

# La formation de Montfleury près de Genève : étude palynologique et sédimentologique d'une séquence du Pléistocène moyen

Autor(en): **Wegmüller, Samuel / Amberger, Gad / Vernet, Jean-Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **88 (1995)**

Heft 3

PDF erstellt am: **30.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-167689>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# La formation de Montfleury près de Genève: Etude palynologique et sédimentologique d'une séquence du Pléistocène moyen

SAMUEL WEGMÜLLER<sup>1</sup>, GAD AMBERGER<sup>2</sup> & JEAN-PIERRE VERNET<sup>3</sup>

## ABSTRACT

In the Geneva basin a 127.3 m deep coring was carried out in the plain of Montfleury in order to get information about hydrogeology, lithology and chronology of the quaternary deposits.

Palynostratigraphic studies on the so-called "Marnes à lignite" underlying the "Alluvion ancienne" revealed two interglacial sequences (Montfleury and Confignon). The Montfleury sequence belongs to the penultimate interglacial (Holstein sensu Welten 1988), the Confignon sequence must be assigned to a preceding interglacial. The chronostratigraphic position of the "Alluvion ancienne", which until now was believed to correspond to the Early-Würm, must be revised.

## ZUSAMMENFASSUNG

Litho- und palynostratigraphische Untersuchungen an den unter der «Alluvion ancienne» gelegenen «Marnes à lignite» des Genfer Beckens (Profil Montfleury bei Vernier) erbrachten den Nachweis von zwei interglazialen Sequenzen (Montfleury und Confignon). Die Sequenz Montfleury wird dem Komplex des vorletzten Interglazials (Holstein sensu Welten, 1988) zugeordnet, die Sequenz Confignon hingegen einer vorangehenden Warmzeit.

Die chronostratigraphische Einstufung der «Alluvion ancienne» des Genfer Beckens, die bisher dem Frühwürm zugeordnet wurde, wird erneut zu überprüfen sein.

## 1. Introduction

Les dépôts quaternaires du bassin genevois ont été largement étudiés, notamment les affleurements le long du Rhône et de l'Arve, mais aussi par un très grand nombre de forages effectués à des fins géotechniques ou hydrogéologiques (Amberger 1978). Malgré un réseau très serré de sondages, la corrélation des différentes formations lithologiques s'est avérée difficile.

Au début du Pléistocène, le bassin genevois était caractérisé par un système de chenaux profondément entaillés au niveau de la molasse oligocène. Les difficultés de corrélation proviennent d'une part de l'hétérogénéité des sédiments déposés dans ces nombreux chenaux conduisant à des faciès glaciaires extrêmement variables et d'autre part du fait que nos connaissances sur les mécanismes de dépôt propres à ces types de formation sont limitées (Amberger 1978, Hantke 1980).

---

<sup>1</sup> Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern, Altenbergrain 21, CH–3013 Bern

<sup>2</sup> Service cantonal de géologie, Bd St. Georges 36, CH–1211 Genève 8

<sup>3</sup> Institut F.-A. Forel, Université de Genève, route de Suisse 10, CH–1290 Versoix

Depuis Necker (1841), de nombreux géologues se sont consacrés à l'étude des dépôts quaternaires du bassin genevois, en particulier à ceux de l'Alluvion ancienne, parmi eux Favre (1879), Joukovsky (1923, 1941, 1958), Paréjas (1938), Jayet (1945, 1966), ainsi que Jayet & Amberger (1969), Reynaud (1982), Arn (1984) et Maystre & Vergain (1992).

Les dépôts quaternaires du bassin genevois peuvent, schématiquement, être subdivisés en quatre unités majeures (fig. 2):

- Un dépôt morainique limoneux-graveleux, d'épaisseur variable, recouvre la molasse oligocène sous-jacente. Jusqu'à présent il a généralement été attribué à la glaciation du Riss.
- Au-dessus viennent les Marnes à lignite, séquence décrite par Necker (1841) et Favre (1879). Elles sont essentiellement constituées d'argile avec du sable et des graviers à la base; dans cette formation l'on rencontre parfois des restes de plantes et de mollusques. A ce jour, les Marnes à lignite ont été attribuées par la plupart des auteurs au dernier interglaciaire, mais des datations récentes au  $C_{14}$  lui attribuent un âge supérieur à 47 000 ans BP. De ce fait, les Marnes à lignite pourraient aussi bien représenter un interstade précoce du Würm ou une formation plus ancienne.
- L'Alluvion ancienne recouvre, par endroits, les Marnes à lignite. Il s'agit de strates de sables et de graviers consolidés, contenant des inclusions morainiques. Elle affleure principalement à Genève, des deux côtés du Rhône, dans le quartier de St-Jean et au Bois-de-la-Bâtie. Ce dépôt de type sandur est répandu dans le bassin genevois, comme l'indiquent de nombreux forages. Selon le point de vue des géologues, il s'agit là de sédiments fluvioglaciaires déposés lors de la progression du glacier. La plupart des auteurs interprètent aujourd'hui l'Alluvion ancienne comme une phase précoce d'avancée du Würm. D'autres, peu nombreux et plus anciens, tels que Joukovsky (1923, 1941) et Paréjas (1938) la considéraient au contraire comme un dépôt interglaciaire.
- Puis viennent des formations morainiques de type «argile à blocs» recouvertes en partie par des limons et des argiles de fonte glaciaire, déposés dans un lac dont le niveau s'est établi à 425 puis 405 m/mer. Dans ce lac, précurseur du Léman actuel, des apports fluvioglaciers de gravier et de sable ont constitué la colline deltaïque de la Vieille-Ville et le vaste épandage du plateau de la Champagne genevoise qui s'étend de Soral à Cartigny.

Pour être complet, citons encore la présence locale de loess au pied du Salève, à Veyrier et à Bardonnex, et au pied du Jura à Thoiry.

Ce schéma simpliste de la stratigraphie quaternaire du bassin genevois a été remis en question durant les dernières décennies par Burri (1977), Amberger (1978) et Arn (1984), qui critiquent l'attribution systématique des nombreux dépôts graveleux du bassin genevois à l'unité chronologique de l'Alluvion ancienne.

Dans le but de résoudre des problèmes chronostratigraphiques, A. Jayet avait commencé très tôt à compléter par la palynologie ses études paléontologiques et malacologiques des sédiments quaternaires du bassin genevois. Rappelons cependant que c'est Lüdi (1953) qui effectua le tout premier des analyses palynologiques sur certains niveaux des Marnes à lignite de Cartigny, de Chancy et en particulier sur le profil de Montfleury 1, dans la région de Vernier (fig. 1). Sur ce profil de Montfleury 1, situé à environ cinquante mètres du nouveau forage, Montfleury 2, et à une altitude de 432 m, il a pu mettre en évi-

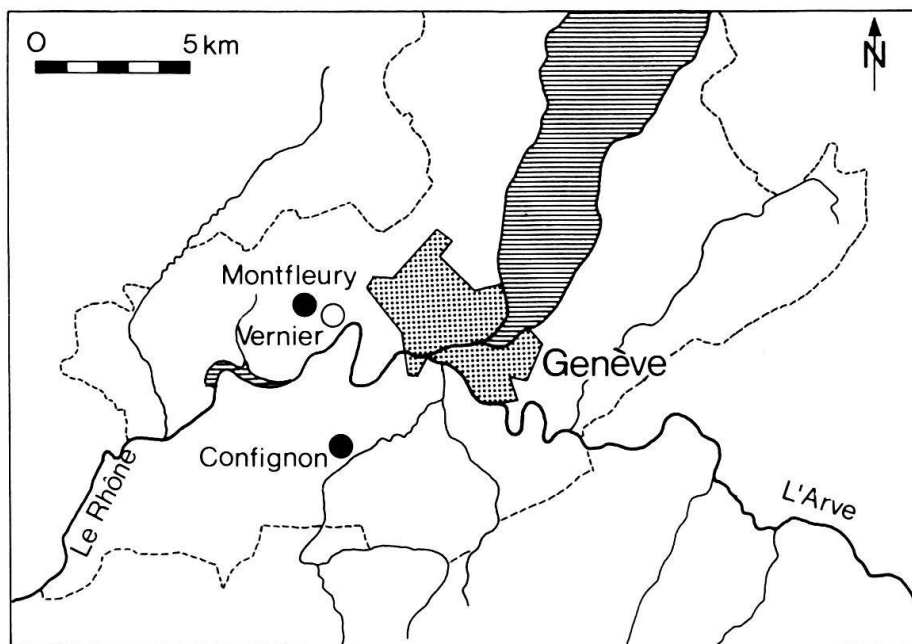


Fig. 1. Position des forages de Montfleury 1 et 2 et du forage de Confignon

dence des spectres palynologiques de type interglaciaire (Lüdi 1953, p. 21–25). Ses observations étaient cependant limitées par la minceur des séquences étudiées et par le fait que des profils palynologiques complets du dernier et de l'avant-dernier interglaciaire manquaient pour la région genevoise.

