

Microstratigraphie des Argiles de Campine (*).

par E.-M. DRICOT.

RÉSUMÉ. — *Les Argiles de Campine représentent un milieu de schorre. Une période à climat arctique, jusqu'ici inconnue, interrompt momentanément le dépôt des Argiles. Cette phase glaciaire, à laquelle est donné le nom de Beersien, est caractérisée par l'arrivée des sables de couverture et la formation de fentes en coin. Le Beersien équivaut soit à la glaciation de l'Éburonien, soit à la glaciation du Ménapien.*

INTRODUCTION.

SECTION 1. — Le problème.

Les Argiles de Campine qui s'étendent à travers toute la Campine anversoise, recouvertes d'un mince tapis de sables de couverture Wurmien, sont loin de constituer un ensemble homogène : des bancs de sable et des couches de tourbe se mêlent à l'argile. L'épaisseur de ce complexe mesure en moyenne 5 à 10 m.

L'âge de cette formation a donné lieu à de vives controverses : appartient-elle au Pliocène ou au Pléistocène inférieur ? TAVERNIER (1942) a consacré une importante étude à cette question; sa conclusion, qu'il reprend d'ailleurs encore intégralement en 1954, est que les Argiles de Campine remontent certainement au Pléistocène inférieur. Résumons ici les principaux chaînons de son raisonnement :

1° Les Argiles de Campine sont plus récentes que les Sables de Mol;

2° Dans les Sables de Mol existe un niveau de sables éolisés qui représente la première glaciation (Gunz);

3° Les Argiles de Campine forment le prolongement sud des Argiles de Tegelen et, comme elles, remontent à l'Interglaciaire Gunz-Mindel.

Toutefois, depuis les prises de position de TAVERNIER, les chercheurs néerlandais et en particulier ZAGWIJN (1957-1960) ont reconnu trois phases glaciaires importantes qui se partagent ce qui était autrefois attribué à la glaciation de Gunz et aux épisodes froids du Villafranchien.

(*) Texte remis le 27 juillet 1961.

Dans cette nouvelle chronologie, où situer les Argiles de Campine ? Comme point de départ à cette nouvelle étude nous pouvons admettre les faits suivants :

1^o Il paraît bien que les Sables de Mol, sous-jacents aux Argiles, soient, tout au moins en partie, tertiaires. La flore des couches de lignite de Mol (STOCKMANS, 1943) est proche de celle des Argiles de Reuver (Pliocène continental).

2^o Le niveau de sables éolisés, situé au-dessus des lignites, représente peut-être la première glaciation de la chronologie néerlandaise (Prétiglien). Mais il resterait à démontrer que ces sables se sont installés en climat froid; l'hypothèse d'une formation dunaire n'est pas à exclure.

3^o L'ancien cône alluvial de la Meuse qui surmonte vers l'Est les Argiles de Campine est d'âge Mindel (ZONNEVELD, 1958). Entre la fin du dépôt des Sables de Mol et la formation de ce cône s'étend une longue période qui englobe les Interglaciaires Tiglien, Waalien et Cromérien ainsi que les glaciations de l'Éburonien et du Ménapien. C'est au cours de cette période que les Argiles de Campine ont dû se déposer mais sans qu'il soit possible d'en préciser a priori l'époque et la durée.

TAVERNIER rattache les Argiles de Campine aux Argiles de Tegelen, sises dans la vallée de la Meuse près de Venlo aux Pays-Bas, mais le seul argument positif avancé pour justifier ce parallélisme est une certaine similitude dans le contenu respectif en minéraux lourds des deux formations. Toutefois, une forte ressemblance dans la constitution lithologique ne nous paraît pas la preuve d'un âge identique pour deux formations aussi distantes l'une de l'autre si aucun argument paléontologique ne vient confirmer la similitude des âges. Les mollusques d'eau douce, typiques pour les Argiles de Tegelen, ne sont pas signalés dans les Argiles de Campine. Quant aux nombreux bois de cervidés, qui ont jadis été récoltés dans les argilières qui s'échelonnent le long du canal de la Campine, ils sont tous à rapporter, selon TEILHARD DE CHARDIN et PIVETEAU (1932), à *Cervus eriboni* DUBOIS, une espèce qui paraît propre aux Argiles de Campine; la présence de *Cervus falconeri* B. DAWK., espèce du Norwich Crag, est douteuse. Dans les Argiles de Tegelen, d'autre part, quatre espèces de cervidés sont connues mais ni le *Cervus eriboni* DUBOIS, pas plus d'ailleurs que le

Cervus falconeri B. DAWK., ne sont cités par VAN DER VLERK et FLORSCHÜTZ (1950). Il n'est donc pas prouvé que les Argiles de Campine et les Argiles de Tegelen soient du même âge, ni même qu'elles se soient déposées dans des conditions identiques de milieu.

Les progrès récents de la stratigraphie du Quaternaire sont redevables en bonne part à l'emploi de plus en plus généralisé de la méthode palynologique. L'application de cette méthode, complétée par l'emploi d'autres techniques d'analyse des sédiments, nous a permis non pas de cerner de façon définitive le problème de l'âge des Argiles de Campine mais tout au moins de préciser les conditions de milieu et de climat dans lesquelles le dépôt des Argiles s'est effectué.

Je tiens à remercier M. le Prof^r GULLENTOPS, qui a bien voulu se charger de la direction de ce travail. Toute ma reconnaissance va également à M. le Prof^r MULLENDERS pour l'amabilité avec laquelle il a continué à mettre à ma disposition les ressources de son laboratoire de Palynologie.

SECTION 2. — Les affleurements.

Les argilières visitées à l'occasion de cette étude sont toutes situées sur le territoire de la commune de Beerse, à 6 km environ à l'Ouest de la ville de Turnhout. Ce sont :

Argillère de Beerse I : au lieu dit « Het Oosteneind », au Sud du canal de la Campine, face à la borne 31;

Argillère de Beerse II : au Nord du canal, à hauteur de la borne 32;

Argillère de Beerse III : entre « Black Heide » et « Berkedonk Ven », à hauteur de la borne 35;

Argillère de Beerse IV : au Nord du canal, face à la borne 33.

Les figures 1 et 2 donnent une vue d'ensemble des parois des deux premières argilières, qui seules ont fait l'objet d'une étude détaillée. Chaque fois qu'une couche paraissait bien individualisée, elle s'est vue caractérisée par une lettre minuscule (l'ordre d'apparition de ces lettres est quelconque). Tous les échantillons qui ont fait l'objet d'analyses tant sédimentologiques que palynologiques ont leur numéro reporté sur les coupes.

Argillère de Beerse I.

« a » : Sable de couverture Wurmien, caractérisé par la présence d'enstatite et d'altérite (EDELMAN et TAVERNIER, 1940).

« b » : Argile gris-vert, avec minces passées (1-2 mm) de sable blanc ou brunâtre. Parfois quelques laminations plus importantes (2-5 mm) de sable blanc très grossier.

Épaisseur variable : 180 cm à l'endroit échantillonné.

« d » : Alternance de lits de sable blanc grossier, de 2-10 cm d'épaisseur, et de lits d'argile moins épais (2-3 cm).

Épaisseur variable : n'existe que là où la couche « x » a presque entièrement disparu.

« z » : Accumulation de galets de tourbe, de nodules quasi circulaires de sable, de blocs parfois anguleux d'argile et de sable humifère.

Les dimensions des blocs sont très variables : de quelques centimètres à plusieurs décimètres.

Apparaît sporadiquement à la base de « d », au contact de « x », de « f » ou même de « g ».

« x » : Sable finement lité, limoneux, blanc mais souvent rougi par de l'oxyde de fer; fentes en coin et traces de racines.

Épaisseur variable : souvent érodé.

« f » : Sable analogue à « x », se chargeant d'humus dans la partie supérieure.

Épaisseur : 75 cm en moyenne.

« g » : Tourbe argileuse d'épaisseur variable : 15-30 cm.

« h » : Argile verte.

Argillère de Beerse II.

« a » : Sable de couverture Wurmien.

« b » : Argile gris-vert avec taches de rouille.

Épaisseur : 40 cm.

« c » : Banc argileux humifère, violet à noir, pouvant atteindre 30 cm d'épaisseur mais n'apparaissant que sporadiquement.

Les 3 échantillons (156, 157 et 158) étaient stériles au point de vue contenu palynologique.

« d » : Argile jaunâtre, devenant plus verte en profondeur; nombreuses taches de rouille et tubulations verticales entourées d'une gangue de rouille.

Épaisseur : 205 cm.

La base est sableuse surtout dans la partie ouest de la coupe.

« e » : Tourbe argileuse, la base au contact de « f » est ondulante.

Épaisseur : en moyenne 30 cm; manque dans la partie ouest de la coupe.

« f » : Argile bleue parsemée de taches violettes; à la base, quelques galets de tourbe reposent au contact sur « j ».

Épaisseur : 235 cm.

Argillère Beerse I

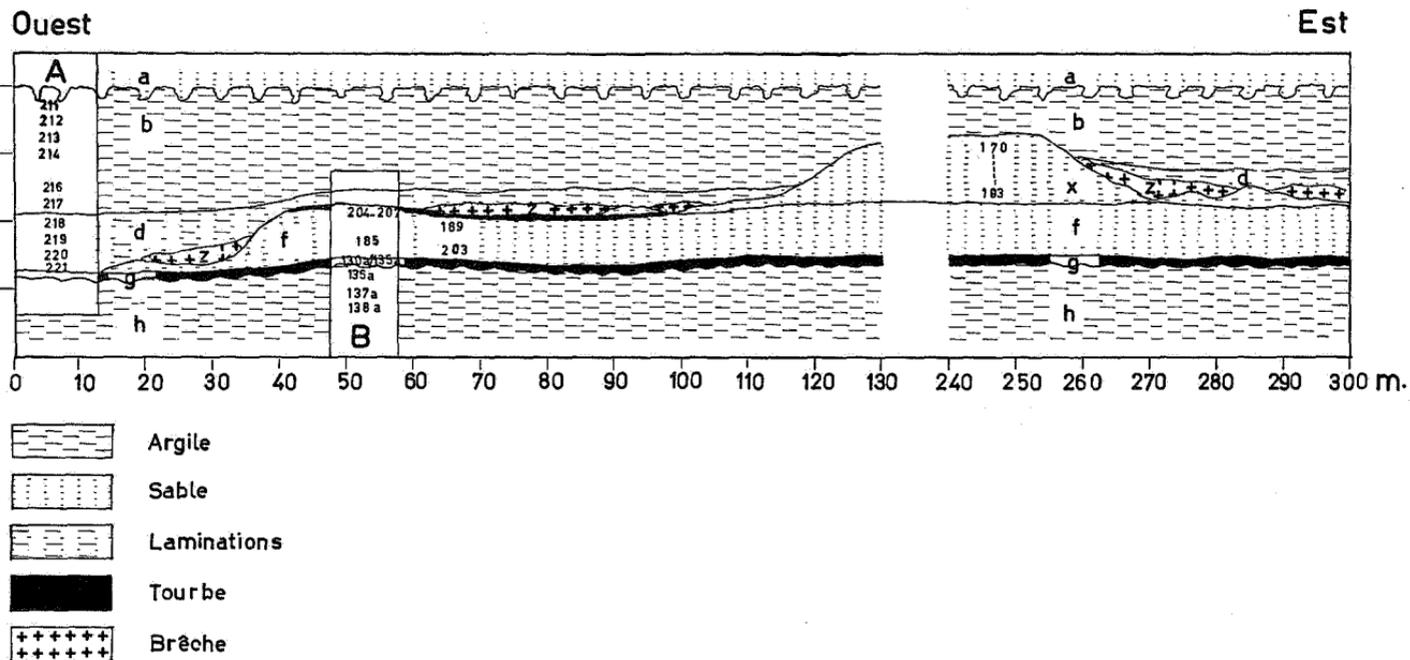


FIG. 1. — Argillère de Beerse I.

