

LA CHRONOSTRATIGRAPHIE DU WÜRM EN BELGIQUE, A LA LUMIÈRE DE LA PALYNOLOGIE DES LOESS ET LIMONS (*)

par BRUNO BASTIN (**)

*Laboratoire de Palynologie,
Université de Louvain*

(3 tableaux hors-texte et 4 planches)

RÉSUMÉ

Après avoir dressé une synthèse des travaux récents consacrés à la lithostratigraphie, à la palynologie et à la géochimie des dépôts würmiens en Europe, l'auteur admet l'existence de trois ensembles climatiques dans la dernière glaciation : Eowürm, Mésowürm, Néowürm.

Cinq interstades würmiens reconnus par la palynologie dans d'autres pays d'Europe sont mis en évidence en Belgique, par l'application de l'analyse pollinique à des profils de loess et de limons : les interstades d'Amersfoort, Brørup et Odderade dans le site de Rocourt, l'interstade d'Arcy-Kesselt dans le site de Kesselt, l'interstade de Laugerie-Lascaux dans le site de Maisières.

L'étude de l'évolution de la végétation met en évidence l'extension de groupements forestiers propres aux substrats loessiques pendant les interstades würmiens, et de groupements herbacés steppiques pendant les stades würmiens.

ABSTRACT

After a review of recent work on the lithostratigraphy, palynology and geochemistry of the Würmian deposits in Europe, the author accepts the existence of three climatic units during the last glaciation : Eowürm, Mesowürm, and Neowürm.

The five Würmian interstadials recognised on palynological evidence in other European countries have now been identified in Belgium by the application of pollen analysis to loess and loam profiles. The Amersfoort, Brørup and Odderade interstadials have been identified at Rocourt, the Arcy-Kesselt interstadial at Kesselt, and the Laugerie-Lascaux interstadial at Maisières.

Study of the evolution of the vegetation reveals the development of forest communities specific to loessic substrates during the Würmian interstadials, and of herbaceous steppe communities during the Würmian stadials.

INTRODUCTION

En regard des nombreux travaux consacrés à la lithostratigraphie et à la genèse des dépôts de limons mis en place en Belgique au cours des deux dernières glaciations, les connaissances acquises jusqu'à présent sur la couverture végétale de notre pays durant le Pléistocène supérieur représentent peu de choses, la rareté des restes végétaux n'ayant permis que des études très fragmentaires (A. PASTIELS, 1942;

(*) Communication présentée durant la séance du 7 juillet 1970. Manuscrit déposé à la même date.

(**) Université de Louvain, Laboratoire de Palynologie, 42 de Croylaan, B 3030 Heverlee.

F. STOCKMANS, 1947; R. VANHOORNE, 1949; J. DE PLOEY, 1961, 1963; R. VANHOORNE, 1963; W. MULLENDERS et coll., 1966; R. VANHOORNE, 1967).

La mise au point par B. FRENZEL (1964) d'une méthode de préparation des loess en vue de leur analyse pollinique permettra de combler cette lacune, en rendant désormais possible l'étude paléobotanique des sédiments limoneux, réputés stériles jusqu'il y a quelques années.

Dans le présent travail, nous présenterons les principaux résultats que nous avons obtenus par l'application de l'analyse pollinique à différents dépôts limoneux en Belgique (B. BASTIN, 1970), et dont nous avons précédemment donné un aperçu préliminaire (B. BASTIN, 1969).

Étant donné le caractère inédit de ces résultats, leur compréhension nécessitait de les replacer dans le cadre des connaissances acquises ces dernières années sur la succession des stades et interstades du Würm : c'est l'objet d'un premier chapitre, consacré à une synthèse des données les plus récentes concernant la séquence würmienne.

Un second chapitre sera consacré à l'étude palynologique de quatre profils de loess et de trois profils de limons⁽¹⁾ à partir desquels nous tirerons des conclusions concernant d'une part la chronostratigraphie du Würm, et d'autre part l'évolution des groupements végétaux ayant colonisé les loess et limons würmiens en Belgique.

I. LA SÉQUENCE WÜRMIENNE

1. *Stratigraphie des limons*

Dans ce paragraphe, nous passerons tout d'abord en revue les travaux les plus récents consacrés à la genèse des dépôts limoneux en Belgique, les principaux systèmes stratigraphiques issus de ces travaux étant synthétisés au Tableau I en annexe.

Ensuite, nous replacerons la stratigraphie des limons belges dans un cadre plus général, en disant quelques mots de la stratigraphie des limons en Autriche, en Tchécoslovaquie et en Allemagne.

a) *En Belgique.*

Les travaux consacrés ces vingt dernières années à la stratigraphie des limons belges ont conduit leurs auteurs à proposer soit une tripartition du Würm (basée sur la reconnaissance de trois cycles sédimentaires interrompus par deux périodes de réchauffement ou interstades), soit une bipartition du Würm (basée sur la reconnaissance de deux cycles sédimentaires séparés par une seule coupure stratigraphique majeure).

R. TAVERNIER (1948) est le premier à distinguer dans les dépôts limoneux würmiens trois assises représentant trois stades (périodes froides) séparés par deux interstades (périodes de réchauffement). Ces trois assises sont, de bas en haut :

— **l'ergéron inférieur** : limon gris à points noirs présentant à son sommet un horizon gris-cendré, reste d'un ancien sol de végétation steppique.

(¹) Par loess, nous entendons un limon d'origine éolienne ou nivéo-éolienne, dont environ 50 % des particules ont un diamètre compris entre 20 μ et 50 μ .

- **l'ergeron moyen** : limon gris feuilleté surmonté lui aussi d'une mince couche de teinte gris-blanchâtre ou gris-cendré, chargée de particules charbonneuses.
- **l'ergeron supérieur** : limon de teinte jaune clair, à grain très fin, doux au toucher et friable, souvent calcaire.

Ces conceptions sont reprises par R. TAVERNIER en 1954, puis complétées en proposant la dénomination de *sol de Clypot* pour le lehm du Würm I/II (R. TAVERNIER & J. DE HEINZELIN, 1957).

Remarquons que la distinction par R. TAVERNIER de trois limons würmiens se base essentiellement sur des observations faites à l'occasion du levé de la carte des sols ou de sondages, mais qu'aucune description de coupe n'a été publiée pour étayer cette interprétation. Il n'est dès lors pas possible de se faire une idée exacte de la rigueur de cette interprétation.

En 1949, G. MANIL adopte lui aussi un schéma de tripartition du Würm dans sa description de la tranchée de Mazy, dans laquelle il distingue trois niveaux de loess würmiens qui sont, de bas en haut :

- **loess 1 (loess ancien)** : de faciès variés, il est surmonté d'un lehm ou *limon fendillé rougeâtre*, et est rapporté au Würm I.
- **loess 2 (loess moyen)** : gris-brunâtre, à structure finement feuilletée, il est fréquemment surmonté d'un niveau d'altération superficielle plus ou moins profondément remanié et tronqué par l'érosion. Sur ce loess, l'auteur observe souvent un cailloutis et des figures de solifluxion et de cryoturbation, affectant le sommet du loess interprété comme Würm II.
- **loess 3 (loess récent)** : il se présente sous un faciès jaune, friable et stratifié, et est rattaché au Würm III.

En 1952, G. MANIL décrit trois nouvelles coupes dans lesquelles il retrouve la superposition de trois loess würmiens (à la briqueterie Laubain), mais aussi un loess ancien dans lequel est conservé un profil pédologique complet, témoin d'une profonde altération durant l'interglaciaire Riss/Würm (au Pont de l'Agasse).

Remarquons alors que dans la coupe du Pont de l'Agasse, du fait de l'attribution d'un âge Riss/Würm au sol fossile inférieur, il n'y a plus que deux loess würmiens au-dessus de ce sol fossile (1). En 1949 d'autre part, G. MANIL avait observé la similitude entre le lehm du loess ancien (loess 1) de la tranchée de Mazy et le sol fossile du Pont de l'Agasse. Nous pensons dès lors qu'il faut interpréter les trois loess observés par G. MANIL dans la tranchée de Mazy et dans la briqueterie Laubain de la façon suivante :

- le loess 1 (loess ancien) serait un loess rissien, le lehm qui s'y développe étant le « sol de Rocourt » décrit ultérieurement par F. GULLENTOPS (1954).
- le loess 2 (loess moyen) représenterait le faciès feuilleté typique décrit plus tard par F. GULLENTOPS (1954) pour le loess Hesbayen surmonté du « sol de Kesselt », souvent affecté par la solifluxion et des cryoturbations.
- le loess 3 (loess récent) correspondrait au loess décrit par F. GULLENTOPS (1954) sous le nom de Brabantien.

(1) Nous rangeant à l'avis de P. DUCHAUFOUR (1965), nous adopterons le terme « sol fossile » pour désigner d'anciens sols recouverts par des dépôts plus récents, le terme « paléosol » devant être réservé aux sols d'origine ancienne ayant résisté à l'érosion et affleurant actuellement.

En 1964 enfin, R. PAEPE propose lui aussi une tripartition du Würm, dans sa description des dépôts quaternaires de la plaine de la Lys, dans lesquels il distingue trois limons würmiens qui sont, de bas en haut :

- **limon récent 1** : la partie inférieure en est constituée par un sol fossile noir, le *sol de Warneton*, reposant sur un dépôt de solifluxion. La partie supérieure consiste en un limon gris hétérogène surmonté d'un lehm ou d'un sol noirâtre, témoins selon R. PAEPE de *l'interstade de Göttweig* (1).
- **limon récent 2** : brun-jaunâtre à stratification feuilletée, il repose sur une zone à fentes de gel et à « desert pavement » et est surmonté d'un lehm, témoin selon R. PAEPE de *l'interstade de Paudorf* (2).
- **limon récent 3** : caractérisé par l'alternance de minces linéoles sableuses et limoneuses, il repose sur un cailloutis et une zone à fentes de gel, et est surmonté d'un lehm.

Nous reviendrons ultérieurement sur deux points de ce travail qui présentent un intérêt particulier : la présence d'un sol steppique, le *sol de Warneton*, au sein du limon récent 1, et la présence dans les trois assises limoneuses de lignes de fentes de gel et de « desert pavements », notions qui seront ultérieurement développées (R. PAEPE & R. VANHOORNE, 1967).

En 1954, la description de différentes coupes de limon en Hesbaye conduit F. GULLENTOPS à proposer une bipartition du Würm, basée sur la distinction de deux assises würmiennes qui sont, de bas en haut :

- **l'Hesbayen** : limon stratifié d'origine nivéo-éolienne, il recèle les traces de phénomènes périglaciaires tels que fentes de gel et polygones de toundra. Au cours d'un interstade du Würm, le sommet de ce loess a subi une altération faible pendant la formation du *sol de Kesselt*.
- **le Brabantien** : loess homogène, non décalcifié à la base lorsqu'il est épais, il est le témoin du climat froid et sec ayant régné pendant la seconde phase du Würm.

Ces deux limons würmiens reposent sur un limon rissien :

- **l'Hennuyen** : on ne retrouve ce limon éolien qu'à des endroits peu érodés, sur les surfaces à relief minime. A Rocourt et Ans, ce loess a subi une altération intense au cours de l'interglaciaire Riss/Würm, et conserve les traces d'un profil pédologique complet : le *sol de Rocourt*.

Des analyses minéralogiques effectuées par F. GULLENTOPS sur les échantillons de loess de Rocourt montrent d'une part qu'il est possible de distinguer le loess inférieur (Hennuyen) des loess supérieurs (Hesbayen et Brabantien) et révèlent d'autre part la présence de minéraux volcaniques (hornblende basaltique, augite et enstatite) au sein d'une zone humifère développée au sommet du sol de Rocourt.

(1) Nous montrerons plus loin que *l'interstade de Göttweig* est un interstade mythique dont la notion est actuellement abandonnée.

(2) Le terme *interstade de Paudorf* universellement employé jusqu'à présent doit être abandonné. En effet, des études malacologiques du sol de Paudorf (*locus typicus*) ont mis en évidence une faune interglaciaire éémienne à la partie inférieure de ce sol (J. DEMEK, J. KUKLA et coll., 1969). Dans la suite de notre exposé, nous remplacerons provisoirement le terme « interstade de Paudorf » par celui de *interstade de Stillfried B.*

Ces minéraux volcaniques témoignent d'une importante éruption des volcans de l'Eifel que l'auteur situe à la fin de l'Eemien (interglaciaire Riss/Würm).

En 1966 et 1967, R. PAEPE revise ses idées antérieures, en établissant d'abord le parallélisme des dépôts de loess belges et autrichiens (R. PAEPE, 1966), puis en publiant un mémoire consacré à la stratigraphie du Pléistocène supérieur en Belgique, dans lequel il se rallie à la conception bipartite du Würm (R. PAEPE & R. VAN-HOORNE, 1967).

De bas en haut, les unités lithostratigraphiques suivantes sont rattachées au Pléniglaciaire A par R. PAEPE :

- une assise de sables et de graviers
- une assise de limons et de sables grossiers
- une assise de formations limoneuses ou limono-tourbeuses

cependant qu'au Pléniglaciaire B sont rattachés :

- une assise de limon ou de sable de couverture 1
- une assise de limon ou de sable de couverture 2

Dans les coupes étudiées par R. PAEPE, une importance particulière est accordée aux lignes de fentes de gel (*frost wedge rows*) et aux alignements de cailloux éolisés (*desert pavements*) qui leur sont généralement associés. L'attribution d'une position stratigraphique stricte à trois niveaux de fentes de gel auxquelles sont associés des cailloux éolisés appelle cependant les remarques suivantes :

1° au sein des seules formations limono-tourbeuses, il y a généralement plusieurs (jusque quatre) lignes de fentes de gel ou lignes de cailloux éolisés (à Wevelgem, Harelbeke, Rumbeke, Zonnebeke, Gent et Mechelen) alors qu'on note l'absence du *D.P.1* (à Rumbeke), du *D.P.1* et du *D.P.2* (à Harelbeke), des *D.P.1*, *D.P.2* et *D.P.3* (à Gent) (1).

2° à Maisières, la séquence suivante est décrite : formations limoneuses surmontées d'une ligne de fentes de gel, sables entrecroisés surmontés d'une ligne de fentes de gel, limon de couverture 1 ; soit deux lignes de fentes de gel entre les formations limoneuses et le limon de couverture 1, au lieu de la seule ligne de fentes de gel du *D.P.2* normalement présente.

3° sur les vingt sites étudiés, il n'y en a que cinq dans lesquels *D.P.1*, *D.P.2* et *D.P.3* soient simultanément présents. Mais dans ces cinq sites, la succession des unités lithologiques présente alors certaines lacunes : absence du sol de Kesselt sur lequel repose normalement le *D.P.2* (à Warneton), absence du sol de Rocourt et du sol de Warneton sur lequel repose normalement le *D.P.1* (à Wevelgem), absence du sol de Rocourt, du sol de Warneton et du sol de Kesselt (à Zonnebeke et Mechelen), absence de sédiment entre le *D.P.2* et le *D.P.3* (à Tongrinne).

4° à Racour, le *D.P.3* repose directement sur les formations limoneuses qui occupent ici toute la période entre le *D.P.1* et le *D.P.3*, soit à la fois le Pléniglaciaire A et B, sans coupure stratigraphique. Dans ce cas, on voit que l'attribution d'une position stratigraphique stricte aux lignes de fentes de gel et de cailloux éolisés mène à une contradiction évidente.

Dès lors, tout en reconnaissant l'importance climatique de ces phénomènes

(1) *D.P.1*, *D.P.2*, *D.P.3* : abréviations de « desert pavement » 1, « desert pavement » 2, « desert pavement » 3, dont la position stratigraphique est indiquée au Tableau I, en annexe.

périglaciaires, susceptibles d'influencer l'évolution de la végétation, nous pensons qu'il est difficile, voire même dangereux, de leur attribuer une position stratigraphique stricte.

Au sein des dépôts würmiens, R. PAEPE reconnaît également la présence de sols fossiles. Outre les sols de Rocourt et de Kesselt précédemment décrits par F. GULLENTOPS (1954), quatre nouveaux sols sont décrits : le *sol d'Anvers*, le *sol de Warneton*, le *sol de Poperinge* et le *sol d'Hoboken*. Il convient de faire un bref commentaire sur la description de ces sols :

— à Anvers, R. PAEPE décrit comme sol podzolique un ensemble formé par un horizon inférieur de sable grossier rubéfié (interprété comme un horizon B_{tr}) et un horizon supérieur de sable grossier gris-blanc (interprété comme un horizon A_2) irrégulièrement stratifié et contenant des galets d'argile de Boom non altérés. Ce « sol » repose sur des lentilles de tourbe d'âge émien, et est surmonté par le sol de Warneton pour lequel l'auteur propose une corrélation avec les interstades d'Amersfoort et/ou de Brørup. L'auteur attribue de ce fait un âge fin émien au sol d'Anvers, estimant que l'interglaciaire Riss/Würm aurait été coupé en deux par une oscillation froide.

Remarquons tout d'abord qu'on a réalisé un peu partout en Europe des dizaines de diagrammes polliniques de sédiments émiens, et que jamais une oscillation froide n'a été mise en évidence dans cet interglaciaire. D'autre part, une visite du site avec F. Gullentops nous a convaincu de la non-existence du « sol d'Anvers ». La rubéfaction de l'horizon inférieur résulterait d'un enrichissement en fer par voie latérale, cependant que l'horizon de sable gris-blanc sus-jacent représente un nouveau dépôt n'ayant subi aucune pédogénèse, ainsi que l'indique la présence au sein de ces sables de galets inaltérés d'argile de Boom, galets d'argile transportés à l'état gelé lors de la mise en place des sables gris-blancs (1).

— le sol de Warneton occupe une position stratigraphique très constante, reposant directement sur le sol de Rocourt (à Tongrinne, Warneton, Poperinge), ou n'en étant séparé que par un limon relativement peu épais (à Zelzate, Anvers), et est de ce fait rattaché par R. PAEPE aux interstades d'Amersfoort et/ou de Brørup.

— à Poperinge, la datation du « sol » (43.650 B.C.) a été faite sur un horizon tourbeux, mais en l'absence d'analyse pollinique, rien n'indique que cette tourbe correspond à une amélioration climatique et n'est pas simplement un phénomène purement local.

Remarquons qu'en 1964, R. PAEPE décrit dans la briqueterie Schabalie à Poperinge, entre le sol de Warneton et le sol de Kesselt : 3 zones humifères sur la paroi nord et 2 zones humifères sur la paroi sud. Le fait qu'il ne retrouve en 1967 sur la paroi ouest qu'une zone tourbeuse (le « sol » de Poperinge) dans la même position stratigraphique montre bien le caractère strictement local de ces formations tourbeuses.