Plus tard, Reynaud (1982) a repris l'étude palynologique des dépôts pléistocènes et holocènes de la région genevoise. Il essaya, en particulier, de délimiter dans le temps l'extension de l'Alluvion ancienne par des analyses palynologiques de sédiments sur- et sous-jacents. En ce qui concerne les dépôts pleistocènes, il réussit à établir trois profils polliniques conséquents sur les sites de Soral, du Pont-Butin et de Confignon. Dans le profil de Confignon, Reynaud prouve l'existence d'un dépôt interglaciaire dont la séquence pollinique n'a jusqu'à ce jour pas d'équivalent ni dans la région au sens large, ni sur le plateau suisse. Nous reviendrons sur ce point plus loin dans cette étude.

Plus tard, Reynaud projeta de reprendre les études faites par Lüdi (1953) sur un profil de Montfleury plus complet à obtenir par un nouveau forage, l'ancien ayant fait l'objet de prélèvements discontinus. Pendant le semestre d'hiver 1981/82, le Service cantonal de géologie du Canton de Genève dirigé par G. Amberger et l'Institut F.-A. Forel de l'Université de Genève (J.-P. Vernet et Ch. Reynaud) firent exécuter un forage rotatif carotté dans la plaine de Montfleury située à proximité de Genève (fig. 1). Les frais du sondage, effectué par Swissboring SA, ont été pris en charge à part égale par le Canton de Genève et le Fonds national suisse de la recherche scientifique (Projet FN no 3.019-81).

Le projet avait deux buts: d'une part il s'agissait de clarifier les conditions hydrogéologiques par ce forage et d'autre part, grâce à l'étude lithologique et palynologique, on espérait pouvoir éclaircir la litho-, bio- et chronostratigraphie des sédiments pléistocènes du bassin genevois. Ch. Reynaud a dû se distancer de ce projet du Fonds national; appelé à d'autres fonctions à l'Université de Genève, il a été remplacé par S. Wegmüller qui a repris la partie palynologique du projet.

## 2. Méthodes

### 2.1 Situation du forage de Montfleury 2

Le forage de Montfleury 2 (CN 1 : 25 000, feuille 1300 Chancy, coordonnées 494 295/119 310) se trouve au nord-ouest de Vernier à une altitude de 431.40 m (fig. 1). Un forage rotatif à sec de 276 à 115 mm de diamètre atteint une profondeur de 116,10 m durant les mois de décembre 1981 à avril 1982. Par la suite, ce forage a été poursuivi au carottage à l'eau de diamètre de 100 mm jusqu'à la profondeur finale de 127.3 m. La séquence ayant fait l'objet de l'étude palynologique a seule été conservée et déposée au Museum d'Histoire naturelle de Genève.

### 2.2 Etudes géotechniques et hydrogéologiques

L'Etat de Genève s'est associé au projet de sondage de l'Institut F.-A. Forel d'une part dans le cadre du recensement des réserves de sable et gravier du canton (Wellhauser 1984) et d'autre part pour compléter les données hydrogéologiques concernant la nappe profonde d'eau souterraine qui s'étend de Versoix à Peney.

#### 2.2.1 Importance économique de la formation superficielle

Les ressources en gravier de bonne qualité, apte à la fabrication de béton à haute résistance, s'amenuisent rapidement. Les grands gisements de Peney et Verbois, dans l'Alluvion ancienne, sont épuisés. En effet, la nécessité de protéger les nappes d'eau souterraine a induit, dès 1966, l'interdiction de l'extraction en-dessous du niveau maximum des nappes. Afin d'étudier les possibilités de production à gravier à partir des matériaux morainiques, une étude granulométrique a été exécutée sur la moraine würmienne limoneuse à cailloux, rencontrée au sondage de Montfleury de 1.8 à 22.8 mètres de profondeur.

Fractions	Moyenne	Maximum	Minimum
Argile et limon (< 0,06 mm)	19,5%	24,5%	11,5%
Sable (0,06–2 mm)	22,7%	32,0%	18,0%
Gravier (2–60 mm)	47,9%	62,0%	39,0%
Blocs (> 60 mm)	9,9%	16,0%	4,0%

Vu ces résultats, avec une récupération possible de 80% des granulats par lavage et criblage, l'opération s'avère possible. Une station de traitement est en exploitation à Peney avec un traitement par floculation des particules fines, depuis une dizaine d'années. Cet aspect économique est une des raisons de la participation de l'Etat de Genève à ce forage.

#### 2.2.2 Hydrogéologie

Trois aquifères perchés ont été mis en évidence au cours du forage dans la moraine würmienne à 8.13 et 16.5 m de profondeur. Ils ont pour siège des lentilles morainiques graveleuses qui présentent une faible perméabilité de Darcy:  $K = 3 \text{ à } 8 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ . L'alimentation provient de la très lente infiltration des eaux météoriques.

La nappe principale de l'Alluvion ancienne a été repérée à 49.8 m de profondeur et sa perméabilité est élevée:  $K = 10^{-3}$  m/s. L'imperméable de base est la formation de Montfleury qui débute à 55.40 m. L'épaisseur de l'aquifère est faible soit 5.6 m. La transmissibilité de Theis est réduite à  $1,68 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

En fin de chantier, le forage a été équipé de deux tubes piézométriques pour le contrôle de la fluctuation du niveau des aquifères. Le premier, de 57 m de longueur, pénètre dans l'Alluvion ancienne. Le second, de 21 m, contrôle le troisième aquifère perché. Il a été isolé du premier par un bouchon annulaire d'opalite expansive pour éviter des infiltrations vers l'aquifère profond qui est exploité par cinq puits situés à Peney.

La recherche d'aquifère est une autre raison de l'intérêt de l'Etat de Genève à cette étude.

### 2.3 Etudes palynologiques

La température annuelle moyenne à Genève est de 9.9 °C, la température mensuelle moyenne atteint 19.1 °C pour le mois de juillet et -2 °C en janvier, enfin la moyenne pluviométrique des précipitations est de 930 mm.

Le paysage naturel originel du bassin genevois a été largement modifié par l'action de l'homme: agriculture, constructions, routes et industrialisation. Les forêts mixtes de charmes (*Galio silvatici-Carpinetum*), jadis très répandues, ont été repoussées vers les plateaux des deux côtés du Rhône. La forêt de feuillus la plus proche de Montfleury, le Bois du Château, est située à environ 1 km de distance. Quelques restes de forêts alluviales naturelles existent encore le long du Rhône. Sur les pentes du Jura et du Salève s'étendent des hêtraies (*Fagion*) encore apparemment peu influencées par l'action de l'homme.

Le prélèvement des échantillons de sédiments du profil de Montfleury entre 56.5 et 114.20 m de profondeur fut effectué en août 1982 avec un pas d'échantillonnage de 5 à 10 cm et les prises furent immédiatement introduites dans des sachets en polyéthylène. Monsieur R. Quillet, «Systematisch Geobotanisches Institut» de l'Université de Berne, se chargea de la séparation du pollen fossile de sa matrice sédimentaire selon la méthode utilisée habituellement (HCl, KOH, HF, acétolyse, KOH, glycérine), complétée ponctuellement par une séparation densimétrique au  $ZnCl_2$ . De plus, les échantillons ont été enrichis par des tablettes de *Lycopodium*, pour permettre la détermination des concentrations en pollen.

Le nombre de grains comptés par horizon a varié entre 300 et 600 pour les échantillons riches mais, lorsque la teneur en pollen était faible, ce nombre ne pouvait pas toujours être atteint, même en étudiant plusieurs lames. Pour déterminer les grains fossiles on utilisa aussi la collection de pollen récents de l'Institut botanique à Berne, ainsi que la documentation photographique et la collection de pollen récents de l'Institut F.-A. Forel.

L'étude palynologique se concentra sur les Marnes à lignite comprises entre 56.50 et 76.30 m de profondeur et situées sous l'Alluvion ancienne. Quelques échantillons de la zone entre 79.0 et 114.20 m de profondeur, très pauvre en pollen, furent également étudiés.

