

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 69 (1965-1967)
Heft: 317

Artikel: Les découvertes palynologiques de Vidy et leur signification pour l'histoire du Lac Léman
Autor: Villaret, Pierre / Burri, Marcel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-275785>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les découvertes palynologiques de Vidy et leur signification pour l'histoire du Lac Léman

PAR

PIERRE VILLARET et MARCEL BURRI

Institut de botanique et Laboratoire de géologie — Université de Lausanne

I. INTRODUCTION

En novembre 1961, une couche de tourbe était mise à nu par les travaux de l'autoroute à Vidy, près de Lausanne, au milieu de la plaine qui s'étend du parc Bourget au cimetière du Bois-de-Vaux. C'était une tourbe sableuse, remaniée, sans grand intérêt ; elle était surmontée d'une couche argilo-sableuse contenant de nombreux restes romains.

Une année plus tard, d'importants travaux étaient en cours pour l'aménagement de la Station d'épuration des eaux de la ville de Lausanne. L'un de nous (P. V.) visita la fouille et y découvrit de nombreux restes de plantes carbonisés. Depuis lors, nous avons suivi les travaux au fur et à mesure de leur progression. L'étude de ce gisement s'est montrée extrêmement fructueuse pour la compréhension de l'histoire du lac Léman à laquelle nous consacrons une partie de notre temps depuis quelques années.

Nous avons toujours été très bien accueillis par la Direction des travaux de la Station d'épuration qui n'a pas ménagé ses efforts pour nous faciliter la tâche. Son ingénieur en chef, M. Hey, nous a confié les plans et les relevés de tous les sondages effectués. Le même accueil nous fut réservé par le bureau des autoroutes ; grâce à M. Karakas, chef du service géotechnique, nous avons eu accès à tous les sondages dont il sera fait mention ici. Malheureusement, nous sommes arrivés trop tard pour observer les carottes de sondage elles-mêmes ; les descriptions souffrent du fait que chaque observateur utilise son propre langage et chacun sait que dans ce domaine, les différences de nomenclature vont au-delà de la nuance.

Que tous ceux qui nous ont aidés trouvent ici l'expression de nos remerciements.

II. GÉOLOGIE

Le site morainique de la région ouest de Lausanne est connu depuis fort longtemps. La description que E. GAGNEBIN (1937) en a faite garde toute sa valeur :

Dans les environs de Lausanne, les moraines jalonnent au moins trois positions de retrait du glacier. En partant de la plus récente, nous avons d'abord celle de Château-Sec, Montchoisi, Ouchy, qui détourne vers l'ouest le cours de la Vuachère. Puis celle de Saint-François, Montbenon, Montoie, qui fait dévier le cours du Flon ; elle se poursuit par Malley et la Bourdonnette pour tourner brusquement au SW du bois de Cauderay, près Chavannes, et s'arrêter là ; 500 m plus au sud, un autre vallum, évidemment du même complexe, partant de Dorigny, s'allonge vers le SW, et vient s'effacer aux Pierrettes. Un troisième complexe, tout voisin, part de Saint-Sulpice vers le nord ; un magnifique vallum s'élève jusqu'à Ecublens où le relaie une moraine un peu plus externe, dirigée NNE et brusquement coudée vers le N. Là, un nouveau vallum s'y adjoint, légèrement arqué, sa concavité tournée vers l'E et suivi de près par la Sorge : et c'est sans doute la suite de ce vallum qui se dresse au-dessus de Renens-Gare, dans la moraine d'Epenex-Dessus.

La figure 1 représente le tracé des deux moraines les plus externes de la description de GAGNEBIN. La morphologie de cette région a été totalement oblitérée par les grands travaux de l'autoroute : les moraines sont en partie détruites, les vallées comblées, les terrasses éventrées et leurs talus nivelés. Il est inutile d'aller actuellement rechercher sur le terrain certains détails qui figurent sur notre carte qui représente la géologie telle qu'elle était. La reconstitution a été possible grâce à des photos aériennes d'avant les travaux. Cette carte est d'ailleurs très semblable au 1 : 80 000 de la feuille Thonon (E. GAGNEBIN, 1950).

1. *La Molasse*

La Molasse affleure dans la vallée du Flon, ou plutôt affleurait, car elle est maintenant cachée sous des remblais. Elle a été atteinte par deux sondages sous la Station d'épuration des eaux, à 20 m de profondeur. Il doit s'agir d'une surface irrégulière, érodée par le glacier.

2. *La moraine rhodanienne*

Partout la Molasse est recouverte de moraine rhodanienne. Là où elle ne constitue pas de vallums bien individualisés, la moraine forme une couverture partiellement remaniée, visible dans la région de Renens-Prilly où il y a perpétuellement des travaux en cours. Les gravières d'Epenex-Dessus et de la Bourdonnette étaient ouvertes dans des vallums morainiques. Pendant bien des années, il a été possible d'observer les stratifications grossières et plus ou moins irrégulières de ces graviers

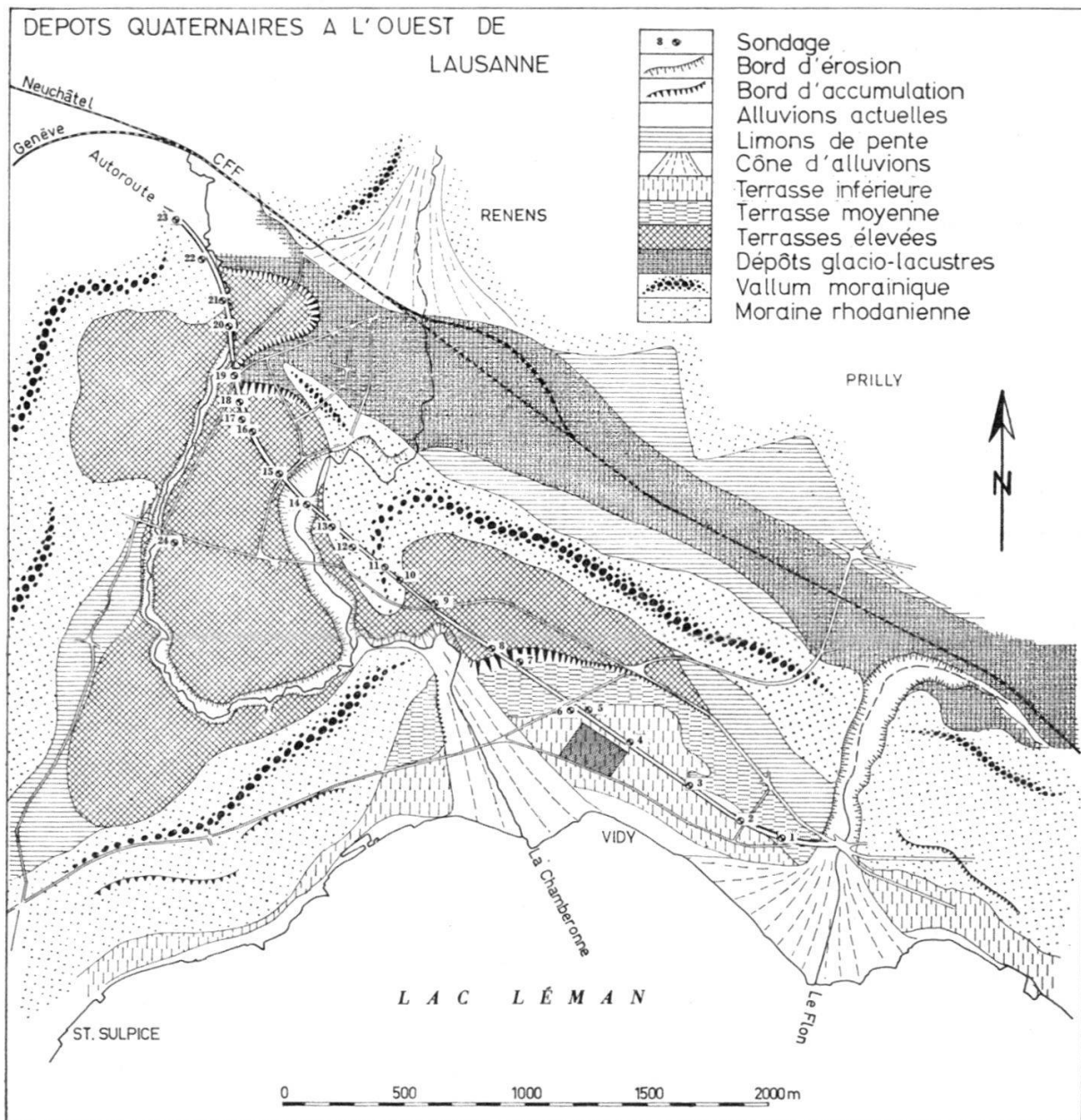


Fig. 1. — Carte géologique des environs de Vidy.
Surface hachurée à l'est de la Chamberonne au sud de l'autoroute : chantier de la Station d'épuration des eaux usées de la Ville de Lausanne.

