

Institut royal des Sciences
naturelles de Belgique

BULLETIN

Tome XXVII, n° 20.
Bruxelles, mai 1951.

Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen

MEDEDELINGEN

Deel XXVII, n° 20.
Brussel, Mei 1951.

EVOLUTION D'UNE TOURBIERE
DE PLAINE ALLUVIALE
AU KRUISSCHANS (ANVERS, BELGIQUE),

par Roger VANHOORNE (Bruxelles).

(Avec deux planches hors texte.)

La construction d'un nouveau port pétrolier dans le polder d'Austruweel, devenu territoire anversoïse depuis l'annexion des villages Austruweel et Wilmarsdonck en 1929, n'a exigé des travaux à sec et en profondeur qu'en un seul point (fig. 1), soit à l'emplacement du pont entre le goulet d'accès et le bassin d'évolution. Le terrassement et le rabattement de la nappe phréatique à cet endroit ont permis d'étudier en affleurement les dépôts de la cote + 1,50 m à — 11,50 m. L'étude stratigraphique a été effectuée respectivement par J. DE HEINZELIN DE BRAUCOURT (1) et R. TAVERNIER et M. GULINCK (2), aux publications desquels je renvoie le lecteur. Rappelons simplement la succession des couches observables dans les parois de la tranchée.

La presque totalité du profil est formée de sables, renfermant plusieurs bancs coquilliers bien caractérisés. La partie supé-

(1) DE HEINZELIN DE BRAUCOURT, J., 1950, *Stratigraphie pliocène et quaternaire observée au Kruisschans*. (Bull. Inst. Sci. nat. Belg., t. XXVI, n° 40 et 41, Bruxelles, pp. 1-38, pp. 1-22.)

(2) TAVERNIER, R. et GULINCK, M., 1949, *Compte rendu de l'excursion du 10 décembre aux travaux de terrassement du nouveau port pétrolier d'Anvers*. (Bull. Soc. belge Géol., t. LVIII, Bruxelles, pp. 389-399.)

rieure en est rapportée au Scaldisien, tandis que les sédiments inférieurs, visibles seulement sur une épaisseur de deux mètres, appartiennent au Diestien. Sur le Scaldisien reposent des sables à *Aloidis complanata* (Sow.) (= *Corbulomya complanata*) avec

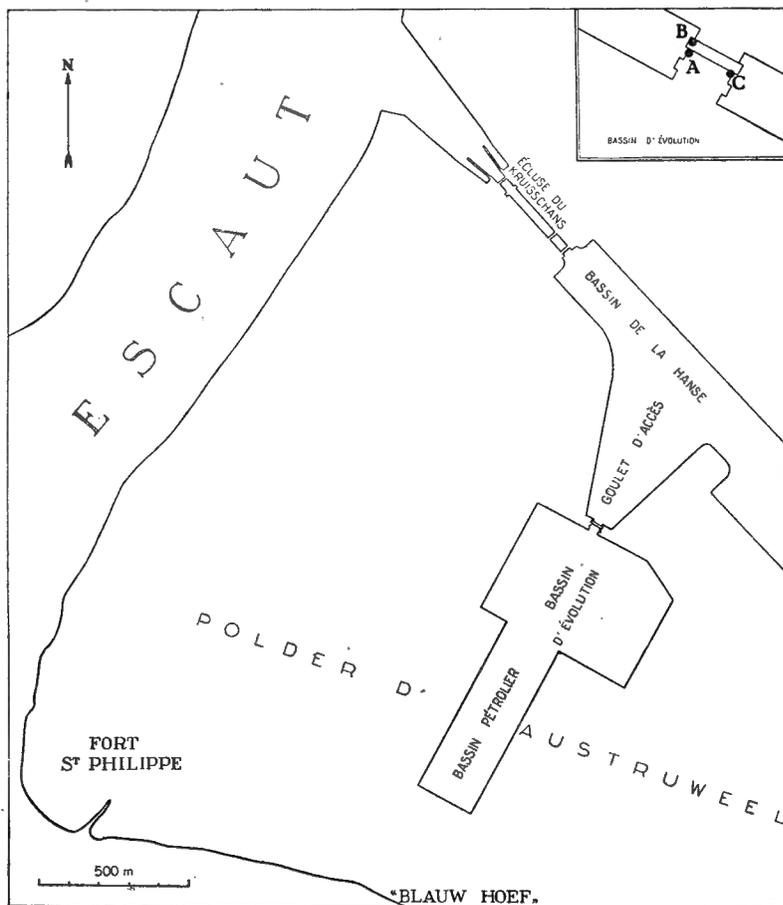


Fig. 1. — Plan général du port pétrolier du Kruisschans (Anvers) avec, reproduit en médaillon, l'emplacement des profils étudiés A, B et C.

entre eux un de ces bancs graveleux. Le Poederlien, qui autrefois avait été assigné à cet ensemble, a été, suivant J. DE HEINZELIN DE BRAUCOURT, avantageusement remplacé par « sables de Merxem ». Tout ce soubassement tertiaire est surmonté d'une

mince couche de sable blanc devenant mauve vers le sommet et contenant vers la base de petits cailloux de silex et de quartz éolisés. Ce sont des sables de couverture d'origine nivéo-éolienne, qui ont parfois connu un remaniement partiel ultérieur. Au-dessus se trouvent les dépôts holocènes, constitués par une couche de tourbe, qui supporte de l'argile poldérienne grise. La couche humique, qui apparaît à plusieurs reprises dans les coupes, publiées à l'occasion des grands travaux qui se sont succédé au port d'Anvers sur la rive droite depuis près d'un siècle, n'a jamais donné lieu à une étude approfondie. En général les auteurs se bornent à mentionner l'existence de troncs d'arbres couchés. En outre E. BERNAYS (3) cite des débris de noisetier, *Corylus avellana* L., dans un banc de tourbe d'un mètre et demi d'épaisseur. La description la plus poussée a été donnée par P. COGELS (4). Au bassin aux Bois, au bassin de la Campine et au chenal de jonction entre les anciens bassins et celui du Kattendijk, l'auteur observa de la tourbe sur toute l'étendue des travaux effectués en ce moment. La puissance variait de 1 m ou moins à 7 m. Un grand nombre de morceaux de bois étaient disséminés dans toute l'épaisseur de la couche, parmi lesquels on reconnaissait facilement le pin, le chêne et le noisetier. Il a recueilli des noisettes, des feuilles et des roseaux. Aux travaux de jonction il a même vu une souche encore fixée dans l'ancien sol par de fortes racines mais dont le tronc avait été brisé en entraîné. En ce qui concerne le dernier point, P. COGELS et E. VAN DEN BROECK (5) lors de leur étude de la coupe mise à nu par les travaux de prolongement du bassin du Kattendijk disent que les troncs d'arbres couchés horizontalement paraissent non abattus sur place, mais amenés par flottaison, car les minces racines qu'on voit dans les sables sous-jacents ne peuvent se rapporter à des végétaux d'aussi grande dimension. Sur la rive gauche de l'Escaut, J. VAN RAEM-

(3) BERNAYS, E., 1896, *Recherches sur les sables diestiens dits à « Isocardia Cor » mis à jour lors du creusement de l'écluse du Bassin Lefèvre en 1894 et 1895.* (Bull. Soc. belge Géol., t. X, Mém., Bruxelles, p. 127.)

(4) COGELS, P., 1874, *Observations géologiques et paléontologiques sur les différents dépôts rencontrés à Anvers lors du creusement des nouveaux Bassins.* (Ann. Soc. malac. Belg., t. IX, Mém., Bruxelles, pp. 27-28.)

(5) COGELS, P. et VAN DEN BROECK, E., 1879, *Observations géologiques faites à Anvers à l'occasion des travaux de creusement des nouvelles cales sèches et de prolongement du bassin du Kattendijk.* (Ann. Soc. malac. Belg., t. XIV, Mém., Bruxelles, p. 39.)

DONCK (6) mentionne que dans les polders de l'Escaut et de la Durme les débris végétaux de la tourbe consistent en restes de plantes cryptogamiques ou en racines, feuilles, branches ou tronçons de chênes, de saules, d'aunes, de hêtres, de sapins ou d'autres arbres de notre flore actuelle, parfois encore debout et enracinés. D'après lui, les lits de tourbe résultent de la destruction d'anciennes bruyères, qui ont été submergées par les cours d'eau qui les longent, et ensevelies sous la vase que les inondations ou les marées quotidiennes y ont déposée pendant les siècles. Dans l'espoir de recueillir un plus grand nombre de détails, j'ai procédé à un examen botanique minutieux de la tourbe tant macroscopique que microscopique.

F. SNACKEN (7), qui a été chargé de la cartographie pédo-logique de la plaine alluviale de l'Escaut, a réparti les polders de cette région en trois groupes : les polders anciens (« Oudland »), les polders de rupture (« Inbraakpolder ») et les polders récents (« Nieuwland »). En outre il signale l'existence d'une zone marginale (« Randgebied »). Pour lui, le polder d'Austruweel fait partie du plus ancien paysage (« Oudland »), où dans les sols de cuvette une couche de tourbe, dite « tourbe de surface », s'intercale entre une argile lourde de couverture peu épaisse et des sables d'origine nivéo-éolienne. Le dépôt tourbeux examiné, rendu facilement accessible par les travaux, avait en moyenne une puissance d'un mètre trente. On pouvait distinguer à première vue trois zones dans le profil humique. La zone inférieure (zone III) humique, noire et uniforme était saupoudrée de grains de sable quartzeux décolorés, vraisemblablement d'origine éolienne. Au-dessus se trouvait une tourbe stratifiée couleur brun tabac foncé à sec (zone II) présentant plusieurs lits horizontaux de bois de bouleau. Un lit particulièrement épais se situait à sa base. Ici et là on pouvait encore voir les racines d'arbres, qui avaient traversé l'assise tourbeuse sous-jacente et pénétré dans le sous-sol minéral jusqu'à une profondeur atteignant parfois 1,50 m. Cette tourbe passait généralement vers le haut à une tourbe argileuse amorphe (zone I), se débitant en plaquettes informes et fragments anguleux après dessiccation. En deux endroits des chenaux ravissants, les « Schijns », avaient amené, après avoir enlevé la

(6) VAN RAEMDONCK, J., 1920-1921, *Le Pays de Waas préhistorique*. (Ann. Cercle arch. Pays de Waes, t. XXXIV, Saint-Nicolas, pp. 117-119.)

(7) SNACKEN, F., 1949, *De bodemkartering van de Scheldepolders*. (Natuurw. Tijdschr., Jg. XXXI, Gent, pp. 87-96.)

tourbe, des dépôts généralement très finement stratifiés et formés d'une alternance de minces couches sableuses et argilo-sableuses. Le talus NE - SW montrait clairement un chenal colmaté par un pareil dépôt stratifié.

L'EXAMEN MACROSCOPIQUE.

