

## L'ANALYSE POLLINIQUE DES STALAGMITES : UNE NOUVELLE POSSIBILITE D'APPROCHE DES FLUCTUATIONS CLIMATIQUES DU QUATERNAIRE<sup>1</sup>

par

Bruno BASTIN<sup>2</sup>

(1 figure)

**RESUME.**- L'application aux stalagmites des plus récentes techniques d'extraction des pollens des sédiments minéraux permet d'obtenir des diagrammes polliniques basés sur un nombre suffisant de grains de pollen.

Le transport des pollens au sein des roches calcaires fissurées, par les eaux d'infiltration alimentant les stalagmites, met en place des assemblages polliniques reflétant l'évolution locale du peuplement végétal.

La croissance des stalagmites n'est pas limitée aux seules périodes interglaciaires : des six stalagmites étudiées dans ce travail, trois se sont formées durant l'Holocène, deux se sont formées durant une phase interstadiaire, la dernière s'étant formée durant une phase pléni-glaciaire.

**ABSTRACT.**- The application of the most recent techniques of pollen extraction allows a sufficient number of pollen grains to be obtained from stalagmites and to construct pollen diagrams based on a significant number of grains.

The transport of pollen through fissured calcareous rocks, by infiltrating water, produces pollen assemblies which reflect the development of the local vegetation.

The growth of the stalagmites is not restricted to interglacials : among the six stalagmites studied, three were formed during the Holocene, two during an interstadial, and one during a pleni-glacial phase.

### INTRODUCTION

Depuis une douzaine d'années, les méthodes d'extraction des spores et pollens des sédiments minéraux ont été améliorées de façon importante par l'emploi de la solution de Thoulet préconisée par B. FRENZEL (1964) en remplacement du Bromoforme ou du Chlorure de Zinc, classiquement employés jusqu'alors dans les processus de flottation mis en oeuvre pour la concentration des pollens. Des améliorations successives aboutirent en quelques années à la mise au point d'une méthode de routine permettant de préparer huit échantillons par jour, alors que la méthode initiale de Frenzel demandait deux jours et demi pour préparer quatre échantillons (B. BASTIN et M. COUTEAUX, 1966; M. GIRARD et J. RENAULT-MISKOVSKY, 1969; B. BASTIN, 1971; E. JUVIGNE, 1973). L'efficacité de ces nouvelles techniques de préparation rendit alors possible l'étude systématique de sédiments réputés peu propices à l'analyse pollinique, tels que les loess (B. BASTIN, 1971), les travertins (M.A. GEURTS, 1976), les sédiments de remplissage des entrées de grottes et abris-sous-roche préhisto-

riques (J. RENAULT-MISKOVSKY, 1972; Ar. LEROI-GOURHAN et J. RENAULT-MISKOVSKY, 1977).

A l'intérieur des grottes, cependant, l'analyse pollinique n'a que rarement été appliquée à des sédiments directement liés à l'évolution du réseau karstique (F. DAMBLON, 1974; G.M. PETERSON, 1976) ou à des planchers stalagmitiques (Ar. LEROI-GOURHAN, 1967; F. DAMBLON, 1974; B. BASTIN, 1976). Quant aux stalagmites, elles n'ont jusqu'à présent jamais fait l'objet d'analyses polliniques, du moins à notre connaissance.

Pour combler cette lacune, nous avons entrepris depuis un an dans plusieurs grottes belges l'étude palynologique des sédiments de remplissage, auxquels ont par ailleurs été appliquées les méthodes de la lithostratigraphie, de la sédimentologie, de la géochimie et de la thermoluminescence (B. BASTIN, C. DUPUIS, Y. QUINIF, 1977). Ces recherches étant actuellement en cours,

<sup>1</sup> Communication présentée et manuscrit déposé le 10 janvier 1978.

<sup>2</sup> Université de Louvain, Laboratoire de Palynologie et de Phytosociologie, 4, place Croix du Sud, B-1348 Louvain-la-Neuve.