— également obtenue à partir d'un niveau de tourbe, la datation du sol d'Hoboken (30.540 B.C.) est très proche de datations d'horizons pédologiques rattachés à l'interstade de Stillfried B (2), notamment : Denekamp 4, 30.250 B.C. et Gött-

(1) Cette interprétation nous a été donnée sur le terrain par F. Gullentops que nous remercions vivement.

(2) Rappelons que nous remplaçons provisoirement le terme *interstade de Paudorf* par celui de *interstade de Stillfried B*.

weig-Aigen 6/59, 30.190 B.C. Or, ainsi que le souligne R. PAEPE, le sol d'Hoboken est en relation étroite avec le sol de Kesselt, ce qui semble confirmer que l'interstade de Stillfried B aurait été coupé en deux par une oscillation froide, ainsi que l'indiquent la superposition de deux pédogénèses au sein du « Lohner Bodenkomplex » (H. ROHDENBURG & B. MEYER, 1966), et la succession de deux phases tempérées très rapprochées dans le diagramme pollinique de Arcy-sur-Cure (Ar. & A. LEROI-GOURHAN, 1964).

Le développement d'une pédogénèse impliquant une amélioration de climat, les sols décrits par R. PAEPE devraient correspondre aux interstades würmiens reconnus par la palynologie. Or, si le rattachement du sol de Warneton aux interstades d'Amersfoort et/ou de Brørup, et le rattachement du sol d'Hoboken à la première partie de l'interstade de Stillfried B ne posent pas de difficulté, il n'en est pas de même des sols d'Anvers et de Poperinge que l'on ne peut rattacher à aucune amélioration climatique reconnue jusqu'à présent. L'existence de ces deux « sols » ne nous semble dès lors pas encore établie de façon définitive.

b) *En Autriche.*

Dès 1956, J. FINK établit pour les dépôts limoneux de Basse-Autriche une séquence fondamentale parce que d'une part elle s'appuie sur la corrélation des terrasses et des dépôts de loess, et que d'autre part les différences de faciès mises en évidence par l'auteur rendent possible la corrélation des coupes très complètes décrites en Basse-Autriche et des coupes situées dans des régions parfois éloignées, notamment les coupes belges. J. FINK reconnaît en effet trois types de séquences, suivant la plus ou moins grande humidité du climat :

- *dans la région sèche* (caractérisée par des précipitations inférieures à 600 mm/an et un sol actuel de type chernozem ou de type brun), le sol interglaciaire Riss/Würm est représenté par l'horizon B d'un sol brun loessique : c'est la *Verlehmungszone* surmontée de plusieurs horizons humifères, *Humuszonen*, séparés l'un de l'autre par un loess calcareux. L'ensemble de la *Verlehmungszone* et des *Humuszonen* forme le **Stillfrieder Komplex**. Les dépôts supérieurs sont constitués de deux loess typiques séparés par un sol brun faiblement développé, le sol de **Stillfried B**.
- *dans la région de transition* (caractérisée par des précipitation de 600-700 mm/an et un sol actuel de type brun ou de type lessivé), l'horizon B du sol interglaciaire est surmonté non plus de zones humifères distinctes, mais de sédiments humifères soliflués, des *Fliesserden*, cependant que les loess typiques sont séparés par un *geflekte Horizont* présentant une juxtaposition de taches brunes (argileuses) et grises (humiques).
- *dans la région humide* (caractérisée par des précipitations de 700-800 mm/an et un sol actuel de type lessivé), le sol interglaciaire appartient au groupe des sols lessivés et non plus des sols bruns, il est surmonté de *Fliesserden*, l'ensemble du sol interglaciaire et des *Fliesserden* formant le **Linzer Komplex**. Sur ce complexe se déposent non plus des loess typiques, mais des limons présentant une structure feuilletée, des *Schwemmlösse* montrant parfois des traces de gleyification. A leur sommet se retrouvent les restes d'un sol gleyifié souvent profondément affecté par des cryoturbations, au-dessus duquel se déposent ensuite des loess typiques.

Déjà à l'époque, J. FINK relève le parallélisme entre les dépôts limoneux décrits

à Rocourt par F. GULLENTOPS (1954) et les dépôts limoneux autrichiens. En 1966, R. PAEPPE met également en évidence les ressemblances existant entre loess autrichiens et loess belges, et propose une corrélation entre les coupes de Stillfried en Autriche, et de Tongrinne en Belgique.

Remarquons alors que Stillfried est le *locus typicus* des séquences de loess de la région sèche en Autriche, avec un sol actuel de type chernozem, et une pluviosité inférieure à 600 mm/an. A Tongrinne par contre, le sol actuel appartient au groupe des sols lessivés, et la pluviosité annuelle dépasse 800 mm. Il est dès lors évident que la comparaison entre Stillfried et Tongrinne est inadéquate. En effet, le complexe des sols de Rocourt et de Warneton n'est pas l'équivalent du Stillfrieder Komplex de la région sèche autrichienne, mais bien l'équivalent du Linzer Komplex de la région humide autrichienne. De même l'horizon cryoturbé représentant le sol de Kesselt à Tongrinne s'apparente beaucoup plus au sol gleyifié de la région humide autrichienne, qu'au sol brun de type Stillfried B de la région sèche.

c) *En Tchécoslovaquie.*

Des séquences très comparables à celles décrites en Autriche se retrouvent en Tchécoslovaquie, notamment à Dolni Vestonice (B. KLÍMA, J. KUKLA, V. LOŽEK et H. DE VRIES, 1961), où sur le sol interglaciaire Riss/Würm appelé *Pédocomplexe III* par les auteurs, on trouve d'abord deux chernozems (*Pédocomplexe II*) séparés l'un de l'autre par un mince horizon de loess, puis une troisième pédogénèse (*Pédocomplexe I*) qui sépare les deux horizons de loess plus récents. Remarquons que selon les auteurs tchèques, le Pédocomplexe III serait représenté par un profil pédologique complet, comportant un horizon A humifère, un horizon A éluvial et un horizon B argileux d'un sol de type lessivé. Le premier, F. BRANDTNER (1956) a mis en doute le caractère éluvial du mince horizon de loess séparant la couche humifère de l'horizon B argileux, cet horizon de loess résultant selon lui de la mise en place de sédiments, au sommet desquels se développera ultérieurement un chernozem.

Nous nous rangeons à cette interprétation, car la base de l'horizon B étant soulignée par un horizon illuvial d'enrichissement en calcaire, on peut mesurer l'épaisseur de cet horizon B qui atteindrait — dans l'hypothèse d'un profil pédologique complet, avec un horizon éluvial au-dessus de l'horizon B — à peine plus d'un mètre. Or, partout en Europe, on admet que la pédogénèse éémienne témoigne d'une altération plus intense que l'altération due à la pédogénèse holocène, et qu'elle s'est faite pendant un laps de temps considérablement plus long. Nous nous étonnons dès lors de ce que la décalcification n'ait atteint qu'une profondeur de l'ordre du mètre. Aussi pensons-nous que non seulement les horizons A, mais également une partie de l'horizon B ont été érodés lors de l'importante phase de ravinement qui a marqué le début du Würm, et qu'il ne reste dans la coupe de Dolni Vestonice — et probablement dans toutes les coupes similaires — qu'une partie de l'horizon B du sol interglaciaire, le mince horizon de loess et le chernozem sus-jacents appartenant déjà au premier cycle sédimentaire würmien.

d) *En Allemagne.*

Une synthèse publiée par E. SCHÖNHALS, H. ROHDENBURG et A. SEMMEL (1964) a établi la succession stratigraphique suivante pour les loess de la région du Rhin, du Main et du nord de la Hesse :

— les loess würmiens reposent sur le sol interglaciaire Riss/Würm marqué par un puissant horizon (plus de 1,5 m) de couleur brun-rouge, de structure polyédrique

à feuilletée et nettement enrichi en argile. Cet horizon B_t caractéristique est souvent affecté par des phénomènes de marmorisation, son sommet étant dans ce cas dérangé par des traces de solifluxion et tronqué par un cailloutis.

- au-dessus du sol interglaciaire, une première phase du Würm (Altwürm) se marque par la présence d'une zone humifère dont l'épaisseur peut atteindre 1 mètre, et qui se subdivise parfois en trois horizons distincts. Parfois aussi cette zone humifère manque, et le limon qui occupe sa position stratigraphique est alors marqué de nettes traces de solifluxion.
- pendant une seconde phase du Würm (Mittelwürm) un important dépôt de loess est mis en place, au sein duquel se marque un premier horizon brun lehmifié d'environ 50 cm d'épaisseur, puis un second sol brun plus épais (de 80 cm à 1 m) caractérisé par sa structure feuilletée et conservant les traces d'une lamination par la solifluxion. Outre ces deux sols, dont le second est le mieux marqué, on retrouve au sein de ces loess une série d'horizons gris à texture serrée, mais dont l'enrichissement en argile est peu important : ce sont des *Nassböden*, leur nombre est ordinairement de quatre.
- pendant la dernière phase du Würm (Jungwürm), un épais manteau de loess est mis en place, dans lequel des phases d'arrêt de sédimentation se marquent par de minces horizons pédologiques dont le caractère local rend difficile pour le moment la corrélation avec des phases similaires dans d'autres régions loessiques d'Europe.

e) *Conclusions.*

La synthèse que nous venons d'établir des travaux les plus récents consacrés à la stratigraphie des limons en Belgique, et leur comparaison avec des travaux similaires réalisés en Autriche, en Tchécoslovaquie et en Allemagne, nous conduit à tirer deux conclusions principales :

1° Le dépôt des limons würmiens s'est fait par une succession de phases de sédimentation entrecoupées de périodes d'arrêt se marquant dans les coupes par des lignes de fentes de gel et des cailloutis, mais aussi par la présence de sols fossiles. Ces derniers, qui traduisent des phases d'amélioration climatique, caractérisent d'une part le début du Würm pendant lequel se forme en Belgique le *sol de Warneton*, et d'autre part le milieu du Würm, pendant lequel se forment en Belgique les *sols d'Hoboken et de Kesselt*.

Le *sol de Warneton* est sans doute un complexe de plusieurs pédogénèses successives, puisqu'aussi bien en Autriche qu'en Allemagne, à la zone humifère occupant la même position stratigraphique en région humide, correspondent trois chernozems superposés en région sèche. Rappelons que le sol de Warneton est rattaché par R. PAEPE (1967) aux interstades d'Amersfoort et/ou de Brørup, mais remarquons que jusqu'ici les essais de corrélation par la palynologie se sont révélés peu convaincants, que ce soit à Oberfellabrunn (B. FRENZEL, 1964) ou à Poperinge, Rumbeke et Anvers (R. VANHOORNE, 1967).

Quant aux *sols d'Hoboken et de Kesselt*, ils semblent traduire deux oscillations tempérées très proches l'une de l'autre, le sol de Kesselt étant rattaché à l'interstade de Stillfried B, cependant que la datation du sol d'Hoboken est très voisine de plusieurs datations de sédiments rapportés à cet interstade, comme nous le verrons dans le paragraphe consacré à la chronologie géochimique du Würm.

2° L'extension des glaciers würmiens ne s'accompagne pas seulement d'une

diminution progressive de la température, mais aussi d'une diminution de l'humidité du climat qui se marque clairement dans les processus de mise en place des sédiments. Au début du Würm, les traces de profonds ravinements et d'importants phénomènes de ruissellement traduisent l'existence d'un climat très humide, mais pas encore très froid. Puis la sédimentation de loess nivéo-éoliens dans lesquels se développent fentes de gel et sols réticulaires traduit encore une grande humidité, mais aussi un climat plus froid permettant l'installation d'un permafrost. Enfin, la sédimentation de loess éoliens typiques montre que le climat est devenu non seulement très froid, mais aussi très sec.

De ce fait, nous serions prêt à adopter la subdivision des auteurs allemands distinguant un *Altwürm*, un *Mittelwürm* et un *Jungwürm* dans la dernière glaciation.

2. *Interstades reconnus par la palynologie*

En même temps que se développait en Europe l'étude lithostratigraphique des dépôts limoneux, l'analyse pollinique de sédiments organiques würmiens mettait en évidence l'existence de plusieurs interstades au sein de la dernière glaciation. Après un bref historique de ces découvertes, nous fixerons pour chaque interstade les grands traits de l'évolution de la végétation, cependant que nous proposons dans le Tableau II en annexe une synchronisation des principaux diagrammes polliniques des interstades würmiens. Précisons que dans ce tableau, nous avons été amené à modifier l'interprétation originale de certains diagrammes polliniques, en tenant compte des connaissances acquises récemment dans ce domaine (S. T. ANDERSEN, 1961; W. H. ZAGWIJN, 1961; F. R. AVERDIECK, 1967; B. BASTIN, 1970).

a) *Historique.*

Bien que les études antérieures aient révélé l'existence d'un ou de plusieurs interstades au sein de la dernière glaciation, il a fallu attendre 1960 pour que la position des interstades d'*Amersfoort* et de *Brørup* au début du Würm soit établie de façon indiscutable par S. T. ANDERSEN, H. DE VRIES et W. H. ZAGWIJN. En 1967, un troisième interstade du début du Würm, l'interstade d'*Odderade*, sera mis en évidence par F. R. AVERDIECK, cependant que le premier diagramme pollinique se rapportant aux interstades d'*Arcy-Stillfried B* et de *Laugerie-Lascaux* a été publié en 1964 par Ar. LEROI-GOURHAN.

Ces cinq interstades sont actuellement les seuls dont l'existence et la position chronostratigraphique soient clairement établies, cependant nous dirons quelques mots de trois autres phases interstadières dont l'existence a été soutenue par certains auteurs : les « interstades » de Göttweig, Hengelo et Moershoofd.

b) *Interstade d'Amersfoort.*

La dégradation climatique du début du Würm semble s'être faite de façon progressive, ce qui se traduit dans la végétation non pas par une élimination brutale des groupements forestiers, mais par une migration de ces groupements forestiers vers le sud, comme l'indique la zonation de la végétation mise en évidence dans les diagrammes polliniques représentant cette période.

Alors qu'au Danemark ne se développe durant l'interstade d'*Amersfoort* qu'une végétation de landes et de fourrés de *Betula nana* et *Juniperus communis*, en Allemagne du nord s'installent des forêts pionnières de *Betula*, cependant qu'en Hollande à la forêt pionnière de *Betula* succède une taïga claire à *Pinus-Betula*. Dans le site

d'Amersfoort, qui a donné son nom à l'interstade, W. H. ZAGWIJN (1961) a pu mettre en évidence de façon détaillée l'évolution de la végétation qui se fait de la façon suivante :

- une première phase est caractérisée par le très fort recul des *Ericacées* qui avaient connu une forte extension dès la fin de l'Eémien, et par une nette extension de *Salix* et de *Equisetum*, cependant que *Picea* qui s'était maintenu jusqu'alors disparaît également.
- une seconde phase est caractérisée en général par une très forte extension de *Betula* qui forme localement des groupements forestiers pionniers d'où *Pinus* est temporairement exclu. Pendant cet épisode, *Salix* régresse, cependant que *Equisetum* peut rester localement abondant.
- une troisième phase est caractérisée par l'extension de *Pinus* qui supprime *Betula*, par la réimmigration temporaire d'essences feuillues plus thermophiles : *Alnus*, *Corylus*, *Quercus* et *Ulmus*, et par la présence sporadique de *Picea* et *Carpinus*. Cet épisode se termine en général par une nouvelle extension de *Equisetum*, qui annonce le retour à un climat plus humide et plus froid.

Remarquons que durant l'interstade d'Amersfoort, l'augmentation de la température n'a pas dû être très prononcée, le climat gardant un caractère subarctique même en Hollande, comme l'indiquent le rôle mineur des essences forestières feuillues, et l'absence presque totale de *Picea*.

c) Interstade de Brørup.

Des cinq interstades du Würm mis en évidence par la palynologie, l'interstade de Brørup semble avoir été à la fois le plus chaud et le plus long, comme en témoigne la grande extension des groupements forestiers fermés, aussi bien au Danemark qu'en Hollande ou en Pologne. En effet, dans tous les sites où cet interstade a été reconnu, les groupements pionniers de *Pinus* et *Betula* sont rapidement remplacés par une forêt fermée dans laquelle *Picea* et *Alnus* jouent un rôle important, cependant que se réinstallent temporairement *Carpinus*, *Corylus*, *Quercus* et *Ulmus*.

Caractéristique principale de l'interstade de Brørup, l'extension de *Picea* n'est pas seulement due à la réimmigration de *Picea abies*, mais également à celle de *Picea omorikoides*, espèce éteinte voisine de *Picea omorika*, découverte par C. A. WEBER (1898). Dans les diagrammes polliniques les plus détaillés, il est possible de distinguer trois phases dans l'extension de *Picea* : une première phase où seul *Picea abies* est présent, une seconde phase où *Picea omorikoides* fait son apparition et supprime parfois *Picea abies*, et une troisième phase où *Picea abies* et *Picea omorikoides* ont à peu près la même importance.

Remarquons en outre qu'au Danemark et dans le nord de l'Allemagne, l'extension de *Picea* est immédiatement précédée d'un stade pionnier à *Frangula alnus*, cependant qu'en Pologne est enregistrée une courte phase à dominance de *Alnus* et de *Tilia*.

Par rapport à l'interstade d'Amersfoort, l'interstade de Brørup s'en distingue par trois traits essentiels :

- le rôle important de *Picea* (*P. abies* et *P. omorikoides*)
- la réinstallation d'essences forestières feuillues parmi lesquelles *Alnus* joue un rôle prépondérant
- l'extension considérable des *Ericacées*, principalement de *Calluna*.

d) *Interstade d'Odderade.*

Découvert récemment, cet interstade est encore assez mal connu, mais il semble qu'il se distingue de l'interstade de Brørup essentiellement par la moins grande extension de *Picea abies*, la rareté de *Picea omorikoides* et le rôle effacé de *Alnus*.

Il est important de noter que dans le site d'Odderade, les horizons tourbeux dans lesquels ont été mis en évidence les interstades d'Amersfoort, de Brørup et d'Odderade, reposent eux-mêmes sur une tourbe émiennne, et donc que la succession de trois phases interstadiées au début du Würm apparaît clairement dans ce site (F. R. AVERDIECK, 1962, 1967).

e) *Interstade d'Arcy-Stillfried B.*

La succession rapide de deux oscillations tempérées au sein de la coupure stratigraphique majeure du Würm a été mise en évidence par la palynologie dans le site d'Arcy-sur-Cure (Ar. & A. LÉROI-GOURHAN, 1964) où sont enregistrées deux phases successives d'extension forestière séparées par une courte période de recul momentané des groupements forestiers.