Des blocs de tourbe, destinés au prélèvement du matériel d'étude, ont été découpés dans le profil de la tranchée en trois endroits différents de façon à ce que superposés, ils formassent trois colonnes verticales complètes. La superficie de leur base rectangulaire était respectivement de 20, 30 et 50 cm². L'endroit des prises d'échantillons pour l'établissement des profils peut se situer grâce au plan du nouveau port pétrolier, qui m'a été aimablement fourni par M. R. STOCKMANS, directeur du Bureau de Commerce et de Navigation de la ville d'Anvers (fig. 1). Dans les tableaux I, II et III apparaissent les résultats de cet examen. Quoique la composition de ces tableaux ait été inspirée par la technique de l'analyse palynologique, ils n'ont pas la même signification que les diagrammes résultant de cette dernière analyse. En effet, tandis que la composition des spectres polliniques est basée sur les fréquences relatives des grains de pollen de certains genres ou espèces, calculées sur un nombre sensiblement égal à chaque niveau, les tableaux mentionnent le nombre total de toutes les graines, dispersées dans les blocs de tourbe examinés. En plus les tableaux en question donnent des résultats plus localisés que les diagrammes polliniques parce que le transport des graines est sans aucun doute plus limité que celui des grains de pollen. Signalons que l'examen stratigraphique des graines a été effectué sur un nombre global d'au moins 10.000.

Profil A (tableau I).

Au point A la limite des zones I et II a été observée à 30 cm de profondeur et celle des zones II et III à 1,25 m. On remarque immédiatement que la majorité des graines de la zone intermédiaire appartiennent à des plantes aquatiques, dont les mieux représentées sont : *Chara* sp., *Sparganium minimum* FRIES, *Carex pseudo-Cyperus* L., *Carex Hudsonii* A. BENN., *Cladium Mariscus* R. BR., *Nymphaea alba* L., *Comarum palustre* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Menyanthes trifoliata* L. et *Lycopus europæus* L. Des rhizomes de *Phragmites communis* L. ont pu être déterminés entre 0,85 m et 1,10 m. Signalons aussi la pré-

sence de cocons d'un ver oligochète du genre *Tubifex* en grandes quantités à tous les niveaux de cette zone. La mousse, *Isoetes myosuroides* (BRID.) BRID., dont je dois la détermination à M. C. VANDEN BERGHEN et qui avait déjà été repérée à Heusden-lez-Gand (8) dans une tourbe de vallée de l'Escaut, se retrouve normalement ici. M. F. DEMARET a déterminé comme étant *Brachythecium* sp. une mousse, recueillie entre 30 et 40 cm de profondeur, donc tout au haut de cette zone. Dans la zone inférieure, ce sont les graines de *Urtica dioica* L., *Rubus cæsius* L. et *Ajuga reptans* L. qui sont les plus nombreuses dans un ensemble qui compte, outre ces trois plantes, *Carex* sp., *Juncus effusus* L., *Juncus obtusiflorus* EHRH., *Mæhringia trinervia* OLAIIV., *Ranunculus repens* L., *Rubus Idæus* L., *Fragaria vesca* L., *Viola Riviniana* REICHB., *Cornus sanguinea* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Mentha arvensis* L., *Sambucus nigra* L. et *Eupatorium cannabinum* L. Les graines de *Alnus glutinosa* GÆRTN. se répartissent sur toute la zone III et la partie inférieure de la zone II. Dans le cadre des observations faites sur le terrain, l'ensemble de la zone III rappelle une flore forestière humide.

Au point de vue écologique, la limite supérieure n'est pas aussi significative que celle qui sépare les zones II et III. Le passage à la zone supérieure se caractérise seulement par une forte diminution quantitative de graines, à tel point que la tourbe argileuse de la zone I en est presque complètement dépourvue. Relevons-y simplement la présence d'une seule graine de *Potamogeton coloratus* VAHL., que je n'ai pas retrouvée ailleurs.

Profil B (tableau II).

Quoique l'étude stratigraphique à cet endroit n'ait pas été poussée aussi loin qu'au point précédent et que la superficie de la base des blocs de tourbe n'atteignât que 20 cm², les résultats obtenus ne font que confirmer les conclusions ci-dessus au sujet de la végétation. Dans la zone inférieure sableuse, qui s'étend de 1,00 à 1,30 m, les graines proviennent de *Carex* sp., *Juncus effusus* L., *Urtica dioica* L., *Rubus Idæus* L., *Cornus sanguinea* L., *Viola Riviniana* REICHB., *Comarum palustre* L., *Lycopus europæus* L., *Mentha arvensis* L., *Mentha aquatica* L., *Sambucus nigra* L., *Alnus glutinosa* GÆRTN., *Rubus cæsius* L.

(8) STOCKMANS, F., 1945, *Graines, branchettes et feuilles de la tourbe holocène d'Heusden-lez-Gand (Belgique)*. (Bull. Mus. Hist. nat. Belg., t. XXI, n° 19, Bruxelles, p. 5.)

et *Ajuga reptans* L., avec une dominance des trois dernières espèces. Au-dessus du lit de bouleau, qui sépare les zones II et III, les graines de *Carex pseudo-Cyperus* L., *Carex Hudsonii* A. BENN. et *Menyanthes trifoliata* L. s'octroient une nette supériorité numérique sur les autres semences, dont la plupart proviennent de plantes aquatiques. Citons en outre, comme appartenant au règne animal, des cocons de *Tubifex* sp. et des éphippiés du crustacé *Daphnia pulex* DE GEER, qui sont présents à presque tous les niveaux. Quant à la zone supérieure, elle est presque complètement dénuée de graines et d'autres restes macroscopiques.

Profil C (tableau III).

A cet endroit il n'y a pas de limite supérieure visible entre une zone I et II et de fait la zone I n'existe pas, tandis que la limite inférieure se situe à ± 1 m. La zone III contient, à part les graines déjà citées d'une végétation forestière, deux spécimens de *Stachys silvaticus* L. Parmi les mousses reconnues par M. C. VANDEN BERGHEM, citons *Isoethecium myosuroides* (BRID.) BRID., déjà rencontrée au point A, et un seul brin de *Thamnium alopecurum* (HEDW.) BR. et SCHPR. Dans la zone II, *Carex pseudo-Cyperus* L., *Carex Hudsonii* A. BENN. et *Menyanthes trifoliata* L. dominant de loin. Les graines de la dernière espèce sont représentées en nombre assez considérable jusque tout en haut du profil. La mousse *Brachythecium* sp. a été trouvée entre 50 et 60 cm de profondeur, à un niveau qui contient, outre les graines de la végétation aquatique de la zone II, quelques-unes qui trahissent un habitat plus sec comme *Stellaria graminea* L., *Fragaria vesca* L., *Cornus sanguinea* L. et *Sambucus nigra* L. Ce dernier phénomène s'est d'ailleurs manifesté dans les deux autres profils précédents, notamment au point A entre 75 et 90 cm et au point B entre 70 et 90 cm.

CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE MACROSCOPIQUE.

1° La stratification de la tourbe de la zone intermédiaire, la prédominance de graines de plantes aquatiques, la présence de rhizomes de roseaux dans le bas et la persistance de cocons de *Tubifex* sp. à tous les niveaux permettent de conclure à l'existence d'un bas marais lors de l'édification de cette couche. L'apparition à certains horizons de la zone II de graines d'une végétation d'un habitat plus sec et de plusieurs lits de boulevaux dévoilent la tendance d'une évolution normale de la tour-

bière telmatique vers le stade terrestre, qui n'a pas pu cependant s'établir par suite du rehaussement répété de la nappe phréatique.

2° L'absence complète de stratification dans la zone III, la présence de grains de sable éolisés en grandes quantités, la prédominance de graines provenant d'une végétation forestière humide et la disparition brusque de *Tubifex* sp. en dessous de la limite des zones II et III mènent à la conclusion que la matière tourbeuse s'est accumulée dans un bois fangeux.

3° Enfin la tourbe fortement argileuse de la zone I et l'absence presque totale de graines suggèrent une mare ouverte à sédimentation assez rapide où une végétation dense n'a pas eu le temps de s'installer.

4° Au point de vue écologique, il est intéressant de remarquer que *Cladium Mariscus* R. Br., qui tenait sans aucun doute, à voir le grand nombre de graines, une large place dans la végétation marécageuse postglaciaire au Kruisschans, a maintenant complètement disparu dans cette région. Ce phénomène, qui a d'ailleurs été rapporté par différents auteurs à l'étranger, est d'après L. VON POST (9) et V. M. CONWAY (10) dû à l'intervention humaine.

L'ANALYSE MICROSCOPIQUE.

Les mêmes profils ont été soumis à l'examen palynologique. Tous les échantillons de tourbe ont été prélevés à un intervalle de 10 cm. Les préparations microscopiques ont été faites d'après la méthode introduite par G. & H. ERDTMAN (11). Une première série de diagrammes polliniques 1, 2 et 3 (fig. 2, 4, 6) a été établie suivant la discipline, qui n'englobe pas les grains de pollen de *Corylus*, *Salix* et *Hippophaë* dans la somme totale de pollen d'arbres forestiers (Σ AP). La fréquence de ces trois essences est alors exprimée en pourcentage des autres espèces arborescentes. L'application d'une nouvelle technique sur les

(9) VON POST, L., 1925, *Gotlands-agen (Cladium Mariscus R. Br.) i. Sveriges postarctikum.* (Ymer, H. 3 o. 4, Stockholm, pp. 295-312.)

(10) CONWAY, V. M., 1942, *Cladium R. Br. — One British species Cladium Mariscus R. Br. (C. germanicum Schrad.; C. jamaïcense auct. non Crantz; Mariscus serratus Gilib.).* (J. Ecology, vol. 30, n° 1, London, p. 216.)

(11) ERDTMAN, G. & H., 1933, *The improvement of pollen-analysis technique.* (Svensk. bot. Tidskr., t. XXVII, Stockholm, pp. 347-357.)

(12) FAEGRI, K. and IVERSEN, J., 1950, *Tekt-book of modern pollen analysis.* (Copenhagen, pp. 1-168.)

calculs (12) a mené à un second diagramme pour chaque profil 1', 2' et 3' (fig. 3, 5, 7). Ici la somme totale est constituée des grains de pollen de toutes les essences forestières, y compris *Corylus*, *Salix* et *Hippophaë*, quitte à diviser au préalable le nombre des grains de pollen de la catégorie A d'IVERSEN (*Alnus*, *Corylus*, *Betula* et *Pinus*) par quatre.

En examinant les diagrammes 1, 2 et 3 (fig. 2, 4, 6), on constate une prédominance du pollen d'*Alnus* dans le haut et le bas du profil, tandis qu'au milieu la courbe de *Quercetum mixtum* prend le dessus ou se rapproche au moins sensiblement de celle d'*Alnus*. Une simple comparaison ne dénote une discordance entre ce diagramme et ceux de Heusden-lez-Gand (13) et de la plaine maritime (14) que dans la partie inférieure, où le pollen de *Quercetum mixtum* prime et non celui d'*Alnus*. On ne peut pas perdre de vue lors de l'interprétation d'un diagramme pollinique la part parfois considérable apportée par la végétation locale dans la pluie pollinique. L'examen macroscopique a décelé que l'édification de l'assise inférieure du dépôt tourbeux s'est produite dans une forêt d'aulnes et de bouleaux. Il est normal de supposer que le pollen d'*Alnus* est relativement trop abondant dans ces couches. Mais comment expliquer alors la faible teneur en pollen de *Betula* de cette assise ? Un argument précieux est de nouveau fourni par l'étude macroscopique, qui a révélé l'absence complète de graines de bouleaux, ce qui suggère la non-floraison de ces arbres *in situ*. Dans la deuxième série de diagrammes [1', 2' et 3' (fig. 3, 5, 7) dressés d'après la méthode d'IVERSEN, le *Quercetum mixtum* domine partout, excepté pour quelques horizons dans le bas et à la surface supérieure de la tourbe.