Argillère Beerse II

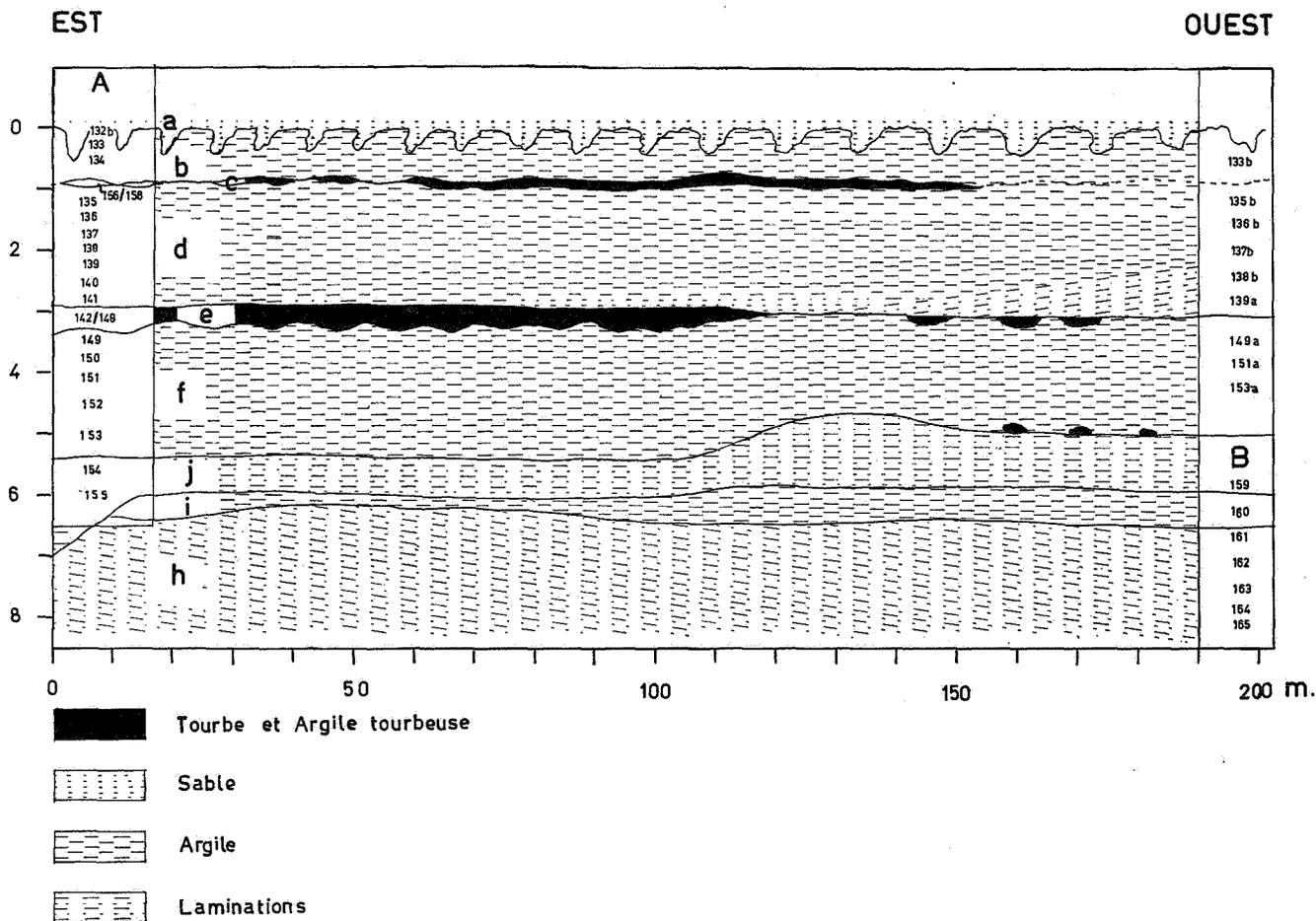


FIG. 2. — Argillère de Beerse II.

« j » : Laminations (1-15 cm) de sable blanc et d'argile. L'argile se fait progressivement plus abondante vers le sommet du banc.

Épaisseur : variable.

« h » : Laminations horizontales ou légèrement inclinées vers l'Ouest de sable violacé et d'argile passant progressivement au sommet à une argile « i » gris-bleu, renfermant encore de minces passées, mais très irrégulières, de sable.

Épaisseur : inconnue.

SECTION 3. — Technique de l'analyse palynologique.

1. Traitement : il peut se résumer comme suit :

1^o Ébullition (3-4 minutes) dans HCl 10 %, ou si le sédiment est très humifère ébullition avec KOH.

Dans certains cas, la fraction grossière des sables était alors éliminée par décantation (DEL COURT, MULLENDERS et PIÉRART, 1959).

2^o Ébullition (15-20 minutes) avec HF 20 %.

3^o Ébullition dans HCl 20 % : 5 minutes pour les sables; avec les argiles, la durée du traitement atteint facilement 30 minutes avant que tous les fluorures ne soient passés en solution.

4^o Ébullition (5 minutes) dans KOH 10 %. En ce qui concerne nos sédiments, l'acétolyse ne nous a pas paru donner une meilleure concentration et dans certains cas s'est même révélée trop destructrice. Le gonflement des grains obtenu avec KOH est suffisant pour permettre l'observation des caractères nécessaires à l'identification.

2. Présentation des résultats : elle est identique à celle préconisée par ZAGWIJN (1960); les pourcentages sont calculés par rapport à la somme totale des pollens arboréens (AP) et des principales herbes anémophiles (NAP) : Chénopodiacées, Graminées, Cypéracées, Éricales, *Plantago* + *Rumex* + *Artemisia* + *Thalictrum*. Toutefois, les pollens arboréens difficiles à déterminer et qui risquent de passer inaperçus si les grains sont quelque peu corrodés, ne sont pas repris dans cette somme : Myricacées, *Cupressus*-type, *Juniperus*-type. Afin d'aérer le diagramme principal, les arbres secondaires, le détail des essences tertiaires et du *Quercetum-mixtum* (*Quercus* + *Tilia* + *Ulmus*-type + *Fraxinus* + *Acer*) ainsi que les herbes varia (*Plantago* + *Rumex* + *Artemisia* + *Thalictrum*) sont figurées séparément.

Parmi les types polliniques tertiaires (T), cités par ZAGWIJN, seuls ont été rencontrés à Beerse : *Tsuga*, *Pterocarya* et *Eucomia*. Les pourcentages atteints par les autres types polliniques et les spores sont repris sous forme de tableaux.

3. Déterminations : elles sont basées sur la liste arrêtée par ZAGWIJN (1960), chez qui on trouvera également la bibliographie détaillée. Mentionnons simplement ici quelques types polliniques nouveaux ou qui s'écartent de ceux signalés par ZAGWIJN.

Alisma cf. *plantago* : identique au type actuel.

Artemisia : est comptée séparément des autres Tubiflores.

Carpinus : 2 types sont distingués.

Type A : identique à *Carpinus betulus* L.

Type B : grains à 3, 4, 5 ou même 6 pores ne différant du type A que par une exine plus mince (+ ou — 1 micron). Ces grains appartiennent manifestement au genre *Carpinus* par leur pore légèrement saillant avec formation d'un labrum sensu THOMSON et PFLUG (1953).

La dénomination *Polyporopollenites carpinoïdes* TH. et PF. s'applique aussi bien à ces 2 types.

Dinoflagellates : une étude plus détaillée serait nécessaire pour préciser la nature exacte de ces formes. Nos déterminations sont provisoirement basées sur les figures d'ERDTMAN (1954) et sur celles de BROSIUS et GRAMANN (1959).

Dryopteris-type : on comprend sous ce nom toutes les pores lisses monolètes de fougères.

Juniperus-type : correspond au type a des Cupressacées de ZAGWIJN; grains identiques à ceux de *Juniperus communis* L.; plus petits et en général moins circulaires que ceux du type *Cupressus*. La structure de l'exine est L.O. (chez *Populus* O. L.).

Plombaginacées : grains identiques à ceux des genres *Statice* et *Limonium*.

Spore type A : sous ce nom ont été groupés plusieurs types de spores, pourvues d'une ouverture caractéristique en forme de 8. Par les autres caractères, les granules étaient assez variables : surface lisse ou échinulée, taille comprise entre 15-30 microns. Parmi les ouvrages consultés, seul MACKO (1957, pl. B, fig. 9

à 12, pl. 75, fig. 13 à 19) figure des spores possédant ce type caractéristique d'aperture mais sans les déterminer.

Trilètes : on a réuni sous ce nom toutes les spores trilètes autres que *Sphagnum*, *Osmunda*, *Lycopodium* et *Pteris*.

Typhacées : groupent les tétrades du type *Typha latifolia* L. et les grains isolés aux types *Sparganium* et *Typha angustifolia* L.

CHAPITRE PREMIER.

LE MILIEU DES ARGILES DE CAMPINE.

§ 1. ABONDANCE DES PLANTES HALOPHYTES ET DES HYSTRICHOSPÈRES.

