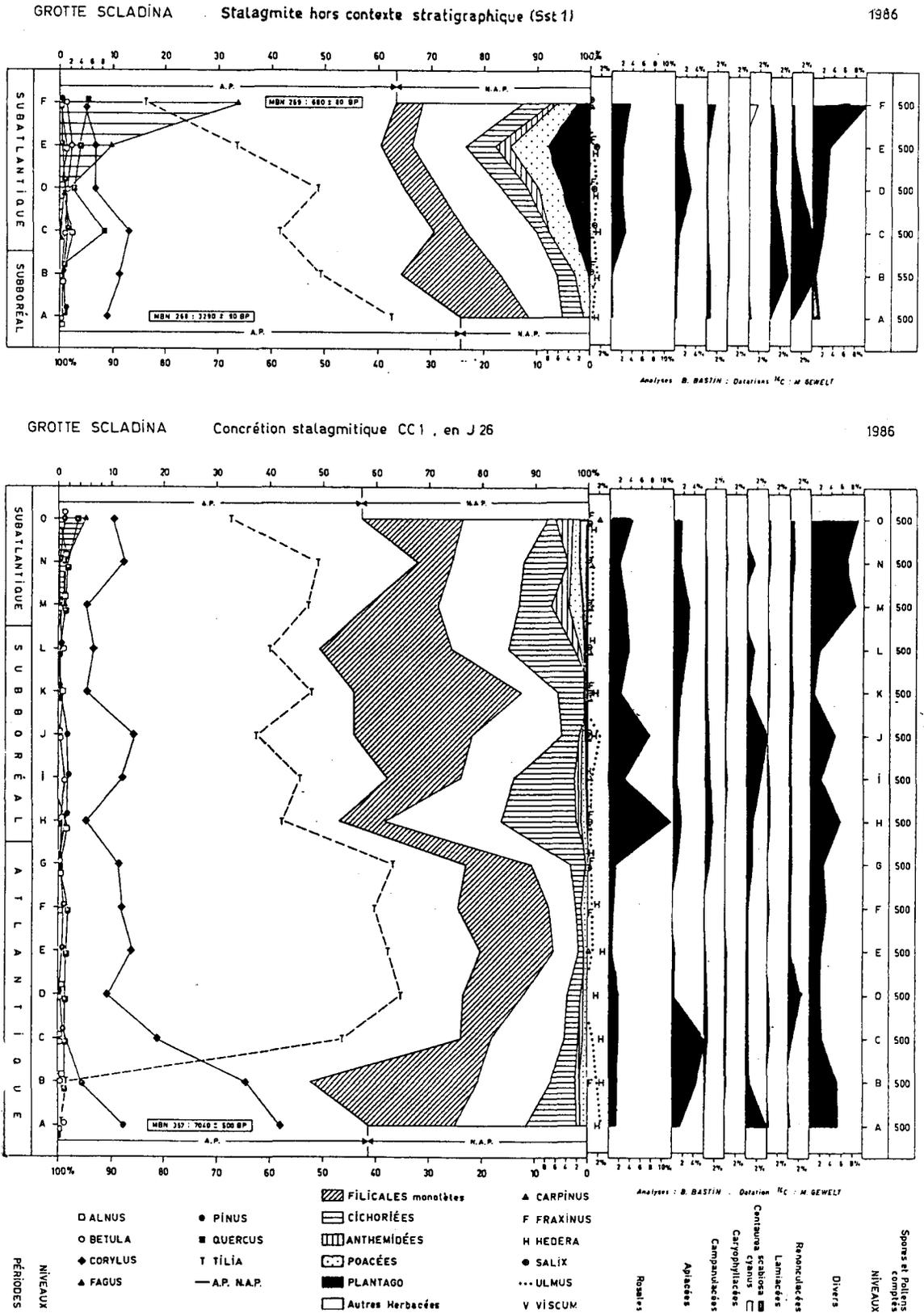


Figure 6 : Diagramme pollinique de la Stalagmite Sst 1 et de la Concrétion stalagmitique CC1.

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.