CONCLUSION DE L'ÉTUDE MICROSCOPIQUE.

La détermination d'âge de la couche de tourbe par l'analyse palynologique constitue un problème délicat. D'une part dans les tableaux, qui résument l'évolution forestière postglaciaire de l'Europe occidentale, la prédominance du pollen d'*Alnus* et de *Quercetum mixtum* indique un âge atlantique. D'autre part, les données géologiques précisent que l'argile de couver-

(13) VANHOORNE, R., 1945, *Etude pollinique d'une tourbière à Heusden-lez-Gand (Belgique)*. (Bull. Mus. Hist. nat. Belg., t. XXI, n° 18, Bruxelles, pp. 1-11.)

(14) STOCKMANS, F., VANDEN BERGHEN, C. et VANHOORNE, R., 1949, *Het veenonderzoek in de streek van Lampernisse-Pervijze*. (Natuurw. Tijdschr., Jg. XXXI, Gent, pp. 154-160.)

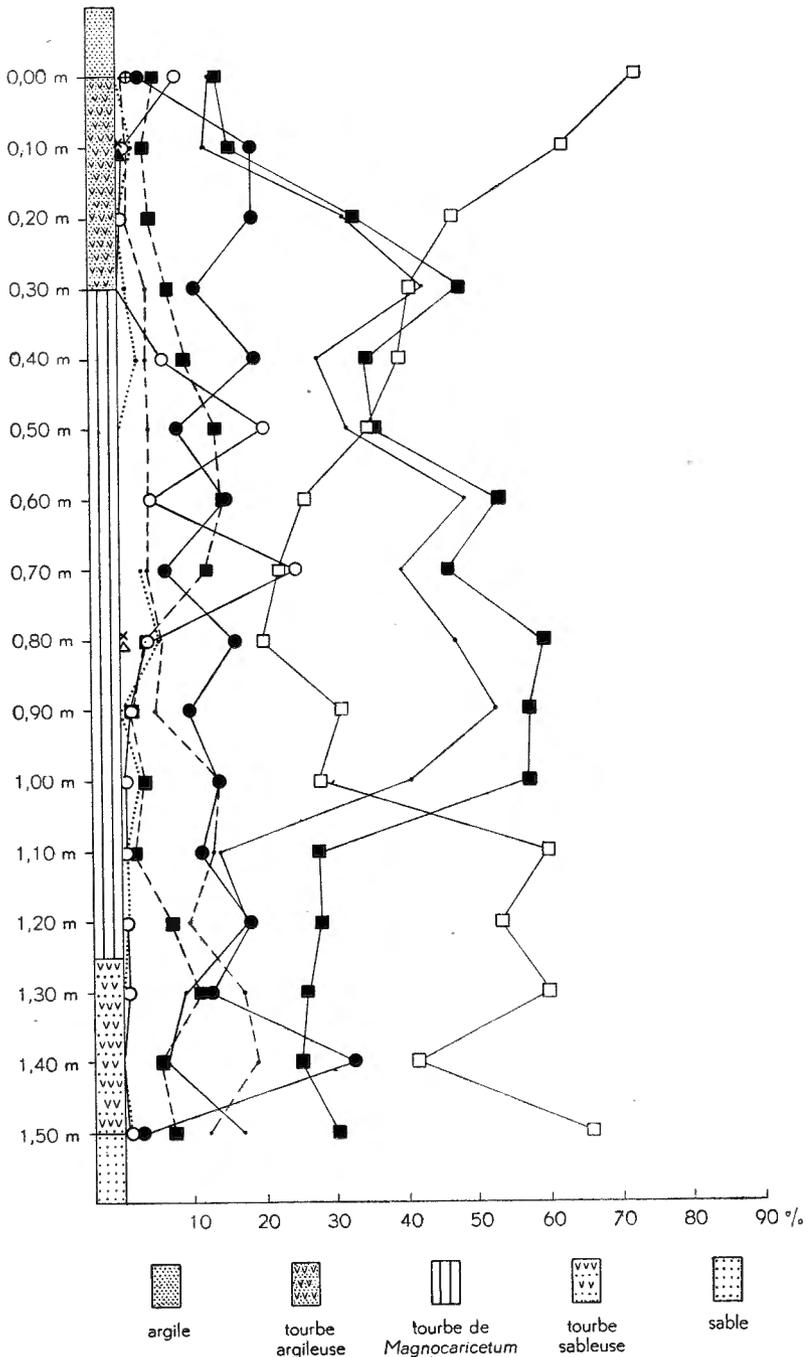
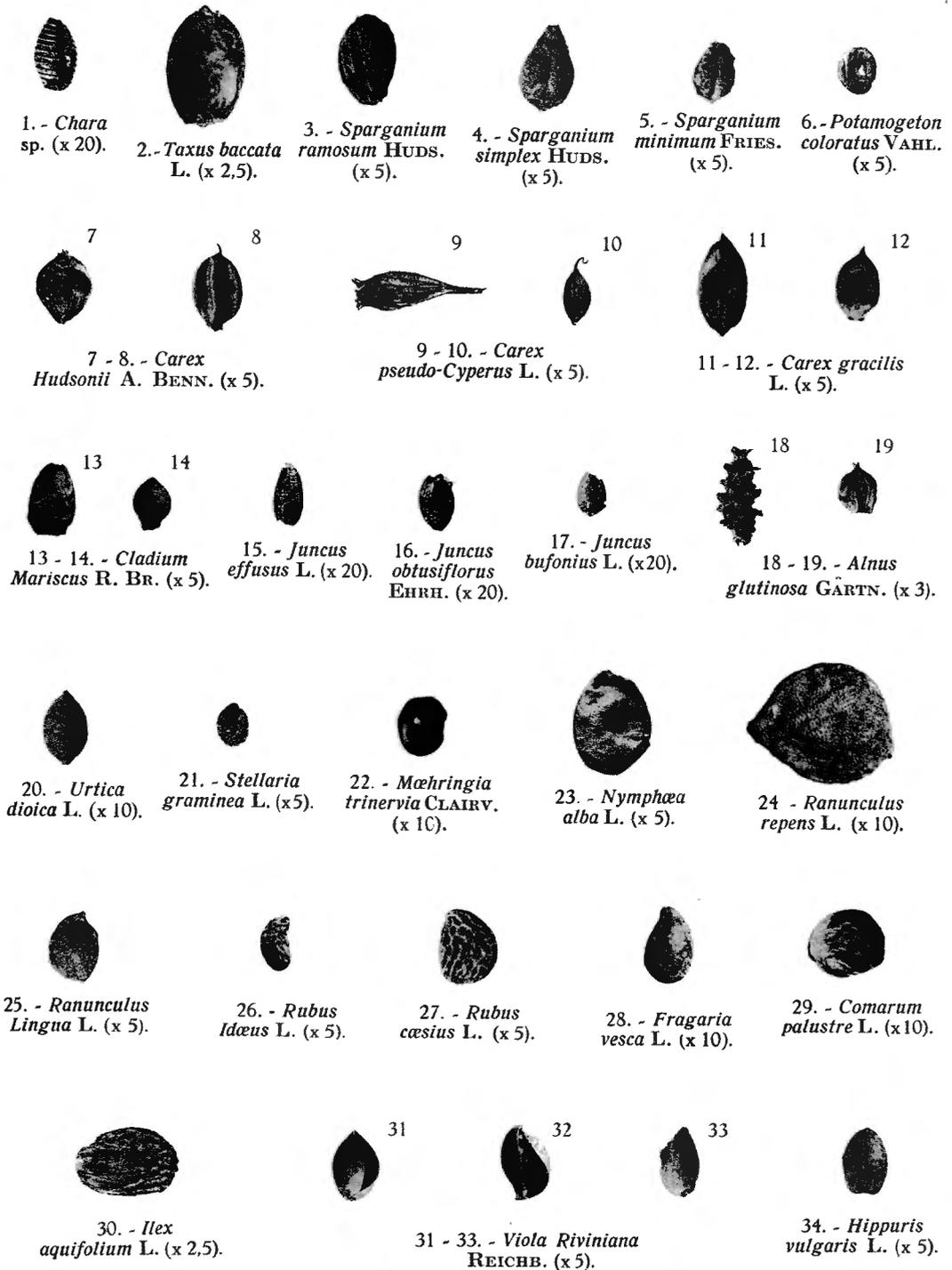
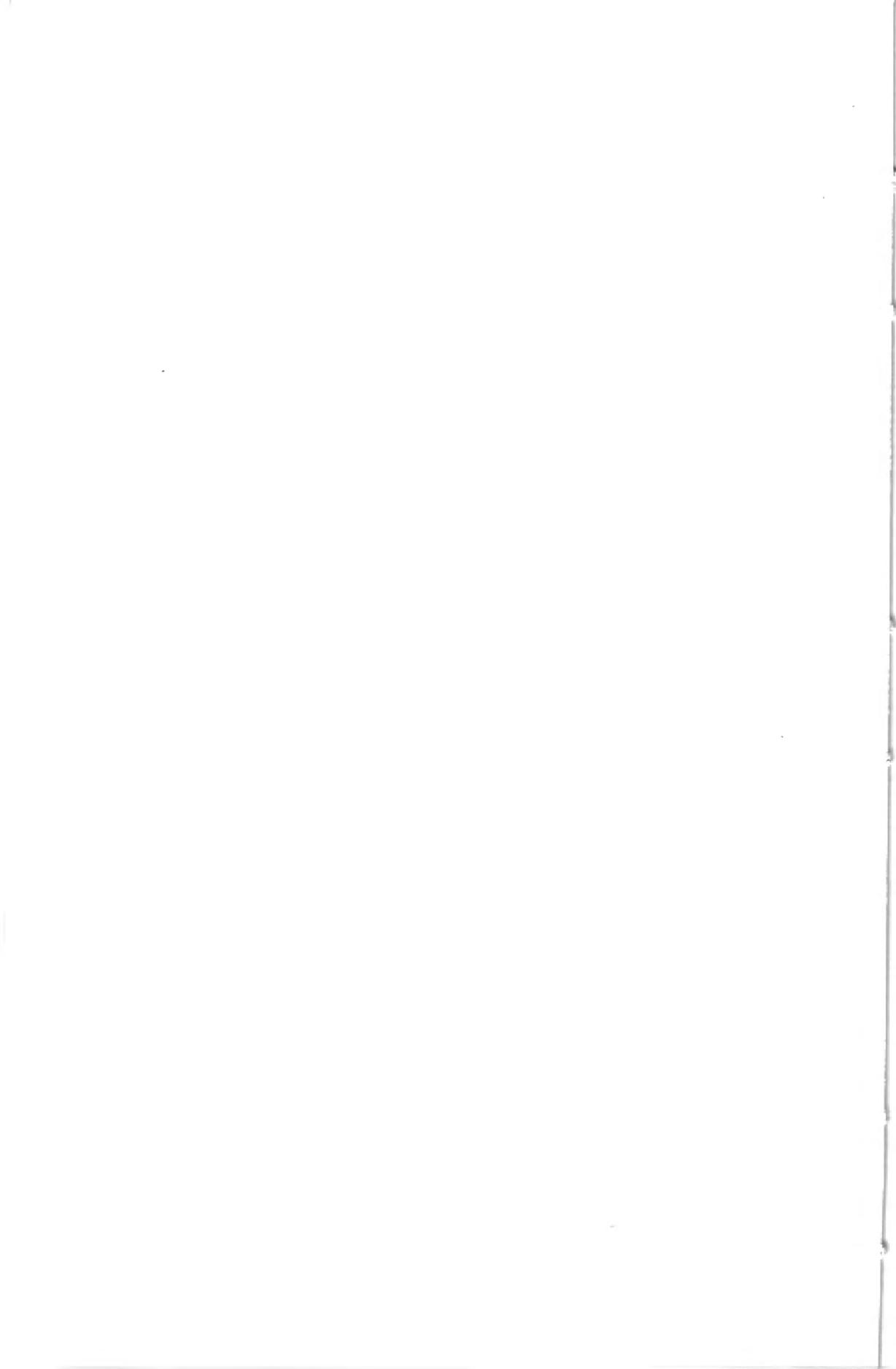


Fig. 2. — Diagramme pollinique 1
établi d'après les anciennes méthodes (point A).



