

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 77 (1984-1985)
Heft: 368

Artikel: Étude palynologique de la Tourbière d'Echarlens (Fribourg)
Autor: Schmidt, Brigitte
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-278520>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

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

Etude palynologique de la Tourbière d'Echarlens (Fribourg)

PAR

BRIGITTE SCHMIDT¹

Résumé. – L'article présente l'analyse palynologique et une brève description des sédiments carottés lors d'un sondage implanté dans la Tourbière d'Echarlens (FR, Suisse). Les zones polliniques locales sont discutées, comparées à celles d'autres profils du Plateau suisse et des Préalpes et situées dans la chronologie suisse et européenne. Cette étude a permis d'établir un profil complet du tardi- et du postglaciaire et d'en conclure que le retrait du glacier de la Sarine des moraines les plus septentrionales de sa dernière récurrence est antérieur à 13 200 BP (limite Dryas ancien/ complexe du Bölling).

1. PRÉSENTATION

La Tourbière d'Echarlens se situe sur la rive gauche du lac de la Gruyère, au pied de la crête rupéenne portant Champotey.

Il s'agit d'une cuvette sise entre des arcs morainiques frontaux et latéraux, remplie de sédiments lacustres et occupée aujourd'hui par une tourbière qui fut exploitée sur 2–3 mètres (WELTEN 1944) (fig. 1).

La moraine graveleuse – que nous avons pu toucher lors d'une visite sur le terrain avec R. Arn – contient essentiellement les calcaires et grès préalpins et molassiques, quelques éléments sariniens (p. ex. brèche du Niesen) et quelques galets rhodaniens plus rares. La morphologie et la direction des arcs morainiques confirme l'idée qu'il s'agit là de moraine sarinienne, comprenant du matériel rhodanien remanié. D'après MORNOD (1949), qui n'a pas retrouvé de moraines sariniennes plus en aval, nous sommes là sur la «limite nord de la récurrence sarinienne».

Le but d'une analyse palynologique de ce site était de déterminer à quelle époque le glacier avait quitté ces moraines, c'est-à-dire de donner un âge minimal de la fin de la récurrence sarinienne. Il semblait d'autre part inté-

¹ Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire de Géologie, DGC-Ecublens, CH-1015 Lausanne