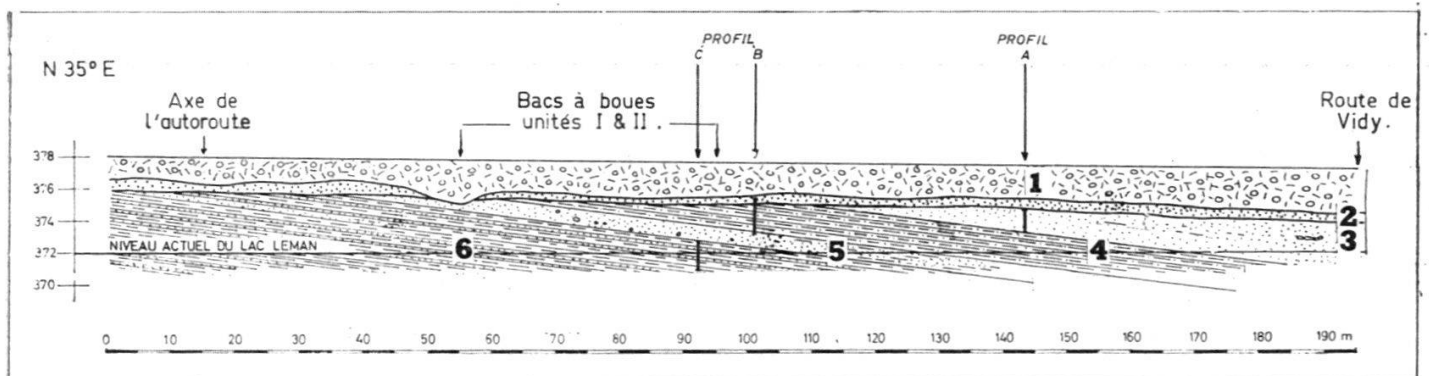


Fig. 2. — Coupe géologique du chantier de la Station d'épuration des eaux de Lausanne.

morainiques. Mais ces exploitations sont actuellement abandonnées et partiellement remblayées.

3. *Les dépôts glacio-lacustres*

La dépression qui sépare la moraine de la Bourdonnette et les pentes de Renens-Prilly présente un fond plat, montant légèrement de Renens vers Malley et la vallée du Flon. Cette surface se relie à celle de l'agglomération de Renens, qui monte vers le nord : c'est un ancien cône de la Mèbre.

Il semble que l'on puisse reconstituer ainsi le paysage : lors de l'érection de la moraine de la Bourdonnette, il y avait un lac latéral au glacier ; dans ce lac venaient se jeter la Mèbre et le Flon qui le comblèrent progressivement, aidés par les apports argileux issus des moraines elles-mêmes. Le remplissage est essentiellement argileux et c'est dans ces formations que furent ouvertes les exploitations de la tuilerie de Renens. Cette surface se termine au-dessus de Chavannes par un talus vers 410 m. Il est possible que ce remblaiement se soit prolongé assez longtemps après le départ du glacier et que le Flon n'ait crevé le vallum morainique de Montoie qu'assez récemment.

4. *Les terrasses élevées*

Ici comme en bien des points du bord du Lac, il faut renoncer au terme de « terrasse de 30 m » : il y a deux surfaces de remblaiement. La plus élevée forme la plaine de Chavannes-Ecublens, qui va de 405 m à 393 m. Il s'agit d'une surface un peu irrégulière, ultérieurement recreusée par la Mèbre et la Sorge, qui dessine un cône très surbaissé au N de l'agglomération de Chavannes. Les versants de la Sorge, encaissée de 3 à 5 m, montrent des sables fins et jaunâtres. Les sondages (15, 16, 17, 18 et 24) ont tous traversé des limons plus ou moins sableux ou argileux, stratifiés, jaunes sur les cinq premiers mètres, puis gris-bleu. Au sud du sondage n° 10, une fouille large et peu profonde a mis au jour une formation sableuse jaune, montrant de spectaculaires stratifications obliques et une belle transgression de ces sables sur la moraine du vallum de la Bourdonnette qui s'enneige en cet endroit. La sédimentation a été plus fine en aval qu'en amont : ainsi, le sondage n° 15, qui se trouve près de la Mèbre, a traversé 12 m de sables fins alors que le sondage n° 24 est resté dans des limons très argileux dont l'épaisseur peut être estimée à 21 m d'après un essai au pénétromètre. La finesse de cet alluvionnement est assez surprenante.

La deuxième de ces terrasses élevées s'étend dans la concavité de la moraine de la Bourdonnette jusqu'à l'extrémité W du cimetière du Bois-de-Vaux. C'est une surface très plane, qui va de 397 m à 387 m,

terminée par un talus actuellement effacé. Les forages qui y ont été effectués (8, 9, et 10) ont montré la même constitution que pour la terrasse précédente : des limons sableux, jaunes en surface et gris-bleu en profondeur. En général, ces limons contiennent quelques galets. Le sondage n° 9 a révélé un niveau de craies lacustres blanches, juste sous la surface de la terrasse.

Le cimetière du Bois-de-Vaux est également une surface, difficilement décelable, qui pourrait se rattacher à cette terrasse. Etant un peu plus basse, elle peut également être considérée comme résultant de l'accumulation de produits de lessivage de la moraine. Elle est alors sans signification morphologique nette.

Il est à noter que, au moment où le lac stationnait à cette altitude, une moraine comme celle de Dorigny était presque entièrement sous-lacustre ; tout au plus une petite île émergeait-elle juste à l'W de la ferme de Dorigny. C'est probablement la raison pour laquelle ce vallum a des formes si douces.

5. *La terrasse moyenne*

Sur la carte française de Thonon, E. GAGNEBIN (1950) a dessiné comme « terrasse de 10 m » une bande de terrain à la bordure aval des terrasses précédentes. Tout ce qui est encore visible de cette terrasse est un petit replat terminé par un talus sur la Chamberonne, au sud de la ferme de Dorigny. De récents travaux de correction de la route cantonale ont mis au jour des sables gris très bien triés et d'origine lacustre. Entre la Chamberonne et le Flon, les photos aériennes montrent une bande de terre très légèrement plus élevée que les terrains plus jeunes, mais sans limite morphologique nette avec eux. Le bord de cette terrasse suivrait la cote 380 et c'est à elle que se rattacherait une petite colline maintenant détruite, juste au nord du château de Vidy.

Le seul sondage qui ait été foré dans cette terrasse est le n° 7 : sur les limons sableux gris que l'on trouve partout, les sables fins de la surface sont souvent un peu graveleux.

6. *La terrasse inférieure*

La terrasse inférieure est une formation complexe qui s'étend entre la cote 380 et le bord du Léman. A Vidy même, sans l'intervention de l'homme, la plage actuelle s'étendrait sur une dizaine de mètres dans le parc Bourget.