R. VANHOORNE. — Evolution d'une tourbière
de plaine alluviale au Kruisschans (Anvers, Belgique).





1



2



3



4



5



6

1 - 2. - *Hydrocotyle vulgaris* L. (x 10).

3 - 4. - *Cenanthe aquatica* POIR. (x 5).

5 - 6. - *Cenanthe peucedanifolia* POLL. (x 3).



7



8



9



10



11



12

7 - 8. - *Cenanthe fistulosa* L. (x 5).

9 - 10. - *Cornus sanguinea* L. (x 5).

11. - *Lysimachia vulgaris* L. (x5).

12. - *Lysimachia thyrsiflora* L. (x 10).



13



14



15



16



17



18

13. - *Lysimachia nemorum* L. (x 5).

14. - *Menyanthes trifoliata* L. (x 5).

15 - 17. - *Ajuga reptans* L. (x 5).

18. - *Stachys silvaticus* L. (x5).



19



20



21



22



23

19. - *Lycopus europæus* L. (x 10).

20. - *Mentha arvensis* L. (x 10).

21. - *Mentha aquatica* L. (x 10).

22. - *Sambucus nigra* L. (x 5).

23. - *Eupatorium cannabinum* L. (x 10).



24. - *Nymphaea alba* L. (rhizome) (x 0,6).



25



26



27



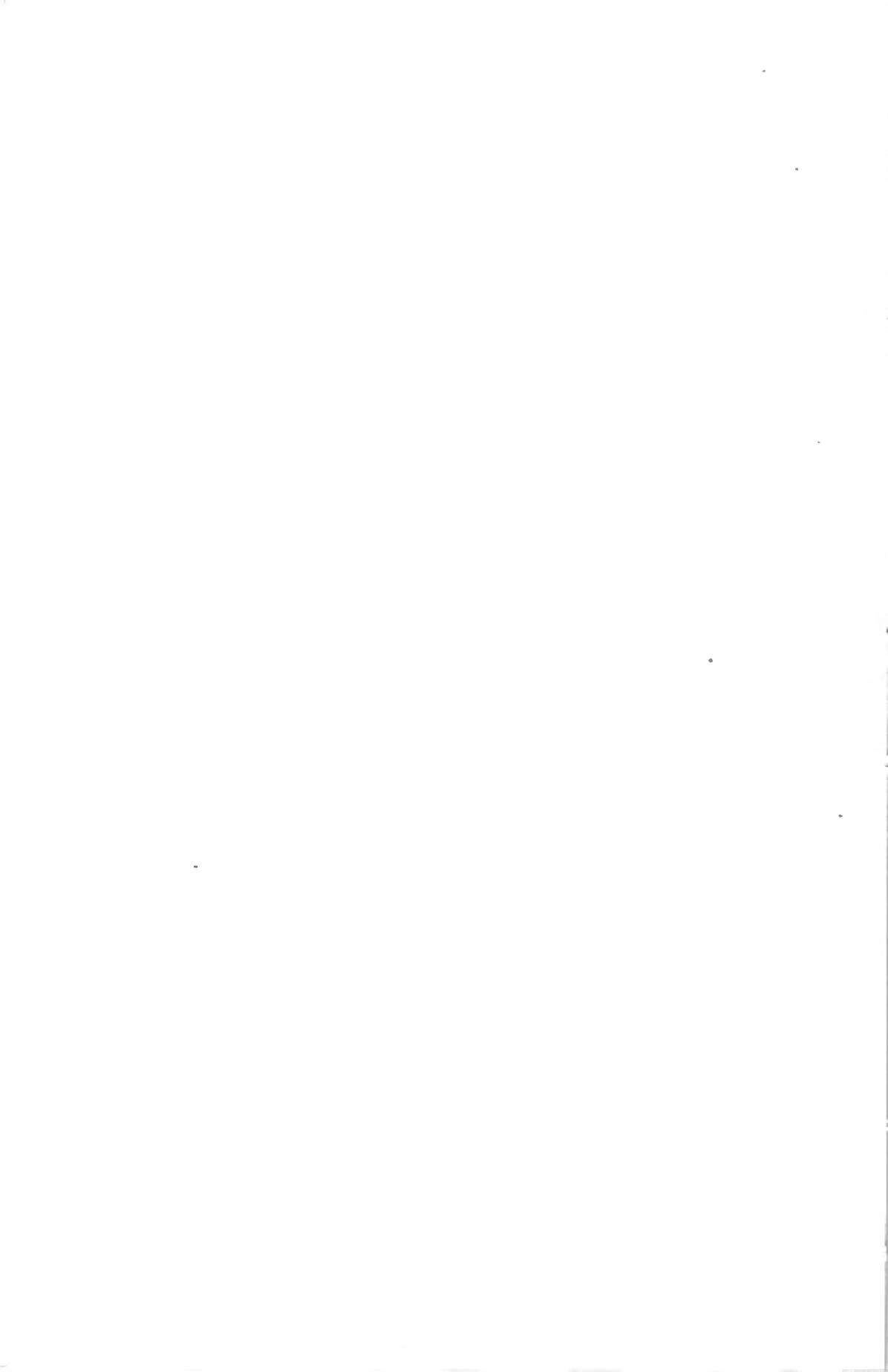
28

25. - Indéterminé (x 10).

26. - Indéterminé (x 5).

27. - *Tubifex* sp.(cocon)(x10).

28. - *Daphnia pulex* DE GEER (ephippie) (x 10).



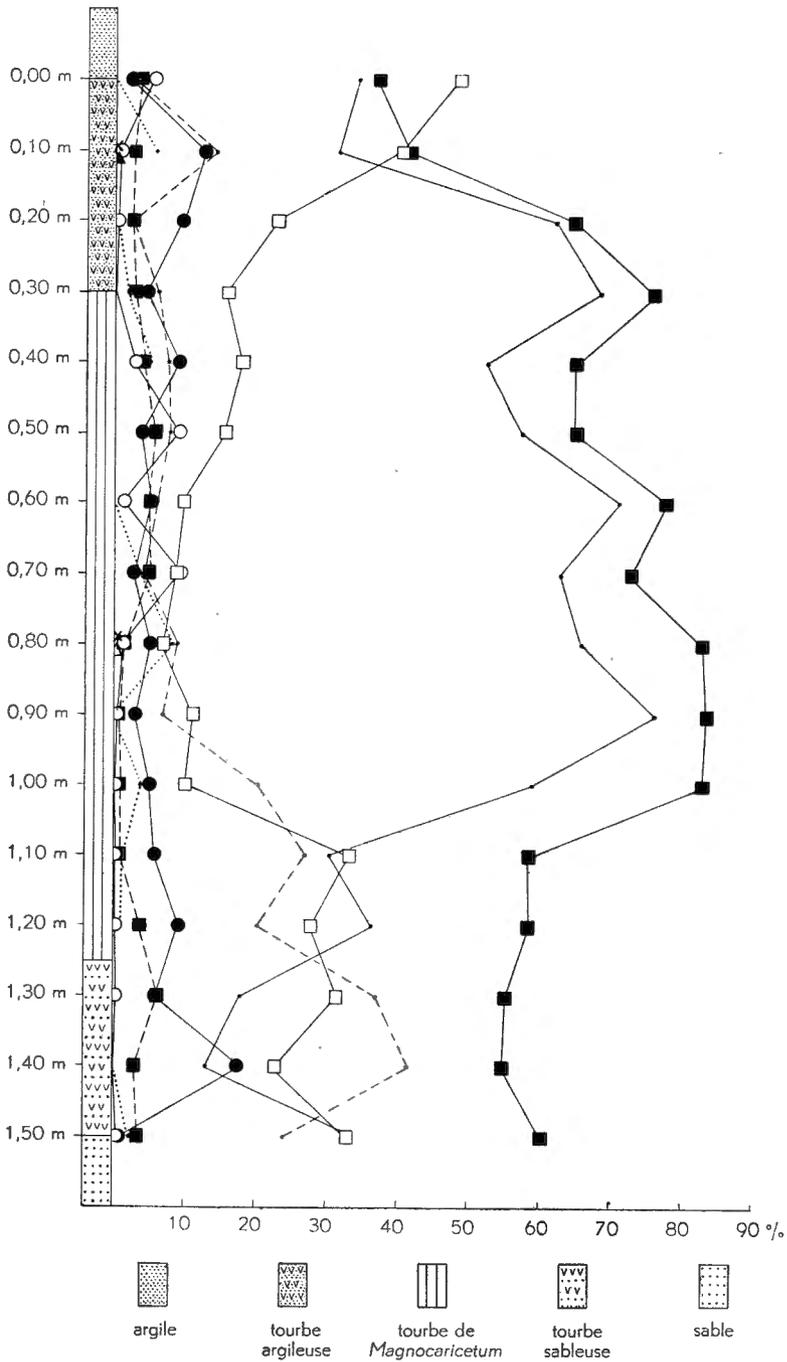


Fig. 3. — Diagramme pollinique 1' établi d'après la méthode d'IVERSEN (point A).