Une particularité se dégage immédiatement de la lecture des diagrammes palynologiques : l'abondance des Chénopodiacées dans la majorité des niveaux. Des pourcentages aussi élevés indiquent la proximité de la côte (AVERDIECK, 1958; DOPPERT et ZONNEVELD, 1955); la famille des Chénopodiacées compte, en effet, beaucoup d'espèces halophiles colonisant ces vases et ces sables côtiers périodiquement recouverts par l'eau de mer. Outre les Chénopodiacées, il faut signaler la présence de grains de pollen de Plombaginacées, toujours sporadiques, car ce sont là, en effet, des plantes entomogames. Cette présence n'en est pas moins significative, car la plupart des espèces de cette famille vivent également dans les milieux riches en sels marins. Enfin, signalons la rencontre de quelques grains de Graminées appartenant au type Céréale. Or, parmi les Graminées européennes actuelles, *Elymus arenarius* L., qui vit dans les sables des dunes, possède précisément un pollen dont la taille et la structure sont identiques à celles des Céréales (FIRBAS, 1937). D'une façon générale, beaucoup de Graminées halophytes et hygrophytes dispersent des grains de pollen semblables à ceux des Céréales.

Plus caractéristique encore que la seule rencontre de pollens appartenant à des familles riches en espèces halophiles, est la présence, quasi constante à chaque niveau, d'Hystrichosphères et d'organismes provisoirement rapportés à des Dinoflagellates.

Cette association d'organismes marins et de phanérogames halophytes, association qui disparaît d'ailleurs en entier dans les épisodes franchement continentaux que sont les niveaux

tourbeux, indique un milieu, à tout le moins, encore soumis à l'influence de la marée saline et ne confirme en rien l'hypothèse qui prétendait tenir les Argiles de Campine pour un sédiment déposé en milieu fluvial.

§ 2. PRÉSENCE DE SABLES MARINS SOUS LES ARGILES DE CAMPINE.

Sous les argiles apparaissent des sables fins, micacés, finement stratifiés. La courbe granulométrique est celle d'un sable de Wad (type KV-KX-KV de SINDOWSKY, 1958). A Beerse, ils ne sont visibles que dans l'argilière IV, mais ils ont également été retrouvés par HUYGHEBAERT (1961) dans le sondage de Rykevorsel.

La stratification de ces sables est souvent perturbée par des tubulures, larges de 0,5 à 1 cm de diamètre et mesurant verticalement de 1 à 5 cm. Ces conduits paraissent prendre dans certains cas une forme en U et offrent beaucoup d'analogie avec des perforations d'annélides, en particulier *Polydora*, telles que les a décrites VAN STRAATEN (1954) dans l'actuelle mer des Wadden.

Faisant suite à un sable de Wad, c'est-à-dire à un sable de mer abritée et peu profonde, le complexe des Argiles de Campine correspond à l'installation d'une schorre. Dans les Wadden actuels, une végétation halophile peut s'implanter dans les parties les plus élevées de la « tidal flat »; l'apparition de cette végétation provoque un changement brusque dans la sédimentation qui, jusqu'alors sableuse, tourne à prépondérance argileuse, tandis que le phénomène s'accompagne de la disparition presque totale des perforations d'annélides (VAN STRAATEN, 1954).

§ 3. PRÉSENCE DE CHENAUx DE MARÉE.

Parmi les principales caractéristiques du milieu de schorre, une des plus visibles sur les parois des argilières se trouve être celle de la présence de chenaux de marée. En coupe transversale, ils entaillent profondément les formations sous-jacentes; le fond de ces chenaux est comblé de sable grossier dans lequel on relève parfois des galets de tourbe. Succèdent à cette sédimentation grossière, des laminations de sable et d'argile dans lesquelles l'argile se fait progressivement plus abondante vers le haut.

§ 4. PRÉSENCE DE MINÉRAUX LOURDS D'ORIGINE NORDIQUE.

Le profil réalisé dans l'argilière de Beerse II (fig. 3) enregistre, d'un niveau à l'autre, de profondes modifications dans la composition en minéraux lourds. Ces minéraux peuvent être rattachés à deux associations minéralogiques parmi toutes celles, une dizaine environ, qui ont été reconnues depuis la fin du Tertiaire dans le bassin de la mer du Nord et les dépôts continentaux périphériques. Dans les niveaux argileux, nous trouvons principalement l'association A à hornblende, épidote, grenat, tandis que les niveaux sableux sont caractérisés par l'abondance des minéraux métamorphiques (staurolite, disthène, andalousite, sillimanite) de l'association B-Limbourg.

TAVERNIER (1942) mentionne la présence de l'association X, mais les pourcentages de grenat nous paraissent trop élevés et ceux d'épidote trop faibles pour tenir pour certaine la présence de cette association X dans les Argiles de Campine.

A Beerse II (fig. 3), par deux fois, l'association A succède à l'association B-Limbourg en même temps que l'argile alterne avec le sable. Les deux cycles sont parallèles, ils ne sont cependant pas étroitement liés : en effet, une variante de l'association B, caractérisée par une forte poussée du zircon, se rencontre à la fois dans le sable (niv. 138 *b*) et dans l'argile (niv. 153 *a*). Par conséquent, les variations de la composition minéralogique ne paraissent pas dépendre exclusivement des modifications granulométriques.

Alors que l'association A est d'origine nordique et est exclusivement marine, l'association B-Limbourg caractérise les alluvions anciennes de la Meuse (EDELMA, 1947). Pour expliquer la présence de minéraux nordiques dans un ensemble sédimentaire qu'il tient pour continental, TAVERNIER (1942, 1947, 1954) fait appel à un double transport : des glaciers, en premier lieu, véhiculent vers le Sud, depuis la Fénoscandie, ces minéraux d'origine nordique; par la suite, après le retrait des glaces, au cours de la période interglaciaire, des fleuves, coulant d'Est en Ouest, se chargent à leur tour de ces minéraux et les acheminent en Campine. Mais il nous apparaît que la présence de l'association A dans le milieu de schorres que sont les Argiles de Campine, n'est que la continuation de la sédimentation marine, qui déjà depuis le Néogène est caractérisée par une dominance des éléments nordiques (TAVERNIER, 1947).

Si l'influence marine est considérable dans les Argiles de Campine, par moment cependant l'apport continental prend le dessus; l'existence des associations A et B-Limbourg, à l'état presque pur au moins à certains niveaux, dénote plutôt un

BEERSE II

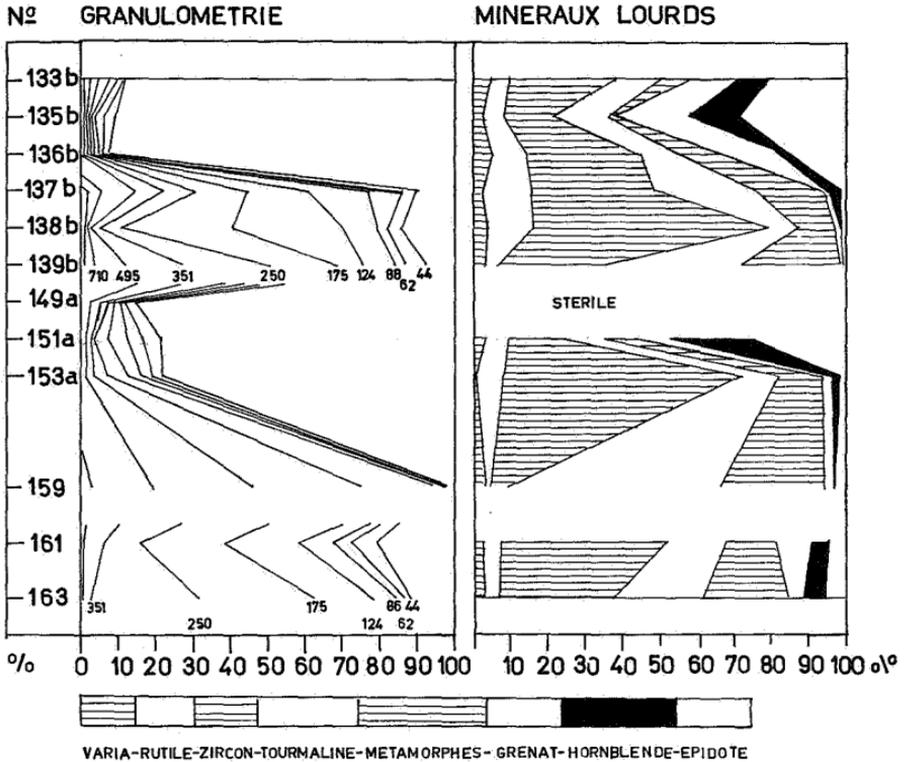


FIG. 3. — Argillère de Beerse II.

apport tantôt marin tantôt continental que l'arrivée d'un mélange. Cette influence continentale se retrouve également dans les sables, typiquement marins, que sont les sables de Wad, du sondage de Rykevorsel (HUYGHEBAERT, 1961). Cet apport continental évoque la proximité d'un estuaire; d'ailleurs à Rykevorsel, les Argiles de Campine ne surmontent-elles pas une masse sédimentaire d'origine fluvio-estuarienne et puissante de près de 50 m.

En résumé, les Argiles de Campine nous apparaissent comme une formation de schorre, étalée le long d'une côte basse où débouchait un estuaire vraisemblablement flanqué de Wadden.

CHAPITRE II.

ÉVOLUTION DE LA FLORE ET DU CLIMAT.

Au fur et à mesure de sa croissance, la schorre enregistre la pluie sporo-pollinique, provenant tout aussi bien de la végétation qui la recouvre que de toute la flore des environs. Partant de la base du profil qui pénètre le plus profondément dans le complexe des Argiles de Campine (profil B de Beerse II), nous verrons se succéder, de plus en plus proche de notre temps, quatre grands types climatiques accompagnés, chaque fois, d'une couverture végétale caractéristique.

§ 1. PÉRIODE A CLIMAT TEMPÉRÉ.

SECTION 1. — Le paysage végétal.

Le spectre du niveau de base (n° 165) du profil B de Beerse II, ainsi que les spectres des niveaux immédiatement supérieurs (nos 163, 162, 161 et 160), renferment, à concurrence de plus de 50 %, du pollen d'espèces herbacées. Cette forte représentation des herbes s'explique par la nature même du substrat; sur la schorre ne subsiste qu'une végétation halophile herbacée, dont la production pollinique influence fortement la composition des spectres. Ce n'est que sous climat tropical que se rencontrent des espèces arborescentes, comme les Palétuviers, capables de prospérer au contact de l'eau de mer. Mais la composition de la fraction pollinique arboréenne du profil B témoigne d'un climat tempéré, sans doute assez proche de l'actuel : des essences thermophiles comme le Charme ou les constituants de la Chênaie-mixte sont bien représentés. Ainsi l'abondance des herbes tient plus à la proximité de la mer qu'à des conditions climatiques défavorables.

