

## MISE EN EVIDENCE ET DATATION $^{14}\text{C}$ DE L'OSCILLATION PREBOREALE DE PIOTTINO DANS UN NOUVEAU DIAGRAMME POLLINIQUE REALISE DANS LE HINKELSMAR (EIFEL OCCIDENTAL)<sup>1</sup>

par

Bruno BASTIN<sup>2</sup>

(1 figure)

**RESUME.**- L'étude palynologique d'une partie d'un nouveau sondage effectué dans le Hinkelsmaar a permis d'obtenir une séquence pollinique ininterrompue, depuis le début du Tardiglaciaire jusqu'au début du Boréal. Au sein du Tardiglaciaire, la succession classique : Dryas ancien - Bølling - Dryas moyen - Allerød - Dryas récent, a pu être clairement mise en évidence. Au sein du Préboréal, l'oscillation du Piottino a été reconnue de façon indiscutable. La fin de cette oscillation a en outre été datée d'environ 8000 B.C., grâce à une datation  $^{14}\text{C}$  obtenue sur un échantillon de tourbe.

**ABSTRACT.**- The palynological study of a part of a new boring carried out in the Hinkelsmaar has provided a continuous sequence, from the beginning of the Late Glacial to the beginning of the Boreal. It has been possible to subdivide the Late Glacial into the five classic phases : Oldest Dryas - Bølling - Older Dryas - Allerød - Younger Dryas. In the Preboreal, the Piottino oscillation has been clearly recognized. Radiocarbon dating of a peat sample has given an age of c. 8000 B.C. for the end of the Piottino oscillation.

### 1.- INTRODUCTION

L'étude palynologique des maars de l'Eifel, commencée en 1952 par H. STRAKA (1975), a montré que dans certains d'entre-eux existent des séquences sédimentaires couvrant l'entière du Tardiglaciaire et la plus grande partie du Postglaciaire. Malheureusement, les diagrammes polliniques obtenus dans ces maars par H. STRAKA (1958, 1960, 1961, 1975) sont assez peu détaillés, ce qui a notamment pour conséquence :

- qu'il est souvent malaisé d'y reconnaître la succession des cinq phases classiques du Tardiglaciaire : Dryas ancien - Bølling - Dryas moyen - Allerød - Dryas récent,
- que le Préboréal n'y est subdivisé qu'en deux phases, sans même que soit envisagée l'existence en son sein de l'oscillation froide de Piottino, mise en évidence pour la première fois par H. ZOLLER (1960) dans le Tessin.

Pour pallier ces carences, nous avons entrepris un nouveau sondage de 13,50 m dans le Hinkelsmaar, dans lequel H. STRAKA (1960) avait obtenu une séquence de 4,80 m couvrant l'entière du Tardigla-

ciaire et du Postglaciaire. Une première étude sédimentologique et minéralogique des 9 m supérieurs de ce sondage a déjà permis à E. JUVIGNE (1980) de réviser de façon importante les conceptions les plus récentes de H. STRAKA (1975) : d'une part sur l'âge de la dernière éruption du Hinkelsmaar, d'autre part sur l'origine du tuf volcanique sableux intercalé, vers 4,50 m de profondeur, entre une épaisse couche sous-jacente de gyttja et une mince couche sus-jacente de tourbe.

L'étude palynologique détaillée de l'entière de ce sondage est en cours : elle demandera sans doute plusieurs années de travail. Aussi croyons-nous opportun de présenter déjà dans cet article la partie du diagramme pollinique couvrant l'entière du Tardiglaciaire, le Préboréal et le début du Boréal.

1 Manuscrit déposé le 29 août 1980. Communication présentée le 7 octobre 1980.

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



## 2.- COMMENTAIRES SUR LE DIAGRAMME POLLINIQUE

### 2.1.- LITHOSTRATIGRAPHIE DES COUCHES ETUDIEES

L'examen macroscopique du sondage et les premiers résultats de son étude sédimentologique et minéralogique, publiés par E. JUVIGNE (1980), nous ont permis d'établir la séquence sédimentaire suivante :

- de 528 à 517,5 cm : limon éolien,
- de 517,5 à 505 cm : limon éolien passant graduellement à du gyttja,
- de 505 à 456 cm : gyttja comprenant une intercalation de 1 cm de tourbe à 463 cm,
- de 456 à 449,5 cm : tuf volcanique sableux,
- de 449,5 à 441 cm : tourbe,
- de 441 à 411 cm : gyttja
- de 411 à 328 cm : tourbe.