C'est au milieu de cette terrasse que furent ouvertes les fouilles de la Station d'épuration des eaux ; plus de vingt sondages préliminaires avaient été faits. Grâce à tous ces documents, il a été possible d'établir

un profil complet de cette formation. De haut en bas, la coupe est la suivante (fig. 2) :

- 1) Dépôts romains : sables plus ou moins argileux, souvent de coloration rouge, contenant de nombreux restes de poteries à la base, accompagnés d'ossements (détritus de cuisine) et surmontés d'une épaisse couche de terre riche en coquilles de Gastéropodes pulmonés.
- 2) Gravier et sables de couleur claire (courbe granulométrique n° 1, fig. 4). Cette couche varie d'épaisseur : de 0 à plus de 1 m. Les niveaux de sables et de graviers sont irrégulièrement disposés et de faible extension latérale. Totalement dépourvus d'argiles, ils sont constitués de galets siliceux, de quartz blanc surtout, et de paillettes de micas. Ils reposent en transgression très nette sur les couches plus anciennes (fig. 3). Certains niveaux contiennent de nombreux fragments de bois, souvent à l'exclusion de tout autre matériel. Ces fragments sont souvent usés à leurs extrémités : ils ont été roulés par les vagues. De petites coquilles sont fréquentes : nous en avons ramassé plus d'un millier qui se répartissent ainsi :

	Base de la couche	Toit de la couche
<i>Bythinia tentaculata</i>	28,5 %	77,0 %
<i>Valvata piscinalis</i>	8,8	1,6
<i>Valvata cristata</i>	—	0,2
<i>Planorbis carinatus</i>	1,9	1,0
<i>Planorbis albus</i>	0,3	—
<i>Planorbis crista</i>	0,1	—
<i>Planorbis sp. ind.</i>	3,8	2,2
<i>Limnea sp. ind.</i>	2,9	2,2
<i>Pisidium amnicum</i>	1,0	11,8
<i>Pisidium sp. ind.</i>	47,8	3,4
<i>Succinea pfeifferi</i>	2,6	—
<i>Vallonia pulchella</i>	0,4	—
<i>Goniodiscus ruderatus</i>	1,9	0,6

La répartition de ces espèces semble montrer un éloignement du rivage : les formes terrestres passent de 4,9 % à la base de la couche à 0,6 % à son sommet.

- 3) A cause de la discordance angulaire, les couches qui arrivent en surface sont de plus en plus anciennes au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lac. Les couches les plus récentes sont des sables fins, propres, gris, contenant des débris de bois, dont certains sont arrondis. Ils étaient visibles sur 60 m au nord de la route de Vidy.
- 4) Au-dessous viennent des limons un peu argileux et crayeux. Leur teneur en CaCO_3 est de 50 %. Ils contiennent de nombreux débris de Characées. Ils affleuraient bien sur le bord sud de la fouille de la Station d'épuration.
- 5) Puis vient un épisode sableux : des couches de sables jaunes atteignent et dépassent 15 cm. Le sable est fin et bien trié (courbe granulométrique n° 2, fig. 4). Les bancs sont généralement assez continus ; l'un

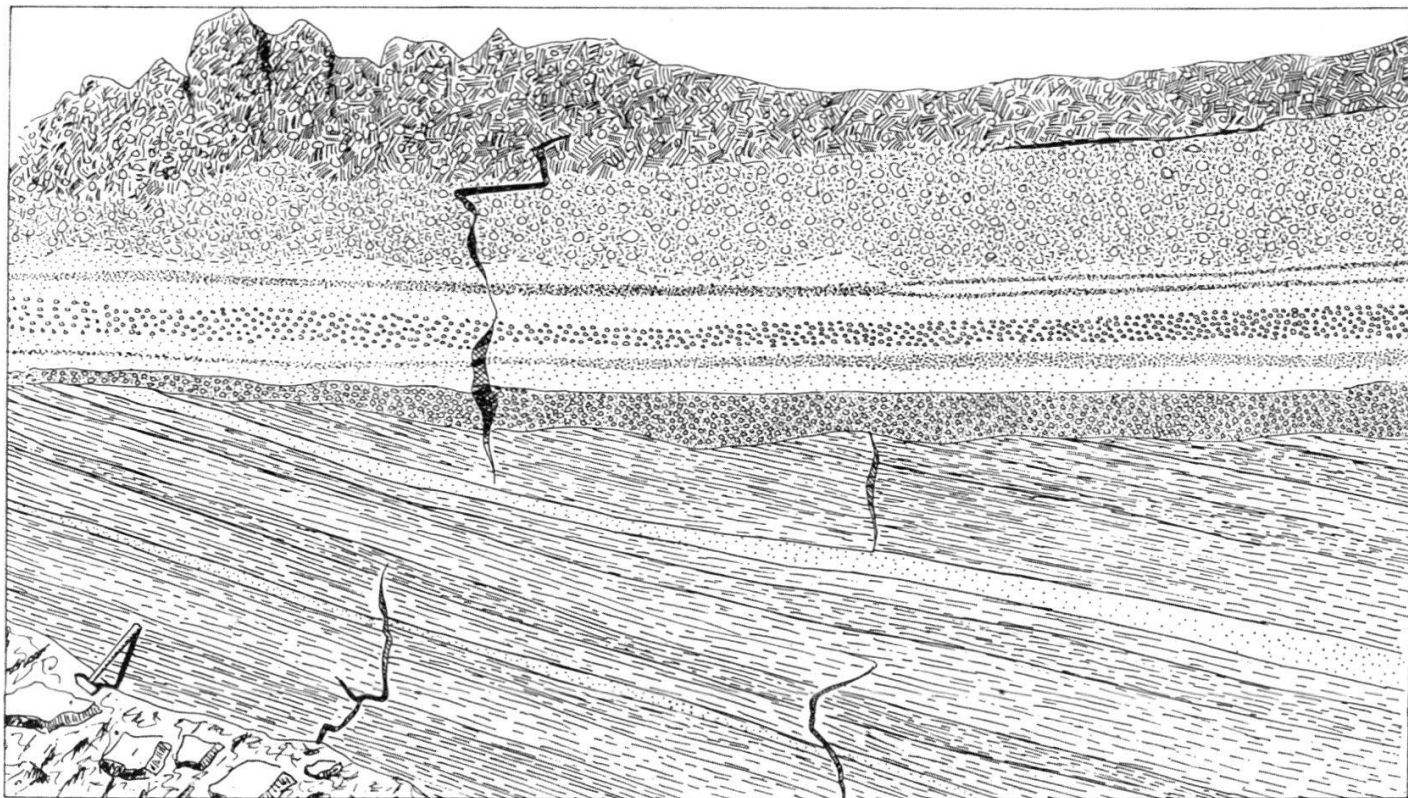


Fig. 3. — Profil géologique pris dans le voisinage de l'autoroute.
On remarquera la discordance entre les limons inclinés du tardiglaciaire et les graviers horizontaux du subboréal

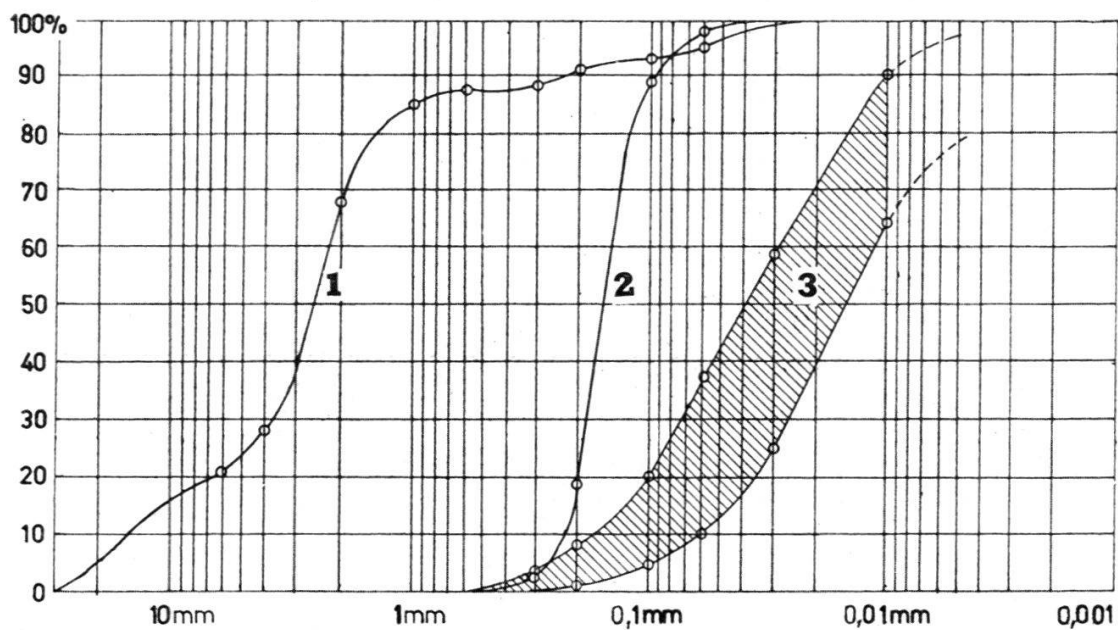


Fig. 4. — Courbes granulométriques des sédiments des couches 2, 5 et 6.

d'eux cependant était rompu et avait donné naissance à des espèces de gros galets sableux resédimentés dans les limons. Il ne fait guère de doute qu'une partie de ce matériel a été mis en place sous forme d'avalanches sous-lacustres pouvant entraîner des modifications de la stratification originale des couches.