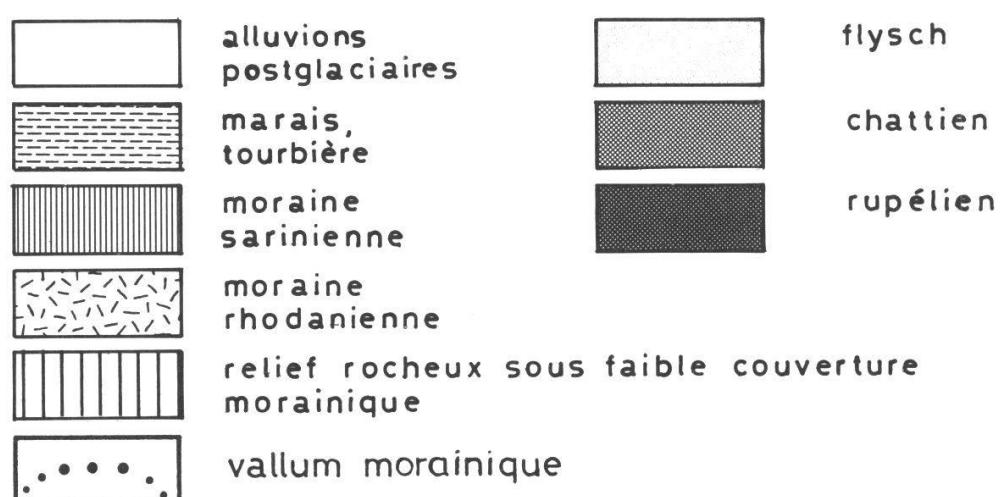
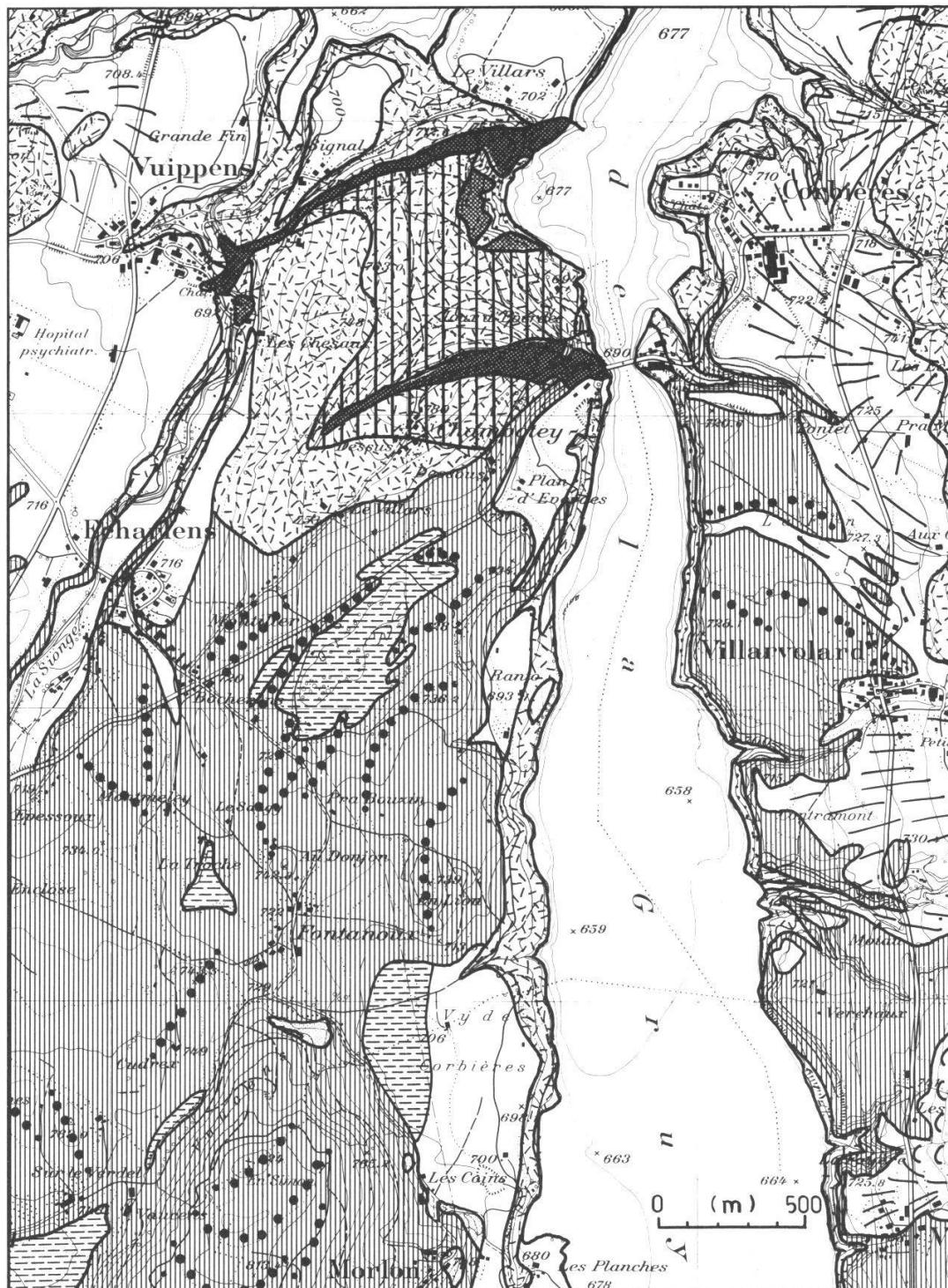


Figure 1. – Esquisse géologique (selon MORNOD 1949) des environs de la Tourbière d'Echarlens. (Base topographique reproduite avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie du 30.7.85.)

ressant de comparer le tardiglaciaire d'Echarlens avec celui de deux sites proches étudiés par M.-J. GAILLARD (1981), c'est-à-dire La Joux des Ponts et Villarimboud.

WELTEN publia en 1944 un premier profil palynologique de la Tourbière. Il y a carotté un peu plus de six mètres de tourbe et de gyttja, toutes deux postglaciaires.

2. PROSPECTION

Nous avons entrepris une étude géophysique du site afin de déterminer les zones les plus profondes de remplissage lacustre, favorables à l'implantation du sondage. Les traînés électriques (AB = 20 et 40 m) ont donné une image assez complexe de la Tourbière, en faisant ressortir des zones à résistivité élevée (100–200 $\Omega \cdot \text{m}$) qui contrastent avec celles ayant les résistivités attendues ($< 40 \Omega \cdot \text{m}$) (fig. 2).