### 2.2.- ETABLISSEMENT DU DIAGRAMME POLLINIQUE

Le diagramme pollinique présenté dans cet article (fig. 1) résulte de l'analyse de 47 niveaux, espacés de 5 en 5 cm là où l'évolution de la végétation s'est révélée progressive, et de 2,5 en 2,5 cm là où sont apparues de brusques modifications du couvert végétal.

A chaque niveau, nous avons dénombré et identifié 500 pollens et spores, et nous avons tenu compte des pollens et spores de tous les taxons, y compris les plantes aquatiques, pour le calcul des pourcentages. En effet, les recherches de J. HEIM (1970) et de F. DAMBLON (1979) sur les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle ont montré que ce mode de calcul fournissait l'image la plus synthétique - et donc la plus fidèle - des groupements végétaux d'où sont issus les pollens et spores d'un spectre pollinique.

### 2.3.- INTERPRETATION DU DIAGRAMME POLLINIQUE

L'étude détaillée de la succession des groupements végétaux enregistrée dans le diagramme pollinique nous a permis d'une part de subdiviser le Tardiglaciaire en ses cinq phases classiques, d'autre part de mettre en évidence au sein du Préboréal une phase de péjoration climatique que nous avons rapportée à l'oscillation de Piottino. Cette interprétation du diagramme pollinique est étayée par la datation téphrochronologique du tuf volcanique sableux, et par la datation  $^{14}\text{C}$  de deux échantillons de tourbe.

## 3.- DATATIONS AYANT SERVI DE BASE AU DECOUPAGE CHRONOLOGIQUE DU DIAGRAMME POLLINIQUE

### 3.1.- DATATION TEPHROCHRONOLOGIQUE DU TUF VOLCANIQUE SABLEUX

Selon E. JUVIGNE (1980), la composition minéralogique de ce tuf permet de le rapporter au Laacher See Tuff 5 final, qui aurait été émis entre environ 9000 et 8800 B.C. (E. JUVIGNE, 1977).

L'analyse pollinique de trois niveaux de ce tuf, espacés de 2,5 en 2,5 cm, a permis de mettre en évidence (cfr. 4.5. ci-dessous) une très forte extension des plantes aquatiques, parmi lesquelles la dominance d'*Isoetes* dans les deux niveaux supérieurs témoigne d'une phase de péjoration climatique. De ce fait, nous avons rapporté au Dryas récent les spectres polliniques obtenus dans le tuf volcanique sableux.

A première vue, il y a donc une légère discordance entre la datation téphrochronologique du tuf (fin de l'Allerød) et l'interprétation des trois spectres polliniques obtenus dans ce même tuf (Dryas récent). Cependant, E. JUVIGNE (1980) ayant montré que plus de 60 % des grains de cette couche appartenaient à la fraction sableuse, et donc qu'elle était caractérisée par une texture grossière, nous pensons pouvoir expliquer la discordance évoquée ci-dessus par la succession des processus suivants :

1. A la fin de l'Allerød, le tuf volcanique sableux provenant du Laacher See se met en place dans le Hinkelsmaar, au-dessus des 34 cm de gyttja sédimentés pendant l'Allerød.
2. Au Dryas récent, la très grande humidité du climat provoque la mise sous eau du Hinkelsmaar, qui est de ce fait colonisé par une végétation aquatique pionnière. Les spores et pollens issus des groupements végétaux colonisant le Hinkelsmaar et ses abords pénètrent alors par percolation dans le tuf volcanique sableux, ce qui est rendu possible par sa texture grossière.

### 3.2.- DATATION $^{14}\text{C}$ DE LA TOURBE SUS-JACENTE AU TUF VOLCANIQUE SABLEUX

Un échantillon de la couche de tourbe située entre 449,5 et 441 cm a fourni la datation Lv 1132 :  $8.590 \pm 90$  B.C. (1). Dans cette tourbe est enregistré le début d'une phase d'extension de *Betula* et de *Pinus*, posté-

(1) Nous remercions vivement notre collègue E. GILOT, du Laboratoire de Carbone-14, qui a bien voulu effectuer cette datation à notre demande.

rieurement à la phase de péjoration climatique que nous avons rapportée au Dryas récent (cfr. 3.1. ci-dessus). L'édification de cette tourbe doit donc s'être produite au commencement du Préboréal, dont le début est habituellement daté dans la littérature d'environ 8.300 B.C.

Il semblerait donc que la datation Lv 1132 soit quelque 300 ans trop vieille. Soulignons cependant qu'elle est en parfait accord avec la datation KI-306.01 :  $8.630 \pm 170$  B.C. précédemment obtenue dans le Hinkelsmaar, à partir d'un échantillon de gyttja épais de 10 cm, immédiatement sus-jacent au tuf volcanique sableux (H. ERLLENKEUSER & H. WILLKOMM, 1971).