- 6) Le fond des fouilles se trouvait dans des limons plus ou moins argileux, gris-bleu, stratifiés (courbes granulométriques n° 3, fig. 4). La teneur en CaCO_3 est en moyenne de 35 %. On trouve un peu partout de petits débris végétaux. Cette série est épaisse d'une dizaine de mètres. Les sondages ont montré que, vers le bas, les limons se chargent de matériel graveleux ; le passage à la moraine sous-jacente n'a jamais pu être délimité avec exactitude. Cette dernière est épaisse de 3 à 4 m dans les deux forages qui ont atteint la Molasse à une vingtaine de mètres de profondeur.

Une telle coupe pose de nombreux problèmes. Il est capital d'établir des corrélations entre ces sédiments profonds et les terrasses voisines. La sédimentation sur le fond du lac a commencé dès la disparition du glacier : les couches lacustres les plus profondes doivent donc être contemporaines des terrasses supérieures. Vers le haut de la série, deux critères permettent de penser que la tranche d'eau diminuait : la présence des Characées et les couches sableuses à fragments de bois roulés. Les Characées se développent particulièrement bien sous une épaisseur d'eau de 10 à 20 m : le bord du lac pouvait donc se situer entre 386 m et 396 m. Or la terrasse de la Bourdonnette a son bord à 387 m et sa surface à 393 m ; un sondage y a rencontré une couche de craie. Il se pourrait bien que les deux couches de craie soient contemporaines. Mais il se pourrait également que les couches crayeuses soient contemporaines de la « terrasse de 10 m », si mal représentée ici, où J. FAVRE (1935) signale les premières Characées du lac.

Ce qui reste certain, c'est l'existence d'une régression importante. Quelles sont les limites de cette régression ? J. NORBERT (communication orale) la pressentait quand, dans les forages qui furent exécutés pour les travaux du quai de Vevey, il découvrit des graviers rubéfiés à une dizaine de mètres en dessous de la surface du lac. Des travaux précis à l'échosondeur semblent avoir révélé, au droit de Thonon, un delta immergé de la Dranse (DUSSART, 1957). Il y aurait là deux indications d'une régression du lac au-delà des limites actuelles. Des travaux ultérieurs permettront certainement de préciser ce problème.

La troisième question que pose la coupe de Vidy, c'est l'origine de la discordance angulaire entre les couches de limons et la couche graveleuse qui les coupe. L'angle de la discordance est de 3° et les couches limoneuses sont inclinées vers le lac. Cette inclinaison peut être originale : les couches se seraient déposées ainsi sur la pente du fond du lac. Mais il se pourrait également que les couches aient primitivement été hori-

zontales et que leur position actuelle soit due à un léger basculement tectonique de toute la berge. La première hypothèse nous semble plus plausible : si toute la berge avait basculé, la surface des terrasses devrait également être inclinée ; or il ne semble pas que tel soit le cas.

Enfin, il est aisé de saisir la raison de la régression du lac : son exutoire, à Genève, s'abaissait. Il est en revanche plus difficile d'expliquer la transgression. Il est tentant d'en chercher l'origine dans une surrection d'origine tectonique de l'exutoire. Au début, l'érosion due au Rhône est plus rapide que le réajustement isostatique suite à la fonte du glacier würmien ; puis ce dernier phénomène l'emporte, et la transgression commence.

Les études palynologiques permettent de préciser l'âge des sédiments de Vidy et de tirer certaines conclusions sur l'âge des terrasses : nous reviendrons sur cette question.

III. LES ANALYSES PALYNOLOGIQUES DES SÉDIMENTS

Les prélèvements de matériel pour les analyses ont été faits dans des conditions souvent difficiles et même périlleuses et nous tenons à exprimer notre gratitude à M. J. L. Pfister, préparateur au Musée de Botanique de Lausanne, qui nous a aidés dans cette tâche. L'avance rapide des travaux de creusement des fosses au moyen d'engins les plus modernes nous a empêchés de faire l'étude d'un seul profil qui aurait traversé toutes les couches décrites sur la coupe géologique. Nous avons dû nous contenter de prélever le matériel nécessaire à l'analyse palynologique dans trois profils facilement accessibles. Ceux-ci nous ont permis cependant d'avoir une vue générale sur l'ensemble de la sédimentation. La préparation du matériel pour les analyses a été faite d'après FAEGRI et IVERSEN (1950).

1. *Analyse palynologique du profil A (fig. 5)*

Dans la partie sud du chantier, non loin de la route de Vidy, les couches inclinées de sable gris situées à une profondeur moyenne de 2 à 3 m contiennent des lentilles allongées de dépôts organiques, épaisses de 0,5 à 1 cm. Ceux-ci sont constitués par un enchevêtrement de petits morceaux de bois, de brindilles, de fragments de feuilles de pin et d'autres éléments cependant moins abondants (fruits et graines) dont l'étude microscopique et macroscopique sera entreprise plus tard. Un tronc couché de pin a été trouvé au niveau de 55 cm et une partie de ce bois a été réservée pour une datation par la méthode du carbone 14. Ces dépôts organiques ne se sont pas faits à une très grande profondeur, car beaucoup de bois ont les extrémités arrondies par le roulement des vagues. Comme le sable de ces sédiments ne contenait pas de pollens, nous avons dû limiter notre étude à l'analyse des fumiers lacustres.

Le résultat de l'analyse montre une nette dominance des pollens silvatiques (PA) sur les pollens des plantes herbacées (NAP). Sur tout le profil étudié, deux arbres seulement jouent un rôle important : *Pinus* et *Betula*. Le pin domine avec des pourcentages variant de 74,3% à 82,7%. La proportion des pollens de bouleau est faible : 3,7% à 6,3% avec un maximum de 16,9% à 130 cm. Il en est de même pour les arbustes (*Salix*, *Juniperus* et *Hippophaë*) dont le pourcentage ne dépasse pas 1%. Dans les NAP, ce sont les *Graminées* qui dominent (2,3 – 7,3%), suivies des *Cypéracées*, d'*Helianthemum* (avec un maximum étonnant de 8,4% à 20 cm), d'*Artemisia*, des *Chénopodiacées*, de *Thalictrum* et des *Caryophyllacées*.