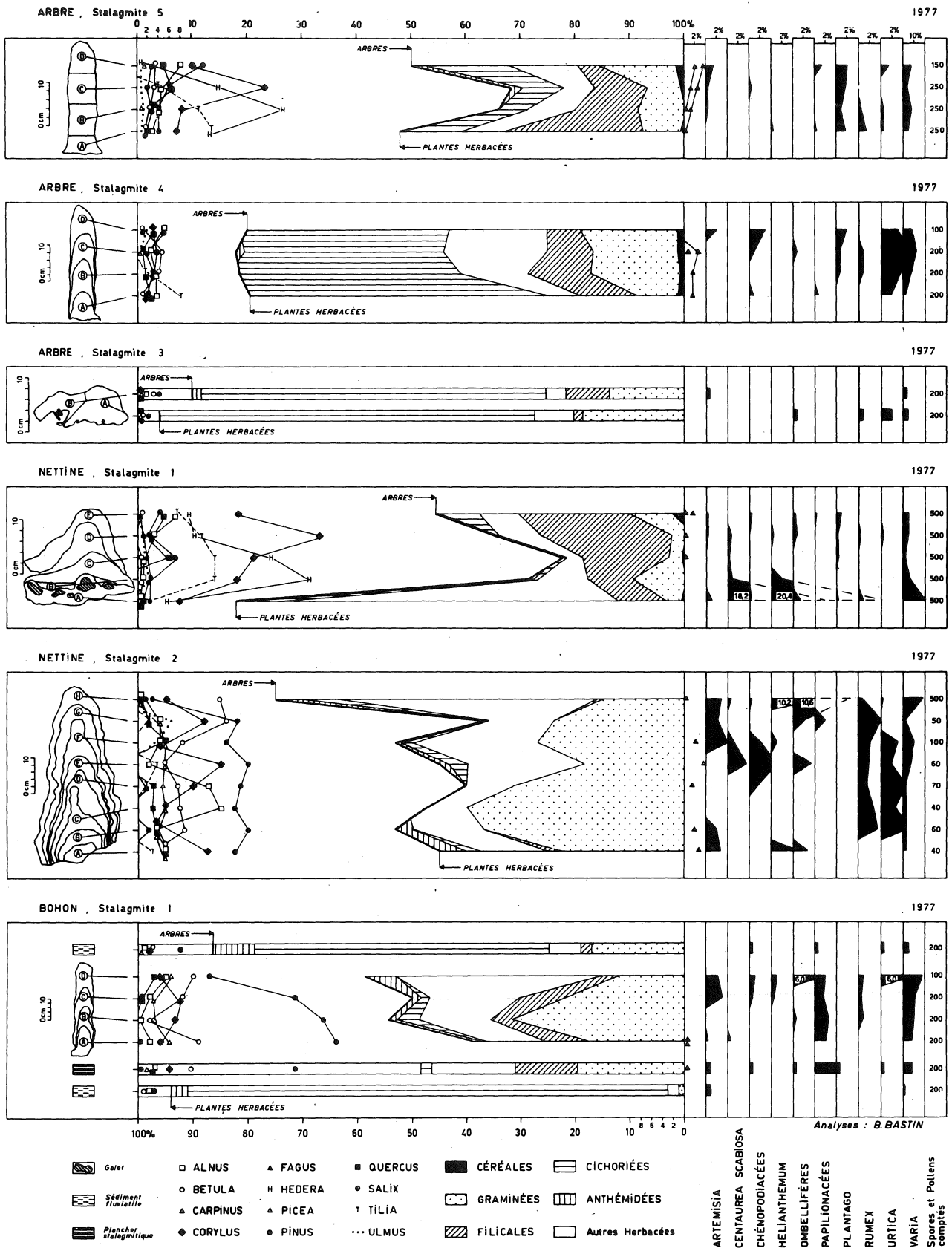


Figure 1.- Diagrammes polliniques obtenus dans six stalagmites prélevées dans trois grottes belges.

seuls seront présentés ici les résultats de l'analyse pollinique des stalagmites, ces dernières constituant un nouveau matériau se prêtant à l'obtention de diagrammes polliniques, ainsi que nous allons le montrer.