L'influence de la mer, toute proche, doit également se traduire par une zonation des groupements végétaux. Partant de l'estran en direction du continent, trois grands types de formations végétales se succèdent, chacune étant liée à des conditions pédologiques particulières :

1° Sur la schorre et déjà sur la haute slikke, se tient une végétation d'herbes halophytes, d'où sont issus les pollens des Chénopodiacées, des Plombaginacées et d'une bonne partie des Graminées et des Composées.

2° Plus loin sur la partie dessalée de la schorre, où la marée ne pénètre plus, si ce n'est par quelques chenaux — et peut-être à l'abri d'un cordon de dunes —, s'étale un paysage d'Aulnaies à Sphaignes dont l'équivalent existe encore de nos jours en France, dans le Boulonnais, sous l'aspect de futaies d'Aulnes glutineux, sous lesquels se déploie un sous-bois à dominance de fougères (*Dryopteris thalictroides* GRAY. et *Osmunda regalis* L.) mêlées à des touradons de *Carex riparia* CUR. Des tourbières couvertes de Linaigrettes, de Sphaignes et d'Éricacées émergent çà et là dans le paysage, entourées de toutes parts par les Aulnaies (1). Ces Aulnaies occupent des sols mal drainés, à nappe phréatique superficielle; leur présence est également liée à l'existence de précipitations élevées. Or, ces deux conditions écologiques déterminantes se trouvaient précisément réunies à Beerse lors du dépôt des Argiles de Campine : les parties de la schorre soustraites à l'influence de l'eau salée remplissaient les conditions pédologiques favorables, tandis que la proximité de la mer assurait les précipitations en quantités toujours suffisantes.

C'est l'abondance d'*Alnus*, des Cypéracées, des fougères du type *Dryopteris* et la présence non négligeable des spores d'*Osmunda* (la plupart sont d'ailleurs à rattacher à *Osmunda regalis* plutôt qu'à *Osmunda claytoniana*) qui nous permettent de croire à l'existence d'une telle végétation à Beerse. Enfin, caractérisant le milieu de tourbière, viennent les spores de *Sphagnum* et les tétrades d'Éricales.

Ce type de végétation n'est pas non plus sans rappeler celui qui occupait l'actuelle région des Moeres, dans la plaine maritime flamande, au cours de l'Holocène, depuis 5000 avant J.-C. jusqu'au IV^e siècle de notre ère (STOCKMANS, VANHOORNE et VANDEN BERGHEN, 1954).

3° Au-delà de cette zone de transition, s'élève la forêt. Elle apparaît sans doute là où cesse l'argile, dès que les conditions de drainage s'améliorent, permettant à de véritables profils pédologiques forestiers de se développer. Il s'agira d'une forêt mixte de résineux (Pins, Épicéas) et de feuillus (Chênes, Ormes

(1) A notre connaissance, les Aulnaies du Boulonnais n'ont pas encore fait l'objet de publications phytosociologiques détaillées; nous tenons ces renseignements de M. le Prof^r MULLENDERS, qui a eu l'occasion de parcourir et d'étudier la région.

et/ou Zelkova, Charmes, Bouleaux). Ajoutons que le Pin et le Bouleau étaient très probablement déjà présents dans les Aulnaies.

SECTION 2. — Extension des essences résineuses.

Le paysage tempéré, ainsi défini, subit une modification assez importante au sommet du profil B de Beerse II : la Chênaie-mixte disparaît presque totalement au niveau 159; il est difficile de conclure avec certitude à une oscillation climatique, car ce recul n'est que momentané. Toutefois, un changement climatique certain s'amorce à partir du niveau 152 (profil A); les résineux y prennent une importance accrue : *Pinus* atteint 9 à 10 % en moyenne contre 5 % dans le profil B tandis que *Tsuga*, jusqu'alors très sporadique, se répand pour finalement monter à près de 8 % au niveau 150. Seul, *Picea* n'est guère plus abondant.

Dès les premiers centimètres de tourbe, on verra se préciser l'orientation de ce changement de climat.

§ 2. PÉRIODE A CLIMAT SUBARCTIQUE.

L'installation de la tourbière dans l'argilière de Beerse II (niv. 148) coïncide avec la disparition de l'influence marine comme l'indiquent l'extinction des Hystrichosphères et l'effacement quasi complet des Chénopodiacées. Sur la schorre, maintenant dessalée, des espèces arborescentes pourraient s'installer et prospérer; pourtant, on n'y observe rien de semblable, au contraire les herbes, principalement les Graminées, les Cypéracées et les Ericales, s'étendent de plus en plus. A cet envahissement progressif des herbes, malgré la disparition des Chénopodiacées, s'ajoute l'extinction complète des arbres thermophiles à partir du niveau 146 et au cours des niveaux suivants (144, 143, 142). Ces changements sont la marque d'un refroidissement important du climat qui, dès le niveau 146, est fixé dans son caractère subarctique (ZAGWIJN, 1960).

La forêt ne recouvre plus la région que d'un manteau discontinu; c'est le paysage d'un parc-toundra où la strate arborescente n'est plus représentée que par des bosquets isolés d'*Alnus*, de *Pinus*, de *Betula* et de *Salix*; quatre genres qui, tous, renferment des espèces à aire de distribution très septentrionale. Ainsi, de nos jours en Lapponie, les Saules sont parti-

culièrement abondants dans la zone de transition qui sépare les derniers arbres de la toundra à végétation uniquement herbacée. Dans ses diagrammes du Tardiglaciaire, VAN DER HAMMEN (1953) a reconnu à plusieurs reprises cette phase de transition qu'il interprète comme le passage du parc-toundra à la toundra. Cette opinion est confirmée par l'analyse d'échantillons récents de surface (BERTSCH, 1953). Venant après un refroidissement climatique, la forte augmentation de *Salix* au niveau 142 indique, à son tour, le départ progressif des arbres et l'arrivée proche de la toundra. Ce maximum de *Salix* se retrouve au niveau 136 *a* de l'argilière de Beerse I et permet un raccord précis entre les couches de tourbe des deux argilières, et c'est par le niveau 136 *a* du profil B de Beerse I que se poursuit l'histoire de la végétation.

§ 3. PÉRIODE A CLIMAT ARCTIQUE.

SECTION 1. — Paysage de Toundra.

Les spectres palynologiques des niveaux 135 *a*, 132 *a* et 130 *a* de la couche de tourbe de Beerse I sont composés à près de 90 % de pollens d'espèces herbacées. Cette abondance d'herbes caractérise un paysage totalement déboisé, un paysage de toundra. Les quelques grains de *Pinus* proviennent d'un apport lointain; la « surreprésentation » du Pin dans un paysage de toundra est confirmée par l'analyse d'échantillons récents de surface (VAN DER HAMMEN, 1953; BERTSCH, 1953). *Alnus* est sporadique et les grains encore présents sont du type d'*Alnus viridis* D. C., espèce des pelouses alpines et de la toundra. Par leur petite taille, les grains de *Betula* sont à rattacher à *Betula nana* L., espèce naine qui vient encore dans la toundra.

Dans ce paysage, complètement dépouillé d'arbres, croissent en abondance les herbes les plus diverses et les plus variées : *Lysimachia*, *Centaurea*-type *cyanus*, *Potentilla*-type, *Galium*-type, *Valeriana*, Composées, Caryophyllacées, Borraginacées, Oenothéracées, Ombellifères, Renonculacées, Crucifères, Labiées, Typhacées, ensemble palynologique comparable à ceux observés dans les diagrammes Wurmiens et Tardiglaciaires.

SECTION 2. — Présence de sables de couverture.

La couche de tourbe « g » de l'argillère de Beerse I est coiffée de sables gris violacés, apparents sur une hauteur de 1 à 3 m et scindés en deux couches, « f » et « x », par un horizon humifère. Ces sables, à stratification légèrement ondulante, sont constitués d'une alternance de fines bandes, les unes plus limoneuses, les autres chargées de sable plus grossier. L'ensemble repose en parfaite concordance sur la couche de tourbe « g », contrairement aux sables des chenaux qui sont souvent observés ravinant les dépôts sous-jacents.

A l'examen morphoscopique, la plupart des grains de sable apparaissent subarrondis mats, indice d'un transport éolien (CAILLIEUX et TRICART, 1959).

La granulométrie ne montre pas de variations importantes (fig. 4). En moyenne, plus de 80 %, en poids, des grains mesurent entre 100 et 600 microns; la fraction inférieure à 60 microns oscille entre 2 et 10 %. Ces caractéristiques se retrouvent dans les sables de couverture Wurmiens analysés par DÜCKER et MAARLEVELD (1952) et sont confirmées par des recherches encore inédites de M. JAN DE PLOEY. La pente de la courbe cumulative est de l'ordre de 55-60 degrés, ce qui paraît exclure un sable dunaire, en général mieux calibré (pente supérieure à 60 degrés : SINDOWSKY, 1958). Enfin, la valeur du Q_{dphi} de KRUMBEIN oscille entre 0,40 et 0,50, valeur la plus couramment rencontrée dans les manteaux éoliens (CAILLIEUX et TRICART, 1959).