Bien que nos connaissances sur la réimmigration forestière au cours de cet interstade soient encore fragmentaires, il semble que les groupements forestiers qui se sont réinstallés aient été assez proches des groupements forestiers de l'interstade d'Amersfoort. C'est ainsi qu'en Pologne, dans les sites de Dobra (A. ŚRODOŃ, 1968) et de Lazek (K. MAMAKOWA, 1968), l'interstade d'Arcy-Stillfried B est caractérisé par une végétation de « toundra-parc » parsemée de groupements forestiers de conifères (*Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Juniperus*) cependant que quelques feuillus (*Alnus*, *Betula*, *Populus*) se trouvaient cantonnés dans les vallées.

Remarquons néanmoins que même dans les sites de grottes (Ar. LÉROI-GOURHAN, 1964, 1968), où les arbres sont en général très sous-représentés, se manifeste une légère extension des essences feuillues : *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Quercus*, et qu'on y retrouve en outre des pollens isolés de feuillus thermophiles : *Carpinus*, *Juglans* et *Tilia*.

f) *Interstade de Laugerie-Lascaux.*

Tout comme l'interstade d'Arcy-Stillfried B, il se compose de deux oscillations tempérées, dont la première correspond à des couches archéologiques solutréennes, et la seconde à des couches archéologiques magdaléniennes. La végétation forestière de cet interstade est encore assez mal connue, les seuls diagrammes polliniques où il ait été enregistré provenant de sédiments de remplissage d'abris-sous-roche, à partir desquels il est malaisé de se faire une idée exacte de la végétation forestière, en raison de la surreprésentation des espèces herbacées. Il est cependant probable que cet interstade ait été plus marqué que le précédent, si l'on en juge par le rôle plus important de *Alnus* et *Corylus*, l'existence d'une courbe continue de *Hedera* à l'abri Fritsch, et la présence de *Pinus pinaster* et *Buxus sempervirens* à Tursac et à l'abri Fritsch (Ar. LÉROI-GOURHAN, 1967, 1968). Dans ce dernier gisement, *Tilia* apparaît en outre à huit niveaux, *Carpinus* à trois niveaux, et *Fagus* à deux niveaux.

g) *Interstade de Göttweig.*

Bien que ce ne soit pas à la suite de travaux de palynologie qu'a été soutenue l'existence d'un « interstade de Göttweig », il nous semble indispensable d'en dire quelques mots, étant donné les très nombreuses références à cet « interstade » faites dans la littérature jusqu'il y a quelques années.

Le rattachement du sol de Göttweig à un interglaciaire ou à un interstadaire suscitait depuis longtemps des controverses, lorsqu'en 1952, F. Brandtner découvrit en compagnie de J. Fink des charbons de bois à la surface d'une *Verlehmungszone* (le sol de Göttweig) dans la coupe de Senftenberg, découverte qui allait provoquer les malentendus qui sont à l'origine de la notion d'un « interstade de Göttweig » (F. FELGENHAUER, J. FINK, H. DE VRIES, 1959). En effet, d'une part la datation de ces charbons de bois (Gro 1217, 46.350 B.C.) par H. DE VRIES (1958) indiqua un âge dont on sait actuellement qu'il est beaucoup trop jeune (J. C. VOGEL & W. H. ZAGWIJN, 1967), d'autre part F. Brandtner prétendit que ces charbons de bois provenaient de la base du sol de Göttweig, alors qu'ils reposaient en réalité sur ce sol (J. FINK, 1959, 1962). Dès lors, le mythe d'un interstade ayant débuté vers 46.000 B.C. était créé, et différents compilateurs s'en firent les défenseurs, principalement H. GROSS (1956, 1958, 1959 et 1960) et P. WOLDSTEDT (1956, 1958a, 1958b et 1960). A partir de ce moment, il devint courant de rattacher à « l'interstade de Göttweig » toute oscillation d'allure interstadaire d'un âge mal défini, jusqu'à ce qu'en 1962, la sous-commission de l'INQUA pour la stratigraphie des loess se prononce définitivement sur le rattachement du sol de Göttweig à l'interglaciaire Riss/Würm (J. FINK, 1964), mettant ainsi fin au mythe de l'existence de cet « interstade de Göttweig ».

h) *Interstade de Hengelo.*

L'existence de cette phase interstadaire a été soutenue pour la première fois par T. VAN DER HAMMEN, G. C. MAARLEVELD, J. C. VOGEL et W. H. ZAGWIJN en 1967, dans une étude annonçant la mise en évidence de deux nouveaux interstades en Hollande : l'interstade de Hengelo, de 37.000 à 35.000 B.C., et l'interstade de Denekamp, de 30.000 à 27.000 B.C. Selon les auteurs, l'ensemble de ces deux interstades correspondrait à la phase interstadaire pendant laquelle s'est formé le sol de Stillfried B en Autriche.

Si le rattachement de l'interstade de Denekamp à l'interstade d'Arcy-Stillfried B ne pose pas de difficulté, il n'en va pas de même de « l'interstade de Hengelo ». Remarquons en effet :

1° qu'il y a plus de 4.000 ans d'écart entre la datation la plus jeune de cet « interstade » : Hengelo IV, GrN 2685, 34.650 B.C., et la datation la plus vieille du sol de Stillfried B : Göttweig-Aigen 6/59, GrN 2196, 30.190 B.C.

2° qu'en l'absence de diagrammes polliniques (dont la publication est annoncée depuis trois ans), il n'est pas possible de juger de l'existence réelle d'une amélioration climatique interstadaire entre 37.000 et 35.000 B.C. C'est ainsi notamment que le passage d'une végétation de toundra à une végétation de steppe-toundra à *Artemisia* et *Chénopodiacées* dans le diagramme pollinique (non publié) de Ruigekluft, traduisant selon J. C. VOGEL et W. H. ZAGWIJN (1967) une amélioration climatique, pourrait n'être dû qu'au passage d'un climat froid-humide à un climat froid-sec.

3° que sont rattachés à « l'interstade de Hengelo » les dépôts de macroflore de Velsen (F. FLORSCHÜTZ, 1957), de Wierden (F. FLORSCHÜTZ, 1958) et de Hengelo (H. TRALAU & W. H. ZAGWIJN, 1962) dans lesquels ont été conservés des restes de plantes arctiques-alpines telles que *Betula nana*, *Dryas octopetala*, *Salix herbacea*, *Salix polaris*, *Salix reticulata*, *Selaginella selaginoides* ... qui témoignent au contraire d'un climat rigoureux.

Nous estimons dès lors que dans l'état actuel de nos connaissances, la notion d'un « interstade de Hengelo » est loin de reposer sur des bases solides.

i) *Interstade de Moershoofd.*

Ce terme a été créé en 1968 par W. H. ZAGWIJN dans un travail fait en collaboration avec R. ПАЕПЕ, dans lequel le premier auteur cité propose de considérer comme interstadaire une phase de végétation de toundra mise en évidence en Hollande entre 48.000 et 41.000 B.C. En effet, selon W. H. ZAGWIJN, durant cette phase de toundra, la température moyenne du mois de juillet aurait été de 5-6° C, ce qui témoigne d'un réchauffement de climat par rapport aux phases de « désert polaire » qui auraient précédé et suivi cet « interstade ».

Remarquons que bien qu'il soit très difficile de s'accorder sur la définition précise d'un interstade, il semble actuellement exister un large accord pour n'attribuer la valeur d'interstade qu'à des phases de réimmigration — au moins partielle — des groupements forestiers. Nous pensons dès lors que le terme « interstade » est injustifié pour cette oscillation de Moershoofd, et que qualifier d'interstade des périodes aussi peu tempérées mènerait à une multiplication abusive des interstades würmiens.

j) *Conclusions.*

Tout comme les études lithostratigraphiques, les études palynologiques consacrées aux dépôts würmiens révèlent l'existence de plusieurs phases interstadaïres, dont on peut tenter dès à présent la corrélation avec les sols fossiles mis en évidence au sein des dépôts limoneux de la dernière glaciation :

1° les premiers dépôts würmiens surmontant le sol fossile Riss/Würm sont caractérisés, dans les régions loessiques sèches, par l'alternance de trois horizons loessiques et de trois horizons humifères, la formation de ces derniers étant très probablement liée aux interstades d'Amersfoort, de Brørup et d'Odderade.

2° dans toutes les coupes de loess, une coupure stratigraphique majeure se marque par la présence d'un sol ou de deux sols superposés séparant un complexe inférieur de loess nivéo-éoliens, d'un complexe supérieur de loess éoliens purs. Cette coupure stratigraphique peut être rattachée à l'interstade d'Arcy-Stillfried B.

3° la mise en évidence de l'interstade de Laugerie-Lascaux apporte une confirmation à l'observation faite par F. BORDES (1960) de l'existence d'un interstade correspondant au Solutréen moyen et supérieur et au Magdalénien inférieur, pour lequel J. DE HEINZELIN (1961) a le premier proposé la dénomination d'interstade de Laugerie. Cet interstade avait d'ailleurs été soupçonné antérieurement en Belgique, lorsque R. TAVERNIER et J. DE HEINZELIN (1957) avaient fait observer que la partie supérieure des formations de leur Limon récent III présentait parfois une lehmification résultant d'une pédogénèse antérieure à la pédogénèse de l'Allerød, et plus importante qu'elle.

4° il est probable que d'autres phases de réchauffement mineur (Moershoofd, Hengelo) aient interrompu la sédimentation des dépôts würmiens : dans l'état actuel de nos connaissances, il semble cependant prématuré de leur accorder valeur d'interstade.

3. *Chronologie géochimique*

Depuis une dizaine d'années, de très nombreuses datations de sédiments würmiens par le ^{14}C ont permis d'établir une chronologie absolue relativement serrée de la dernière glaciation. Nous ne reprendrons ici que les datations concernant les

interstades würmiens, en vue de préciser pour chacun d'eux sa place dans la chronologie et sa durée (1).

De l'interstade d'Amersfoort, une seule date précise a pu être obtenue jusqu'à présent :

GrN 1397, Amersfoort XII : 61.550 B.C.

Pour l'interstade de Brørup, on peut retenir les deux datations suivantes, qui indiqueraient pour cet interstade une durée d'environ 2.000 ans :

GrN 1470, Brørup Hotel Bog BP 2 : 57.150 B.C.

GrN 1475, Chelford : 58.850 B.C.

Enfin, pour l'interstade d'Odderade, on peut présumer une durée d'environ 1.500 ans, en se basant sur les deux datations suivantes :

GrN 4157, Odderade 1-1 : 54.750 B.C.

GrN 4671, Odderade 1-2 : 56.150 B.C.

Remarquons cependant que ces datations se rapportant à des couches étudiées par la palynologie, on constate qu'il existe dans certains sites des inversions de dates, dans les sites de Brørup et Odderade notamment, où le début de l'interstade a fourni une datation plus récente que la fin de l'interstade. Il est probable d'autre part que les âges mesurés ne seraient que des âges minimums, comme semblent l'indiquer les deux faits suivants :

1° à Oerel, H. SCHNEEKLOTH (1964) a mis en évidence deux interstades, rattachés à l'interstade de Brørup et l'interstade d'Odderade par F. R. AVERDIECK (1967), qui ont été datés l'un et l'autre de plus de 62.000 B.P. (Hv 802 et 803).

2° à Grossweil, H. REICH (1953) a mis en évidence deux interstades, eux aussi rattachés aux interstades de Brørup et Odderade par F. R. AVERDIECK (1967). Or, un bois de *Pinus* provenant de l'interstade supérieur (Odderade) a fourni une datation de 67.150 B.C. (GrN 4031). Bien que ce bois ait été récolté indépendamment des échantillons analysés par la palynologie, et pourrait avoir été remanié des couches émiennes sous-jacentes, il faut cependant envisager que les datations obtenues à Amersfoort, Brørup et Odderade seraient alors quelque 10.000 ans trop jeunes (J. C. VOGEL & W. H. ZAGWIJN, 1967).

De l'interstade d'Arcy-Stillfried B, une bonne douzaine de dates permettent de le situer avec assez bien de précision dans la chronologie, les deux datations extrêmes obtenues jusqu'à présent lui assignant une durée d'environ 4.000 ans :

GrN 2092, Dolni vestonice 3 : 26.350 B.C.

GrN 5111, Dobra : 30.600 B.C.

Il est intéressant de noter que dans trois sites, des datations de l'ordre de 29.000 B.C. ont été obtenues pour des niveaux archéologiques de l'*Aurignacien I*, cette industrie lithique correspondant selon H. LAVILLE (1964, 1969) à un épisode très froid et très sec du Würm :

GrN 4509, Les Cottés E 3 : 29.250 B.C.

GrN 1493, La Quina 1 : 29.450 B.C.

GrN 1501, Istallosko 1 : 29.590 B.C.

(1) Les commentaires originaux des datations que nous citerons ont été publiés par : J. C. VOGEL & H. T. WATERBOLK, 1963, 1967; J. C. VOGEL & W. H. ZAGWIJN, 1967; A. SRODON, 1968; Ar. LEROI-GOURHAN, 1968 b.

On trouverait ici la confirmation de l'existence d'une phase de refroidissement du climat au sein de l'interstade d'Arcy-Stillfried B.

Enfin, pour l'interstade de Laugerie-Lascaux, deux datations permettent de lui assigner une durée d'au moins 2.000 ans :

GrN 1632, Lascaux :	15.240 B.C.
GrN 5499, Abri Fritsch :	17.250 B.C.

4. Conclusions

Les résultats obtenus ces dernières années dans les domaines complémentaires de la lithostratigraphie, de la palynologie et de la géochimie, nous amènent à nous ranger à l'opinion de Y. GUILLIEN (1963) qui distingue dans le Würm trois cycles climatiques et sédimentaires dont les maxima sont de plus en plus sévères, la phase la plus froide étant atteinte après l'interstade d'Arcy-Stillfried B. Nous adopterons donc la terminologie proposée par Y. GUILLIEN (1968) en modifiant cependant quelque peu les limites fixées par cet auteur aux trois ensembles climatiques würmiens (cfr. Tableau III en annexe) :

1° la première phase du Würm, l'**Eowürm**, est caractérisée par des conditions climatiques encore très humides, les processus d'érosion entravant fortement les processus d'accumulation, les sédiments du début du Würm n'atteignant dès lors jamais la puissance des dépôts postérieurs.

Durant cette phase éowürmienne, la dégradation climatique se fait de façon progressive, les forêts recolonisant par trois fois le domaine périglaciaire durant les interstades d'Amersfoort, de Brørup et d'Odderade.

Nous fixerons comme limite inférieure à cette phase la fin de l'Eemien, et comme limite supérieure la fin de l'interstade d'Odderade, l'**Eowürm** s'étendant approximativement de 70.000 B.P. à 55.000 B.P.

2° la seconde phase du Würm, le **Mésowürm**, est caractérisée par des conditions climatiques encore très humides, mais déjà plus froides, favorisant la mise en place de puissants dépôts de loess nivéo-éoliens, dans lesquels la présence de fentes de gel et de sols réticulaires témoigne de l'installation généralisée d'un permafrost.

Durant cette phase mésowürmienne, la dégradation climatique élimine brutalement les forêts, et durant l'interstade d'Arcy-Stillfried B, on assiste seulement à une réextension de groupements forestiers subarctiques très ouverts.

Nous fixerons comme limite inférieure à cette phase la fin de l'interstade d'Odderade, et comme limite supérieure la fin de l'interstade d'Arcy-Stillfried B, le **Mésowürm** s'étendant approximativement de 55.000 B.P. à 29.000 B.P.

3° la troisième phase du Würm, le **Néowürm**, est caractérisée par des conditions climatiques très rigoureuses et nettement plus sèches, favorisant la mise en place de puissants dépôts de loess éoliens purs.

Nous fixerons comme limite inférieure à cette phase la fin de l'interstade d'Arcy-Stillfried B, et comme limite supérieure le début de l'Holocène. La phase néowürmienne engloberait donc le Tardiglaciaire, dont on pourrait fixer la limite inférieure à la fin de l'interstade de Laugerie-Lascaux, le **Néowürm** s'étendant alors approximativement de 29.000 B.P. à 10.000 B.P.

II. ÉTUDE PALYNOLOGIQUE DES PRINCIPAUX PROFILS

1. *Techniques et méthodes*

L'échantillonnage sur le terrain a été effectué sur des parois de tranchées dans lesquelles nous avons prélevé des monolithes entiers des profils étudiés, à l'aide de boîtes en zinc enfoncées au marteau dans la paroi, après rafraîchissement de celle-ci. Une fois le profil reconstitué en laboratoire par la juxtaposition des boîtes contenant les monolithes, des tranches de 1 cm d'épaisseur ont été prélevées tous les 5 ou 10 cm, suivant la précision souhaitée.

La méthode de préparation des échantillons, dont nous avons précédemment exposé les détails (B. BASTIN & M. CÔTTEAUX, 1966), peut être résumée comme suit : après élimination des carbonates par HCl et des humates par NaOH, les 25 gr d'échantillon sont soumis par trois fois à une vive agitation dans une solution de KI + CdI₂, de poids spécifique 2. Après chaque agitation, on procède à une centrifugation puis à une décantation de la liqueur dense sur un filtre en cellulose destiné à retenir les pollens débarassés de leur gangue minérale. Après élimination des silicates par HF et rinçage à HCl, le filtre est détruit par acétolyse, et le culot de centrifugation final est conservé dans de la glycérine diluée.

Étant donné la relative pauvreté en pollens des échantillons de loess⁽¹⁾, l'analyse des lames microscopiques a été faite en deux phases : une phase de repérage au grossissement 125 ×, et la détermination de chaque pollen repéré, au grossissement 560 ×.

2. *Rocourt I et II*

a) *Description des profils (50°40' Lat. N, 5°33' Long. E, altitude : 195 m).*

Le profil Rocourt I a été prélevé au centre d'une dépression visible en coupe dans la paroi décrite en 1954 et 1970 par F. GULLENTOPS, à qui nous empruntons la description des unités lithostratigraphiques reconnues dans ce profil⁽²⁾ :

520 — 469 cm : limon brun-orange à structure feuilletée dans sa partie supérieure, très argileux et criblé de concrétions ferro-manganiques (*limon rouge-brun*).

469 — 399 cm : limon gris-brun humifère à structure feuilletée contenant des concrétions ferro-manganiques dont la taille et le nombre diminuent de la base au sommet de cet horizon (*limon gris humifère*).

399 — 362 cm : limon gris-brun argileux, stratifié à la base puis devenant progressivement moins stratifié, plus jaune et plus doux vers le sommet (*limon ruisselé brun*).

362 — 330 cm : limon jaune doux peu stratifié (*loess éolien*).

⁽¹⁾ Dans les loess, nous avons obtenu un rendement moyen de 20 pollens par lame microscopique de 18 × 18 mm, cependant que dans des sables, des argiles et des tufs calcaires, la même méthode a fourni des centaines, voire des milliers de pollens par lame microscopique analysée.