### 3.3.- DATATION $^{14}\text{C}$ DE LA BASE DE LA TOURBE SUPERIEURE

Les huit premiers centimètres (411-403 cm) de la couche de tourbe supérieure ont fourni la datation Lv 1131 :  $7.960 \pm 70$  B.C. (1). Dans les spectres polliniques correspondant à l'échantillon daté est enregistrée une phase de recolonisation forestière - caractérisée par une forte extension de *Pinus* et de *Betula* - succédant à une seconde phase d'inondation du Hinkelsmaar - caractérisée par la prédominance d'*Isoetes* - témoignant de ce fait d'un net refroidissement du climat. Nous rapporterons donc la phase de péjoration climatique enregistrée dans les niveaux 413 et 410,5 cm à l'oscillation froide de Piottino, mise pour la première fois en évidence au sein du Préboréal par H. ZOLLER (1960).

Depuis sa découverte, l'oscillation de Piottino a suscité des controverses sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement (cfr. 5.1. ci-dessous). Soulignons cependant dès à présent la remarquable corrélation existant entre les datations  $^{14}\text{C}$  obtenues dans les cinq diagrammes polliniques dans lesquels se marque clairement une oscillation froide au sein du Préboréal :

- Bedrina IIIa, début de l'oscillation de Piottino :  $7.950 \pm 190$  B.C. (H. ZOLLER, 1960),
- New Dinkel Canal 1, début de la phase de Rammelbeek :  $8.060 \pm 60$  B.C.
- New Dinkel Canal 4, début de la phase de Rammelbeek :  $8.080 \pm 60$  B.C.
- New Dinkel Canal 5, début de la phase de Rammelbeek :  $8.090 \pm 60$  B.C. (T.A. WIJMSTRA & E. DE VIN, 1971),
- Hinkelsmaar IV, fin de l'oscillation de Piottino :  $7.960 \pm 70$  B.C.

## 4.- L'EVOLUTION DE LA VEGETATION ENREGISTREE DANS LE DIAGRAMME POLLINIQUE

(figure 1)

### 4.1.- LE DRYAS ANCIEN (528 - 508 cm)

Une première caractéristique de la végétation durant cette période est qu'elle est constituée de groupements ouverts et pionniers, ce dont témoignent :

- la prédominance des plantes herbacées (79 ‰ en moyenne),
- la prépondérance de *Betula* (7,6 ‰) et de *Salix* (5,2 ‰) parmi les arbres,
- la prépondérance des *Graminées* (48,1 ‰), des *Cypéracées* (10,8 ‰) et d'*Artemisia* (6,2 ‰) parmi les plantes herbacées,
- la présence d'un grand nombre de taxons héliophiles, tels que : *Helianthemum* (2,2 ‰), *Batrachium* (2 ‰), *Thalictrum* (1,8 ‰), les *Chénopodiacées* (0,9 ‰), *Potamogeton* (0,8 ‰), *Rumex* (0,8 ‰) et *Equisetum* (0,3 ‰).

Une seconde caractéristique de la végétation durant cette période est la prépondérance des taxons nettement xérophiles : *Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*, les *Chénopodiacées* et *Rumex* (atteignant ensemble 11,9 ‰) sur les taxons nettement hygrophiles : *Batrachium* et *Potamogeton* (atteignant ensemble 2,8 ‰).

Il ressort de ces observations que durant le Dryas ancien, la région du Hinkelsmaar a connu un climat non seulement très froid, mais aussi très sec.

### 4.2.- LE BOLLING (503 - 495,5 cm)

L'oscillation de Bølling se marque dans le diagramme pollinique par une extension simultanée de *Betula* (17,6 ‰) et de *Salix* (16,9 ‰) et par une régression des *Graminées* (32,4 ‰) et des *Cypéracées* (4,5 ‰). Remarquons qu'*Artemisia* (12,2 ‰) et *Thalictrum* (3,3 ‰) poursuivent leur extension, ce qui indique que le couvert végétal reste très ouvert et conserve son caractère pionnier.

(1) Nous remercions vivement notre collègue E. GILOT, du Laboratoire de Carbone-14, qui a bien voulu effectuer cette datation à notre demande.