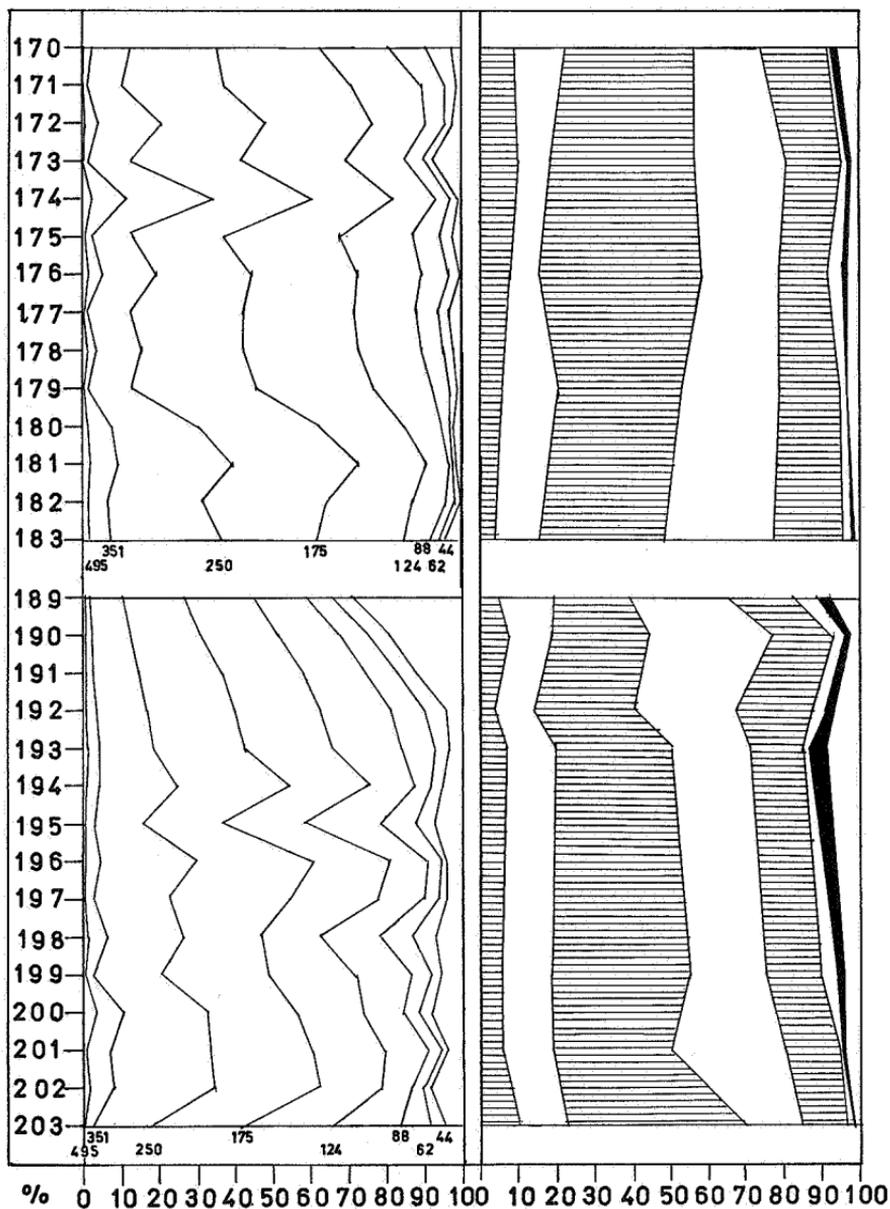
Les couches sableuses « f » et « x », insérées au milieu des Argiles de Campine, présentent donc les caractéristiques d'un dépôt de sables de couverture dont l'arrivée coïncide avec le développement d'un climat arctique.

La composition minéralogique (fig. 4) est, elle aussi, également constante; elle fait apparaître une prépondérance des minéraux de l'association B-Limbourg, avec néanmoins un certain apport d'épidote, de grenat et d'un peu de hornblende. Contrairement aux sables de couverture Wurmiens, l'origine nordique des sables « f » et « x » paraît exclue; ils peuvent provenir d'une remise en mouvement par le vent de dépôts continentaux locaux plus anciens tels les Sables de Mol ou encore être issus des sables fluvio-estuariens retrouvés à Rykevorsel en dessous des Argiles de Campine par HUYGHEBAERT (1961).

BEERSE I

N^o GRANULOMETRIE

MINERAUX LOURDS



VARIA - RUTILE - ZIRCON - TOURMALINE - METAMORPHES - GRENAT - HORNBLÈNDE - EPIDOTE

FIG. 4. — Sables de couverture.

LEGENDE

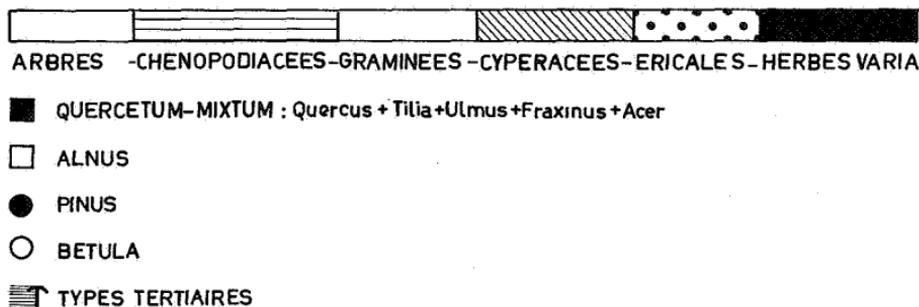


FIG. 5. — Légende palynologique.

SECTION 3. — Présence de cryoturbations.

Des déformations comparables à des fentes en coin perturbent localement la stratification des sables de couverture. On observe nettement sur la photo n° 1 le fléchissement des couches au voisinage de la fente. Des déformations du même type sont signalées dans le Pléistocène inférieur des Pays-Bas (KORTENBOUT VAN DER SLUYS, 1956) mais, dans plusieurs cas, elles paraissent nettement postérieures aux dépôts qu'elles affectent. A Beerse cependant, le dépôt des sables de couverture paraît contemporain de la formation des fentes en coin. En effet, certaines de ces fentes ne mesurent que 2-3 cm de haut et sont surmontées par du sable dont la stratification est entièrement conservée. Il y avait donc amorce de fentes en coin au cours même du dépôt.

La formation des fentes en coin demande un climat très rigoureux, d'une température moyenne annuelle comprise entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ selon CAILLEUX et TAYLOR (1954). Or, insérées au milieu de la couche « f », apparaissent çà et là de petites lentilles humifères, très riches en pollens. A l'analyse, la végétation se révèle être toujours celle de la toundra (niv. 185), témoin d'un climat très froid compatible avec celui de la formation des fentes. Ces petites poches tourbeuses, de quelques millimètres de haut sur 2-3 cm de long, représentent sans doute d'anciennes mares saisonnières, car on y retrouve du pollen de plantes aquatiques comme *Alisma* cf. *plantago*, *Potamogeton*, Typhacées.

SECTION 4. — Présence d'un paléosol.

La stratification des 20 cm supérieurs de la couche « f » est complètement perturbée; on observe même, çà et là, des traces rappelant un chevelu de racines qui s'irradient à partir du sommet de la couche (photo n° 2); la matière organique en est totalement décomposée mais une gangue d'oxyde de fer en conserve le moule.

Le sommet de la couche « f » ondule légèrement : les empreintes de racines se rencontrent surtout dans les parties les plus élevées tandis que les dépressions sont occupées par un sable humifère qui peut même devenir franchement tourbeux et qui montre toujours le même paysage de toundra (profil B, niv. 207 et 204).

Cette couche humifère présente tous les caractères d'un sol rudimentaire; la fraction granulométrique inférieure à 44 microns est d'ailleurs beaucoup plus importante au sommet de la couche « f » (profil C, niv. 191, 190, 189) que partout ailleurs dans le reste du profil. L'arrêt de la sédimentation éolienne, qui correspond à l'installation de ce sol, représente peut-être une faible amélioration climatique.

La seconde couche « x » de sables de couverture, qui surmonte ce paléosol, renferme encore des traces de racines (photo n° 1, coin supérieur gauche) mais aucun sol n'y est visible.

§ 4. PÉRIODE A CLIMAT TEMPÉRÉ.

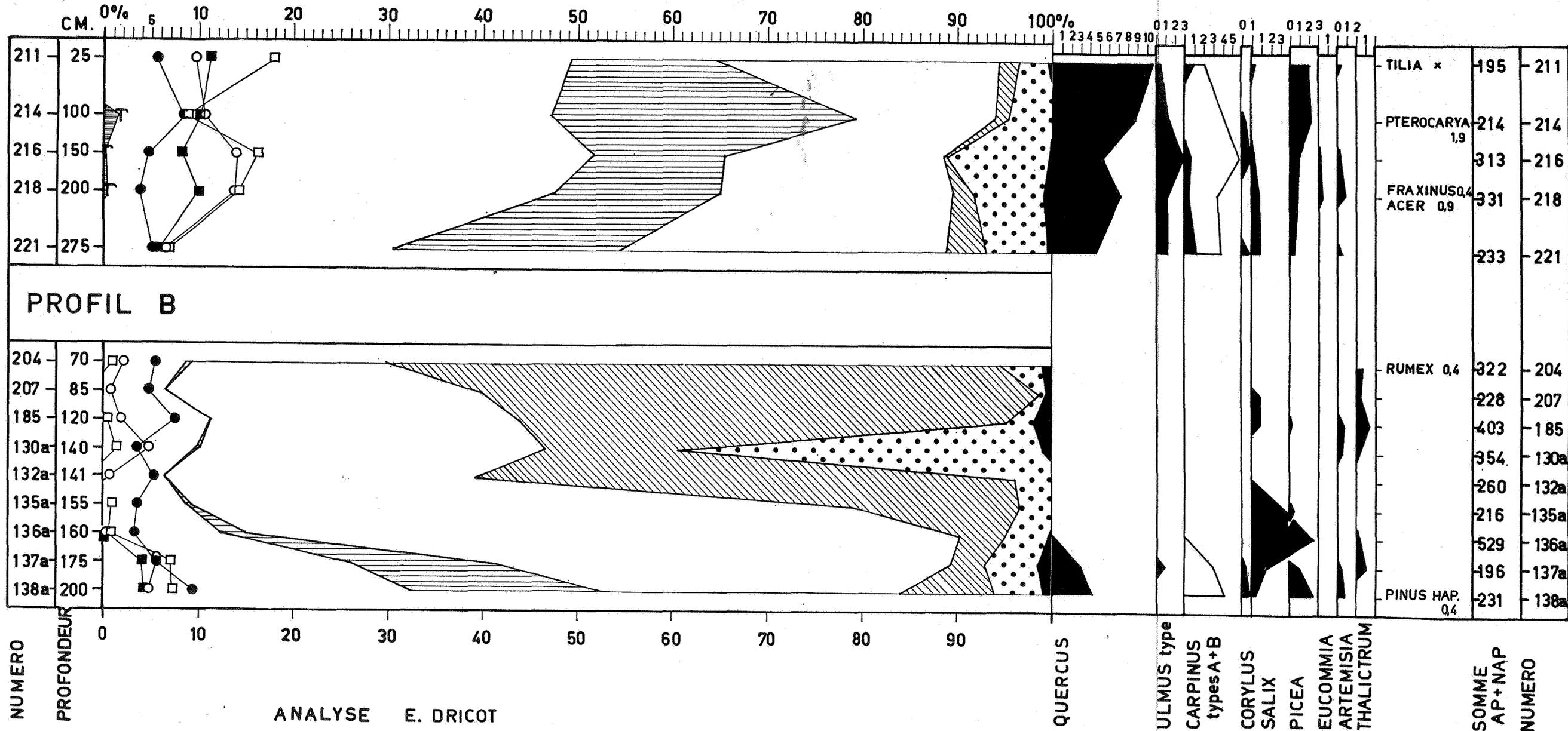
La réapparition de l'argile et de la mer coïncide avec une importante amélioration du climat (niv. 141 à 132 *b* du profil A de Beerse II et tout le profil A de Beerse I). Le paysage est redevenu à peu près le même que celui qui existait à la base du profil B de Beerse II.