⁽²⁾ Les unités lithostratigraphiques des profils étudiés sont schématisées dans la colonne de gauche des diagrammes polliniques figurés en annexe.

F. GULLENTOPS reconnaît dans le limon rouge-brun l'horizon B textural du sol de Rocourt, développé dans le loess Hennuyen (Riss), les trois horizons sus-jacents étant rattachés à l'Hesbayen (Eowürm et Mésowürm).

Dans le profil Rocourt II, prélevé à une cinquantaine de mètres du profil précédent en dehors de la dépression, un mince horizon de limon jaune-blanchâtre doux et peu argileux (424 — 419 cm : *loess éolien*) sépare le limon rouge-brun (435 — 424 cm) du limon gris humifère (419 — 400 cm). Il est interprété comme étant l'horizon A éluvial du sol de Rocourt.

b) *Interprétation des diagrammes polliniques (figurés en annexe).*

1° Rocourt I.

Tenant compte de la succession des unités lithostratigraphiques, nous distinguons quatre phases principales dans ce diagramme :

— *de 520 à 470 cm* : le pourcentage des pollens arboréens (AP) est assez constant et atteint en moyenne 35 %, si l'on n'y inclut pas les pourcentages atteints par *Salix* (1). Six taxa sont présents en courbe continue ou presque continue, ce sont par ordre d'importance : *Pinus*, *Betula*, *Quercus*, *Alnus*, *Fagus* et *Carpinus*, la présence régulière de ces deux derniers taxa semblant témoigner d'un léger remaniement de la flore pollinique.

Le début de cette phase traduit des conditions climatiques relativement sèches, comme en témoignent la prépondérance des *Graminées* et le rôle important de *Artemisia* et de *Plantago*. A partir de 490 cm, le passage d'un climat froid-sec à un climat froid-humide se marque par l'extension de *Salix* (qui atteint un premier maximum de 39 % à 480 cm), par l'extension des pollens de type *Rumex* (parmi lesquels on note la présence de pollens de *Oxyria digyna*) et par le recul de *Artemisia*.

On constate donc l'absence de spectres polliniques de caractère interglaciaire dans l'horizon B du sol de Rocourt, fait que nous avons précédemment expliqué par l'impossibilité d'une infiltration des pollens à une certaine profondeur dans le loess, en raison de la texture serrée de ce type de sédiment (B. BASTIN, 1967, 1969, 1970). La flore pollinique de l'horizon B du sol de Rocourt ne serait donc pas synchronique du développement du profil pédologique, mais aurait été sédimentée en même temps que le loess en phase froide (rissienne), ce qui permet de comprendre qu'il y ait un hiatus dans le diagramme pollinique (l'interglaciaire Riss/Würm n'étant pas représenté), hiatus que nous avons symbolisé par une ligne hachurée entre les niveaux 470 et 465 cm.

— *de 465 à 400 cm* : on enregistre la succession de deux oscillations climatiques tempérées se marquant par une extension des pollens arboréens, ces deux oscillations étant séparées l'une de l'autre par une phase froide favorisant le retour de *Salix*, qui atteint en moyenne près de 50 % de 440 à 425 cm.

La première oscillation tempérée (de 460 à 445 cm) est caractérisée par l'extension de *Pinus* et *Betula*, ce dernier supplantant nettement *Pinus* au niveau 450 cm, où il atteint un maximum de 42,5 %. Le caractère subarctique de ce

(1) Le profil Rocourt I ayant été prélevé au centre d'une dépression, *Salix* atteint localement des pourcentages très élevés dans le diagramme pollinique. Pour mieux faire ressortir ce fait local, nous avons représenté les pourcentages de *Salix* par une surface hachurée dessinée entre la courbe du total des pollens arboréens (AP sensu stricto) et la courbe du total des pollens non arboréens (NAP sensu stricto).

groupement forestier de taïga et la forte extension de *Betula* permettent de rattacher cette oscillation tempérée à l'interstade d'Amersfoort.

La seconde oscillation tempérée (de 420 à 400 cm) est caractérisée par la prépondérance de *Quercus* qui atteint en moyenne 28 %, et dépasse 34 % à trois niveaux successifs où l'on enregistre également une extension de *Fagus* et de *Juglans*. Caractérisée par le développement d'un groupement forestier à dominance de feuillus, dans lequel *Pinus* ne joue qu'un rôle subordonné, cette oscillation traduit un climat nettement plus chaud que celui de l'oscillation précédente, et nous la rattachons à l'interstade de Brørup.

- de 395 à 365 cm : après une nouvelle extension de *Salix* qui atteint en moyenne 42 % de 395 à 385 cm, une troisième oscillation tempérée se marque à nouveau par la prépondérance de *Quercus*, mais semble indiquer un réchauffement moins prononcé que celui de l'interstade de Brørup. Nous rattachons cette troisième oscillation à l'interstade d'Odderade.
- de 360 à 330 cm : le retour à un climat froid se marque d'abord par l'extension de *Salix* (48 % à 360 cm) puis par le recul très net de *Quercus* qui disparaît même aux niveaux 350 et 330 cm.

Terminons le commentaire de ce diagramme en relevant les deux points suivants :

- bien que régulièrement présent, *Picea* ne joue qu'un rôle mineur et sporadique dans ce diagramme de l'Eowürm. Nous y voyons l'indication de l'absence de *Picea* à proximité immédiate du site, les quelques pollens d'épicéa sédimentés dans le loess à cette période provenant d'un transport à longue distance. Il apparaît donc que contrairement aux substrats tourbeux, dans lesquels les interstades de Brørup et Odderade sont caractérisés par une importante extension de *Picea* (notamment *P. omorikoides*), les substrats loessiques sont colonisés durant ces mêmes interstades par des groupements forestiers feuillus à dominance de *Quercus* et *Betula*, dans lesquels *Fagus* et *Juglans* jouent un rôle non négligeable.
- le sommet de la zone humifère (sol de Warneton, R. PAEPE, 1964) surmontant l'horizon B du sol de Rocourt correspond dans le diagramme pollinique à la fin de l'interstade de Brørup. Nous pensons dès lors qu'il faut distinguer deux processus successifs dans l'édification de cette couche humifère : d'une part une phase de sédimentation résultant du mélange d'un loess ruisselé à un nouvel apport de loess nivéo-éolien (F. GULLENTOPS, 1970), d'autre part une phase d'humification suite au développement d'une végétation herbacée steppique pendant la phase froide séparant les interstades de Brørup et Odderade. Le rattachement du sol de Warneton à la fin de l'interstade de Brørup, lors du remplacement de la végétation forestière feuillue par une végétation herbacée suite à la dégradation du climat, permet alors d'expliquer le caractère steppique de ce sol.

2° Rocourt II.

La composition de la flore pollinique herbacée permet de reconnaître deux phases dans ce diagramme : une première phase de 435 à 425 cm, caractérisée par la prépondérance des *Graminées* et l'absence totale des *Liguliflores*, une seconde phase de 420 à 400 cm, caractérisée par l'importance égale des *Graminées* et des *Liguliflores* qui atteignent un maximum de 51 % à 415 cm.

Tout comme en Rocourt I, le diagramme pollinique présente donc un hiatus, l'interglaciaire Riss/Würm ne se marquant pas, ce qui confirme l'absence de péné-

tration en profondeur de la flore pollinique tempérée pendant le développement du profil pédologique.

Remarquons d'autre part que la brusque extension des *Liguliflores* ne semble pas pouvoir s'expliquer autrement que par une coupure stratigraphique entre deux cycles sédimentaires. Aussi, tenant compte de ce que cette extension s'amorce à 420 cm, soit dans l'horizon jaune-blanchâtre à la base de la couche humifère, nous pensons que cet horizon représente un premier apport de loess würmien, et ne serait pas un horizon éluvial développé dans le loess rissien (F. GULLENTOPS, 1954). Nous avons donc rattaché cet horizon à l'Eowürm, plaçant le hiatus de l'interglaciaire entre les niveaux 425 et 420 cm, au sommet de l'horizon B₁ du sol de Rocourt.

c) Conclusion.

Au point de vue stratigraphique, l'étude du site de Rocourt nous a tout d'abord permis de mettre en évidence la succession des interstades d'Amersfoort, Brørup et Odderade caractérisant l'Eowürm, succession qui n'avait jusqu'à présent été reconnue que dans le site d'Odderade (F. R. AVERDIECK, 1967). Cette étude nous a ensuite permis de rattacher la phase d'humification des sédiments ruisselés surmontant l'horizon B du sol de Rocourt à la fin de l'interstade de Brørup, lors du remplacement de la végétation forestière feuillue de cet interstade par une végétation herbacée steppique.

Au point de vue paléobotanique, nous avons pu mettre en évidence au cours des interstades de Brørup et Odderade un type de groupement forestier propre aux substrats loessiques, caractérisé par la dominance de *Quercus* et *Betula*, la présence de *Fagus* et de *Juglans*, le rôle subordonné de *Pinus*, et l'absence presque totale de *Picea*. Un tel type de végétation n'avait jusqu'à présent jamais été reconnu dans l'Eowürm, faute d'avoir pu appliquer la palynologie à des sédiments loessiques.

3. Kesselt II

a) Description du profil (50°50' Lat. N, 5°36' Long. E, altitude 90 m).

Le profil Kesselt II a été prélevé dans la paroi sud décrite en 1954 par F. GULLENTOPS, dont nous reprenons la description des unités lithostratigraphiques présentes dans ce profil :

- 420 — 285 cm : loess calcareux peu stratifié dans lequel sont conservés deux minces horizons de limon gris réduit (420-413 cm et 331-317 cm). Ces deux *Nassböden* témoignent de phases d'arrêt de la sédimentation qu'accompagne l'installation d'un permafrost.
- 285 — 55 cm : loess stratifié décalcifié dans lequel est conservé un *Nassboden* (176-169 cm). À 35 m à l'est de ce profil, ce loess stratifié est entaillé par un chenal d'érosion d'une trentaine de mètres de largeur et dépassant deux mètres de profondeur en son centre. Ce chenal a été ultérieurement comblé par des limons ruisselés contenant de petites lentilles de gravier et des coquilles de mollusques.
- 55 — 0 cm : sol cryoturbe composé d'un horizon supérieur gris calcareux, reposant sur un horizon oxydé plus brun. La limite supérieure de ce sol est tronquée par l'exploitation actuelle, sa limite inférieure présente l'aspect de langues pénétrant dans l'horizon sous-jacent sous un angle de 12-15°.

F. GULLENTOPS reconnaît dans le loess calcareux et le loess stratifié des faciès du loess Hesbayen (Mésowürm), dans lequel se développe le sol de Kesselt, ultérieurement affecté par des phénomènes de solifluxion et de cryoturbation.

b) *Interprétation du diagramme pollinique (figuré en annexe).*

Nous distinguons quatre phases dans ce diagramme :

— *de 420 à 240 cm* : cette partie du diagramme apparaît perturbée par une importante proportion de pollens remaniés, comme en témoignent l'allure aberrante de la courbe de *Pinus*, les pourcentages anormalement élevés de *Calluna* dans les trois niveaux inférieurs, et de *Corylus* et *Tilia* à 420 cm. Elle est en outre caractérisée par la présence d'*Hystrichosphères* en pourcentages non négligeables (2,5 % en moyenne, avec un maximum de 9 % à 260-270 cm). Les *Hystrichosphères* étant des organismes strictement marins, leur présence dans cette partie du profil indique également un certain remaniement de la flore pollinique de la base du diagramme.

— *de 230 à 140 cm* : les herbacées augmentent régulièrement, passant de 65 % à 230 cm à 75 % à 140 cm. Pendant cette phase, les *Graminées* atteignent en moyenne 50 %, dont 3,5 % de types Céréale (pollens de *Graminées* dépassant 40 μ de diamètre, à large pore et anneau épais entourant le pore, produits notamment par certaines espèces des genres *Bromus*, *Hordeum* et *Agropyrum*).

Parmi les pollens arboréens, *Pinus* décroît régulièrement, cependant que *Betula* (3 %) et *Alnus* (2,5 %) se maintiennent en courbe continue, *Corylus* (2 %) et *Quercus* (1 %) en courbe presque continue.

Pendant cette phase, il y a encore en moyenne 1 % d'*Hystrichosphères*.

— *de 130 à 60 cm* : la courbe des herbacées atteint 85 % en moyenne, les *Graminées* atteignant 66 % dont 3 % de types Céréale, *Urtica* connaissant une certaine extension, passant d'une moyenne de 5 % dans la phase précédente à une moyenne de 9 % dans cette phase très homogène représentant le maximum du Mésowürm.

Notons que les *Hystrichosphères* disparaissent à 110 cm.

— *de 50 à 0 cm* : une amélioration climatique se marque par la brusque extension de *Pinus*, l'apparition d'une courbe continue de *Carpinus* (1,5 %) et *Picea* (1 %) dans cette seule partie du diagramme, et l'extension simultanée de *Betula* (4,5 %), *Alnus* (3,5 %), *Corylus* (3 %) et *Quercus* (1,5 %). Un pollen de *Larix* est noté à deux niveaux pendant cette phase.

Étant donné la position stratigraphique du sol de Kesselt dans les couches duquel est enregistrée cette extension des éléments forestiers tempérés, nous rattachons cette oscillation à l'interstade d'Arcy-Stillfried B, et plus particulièrement à la seconde partie de cet interstade, en nous basant sur les deux observations suivantes :

1° en 1954, F. GULLENTOPS avait observé que le sol de Kesselt couronnait l'ensemble des dépôts hesbayens de la paroi sud, et notamment les dépôts de remplissage du chenal d'érosion, la formation du sol de Kesselt étant de ce fait indépendante et postérieure au processus de ravinement.

En 1967, le même auteur rattachait ce ravinement à un épisode « pré-

Kesselt » auquel il attribuait une importance dépassant largement les conditions locales (1).

2° en 1954 également, F. GULLENTOPS avait observé la présence de cailloux épars à la base des langues du sol de Kesselt, ce qui indiquait une discontinuité dans la sédimentation.

La palynologie permet également de mettre en évidence cette discontinuité dans la sédimentation, car les six niveaux correspondant au sol de Kesselt contiennent en moyenne 1,6 % d'*Hystrichosphères*, au contraire des horizons de loess stratifié immédiatement sous-jacents, dans lesquels les *Hystrichosphères* sont absents depuis le niveau 110 cm.

Il apparaît alors que le sol de Kesselt s'est développé dans un sédiment mis en place après la phase de ravinement et de ruissellement dont témoigne le chenal d'érosion de la paroi sud, soit postérieurement à l'oscillation d'Arcy à laquelle on peut rattacher cet épisode « pré-Kesselt ». Nous proposons dès lors de dénommer **interstade d'Arcy-Kesselt** l'interstade terminant le Mésowürm, la première oscillation tempérée de cet interstade ayant été mise en évidence par la palynologie dans le site d'Arcy-sur-Cure (Ar. et A. LEROI-GOURHAN, 1964), et la seconde oscillation tempérée de cet interstade se marquant clairement dans le diagramme pollinique Kesselt II.

Terminons le commentaire de ce diagramme par les deux observations suivantes :

- dans tout ce diagramme représentant une grande partie du Mésowürm, outre la courbe continue de *Pinus* (22 %) et de *Betula* (4 %), il y a une courbe presque continue de *Alnus* (3,5 %), *Corylus* (2,5 %) et *Quercus* (1,5 %). Nous y voyons l'indication de la persistance durant le Mésowürm d'éléments forestiers formant des forêts-galeries dans les vallées abritées de la région loessique.
- pendant la phase très homogène représentant le maximum du Mésowürm (130-60 cm), des pollens de *Carpinus* apparaissent à 6 niveaux, un pollen de *Juglans* est noté à 2 niveaux, un pollen de *Tilia* est noté à 2 niveaux et un pollen de *Fagus* est noté à un niveau.

Il faut donc admettre la présence dans les loess de pollens intrusifs apparaissant de façon sporadique. Décelable lorsqu'il s'agit de taxa franchement thermophiles (*Carpinus*, *Fagus*, *Juglans*, *Tilia*), cet apport étranger risque de passer inaperçu en ce qui concerne des taxa moins thermophiles et on peut estimer dès lors que de façon générale les pollens arboréens sont systématiquement surreprésentés dans les loess, en raison du mode de dépôt lui-même, et du caractère très ouvert des paysages dans lesquels s'accumulent les loess.

Nous pensons cependant que ces pollens intrusifs n'apparaissent que de façon très sporadique, et ne peuvent en aucun cas être à l'origine d'une courbe continue pendant une ou plusieurs phases d'un diagramme.

c) Conclusion.

Au point de vue stratigraphique, l'étude du site de Kesselt nous a permis de rattacher la formation du sol de Kesselt à la seconde partie de l'interstade terminant le Mésowürm. Nous proposons dès lors que soit adopté le terme d'*interstade d'Arcy-*

(1) In F. GULLENTOPS & B. BASTIN, 1967 : Guide-book of the excursion of the INQUA Subcommission for Loess Stratigraphy, in NE Belgium.

Kesselt pour cette phase dénommée jusqu'à présent interstade d'Arcy-Paudorf dans la littérature, le terme « interstade de Paudorf » devant être abandonné (1).

Au point de vue paléobotanique, l'étude de ce site nous a révélé que la colonisation des loess durant le Mésowurm s'était faite par des formations herbeuses à dominance de *Graminées*, cependant que dans les vallées se maintenaient des forêts-galeries de *Alnus*, *Betula*, *Corylus* et *Quercus*. Notons dès à présent que dans ce peuplement végétal, les plantes de toundra sont tout au plus présentes sporadiquement, la prépondérance des *Graminées* et la présence régulière de *Artemisia*, *Plantago* et de *Chénopodiacées* conférant à ce peuplement végétal un caractère steppique.

4. Tongrinne I

a) *Description du profil (50°32' Lat. N, 4°37' Long. E, altitude : 165 m).*

Le profil Tongrinne I a été prélevé dans la paroi est de la briqueterie du Point du Jour, dont la paroi nord a été décrite par R. PÆPE (1966, 1967, 1969), auquel nous empruntons la description des unités lithostratigraphiques présentes dans ce profil :

- 415 — 304 cm : limon argileux brun contenant des bandes intercalaires sableuses plus jaunes, au sommet duquel est conservé un horizon B textural rouge-brun, témoin d'une importante pédogénèse (*limon rouge-brun*).
- 304 — 258 cm : limon jaune-grisâtre irrégulièrement stratifié, dont la partie supérieure est humifère et de couleur brun foncé, tandis que la partie inférieure, plus grisâtre et gleyifiée, est criblée de concrétions ferromanganiques (*limon gris humifère*).
- 258 — 234 cm : limon brun-jaunâtre homogène, faiblement et irrégulièrement stratifié (*loess éolien*).
- 234 — 182 cm : limon à doublets très irrégulièrement stratifié, caractérisé par l'alternance rapide de minces bandes limoneuses et sablo-limoneuses avec de multiples petites fentes de gel inclinées dans la même direction (*loess stratifié*).
- 182 — 142 cm : limon gris-brun homogène (*loess éolien*).
- 142 — 119 cm : horizon pédologique cryoturbé développé dans un sédiment finement stratifié caractérisé par l'alternance de veines plus sableuses jaunâtres, et de veines plus limoneuses brunâtres, au sommet duquel sont développées de grandes fentes de gel pénétrant profondément dans les horizons sous-jacents (*sol cryoturbé*).
- 119 — 105 cm : limon jaune-brun caractérisé par l'alternance de minces strates tantôt plus limoneuses, tantôt plus sableuses, et percé de multiples pores tapissés de coatings argileux (*loess éolien*).