## 4.3.- LE DRYAS MOYEN (493 - 490,5 cm)

Au Dryas moyen, *Betula* (16,1 ‰) et *Salix* (11,9 ‰) régressent légèrement, cependant qu'est enregistrée l'extension des *Cypéracées* (7,2 ‰), de *Thalictrum* (3,8 ‰) et d'*Artemisia* qui atteint un maximum de 17,4 ‰ à 493 cm. Outre l'extension maximale d'*Artemisia*, la réapparition des *Chénopodiacées* (0,3 ‰) et la régression de *Potamogeton* (0,6 ‰) et de *Batrachium* (0,3 ‰) attestent que tout comme au Dryas ancien, le climat au Dryas moyen est non seulement froid, mais également sec.

## 4.4.- L'ALLERØD (488 - 458 cm)

Malgré la prédominance constante de *Betula* (47,2 ‰), l'Allerød se subdivise très classiquement en une première phase encore relativement froide, enregistrée dans les niveaux 488 à 478 cm, et une seconde phase plus tempérée, enregistrée dans les niveaux 473 à 458 cm.

- de 488 à 478 cm, la brusque augmentation du pourcentage de l'ensemble des arbres (56,3 ‰) résulte d'une forte extension de *Betula* (47,5 ‰), qui compense une nette régression de *Salix* (5,3 ‰), cependant que *Pinus* (2,2 ‰) n'est qu'en très légère extension.

Parmi les plantes herbacées, outre la régression des *Graminées* (21,9 ‰) et des *Cypéracées* (3,4 ‰), on note la disparition des *Chénopodiacées* et la régression des autres taxons xérophiles : *Artemisia* (9,9 ‰), *Thalictrum* (1,9 ‰), *Helianthemum* (0,7 ‰) et *Rumex* (0,3 ‰). *Batrachium* (0,5 ‰) et *Potamogeton* (0,5 ‰) gardent par contre les valeurs qu'ils atteignaient au Dryas moyen, et à 478 cm apparaissent deux nouveaux taxons hygrophiles : *Isoetes* et *Menyanthes*.

- de 473 à 458 cm, alors que *Betula* se maintient en moyenne à 47 ‰, et que *Salix* (3,8 ‰) continue à régresser, une légère extension de *Corylus* (1,4 ‰) et de *Quercus* (0,5 ‰), et une nette extension de *Pinus* (12,2 ‰) font monter le pourcentage des pollens arboréens à 66 ‰, traduisant le caractère de plus en plus dense des groupements forestiers recolonisant la région du Hinkelsmaar. Dans la dépression, une plus grande humidité du substrat est attestée par l'extension de tous les taxons hygrophiles : *Batrachium* (2,4 ‰), *Potamogeton* (1,1 ‰), *Equisetum* (0,9 ‰), *Isoetes* (0,5 ‰) et *Menyanthes* (0,5 ‰), en même temps que se poursuit la régression des taxons xérophiles : *Artemisia* (5,7 ‰), *Thalictrum* (0,4 ‰), *Helianthemum* (0,3 ‰) et *Rumex* (0,3 ‰).

## 4.5.- LE DRYAS RECENT (455,5 - 450,5 cm)

La régression des arbres enregistrée dans le dernier niveau de l'Allerød se poursuit brutalement au Dryas récent, durant lequel ils n'atteignent plus en moyenne que 25,7 ‰. Cette période est en outre caractérisée par la très forte extension des taxons hygrophiles, qui atteignent ensemble plus de 50 ‰. A 455,5 cm, l'extension simultanée de *Potamogeton* (38,2 ‰) et d'*Equisetum* (13,2 ‰) indique que sous l'influence du climat froid et humide, la dépression du Hinkelsmaar devient tout d'abord marécageuse. A 453 cm, la très forte extension d'*Isoetes* (41 ‰) témoigne de ce que la dépression se trouve ensuite complètement inondée. A 450,5 cm enfin, la légère régression d'*Isoetes* (32 ‰) et la nouvelle extension d'*Equisetum* (12,6 ‰) et de *Potamogeton* (6,2 ‰) indiquent une légère baisse du niveau de l'eau, et la dépression redevient une zone marécageuse.

## 4.6.- LE PREBOREAL A (448 - 415,5 cm)

La première partie du Préboréal apparaît comme une période de grande instabilité climatique, caractérisée par la concurrence existant d'une part entre les groupements pionniers forestiers et herbacés, et d'autre part entre les taxons hygrophiles et xérophiles parmi les plantes herbacées. Dans le détail, cette période peut être subdivisée en trois épisodes.

- de 448 à 438 cm : parmi les arbres qui atteignent en moyenne 40,5 ‰, on note la légère dominance de *Betula* (20,2 ‰) sur *Pinus* (15,4 ‰). Parmi les plantes herbacées, une forte extension d'*Equisetum* (24,8 ‰) témoigne de l'humidité du climat, également attestée par le fait que *Menyanthes* (2,3 ‰) atteint ses plus forts pourcentages dans ces trois niveaux.