Dans l'argilière de Beerse I, des chenaux entament plus ou moins profondément les sables de couverture et atteignent même le banc de tourbe « g ». Le fond de ces chenaux est comblé par une véritable brèche, faite d'un amoncellement de blocs de toutes dimensions, blocs de sable, d'argile, de tourbe et de sables humifères (photo n° 3). Sous le choc des vagues et minés par les courants parcourant les chenaux, des pans entiers de sables de couverture se sont écroulés; peu cohérents, ils n'auraient pu supporter de transport sans être complètement désagrégés; aussi cette brèche a-t-elle dû être rapidement recouverte

PROFIL A

BEERSE I

1961

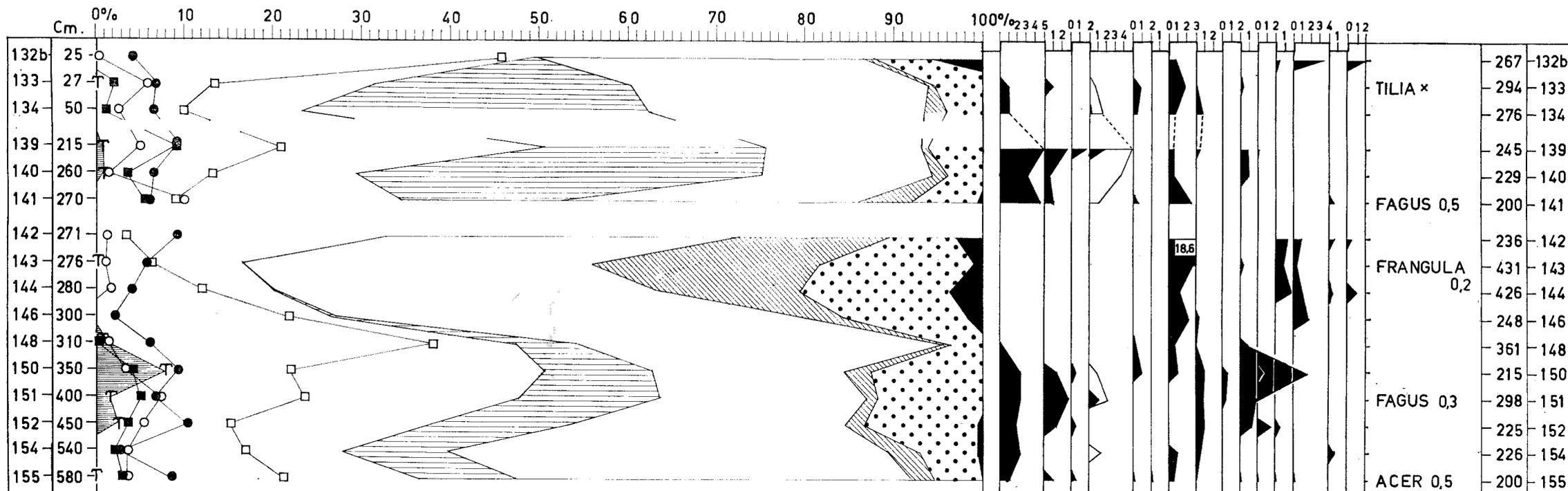


ANALYSE E. DRICOT

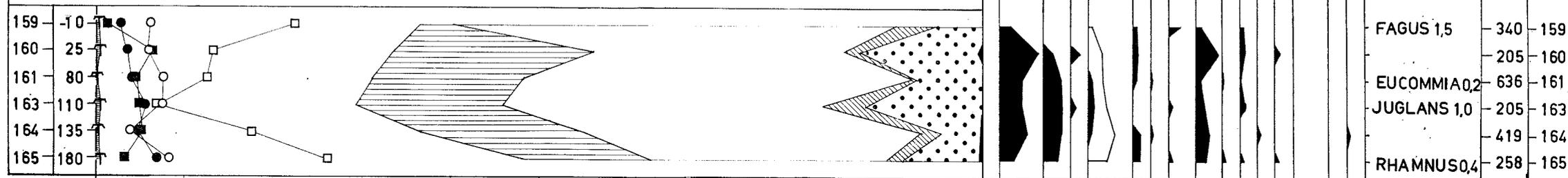
FIG. 6. — Diagramme de Beerse I.

BEERSE II

PROFIL A



PROFIL B



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|---------|------------|----------|----------|-----------|---------|------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|------------|----------|-------|----------------|--------|
| NUMERO | PROFONDEUR | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | QUERCUS | ULMUS type | FRAXINUS | CARPINUS | types A+B | CORYLUS | ILEX | SALIX | PICEA | ABIES | TSUGA | PTEROCARYA | ARTEMISIA | THALICTRUM | PLANTAGO | RUMEX | SOMME AP + NAP | NUMERO |
|--------|------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|---------|------------|----------|----------|-----------|---------|------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|------------|----------|-------|----------------|--------|

ANALYSE E. DRICOT

FIG. 7. — Diagramme de Beerse II.

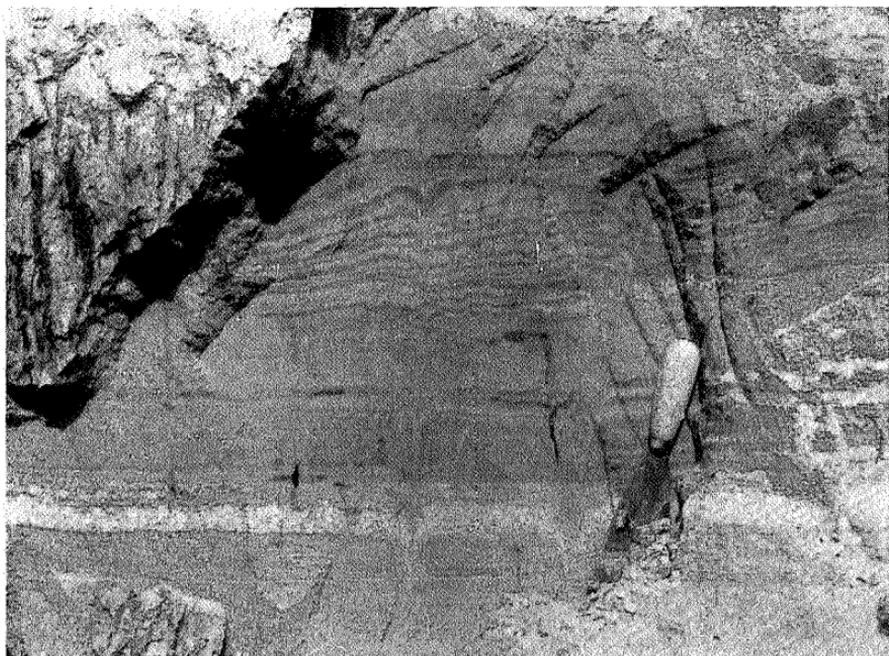


PHOTO 1. — Sables de couverture avec fente en coin et traces de racines.

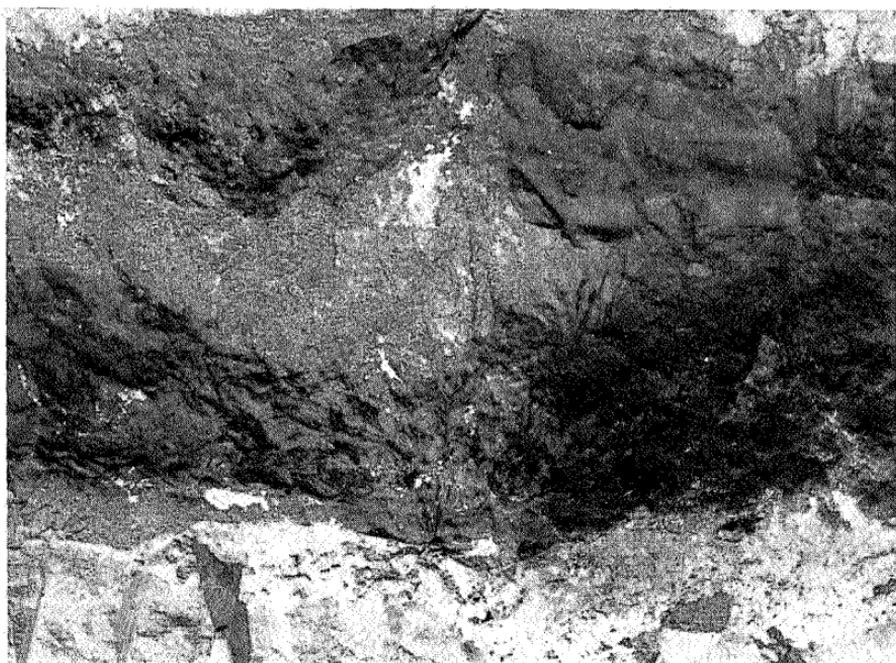


PHOTO 2. — Paléosol avec racines dans les sables de couverture.



**PHOTO 3. — Brèche dans le fond d'un chenal
ravinant les sables de couverture.**

par du sédiment. Elle est surmontée de laminations d'argile et de sable très grossier qui présentent parfois des déformations rapportables à des load-cast.

§ 5. CONCLUSIONS.

Quatre grands types de climat se sont succédé tout au long de cette période pendant laquelle se sont déposées les Argiles de Campine. L'apparition d'un climat subarctique, et à fortiori arctique est le critère adopté sous nos latitudes pour définir une période glaciaire (ZAGWIJN, 1960). Ainsi le dépôt des Argiles de Campine s'étend sur deux périodes interglaciaires, tout au moins sur une partie de chacune, séparée par une glaciation.

A Beerse, l'apparition du climat glaciaire coïncide avec l'installation de tourbières. Certes, une schorre peut évoluer vers un milieu strictement continental sans que le niveau de la mer se modifie; cependant la disparition quasi complète des Chénopodiacées dans les horizons tourbeux suggère, davantage encore, une régression de la mer, plus qu'une simple modification locale de la topographie, mettant à l'abri de la marée saline une portion de la schorre. En outre, la réapparition de l'argile, et de la mer, correspond au retour d'un climat plus tempéré. Dans l'ensemble, ces oscillations présentent les caractères d'une régression, suivie d'une transgression glacio-eustatique.