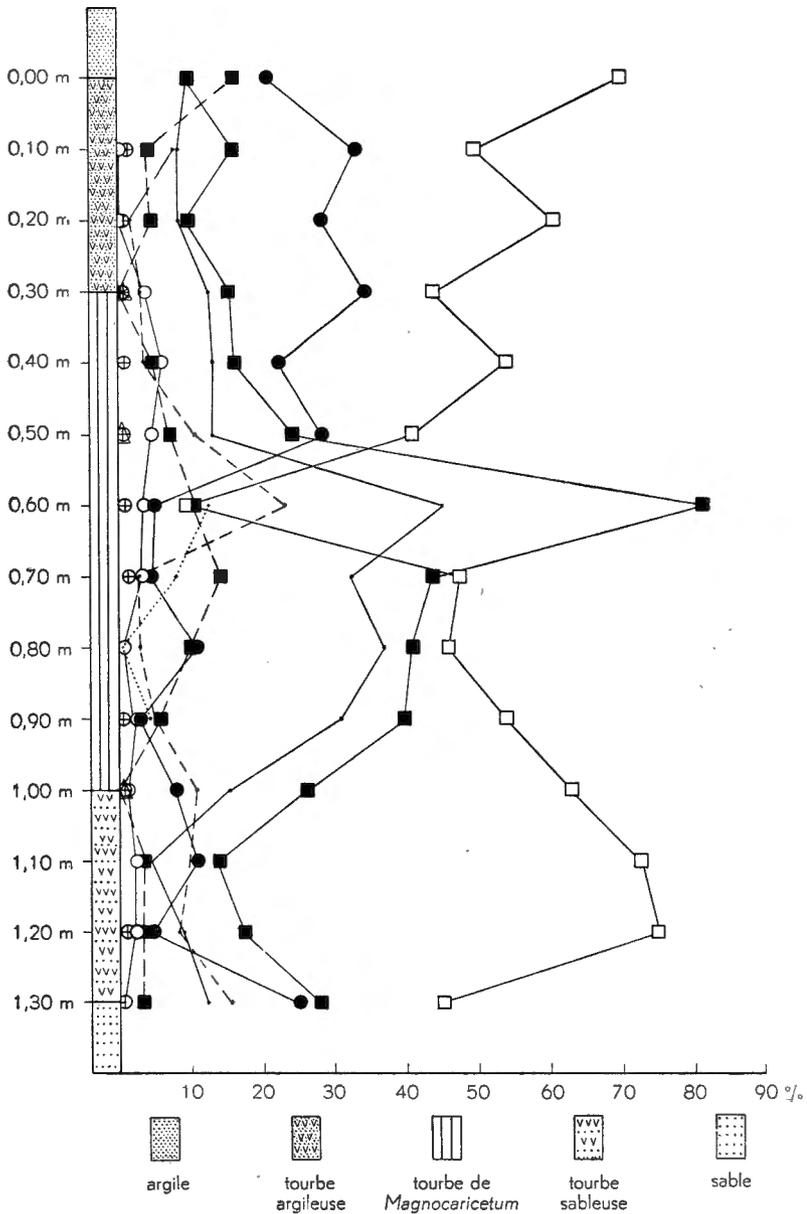


Fig. 4. — Diagramme pollinique 2
établi d'après les anciennes méthodes (point B).

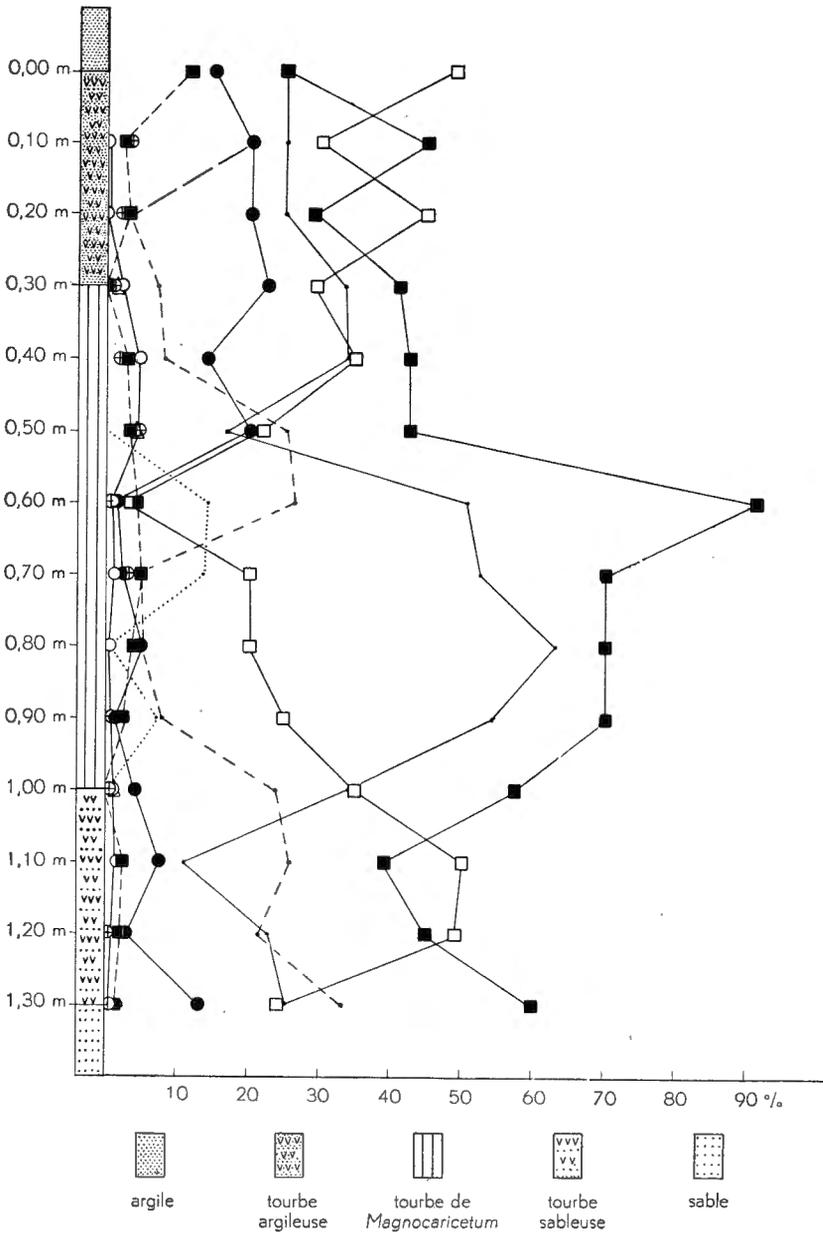


Fig. 5. — Diagramme pollinique 2^e établi d'après la méthode d'IVERSEN (point B).

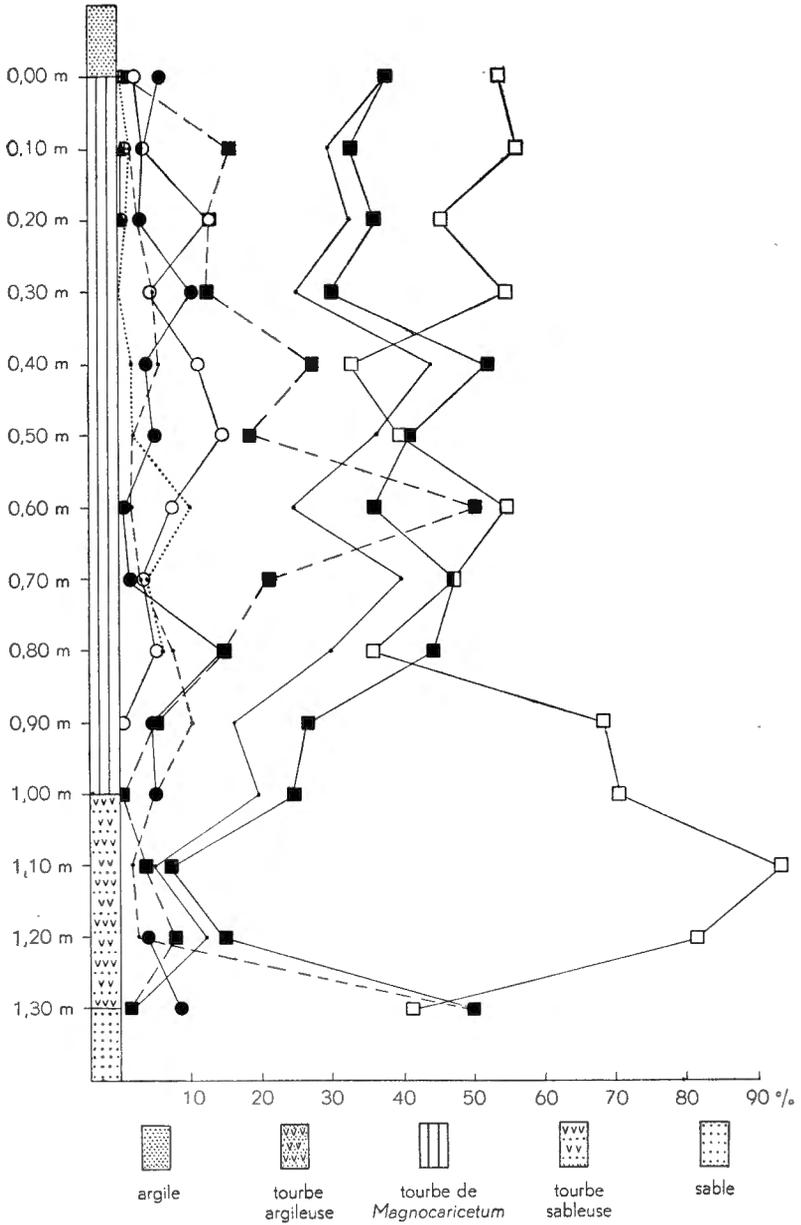


Fig. 6. — Diagramme pollinique 3
 établi d'après les méthodes anciennes (point C).

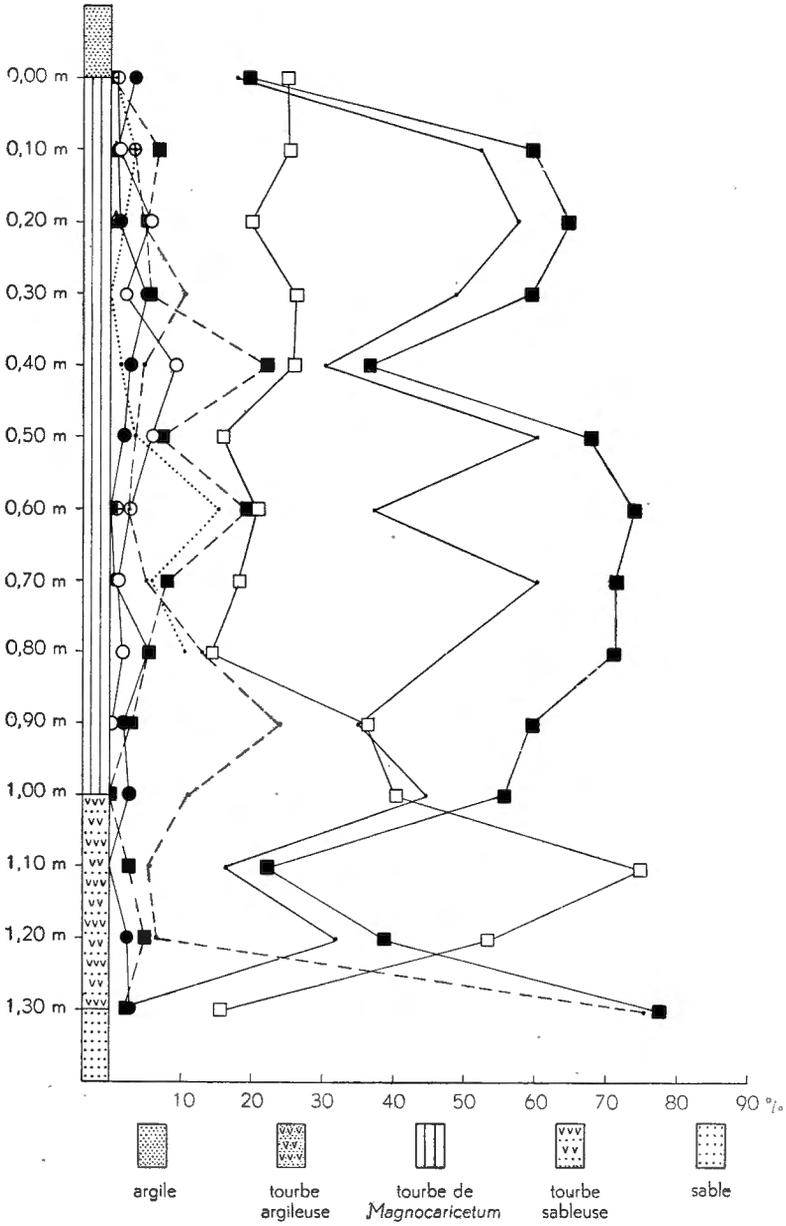


Fig. 7. — Diagramme pollinique 3' établi d'après la méthode d'IVERSEN (point C).

ture n'a commencé à se déposer qu'au IV^{me} siècle, ce qui assigne un âge plus récent à la tourbe, au moins pour la partie supérieure, car un arrêt dans la formation de la tourbe pendant la période Subboréale me paraît peu probable. En effet, une interruption dans l'édification de la couche humique pendant une période aussi longue aurait dû se manifester par un assèchement, qui se serait traduit p. ex. par l'installation d'un bois ou d'une bruyère. Or ni l'observation des restes macroscopiques, ni l'étude microscopique, ni l'examen de la coupe ne révèlent un tel stade prolongé. L'interprétation d'un arrachement de la partie supérieure de la tourbe par les vagues lors de l'inondation du IV^{me} siècle ne peut pas plus être envisagée aux trois endroits examinés. En effet, l'argile à grain très fin, qui recouvre la majeure partie de la tourbe dans les polders anciens, ne peut avoir été déposée que par des eaux très calmes à l'encontre des sédiments sableux, qu'un courant violent a substitués à la tourbe ravinée dans les Schijns. Il ne reste à conclure que la fixation de repères stratigraphiques pour délimiter la période Subboréale n'est peut-être pas possible dans les tourbières eutrophes des régions de plaine. La même difficulté a d'ailleurs surgi à Heusden-lez-Gand, où aucun indice n'a dévoilé ces deux dernières époques malgré l'âge synchronique de la couche de couverture.