Rappelons qu'un échantillon de tourbe, prélevé entre 449,5 et 441 cm a fourni la datation 8.590 ± 90 B.C. (cfr. 3.2. ci-dessus).

- de 433 à 423 cm : une légère extension de *Pinus* (19,6 ‰) et de *Salix* (7,3 ‰) fait monter le pourcentage des arbres à 45,8 ‰. L'extension des *Graminées* (24,1 ‰) et d'*Artemisia* (8,7 ‰), et la régression d'*Equisetum* (5,5 ‰) et de *Menyanthes* (0,5 ‰) semblent témoigner d'une moins grande humidité du climat.

- de 418 à 415,5 cm : une légère extension de *Corylus* (5 ‰) ne compense pas la régression de *Pinus* (11,5 ‰) et de *Salix* (3,5 ‰), et les arbres n'atteignent plus que 39,7 ‰. Le climat devient à nouveau plus humide, comme en témoigne la forte extension

de *Batrachium* (20,5 ‰), et plus froid, comme en témoigne l'extension d'*Isoetes*, qui atteint 13,4 ‰ à 415,5 cm.

#### 4.7.- L'OSCILLATION DE PIOTTINO (413-410,5 cm)

La forte régression des arbres (19,2 ‰) et la très forte extension d'*Isoetes* (64,3 ‰) sont le reflet d'une phase de nette péjoration climatique, ayant pour conséquence locale une nouvelle inondation de la dépression du Hinkelsmaar.

#### 4.8.- LE PREBOREAL C (408 - 348 cm)

Grâce à l'extension simultanée de *Pinus* (38,7 ‰), de *Betula* (34,8 ‰) et de *Corylus* (3,1 ‰), les arbres atteignent en moyenne 79,3 ‰ durant la troisième partie du Préboréal, caractérisée par la recolonisation forestière définitive de la région du Hinkelsmaar. Dans le détail, cette période peut être subdivisée en deux épisodes.

- de 408 à 363 cm : parmi les arbres qui atteignent en moyenne 76,3 ‰, *Pinus* (37,8 ‰) et *Betula* (32,9 ‰) dominant tour à tour, cependant qu'est enregistrée une extension progressive de *Corylus* (2,6 ‰). Parmi les plantes herbacées, la persistance d'une courbe continue d'*Equisetum* (3,5 ‰), d'*Isoetes* (3,2 ‰), de *Potamogeton* (2,9 ‰) et de *Menyanthes* (0,5 ‰) témoigne de ce que le climat reste encore relativement humide. Cette humidité du climat est encore attestée par l'apparition d'une courbe continue des *Filicales monolètes* (1,2 ‰), et d'une courbe discontinue de *Sparganium* (0,5 ‰). Rappelons qu'un échantillon de tourbe, prélevé entre 411 et 403 cm, a fourni la datation  $7.960 \pm 70$  B.C. (cfr. 3.3. ci-dessus).
- de 358 à 348 cm : *Pinus* (41,7 ‰), *Betula* (41,2 ‰) et *Corylus* (4,8 ‰) sont en légère extension, et les arbres atteignent à présent 89,4 ‰. En même temps qu'il devient plus tempéré, le climat devient également plus sec, car on enregistre la disparition de plusieurs taxons hygrophiles : *Isoetes*, *Potamogeton* et *Sparganium* à 358 cm, *Equisetum* et *Menyanthes* à 353 cm. Notons enfin que les groupements forestiers deviennent de plus en plus denses, comme en témoigne la moins grande diversité de la végétation herbacée, qui n'est plus composée que de 7 taxons à 348 cm, alors qu'elle se composait encore de 17 taxons dans l'épisode précédent.

#### 4.9.- LE DEBUT DU BOREAL (343 - 328 cm)

Nous avons fixé la limite Préboréal-Boréal là où

la courbe de *Corylus* dépasse pour la première fois 10 ‰. Les deux premiers niveaux du Boréal sont caractérisés par une forte extension de *Pinus* (49,3 ‰), l'extension progressive de *Corylus* (17,2 ‰), l'apparition d'une courbe continue de *Quercus* (0,7 ‰) et la nette régression de *Betula* (27,5 ‰). Les deux niveaux suivants sont classiquement caractérisés par la brusque extension de *Corylus* (55,6 ‰), qui devient prédominant à partir de 333 cm.