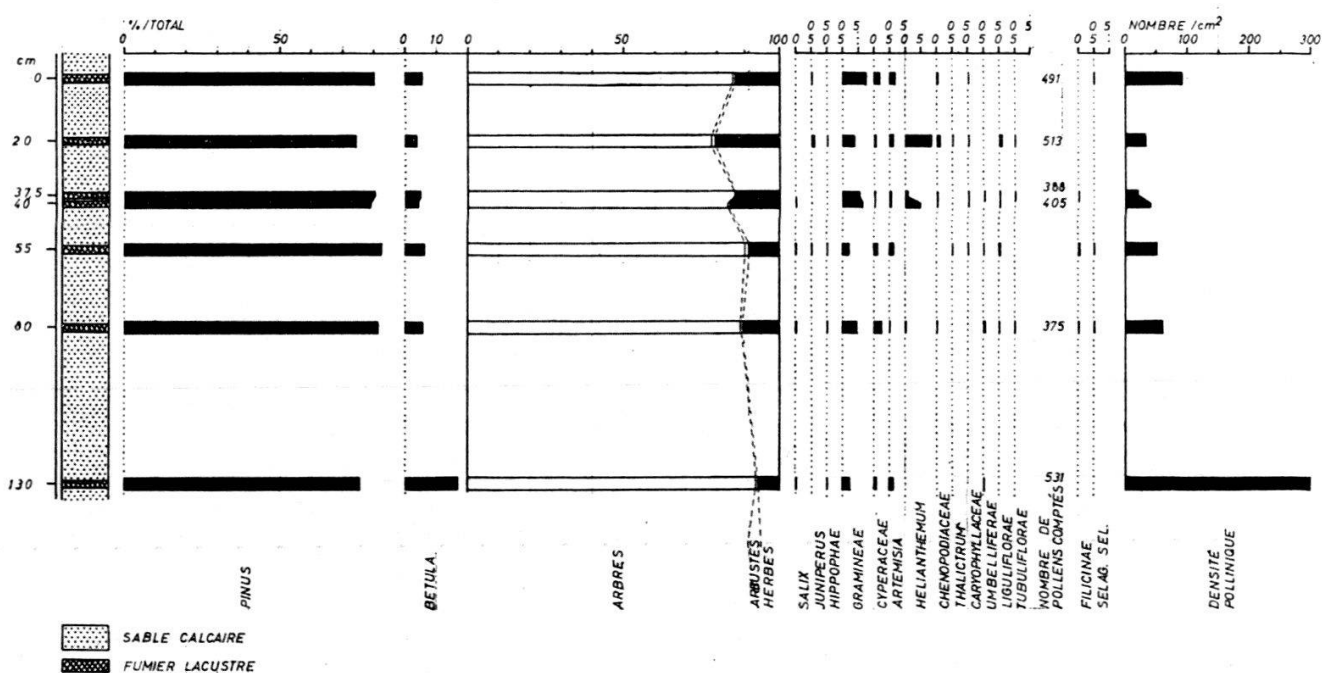


Fig. 5. — Analyse palynologique du profil A.

La dominance des PA sur les NAP, de *Pinus* sur *Betula*, l'absence complète d'autres pollens d'arbres et les nombreux restes fossiles du pin sylvestre (feuilles, bois, cônes) permettent de dater les sédiments étudiés de la période préboréale (voir tableau de la fig. 9). Comme il n'y a pas traces de pollens de *Corylus*, le fragment de profil étudié ne s'étend pas jusqu'à la fin du préboréal. D'autre part, l'histogramme n'est pas suffisant pour montrer si les NAP subissent un accroissement qui pourrait correspondre à la période du Dryas récent caractérisée en Suisse et dans le sud de l'Allemagne par une augmentation des NAP et du pollen de *Juniperus* comme l'ont montré WELTEN (1952) et BERTSCH (1961). Nous pensons que la sédimentation s'est faite assez rapidement si bien que le profil étudié ne s'étend pas sur une longue période.

2. Analyse palynologique du profil B (fig. 6 et 7)

Le profil B traverse les couches n° 2 et 4 de la coupe géologique (fig. 2), qui sont séparées par une discordance bien marquée. Nous étudierons successivement ces deux séries de sédiments.

a) Partie supérieure du profil (fig. 6 et 7)

Au moment du prélèvement du matériel pour l'étude, la surface du terrain avait été arasée par un bulldozer si bien que le point 0 de

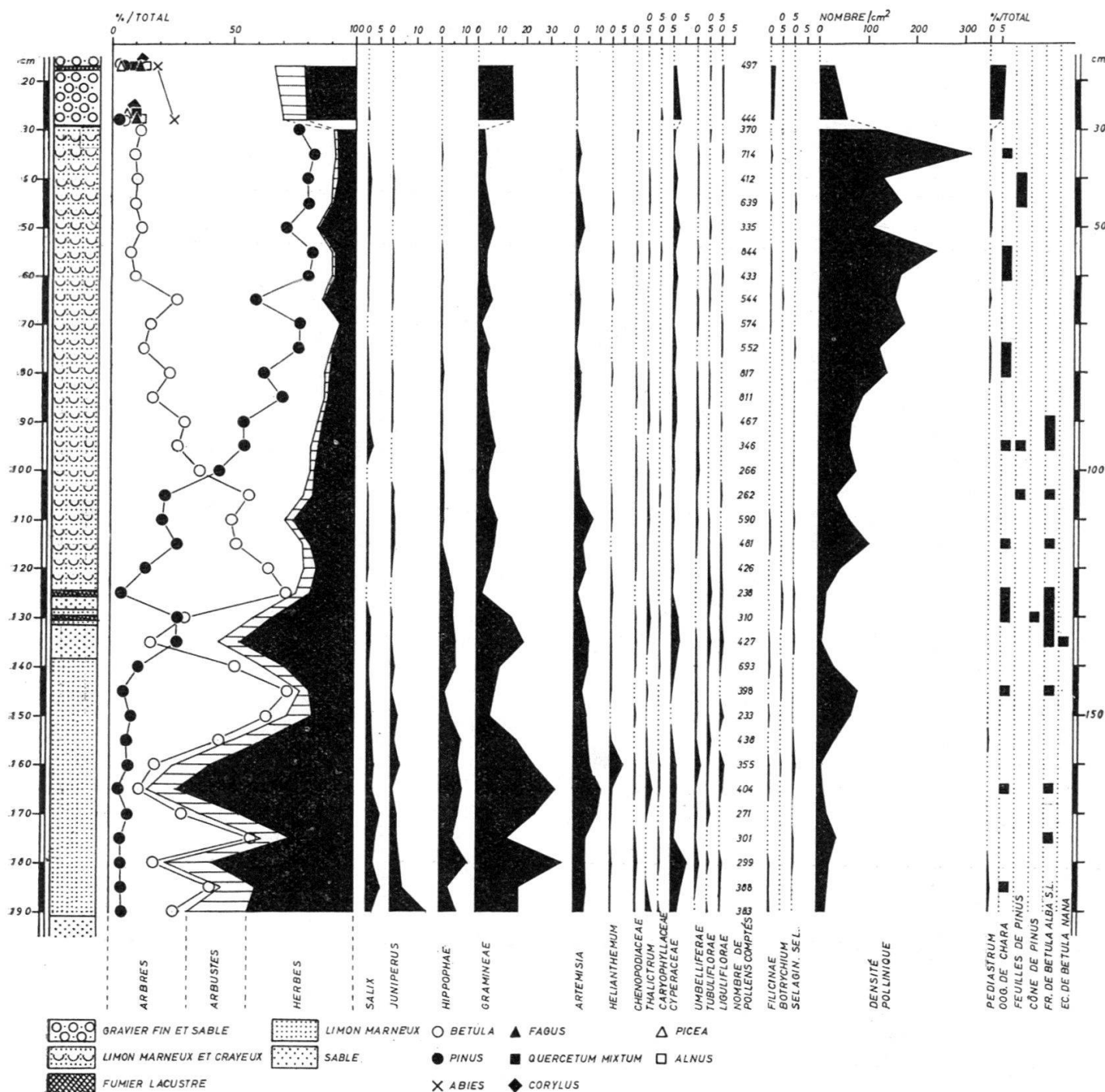


Fig. 6. — Analyse palynologique du profil B

notre profil ne correspond pas au point 0 de la couche complète des sédiments qui étaient en place. Entre 0 et 29 cm, les graviers fins alternent avec de minces couches sableuses. Des fumiers lacustres sont intercalés dans ce dépôt. Ceux-ci semblent très étendus, car nous les avons retrouvés sur un rayon de plus de cent mètres. Ils sont constitués par un grand nombre de débris de bois roulés par les vagues, par des fruits et des graines parmi lesquels nous citerons des coques de noisettes, des grains de framboises, des grains de blé carbonisés, des pépins de raisin, etc., qui sont sans aucun doute les restes d'une activité humaine. Malheureusement, aucune découverte archéologique n'a été faite dans ces couches. Nous supposons que ces sédiments organiques se sont déposés, sous l'action répétée des vagues, sur la grève même du lac dont le niveau était supérieur au niveau actuel.