Dès à présent, définissons comme Beersien — du nom du village de Campine où elle a été reconnue — la glaciation présente dans les Argiles de Campine. A Beerse, cette glaciation est représentée par une couche de tourbe, 1 à 3 m de sables de couverture au milieu desquels vient s'insérer un paléosol rudimentaire.

CHAPITRE III.

L'ÂGE DES ARGILES DE CAMPINE.

L'échelle stratigraphique des dépôts continentaux néerlandais datant du Pléistocène inférieur, échelle proposée par ZAGWIJN (1960), peut se résumer comme suit :

Pléistocène moyen : Interglaciaire Cromérien.

Pléistocène inférieur : Glaciaire Ménapien; Interglaciaire Waalien; Glaciaire Éburonien; Interglaciaire Tiglien; Glaciaire Prétiglien.

Pliocène : Reuverien.

Les Argiles de Campine renferment encore quelques types polliniques tertiaires, principalement *Tsuga* et plus rarement *Pterocarya* et *Eucommia*. Si la rencontre isolée d'un grain d'espèce tertiaire n'est guère significative, dans tous les cas, il est difficile d'expliquer par le seul remaniement de dépôts plus anciens la montée progressive de *Tsuga* dans la partie inférieure du profil A de Beerse II. Le Cromérien étant en principe dépourvu de types polliniques tertiaires (ZAGWIJN, 1960), les Argiles de Campine, au moins la partie antérieure au Beersien, remontent certainement au Pléistocène inférieur; d'autre part, le rôle négligeable joué, dans l'ensemble, par les types tertiaires permet d'exclure l'hypothèse qui ferait du Beersien la première glaciation (Prétiglien).

Le Beersien représente soit l'Éburonien, soit le Ménapien, mais sa flore froide est en elle-même peu typique. D'une glaciation à l'autre, c'est le même paysage de toundra qui réapparaît. Seules les périodes interglaciaires montrent quelques différences floristiques.

Au Tiglien, se rencontrent encore *Fagus*, *Sciadopitys*, *Taxodium*-type et *Nyssa* (VAN DER VLERK et FLORSCHÜTZ, 1953; ZAGWIJN, 1960). Toutefois, à la fin de cette période ces types disparaissent; ils manquent dans les Argiles de Tegelen (âge : fin Tiglien-début Éburonien). Ils ne réapparaissent pas non plus au Waalien. Hormis quelques grains isolés de *Fagus*, ils sont également absents des Argiles de Campine dont la flore peut tout aussi bien être rapprochée des flores du Tiglien et du Waalien. Remarquons toutefois que dans les Argiles de Tegelen, on trouve encore en assez grand nombre *Carya*, qui

manque à Beerse, et *Pinus*-type *haploxyton*, présent à Beerse mais en pourcentages très faibles, se rapprochant davantage de ceux du Waalien. Dans cette dernière hypothèse, le Beersien équivaldrait au Ménapien et les quelques décimètres d'argile qui surmontent cette phase froide dateraient du Cromérien.

Cependant VAN HOORNE (1957) signale dans les Argiles de Campine la présence d'*Azolla tegeliensis*, fougère d'eau qui ne dépasse pas le Tiglien (ZAGWIJN, 1960). Dans ce cas, le Beersien devrait être considéré comme l'équivalent de l'Éburonien et les Argiles de Campine seraient en partie contemporaines des Argiles de Tegelen; mais alors que les Argiles de Tegelen datent de la fin du Tiglien et du début de la glaciation Éburonienne, les Argiles de Campine comprendraient en outre tout l'Éburonien et une partie du Waalien. Si la valeur stratigraphique des diverses espèces d'*Azolla* se confirme, les fougères découvertes par VAN HOORNE sont nécessairement antérieures au Beersien.

Ainsi les données à notre disposition ne permettent pas de conclure de façon certaine à l'âge des Argiles de Campine; l'indétermination subsiste quant à savoir si le Beersien équivaut à la deuxième glaciation (Éburonien) ou à la troisième (Ménapien), sans exclure pour autant la possibilité d'une phase froide non encore reconnue aux Pays-Bas. C'est toute l'histoire des dépôts d'estuaire, retrouvés en dessous des Argiles de Campine, qu'il faudrait au préalable retracer, en vue d'établir la courbe complète de l'évolution du climat au cours du Pléistocène inférieur, courbe qui devra permettre de situer finalement la position dans le temps du Beersien.

| Numéro | <i>Juniperus</i> -type | Myricacées | <i>Dryopteris</i> -type | <i>Sphagnum</i> | <i>Osmunda</i> | Trilètes | <i>Lycopodium</i> | Spore type A | Hystrichosphères | Dinoflagellates | Indéterminés |
|--------|------------------------|------------|-------------------------|-----------------|----------------|----------|-------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|
| 211 | — | — | 10,77 | 1,54 | 1,54 | 1,54 | — | — | 5,21 | 1,54 | 8,21 |
| 214 | — | — | 26,17 | 2,34 | — | — | — | — | 0,47 | 0,47 | 5,61 |
| 216 | 3,19 | — | 10,54 | 2,87 | 0,96 | 0,64 | 0,32 | 0,96 | 1,92 | — | 5,11 |
| 218 | — | — | 9,09 | 2,60 | 1,30 | 1,73 | — | 0,87 | 0,43 | — | 6,06 |
| 221 | 4,72 | 0,43 | 15,88 | 6,01 | 0,43 | — | — | 0,43 | 1,29 | — | 5,58 |
| 204 | — | — | X | 1,24 | — | — | — | 6,21 | — | — | 3,42 |
| 207 | — | — | — | 2,19 | — | — | — | 3,95 | — | — | 6,14 |
| 185 | — | — | — | 0,50 | — | — | — | 0,74 | — | — | 15,88 |
| 130 a | — | 0,28 | 0,56 | — | — | 0,28 | — | 7,63 | — | — | 3,67 |
| 132 a | — | — | — | — | — | — | — | 11,92 | — | — | 7,69 |
| 135 a | — | — | 0,46 | — | — | — | — | 29,17 | — | — | 6,02 |
| 136 a | — | — | 0,95 | 0,57 | — | — | — | 5,29 | — | — | 3,40 |
| 133 a | 4,08 | 1,53 | 4,59 | 3,57 | X | — | — | — | 0,51 | — | 7,14 |
| 138 a | — | 0,87 | 4,76 | 2,60 | 0,43 | — | 0,43 | — | 1,30 | 6,06 | 6,93 |

DE BEERSE I.

résultats palynologiques.

| Ombellifères | Crucifères | Caryophyllacées | Plumbaginacées | Tubiflores | Liguliflores | Typhacées | <i>Filipendula</i> -type | <i>Potamogeton</i> | <i>Potentilla</i> -type | Varia |
|--------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------------|-----------|--------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| — | — | — | — | X | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | 1,40 | 0,93 | 0,47 | — | — | — | — | — |
| — | — | — | 0,32 | 1,28 | — | 0,64 | 0,32 | — | — | — |
| 0,43 | — | 0,43 | — | 0,87 | — | — | — | — | — | — |
| — | — | 0,43 | X | 0,86 | 0,43 | — | — | 0,43 | — | <i>Pteris</i> : 0,43 |
| — | 1,24 | X | — | — | 0,31 | 0,31 | — | 0,62 | — | <i>Mriophyllum</i> : 0,31 |
| — | — | 0,88 | — | 0,44 | — | — | — | — | 0,44 | — |
| — | X | 0,74 | — | — | — | 0,25 | — | 1,24 | 0,74 | <i>Galium</i> : 3,23 Renonculacée : 2,24 Oenothéracée : X Campanulacée : 0,50 <i>Alisma cf. plantago</i> : X |
| — | 0,85 | 0,28 | — | 0,28 | X | — | — | 0,28 | — | — |
| 0,77 | 3,08 | 0,77 | — | 0,77 | — | — | — | 0,38 | 1,92 | <i>Galium</i> : 1,54 |
| 2,78 | — | — | — | — | — | — | — | 0,93 | — | — |
| 3,40 | — | 0,38 | — | 1,89 | — | — | 0,38 | — | — | Borraginacée : 0,19 Labiée : 0,19 |
| — | — | — | — | 2,55 | — | — | 0,51 | — | — | <i>Pteris</i> : 0,51 |
| X | — | — | 0,87 | 0,87 | — | — | 0,43 | — | — | — |

| Numéro | <i>Juniperus</i> -type | Myricacées | <i>Dryopteris</i> -type | <i>Osmunda</i> | <i>Lycopodium</i> | Trilètes | <i>Pteris</i> | <i>Sphagnum</i> | Spore type A | Hystrichosphères | Dinoflagellates | Indéterminés | Ombellifères |
|--------|------------------------|------------|-------------------------|----------------|-------------------|----------|---------------|-----------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|
| 132 b | — | — | 29,59 | 1,12 | — | — | — | 1,50 | 4,12 | — | — | 7,12 | 8,61 |
| 133 | — | — | 9,86 | 0,68 | — | — | — | 2,04 | 0,68 | 0,60 | — | 4,08 | 0,34 |
| 134 | — | — | 10,87 | 0,36 | — | — | — | 1,81 | — | 0,36 | — | 3,26 | — |
| 139 | 2,04 | 0,82 | 15,92 | 0,82 | — | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 3,67 | 0,81 | — | 4,08 | — |
| 140 | — | — | 16,59 | 2,18 | — | 0,87 | — | 1,75 | — | 1,75 | 1,75 | 3,93 | — |
| 141 | 1,00 | — | 7,50 | 4,00 | — | 2,50 | 0,50 | 7,50 | 3,00 | 1,00 | 0,50 | 7,00 | 0,50 |
| 142 | — | — | X | — | — | — | — | 2,12 | 22,03 | — | — | 5,93 | 2,12 |
| 143 | — | — | 2,55 | — | 0,46 | — | — | 15,78 | 14,39 | — | — | 4,18 | 0,46 |
| 144 | — | — | 5,63 | 0,23 | — | — | — | 9,86 | 4,22 | — | — | 7,28 | 0,23 |
| 146 | — | — | 7,66 | 0,40 | — | — | — | 2,82 | 2,42 | — | — | 6,05 | 1,21 |
| 148 | 0,28 | — | 8,31 | 2,22 | — | — | 0,28 | 0,28 | 0,55 | — | — | 2,49 | 0,55 |
| 150 | — | 0,47 | 16,74 | 2,33 | — | 0,47 | — | 2,79 | 1,86 | 3,26 | 0,47 | 1,86 | — |
| 151 | 1,68 | — | 12,08 | 1,68 | — | 1,01 | 0,34 | 4,70 | 1,01 | 1,01 | 0,34 | 4,70 | — |
| 152 | — | — | 9,78 | 2,67 | — | 0,44 | — | 4,89 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 5,33 | — |
| 154 | — | — | 12,83 | 0,88 | — | — | — | 2,21 | — | 0,88 | 0,44 | 6,64 | 0,44 |
| 155 | 4,00 | X | 10,00 | 4,00 | — | X | 0,50 | 6,00 | 0,50 | 2,50 | X | 3,50 | X |
| 159 | 0,29 | — | 10,88 | 0,59 | — | — | — | 1,47 | 1,18 | — | — | 2,06 | — |
| 160 | — | — | 9,27 | X | — | — | 0,49 | 0,49 | — | 0,98 | 0,49 | 4,39 | — |
| 161 | 2,04 | — | 8,33 | 0,47 | 0,16 | — | 0,16 | 0,94 | — | 0,47 | 0,16 | 3,93 | 0,31 |
| 163 | 0,49 | — | 21,46 | 0,98 | — | — | 0,49 | 1,46 | 0,49 | 2,93 | 0,49 | 6,34 | — |
| 164 | 2,15 | 0,24 | 10,50 | 1,43 | — | — | — | 2,86 | 0,24 | 0,72 | 0,48 | 5,25 | 0,48 |
| 165 | — | — | 10,08 | 0,78 | — | 0,39 | — | 0,78 | 1,55 | 1,94 | 1,55 | 7,36 | — |