R. PÆPE rattache au Riss le limon argileux brun, dans lequel se développe le

(1) Rappelons que les études malacologiques du sol de Paudorf (*locus typicus*) ont mis en évidence une faune interglaciaire éémienne à la partie inférieure de ce sol (J. DEMEK, J. KUKLA et coll., 1969).

sol interglaciaire Riss/Würm (sol de Rocourt), et les horizons sus-jacents au Würm. Le limon gris humifère est rattaché aux interstades d'Amersfoort et Brørup (sol de Warneton), le sol cryoturbé est rattaché à l'interstade de Stillfried B (sol de Kesselt).

b) *Interprétation du diagramme pollinique (figuré en annexe).*

Dans ce diagramme pollinique représentant une séquence s'étendant du Riss au Néowürm, nous ne pouvons distinguer que deux phases principales, en raison de l'existence de plusieurs hiatus, au niveau du sol interglaciaire et des sols interstadiers :

— *de 415 à 240 cm* : les pollens herbacés atteignent près de 70 % en moyenne et dominent largement, les *Graminées* jouant un rôle prépondérant (45,5 % dont 2,5 % de types Céréale), d'autres taxa étant représentés par une courbe continue ou presque, notamment *Urtica* (3 %) et *Rumex* (2 %). Parmi les pollens arboréens, *Alnus* (9 %), *Betula* (5,5 %), *Corylus* (5 %) et *Pinus* (3,5 %) sont présents en courbe continue, *Quercus* (2,5 %) et *Ulmus* (1 %) en courbe presque continue. Sporadiquement apparaissent des pollens de *Fagus*, *Tilia*, *Carpinus* et *Juglans*, qui sont probablement des pollens intrusifs amenés par remaniement.

Nous avons représenté par une ligne hachurée deux hiatus dans cette phase du diagramme pollinique, respectivement entre les niveaux 305 et 300 cm, et les niveaux 260 et 255 cm. En effet, la partie du profil correspondant au sol de Rocourt (415-304 cm) contient une flore pollinique caractéristique d'un climat froid, et non d'un climat chaud de type interglaciaire, et l'on constate comme à Rocourt que l'Eemien ne se marque pas dans le diagramme pollinique.

Ce serait donc une confirmation de ce que la flore pollinique des loess est sédimentée en même temps que le loess en climat froid, cependant que la flore pollinique contemporaine du développement du sol interglaciaire reste bloquée à la surface de ce sol, les horizons superficiels du sol disparaissant ensuite lors de l'importante phase d'érosion précédant l'accumulation des loess würmiens.

De même, les interstades d'Amersfoort et de Brørup ne se marquent pas dans les niveaux du sol de Warneton, alors qu'ils se marquaient dans les limons humifères ruisselés du profil Rocourt I. Remarquons cependant que dans le diagramme pollinique Rocourt II, ces interstades ne se marquaient pas non plus, le profil Rocourt II ayant été prélevé dans des conditions topographiques similaires à celles de Tongrinne.

Nous avons d'autre part encadré par des tirets le niveau 330 cm, dans lequel se marque un spectre pollinique très différent des spectres polliniques sus-jacents et sous-jacents. On y enregistre en effet des valeurs beaucoup plus fortes de *Corylus* (22 %), *Pinus* (21,5 %) et *Tilia* (4,5 %), et de l'ensemble des pollens arboréens qui atteignent 68,5 %, ce qui permet de rattacher ce spectre pollinique à l'Eemien. La présence de ce spectre pollinique éemien s'expliquerait par l'entraînement en profondeur de sédiments superficiels, soit dans une galerie de ver de terre, soit dans un trou de racine.

— *de 235 à 105 cm* : après un bref recul, la flore pollinique herbacée prend de plus en plus d'extension, passant de 45,5 % à 235 cm à un maximum de 84,5 % à 110 cm. La composition de cette flore pollinique herbacée se révèle assez différente par rapport à la phase précédente. En effet, bien que restant le taxon le mieux représenté, les *Graminées* n'atteignent plus que 24,5 % en moyenne (dont 4,5 %

de types Céréale), mais d'autres taxa prennent une importance croissante : *Polygonum* cfr. *aviculare* (4 %), les *Liguliflores* (7 %) et les *Chénopodiacées* (qui atteignent un maximum de 9 % à 135 cm).

Parmi les pollens arboréens, l'importance de certains taxa augmente : *Corylus* (8 %), *Betula* (6 %), *Pinus* (4 %), *Ulmus* (2,5 %) et *Salix* (1,5 %), l'importance d'autres taxa diminue : *Alnus* (8 %) et *Quercus* (2 %). En outre, la fréquence des pollens « remaniés » diminue : *Tilia* n'apparaissant qu'à 8 niveaux, *Carpinus* à 5 niveaux, *Fagus* à 4 niveaux et *Juglans* à 3 niveaux.

Remarquons enfin que cette phase est encore caractérisée par une courbe quasi-continue de deux spores d'*Hépatiques* rapportées à *Anthoceros punctatus* et *Anthoceros* sp., l'une et l'autre atteignant en moyenne près de 3 %.

Nous avons représenté par une ligne hachurée un hiatus entre les niveaux 120 et 115 cm, la présence du sol de Kesselt ne s'accompagnant pas de spectres polliniques interstadias dans le diagramme. Remarquons d'ailleurs qu'à Tongrinne, l'horizon correspondant stratigraphiquement au sol de Kesselt est caractérisé plus par la présence d'importants phénomènes de cryoturbation que par le développement d'une véritable pédogénèse.

Terminons le commentaire de ce diagramme en observant que le brusque changement dans la composition de la flore herbacée enregistré à 235 cm correspond vraisemblablement lui aussi à un hiatus, bien qu'aucun sol ne se marque dans cette partie du profil. En effet, dans le profil Rocourt I, le sol de Warneton était surmonté de limons ruisselés dont nous avons rapporté la mise en place à l'interstade d'Odderade. A Tongrinne, les spectres polliniques des niveaux 255 à 240 cm surmontant le sol de Warneton ne permettent pas de mettre en évidence l'interstade d'Odderade, mais leur composition floristique est à ce point semblable à celle des niveaux éowürmiens du sol de Warneton que nous les avons rattachés à l'Eowürm, plaçant de ce fait la limite Eowürm/Mésowürm à 235 cm.

c) Conclusion.

L'étude du site de Tongrinne nous a permis de confirmer l'observation faite à Rocourt de l'absence de pénétration en profondeur des flores polliniques interglaciaires et interstadias lors du développement de pédogénèses dans un substrat loessique stable, non soumis à des remaniements par ruissellement. Elle nous a également permis de constater comme à Kesselt le maintien de certains feuillus durant tout le Mésowürm, notamment *Alnus*, *Corylus*, *Ulmus* et *Quercus*, suggérant à nouveau la persistance — au moins jusqu'au Néowürm — de forêts-galeries le long des vallées les mieux abritées des régions loessiques.

Elle nous conduit d'autre part à conclure à la diversification locale des groupements végétaux herbacés colonisant les loess würmiens. A Kesselt en effet, la végétation herbacée était essentiellement caractérisée par la prépondérance absolue des *Graminées*, cependant qu'à Tongrinne la dominance des *Graminées* est moins nette et qu'on enregistre une forte extension des *Liguliflores* — qui n'apparaissent que de façon sporadique à Kesselt —, de *Polygonum* cfr. *aviculare* — dont un seul pollen avait été trouvé à Kesselt —, cependant que la présence d'*Hépatiques* est un trait propre au seul site de Tongrinne. Il apparaît ainsi que les rapports entre substrat et végétation se marquent de façon particulièrement nette durant les phases froides du Würm, les moindres différences de roche-mère ou de topographie ayant une influence déterminante sur la composition des groupements végétaux. Ce fait est d'ailleurs d'observation générale actuellement dans les régions à sols bruts, aux hautes latitudes ou dans les zones désertiques par exemple.

5. *Maisières VI, VII et IX*

a) *Description des profils (50°29' Lat. N, 3°57' Long. E, altitude : 40 m).*

Les profils Maisières VI, VII et IX ont été prélevés dans la berge NE d'une section du Canal du Centre étudiée du point de vue lithostratigraphique par P. HAESAERTS en 1968, dans le cadre des recherches entreprises suite à la mise au jour d'un établissement de plein air du Périgordien supérieur qui fit l'objet d'une fouille des services de l'Institut Royal des Sciences Naturelles en 1966, sous la direction de F. TWIESSELMANN et J. DE HEINZELIN ⁽¹⁾.

Ces trois profils sont en superposition stratigraphique l'un par rapport à l'autre, de la base du profil Maisières VI au sommet du profil Maisières IX. Comme d'autre part le milieu du profil Maisières VI correspond stratigraphiquement à un niveau d'éclats de silex du Périgordien supérieur mis en évidence dans une autre partie de la coupe, l'ensemble de ces trois profils est rattaché au Néowürm par P. HAESAERTS, dont nous reprenons la description des unités lithostratigraphiques reconnues dans ces profils :

Maisières VI.

- 90 — 60 cm : colluvions limono-sableuses à structure feuilletée grossière, et contenant de nombreuses coquilles de *Gastéropodes*.
- 60 — 45 cm : bandes limoneuses et sableuses réduites présentant des étirements dus à la solifluxion.
- 45 — 25 cm : colluvions limono-sableuses à structure feuilletée grossière, et contenant de nombreuses coquilles de *Gastéropodes*. P. HAESAERTS estime que le niveau archéologique trouvé dans une autre partie de la coupe se placerait dans cette unité, à environ 43 cm de profondeur.
- 25 — 12 cm : bandes limoneuses et sableuses réduites présentant des étirements dus à la solifluxion.
- 12 — 0 cm : colluvions limono-sableuses à structure feuilletée grossière, et contenant de nombreuses coquilles de *Gastéropodes*.

Maisières VII.

- 120 — 107 cm : limon à doublets à fine stratification récurrente de lits alternativement plus sableux et plus limoneux, déposé sous climat périglaciaire.
- 107 — 67 cm : sables grossiers reposant sur un gravier lenticulaire discontinu, surmonté par des sables à large stratification entrecroisée et oblique.
- 67 — 60 cm : bande de limon argileux remanié par ruissellement.
- 60 — 30 cm : sables grossiers d'abord homogènes puis finement stratifiés et enrichis en limon.
- 30 — 0 cm : couches alternativement plus limoneuses et plus sableuses, ces dernières souvent nettement stratifiées.

(1) Les résultats des recherches effectuées à Maisières dans les domaines de la lithostratigraphie, de l'archéologie ainsi que de la paléontologie animale et végétale seront publiés en détail ultérieurement. Nous remercions vivement J. DE HEINZELIN et P. HAESAERTS de nous avoir communiqué certains résultats et de nous avoir fait part de leurs conclusions préliminaires.

Maisières IX.

- 120 — 110 cm : limon sableux réduit enrobant des fragments de craie dispersés.
 110 — 84 cm : limon sableux enrobant des granules de craie à la base, puis finement stratifié au sommet.
 84 — 74 cm : sables à faible stratification ondulante, reposant sur une traînée de débris crayeux qui ravine le dépôt sous-jacent.
 74 — 41 cm : limon lourd à stratification discontinue témoignant d'une phase de colluvionnement.
 41 — 0 cm : sables grossiers avec des intercalations de veines plus limoneuses ou plus argileuses.

b) *Interprétation des diagrammes polliniques (figurés en annexe).*

Avant de donner l'interprétation des diagrammes Maisières VI, VII et IX, faisons observer que nous avons fait figurer à la droite de chacun de ceux-ci une courbe des pourcentages de « sporomorphes » atteints à chaque niveau. Sous ce vocable, nous avons rangé des spores et pollens de types inconnus au Quaternaire (*Cicatricosisporites*, *Triatriopollenites*, *Intratriporopollenites* ...) provenant vraisemblablement du remaniement de sédiments éocènes (Montien et Landénien). Il nous faudra tenir compte dès lors de ce que la courbe de certains taxa puisse être affectée par la présence de certains de ces sporomorphes, que dans l'état actuel de nos connaissances il n'est pas possible de distinguer des spores et pollens quaternaires.

C'est ainsi que certains *Laevigatosporites* peuvent avoir été confondus avec des spores monolètes de type *Dryopteris*, certains *Intratriporopollenites* avec des pollens de *Tilia*, certains *Pityosporites* avec des pollens de *Pinus*, certains *Triporopollenites* avec des pollens de *Corylus*.

Si l'on s'en réfère en effet aux recherches de E. ROCHE (1969) sur les sporomorphes du Montien et du Landénien, qui sont précisément les assises tertiaires présentes dans ou à proximité immédiate du site de Maisières, on constate une très grande ressemblance entre les sporomorphes que nous venons de citer et les spores et pollens récents de certains taxa appartenant aux familles auxquelles sont rattachés ces sporomorphes.

Nous pensons notamment que les pourcentages importants atteints par *Tilia* dans ces trois diagrammes doivent être attribués à un remaniement de sporomorphes *Intratriporopollenites* éocènes. De même, nous pensons que la courbe des spores monolètes du type *Dryopteris* est fortement affectée par un mélange de spores würmiennes et de sporomorphes *Laevigatosporites* éocènes.

1° Maisières VI.

Mis à part le niveau 60 cm dans lequel les *Crucifères* atteignent 83 %, ce qui pourrait être dû à la chute d'une anthère de *Crucifère* dans le sédiment, ce diagramme est très homogène et traduit des conditions climatiques assez rudes, comme en témoigne la prépondérance des pollens herbacés qui atteignent en moyenne 82 %. Les trois taxa herbacés les plus importants sont les *Graminées* (27 % dont 3 % de types Céréale), *Dryopteris* (18,5 %) et les *Liguliflores* (16 %), cependant qu'on note la présence régulière de *Artemisia* (1 %). Parmi les arbres, *Pinus* (7,5 %), *Betula* (2 %) et *Alnus* (2 %) apparaissent en courbe continue ou presque, *Quercus* (1 %) est régulièrement présent, cependant que *Picea* et *Corylus* apparaissent sporadique-

ment. Quelques plantes de toundras, telles *Armeria*, *Lycopodium* et *Selaginella* sont également présentes sporadiquement.

Il apparaît alors que ce diagramme présente bien des points de comparaison avec la partie néowürmienne du diagramme Tongrinne I, notamment la prépondérance des *Graminées* et le rôle important des *Liguliflores* dans la flore pollinique herbacée.

2° Maisières VII.

Nous distinguons trois phases dans ce diagramme :

- de 110 à 40 cm : cette phase est caractérisée par la prépondérance des pollens arboréens qui atteignent en moyenne plus de 75 %, ce qui est dû non seulement à l'extension de *Pinus* (57,5 %) mais aussi à une extension de *Alnus*, qui atteint en moyenne 10 % avec un maximum de 35 % à 90 cm. En outre, *Corylus* apparaît de façon discontinue mais joue un rôle non négligeable, atteignant en moyenne 3 %, cependant que *Carpinus* apparaît de façon sporadique. L'extension simultanée de *Pinus*, *Alnus* et *Corylus* nous conduit à rapporter cette phase à une période interstadiaire.
- à 30 cm : un bref retour du froid se manifeste, les pollens herbacés atteignant 76 % suite à l'extension des *Graminées* (52 % dont 8 % de types Céréale) et à une brève extension des taxa pionniers héliophiles : les *Chénopodiacées* (5,5 %), *Plantago* (4,5 %) et *Rumex* (4,5 %).
- de 20 à 0 cm : une seconde extension des pollens arboréens (59 % en moyenne) est enregistrée, due à nouveau à l'extension simultanée de *Pinus* (39 %), *Alnus* (8,5 %) et *Corylus* (1 %). Cette phase est très brève, car à 0 cm les pollens herbacés atteignent déjà 60 %, les *Graminées* connaissant une nouvelle extension, après avoir subi une éclipse, les types Céréale disparaissant même à 10 cm.

En tenant compte de la position stratigraphique du profil Maisières VII et des résultats de l'analyse pollinique, nous rattachons l'ensemble des niveaux 100 à 10 cm à l'interstade de Laugerie-Lascaux, et plus particulièrement à sa première partie (oscillation de Laugerie), la seconde partie de cet interstade étant enregistrée à la partie supérieure du profil Maisières IX, comme nous allons le voir.

3° Maisières IX.

Deux phases peuvent être reconnues dans ce diagramme :

- de 110 à 50 cm : cette phase est caractérisée par la prépondérance des pollens herbacés atteignant 64 % en moyenne, les taxa les plus importants étant les *Graminées* (40 % dont 4 % de types Céréale), les filicales du type *Dryopteris* (10,5 %) et les *Liguliflores* (2,5 %). On note aussi la présence régulière d'héliophiles : *Artemisia*, *Plantago*, *Rumex* et des *Chénopodiacées*.

Remarquons cependant que parmi les arbres, outre *Pinus* et *Betula*, *Alnus*, *Corylus* et *Quercus* se maintiennent en courbe continue ou presque.

- de 40 à 10 cm : une oscillation tempérée est enregistrée, les pollens arboréens atteignant plus de 75 % en moyenne, ce qui est dû principalement à une très forte extension de *Alnus* qui atteint en moyenne 44,5 % avec un maximum de 74,5 % à 40 cm. En outre, *Corylus* qui avait disparu à 50 cm réapparaît en courbe continue, atteignant 5 % en moyenne, cependant que *Quercus* réapparaît à deux niveaux.

Étant donné que les profils Maisières VII et IX sont en continuité stratigraphique directe, nous rattachons l'oscillation tempérée du diagramme Maisières IX à la seconde partie de l'interstade de Laugerie-Lascaux.

c) *Conclusion.*

L'étude du site de Maisières nous a permis d'une part de mettre en évidence le dernier des interstades würmiens précédant le tardiglaciaire, l'interstade de Laugerie-Lascaux qui n'avait jusqu'à présent pu être reconnu par la palynologie que dans des sédiments de remplissage de grottes et abris-sous-roche (Ar. LEROI-GOURHAN, 1964, 1967, 1968a).