L'analyse palynologique montre dans cette partie supérieure du profil la dominance des pollens silvatiques. Les essences qui jouent le rôle le plus important sont, dans l'ordre décroissant de leur importance : *Abies*, *Alnus*, *Fagus*, *Quercus* et *Fraxinus*. Les pollens des autres arbres (*Pinus*, *Picea* et *Betula*) sont également présents, mais dans de plus faibles proportions. *Corylus* donne des pourcentages qui sont proches de ceux de *Fagus*. Dans les NAP, nous citerons seulement les *Graminées* (avec 14 %) avec absence totale de pollens de céréales, bien que nous ayons trouvé ceux-ci dans des fumiers lacustres de la même couche de sédiments un peu plus à l'ouest de notre profil. Notons encore l'abondance relative de *Pediastrum*, algue qui est rare dans la partie inférieure sous la discordance. Si l'on construit un diagramme pollinique (fig. 7) en considérant le total des pollens d'arbres comme égal à 100 %, on peut mieux suivre les fluctuations des diverses essences. Du niveau 28 cm au niveau 17 cm, nous constatons une descente d'*Abies*, une montée d'*Alnus*, de *Fagus* et de *Corylus* alors que l'importance relative

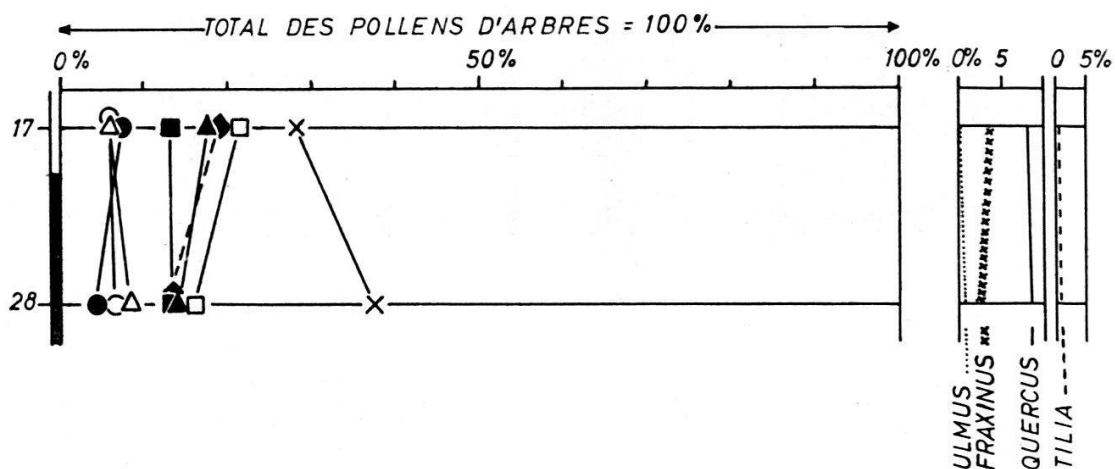


Fig. 7. — Analyse palynologique de la partie supérieure du profil B. Pour l'explication des signes, voir la légende du diagramme de la figure 6.

du *Quercetum mixtum* ne change pas beaucoup (avec une légère diminution de *Quercus* et un faible accroissement de *Fraxinus*).

Les observations faites par LÜDI (1935, 1939), COSANDEY (1948) et BECKER (1952) dans la région lémanique montrent toutes, dans la période subboréale, un maximum d'*Abies* qui, selon LÜDI, parle en faveur d'un avancement de cet arbre jusqu'au bord du lac. Ce fait est confirmé par la découverte de fragments d'aiguilles de ce conifère faite dans quelques fumiers lacustres de cette couche de sédiments. A cause de l'importance encore relative du *Quercetum mixtum*, nous pensons que ces graviers et fumiers lacustres datent du début du subboréal et sont contemporains du néolithique supérieur ou du bronze ancien. L'absence de restes archéologiques nous empêche d'être plus précis.

b) *Partie inférieure du profil B* (fig. 6)

Au-dessous de la discordance, entre 30 et 125 cm, les sédiments sont des limons marneux et un peu crayeux. Les traces blanchâtres des tiges de *Chara* sont visibles à l'œil nu. Elles sont formées par des incrustations calcaires qui marquent l'emplacement des tiges qui elles-mêmes ont disparu. La présence de *Chara* est encore confirmée par la découverte de nombreux oogones à plusieurs niveaux. Entre 125 cm et 138 cm, il y a alternance de couches organiques et de sables plus ou moins fins. Entre 138 cm et 190 cm, les limons marneux sont coupés par de minces bandes sablonneuses. Les débris organiques y sont moins abondants, mais les oogones de *Chara* existent encore jusqu'à 190 cm. Au-dessous de ce niveau commence une bande de sable dans laquelle nous n'avons pas trouvé de pollen (couche n° 5 de la coupe géologique).

L'analyse palynologique a pu être effectuée sur toute la longueur du profil, bien que la densité pollinique fût très faible entre 120 et 140 cm et entre 155 et 190 cm.

Comme dans le profil A, les seuls pollens silvatiques qui entrent en considération sont ceux de *Pinus* et de *Betula*. Le diagramme montre de bas en haut une montée progressive du pin et une diminution correspondante du bouleau. Les deux courbes se croisent entre 100 et 105 cm. *Pinus* est dominant dans le haut du profil et *Betula* le remplace au-dessous de 100 cm. Entre 125 et 140 cm, le changement de sédimentation (couches organiques et épisode sableux) correspond à un accroissement du pin qui dépasse même le bouleau au niveau de 135 cm. Ce changement est accompagné d'une augmentation des NAP.

La dominance du pin de 30 à 100 cm se traduit également par la présence de restes de feuilles de cette essence entre 40 et 105 cm. Au deuxième sommet de la courbe de *Pinus* à 130 cm, nous avons même trouvé un cône malheureusement très abîmé par les vagues si bien que son identification exacte n'est pas possible. De 90 à 175 cm, *Betula*

pubescens et *Betula pendula* sont représentés par des macrorestes fossiles (fruits et écailles de chatons femelles). Une écaille de *Betula nana* a été découverte au niveau de 135 cm qui marque un des maxima de la courbe des NAP.

Les pollens d'arbustes caractéristiques du tardiglaciaire (*Salix*, *Juniperus* et *Hippophaë*) sont plus abondants dans la partie inférieure du diagramme pendant la phase du bouleau. *Salix* a deux maxima de 5,2 % à 170 et 185 cm. *Juniperus* montre une forte augmentation au bas du profil avec un pourcentage de 14,9 à 190 cm. *Hippophaë* est bien représenté au-dessous de 120 cm et sa courbe de fréquence a plusieurs maxima variant entre 9 et 12 %.

La courbe des NAP montre un accroissement dans la phase du bouleau au-dessous de 120 cm, mais elle est cependant soumise à des variations assez fortes, avec des maxima à 135, 165 et 180 cm, séparés par des minima assez importants. Si le premier maximum ne dépasse pas le 50 % du total des pollens comptés, il est cependant accompagné d'un recul du bouleau et d'une avance du pin. Il est en outre caractérisé par un maximum marqué des *Graminées*, d'*Artemisia*, de *Thalictrum* et des *Cypéracées*.

Le deuxième point culminant des NAP (avec plus de 70 %) se traduit également par un nouveau sommet des *Graminées*, d'*Artemisia*, d'*Helianthemum*, des *Chénopodiacées*, de *Thalictrum*, etc. Notons encore que le pollen d'*Ephedra* des types *distachya* et *fragilis* a été observé aux niveaux de 40, 55, 65, 115, 145 et 190 cm.