L'analyse s'avéra longue et difficile, la conservation du pollen étant souvent mauvaise et, malgré la procédure d'enrichissement, les teneurs en pollen restaient faibles. D'autre part, du pollen remanié a été sporadiquement observé. Parmi les pollen d'arbres, celui d'*Abies* était fréquemment corrodé, rendant sa détermination plus ardue. D'autres difficultés provenaient d'un pollen de type stéphanopore dont la forme des pores ressemble fortement à celle du pollen de *Pterocarya*. Le Professeur E. Grüger de l'«Institut für Quartärwissenschaften» de l'Université de Göttingen, a eu l'amabilité de contrôler notre matériel et il en conclut qu'aucun des

grains de pollen en question ne pouvait être attribué avec certitude à *Pterocarya*, du fait de leur état de conservation relativement mauvais. Dans le diagramme pollinique, les fractions correspondant au type stéphanopore sont représentées par une courbe désignée par l'appellation «Pstp INDET».

Les pourcentages des taxons individuels incluant tous les pollen d'arbres et d'arbustes sont regroupés et classés sous la rubrique «pollen arboréens» ou sous son sigle «PA» alors que les autres pollen sont les «pollen non arboréens» avec pour sigle «PNA» et correspondent aux pollen d'herbacées. Relevons encore que les pollen des plantes aquatiques, des Cyperaceae, ainsi que les spores ne sont pas compris dans cette somme.

Dans le diagramme pollinique, les profils en noir sont à l'échelle du diagramme principal alors que les profils en blanc sont amplifiés d'un facteur 5. Pour figurer les valeurs des Cyperaceae et de *Dryopteris*, nous avons choisi une échelle logarithmique. Le diagramme principal donne une vue d'ensemble de la répartition proportionnelle des pollen d'arbres, d'arbustes et d'herbes. Les profils de taxons individuels d'arbres et d'arbustes ont été placés à gauche du diagramme principal, alors que ceux des herbacées, des plantes aquatiques et des spores sont à droite.

Le diagramme pollinique a été subdivisé en zones dites «Local Pollen Assemblage Zones (LPAZ)», dans le sens de Cushing (1967). Il s'agit de séries sédimentaires dont le contenu pollinique et sporique se distingue nettement de celui des zones adjacentes, en ce sens que ces LPAZ sont des biozones. Rappelons que les LPAZ contiennent uniquement des informations d'ordre statistique.

### 3. Résultats

#### 3.1 Lithostratigraphie

Profil du sondage selon G. Amberger (Fig. 2)

0.00– 1.80	récent
1.80– 3.50	délavage de la moraine
3.50– 22.80	moraine würmienne limoneuse très caillouteuse (épaisseur = 19.3 m)
22.80– 55.40	formation de l'Alluvion ancienne (épaisseur = 32.6 m)
55.40– 76.85	formation de Montfleury sensu lato (épaisseur = 21.45 m)
76.85–111.40	formation du Seujet dite du retrait rissien (épaisseur = 34.55 m)
111.40–114.50	formation dite moraine rissienne (épaisseur = 3.10 m)
114.50–116.10	zone d'altération
116.10–127.30	Molasse rouge du Chattien inférieur

Le forage de Montfleury a ainsi permis d'observer les unités lithologiques citées plus haut et de constater que le complexe d'Alluvion ancienne est situé sous la moraine du Würm alors que la formation de Montfleury s.l. correspondrait aux Marnes à lignite dans le schéma stratigraphique classique du Quaternaire genevois. Enfin, sous cette dernière se trouvent les dépôts d'un stade de retrait, ainsi que du matériel morainique d'une période glaciaire assimilée jusqu'à présent au Riss. Ce stade de retrait, appelé ici formation du Seujet, très compact géotechniquement parlant, est exempt de cailloux en comparaison avec l'unité inférieure ultra consolidée et habituellement attribuée au Riss sans preuve réelle. Le socle de Molasse rouge du Chattien inférieur fut atteint à 116.10 m de profondeur.

Profondeur 0,00	Profil	Altitude 431,40	Résumé du profil	
3,50		427,90	Récent	Zones polliniques
			Terre végétale et colluvions	
22,80		408,60	Moraine würmienne Limon et limon argileux à cailloux	
			"Alluvion ancienne" Gravier sableux, partiellement cimenté	Zones polliniques
55,40		376,00		
			Formation de Montfleury s.l. Limon et sable	
76,85		354,55		Zones polliniques
			Formation du Seujet Limon	
111,40		320,00		
114,95		316,45	"Moraine rissienne"	Zones polliniques
			Molasse rouge Grès et marnes	
127,30		304,10		

Fig. 2. Profil lithostratigraphique du forage de Montfleury



Reprenons maintenant la description lithostratigraphique détaillée des formations comprises entre 54.50 à 116.70 m de profondeur (fig. 2, levé géologique de G. Amberger):

54.50– 55.40	gravier moyen à grossier (diamètre maximum observé 110 mm) dans une matrice de limon sableux un peu argileux
55.40– 55.53	limon peu argileux beige à jaunâtre par oxydation
55.53– 55.92	limon peu argileux beige à jaunâtre par oxydation à nombreux cailloux moyens (diam. max. obs. 15 mm)
55.92– 56.20	limon peu argileux, jaunâtre à roux, oxydation importante, rares petits cailloux
56.20– 56.50	limon peu argileux beige, massif, peu oxydé
56.50– 64.50	limon moyennement argileux, gris clair, massif à mal stratifié, avec lits de sable grossier à petits cailloux (diam. max. 15 mm)
64.50– 65.20	sable fin beige limoneux, très peu argileux, interstratifié de lits limoneux gris de 2 à 50 mm d'épaisseur, à structure tourmentée
65.20– 65.32	sable moyen limoneux gris, massif
65.32– 65.48	sable fin beige limoneux, interstratifié de lits limoneux gris
65.48– 66.50	limon peu argileux beige à gris avec des niveaux à matière organique et restes de mollusques interstratifiés
66.50– 66.70	limon sableux, peu argileux, gris-clair, massif entrecoupé par un plan de stratification irrégulier
66.70– 67.07	limon très organique brun-noir, à restes lignitisés abondants et minces interstratifications de limon beige
67.07– 67.52	limon peu argileux, gris-beige, mal stratifié, rares restes organiques
67.52– 68.15	sable fin limoneux gris peu ou pas stratifié
68.15– 69.23	sable moyen à grossier, gris, massif, peu limoneux, gravillonneux par place, diam. max. 12 mm
69.23– 69.90	limon gris sombre avec de la matière organique et du lignite
69.90– 70.50	sable fin, irrégulièrement limoneux avec restes de lignite à 70.20
70.50– 71.40	sable grossier massif, limoneux, gris gravillonneux (diam. max. 15 mm). Lacunes de carottage: 70.55–70.75, 70.85–70.95, 71.05–71.30
71.40– 71.60	sable moyen, massif, gris, limoneux
71.60– 72.50	limon gris-beige massif, à très rares petits cailloux (diam. max. 14 mm) et petites concrétions calcaires
72.50– 72.93	limon gris à légèrement jaunâtre, peu argileux, très rares petits cailloux (diam. max. 8 mm)
72.93– 73.34	limon gris-beige interstratifié de lits plus foncés, gris sombre, strates plissotées de 72.93–72.98
73.34– 73.75	sable fin limoneux gris-beige
73.75– 75.54	sable grossier, gris-clair, limoneux, massif (gravillons = max. 12 mm). Lacunes de carottage: 73.85–74.50 et 75.0–75.50
75.54– 75.62	limon gris-noir, organique avec petits cailloux et du lignite
75.62– 75.72	limon gris compact avec des petits cailloux
75.72– 76.05	sable moyen gris avec des petits cailloux. Lacunes de carottage: 75.80–76.05
76.05– 76.30	limon organique massif, gris-noir à débris de mollusques, avec un caillou de 30 mm à sa base
76.30– 76.85	sable moyen gris avec cailloux (diam. max. 15 mm) et traces de lignite. Cette section du sondage manque.
76.85– 78.19	gravier moyen à grossier (= max. 80 mm) dans matrice limoneuse gris-beige, verdâtre par place sous l'influence de grès altéré de la molasse. Lacunes de carottage: cette section manque presque entièrement.
78.19–106.50	limon argileux, gris, très dur, massif, feuilletage local de pression. De 103.12 à 103.89 sable gris-beige limoneux
106.50–111.50	idem, avec rares cailloux striés, émoussés (= max. 40 mm), cailloux vers la base légèrement plus fréquents
111.50–114.95	limon d'altération des marnes molassiques avec des cailloux rhodaniens
114.95–116.10	sable limoneux gris-verdâtre d'altération de grès de la molasse
116.10–116.70	Chatien inférieur: grès gris-vert feldspathique et micacé moyen, à ciment marneux.