## II.- PREPARATION DES ECHANTILLONS

Après nettoyage à l'eau courante et à l'acide chlorhydrique dilué, les stalagmites ont été sciées dans le sens de la hauteur, afin de déterminer l'allure des couches de calcite et les discontinuités les plus apparentes, qui nous ont guidé pour la délimitation des échantillons. Après plusieurs essais, nous avons fixé à 200 gr la quantité de calcite prélevée au sein de chaque ensemble de couches distingué lors du sciage vertical. L'extraction des spores et pollens, directement inspirée des méthodes précédemment évoquées (B. BASTIN, 1971; E. JUVIGNE, 1973), comporte les opérations suivantes :

1. Dissoudre progressivement 200 gr de calcite par HCl concentré à froid, en maîtrisant l'effervescence de la réaction par adjonction d'alcool; centrifuger (1) et décanner. Si la calcite est très pure et fournit peu de résidu solide, ajouter 10-15 gr de sable calciné avant la première centrifugation, de façon à constituer un culot ne risquant pas d'être emporté lors de la décantation.
2. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner.
3. Ajouter 10-15 gouttes de HI 10 0/o, homogénéiser en ajoutant de l'eau distillée, centrifuger et décanner (2).
4. Diluer le culot dans environ 75 cc de solution de Thoulet (3), transvaser dans un mixer de type Waring Commercial Blendor MC-3, homogénéiser au mixer pendant 10", retransvaser dans le tube de centrifugation.
5. Centrifuger pendant 20' et décanner le liquide surnageant sur un filtre Schleicher et Schüll n° 604.
6. Répéter les opérations 4. et 5., puis rincer les parois et le couvercle du mixer à l'aide de 50 cc de solution de Thoulet, centrifuger et filtrer.
7. Introduire le filtre dans un godet de nickel, faire bouillir dans HF 40 0/o pendant 5', laisser refroidir pendant 30', centrifuger et décanner.
8. Traiter par HCl 10 0/o à froid, centrifuger et décanner.
9. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner.

10. Déshydrater pendant 10' dans l'acide acétique glacial, centrifuger et décanner.
11. Faire chauffer au bain-marie jusqu'à 100°C dans le mélange acétolytique (9 parties d'anhydride acétique + 1 partie d'acide sulfurique concentré), laisser refroidir pendant 30', centrifuger et décanner.
12. Laver à l'acide acétique glacial, centrifuger et décanner.
13. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner.
14. Diluer le culot de centrifugation final dans le milieu de montage des lames microscopiques.

Avec deux centrifugeuses d'une capacité de 4 x 100 cc, l'ensemble des opérations 2. à 14. nécessite environ six heures de travail, pour huit échantillons. La dissolution de la calcite et l'élimination de HCl par centrifugation nécessitent environ deux heures de manipulations, étalées sur une période de deux jours. Par la méthode exposée ci-dessus, il est donc possible de préparer huit échantillons de stalagmite (ou de plancher stalagmitique) en huit heures de manipulations techniques.

Le rendement s'est avéré satisfaisant, puisque dans 21 des 27 échantillons traités, nous avons pu obtenir des spectres polliniques basés sur la détermination de 100 à 500 pollens et spores. Dans les 6 échantillons restants, nous avons obtenu en moyenne 50 pollens et spores.

## III.- DESCRIPTION DES STALAGMITES ET COMMENTAIRE DES DIAGRAMMES POLLINIQUES (Figure 1)

### 1. ARBRE, STALAGMITE 5

Haute de 25 cm, large de 6,5 cm en son milieu, cette stalagmite jonchait le sol d'un passage étroit dans la zone d'éboulis de la Grotte de l'Obstination, à une

- (1) *Sauf indication contraire, les centrifugations se font à 4000 tours/minute pendant 5', dans des tubes de 100 cc pour les opérations 1. à 6., de 50 cc pour les opérations 7. à 11., et de 15 cc pour les opérations 12. et 13.*
- (2) *Cette opération est supprimée lorsqu'on utilise de la solution de Thoulet récupérée, saturée en ions iode.*
- (3) *Un litre de solution de Thoulet de poids spécifique 2 est obtenu en diluant dans 604 cc d'eau distillée un mélange de 664 gr de KI et 732 gr de CdI<sub>2</sub>. La solution de Thoulet peut être récupérée et ré-employée, après passage sur filtre Schleicher et Schüll n° 589<sub>5</sub> et ré-ajustage à poids spécifique 2 par ébullition.*

distance horizontale d'environ 50 m à partir de l'entrée (1). Le sciage vertical n'ayant pas fait apparaître de discontinuités marquantes, les quatre échantillons ont été obtenus en sciant une moitié de cette stalagmite en quatre parties de poids sensiblement égal.