Les algues du genre *Pediastrum* sont rares et sporadiques avec de faibles pourcentages. Cette Chlorophycée vit à de faibles profondeurs dans le lac. Nous l'avons observée à Vidy même le long du rivage devant le parc Bourget sous quelques centimètres d'eau seulement. Par contre, selon FAVRE (1935), les Characées peuvent descendre dans le Léman jusqu'à une profondeur de 20 à 25 m exceptionnellement jusqu'à 36 m. Il est donc intéressant de constater que *Chara* abonde où *Pediastrum* est rare et que cette dernière algue est seule assez fréquente dans le profil au-dessus de la discordance. Nous pouvons en conclure que les sédiments riches en *Pediastrum* se sont déposés sous une faible épaisseur d'eau alors que les limons riches en *Chara* se sont sédimentés à de plus grandes profondeurs entre 10 et 20 m probablement. Au subboréal, le niveau du lac correspondait aux graviers et fumiers lacustres que nous avons analysés. Par contre les limons situés au-dessous de la discordance correspondent à un ancien niveau du lac beaucoup plus élevé contemporain probable de la terrasse de la Bourdonnette.

FIRBAS (1949), LANG (1952, 1962) et BERTSCH (1961) ont montré que la période de l'Alleröd est caractérisée, dans le sud de l'Allemagne, par l'accroissement du pin et la diminution du bouleau. Le croisement des deux courbes de fréquence des pollens se produit à peu près au

milieu de cette oscillation climatique située entre deux époques plus froides, le Dryas ancien et le Dryas récent. Au-dessus du croisement de ces deux courbes, nous ne distinguons pas nettement une augmentation des NAP (avec maxima de *Graminées*, d'*Artemisia* et de *Juniperus*) comme BERTSCH (1961) l'a constaté dans la région du Bodan et WELTEN (1952) dans le Simmental. Il est certain que la période du Dryas récent (III de la stratigraphie de FIRBAS) est plus difficile à déceler dans les diagrammes polliniques du sud de l'Europe centrale, car la forêt n'avait pas disparu, mais était devenue seulement un peu plus claire. Nous ne pensons pas que cette période soit visible dans notre diagramme.

Pour fixer la limite inférieure de l'Alleröd, nous nous baserons sur les variations de la courbe des NAP, des pollens silvatiques et de *Juniperus*. BERTSCH (1961) a montré que le genévrier est un indicateur du début de l'invasion du pays par la forêt qui remplacera petit à petit la toundra. Dans le sud de l'Allemagne, la courbe de fréquence du pollen de cet arbuste présente un maximum qui correspondrait à la période de Bölling qui marque le premier réchauffement important pendant le Dryas ancien. Ce sommet de *Juniperus* n'est pas visible dans notre diagramme, car, au moment où cette plante amorce une forte montée, la discordance sableuse de 190 cm vient tout masquer. Au-dessous de ce banc sableux, nous constaterons plus loin que les sédiments organiques contiennent peu de pollen de *Juniperus*, mais cependant beaucoup de macrorestes sous forme d'aiguilles et de graines. Faut-il supposer que la couche de sable portant le chiffre 5 dans la fig. 2 soit contemporaine du Bölling ? Ce serait trop risqué de l'affirmer. Il n'en reste pas moins que notre diagramme présente des variations des PA et des NAP qui devraient correspondre à d'importants changements climatiques. On peut se demander si le maximum de *Juniperus* ne serait pas plus ancien dans la région du Léman que dans le sud de l'Allemagne. Dans ce cas, on pourrait supposer que le grand maximum des pollens silvatiques situé entre les niveaux 155 et 140 cm serait situé dans la période du Bölling (phase pollinique Ib de FIRBAS). Notons que, près de Genève, LÜDI (1939) a constaté également de fortes variations de la courbe des NAP en liaison avec des variations importantes des pourcentages de *Pinus* et *Betula*.

En conclusion, nous pouvons situer la partie inférieure du profil B dans l'Alleröd et peut-être dans une partie du Dryas ancien.

3. Analyse palynologique du profil C (fig. 8)

Les sédiments les plus profonds qui ont pu être observés ne sont pas homogènes. Ils sont formés de limons marneux séparés par de minces couches de sable et sont très pauvres en pollens. Ils sont en outre traversés par des dépôts organiques épais de 1 à 2 cm, constitués

par un feutrage de débris végétaux assez bien conservés dans lesquels nous avons reconnu des centaines de feuilles et de fruits de *Betula nana*, des feuilles de *Dryas octopetala*, des feuilles et des graines de *Juniperus communis* ssp. *nana*, des tiges feuillées de *Saxifraga oppositifolia*, des feuilles de saules divers et des milliers de fruits et de graines dont l'étude sera faite ultérieurement.

Comme les sédiments de ce profil sont très pauvres en pollen, nous avons dû nous contenter d'étudier la palynologie de ces fumiers lacustres. Sur une profondeur d'un mètre, nous avons pu analyser cinq dépôts organiques (fig. 8).

Quatre des cinq niveaux montrent une dominance des NAP sur les PA dont le pourcentage ne dépasse pas 30. Dans les PA, nous retrouvons toujours *Pinus* et *Betula*. La proportion des pollens de pin varie de 1,7 à 11,2 %, mais il faut en soustraire la fraction des pollens remaniés provenant de la désagrégation de roches sédimentaires et de sédiments quaternaires plus anciens. Ces grains de pollen sont reconnaissables à leur aspect très corrodé. Les détails structuraux de l'exine ne sont plus visibles, la coloration est d'un jaune-brun caractéristique. Dans tous les niveaux étudiés, plus de la moitié des grains font partie de cette catégorie. Nous avons aussi trouvé deux pollens d'*Abies* présentant les mêmes caractères. Le bouleau montre un fort accroissement dans le bas du profil aux dépens des NAP. Alors qu'entre 100 et 180 cm, le pourcentage des pollens de cet arbre varie entre 10,9 et 16,5, à 200 cm, il y a une brusque montée avec un maximum étonnant de 70,2 %. La proportion des pollens de *Betula nana* est supérieure à celle des pollens de *Betula* du gr. *alba*. à tous les niveaux. Comme le bouleau nain est un arbuste ne dépassant pas un mètre de hauteur, le pourcentage des pollens silvatiques est nettement exagéré sur notre diagramme et doit

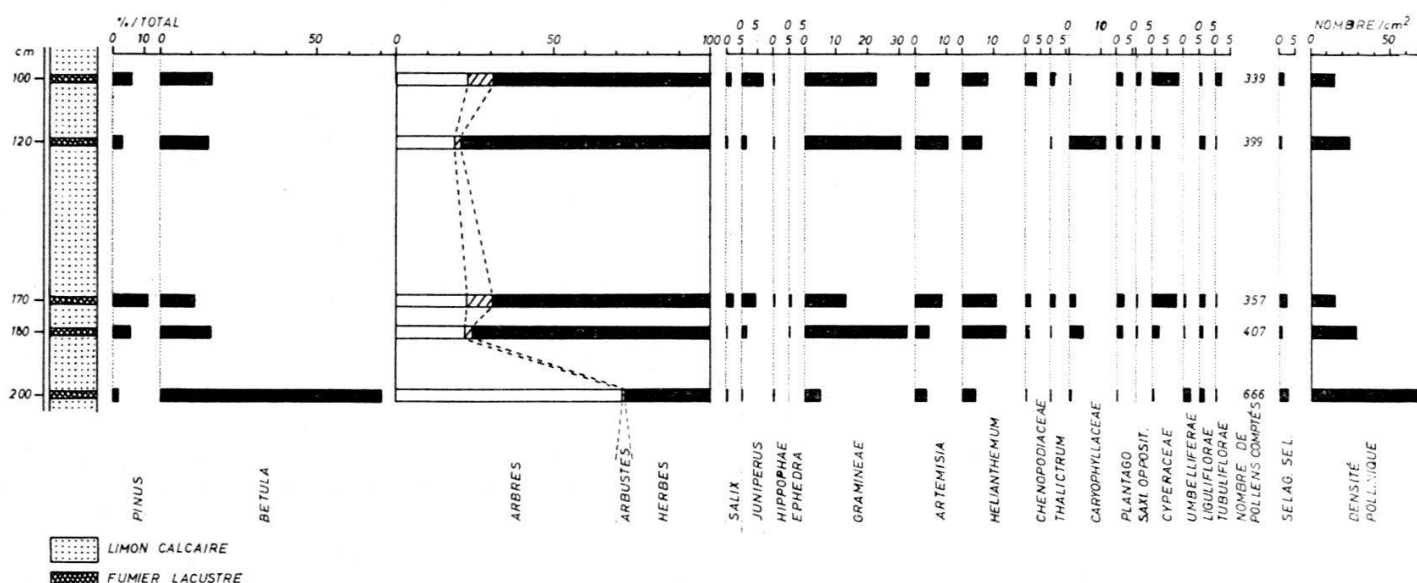


Fig. 8. — Analyse palynologique du profil C.