### 3.2 Palynostratigraphie

Dans le diagramme pollinique de la figure 3, les zones LPAZ suivantes peuvent être distinguées:

#### A. Zone riche en PNA avec *Pinus*, *Betula* et *Picea* (79.0–80.0 m).

Augmentation des teneurs en PNA qui atteignent 39.6% au maximum. *Pinus* diminue jusqu'à 32.6%. *Betula* et *Picea* augmentent légèrement. Les pollen de *Corylus*, *Ulmus* et *Alnus* peuvent provenir d'un sédiment remanié. Il y a aussi lieu de relever l'apparition d'*Ephedra*, d'*Artemisia* et des Chenopodiaceae (9.8%).

Végétation: tundra steppique de la période glaciaire avec pins et épicéas épars, et quelques bouleaux dans les zones humides.

#### B. Zone à *Pinus-Picea-Tilia*, divisée en deux du fait de l'existence d'un hiatus sédimentaire (75.55–75.70 m et 76.05–76.30 m).

Codominance de *Pinus* (43.3%) et de *Picea* (33.4%), et valeurs élevées de *Tilia* pouvant atteindre 22.7%, présence plus faible de *Corylus*, *Quercus* et *Ulmus*, augmentation légère d'*Abies* (5.6%), et teneur constante en *Alnus*. Valeurs PNA fluctuant de 12.8 à 22.2%.

Végétation: éléments d'une période chaude ayant une végétation forestière variant en fonction du substrat: couverture de pins et d'épicéas sur les bancs de graviers consolidés des plateaux, petites étendues de forêts de feuillus sur les sols riches et de tilleuls sur les pentes raides et ensoleillées.

#### C. Zone riche en PNA avec *Artemisia*, *Juniperus*, *Pinus*, *Picea* et *Betula* (70.4–73.80 m).

Valeurs élevées atteignant jusqu'à 63.0% de PNA, avec une proportion considérable de Gramineae (jusqu'à 32.1%), avec *Artemisia* (6.2%), Chenopodiaceae (2.7%) et Cichoriaceae (16.8%); les spectres des PNA sont riches en espèces. Présence variable de *Pinus* (18.5–79.5%), les valeurs de *Picea* augmentant seulement dans le niveau le plus récent, *Betula* atteint 11.2% et *Juniperus* 6%. Apparition sporadique d'*Ephedra* (types *E. distachya* et *E. fragilis*), de *Salix* et d'*Hippophaë*.

Limite des zones C et D: recul des valeurs PNA, et augmentation des taux de *Picea*.

Végétation: tundra steppique de période glaciaire avec alternance d'interstadias marqués par la présence du pin.

Subdivision en sous-zones:

C1 Dominance de *Pinus* (58.6%), avec des valeurs PNA atteignant 27.4% et une augmentation des teneurs en *Artemisia* et en Chenopodiaceae.

Végétation: pins clairsemés enrichis d'épicéas.

C2 Valeurs élevées de PNA atteignant 57.9% et d'*Artemisia* qui augmente jusqu'à 5.2%, les Chenopodiaceae atteignent 2.7%, les Cichoriaceae 16.8%, les Asteraceae (6.5%), les Apiaceae ainsi que *Thalictrum* et *Botrychium* sont nettement présents. Les valeurs de *Pinus* retombent à 22.9%, celles de *Picea* à 7.6%; alors qu'on observe une légère augmentation de *Betula* à 7.6%.

**MONTFLEURY**

494.295/119.310/431.40m

ARBRES ET ARBUSTES (PA)

DIAGRAMME PRINCIPAL

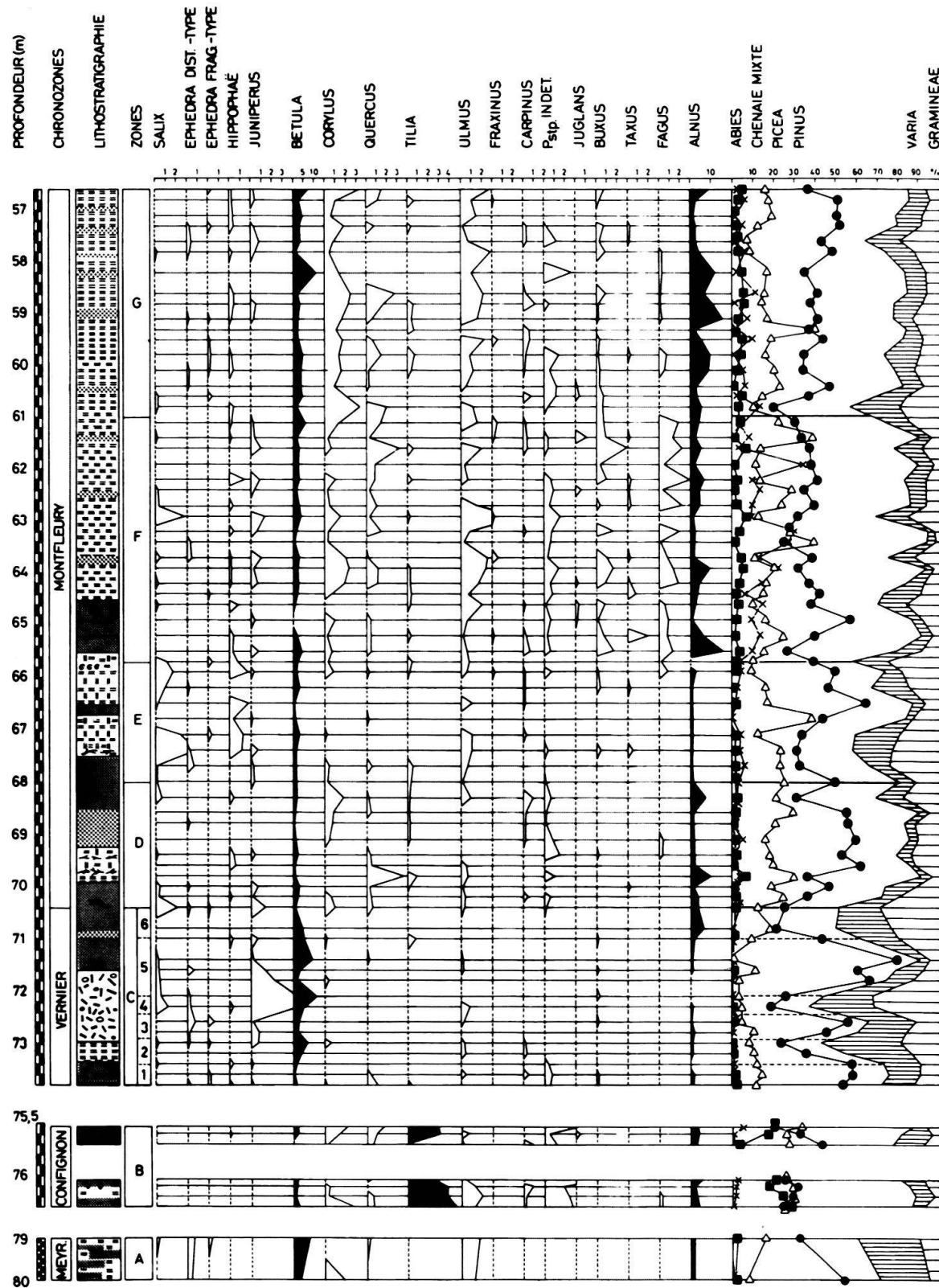


Fig. 3. Diagramme pollinique

ANAL. S. WEGMÜLLER

PLANTES HERBACEES (PNA)