## 5.- DISCUSSION

### 5.1.- L'OSCILLATION DE PIOTTINO

L'existence d'une phase de refroidissement du climat au sein du Préboréal - l'oscillation de Piottino mise pour la première fois en évidence par H. ZOLLER (1960) dans le diagramme pollinique Bedrina IIIa - reste l'objet d'une controverse, entamée en 1962 par G. LANG et qui se poursuit encore actuellement (K.E. BEHRE, 1978 ; M. KÜTTEL, 1979). L'origine de cette controverse réside essentiellement dans le fait qu'aussi bien dans le site de Bedrina - dont l'étude a été reprise récemment par M. KÜTTEL (1977) - que de façon plus générale dans le domaine alpin (J.L. DE BEAULIEU, 1977 ; S. WEGMÜLLER, 1977), il n'a jusqu'à présent pas été possible d'obtenir une séquence pollinique dans laquelle la phase de réchauffement de l'Allerød soit suivie de deux phases de net refroidissement (Dryas récent puis oscillation de Piottino) séparées par une phase de net réchauffement (début du Préboréal). C'est la raison pour laquelle plusieurs auteurs mettent en doute l'âge préboréal de l'oscillation de Piottino établi par datation  $^{14}\text{C}$  (H. ZOLLER, 1960), et soutiennent que l'oscillation de Piottino ne serait rien d'autre que le Dryas récent (G. LANG, 1962 ; M. KÜTTEL, 1977 ; J.L. DE BEAULIEU, 1977).

A cette critique purement négative, on peut opposer le fait qu'en dehors du domaine alpin, une phase de net refroidissement du climat, postérieure au Dryas récent, a été mise en évidence de façon non équivoque dans au moins quatre régions :

- dans le nord-ouest de l'Allemagne : à Westrhauderfehn (K.E. BEHRE, 1966, 1967);
- dans l'est de la Hollande : au New Dinkel Canal (T.A. WIJMSTRA & E. DE VIN, 1971);
- dans l'est de la Belgique : dans les Hautes Fagnes (G. WOILLARD, 1975) et dans la vallée des Chôdires (B. BASTIN & E. JUVIGNE, 1978);

- dans l'Eifel occidental : par le diagramme Hinkelsmaar IV de ce travail.

A ce titre, la séquence pollinique du diagramme Hinkelsmaar IV apparaît fondamentale, puisque :

- elle couvre de façon ininterrompue la période s'étendant du début du Tardiglaciaire au début du Boréal;
- le Dryas récent et l'oscillation de Piottino y sont séparés par la phase de réchauffement du début du Préboréal;
- la fin de l'oscillation de Piottino y est datée d'environ 8.000 B.C. (cfr 3.3. ci-dessus), à partir d'un échantillon de tourbe.

Il est donc clair que vers 8.000 B.C. une phase de péjoration climatique, sans doute de courte durée, a affecté l'Europe occidentale. Etant donné que cette phase a été dénommée "oscillation de Piottino" lors de sa première mise en évidence par H. ZOLLER (1960), et qu'en outre la première datation <sup>14</sup>C de cette phase publiée par H. ZOLLER (1960) a depuis lors été confirmée aussi bien dans l'est de la Hollande que maintenant dans l'Eifel occidental, nous estimons que la dénomination "oscillation de Piottino" est parfaitement valide et doit être maintenue, contrairement à ce que soutiennent certains auteurs (M. KÜTTEL, 1977 ; K.E. BEHRE, 1978).

### 5.2.- LA LIMITE PLEISTOCENE-HOLOCENE

Lors du VIII<sup>e</sup> Congrès de l'INQUA, la Commission de l'Holocène a proposé de dater de 10.000 B.P. la limite Pléistocène-Holocène (B.P. HAGEMAN, 1969). Selon U. HAFSTEN (1970), cette date représenterait le mieux le point de départ de la phase ininterrompue de réchauffement du climat postérieure à la phase la plus froide de la dernière glaciation. Le diagramme Hinkelsmaar IV apporte une remarquable confirmation à ce point de vue, car c'est précisément vers 10.000 B.P. qu'est enregistrée dans le Hinkelsmaar une brusque modification à la fois dans la lithologie et dans l'évolution de la végétation :

- à 411 cm se place la limite entre les dernières couches de gyttja et la base de la formation tourbeuse qui se poursuit de façon ininterrompue jusqu'à la surface du Hinkelsmaar ;
- l'échantillon de tourbe ayant fourni la datation  $9.910 \pm 70$  B.P. (cfr 3.3. ci-dessus) ayant une épaisseur de 8 cm, on peut en déduire que le début de la formation de cette tourbe est très proche de 10.000 B.P.,

- entre 410,5 et 408 cm, les arbres passent de 17,4 ‰ à la fin de l'oscillation de Piottino, à 67,2 ‰ au début du Préboréal C.