Les principales caractéristiques du diagramme pollinique sont les suivantes :

- une dominance constante des arbres (58 ‰ en moyenne) sur les plantes herbacées (42 ‰ en moyenne),
- l'extension successive de *Hedera* puis de *Corylus* parmi les arbres,
- la régression progressive de *Tilia*, allant de pair avec une extension progressive de *Fagus*, de *Carpinus*, et des *Céréales*, ce qui nous amène à dater la croissance de cette stalagmite du Subatlantique, voire même plus précisément des premiers siècles de notre ère.

Si notre interprétation est correcte, les spectres polliniques enregistrés dans les stalagmites au début de notre ère seraient caractérisés à la fois par des traits classiquement mis en évidence par l'étude palynologique des tourbières ou des sols sableux (régression de *Tilia*, extension successive de *Fagus* et de *Carpinus*) et par des traits propres aux régions calcaires (extension successive de *Hedera* et de *Corylus*).

## 2. ARBRE, STALAGMITE 4

Haute de 32 cm, large de 7 cm en son milieu, cette stalagmite prenait naissance dans le limon constituant le sol de la galerie principale de la Grotte de l'Obstination, à une distance horizontale d'environ 600 m à partir de l'entrée. Le sciage vertical ayant fait apparaître trois discontinuités principales, un échantillon a été prélevé au coeur de chacune des quatre zones ainsi délimitées.

Très homogènes, les quatre spectres polliniques présentent les caractéristiques suivantes :

- une dominance constante des plantes herbacées (66,5 ‰ en moyenne) sur les arbres (33,5 ‰ en moyenne),
- la présence de *Fagus* (1,5 ‰ en moyenne) dans les trois échantillons inférieurs,
- la dominance des *Cichoriées* (42 ‰ en moyenne) et la présence constante des *Céréales* (1 ‰ en moyenne) parmi les plantes herbacées.

De la base au sommet, on assiste en outre à la régression puis à la disparition de *Tilia*, qui domine parmi

les arbres avec 8 ‰ en A, régresse à 1,5 ‰ en B et disparaît en C. Ce fait, joint à la présence régulière de *Fagus* et à la présence constante de *Céréales* nous amène à dater cette stalagmite du Subatlantique, en lui accordant un âge un peu plus récent que la stalagmite 5.

Souignons qu'à l'endroit du prélèvement de la stalagmite 4, la galerie principale de la Grotte de l'Obstination se développe sous une zone de prairies et de cultures déjà mentionnée sur la Carte de FERRARIS (1770-1778), cependant que le passage étroit ayant livré la stalagmite 5 se développe sous un versant boisé. Si notre interprétation du diagramme pollinique est correcte cela indiquerait que lors de la croissance d'une stalagmite, les pollens entraînés dans les fissures du calcaire surincombant, par l'eau d'infiltration alimentant cette stalagmite, constitueraient un assemblage pollinique à caractère local plutôt que régional.

## 3. ARBRE, STALAGMITE 3

Haute de 7 cm et large de 19 cm, cette stalagmite a été trouvée enfouie sous plus de 3,50 m de sédiments, lors du dégagement d'une coupe dans la galerie principale de la Grotte de l'Obstination, à quelques mètres de l'endroit où croissait la stalagmite 4. Sur une partie de sa hauteur, cette stalagmite enrobait des fragments brisés de stalactites fistuleuses; deux échantillons ont été prélevés sur une tranche de cette stalagmite, de part et d'autre d'une ligne oblique de discontinuité.

Très proches l'un de l'autre, les deux spectres polliniques présentent les caractéristiques communes suivantes :

- la très forte dominance des plantes herbacées (93 ‰ en moyenne) sur les arbres (7 ‰ en moyenne),
- la dominance des *Cichoriées* (66 ‰) sur les *Graminées* (16 ‰) et les *Filicales* (5 ‰) parmi les plantes herbacées,
- la dominance de *Pinus* (3 ‰) et *Betula* (2 ‰) parmi les arbres, ainsi que la présence de *Picea* (0,5 ‰).

Ces caractéristiques nous amènent à attribuer un âge Pléni-Weichsel à cette stalagmite, dont les spectres polliniques sont par ailleurs très proches des spectres fournis par les sédiments fluviaux sus-jacents, caractérisés en outre par la présence régulière de *Selaginella selaginoides* (jusqu'à 3,5 ‰).