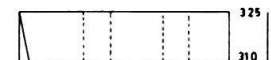
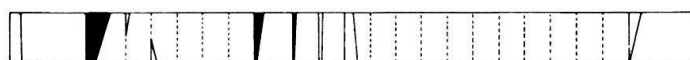
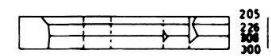
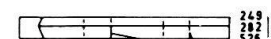
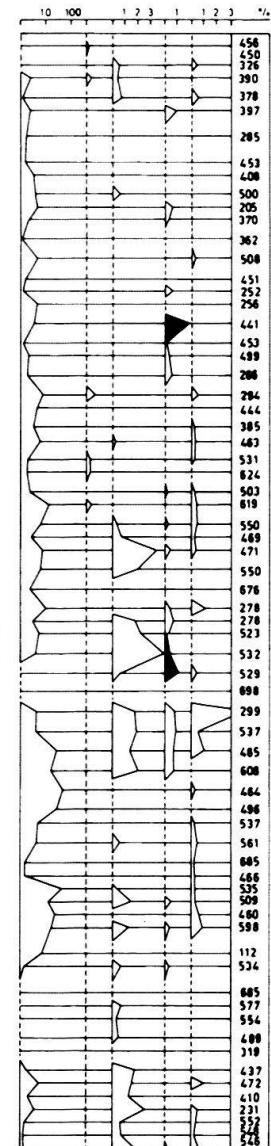
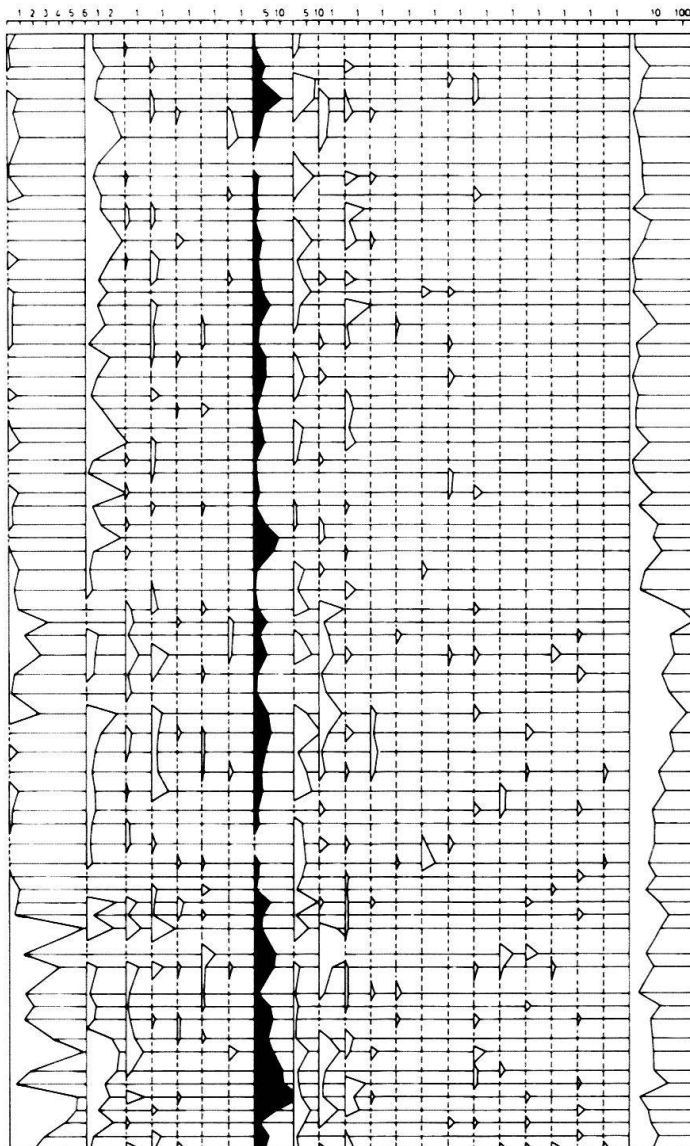
PL. AQUAT

PTERIDOPHYTES, SPHAGNUM

- ARTEMISIA
- CHENOPODIACEAE
- THALICTRUM
- CARYOPHYLLACEAE
- RUBIACEAE
- BRASSICACEAE
- HELIANTHEMUM
- CICHORIACEAE
- ASTERACEAE
- APIACEAE
- PLANTAGO SPEC.
- ROSACEAE
- CAMPANULACEAE
- RANUNCULACEAE
- DIPSACACEAE
- CENTAUREA
- ERICACEAE
- GERANIUM
- POLYGONUM BIST.
- VALERIANA
- FILIPENDULA
- CYPERACEAE

- POTAMOGETON
- TYPHA LATIFOLIA
- SPARGANIUM

- DRYOPTERIS-TYPE
- POLYPODIUM
- BOTRYCHIUM
- SELAGINELLA SELAG.
- SPHAGNUM
- Σ PA · Σ PNA



249  
282  
526

205  
228  
308  
300

325  
310

Végétation: tundra steppique, correspondant à un refroidissement, riche en espèces, avec des périodes dépourvues de forêts.

- C3 Augmentation de *Pinus* jusqu'à 56.1%, léger recul de *Picea* et de *Betula*, recul des PNA jusqu'à 33.0%, diminution marquée des valeurs d'*Artemisia* et de *Botrychium*, des Asteraceae et des Cichoriaceae, par contre apparition des types *Ephedra distachya* et *E. fragilis*.

Végétation: de type interstadiaire avec présence discrète de *Pinus* et d'éléments caractérisant des périodes de refroidissement.

- C4 Accroissement jusqu'à 63.0% des valeurs PNA, de *Juniperus* à 6.0% et de *Salix* à 1.2% et décroissance de la courbe de *Pinus* à 18.5%. Les spectres des PNA sont riches en espèces, avec *Artemisia* (5.9%), Chenopodiaceae (2.5%), *Thalictrum* (1.3%), Cichoriaceae (6.9%), Asteraceae (4.4%) et Apiaceae (0.8%). Apparition sporadique d'*Hippophaë* et de *Selaginella*.

Végétation: tundra steppique riche en absinthe avec développement d'une couverture d'arbustes à dominance de genévriers et de saules. Disparition de la forêt durant une phase sèche de refroidissement.

- C5 Forte augmentation des valeurs de *Pinus* (79.5%) ainsi que celles de *Betula* qui atteignent 9.0%. Recul drastique des teneurs en *Juniperus* et en PNA (9.4%), en particulier d'*Artemisia*, des Cichoriaceae ainsi que d'autres taxons.

Végétation: de type interstadiaire à *Pinus* avec enrichissement en *Betula*.

- C6 Nouveau recul des valeurs de *Pinus* (20.8%), avec cependant une augmentation de la courbe de *Picea* à 17.3% et un développement continu d'*Alnus* ainsi qu'un fort accroissement du PNA (48.4%), en particulier des Gramineae (29.2%), d'*Artemisia* (6.2%), des Chenopodiaceae (2.1%), de *Thalictrum* (1.0%), des Caryophyllaceae (2.0%) et des Apiaceae (1.4%). Nouvelle apparition de *Botrychium*, *Selaginella selaginoides* et des *Sphagna*. A la fin de cette phase, *Salix*, *Hippophaë* et *Juniperus* sont plus nettement présents.

Végétation: une nouvelle phase de refroidissement conduit à un fort éclaircissement des forêts de pins, alors que l'épicéa gagne du terrain. Vers la fin de cette phase froide apparaissent les premières traces de la présence d'arbres et d'arbustes thermophiles.

#### D. Zone à *Pinus* et *Picea* avec présence d'*Alnus* (68.00–70.40 m).

*Pinus* est dominant (61.5%), *Picea* subdominant (29.8%), augmentation d'*Alnus* jusqu'à 9.9%. *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Buxus* et *Taxus* apparaissent plus nettement. Régression des éléments glaciaires. Recul massif des PNA à 9.1%, en particulier d'*Artemisia* et forte augmentation des spores de fougères (type *Dryopteris*).

Limite des zones D et E: augmentation des PNA.

Végétation: extension des forêts riches en fougères dans lesquelles le pin domine et l'épicéa est très bien représenté durant une phase climatiquement favorable.

#### E. Zone à *Pinus* et *Picea* avec *Salix* et *Hippophaë* (65.70–68.00 m).

*Pinus* est dominant, mais ses valeurs ne dépassent cependant pas les 50%, *Picea* est subdominant. Emergence plus accentuée de *Salix* (4.1%) et d'*Hippophaë* (1.7%). Traces d'*Ephedra* et de *Juniperus*. Augmentation des valeurs PNA à deux reprises (40.8% et

42.5%). Diversification du spectre PNA. Nette hausse enregistrée pour les Cyperaceae. *Botrychium*, *Selaginella* et *Sphagna* apparaissent à nouveau.

Limite E et F: baisse des valeurs PNA et augmentation de la courbe d'*Abies*.

Végétation: à deux reprises il y a éclaircissement des forêts de pins et d'épicéas, les conditions climatiques sont instables, elles fluctuent entre froides et humides. L'extension des saules et des argousiers serait une conséquence de la colonisation des zones alluvionnaires; le fort accroissement des Cyperaceae correspondrait à une alternance de périodes d'inondations et d'assèchements. L'apparition de *Botrychium* est un indice de l'éclaircissement des forêts susmentionnées.