Il apparaît dès lors que dans le diagramme Hinkelsmaar IV, la fixation de la limite Pléistocène-Holocène à 10.000 B.P. correspond réellement à une profonde modification du climat, qui se traduit par la réinstallation définitive de la forêt, après l'oscillation de Piottino qui constitue la dernière récurrence froide du Pléistocène.

### 5.3.- L'IMPORTANCE D'ISOETES COMME BIO-INDICATEUR CLIMATIQUE

En nous référant aux mesures publiées par S.T. ANDERSEN (1961), toutes les spores d'*Isoetes* que nous avons identifiées sont à rapporter à *Isoetes echinospora* DURIEU, espèce dont l'aire de distribution actuelle est circumpolaire-océanique (H. MEUSEL *et al.*, 1965). Dans le diagramme Hinkelsmaar IV, la courbe d'*Isoetes echinospora* revêt une importance particulière. En effet :

- elle débute au sein de l'oscillation d'Allerød, au cours de laquelle elle n'atteint pas 0,5 ‰ en moyenne ;
- elle atteint une première fois des valeurs importantes au cours du Dryas récent, avec une moyenne de 24,7 ‰ ;
- elle devient discontinue au début du Préboréal, durant lequel elle n'atteint plus que 2 ‰ en moyenne ;
- elle atteint une moyenne de 64,3 ‰ au cours de l'oscillation de Piottino ;
- elle régresse fortement, puis disparaît à la fin du Préboréal.

Il apparaît donc que l'extension d'*Isoetes echinospora* est étroitement liée aux phases de refroidissement du climat, comme l'a précédemment montré C. CORNET (1979) dans son étude de la période de transition constituée par la fin de l'interglaciaire Saint-Germain II et le début de l'Eowürm. Reprenant l'étude d'une partie du sondage Grande-Pile X, dans lequel G. WOILLARD (1975) n'avait pas identifié les spores d'*Isoetes*, C. CORNET (1979) montre en effet que l'extension d'*Isoetes echinospora* est liée à la détérioration du climat qui s'amorce lors de la phase Saint-Germain II - zone 4, où ses spores atteignent en moyenne 20,4 ‰ (2),

(2) Pourcentage calculé séparément, l'ensemble des pollens et spores des autres taxons étant égal à 100 ‰, les Bryophytes et Ptéridophytes étant exclus.

qu'elle se poursuit lors de la phase Saint-Germain II - zone 5, où ses spores atteignent en moyenne 89,3 0/0 (2), et devient tout à fait remarquable au début de l'Eowürm avec 215,4 0/0 (2). Les résultats de son étude palynologique étant confirmés par une étude des Diatomées, C. CORNET (1979) en conclut qu'*Isoetes* "... constitue un bon indicateur rapide du refroidissement du climat."

En accord avec cette conclusion, nous avons inclus les spores d'*Isoetes* dans la base du calcul des pourcentages du diagramme Hinkelsmaar IV, pour les raisons que nous avons invoquées précédemment (cfr 2.2. ci-dessus).

## 6.- CONCLUSIONS

Réalisé dans le but d'obtenir un diagramme pollinique plus détaillé que ceux qui avaient été publiés précédemment par H. STRAKA (1958, 1960, 1975), le diagramme Hinkelsmaar IV nous a permis de montrer :

1. que les couches supérieures de la formation de limon éolien identifiée par E. JUVIGNE (1980) ont été mises en place dans le Hinkelsmaar au Dryas ancien ;
2. que la mise en place des dépôts de gyttja dans le Hinkelsmaar a débuté lors de l'oscillation de Bølling, et s'est poursuivie jusqu'à l'oscillation de Piottino ;
3. que la tourbe constituant la formation lithologique supérieure du Hinkelsmaar s'est édifiée à partir de 8.000 B.C., au commencement de la phase de recolonisation forestière définitive caractérisant le début de l'Holocène ;
4. que l'oscillation froide de Piottino se situe bien aux alentours de 8.000 B.C., comme l'avait précédemment montré H. ZOLLER (1960) ;
5. que le Dryas récent et l'oscillation de Piottino sont deux phases de péjoration climatique bien distinctes, séparées l'une de l'autre par la phase d'amélioration climatique du début du Préboréal.