Quant à la base de la tourbe, les découvertes archéologiques peuvent apporter des renseignements précieux pour l'estimation de son âge. Les objets trouvés sur la rive droite de l'Escaut ont été commentés par J. DE HEINZELIN DE BRAUCOURT (15). Je retiendrai spécialement, en raison de leur position, les haches polies, dont E. VAN DEN BROECK (16) et G. HASSE (17, 18) font état et qui ont été recueillies respectivement au sein de l'argile verte sous-jacente au sable quartzeux et dans la tourbe au contact de l'argile sous-jacente. Pour la rive gauche du fleuve,

(15) DE HEINZELIN DE BRAUCOURT, J., 1950, loc. cit.

(16) VAN DEN BROECK, E., 1892, *Matériaux pour la connaissance des dépôts pliocènes supérieurs rencontrés dans les derniers travaux de creusement des Bassins Maritimes d'Anvers, Bassin Africa (ou Lefebvre) et Bassin America*. (Bull. Soc. belge Géol., t. VI, Mém., pp. 95 et 97, Bruxelles.)

(17) HASSE, G., 1909, *Les crânes néolithiques robenhausiens d'Anvers*. (Bull. Soc. Anthr. Bruxelles, t. XXVIII, Bruxelles, p. XCIV.)

(18) HASSE, G., 1910, *Les Schijns et l'Escaut primitifs à Anvers*. (Bull. Soc. belge Géol., t. XXIV, Bruxelles, p. 443.)

(19) DE PAUW, L. et WILLEMSSEN, G., 1904-1905, *La sépulture néolithique de la Tête de Flandre*. (Ann. Cercle arch. Pays de Waes, t. XXIII, Saint-Nicolas, pp. 18-26.)

signalons une sépulture de la fin du Néolithique et des charbons de bois. La première reposait sur un sable blanc coquillier, immédiatement sous-jacent à la couche de tourbe (19). La tombe contenait un squelette humain. Près d'elle se trouvaient des ossements de *Bos primigenius*, *Bos taurus*, *Sus Scropha*, *Capra hircus*, des poteries, des silex et une épingle en bronze. Les charbons de bois ont été remarqués par J. VAN RAEMDONCK (20) à Verrebroek dans le polder de Vracene, au milieu de la tourbe, qu'il dit constituer des traces manifestes d'un foyer domestique. La tourbe renfermait en outre un tronc de chêne et des branches carbonisées de « sapin ». Les données archéologiques précisent que la formation de la tourbe des polders de l'Escaut a débuté au Néolithique et probablement à la fin de cette période (présence d'une épingle en bronze à la base). L'âge de cette assise correspondrait alors à celui de la tourbe de surface dans la plaine maritime avec qui elle s'intègre d'ailleurs dans la bande tourbeuse continue, qui s'étend le long de la côte à partir de la Normandie jusqu'au Schleswig Holstein.

L'examen des diagrammes 1', 2' et 3' (fig. 3, 5, 7) montre une prédominance de *Quercetum mixtum* tout le long du profil, excepté dans la partie supérieure où le pollen d'*Alnus* l'emporte à quelques niveaux. Cette abondance de pollen d'*Alnus* dans le haut du profil ne peut certainement pas être attribuée à l'élément local, car à ces profondeurs aucune graine de cet arbre n'a été dégagée des blocs tourbeux. IVERSEN (21), qui avait trouvé une brusque altération forestière consistant en une augmentation du noisetier, du bouleau et de l'aulne aux dépens des essences vraiment forestières de la chênaie mixte en même temps qu'une proportion plus élevée des pollens d'herbes, a expliqué ce phénomène par une déforestation pratiquée par l'homme en vue de la mise en culture de la terre. Une couche de charbon de bois au même niveau indiquerait qu'une population agricole pratiquait le défrichement par incendie. Après que l'homme eût brûlé plus qu'il n'était nécessaire, une régénération se produisit sur les parties non cultivées avec le bouleau et l'aulne comme pionniers. De tous ces phénomènes, je n'ai pu enregistrer au Kruisschans que la dominance du pollen d'*Alnus* dans le haut du profil.

A tous les niveaux, Σ AP était nettement supérieur à Σ NAP. La grande quantité de spores des fougères *Athyrium filix-*

(20) VAN RAEMDONCK, J., 1920-1921, loc. cit.

(21) IVERSEN, J., 1941, *Landnam i Danmarks Stenalder*. (Danm. geol. Unders., 2 Rk. n° 66, København.)

femina ROTH. ou (et) *Dryopteris Thelypteris* A. GRAY ne peut être prise en considération dans le calcul de Σ NAP, parce que d'après L. AARIO (22), une multitude de spores ou de grains de pollen d'une seule espèce ou même de plusieurs espèces, qui vont de pair dans une association végétale, n'indique que la surreprésentation de l'élément local. La valeur du rapport

$$\frac{\Sigma AP}{\Sigma NAP}$$

indiquerait au Kruisschans l'état boisé des environs de la tourbière.

CONCLUSION GÉNÉRALE.

J'essayerai de donner une idée des différents paysages qui se sont succédé lors de l'évolution de la tourbière alors qu'elle était vivante, à l'aide des éléments macroscopiques et microscopiques et de la structure de la tourbe.

La formation de l'assise inférieure de la tourbe a débuté dans un bois fangeux, qui s'était installé sur le sable sous-jacent. La flore arborescente était constituée de bouleaux et d'aulnes, tandis que le sous-bois se composait de *Rubus cæsius* L., *Rubus Idæus* L., *Cornus sanguinea* L. et *Sambucus nigra* L. La strate herbacée était caractérisée par *Athyrium filix-femina* ROTH. et (ou) *Dryopteris Thelypteris* A. GRAY, *Urtica dioica* L. et *Ajuga reptans* L. L'association était complétée par *Carex* sp., *Ranunculus repens* L., *Fragaria vesca* L., *Viola Riviniana* REICHB., *Mœhringia trinervia* CLAIRV., *Eupatorium cannabinum* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Lycopus europæus* L., *Mentha arvensis* L., *Mentha aquatica* L. et *Stachys silvaticus* L. Le tapis muscinal, qui était probablement très restreint, contenait *Isoetecium myosuroides* (BRID.) BRID. et *Thamnum alopecurum* (HEDW.) BR. et SCHPR. Ce paysage subsista jusqu'à ce qu'un relèvement du niveau aquatique s'avérât désastreux pour cette végétation forestière. Les bouleaux, qui plongeaient leurs racines à une profondeur de 1,50 m dans le sous-sol minéral, furent balayés et s'écroulèrent, formant ainsi un lit horizontal, couché sur la tourbe sableuse sous-jacente de la forêt marécageuse.

Cette modification écologique contribua à l'installation d'un bas marais, où vivaient de nombreux *Tubifex* sp. et *Daphnia pulex* DE GEER, et dont la végétation avec sa multitude de *Carex*

(22) AARIO, L., 1944, *Über die pollenanalytischen Methoden zur Untersuchung von Waldgrenzen.* (Geol. Fören. Stockh. Förh., Bd 66, H. 3, Stockholm, pp. 337-354.)

pseudo-Cyperus L., *Carex Hudsonii* A. BENN et *Menyanthes trifoliata* L. peut se rapporter à un *Magnocaricetum*. Ces trois espèces dominantes étaient accompagnées de *Chara* sp., *Sparganium minimum* FRIÈS, *Sparganium simplex* HUDS., *Cladium Mariscus* R. BR., *Phragmites communis* L., *Nymphaea alba* L., *Comarum palustre* L., *Lysimachia vulgaris* L. et *Lycopus europæus* L. Quelques spécimens de *Hippuris vulgaris* L., *Hydrocotyle vulgaris* L., *Ænanthe fistulosa* L., *Ænanthe aquatica* POIR., *Ænanthe peucedanifolia* POLL., *Lysimachia nemorum* L. et *Lysimachia thyrsoflora* L. complétaient l'association, où les fougères *Athyrium filix-femina* ROTH. et (ou) *Dryopteris Thelypteris* A. GRAY étaient très abondantes. Ce bas marais évoluait localement vers un bois fangeux, où il existait un mélange de deux associations.

Enfin une nouvelle hausse de l'eau transforma le marais en une mare. La végétation y était clairsemée et une tourbe minérale s'y déposa. Quant à l'association végétale, qui peuplait la mare, il est difficile de l'établir en raison du nombre restreint de restes macroscopiques conservés dont certains peuvent encore provenir d'associations voisines différentes. Concernant l'introduction d'éléments étrangers, il est possible que la pièce d'eau, représentant le dernier stade dans l'évolution de la tourbière vivante aux points A et B, ait englobé dans ses sédiments argilo-tourbeux des graines issues d'un *Magnocaricetum* voisinant comme p. ex. celui qui a contribué à la formation des strates tourbeuses supérieures au point C. Je voudrais simplement attirer l'attention sur une graine de *Potamogeton coloratus* VAHL. et des grains de pollen de *Stratiotes aloides* L., qui apparaissent tous les deux uniquement et pour la première fois en haut des profils A et B. Toutefois aucun de ces deux éléments ne constitue une preuve indubitable de l'existence des plantes correspondantes à cet endroit. D'une part la présence d'un seul exemplaire suggère facilement l'allochtonie et d'autre part l'interprétation des grains de pollen au point de vue végétation locale est toujours dangereuse. Néanmoins il est utile de mentionner que J. M. LAMBERT et J. N. JENNINGS (23), qui ont étudié la végétation marécageuse de la rivière Bure au Norfolk

(23) LAMBERT, J. M. and JENNINGS, J. N., 1951, *Alluvial stratigraphy and vegetational succession in the region of the Bure valley broads. II. Detailed vegetational-stratigraphical relationships.* (J. Ecology, vol. 39, n° 1, London, p. 128.)