Elle nous a permis d'autre part de constater que même dans des sédiments colluviaux de vallée, la flore pollinique suggère bien plus un peuplement végétal steppique qu'un peuplement végétal de toundra. En effet, la prépondérance des *Graminées*, le rôle important des *Liguliflores*, et la présence régulière de *Artemisia*, de *Plantago* et de *Chénopodiacées*, s'opposant à la rareté des *Ericacées*, de *Lycopodium* et de *Selaginella* ne rappelle en rien la végétation des toundras actuelles.

Nous croyons dès lors qu'il faut abandonner le concept de « loess-toundra » créé par J. BÜDEL (1949) pour caractériser les formations loessiques septentrionales d'Europe, car nous constatons qu'à aucun moment du Würm, une végétation de toundra n'a été mise en évidence par l'analyse pollinique des échantillons de loess et de limons que nous avons étudiés.

CONCLUSION

1. *La chronostratigraphie du Würm*

La revue critique des résultats obtenus ces dernières années dans les domaines complémentaires de la lithostratigraphie, de la palynologie et de la géochimie nous a amené d'une part à adopter la division tripartite du Würm proposée par Y. GUILLIEN (1968), d'autre part à admettre l'existence de cinq interstades, dont l'importance est inégale, tant en ce qui concerne leur durée, qu'en ce qui concerne leur position chrono-stratigraphique.

Du point de vue stratigraphique, l'interstade d'Arcy-Kesselt apparaît comme la coupure majeure du Würm, séparant deux cycles sédimentaires bien distincts : le cycle mésowürmien pendant lequel sont mis en place de puissants dépôts de loess nivéo-éoliens, auquel succède le cycle néowürmien caractérisé par la sédimentation de loess éoliens purs. Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que cet interstade ait duré environ 4.000 ans, de 32.500 B.P. à 28.500 B.P. Il apparaît par ailleurs souhaitable de distinguer à la base du Würm une phase éowürmienne caractérisée par la dégradation progressive du climat qui permet par trois fois aux forêts de recoloniser le domaine périglaciaire durant les interstades d'Amersfoort, Brørup et Odderade. La grande instabilité du climat au cours de l'Eowürm se marque parfaitement dans la mise en place des premiers dépôts de loess würmiens qui présentent un aspect très feuilleté et conservent les traces d'importants processus d'érosion. Sans qu'il soit possible d'attribuer à chacun des trois interstades de l'Eowürm une durée précise, il semble que la période éowürmienne ait duré environ 15.000 ans, de 70.000 à 55.000 B.P. Le dernier interstade du Würm, l'interstade de Laugerie-Lascaux, se situe quant à lui au sein du Néowürm, et pourrait servir de limite inférieure au Tardiglaciaire würmien dont le début n'a jusqu'à présent jamais été défini de façon précise dans les travaux qui lui ont été consacrés. Il semble

que l'interstade de Laugerie-Lascaux ait duré environ 3.000 ans, de 19.500 à 16.500 B.P.

Grâce à l'analyse pollinique de profils prélevés dans les dépôts limoneux de quelques sites importants de notre pays, nous avons pu mettre en évidence ces cinq interstades, apportant ainsi une contribution originale à l'étude de la chronostratigraphie du Würm en Belgique, aucun de ces interstades n'ayant jusqu'à présent été reconnu par la palynologie dans notre pays.

La reconnaissance des interstades d'Amersfoort, de Brørup et d'Odderade dans le site de Rocourt nous a permis de suggérer que la phase d'humification du sol de Warneton aurait eu lieu entre les interstades de Brørup et Odderade, lors de la régression de la végétation forestière en une végétation herbacée steppique.

La reconnaissance de l'interstade d'Arcy-Kesselt dans le site de Kesselt nous a permis de rattacher la formation du sol de Kesselt à la seconde partie de cet interstade, l'oscillation tempérée de Kesselt étant séparée de l'oscillation tempérée d'Arcy par une brève période de sédimentation pendant une phase froide.

La reconnaissance de l'interstade de Laugerie-Lascaux dans le site de Maisières constitue la première mise en évidence de cet interstade dans des sédiments de plein air, cette phase interstadaire n'ayant jamais pu être reconnue jusqu'à présent dans les coupes de loess, en raison du développement de la pédogénèse holocène qui en a effacé les traces.

2. Peuplement végétal des loess et limons würmiens

Outre qu'elle nous a permis d'apporter une contribution à l'étude de la succession des stades et interstades würmiens, l'application de la palynologie aux loess et aux limons nous a également permis de mettre en évidence le caractère particulier du peuplement végétal des substrats limoneux, se traduisant notamment par l'extension de groupements forestiers feuillus durant les interstades de Brørup et Odderade, par le caractère steppique de la végétation herbacée, et par la persistance d'éléments forestiers feuillus au moins jusqu'à l'interstade de Laugerie-Lascaux.

Au cours de l'Eowürm, le caractère progressif de la dégradation climatique permet à trois reprises la recolonisation du domaine périglaciaire par des groupements forestiers. Durant l'interstade d'Amersfoort, les loess sont colonisés par une taïga à *Pinus* et *Betula* dominants, dans laquelle *Alnus*, *Corylus* et *Quercus* jouent un certain rôle, cependant que dans la végétation herbacée dominent les *Graminées*. Durant les interstades de Brørup et Odderade, les loess sont colonisés par un groupement forestier feuillu dans lequel dominent *Quercus* et *Betula*, *Fagus* et *Juglans* jouant un rôle non négligeable, au contraire de *Picea* qui n'apparaît que sporadiquement. A la fin de l'interstade de Brørup, les steppes à *Graminées* connaissent une grande extension, qui se marque dans les coupes de loess par la présence d'une épaisse couche humifère (sol de Warneton) formant un important repère stratigraphique.

Au cours du Mésowürm, l'extension des formations steppiques va refouler les groupements forestiers dans les vallées abritées qui leur serviront d'aire de refuge dans nos régions, où se maintiennent des forêts-galeries de *Alnus*, *Corylus*, *Quercus* et *Ulmus* notamment. A côté des *Graminées* dont la prédominance est générale dans la végétation herbacée, certains taxa peuvent prendre localement une grande extension, tels *Artemisia*, *Urtica* et les *Liguliflores*, d'autres taxa étant très régulièrement présents mais moins bien représentés : *Rumex*, *Plantago*, les *Chénopodiacées*.

Cette végétation herbacée est en outre caractérisée par la rareté des *Ericacées* et l'absence de plantes indicatrices des toundras, comme *Lycopodium*, *Rubus chamaemorus* ou *Selaginella*. Durant l'interstade d'Arcy-Kesselt, on assiste à la recolonisation des loess par une forêt mélangée de conifères : *Pinus*, *Picea*, *Larix*, et de feuillus : *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Corylus* et *Quercus*.

Au cours du Néowürm, l'extension de steppes à dominance de *Graminées* mais à composition floristique très diversifiée n'élimine pas encore complètement les essences feuillues telles *Carpinus*, *Corylus*, *Quercus* et *Alnus*, ce dernier connaissant une très forte extension au cours de l'interstade de Laugerie-Lascaux, qui semble avoir été assez chaud et très humide. *Alnus*, *Corylus* et *Quercus* étant régulièrement notés dans les diagrammes polliniques de l'Allerød, il est probable que ces trois essences feuillues n'ont jamais complètement disparu de nos régions, durant le Tardiglaciaire.

Il n'a jusqu'à présent jamais été possible d'étudier par la palynologie la transition du Würm sensu stricto au Tardiglaciaire würmien. Nul doute que le jour où cette transition aura pu être étudiée, un grand pas en avant aura été accompli dans nos connaissances sur l'évolution de la végétation au cours de cette période critique que constitue la fin de la glaciation de Würm.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN, S. T., 1957. — New investigations of interglacial fresh-water deposits in Jutland. A preliminary report. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **8**, 181-186.
- ANDERSEN, S. T., 1961. — Vegetation and its environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). *Dann. Geol. Unders.*, **75** (II Raekke), 175 p.
- ANDERSEN, S. T., DE VRIES, H., ZAGWIJN, W. H., 1960. — Climatic change and Radiocarbon dating in the Weichselian Glacial of Denmark and the Netherlands. *Geol. en Mijnb.*, **22** (N. S.), 38-42.
- AVERDIECK, F. R., 1962. — Frühweichselinterstadiale in Dithmarschen (Schleswig-Holstein). *Ber. Geobot. Inst. Rübél*, **34**, 58.
- AVERDIECK, F. R., 1967. — Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Odderade/Schleswig-Holstein. *Fundamenta*, **2** (Reihe B), 101-125.
- BASTIN, B., 1967. — Pflanzengeographische Probleme der offenen Vegetation Europas während der letzten Eiszeit. *Ber. Deutsch. Bot. Gesell.*, **80** (10), 697-704.
- BASTIN, B., 1969. — Premiers résultats de l'analyse pollinique des loess en Belgique. *Bull. AFEQ*, **18**, 3-11.
- BASTIN, B., 1970. — Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation de Würm. *Thèse Univ. Cath. Louvain*, 213 p.
- BASTIN, B. et COÛTEAUX, 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.
- BIRKENMAJER, K. et ŚRODOŃ, A., 1960. — Aurignacian interstadial in the Carpathians. *Bull. Inst. Geol.*, **9** (150), 9-70.
- BORDES, F., 1960. — Comments, in H. L. MOVIUS : Radiocarbon Dates and Upper Palaeolithic Archaeology in Central and Western Europe. *Current Anthropol.*, **1**, 376-377.
- BORDES, F., LAVILLE, H., PAQUEREAU, M. M., 1966. — Observations sur le Pléistocène supérieur du gisement de Combe-Grenal (Dordogne). *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, **B 103** (10), 3-19.
- BORÓWKO-DLUZAKOWA, Z., 1961. — Investigations palynologiques des dépôts aurigna-

- ciens (Brørup) du haut plateau de Konin. *Rep. Vith Intern. Congr. Quatern. Warsaw*, 2, 369-373.
- BORÓWKO-DLUZAKOWA, Z., 1967. — Palaeobotanical studies of Late Pleistocene deposits (Brørup) in the Konin-Marantow area. *Inst. Geol. Prace*, 48, 81-136.
- BRANDTNER, F., 1956. — Löss-stratigraphie und paläolithische Kulturabfolge in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 7, 127-175.
- BÜDEL, J., 1949. — Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas. *Die Naturwissenschaften*, 36, 105-112 et 133-139.
- CNOSSEN, J. & ZANDSTRA, J. G., 1965. — De oude Boorneloop in Friesland en veen uit de Paudorftijd nabij Heerenveen. *Boor en Spade*, 14, 62-87.
- DE HEINZELIN, J., 1961. — More on Upper Palaeolithic Archaeology. *Comments. Current Anthropol.*, 2, 434-436.
- DEMEK, J., KUKLA, J. et coll., 1969. — Periglazialzone, Löss und Paläolithikum der Tschechoslowakei. Brno, 158 p.
- DE PLOEY, J., 1961. — Morfologie en kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. *Acta Geographica Lovaniensia*, 1, 5-130.
- DE PLOEY, J., 1963. — Palynological investigations of upper Pleistocene and Holocene deposits in the lower Kempenland (Belgium). *Grana Palynologica*, 4 (3), 428-438.
- DE VRIES, H., 1958. — Radiocarbon dates for upper Eem and Würm-interstadial samples. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 9, 10-17.
- DUCHAUFOUR, P., 1965. — Précis de Pédologie. Masson, Paris, 481 p.
- DYLIK, J., 1968. — The earliest warmer substage of the Würm (Amersfoort) in Poland. *Bull. Soc. Sciences et Lettres de Lodz*, 19 (4), 1-15.
- FELGENHAUER, F., FINK, J., DE VRIES, H., 1959. — Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Österreich. I. Oberfellabrunn. *Archeologia Austriaca*, 25, 1-18.
- FINK, J., 1956. — Zur Korrelation der Terrassen und Lössen in Österreich. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 7, 49-77.
- FINK, J., 1962. — Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Österreich. II. Wetzleindorf und Stillfried. *Archeologia Austriaca*, 31, 1-18.
- FINK, J., 1964. — Die Subkommission für Lössstratigraphie der Internationalen Quartärvereinigung. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 15, 229-235.
- FLORSCHÜTZ, F., 1957. — The excavation at Velsen. 4. The flora of the Eemian and the Tubantian. *Verhand. Nederl. Geol. Mijnb.*, 17, 119-120.
- FLORSCHÜTZ, F., 1958. — Steppen- und Salzsumpfelemente aus den Floren der letzten und vorletzten Eiszeit in den Niederlanden. *Flora*, 146, 489-492.
- FRENZEL, B., 1964. — Zur Pollenanalyse von Lössen. Untersuchungen der Lössprofile von Oberfellabrunn und Stillfried (Niederösterreich). *Eiszeitalter und Gegenwart*, 15, 5-39.
- GROSS, H., 1956. — Das Göttweiger Interstadial, ein zweiter Leithorizont der letzten Vereisung. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 7, 87-101.
- GROSS, H., 1958. — Die bisherigen Ergebnisse von C¹⁴ Messungen und paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 9, 155-187.
- GROSS, H., 1959. — Noch einmal : Riss oder Würm? *Eiszeitalter und Gegenwart*, 10, 65-76.
- GROSS, H., 1960. — Die Bedeutung des Göttweiger Interstadials im Ablauf der Würm-Eiszeit. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 11, 99-106.
- GUILLIEN, Y., 1963. — De l'Eemien à l'Holocène : Eoglaciale, Mésoglaciale, Néoglaciale. *Annales de Géographie*, 393, 605-613.
- GUILLIEN, Y., 1968. — Chronostratigraphie de l'Europe würmienne. *Bull. AFEQ*, 16, 155-174.

- GULLENTOPS, F., 1954. — Contributions à la chronologie du pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, **18**, 125-252.
- GULLENTOPS, F., 1970. — Granulometrisch en mineralogisch onderzoek van een loess profiel te Rocourt. *Kon. Vlaamse Akad. België*, sous presse.
- HALLIK, R., 1952. — Ein « Weichsel-Frühglazial »-Profil in Lüneburg. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **2**, 168-172.
- HALLIK, R., 1955. — Über eine Verlandungsfolge weichsel-interstadialen Alters in Harksheide bei Hamburg. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **6**, 116-124.
- HALLIK, R. & KUBITZKI, K., 1962. — Über die Vegetationsentwicklung des Weichsel-Interstadialen aus Hamburg-Bahrenfeld. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **12**, 92-98.
- JARAI-KOMLODI, M., 1966. — Études palynologiques des couches de la dernière époque glaciaire (Brørup, Pléniglaciaire) de la grande plaine hongroise. *Pollen et Spores*, **8** (3), 479-496.
- KLÍMA, B., KUKLA, J., LOŽEK, V., DE VRIES, H., 1961. — Stratigraphie des Pleistozäns und Alter des paläolithischen Rastplatzes in der Ziegelei von Dolni Vestonice (Unter-Wisternitz). *Anthropozoikum*, **11**, 93-145.
- LAVILLE, H., 1964. — Recherches sédimentologiques sur la paléoclimatologie du Würmien récent en Périgord. *L'Anthropologie*, **68** (1-2), 1-48 et **68** (3-4), 219-252.
- LAVILLE, H., 1969. — Le remplissage des grottes et abris du sud-ouest de la France. *Études françaises sur le Quaternaire*, Suppl. *Bull. AFEQ*, 8^e Congrès INQUA, Paris, 77-83.
- LEROI-GOURHAN, Ar. & A., 1964. — Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). *Gallia-Préhistoire*, **7**, 1-64.
- LEROI-GOURHAN, Ar., 1967. — Analyse pollinique des niveaux paléolithiques de l'Abri Fritsch. *Rev. Palaeobot. and Palyn.*, **4**, 81-86.
- LEROI-GOURHAN, Ar., 1968 a. — L'abri du Facteur à Tursac (Dordogne). III. Analyse pollinique. *Gallia-Préhistoire*, **11** (1), 123-132.
- LEROI-GOURHAN, Ar., 1968 b. — Dénominations des oscillations würmiennes. *Bull. AFEQ*, **17**, 281-288.
- MAMAKOWA, K., 1968. — Flora from the Paudorf Interstadial at Lazek near Zaklikow (SE Poland). *Acta Palaeobotanica*, **9** (1), 29-44.
- MANIL, G., 1949. — Le Quaternaire des environs de Gembloux. La tranchée de Mazy. *Bull. Soc. belge Géol.*, **58**, 139-152.
- MANIL, G., 1952. — Quelques considérations générales sur la stratigraphie quaternaire et la pédogénèse à propos de la description de trois coupes de Loess (Hesbaye Gembloutoise). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **75**, 153-165.
- MULLENDERS, W., GULLENTOPS, F., COREMANS, M., 1966. — Les sédiments de la transition « Eemien-Würm » à Oevel, Campine Belge. *Acta Geographica Lovaniensia*, **4**, 57-67.
- PAEPE, R., 1964. — Les dépôts quaternaires de la plaine de la Lys. *Bull. Soc. belge Géol.*, **73** (3), 1-39.
- PAEPE, R., 1966. — Comparative stratigraphy of Würm loess deposits in Belgium and Austria. *Bull. Soc. belge Géol.*, **75** (2), 203-216.
- PAEPE, R., 1969. — Les unités litho-stratigraphiques du Pléistocène supérieur de la Belgique. *La stratigraphie des loess d'Europe*, Suppl. *Bull. AFEQ*, 8^e Congrès INQUA, Paris, 45-51.
- PAEPE, R. & VANHOORNE, R., 1967. — The stratigraphy and palaeobotany of the Late Pleistocene in Belgium. *Mém. Expl. Cartes Géol. et Min. Belg.*, **8**, 96 p.
- PASTIELS, A., 1942. — Note sur la flore pléistocène d'Hofstade (Belgique). *Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg.*, **18** (38), 1-22.
- POLAK, B. & HAMMING, C., 1963. — A peat-layer of early Würm glacial age. *Geol. en Mijnb.*, **42**, 202-205.