#### F. Zone à *Pinus*, *Picea* et *Abies* avec *Fagus* (61.00–65.70 m).

Dominance de *Pinus* (24.7–56.7%), variabilité des valeurs de *Picea* (8.9–38.4%), croissance d'*Abies* qui atteint 34.5%. *Fagus* (3.1%) est par moment représenté par une courbe continue. *Alnus* atteint, à la limite inférieure de la zone, une teneur de 16.2% et montre ensuite une présence continue. Parmi les arbres et arbustes thermophiles, on distingue *Quercus*, *Ulmus* et *Corylus*, cependant les teneurs restent faibles. Il est intéressant de relever l'apparition de *Buxus* (3.0%) ainsi que la présence sporadique de *Juglans* et de *Taxus*. Diminution des PNA et recul significatif des Cyperaceae. A noter aussi la présence bien marquée de *Botrychium* dans la partie inférieure de cette zone ainsi que l'apparition plus tardive de *Salix* et d'*Hippophaë*.

Limite F et G: augmentation des PNA et diminution de *Fagus*.

Végétation: durant une période climatiquement plus favorable, le sapin blanc se répand sans discontinuité avec l'apparition simultanée du hêtre, du buis, de l'if et du noyer ainsi que des feuillus, qui sont mieux représentés et indiquent des conditions thermiques légèrement meilleures.

#### G. Zone à *Pinus* et *Picea* avec *Abies* (56.60–61.00 m)

*Pinus* est dominant (19.5–51.8%), *Picea* subdominant (7.0–38.9%), diminution d'*Abies* et renforcement d'*Alnus* et de *Betula*. Les arbres thermophiles de la zone précédente se maintiennent dans leur totalité, cependant que *Fagus* et *Buxus* ne sont plus que faiblement représentés. L'apparition plus fréquente d'éléments steppiques tels qu'*Ephedra* et *Artemisia* frappe.

Végétation: pinèdes sèches à épicéas, et zones marécageuses à forêts d'aulnes avec des bouleaux, ainsi que des feuillus thermophiles dans les lieux humides et abrités. Les conditions climatiques sont plus continentales que dans la période précédente.

#### Commentaires

Pour les deux séquences courtes et fragmentaires de la zone B, le caractère interglaciaire de la végétation peut être certifié par la proportion considérable de représentants de la chênaie mixte et en particulier par les fortes teneurs en *Tilia*.

La question se pose de savoir si la partie principale du diagramme, dominée par *Pinus* et *Picea* (Zones D, E, F et G), peut également être attribuée à un interglaciaire, bien que ni la phase de chênaie mixte proprement dite, ni la phase à *Corylus* n'ont pu être mises

en évidence, et que la teneur en feuillus thermophiles reste relativement faible, ainsi que celle de *Taxus*. Dans la zone F, par contre, on identifie nettement l'extension d'*Abies* et l'enrichissement en *Fagus* (!). D'autres éléments thermophiles tels que *Buxus*, *Taxus* et *Juglans* font également leur apparition. La végétation de cette subdivision montre une période tempérée d'interglaciaire.

Cependant un hiatus entre 65.50 et 65.70 m de profondeur ne peut pas être exclu, vu la grande différence entre les spectres polliniques à 65.50 m et ceux du niveau sous-jacent.

En conclusion relevons que, dans le profil de Montfleury, les séquences polliniques de deux phases interglaciaires ont certainement été identifiées, séparées l'une de l'autre par des dépôts glaciaires.

Les zones ainsi mises en évidence sont associées en chronozones et nommées selon les localités voisines du bassin genevois (tab. 1).

ZONES Assemblage de pollen locaux = LPAZ	CLIMAT	THERMOMERES KRYOMERES	CHRONOZONES	FORMATIONS
G F E D	continental, sec plus chaud et légèrement plus humide frais, humide tempéré	interglaciaire	Montfleury s.s.	Montfleury s.l.
C	froid sec, en alternance avec des phases boréales et humides	glaciaire avec stades et interstades	Vernier	
B	chaud, humide	interglaciaire enregistré de façon fragmentaire	Confignon	
A	froid et sec	tardiglaciaire	Meyrin	Seujet

Tab. 1: Vue synthétique des zones, périodes climatiques et chronozones du forage Montfleury 2 (1981/82).

### 3.3 Chronostratigraphie et discussion

#### 3.3.1 Introduction

Aucune datation radiométrique n'étant disponible, la chronostratigraphie doit être élaborée à l'aide des seuls critères palynostratigraphiques. Pour ce faire, des profils comparatifs de régions avoisinantes, contenant des séquences polliniques aussi longues que possible, sont nécessaires.

Pour la dernière période interglaciaire, Riss-Würm, ainsi que pour le Würm précoce, différents profils sont disponibles: sur le plateau suisse Meikirch II, Dürnten, Uster et Sulzberg-Wettingen de Welten (1982), ainsi que les profils des lignites de Gondiswil/Ufhusen de Wegmüller (1992); la Grande Pile de Woillard (1975, 1978) dans les Vosges méridionales; les Echets de De Beaulieu & Reille (1984) dans le Lyonnais; enfin quelques profils de Gremmen (1982) dans le Val du Bourget et la partie nord du Grésivaudan.

Des comparaisons du complexe de l'avant-dernière période interglaciaire, Mindel-Riss, peuvent aussi être faites entre les profils suivants du plateau suisse: Meikirch II de Welten (1982), Jaberg et Thalgut, Hirschland près d'Uznach et Grandson-Vinaigre, tous également traités par Welten (1988); la formation supérieure d'Ecoteaux (canton de Vaud), par Bezat (Pugin et al. 1993); La Côte en Vercors, de De Beaulieu & Montjuvent (1985), dans les Alpes françaises.

#### 3.3.2 La séquence interglaciaire de Montfleury (zones D, E, F, G)

Il s'agit maintenant de vérifier si la séquence pollinique de Montfleury doit être attribuée à une phase précoce de la dernière glaciation, au dernier ou à l'avant-dernier interglaciaire. Comme nous l'avons déjà mentionné, la séquence n'est que partielle ce qui augmente la difficulté d'une détermination chronologique précise.

A première vue, la forte dominance des conifères dans les zones D, E, F et G pourrait suggérer une appartenance à des interstadias à pin et épicéa du Würm précoce (Welten 1982, Wegmüller 1992). Malgré cette dominance continue une telle attribution est à rejeter pour les raisons suivantes: dans les profils du plateau suisse les trois interstadias du Würm précoce sont tous caractérisés par une dominance d'épicéa après une phase initiale de pin pour les deux premiers et de mélèze pour le troisième. Ceci n'est pas le cas pour la séquence de Montfleury. D'autre part tous les profils du Pléistocène supérieur de l'Europe centrale méridionale ne présentent que des traces sporadiques de *Fagus* dans les interstadias du Würm précoce, à l'exception du premier interstadaire du profil des Echets situé sur le plateau des Dombes près de Lyon, où une avancée marquée de *Fagus* est observée. Dans la séquence de Montfleury au contraire, *Fagus* est présent de façon continue dans les zones F et G. Finalement les valeurs légèrement plus élevées de *Buxus* ainsi que la présence du pollen de *Juglans* sont des arguments supplémentaires qui, ajoutés aux précédents, s'opposent à l'attribution de la séquence de Montfleury à l'un des trois interstadias du Würm précoce.

D'autres arguments s'opposent aussi au rattachement de la séquence de Montfleury (zones D à G) au dernier interglaciaire (Riss-Würm). Ainsi, après la période froide de Vernier (zone C), *Picea* se développe très tôt (zone D), ce qui est en contradiction avec



les profils d'Europe centrale et du plateau suisse où l'expansion de *Picea* n'a lieu qu'au cours d'une phase tardive de cet interglaciaire, c'est-à-dire après la phase à *Abies*. Par ailleurs la séquence de Montfleury présente des valeurs de *Buxus* plus fortes que celles des profils caractéristiques du dernier interglaciaire. De même le pollen de *Juglans* est observé à plusieurs reprises, or *Juglans* est généralement absent du dernier interglaciaire. Finalement le pollen de *Fagus* ressort clairement dans la séquence de Montfleury, ce qui plaide aussi contre l'appartenance de cette séquence à l'interglaciaire du Riss-Würm, c'est que *Fagus* n'est généralement représenté que par de faibles traces dans les sédiments de ce dernier interglaciaire. Rappelons que des valeurs assez faibles de *Fagus* ont été relevées par Welten (1982) à la fin de la phase d'*Abies* de l'interglaciaire Riss-Würm du profil de Meikirch, ce qui est vraiment une exception.