(1) Nous remercions vivement la Société Spéléologique de Namur de nous avoir permis d'accéder à cette grotte pour y mener nos recherches, et de l'aide que plusieurs de ses membres nous ont apportée au cours des nombreuses séances de travail que nous lui avons consacrées, en collaboration avec C. DUPUIS et Y. QUINIF.

## 4. NETTINE, STALAGMITE 1

Haute de 18 cm, large de 17 cm en son milieu, cette stalagmite a été trouvée brisée dans le Trou de la Louve, à environ 30 m de l'entrée. Le sciage vertical a fait apparaître quatre discontinuités principales, la plus importante d'entre elles séparant les quatre couches supérieures à calcite pure de la couche basale caractérisée par la présence de galets au sein de la calcite. Tenant compte de ces discontinuités, un échantillon a été prélevé sur une tranche centrale de cette stalagmite, au sein de chacune des cinq couches mises en évidence par le sciage vertical.

L'échantillon A, prélevé dans la couche basale, a fourni un spectre pollinique très différent des spectres sus-jacents, caractérisé par la très forte dominance des plantes herbacées (82 0/0), parmi lesquelles deux taxons calcicoles héliophiles atteignent de forts pourcentages : *Helianthemum* (20,5 0/0) et *Centaurea scabiosa* (18 0/0). Le caractère ouvert de la végétation est encore attesté par la diversité floristique du spectre pollinique, dans lequel 24 taxons herbacés ont été reconnus. La présence de *Hedera* (5 0/0) et de *Tilia* (1,5 0/0) parmi les arbres nous incite à accorder un âge Holocène à ce spectre.

Dans les échantillons B à E, les pollens arboréens présentent trois traits caractéristiques déjà mis en évidence dans la stalagmite 5 d'Arbre : la dominance successive de *Hedera* (19 0/0) puis de *Corylus* (22,5 0/0) et le rôle important de *Tilia* (11,5 0/0). Par contre, *Fagus* (1,5 0/0) n'apparaît que dans l'échantillon E, ce qui semblerait indiquer une succession Atlantique-Subboréal pour les échantillons B à E. Cette interprétation est corroborée par les datations  $^{14}\text{C}$  : Hv-8541, 4060  $\pm$  125 B.C. pour l'échantillon B; Hv-8542, 4625  $\pm$  130 B.C. pour l'échantillon C, et Hv-8540, 1680  $\pm$  100 B.C. pour l'échantillon E (1). Tenant compte de ces datations, on peut se demander si dans la stalagmite 5 d'Arbre, l'extension de *Hedera* n'est pas elle aussi Atlantique, ce qui remettrait en question l'âge Subatlantique que nous lui avons attribué.

## 5. NETTINE, STALAGMITE 2

Haute de 50 cm, large de 19 cm en son milieu, cette stalagmite a été trouvée brisée dans le Trou de la Louve, à environ 20 m de l'entrée. Le sciage vertical a fait apparaître sept discontinuités principales qui ont déterminé la prise de huit échantillons sur une tranche centrale de cette stalagmite.

Le rendement des échantillons A à G a été faible, ces échantillons ne fournissant en moyenne que 60 pollens et spores. Nous croyons dès lors prudent de ne

pas trop tenir compte des légères différences existant entre certains spectres polliniques, et de nous limiter à souligner les caractéristiques communes aux spectres A à G, à savoir :

- une légère dominance des arbres (53,5 0/0 en moyenne) sur les plantes herbacées (46,5 0/0 en moyenne),
- la dominance constante de *Pinus* (18 0/0) parmi les arbres, et des *Graminées* (28 0/0) parmi les plantes herbacées,
- la présence régulière de pollens d'arbres mésophiles : *Corylus* (8,5 0/0), *Betula* (7,5 0/0), *Alnus* (6 0/0), *Quercus* (3 0/0),
- le caractère sporadique de la courbe de *Tilia* (1 0/0) et l'absence totale de *Hedera*,
- la présence constante de *Picea* (4,5 0/0) dans les sept échantillons.