être diminué au profit des arbustes. Dans le profil, le *Betula nana* joue un rôle très important qui est confirmé par la présence de nombreux macrorestes. Les autres arbustes sont également présents. *Juniperus* culmine dans le haut du diagramme avec 6,8 %. *Salix* et *Hippophaë* se rencontrent en de plus faibles proportions. Des pollens d'*Ephedra* ont été observés à 170 et 180 cm. Les NAP sont dominants sauf à 200 cm. Les *Graminées* sont abondantes (22,7 à 32,4 %). Les autres plantes caractéristiques du tardiglaciaire sont également bien représentées, il s'agit d'*Artemisia*, d'*Helianthemum*, de *Thalictrum*, des *Caryophyllacées* (avec des pollens du type *Gypsophila*), des *Chénopodiacées*. Nous avons encore trouvé en petites quantités des pollens d'*Armeria*, de *Plantago* des types *alpina* et *major*, de *Saxifraga* du type *oppositifolia*.

L'abondance des restes fossiles de *Betula nana*, de *Dryas* et de *Juniperus*, la dominance des NAP sur les PA et de *Betula* sur *Pinus* permettent de dater les sédiments de ces couches de la période du Dryas ancien dans la phase pollinique Ia de FIRBAS. Une analyse des débris organiques d'une de ces couches par la méthode du carbone 14 permettra de préciser l'âge de ceux-ci.

IV. CONCLUSIONS

Les analyses palynologiques montrent que les couches les plus profondes sont les plus anciennes et datent de la période du Dryas ancien inférieur (Ia de l'échelle de FIRBAS). Il semble y avoir une lacune entre ces couches et les limons de l'Alleröd (n° 4 de la coupe géologique). Le banc de sable (n° 5) qui les sépare ne peut être daté à cause de l'absence de pollens. La partie inférieure du profil B montre des variations importantes de la courbe des PA/NAP qui correspondent peut-être à l'oscillation de Bölling. Au-dessus des sédiments de l'Alleröd, les sables gris contenant des lentilles de débris organiques sont contemporains de la période préboréale (n° 3). Les couches 3 à 6 sont inclinées vers le lac et sont en discordance très marquée avec les graviers horizontaux (n° 2) datant du subboréal. Il manque donc dans la coupe géologique tous les sédiments qui auraient dû normalement se déposer pendant les périodes boréale et atlantique (voir tableau, figure 9).

Comment expliquer cette lacune et la discordance qui en résulte ? Deux explications sont possibles :

- 1) La régression du lac se poursuit depuis le début du tardiglaciaire. D'abord situé à l'altitude des terrasses supérieures pendant le Dryas ancien et l'Alleröd, le niveau subit un premier abaissement qui l'amène à la terrasse moyenne pendant le préboréal. Puis le recul continue pendant le boréal et l'atlantique. Pendant ces périodes, le niveau du lac descend dans le voisinage du niveau actuel ou même plus bas. Au subboréal, une transgression importante vient recouvrir les dépôts plus

	Phases pollin. d'après FIRBAS	Périodes d'après BLYTT-SERNANDER (avec végétation dominante dans la région lémanique)		Ag e s	Couches de la coupe géol. (fig.2)	Terrasses et niveaux du lac
ap.JC 2000						
	X	SUBATLANTIQUE (Fagus)	POST GLACIAIRE	TEMPS HISTORIQUES	1	NIVEAU ACTUEL
1000						
0	IX			FER		
800		(Fagus) SUBBORÉAL		BRONZE	2	TERRASSE INFÉRIEURE TRANSGRESSION
	VIII					
2500		(Abies)		NÉOLITHIQUE		
	VII	ATLANTIQUE (Quercetum mixtum)				RÉGRESSION
	VI					
5500		BORÉAL (Corylus)		MÉSOLITHIQUE		
	V					
6800		PRÉBORÉAL (Pinus)		3	TERRASSE MOYENNE	
	IV					
8200		DRYAS RÉCENT		?		
8800		(Pinus) ALLERÖD (Betula)			TERRASSE DE LA BOURDONNETTE	
	II					
10000	Ic	DRYAS ANCIEN SUP.				
10350		BÖLLING	TARDIGLACIAIRE		5?	TERRASSES SUPÉRIEURES
	Ib					
11300		(Toundra)	PALÉOLITHIQUE (Magdalénien)	6		
	Ia	DRYAS ANCIEN INFÉRIEUR				
av. JC 15000		GLACIAIRE				

Fig. 9. — Tableau chronologique.

Datations d'après FIRBAS, GODWIN, BERTSCH.

anciens et correspond à la terrasse inférieure. Après le subboréal intervient une nouvelle régression du lac jusqu'au niveau actuel. FAVRE (1935) qui avait déjà observé cette régression supposait qu'elle s'était terminée au néolithique et qu'il n'y avait plus eu de changements sensibles depuis cette époque. D'après nos constatations, le niveau du lac a subi donc des variations plus importantes et postérieures encore au néolithique.

2) Une autre explication consisterait à admettre que, pendant le boréal et l'atlantique, des phénomènes d'érosion sous-lacustres auraient emporté une partie des sédiments plus anciens et que, pendant le subboréal, des graviers et des sables apportés peut-être par des crues de la Chamberonne auraient recouvert la surface érodée.

Ce problème pourrait être éclairci par l'étude d'une série de profils exécutés au moyen de sondages faits entre le chantier de Vidy et le lac. Il serait alors possible de retrouver les couches qui se sont sédimentées pendant les périodes boréale et atlantique.

La datation par la méthode du carbone 14 de bois du subboréal, d'un tronc de pin du préboréal, d'un tronc de bouleau de l'Alleröd et de débris organiques des couches les plus profondes permettra de situer encore mieux les dépôts.

BIBLIOGRAPHIE

- BECKER, J. 1952. — Etude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes françaises. *Mém. Serv. Carte géol. Alsace et Lorraine*, 11.
- BERTSCH, A. 1961. — Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. *Flora*, 151, 243-280.
- COSANDEY, F. 1948. Contribution à l'étude du lac de Bret. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 64, 133-147.
- DUSSART, B. 1957. — Le sondage par ultra-sons et l'étude des lacs. *Rev. géogr. phys. et géol. dynamique*, II^e série, 1, 99-103.
- FAEGRI, K. et IVERSEN, J. 1950. — Textbook of pollen analysis. Copenhagen.
- FAVRE, J. 1935. — Histoire malacologique du Lac de Genève. *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, 41, 295-414.
- FIRBAS, F. 1949. — Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1, Jena.
- GAGNEBIN, E. 1937. — Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 59, 335-416.
- 1950. — Carte géologique de France au 1 : 80 000. Feuille Thonon.
- LANG, G. 1952. — Zur späteiszeitlichen Vegetations- und Florengeschichte Südwestdeutschlands. *Flora*, 139, 243-294.
- 1962. — Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen der Magdalenienstation an der Schussenquelle. *Ver. Geobot. Inst. Rübel, Zürich*, 37, 129-154.
- LÜDI, W. 1935. — Das Grosse Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung. *Ver. Geobot. Inst. Rübel, Zürich*, 11.
- 1939. — Analyse pollinique des sédiments du lac de Genève. *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, 41, 467-497.
- WELTEN, M. 1952. — Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. *Ver. Geobot. Inst. Rübel, Zürich*, 26.

Manuscrit reçu le 20 novembre 1964.