- REICH, H., 1953. — Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Grossweil-Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorland. *Flora*, **140**, 386-443.
- ROCHE, E., 1969. — Étude des Sporomorphes du Montien et du Landénien de Belgique et de quelques gisements du Sparnacien français. *Thèse Univ. Bruxelles*, 350 p.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B., 1966. — Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an süd-niedersächsischen und nordhessischen Lössprofilen. *Mitt. Deutsch. Bod. Gesell.*, **5**, 1-137.
- SCHNEEKLOTH, H., 1964. — Ergebnisse weiterer Untersuchungen an den interstadialen Ablagerungen der Weichsel-Eiszeit in Oerel/Krs. Bremervörde. *Zeit. Deutsch. Geol. Gesell.*, **116** (3), 773-796.
- SCHÖNHALS, E., ROHDENBURG, H., SEMMEL, A., 1964. — Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöss-Gliederung in Hessen. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **15**, 199-206.
- SCHÜTRUMPF, R., 1958. — Das profil von Geesthacht — ein Beitrag zur Gliederung der letzten Eiszeit in Schleswig-Holstein. *Ber. über V. Intern. Kongress f. Vor- u. Frühgeschichte in Hamburg*, 748-749.
- SCHÜTRUMPF, R., 1967. — Die Profile von Loopstedt und Geesthacht in Schleswig-Holstein. Ein Beitrag zur vegetationsgeschichtlichen Gliederung des jüngeren Pleistozäns. *Fundamenta*, **2** (Reihe B), 136-167.
- SELLE, W., 1952. — Die Interstadiale der Weichselvereisung. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **2**, 112-119.
- SELLE, W. & SCHNEEKLOTH, H., 1963. — Ergebnisse einer Kernbohrung in Oerel, Krs. Bremervörde; drei Interstadiale über Ablagerungen des Eem-Interglazials. *Zeit. Deutsch. Geol. Gesell.*, **115** (1), 109-117.
- SIMPSON, I. M. & WEST, R. G., 1958. — On the stratigraphy and palaeobotany of a late-pleistocene organic deposit at Chelford, Cheshire. *The New Phytologist*, **57**, 239-250.
- SOBOLEWSKA, M., STARKEL, L., ŚRODOŃ, A., 1964. — Late-Pleistocene deposits with fossil flora at Wadowice (West-Carpathians). *Folia Quaternaria*, **16**, 1-64.
- ŚRODOŃ, A., 1968. — On the vegetation of the Paudorf Interstadial in the Western Carpathians. *Acta Palaeobotanica*, **9** (1), 3-27.
- STOCKMANS, F., 1947. — Introduction à l'étude botanique du Quaternaire en Belgique. *Bull. Soc. belge Géol.*, **56**, suppl., 248-265.
- TAVERNIER, R., 1948. — Les formations quaternaires de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays. *Bull. Soc. belge Géol.*, **57**, 609-641.
- TAVERNIER, R., 1954. — Le Quaternaire. In *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, 554-589.
- TAVERNIER, R. & DE HEINZELIN, J., 1957. — Chronologie du Pléistocène supérieur, plus particulièrement en Belgique. *Geol. en Mijnb.*, **19** (7), 306-309.
- TRALAU, H. & ZAGWIJN, W. H., 1962. — Fossil *Salix polaris* Wahlbg. in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica*, **11**, 425-427.
- VAN DER HAMMEN, T., MAARLEVELD, G. C., VOGEL, J. C., ZAGWIJN, W. H., 1967. — Stratigraphy, Climatic Succession and Radiocarbon Dating of the last glacial in the Netherlands. *Geol. en Mijnb.*, **46** (3), 79-95.
- VANHOORNE, R., 1949. — Découverte d'une plante arctique, *Salix herbacea* L., dans le Quaternaire belge. *Bull. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg.*, **25** (44), 1-5.
- VANHOORNE, R., 1963. — La tourbe fin éémien et début würm du plateau d'Oevel (Belgique). *Bull. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg.*, **39** (14), 1-7.
- VANHOORNE, R., 1967. — Cfr. PAEPE, R. & VANHOORNE, R., 1967.
- VOGEL, J. C. & WATERBOLK, H. T., 1963. — Groningen Radiocarbon Dates IV. *Radiocarbon*, **5**, 163-202.
- VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H., 1967. — Groningen Radiocarbon Dates VI. *Radiocarbon*, **9**, 63-106.

- VOGEL, J. C. & WATERBOLK, H. T., 1967. — Groningen Radiocarbon Dates VII. *Radio-carbon*, **9**, 107-155.
- WEBER, C. A., 1898. — Über eine Omorika-artige Fichte aus einer dem älteren Quartäre Sachsens angehörenden Moorbildung. *Englers Bot. Jahrb.*, **24**, 510-540.
- WOLDSTEDT, P., 1956. — Über die Gliederung der Würm-Eiszeit und die Stellung der Lösses in ihr. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **7**, 78-86.
- WOLDSTEDT, P., 1958 a. — Das Eiszeitalter. II. Europa, Vorderasien und Nordafrika im Eiszeitalter. Stuttgart, 438 p.
- WOLDSTEDT, P., 1958 b. — Eine neue Kurve der Würm-Eiszeit. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **9**, 151-154.
- WOLDSTEDT, P., 1960. — Die letzte Eiszeit in Nordamerika und Europa. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **11**, 148-165.
- 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. Neth.*, **14**, 15-45.
- ZAGWIJN, W. H. & PAEPE, R., 1968. — Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. *Eiszeitalter und Gegenwart*, **19**, 129-146.

DISCUSSION

M. A. PISSART : Votre étude palynologique vous permet d'affirmer que pendant les périodes à climat périglaciaire les régions loessiques de Belgique étaient recouvertes d'une végétation se rapprochant plus d'une steppe que d'une toundra. Avez-vous une idée de la densité de cette couverture végétale et pensez-vous que l'évolution géomorphologique a, de ce fait, été beaucoup moins rapide qu'on ne le supposait ?

Réponse : Il est très difficile, par la palynologie, de se faire une idée de la densité de la couverture végétale, les essais d'analyse pollinique quantitative — aussi bien par unité de volume que par unité de poids — ayant jusqu'à présent fourni des résultats difficilement interprétables.

Néanmoins nous avons pu montrer que la végétation steppique des phases stadières présentait un aspect de mosaïque, et l'on peut présumer que cette mosaïque devait être relativement ouverte, avec des plages non colonisées par la végétation, soumises à des processus de solifluxion durant les phases de froid humide, et à des processus de déflation durant les phases de froid sec.

M. A. PISSART : La méthode que vous avez utilisée est-elle applicable à d'autres dépôts que les loess ? Les remaniements des pollens n'empêcheront-ils pas d'appliquer cette technique à des dépôts de pente mis en place au pied des versants où la sédimentation a pu être continue aussi bien pendant les périodes froides que pendant les périodes plus tempérées ?

Réponse : Initialement destinée à extraire les pollens conservés dans les loess, la méthode que nous avons employée a été appliquée avec succès à des échantillons de sables, d'argiles, de tufs et d'encroûtements calcaires.

Il serait très intéressant d'appliquer cette méthode à des dépôts de bas de versant où l'on peut espérer avoir des séquences plus complètes que dans les loess, dont la mise en place s'est effectuée par une succession de phases de sédimentation entrecoupées de phases d'arrêt de la sédimentation, notamment pendant les périodes interglaciaires et interstadières.

Quant au remaniement des pollens, ce problème se pose dans tous les dépôts sédimentaires, mais il n'est pas certain que le remaniement des pollens ait été plus important dans les dépôts de bas de versant que dans les dépôts de loess par exemple.

M. G. SERET : Vos études montrent qu'une couverture de graminées s'étalait sur les plateaux lors de la sédimentation des loess. Or, l'étude pétrographique des loess montre qu'ils sont à 90 ou 95 % d'origine locale. Dès lors, comment la déflation était-elle possible au travers du couvert végétal ? Peut-être faut-il supposer des arrêts dans la sédimentation loessique ? Vos études permettraient-elles de s'en rendre compte ?

Réponse : La fixation des loess par une végétation steppique à dominance de graminées n'empêche pas que les processus de déflation aient pu affecter les larges plaines alluviales formées par le réseau de « braided rivers » caractéristique des climats péri-glaciaires.

Il est d'autre part établi que la sédimentation des loess s'est faite de façon discontinue, et dans certains profils nous avons pu mettre en évidence des hiatus sédimentaires, même en l'absence de sols fossiles témoignant de phases d'amélioration climatique.

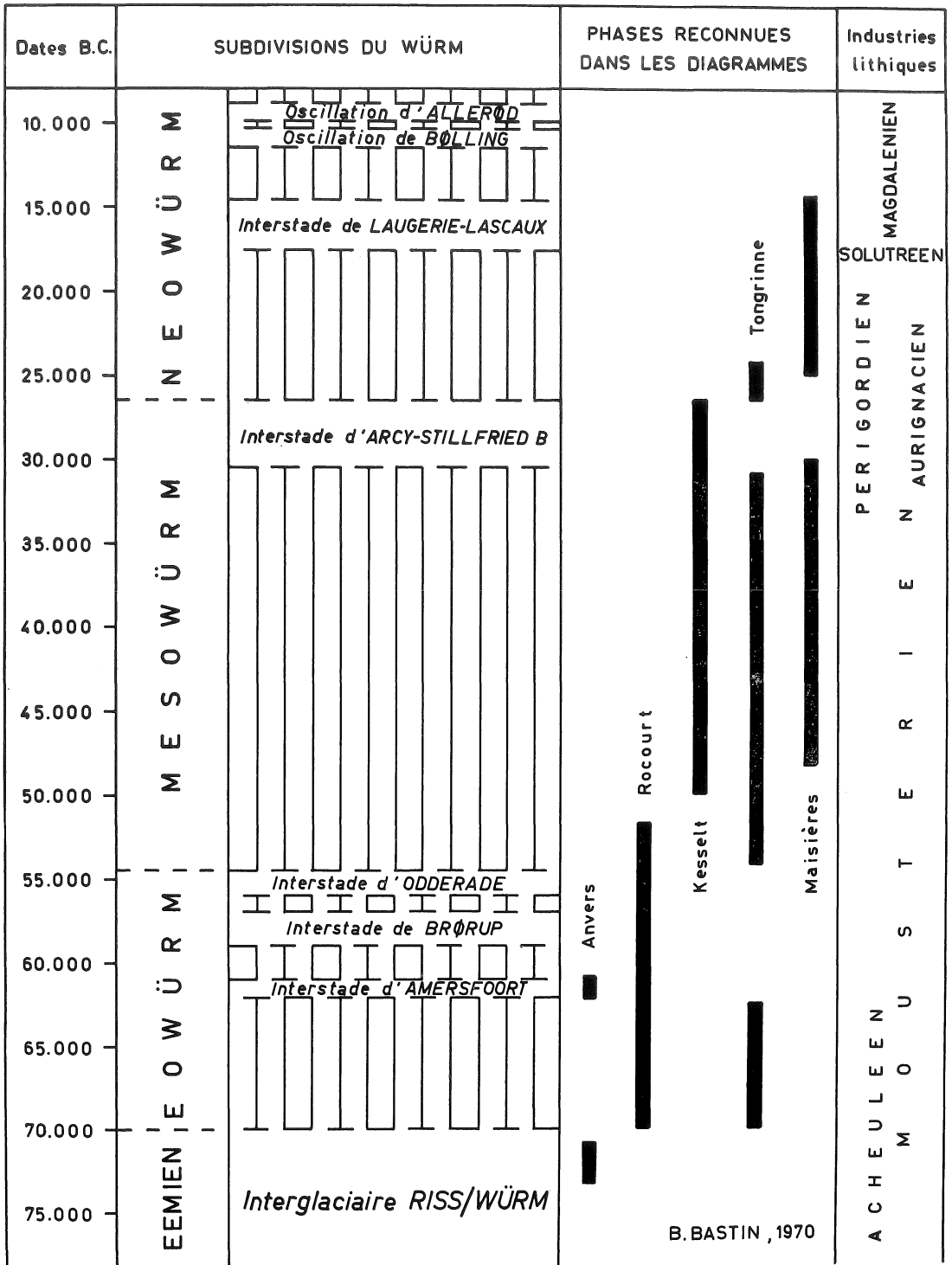
TABLEAU I - Principales Stratigraphies du WÜRM en Belgique.

F. GULLENTOPS, 1954		R. TAVERNIER et J. DE HEINZELIN, 1957		R. PAEPE 1964		R. PAEPE 1967					
GLACIATION	WÜRM	BRABANTIEN	WÜRM III	LIMON RECENT III	WÜRM III	LIMON RECENT III	PLENI-WEICHSEL B	LIMON DE COUVERTURE 2 ou SABLE DE COUVERTURE 2 "DESERT PAVEMENT", 3 et GRANDES FENTES DE GEL			
				FENTES DE GEL, CRYOTURBATIONS		CAILLOUTIS et FENTES DE GEL		LIMON DE COUVERTURE 1 SABLE DE COUVERTURE 1			
	INTERSTADE	SOL DE KESSELT	WÜRM II/III	INTERSTADE	LEHM = SOL DE KESSELT	WÜRM II/III	INTERSTADE DE PAUDORF	LEHM	INTERSTADE DE PAUDORF	"DESERT PAVEMENT", 2 et FINES FENTES DE GEL	SOL DE ZELZATE (26.250 BC.)
	HESBAYEN	WÜRM II	LIMON RECENT II	WÜRM II	LIMON RECENT II	WÜRM II	LIMON RECENT II	PLENI-WEICHSEL A	----- SOL D' HOBOKEN (30.540 BC.) ----- FORMATIONS LIMONOTOURBEUSES ou FORMATIONS LIMONEUSES ou FORMATIONS SABLEUSES ----- SOL DE POPERINGE (43.650 BC.)		
WÜRM I/II		INTERSTADE	LEHM = SOL DE CLYPOT	INTERSTADE DE GÖTTWEIG	LEHM	LEHM	"DESERT PAVEMENT", 1 et PETITES FENTES DE GEL				
WÜRM I		LIMON RECENT I	WÜRM I	LIMON RECENT I	WÜRM I	LIMON RECENT I	INTERSTADES DE BRÛRUP ET AMERSFOORT		LIMONS et SABLES GROSSIERS avec ou sans SOL DE WARNETON		
EEMIIEN	LIMON HUMIFERE	EEMIIEN	FENDILLE EN PLACE = SOL DE ROCOURT	EEMIIEN	SOL ROUGEÂTRE = SOL DE ROCOURT ou GRAVIERS et TOURBES	EEMIIEN	SABLES et GRAVIERS avec, ou sans SOL D'ANVERS				
	SOL DE ROCOURT		SOL DE ROCOURT et/ou TOURBES et GRAVIERS								
RISS	HENNUYEN	RISS	LIMON ANCIEN	RISS	LIMON ANCIEN	SAALE	LIMON				

TABLEAU II - Synchronisation des principaux diagrammes polliniques des interstades du WÜRM .

Interstade d'AMERSFOORT	Interstade de BRØRUP	Interstade d'ODDERADE	Interstade d'ARCY-STILLFRIED B	Interstade de LAUGERIE-LASCAUX
	Lüneburg (R. HALLIK, 1952)	ALLEMAGNE		
	Grossweil-Ohlstadt, Pfefferbichl (H. REICH, 1953)			
Harksheide, Kollau (R. HALLIK, 1955)		Hamburg-Bahrenfeld (R. HALLIK & K. KUBITZKI, 1962)		
	Oerel (W. SELLE, 1952 ; W. SELLE & H. SCHNEEKLOTH, 1963 ; H. SCHNEEKLOTH, 1964)			
	Loopstedt (R. SCHÜTRUMPF, 1967)			
	Geesthacht (R. SCHÜTRUMPF, 1958, 1967)		Geesthacht (R. SCHÜTRUMPF, 1958, 1967)	
	Odderade (F.R. AVERDIECK, 1962, 1967)			
		ANGLETERRE		
	Chelford (I.M. SIMPSON & R.G. WEST, 1958)			
		BELGIQUE		
	Rocourt (B. BASTIN, 1969, 1970)			
			Kesselt (B. BASTIN, 1969, 1970)	
Anvers (B. BASTIN, 1970)				Maisieres (B. BASTIN, 1970)
		DANEMARK		
	Brørup (S.T. ANDERSEN 1957, 1961)			
Rodebaeck (S.T. ANDERSEN, 1961)				
Herning (S.T. ANDERSEN, 1961)				
	Nørbølling (S.T. ANDERSEN, 1961)			
		FRANCE		
	Combe-Grenal (F. BORDES, H. LAVILLE, M.M. PAQUEREAU, 1966)		Arcy-sur-Cure (Ar. & A. LEROI-GOURHAN, 1964)	
				Abri Fritsch (Ar. LEROI-GOURHAN, 1967)
			Tursac (Ar. LEROI-GOURHAN, 1968)	
		HOLLANDE		
Amersfoort (W.H. ZAGWIJN, 1961)				
Moershoofd (W.H. ZAGWIJN, 1961)				
Wanssum (W.H. ZAGWIJN, 1961)				
	Lunteren (W.H. ZAGWIJN, 1961)			
	Bruchterveld (B. POLAK & C. HAMMING, 1963)			
			Haskerveenpolder (J. CNOSSEN & J. ZANDSTRA, 1965)	
Kiskunfelegyhaza (M. JARAI-KOMLODI, 1966)		HONGRIE		
	Timar (M. JARAI-KOMLODI, 1966)			
		POLOGNE		
		Brzeziny (K. BIRKENMAJER & A. SRODON, 1960)		
	Konin (Z. BOROWKO-DLUZAKOWA, 1961, 1967)			
	Wadowice (M. SOBOLEWSKA et collab., 1964)			
Josefow (J. DYLIK, 1968)			Dobra (A. SRODON, 1968)	
			Lazek (K. MAMAKOWA, 1968)	

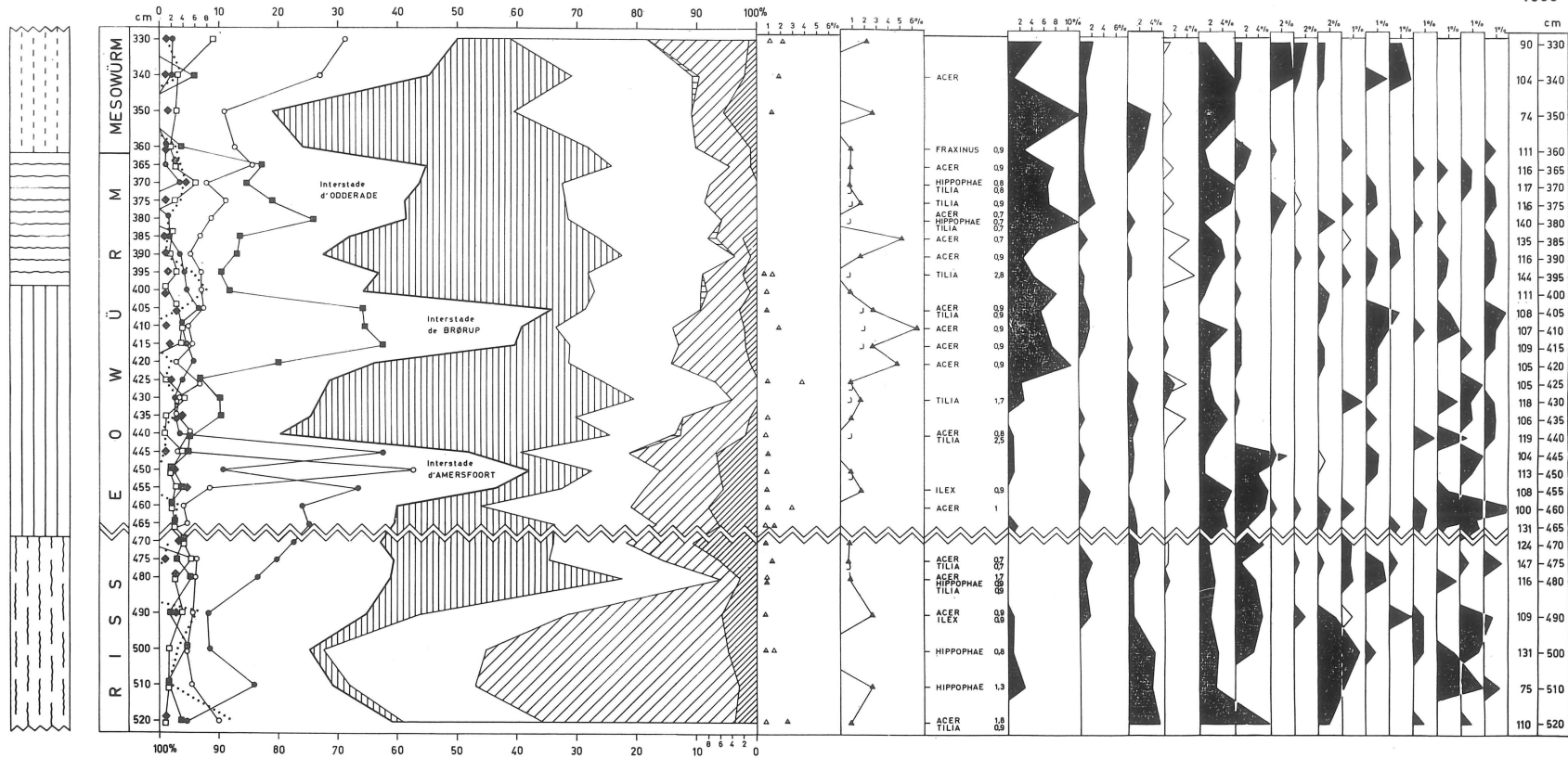
TABLEAU III - Interstades du WÜRM reconnus par la Palynologie.