Ces caractéristiques témoignent selon nous d'une phase interstadaire, qu'il ne nous est cependant pas possible de dater avec précision pour l'instant. D'une part parce que cette stalagmite a été trouvée brisée, ce qui ne nous permet pas de la situer dans le contexte évolutif du réseau karstique, d'autre part parce que la galerie fossile du Trou de la Louve s'ouvre à environ 30 m au-dessus du thalweg actuel, et qu'il n'est donc pas impossible qu'une partie du concrétionnement de cette cavité soit antérieure à la dernière glaciation.

Dans l'échantillon H, beaucoup plus riche en pollen, un spectre très différent est enregistré; il est caractérisé par le recul des arbres (25 0/0) dû à la nette régression de *Pinus* (2,5 0/0), par l'extension de taxons héliophiles tels que les *Ombellifères* (10,5 0/0), *Helianthemum* (10 0/0) et *Thalictrum* (3,5 0/0), et par une grande diversité floristique attestée par la présence de 21 taxons herbacés. Ce spectre reflète l'extension d'une végétation de pelouse, et pourrait donc témoigner d'une phase de péjoration climatique.

## 6. BOHON, STALAGMITE 1

Haute de 42 cm, large de 9 cm en son milieu, cette stalagmite a été trouvée *in situ*, lors du dégagement d'une coupe dans la galerie supérieure de la Grotte de Bohon, à environ 30 m de l'entrée (2). Elle prenait naissance sur un plancher stalagmitique, dont nous avons reporté à la fig. 1 le spectre pollinique global, de même

(1) Ces datations nous ont été aimablement communiquées par le Professeur M.A. GEYH, du Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung à Hannover, que nous remercions vivement.

(2) Etude en cours, en collaboration avec C. DUPUIS et Y. QUINIF.

que nous avons dessiné le spectre pollinique des sédiments fluviatiles situés immédiatement en-dessous et au-dessus de ce plancher stalagmitique.

Le spectre pollinique sous-jacent au plancher stalagmitique témoigne de conditions climatiques rigoureuses, attestées par le faible pourcentage de pollens d'arbres (6 ‰) et le peu de diversité de la végétation herbacée, largement dominée par les *Cichoriées* (88 ‰). Il correspond donc à une phase pléni-glaciaire.

Dans le plancher stalagmitique, les arbres atteignent 51,5 ‰; ce sont par ordre d'importance : *Pinus* (28,5 ‰), *Betula* (9,5 ‰), *Corylus* (5,5 ‰), *Alnus* (3 ‰), *Quercus* (2,5 ‰), *Picea* (1,5 ‰), *Salix* et *Carpinus* (tous deux 0,5 ‰). Parmi les plantes herbacées, les *Cichoriées* régressent à 2 ‰, cependant que sont enregistrées l'extension des *Graminées* (19,5 ‰) et des *Filicales* (11,5 ‰) et la diversification de la flore herbacée (15 taxons, contre 5 dans les sédiments fluviatiles). Comparé au spectre des sédiments fluviatiles sous-jacents, le spectre du plancher stalagmitique témoigne d'une amélioration climatique : nous le rapporterons donc à une phase interstadienne, que nous situerons au sein de la dernière glaciation, en tenant compte de ce que la galerie supérieure de la Grotte de Bohon s'ouvre peu au-dessus de thalweg actuel.

Dans la stalagmite, nous assistons à un recul progressif des arbres dû à la lente régression de *Pinus*, cependant que les pourcentages de *Betula* (8 ‰ en moyenne), *Corylus* (5,5 ‰), *Picea* (4 ‰) et *Alnus* (2,5 ‰) restent assez stables. La végétation herbacée devient progressivement plus ouverte, ainsi que l'atteste l'extension de plusieurs taxons héliophiles : les *Ombellifères*, *Artemisia*, *Helianthemum* et les *Chénopodiacées*. Ces faits traduisent le début d'une phase de péjoration climatique, favorisant la reprise de l'aggradation fluviatile.

Dans les sédiments fluviatiles immédiatement sus-jacents au plancher stalagmitique, le spectre pollinique témoigne à nouveau de conditions climatiques rigoureuses. Il n'y a plus que 13,5 ‰ d'arbres, les *Cichoriées* dominent à nouveau la végétation herbacée floristique, moins diversifiée. Ces faits traduisent le retour à une phase pléni-glaciaire.