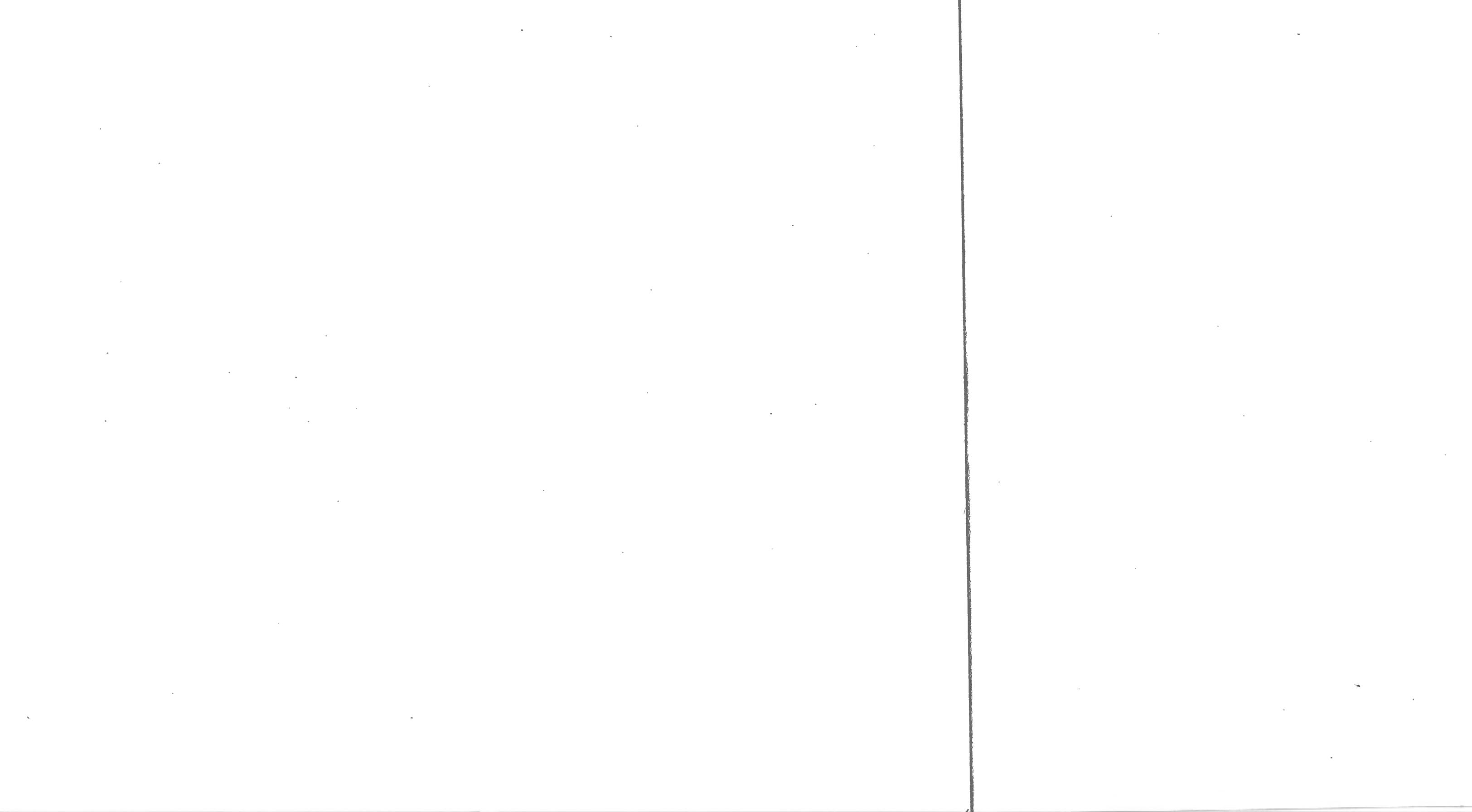
en Grande-Bretagne, signalent la prédominance de *Stratiotes aloides* L. dans la partie ouverte du marécage. Cette constatation de même que le caractère aquatique de l'espèce pourraient dissiper la crainte formulée ci-dessus.

LABORATOIRE DE PALÉOBOTANIQUE
INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

EXPLICATION DES PLANCHES

Eléments fossiles rencontrés dans la tourbe : fruits et graines à l'exception de Pl. I, fig. 1 : oogone, fig. 18 : châton; Pl. II, fig. 24 : rhizome, fig. 27 : cocon, fig. 28 : éphippie.

En général la détermination a été effectuée par comparaison avec du matériel récent. Un certain doute peut subsister en ce qui concerne la détermination spécifique de *Sparganium simplex* HUDS., *Sparganium minimum* FRIES., *Ænanthe aquatica* POIR., *Ænanthe peucedanifolia* POLL., *Ænanthe fistulosa* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Lysimachia thyrsiflora* L., *Lysimachia nemorum* L., *Mentha arvensis* L. et *Mentha aquatica* L., la différence morphologique entre les graines des espèces du même genre étant minime.



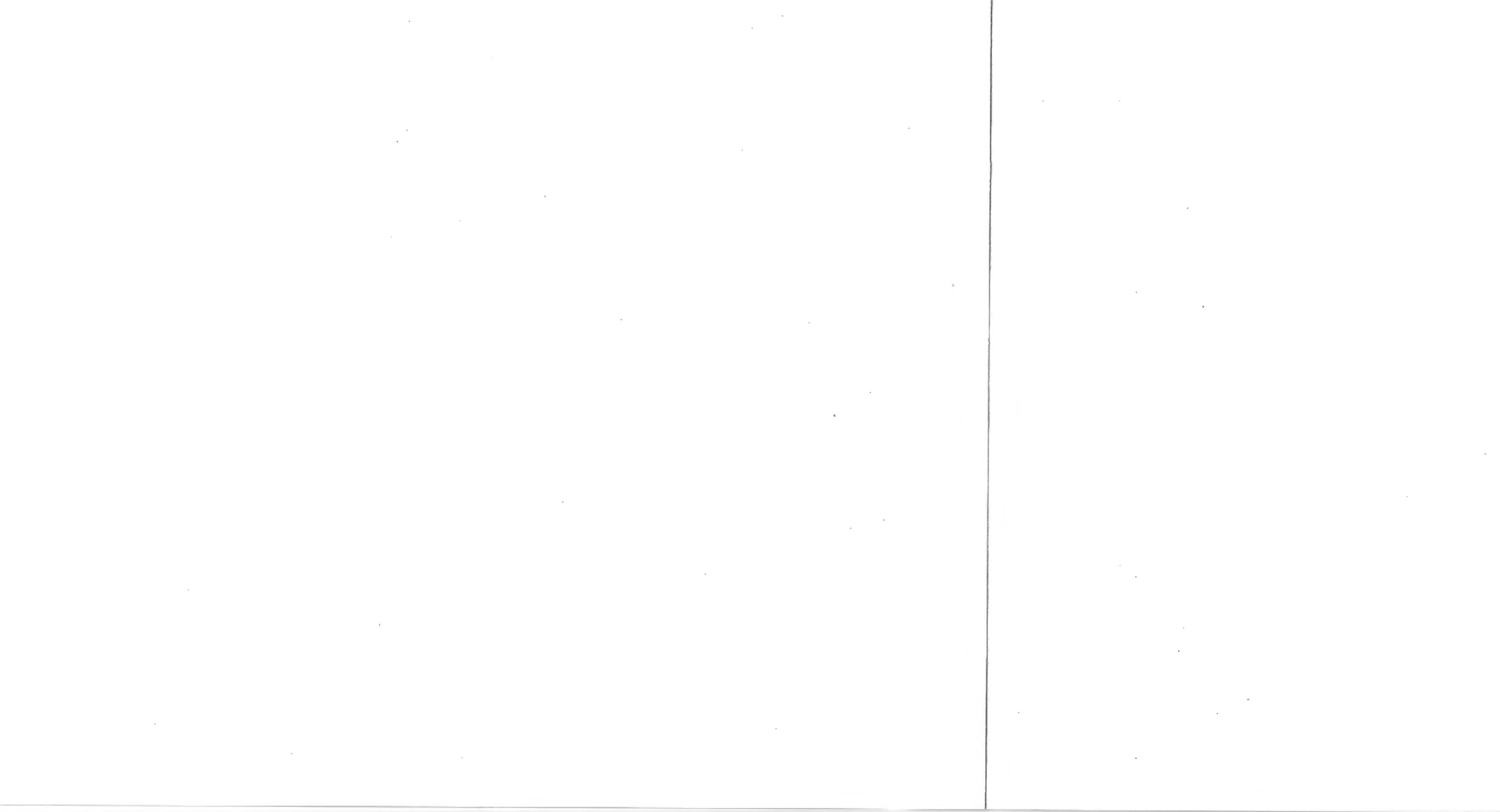


TABLEAU IV.

RELEVÉ STRATIGRAPHIQUE DES GRAINS DE POLLEN ET SPORES RENCONTRÉS AU POINT A.

Profondeur en dessous de la sur- face de la tourbe	<i>Picea</i>	<i>Abies</i>	<i>Pinus</i>	<i>Corylus</i>	<i>Betula</i>	<i>Alnus</i>	<i>Fagus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Acer</i>	<i>Tilia</i>	<i>Quercetum mixtum</i>	Σ AP	<i>Sphagnum</i>	<i>Dryopteris Thelypteris</i> A. GRAY ou <i>Athyrium</i> <i>filix-femina</i> ROTH	<i>Polypodium vulgare</i> L.	<i>Stratiotes aloides</i> L.	<i>Graminæ</i>	<i>Cyperacæ</i>	<i>Caryophyllacæ</i>	<i>Nymphaea</i>	<i>Ericacæ</i>	<i>Crepis</i>
0,00 m			3	5	8	67		12			1	13	92	23	∞	1	33	4	6			3	
0,10 m		1	35	7	2	113	1	22	4		3	29	181		∞	2	3	21	1			2	
0,20 m			30	7	1	74		50			2	52	157	2	∞	1		17	5			3	
0,30 m			18	12		69		72	2		7	81	168	5	∞	2		1	2			4	
0,40 m			29	14	10	59		42	4		6	52	150		∞	1		3	2			1	
0,50 m			14	22	33	57		52			7	59	163		∞	1		5	1				
0,60 m			14	13	4	25		45			4	49	92	5	∞	2		1					
0,70 m			23	42	81	74		131	9		13	153	331		∞	1		3			1	6	
0,80 m	1	1	28	7	7	37		87	11	1	12	110	185	2	∞	9		10	1	2		3	1
0,90 m			12	2	2	38		65			6	71	123	3	∞	2		2	6			1	
1,00 m			21	5	1	42		61	4		21	86	150	2	∞	2				3	2		
1,10 m			18	3	1	93		22	1		20	43	155	2	255	15		13					
1,20 m			30	12	1	88		29	1		16	46	165		360	8		44	1			1	
1,30 m			17	15	1	81		12			24	36	135		19			39					12
1,40 m	1		48	8		61		9			28	37	147		97	10		5	3				
1,50 m			5	13	2	115		30	2		21	53	175		8			8	1			2	

Légende : ∞ plus de 500.