Soulignons pour terminer que c'est grâce à l'inclusion, dans la somme de base du calcul des pourcentages, des pollens et spores de tous les taxons, y compris les plantes aquatiques, qu'il nous a été possible de mettre en évidence les neuf fluctuations climatiques qui se sont succédé à un rythme rapide, depuis le début du Tardiglaciaire jusqu'au début du Boréal.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN, S.T., 1961. Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). Danm. Geol. Undersøg., II. Raekke, 75 : 175 p.
- BASTIN, B. & JUVIGNE, E., 1978. L'âge des dépôts de la vallée morte des Chôdières (Malmédy). Ann. Soc. géol. Belg., 101 : 289-304.
- BEHRE, K.E., 1966. Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. Eiszeitalter und Gegenwart, 17 : 69-84.
- BEHRE, K.E., 1967. The late glacial and early postglacial history of vegetation and climate in Northwestern Germany. Rev. Palaeobot. Palynol., 4 : 149-161.
- BEHRE, K.E., 1978. Die Klimaschwankungen im europäischen Präboreal. Petermanns Geogr. Mitteil., 122 (2) : 97-102.
- CORNET, C., 1979. Tentative de corrélation Pollens-Diatomées lors d'une transition climatique quaternaire au sud des Vosges. Mém. Univ. Cathol. Louvain, 38 p.
- DAMBLON, F., 1979. Les relations entre la végétation actuelle et les spectres polliniques sur le plateau des Hautes Fagnes (Ardenne, Belgique). Lejeunia, 95 : 65 p. + Annexe (26 fig.).
- DE BEAULIEU, J.L., 1977. Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises. Thèse Univ. Aix-Marseille III, 358 p. + Annexe (21 fig. et 43 diagr.).
- ERLENKEUSER, H. & WILLKOMM, H., 1971. University of Kiel Radiocarbon Measurements VI. Radiocarbon, 13 (2) : 325-339.
- HAFSTEN, U., 1970. A sub-division of the late pleistocene period on a synchronous basis, intended for global and universal usage. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 7 : 279-296.
- HAGEMAN, B.P., 1969. Report of the Commission on the Holocene. In "Etudes sur le Quaternaire dans le Monde", Suppl. Bull. Ass. Franç. Et. Quatern., 29 (1971) : 679.
- HEIM, J., 1970. Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Louvain, 223 p.
- JUVIGNE, E., 1977. La zone de dispersion des poussières émises par une des dernières éruptions du volcan du Laacher See (Eifel). Zeit. für Geomorph., 21 (3) : 323-342.
- JUVIGNE, E., 1980. Révision de l'âge de volcans de l'Eifel occidental. Zeit. für Geomorph., 24 (3) : 345-355.

(2) Pourcentage calculé séparément, l'ensemble des pollens et spores des autres taxons étant égal à 100 0/0, les Bryophytes et Ptéridophytes étant exclus.

- KÜTTEL, M., 1977. Pollenanalytische und geochronologische Untersuchungen zur Piottino-Schwankung (Jüngere Dryas). *Boreas*, 6 : 259-274.
- KÜTTEL, M., 1979. Kritische Anmerkungen zu Nachweisen präborealer Klimaschwankungen. *Petermanns Geogr. Mitteil.*, 123 (3) : 191-193.
- LANG, G., 1962. Die spät- und frühpostglaziale Vegetationsentwicklung im Umkreis der Alpen. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 12 : 9-17.
- MEUSEL, H., JÄGER, E. & WEINERT, E., 1965. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. *Gustav Fischer, Jena*, 583 p.+ 992 cartes.
- STRAKA, H., 1958. Ein spätglaziales Pollendiagramm aus dem Hinkelsmaar bei Manderscheid (Vulkaneifel). *Flora*, 146 : 412-424.
- STRAKA, H., 1960. Zwei postglaziale Pollendiagramme aus dem Hinkelsmaar bei Manderscheid (Vulkaneifel). *Decheniana*, 112 (2) : 219-241.
- STRAKA, H., 1961. Pollenanalytische Untersuchungen spätglazialer Ablagerungen aus zwei Maaren westlich Gillenfeld (Vulkaneifel). *Pollen et Spores*, 3 (2) : 275-302.
- STRAKA, H., 1975. Die spätquartäre Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. *Beitr. Landespf. Rheinland-Pfalz*, 3, 163 p.
- WEGMÜLLER, S., 1977. Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné). *Paul Haupt, Bern*, 185 p.
- WIJMSTRA, T.A. & DE VIN, E., 1971. The New Dinkel Canal section. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 22 : 101-129.
- WOILLARD, G., 1975. Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'est de la Belgique et dans les Vosges lorraines. *Acta Geographica Lovaniensia*, 14, 166p.
- ZOLLER, H., 1960. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. *Denk. Schweizer. Naturforsch. Gesell.*, 83 (2) : 45-156.