Plusieurs critères permettent d'envisager une corrélation de la séquence de Montfleury et d'une séquence de l'avant-dernier interglaciaire, en particulier au complexe du Holstein au sens de Welten (1982, 1988). *Picea* se répand relativement tôt, *Pinus* et *Picea* se manifestent sur toute la séquence analysée par des valeurs très élevées. Par contre, les taxa de la chênaie mixte ne se développent que faiblement, ce qui reste inexplicé. Au cours de la période d'expansion d'*Abies*, *Fagus* se manifeste distinctement et *Buxus*, *Juglans* et *Taxus* marquent le caractère thermophile de cette période. Par contre, il n'a pas été possible de déterminer avec certitude le pollen de *Pterocarya*.

Selon Welten (1982, 1988), dans les profils du plateau suisse, l'interglaciaire Mindel-Riss est subdivisé en deux thermomères: le Holstein 1 et le Holstein 2 qui sont séparés par une période froide. La végétation du thermomère Holstein 2 a une évolution similaire à celle du Holstein 1 mais en l'absence d'*Abies*. Si notre corrélation de la séquence de Montfleury avec le complexe du Holstein est juste, elle doit alors correspondre au Holstein 1, au sens de Welten, parce que l'expansion d'*Abies* se détache nettement dans notre profil pollinique. Dans l'état actuel des connaissances cette classification chronostratigraphique de la séquence de Montfleury nous semble donc la plus probable.

Les analyses polliniques conduites par Lüdi (1953) sur les toutes premières carottes de Montfleury extraites en 1946 montrent un accroissement des courbes de la chênaie mixte et de *Fagus* dans les trois niveaux supérieurs. Il s'agit de la transition des Marnes à lignite à l'Alluvion ancienne (50–54 m). Cette augmentation n'a pas pu être mise en évidence dans notre étude qui, par contre, confirme la présence du pollen fossile de *Fagus*. Bourdier (1961) connaissait les études palynostratigraphiques de Lüdi (1953) et ses remarques à ce sujet dans le volume I, page 258 sont révélatrices: «La présence du hêtre est particulièrement intéressante, car cette espèce semble manquer dans le Riss-Würm d'Europe et constitue un bon argument pour vieillir le gisement de Montfleury.» En conséquence il envisagea de classer ces dépôts dans un interstadaire du Riss ou dans la période interglaciaire Mindel-Riss.

D'autre part il est intéressant de noter les observations de Necker (1841) dans l'affleurement du Bois de la Bâtie à Genève: sous l'Alluvion ancienne, dans les marnes bleues au contact des marnes jaunes, se trouvaient de petits morceaux de branches aplaties, de même que des fânes bien conservées et des feuilles de *Fagus*. Par la suite Necker a pensé que cette couche n'était pas en place et provenait plutôt d'un glissement de terrain dans les falaises de l'Arve. Selon Jeannet (1923, p. 524) Necker modifia encore son opinion et remplaça les macrorestes à la base de l'Alluvion ancienne. Au pied du Bois de la Bâtie, le long du Rhône, Favre (1867) distingua plus tard de nombreux fragments de bois

fossile, de lignite et de débris de feuilles déposés entre les marnes bleues sous-jacentes et les marnes jaunes qui les surmontent. Cependant il ne déterminait pas les espèces observées. Toujours selon Jeannet (1923, p. 525) Favre décrit sans aucun doute les mêmes dépôts que Necker, sans cependant mentionner *Fagus*. Enfin, selon les analyses polliniques de Lüdi (1953) et nos propres études palynostratigraphiques, *Fagus* apparut dans le bassin genevois pendant la formation des Marnes à lignite. Les macrorestes de *Fagus* découverts par Necker à la base de l'Alluvion ancienne et sans cesse remis en question pourraient bien correspondre à la réalité. Du fait que la majorité des auteurs ont classé les Marnes à lignite dans le dernier interglaciaire, la position biostratigraphique de ces végétaux fossiles est en contradiction avec le concept de chronostratigraphie. Par contre, en rattachant ces dépôts à l'avant-dernier interglaciaire, cette contradiction disparaît.

La publication de Lanterno et al. (1981) doit également être évoquée ici en relation avec ce problème chronostratigraphique. Entre autre raison ces trois auteurs avaient repris les études sur les carottes du premier forage de Montfleury 1, celui de l'année 1946, parce que les études lithostratigraphiques de Joukowski ainsi que les analyses de mollusques de Favre n'avaient jamais été publiées. Le diagramme pollinique de Reynaud, établi à partir de 13 échantillons de sédiment seulement provenant des niveaux 53–74 m, est corréléable dans ses grandes lignes avec notre diagramme. Par contre Chaix, bien qu'ayant consacré beaucoup de temps à l'interprétation et à l'étude des mollusques, laisse en suspens la question d'un rattachement du profil de Montfleury au dernier ou à l'avant-dernier interglaciaire.

Il reste à mentionner que les séquences polliniques concernant le complexe du Holstein ne sont pas uniformes. Dans les profils de la vallée de l'Aar (Welten 1988), du Samerberg en Bavière (Grüger 1983) et de La Côte en Vercors (De Beaulieu & Montjuvent 1985) on constate une augmentation bien marquée de *Pterocarya* et de *Fagus* dans la période du Holstein 1 au sens de Welten. La faible représentation ou l'absence de *Pterocarya* dans d'autres profils du Holstein sur le plateau suisse reste encore inexplicée. Selon Schlüchter (1989) seul les profils chargés de *Pterocarya* seraient corréléables avec les profils du Holstein de l'Europe du nord ouest, mais cette hypothèse demande encore à être vérifiée.

Finalement rappelons le diagramme pollinique de la Formation supérieure d'Eco-teaux (Canton de Vaud établi par Bezat (Pugin et al. 1993). Il s'agit sans doute d'une séquence interglaciaire qui comme celle du profil de Montfleury est dominée par *Pinus* et *Picea* avec localement des teneurs significatives d'*Abies*. Cependant contrairement au profil de Montfleury il manque *Fagus* mais, par contre, *Pterocarya* a pu être mis en évidence. Bezat propose après mûre réflexion et hésitation le rattachement de l'ensemble de la séquence au complexe du Holstein.

### 3.3.3 La séquence de Confignon (zone B)

Les deux séquences très courtes de Confignon (zone B) constituent des extraits fragmentaires d'un interglaciaire antérieur, séparé de la phase chaude de Montfleury par une période glaciaire (Vernier, LPAZ C). *Tilia* y est exceptionnellement représenté et constitue la caractéristique prééminente de ces deux courtes séquences.

Reynaud (1982) étudia, dans le cadre de son travail de thèse, le profil de Confignon dans le bassin genevois (CN 1 : 25.000, feuille 1300 Chancy, coord. 495.42/115.16,431 m).

Dans sa partie inférieure, le diagramme pollinique montre un développement végétal caractéristique de période chaude, allant de forêts à *Pinus/Betula* et de forêts à *Quercus/Ulmus* avec *Corylus* jusqu'à des forêts de feuillus riches en *Tilia* (Confignon 1–3). *Pinus* et *Betula* dominant à nouveau dans une phase froide ultérieure (Confignon 4). Au-dessus d'un hiatus, les spectres polliniques indiquent la dominance de *Pinus/Picea*. Par la suite *Tilia* est encore abondamment représenté, et *Carpinus* se développe modestement (Confignon 5a et 5b).

Sur le territoire suisse et dans les régions limitrophes aucun profil pollinique semblable retraçant ce type d'évolution de la végétation n'est connu. La classification chronologique de cette séquence paraît donc difficile dans la mesure où il manque les points de repère litho- et palynostratigraphiques nécessaires pour rattacher ces profils. De plus l'extension de *Tilia*, caractéristique de cet interglaciaire, reste énigmatique: doit-elle son origine à des conditions édaphiques et climatiques particulièrement favorables régnant dans le bassin genevois à cette époque ou est-elle la signature d'un interglaciaire antérieur, encore inconnu à ce jour?

La dominance de *Tilia* nous permet cependant de corrélérer les deux séquences courtes de notre profil avec l'interglaciaire de Confignon déterminé par Reynaud (1982). Notre profil met aussi en évidence la position réciproque des deux périodes chaudes. L'interglaciaire de Confignon doit donc, en conclusion, être antérieur à l'interglaciaire de Montfleury et, par conséquent, il doit précéder la période chaude du Holstein 1 au sens de Welten.