DE BEERSE II.

résultats palynologiques.

| Crucifères | Caryophyllacées | Plumbaginacées | Tubiflores | Liguliflores | Typhacées | <i>Filipendula</i> -type | <i>Potamogeton</i> | <i>Potentilla</i> -type | <i>Gaium</i> -type | Renonculacées | Varia |
|------------|-----------------|----------------|------------|--------------|-----------|--------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| — | — | — | — | — | 0,37 | — | — | — | 0,37 | — | — |
| — | — | — | — | 0,34 | 1,02 | — | — | — | 0,34 | — | — |
| — | — | 0,36 | 1,45 | — | — | 0,36 | 1,09 | — | — | — | — |
| — | — | X | 0,41 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | 0,44 | 0,44 | — | 0,44 | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | 0,50 | 1,50 | — | — | 1,50 | 0,50 | — | — |
| 2,54 | — | — | 0,42 | — | 5,08 | 2,54 | 0,85 | — | 0,42 | 0,42 | Borraginacée : 1,70 |
| 0,70 | 0,46 | — | 0,70 | X | — | 2,00 | — | 0,23 | 1,16 | — | <i>Lysimachia</i> : X <i>Centaurea</i> <i>type cyanus</i> : X <i>Equisetum</i> : 0,24 <i>Valeriana</i> : X |
| 0,23 | X | — | 0,46 | — | 1,17 | 0,23 | 0,23 | 1,41 | 0,23 | 1,17 | Borraginacée : 0,23 <i>Myriophyllum</i> : 0,94 |
| 0,40 | 0,40 | — | — | — | — | — | — | 0,81 | — | 1,61 | — |
| — | 0,28 | — | 1,11 | — | 3,32 | — | 1,11 | — | 0,28 | — | Oenothéracée : 0,28 |
| — | X | — | 0,93 | — | — | — | — | — | — | — | <i>Schizaea</i> : 0,47 |
| — | — | — | 0,34 | 0,34 | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | 0,89 | 0,44 | — | 0,89 | — | — | — | — | Cingulatisporites : 0,44 |
| — | — | — | 1,32 | — | 0,44 | — | — | — | — | — | <i>Selaginella</i> <i>selaginoides</i> : 0,44 |
| — | — | X | 3,00 | — | 1,00 | — | — | — | — | — | <i>Cupressus</i> -type : 0,50 |
| — | — | — | 0,59 | 0,88 | 0,29 | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | 0,49 | — | — | 0,49 | — | — |
| — | 0,16 | 0,16 | 0,79 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | 0,49 | 0,49 | — | — | 0,49 | 0,49 | — | — | — | — | <i>Cupressus</i> -type : 0,49 |
| — | — | 0,24 | 1,91 | — | — | 0,24 | 0,72 | — | 0,24 | — | — |
| — | — | 0,39 | 1,94 | — | 0,39 | 0,39 | — | — | — | — | — |

BIBLIOGRAPHIE.

- AVERDIECK, F. R., 1958, Pollen vom Chenopodiaceen-Typ im Flöz Frimmersdorf. Ein Hinweis auf seine strandnahe Entstehung. (*Fortsch. Geol. Rheinld. u. Westf.*, Bd. 1 u. 2, pp. 101-112.)
- BERTSCH, K., 1953, Geschichte des Deutschen Waldes. Vierte Auflage. G. Fischer, Iena, 124 p.
- BROSIUS, M. und GRAMANN, FR., 1959, Die stratigraphische Reichweite des Heskemer Pollenbildes in Borken (Tertiär, Niederhessen). (*Z. deutsch. Geol. Gesellsch.*, Bd. 3, n° 1, pp. 182-197.)
- CAILLEUX, A. et TAYLOR, 1954, Cryopédologie. Études des sols gelés. Hermann & Cie, Paris, 218 p.
- CAILLEUX, A. et TRICART, J., 1959, Initiation à l'étude des sables et des galets. (*C. D. U.*, t. I, texte, Paris, 376 p.)
- DELCOURT, A., MULLENDERS, W. et PIÉRART, P., 1959, La préparation des spores et des grains de pollen, actuels et fossiles. (*Naturalistes Belges*, t. 40, pp. 90-120.)
- DOPPERT, J. W. en ZONNEVELD, J. I. S., 1955, Over de stratigraphie van het fluviatile Pleïstocéen in Westnederland en Noordbrabant. (*Meded. Geol. Sticht.*, nieuwe ser., n° 8, pp. 13-30.)
- DÜCKER, A. und MAARLEVELD, G. C., 1957, Hoch- und spätglaziale äolische Sand in Nordwest Deutschland in den Niederlanden. (*Geol. Jb.*, Bd. 73, pp. 215-234.)
- EDELMAN, C. H., 1947, La pétrologie des terrains tertiaires et quaternaires aux Pays-Bas in La géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, pp. 45-61.)
- EDELMAN, C. H. en TAVERNIER, R., 1940, Periglaciale verschijnselen, meer in het bijzonder in de Antwerpsche Kempen. (*Nat. Tijdsch.*, t. 22, pp. 139-151.)
- ERDTMAN, G., 1954, On Pollen Grains and Dinoflagellate Cysts in the Firth of Gullmarn, S. W. Sweden. (*Botan. Notis*, H. 2, pp. 103-111 et *Grana Palyn.*, vol. 1, n° 1.)
- FIRBAS, F., 1937, Der pollenanalytische Nachweis der Getreidebaus. (*Zeitsch. f. Botanik*, Bd. 31, pp. 447-478.)
- HUYGHEBAERT, L., 1961, Problèmes soulevés par l'étude microstratigraphique de deux sondages en Campine. (A paraître dans *Bull. Soc. belge de Géol.*)
- KORTENBOUT VAN DER SLUYS, 1956, The cryoturbations in the Tegelen region. (*Geol. en Mijnb.*, nieuwe ser. 18, n° 12, pp. 421-422.)
- MACKO, S., 1957, Lower Miocene Pollen flora from the valley of Klodnica near Gliwice (Upper Silesia). (*Trav. Soc. Sciences et Lettres de Wroclaw*, sér. B, n° 88, pp. 1-313.)
- SINDOWSKI, K. H., 1957, Die synoptische Methode des Konkuren. Vergleiches zur Ausdeutung fossilersedimentationsraume. (*Geol. Jh.*, Bd. 73, pp. 235-275.)

- STOCKMANS, F., 1943, Les lignites Icéniens de Mol (Belgique). (*Bull. Mus. roy. Hist. nat. de Belgique*, t. 19, n° 50, pp. 1-20.)
- STOCKMANS, F., VAN HOORNE, R. et VANDEN BERGHEN, C., 1954, Étude botanique du gisement de tourbe de la région de Pervyze (Plaine maritime belge). (*Inst. roy. Sc. nat. de Belgique*, Mém. n° 130, 144 p.)
- TAVERNIER, R., 1942, L'âge des Argiles de la Campine. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. 51, pp. 193-209.)
- 1947, Aperçus sur la pétrologie des terrains post-paléozoïques de la Belgique, in La géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe. (*Ibid.*, pp. 69-91.)
- 1954, Le Quaternaire. Prodrôme d'une description géologique de la Belgique. Vaillant-Carmanne, Liège, pp. 554-589.
- TEILHARD DE CHARDIN, P. et PIVETEAU, J., 1932, Nouvelle étude sur le *Cervus Ertboni* DUB. des Argiles de la Campine. (*Bull. Mus. roy. Hist. nat. de Belgique*, t. 8, n° 5, p. 18.)
- THOMSON, P. W. und PFLUG, H., 1953, Pollen und Sporen des Mitteleuropäischen Tertiärs. (*Palaeontographica*, Bd. 94, Abt. B, pp. 1-138.)
- VAN DER HAMMEN, TH., 1953, Late-glacial flora and periglaciaie phenomena in the Netherlands. (*Leidse Geol. Meded.*, d. 17, pp. 17-184.)
- VAN DER VLERK, I. en FLORSCHÜTZ, F., 1950, Nederland in het ijstijdvak. W. Haan, Utrecht, 284 p.
- 1953, The Palaeontological base of the subdivision of the Pleistocène in the Netherlands. (*Verh. Kon. Ned. Akad. Wet.*, afd. Natuurkunde, 1^{ste} reeks, d. 20, n° 2, pp. 1-58.)
- VAN HOORNE, 1957, Les flores pléistocènes belges. (*Rés. Commun. Inqua*, V^e Congrès intern. Madrid-Barcelone, pp. 189-190.)
- VAN STRAATEN, L. M. J. U., 1954, Composition and structure of recent marine sediments in the Netherlands. (*Leidse Geol. Meded.*, d. 19, pp. 1-108.)
- ZAGWIJN, W. H., 1957, Vegetation, climate and time-correlations in early Pleistocene of Europe. (*Geol. en Mijnb.*, nieuwe ser. 19, n° 7, pp. 233-244.)
- 1960, Aspects of the Pliocène and Early Pleistocène Vegetation in the Netherlands. (Thèse.) Maastricht, 78 p.
- ZONNEVELD, J. I. S., 1958, Litho-stratigraphische eenheden in het Nederlandse Pleistoecen. (*Meded. Geol. Sticht.*, nieuwe ser., n° 12, pp. 31-64.)