#### IV.- CONCLUSIONS

L'apport des résultats présentés ci-dessus peut être synthétisé de la façon suivante :

1. Il est possible d'obtenir dans certaines stalagmites des spectres polliniques basés sur un nombre suffisant de grains de pollen.
  2. Les assemblages polliniques mis en place par les eaux d'infiltration alimentant les stalagmites semblent refléter la végétation locale, plutôt que la pluie pollinique régionale.
  3. La succession de plusieurs groupements végétaux différenciés est enregistrée dans certaines stalagmites, qui se prêtent donc à l'obtention de diagrammes polliniques retraçant l'évolution de la végétation.
  4. La croissance des stalagmites n'est pas limitée aux seules périodes interglaciaires; elle peut avoir eu lieu lors de périodes interstadiennes, et même durant des phases pléni-glaciaires.
- Ces résultats font entrevoir que dans un proche avenir les stalagmites fourniront des diagrammes polliniques couvrant des séquences climatiques plus ou moins longues, dont les plus récentes pourront en outre être datées de façon absolue par le  $^{14}\text{C}$ . L'analyse pollinique des stalagmites peut alors être considérée dès à présent comme une nouvelle possibilité d'approche des fluctuations climatiques du Quaternaire.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN, B., 1971. Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation de Würm. *Acta Geographica Lovaniensia*, 9, 136 p.
- BASTIN, B., 1976. Etude palynologique des couches E2, D et B<sup>s</sup> de la Grotte de Fontêchevade (Charente, France). *Bull. Soc. roy. belge Anthrop. Préhist.*, 87 : 15-27.
- BASTIN, B. & COUTEAUX, M., 1966. Application de la méthode de Frenzel à l'extraction des pollens dans les sédiments archéologiques pauvres. *L'Anthropologie*, 70 (1-2) : 201-203.
- BASTIN, B., DUPUIS, C., QUINIF, Y., 1977. Preliminary results of the application of quaternary geological methods to speleogenetic studies of a Belgian cave. *Proc. 7th Intern. Speleol. Congr. Sheffield, England* : 24-28.
- DAMBLON, F., 1974. Observations palynologiques dans la Grotte de Remouchamps. *Bull. Soc. roy. belge Anthrop. Préhist.*, 85 : 131-155.
- FERRARIS, Comte J. de, 1770-1778. Carte de Cabinet des Pays-Bas autrichiens.
- FRENZEL, B., 1964. Zur Pollenanalyse von Lössen. Untersuchungen der Lössprofile von Oberfellabrunn und Stillfried (Niederösterreich). *Eiszeitalter und Gegenwart*, 15 : 5-39.
- GEURTS, M.A., 1976. Genèse et stratigraphie des travertins de fond de vallée en Belgique. *Acta Geographica Lovaniensia*, 16, 87 p.
- GIRARD, M. et RENAULT-MISKOVSKY, J., 1969. Nouvelles techniques de préparation en palynologie appliquées à trois sédiments du Quaternaire final de l'Abri Cornille (Istres, Bouches-du-Rhône). *Bull. Ass. Franç. Et. Quat.*, 21 : 275-284.

- JUVIGNE, E., 1973. Une méthode de séparation des pollens applicable aux sédiments minéraux. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 96 (2) : 253-262.
- LEROI-GOURHAN, Ar., 1967. Pollens et datation de la Grotte de la Vache (Ariège). *Bull. Soc. Préhist. Ariège*, 22 : 115-127.
- LEROI-GOURHAN, Ar. & RENAULT-MISKOVSKY, J., 1977. La palynologie appliquée à l'archéologie : méthodes, limites et résultats. in "Approche écologique de l'homme fossile". *Suppl. Bull. Ass. Franç. Et. Quat.* : 35-49.
- PETERSON, G.M., 1976. Pollen Analysis and the Origin of Cave Sediments in the Central Kentucky Karst. *Bull. Nat. Speleol. Soc.*, 38 (3) : 53-58.
- RENAULT-MISKOVSKY, J., 1972. Contribution à la paléoclimatologie du Midi méditerranéen pendant la dernière glaciation et le post-glaciaire, d'après l'étude palynologique du remplissage des grottes et abris-sous-roche. *Bull. Mus. Anthr. Préhist. Monaco*, 18 : 145-210.