#### 4. Conclusion

Les Marnes à lignite du profil de Montfleury sont donc à classer pour une part dans l'avant-dernier interglaciaire, celui du complexe du Holstein, et pour la partie tout à fait inférieure, celle de la séquence de Confignon, dans un interglaciaire encore plus ancien. Par conséquent, la stratigraphie du Quaternaire du bassin genevois doit être totalement revue après le rattachement de la formation de Montfleury s.l. au Holstein. Il en est de même de la position chronostratigraphique de l'Alluvion ancienne qui doit être repensée. Jusqu'à présent elle était généralement rattachée à la phase précoce de la dernière glaciation mais aujourd'hui l'intervalle chronostratigraphique possible s'est considérablement élargi. De plus les dépôts attribués à l'Alluvion ancienne ne sont en aucun cas homogènes et synchrones (Arn 1984). Il s'agit donc d'examiner si une partie au moins de ces dépôts ne pourrait pas être rattachée à l'avant-dernière glaciation. La séquence toute entière de l'Alluvion ancienne est-elle réellement et entièrement d'origine fluvioglaciaire et des niveaux de graviers n'auraient-ils pas pu se déposer en période chaude?

La chronostratigraphie des dépôts interglaciaires du bassin genevois, entreprise dans cette étude, se base exclusivement sur des critères palynostratigraphiques. Cette classification devrait être vérifiée un jour par des datations absolues.

Une autre conclusion de cet article est que trop d'erreurs ont été commises en attribuant systématiquement à l'Alluvion ancienne toutes les formations sablo-graveleuses du bassin genevois. Ne commettons-nous pas aujourd'hui la même erreur avec les Marnes à lignite? Nous devons bien reconnaître que le risque existe notamment en affirmant que la formation de Montfleury s.l. correspond à l'unité chronologique des Marnes à lignite. Sur la base d'une simple description lithologique, il est clair que l'on appelle souvent Marnes

à lignite des formations très différentes constituées d'argile, de sable et de gravier avec ou sans débris ligniteux et parfois des restes de plantes et de mollusques. Bien entendu la position dans le profil stratigraphique complète les critères d'attribution, mais là aussi nous devons rester très suspicieux. Il vaudrait mieux abandonner définitivement l'habitude de lier à un faciès lithologique mal défini et variable une appellation stratigraphique précise. On cumule les erreurs lorsqu'on attache à ces appellations une place précise dans l'échelle chronologique des formations quaternaires d'une région comme le bassin genevois en l'occurrence.

Les auteurs sont donc conscients du bouleversement chronostratigraphique qu'ils apportent au traditionnel schéma du Quaternaire genevois. Ils le sont d'autant plus que presque tout reste encore à faire, que ce travail n'est que l'annonce du début d'une redécouverte du Quaternaire genevois.

### Remerciements

Les auteurs expriment leur reconnaissance au Canton de Genève et au Fonds national suisse de la recherche scientifique (Projet n° 3.019-81) pour leur participation financière. Au Dr. Christian Reynaud, initiateur de cette recherche, au Professeur Dr. E. Grüger, Göttingen, pour sa collaboration à la détermination de certains pollen, à Annette Hofmann, traductrice du présent texte, à R. Quillet qui a préparé les échantillons, à A. Dinép Schneider de Starkville (MS-USA) pour le dessin des graphiques de ce texte, les auteurs expriment à toutes ces personnes leur gratitude pour leur participation et leur contribution à cette étude.

### BIBLIOGRAPHIE

- AMBERGER, G. 1978: Contribution à l'étude du Quaternaire de la région lémanique: Résultats de quelques sondages profonds exécutés à Genève. *Eclogae geol. Helv.* 71, 193-206.
- ARN, R. 1984: Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique. Thèse, Université de Lausanne.
- BEAULIEU, J.-L. DE & MONTJUVENT, G. 1985: Données actuelles sur la formation interglaciaire de Pompillon (Pléistocène moyen), Val de Lans en Vercors (Isère, France). *Bull. Assoc. franç. étude Quatern.* 1985 (2/3), 75-83.
- BEAULIEU, J.-L. DE & REILLE, M. 1984: A long Upper Pleistocene pollen record from les Echets, near Lyon, France. *Boreas* 13, 111-132.
- BOURDIER, F. 1961: Le Bassin du Rhône au Quaternaire, T.I. Ed. Centre Nat. Rech. Sc., Paris.
- BURRI, M. 1977: Sur l'extension des derniers glaciers rhodaniens dans le bassin lémanique. *Bull. Lab. Géol. Mineral. Géophys. & Musée Géol.* 223, 1-9.
- CUSHING, E.J. 1967: Late-Wisconsin pollen stratigraphy and the glacial sequence in Minnesota. In: *Quaternary Paleocology* (Ed. by CUSHING, E.J. & WRIGHT, H.E.). Vol. 7 of the Proc. of the VII Congress of the Internat. Assoc. for the Quat. Res., New Haven & London, 59-88.
- FAVRE, A. 1867: Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc. Masson, Paris et Genève.
- 1879: Description géologique du canton de Genève. T. 1 et 2. *Bull. Cl. Agric. Soc. Arts Genève*, 79-80.
- GREMME, W.H.E. 1982: Palynological investigations of Late-Pleistocene deposits in southeastern France. *Proefschrift, Rijksuniversiteit te Groningen.*
- GRÜGER, E. 1983: Untersuchungen zur Gliederung und Vegetationsgeschichte des Mittelpleistozäns am Samerberg in Oberbayern. *Geologica Bavar.* 84, 21-40.
- HANTKE, R. 1980: Eiszeitalter. Band 2. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Ott Verlag, Thun.
- JAYET, A. 1945: Origine et âge de l'alluvion ancienne des environs de Genève. *C.R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 62/1, 27-31.
- 1966: Résumé de géologie glaciaire régionale. Chapuis, Genève.

- JAYET, A. & AMBERGER, G. 1969: L'interglaciaire Riss-Würm de Sous-Terre à Genève. *Eclogae geol. Helv.* 62, 629–636.
- JEANNET, A. 1923: Les argiles et marnes à lignites des environs de Genève. In: *Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz.* (Ed. par BAUMBERGER, E., GERBER, E., JEANNET, A. & WEBER, J.). *Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 8*, 522–526.
- JOUKOWSKY, E. 1923: L'âge des dépôts glaciaires du plateau genevois. *C.R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève* 40/2, 49–52.
- 1941: Géologie et eaux souterraines du Pays de Genève. Kündig, Genève.
  - 1958: Glaises rubanées interglaciaires de Cartigny et de Chancy (Genève). *Arch. Sci. phys. hist. nat. (Genève)*, 11/1, 415–466.
- LANTERNO, E., CHAIX, L. & REYNAUD, C. 1981: Géologie, malacologie et palynologie du puits-sondage de Montfleury près Vernier, Genève. *Arch. Sci. phys. hist. nat. Genève* 34/2, 125–136.
- LÜDI, W. 1953: Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich* 27, 1–208.
- MAYSTRE, D.H. & VERGAIN, J. 1992: Les dépôts glaciaires et proglaciaires dans la partie occidentale du bassin genevois: genèse et chronologie. *Eclogae geol. Helv.* 85, 169–194.
- NECKER, L.A. 1841: *Etudes géologiques dans les Alpes.* T. I., Langlois et Leclercq, Paris.
- PAREJAS, E. 1938: Notice explicative de la feuille XII (Dardagny-Vernier-Chancy-Bernex) de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000. *Comm. géol. Soc. helv. sci. nat., Bâle.*
- PUGIN, A., BEZAT, E., WEIDMANN, M. & WILDI, W. 1993: Le bassin d'Ecoteaux (Vaud, Suisse), témoin de trois cycles glaciaires quaternaires. *Eclogae geol. Helv.* 86, 343–354.
- REYNAUD, C. 1982: Etude stratigraphique, sédimentologique et palynologique des dépôts de Pléistocène supérieur au sud du Bassin genevois. Thèse, Université de Genève.
- SCHLÜCHTER, C. 1989: Thalgut: Ein umfassendes eiszeitstratigraphisches Referenzprofil im nördlichen Alpenvorland. *Eclogae geol. Helv.* 82, 277–284.
- WEGMÜLLER, S. 1992: Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. *Denkschr. Schweiz. Akad. Naturw.* 102, 1–82.
- WELLHAUSER, P. 1984: Les ressources en gravier du Canton de Genève. *Dépt. de l'intérieur et de l'agriculture, Genève.*
- WELTEN, M. 1982: Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. *Beitr. geol. Karte Schweiz N.F.* 156, 1–174.
- 1988: Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). *Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F.* 162, 1–38.
- WOILLARD, G. 1975: Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. *Acta Geogr. Lovaniensia* 14, 1–118.
- 1978: Grande Pile Peat Bog: A continuous Pollen Record for the Last 140,000 Years. *Quat. Res.* 9, 1–21.

Manuscrit reçu le 4 décembre 1994

Révision acceptée le 4 septembre 1995