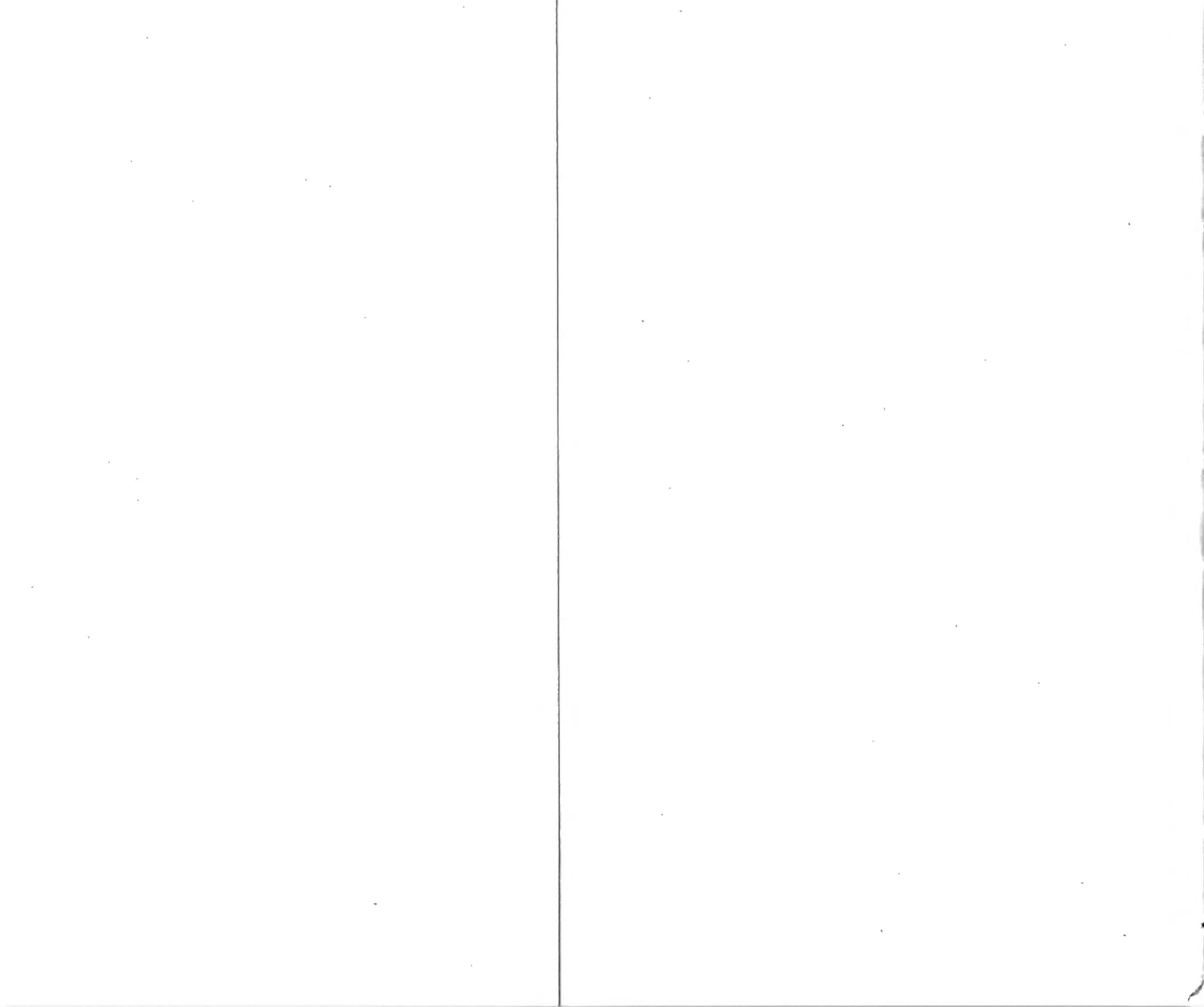


TABLEAU V.

RELEVÉ STRATIGRAPHIQUE DES GRAINS DE POLLEN ET SPORES RENCONTRÉS AU POINT B.

Profondeur en dessous de la sur- face de la tourbe	<i>Picea</i>	<i>Abies</i>	<i>Pinus</i>	<i>Salix</i>	<i>Corylus</i>	<i>Betula</i>	<i>Alnus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Acer</i>	<i>Tilia</i>	<i>Quercetum mixtum</i>	Σ AP	<i>Sphagnum</i>	<i>Dryopteris Thelypteris</i> A. GRAY ou <i>Athyrium</i> <i>filix-femina</i> ROYH	<i>Polypodium vulgare</i> L.	<i>Stratiotes aloides</i> L.	<i>Graminæ</i>	<i>Cyperacæ</i>	<i>Caryophyllacæ</i>	<i>Ericacæ</i>	<i>Lysimachia</i>	<i>Menyanthes</i>	<i>Crepis</i>
0,00 m			9		7		30	4				4	43		365			1						1
0,10 m			50	2	6	1	74	13			12	25	150	4	412		1	3		1				
0,20 m			43	1	7	1	92	13			2	15	151	20	∞	3	1	51		3	2	4		
0,30 m	1	1	57	1	1	7	72	21			5	26	164	10	∞	4	1			2	3			1
0,40 m			32	1	7	9	77	19			5	24	142	15	∞	6		2			1			
0,50 m	1		43	1	11	7	62	20			16	36	149	10	∞	16		2			3			
0,60 m			7	1	15	5	13	65	18		34	117	142	3	∞	3				2	4		2	
0,70 m			7	2	20	5	73	50	4		13	67	152	2	∞	1				1	1			
0,80 m			21		19	3	86	69	1	1	6	76	187	3	∞	1					1			
0,90 m			6	1	13	5	104	60	9		8	77	192		280			12	12		1			
1,00 m	1		17	2		4	135	33			23	56	213		29	6				2				
1,10 m			18		6	4	119	7			16	23	164		46	5		16						1
1,20 m			8	2	6	4	126	15			14	29	167		34	1		7						2
1,30 m			33	1	4	2	58	14	1		15	30	123		88	8		18		1				1

Légende : ∞ = plus que 500.

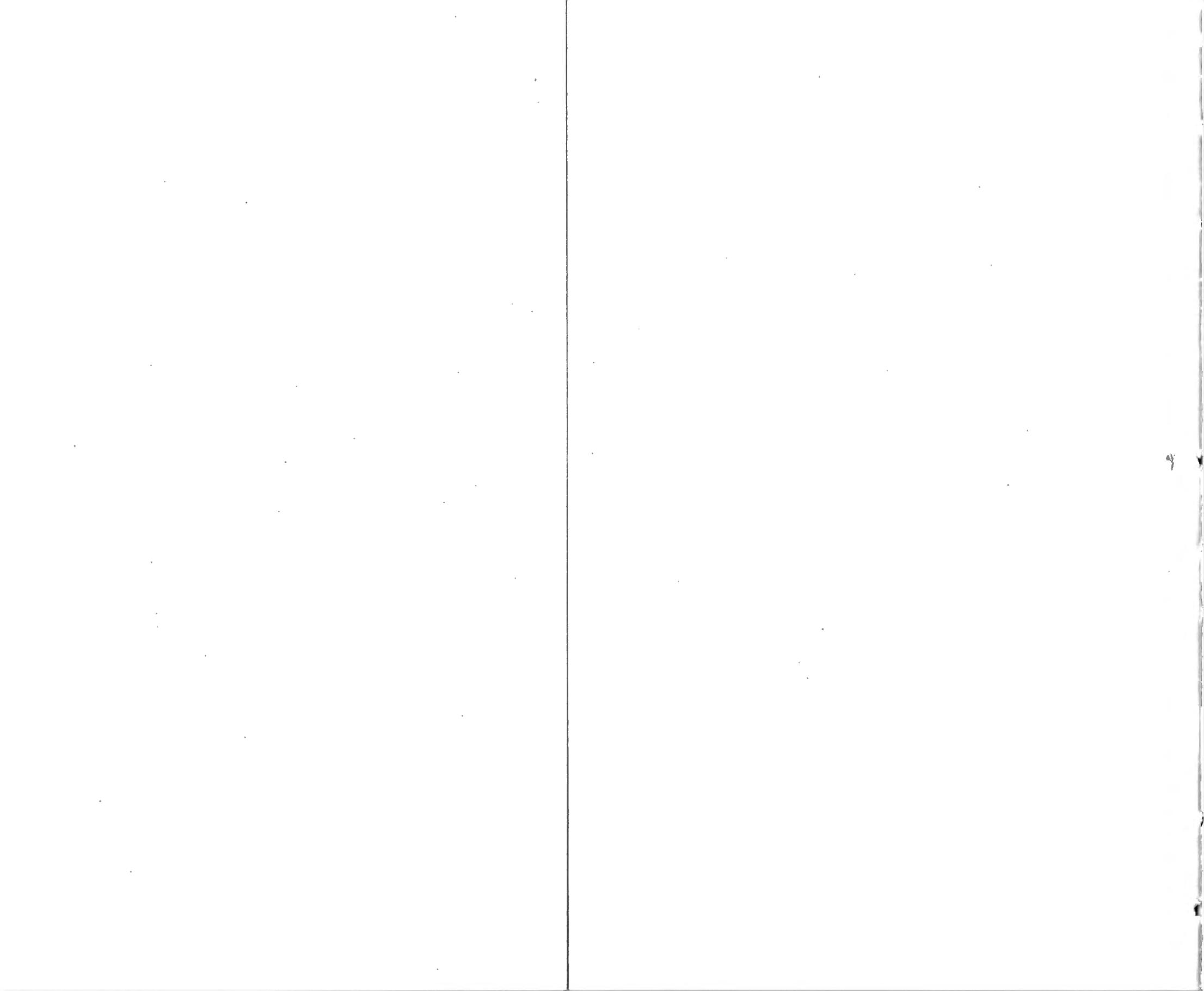


TABLEAU VI.

RELEVÉ STRATIGRAPHIQUE DES GRAINS DE POLLEN ET SPORES RENCONTRÉS AU POINT C.

Profondeur en dessous de la sur- face de la tourbe	<i>Pinus</i>	<i>Salix</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Corylus</i>	<i>Betula</i>	<i>Alnus</i>	<i>Fagus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Hippophaë</i>	<i>Quercetum mixtum</i>	Σ AP	<i>Sphagnum</i>	<i>Dryopteris Thelypteris</i> A. GRAY ou <i>Athyrium</i> <i>filix-femina</i> ROTH	<i>Polypodium vulgare</i> L.	<i>Graminæ</i>	<i>Cyperacæ</i>	<i>Caryophyllacæ</i>	<i>Nymphaea</i>	<i>Cornus</i>	<i>Ericacæ</i>	<i>Lysimachia</i>
0,00 m	10	1		3	4	93		64	1			65	172		169		10	4	2				
0,10 m	6	3		24	6	90	1	46	3	3		52	155		248		9		1		2	1	
0,20 m	5	1		19	20	70	1	50	2	4		56	152		343								1
0,30 m	16			19	7	83		38		8		46	152		∞								
0,40 m	6		1	12	17	49		66	3	9	1	78	151	5	∞	3			1			1	
0,50 m	9			32	25	68		63	4	4		71	173		∞	2	1					1	
0,60 m	1	1		84	13	91		41	17	3		61	166		357				2	2			1
0,70 m	3			37	6	82		69	7	6		82	173		∞	2			1				
0,80 m	22			22	8	54		44	10	12		66	150		∞	3				1			1
0,90 m	7			8	1	108		26		16		42	158		∞	4	5					2	
1,00 m	8			1		113		31		8		39	160	1	65	1	53						
1,10 m				6		159		9		3		12	171		11				1		11		
1,20 m	6			12		127		19		4		23	156		25		28		1		23		
1,30 m	12			2		56		2		69		71	141		1	2	2		1		∞		

Légende : ∞ = plus que 500.