B. BASTIN, 1970

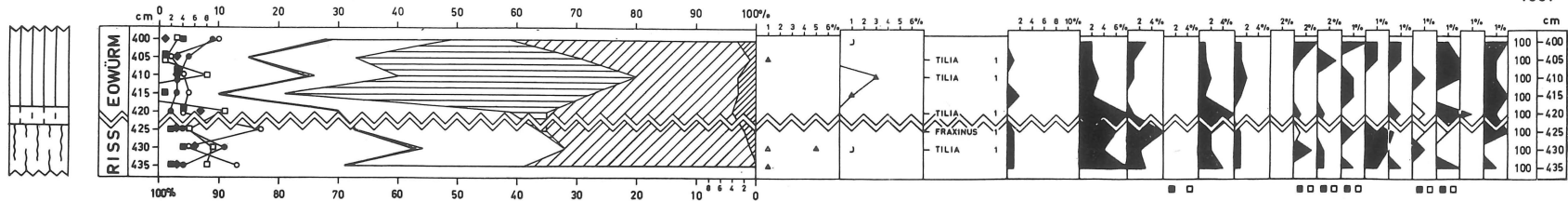
ROCOURT I

1965



ROCOURT II

1967



STRATIGRAPHIE

PERIODE PROFONDEUR

- LOESS EOLIEN
- LIMON RUISSELE BRUN
- LIMON GRIS HUMIFERE
- LIMON ROUGE-BRUN (B₁)

- ALNUS
- BETULA
- ◆ CORYLUS
- PINUS
- QUERCUS
- ... ULMUS
- A.P. (sans SALIX)
- SALIX

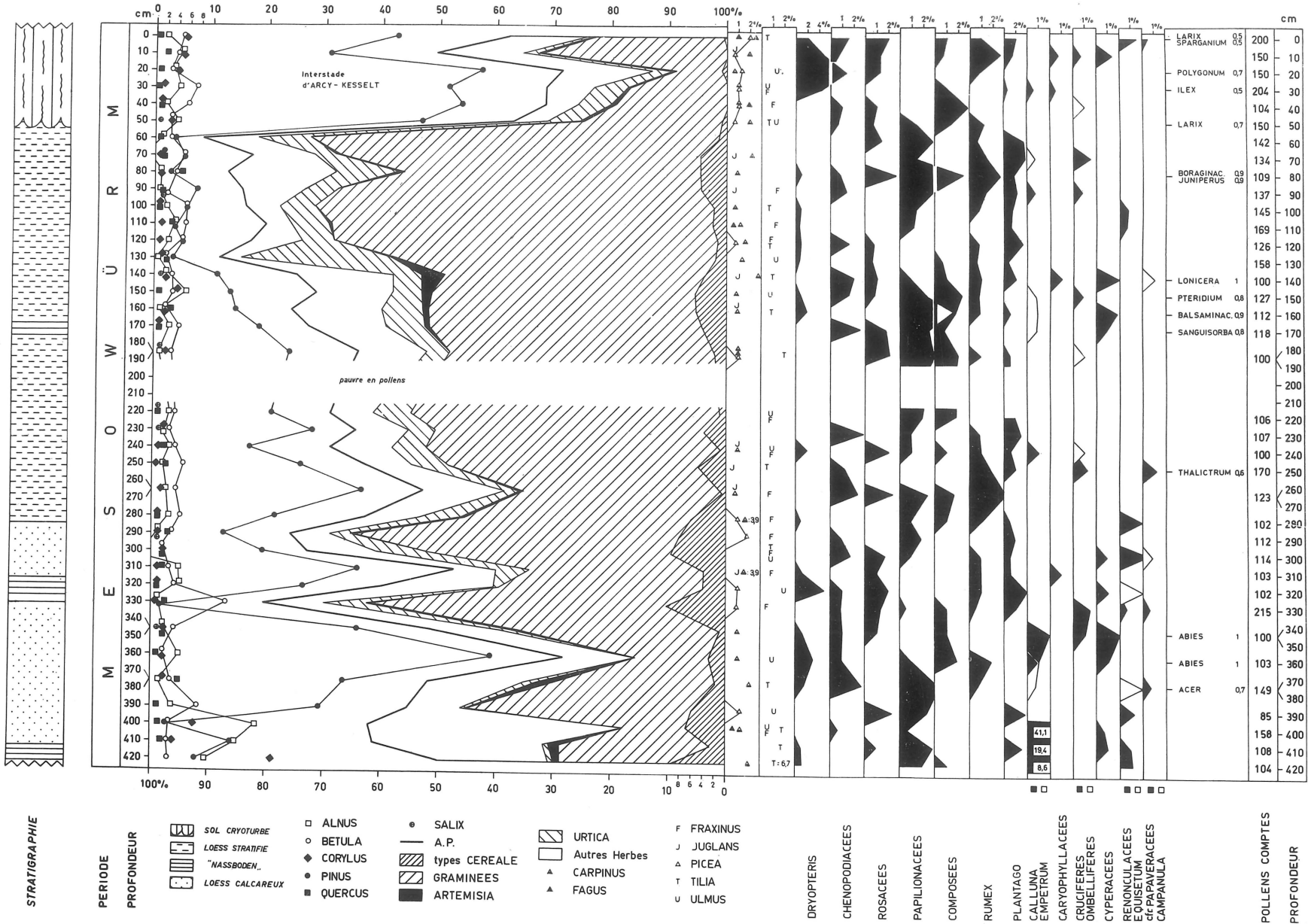
- ▨ types CERIALES
- ▨ GRAMINEES
- ▨ LIGULIFLORES
- Autres Herbes

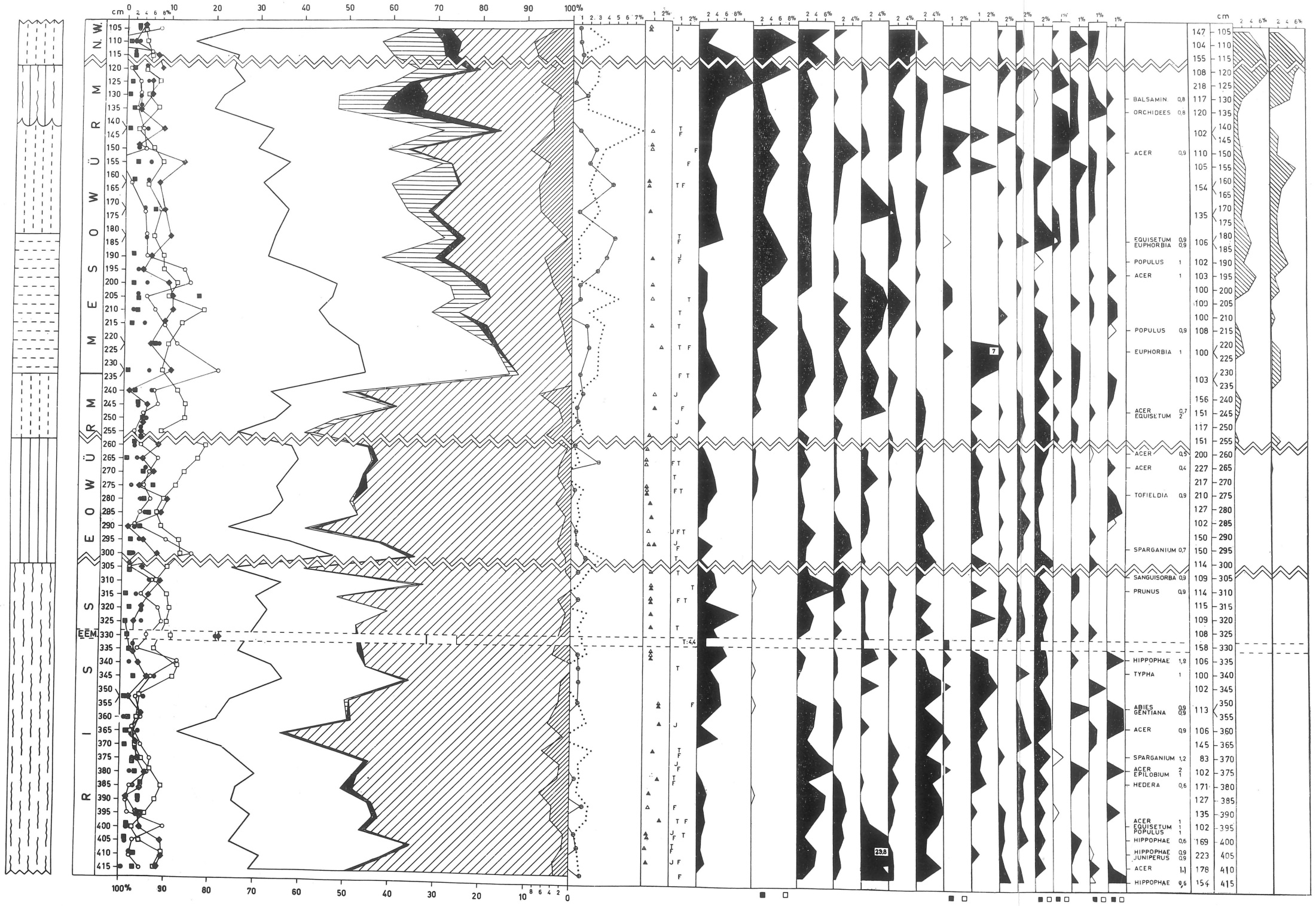
- ▲ CARPINUS
- ▲ FAGUS
- ▲ JUGLANS
- ▲ PICEA

Analyse B. BASTIN

cf. PAPYRACEES

- DRYOPTERIS
- ARTEMISIA
- LYCOPODIUM
- TOFIELDIA
- ROSACEES
- RUMEX
- EQUISETUM
- EMETACEES
- EMETACEES
- URTICA
- RUBIACEES
- CHENOPODIACEES
- CARYOPHYLLACEES
- CRUCIFERES
- CYPERACEES
- OMBELLIFERES
- CAMPANULA
- PLANTAGO
- EPILOBIUM
- RENONCULACEES
- TUBULIFLORES
- POLLENS COMPTES
- PROFONDEUR

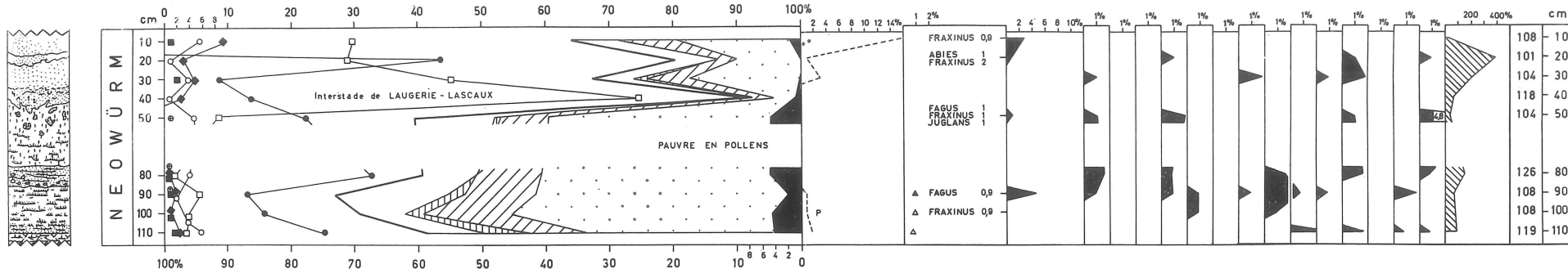




- | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-----------|------------------|------------|------------|
| STRATIGRAPHIE | □ SOL CRYOTURBE | □ ALNUS | ▨ types CEREALE | ● SALIX | ▲ PICEA |
| | ▨ LOESS STRATIFIE | ○ BETUL | ▨ GRAMINEES | ... ULMUS | F FRAXINUS |
| PERIODE PROFONDEUR | ▨ LOESS EOLIEN | ◆ CORYLUS | ▨ CHENOPODIACEES | ▲ CARPINUS | J JUGLANS |
| | ▨ LIMON GRIS HUMIFERE | ● PINUS | ▨ LIGULIFLORES | ▲ FAGUS | T TILIA |
| | ▨ LIMON ROUGE-BRUN (B1) | ■ QUERCUS | □ Autres Herbes | | |
| | | — A.P. | | | |

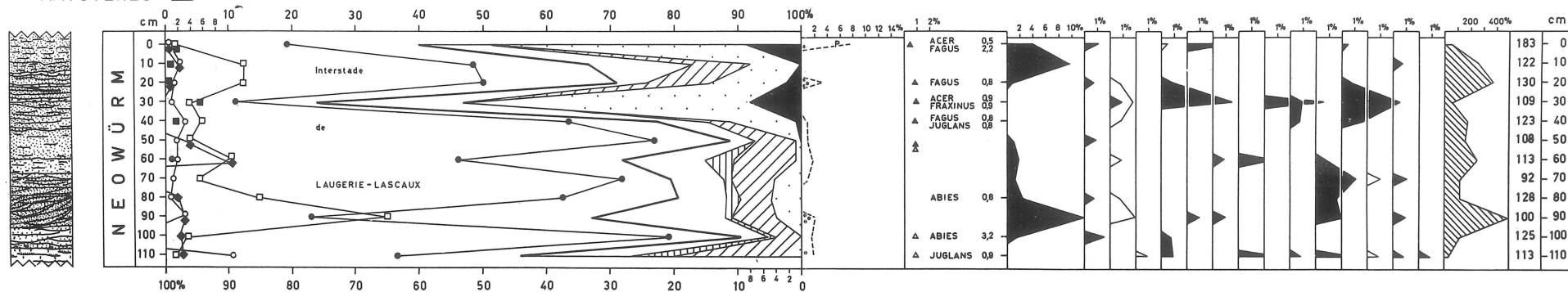
MAISIERES IX

1968



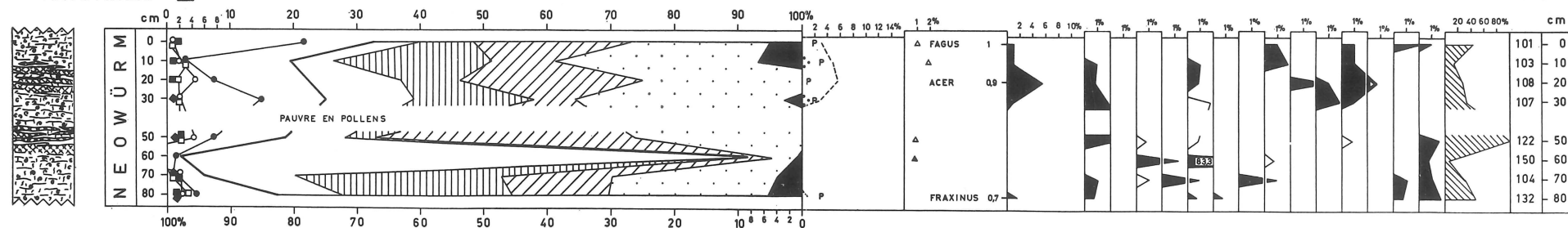
MAISIERES VII

1968



MAISIERES VI

1968



STRATIGRAPHIE

PERIODE
PROFONDEUR

- SABLE GROSSIER
- SABLE STRATIFIE
- LIMON SABLEUX
- LIMON SABLEUX STRATIFIE
- LIMON FRANC
- LIMON A DOUBLETS
- LIMON RUSSELE A GASTEROPODES
- LIMON ARGILEUX REDUIT

- ALNUS
- BETULA
- CORYLUS
- PINUS

- QUERCUS
- SALIX
- A. P.
- types CEREALE
- GRAMINEES
- DRYOPTERIS
- LIGULIFLORES
- Autres Herbes

- CARPINUS
- PICEA
- type PRUNUS
- TILIA
- ULMUS

PAPILIONACEES

- ARTEMISIA
- CALLUNA
- EMPETRUM
- CARYOPHYLLACEES
- POLYPODIUM
- CHEMOPADIACEES
- OMBELLIFERES
- CRUCIFERES
- cfr. PAPERACEES
- CYPERACEES
- EQUISETUM
- PLANTAGO
- THALICTRUM
- RENUNCULACEES
- ROSACEES
- RUMEX
- RUBIACEES
- SELAGINELLA
- LYCOPODIUM
- TUBULIFLORES
- URTICA
- SPOROMORPHES
- POLLENS COMPTEES
- PROFONDEUR

Analyse : B.BASTIN & Y. BASTIN-SERVAIS