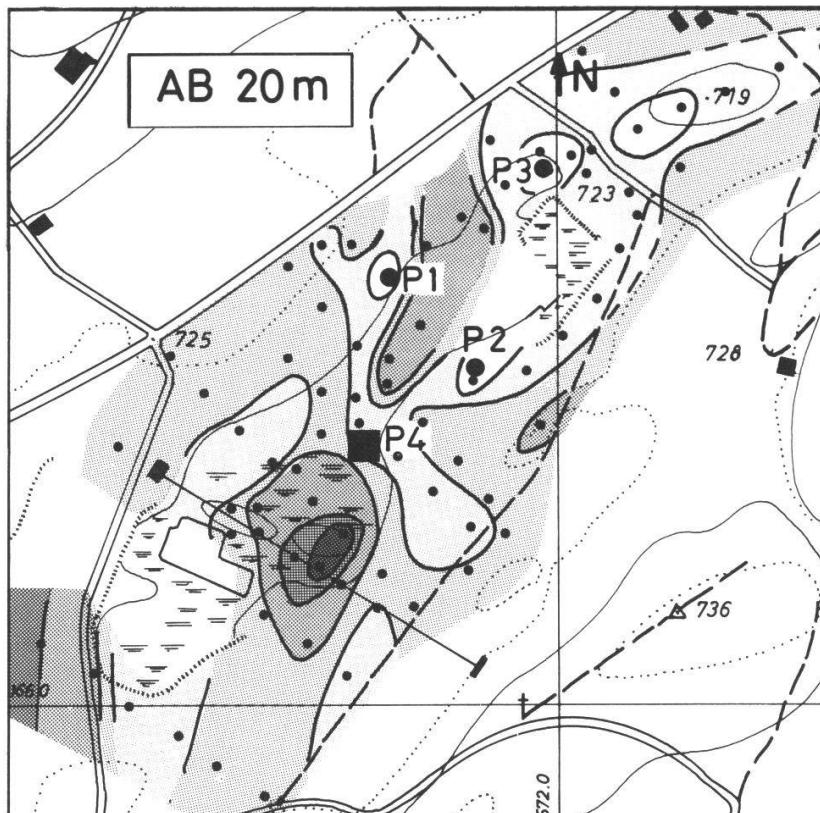
Résistivité du sable saturé d'eau	100–200 $\Omega \cdot \text{m}$
de limons argileux saturés d'eau	30–80 $\Omega \cdot \text{m}$
de gyttja et tourbes saturées d'eau	15–40 $\Omega \cdot \text{m}$

Nous avons donc complété cette étude par le pénétromètre-électrode sur les points favorables avant de retenir un site de sondage (fig. 3).

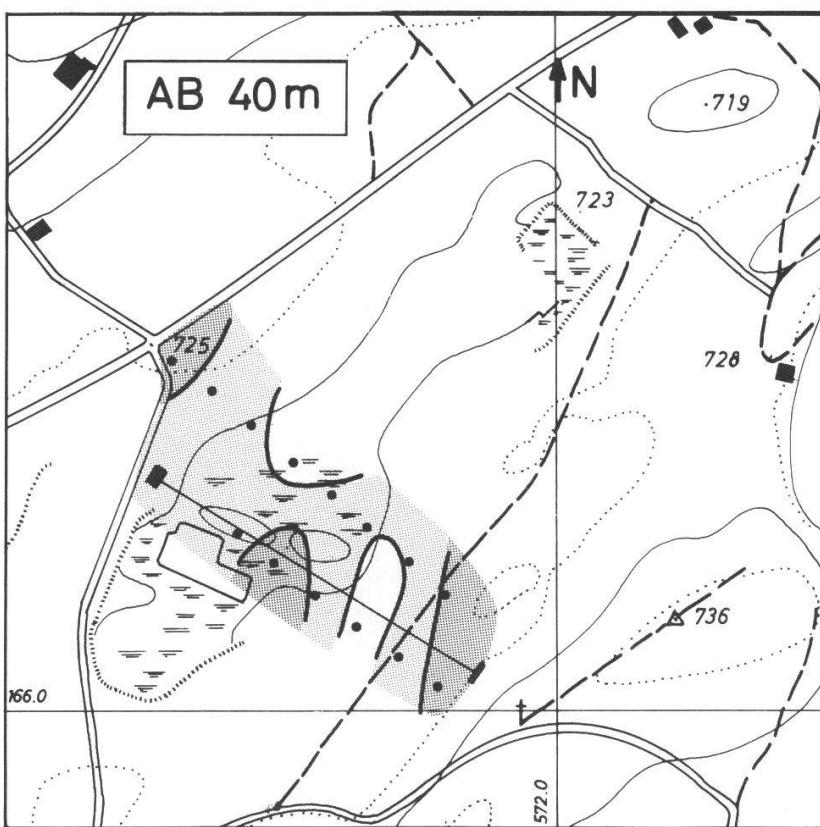
Les zones à résistivité élevée peuvent être interprétées soit comme des arcs morainiques noyés dans les sédiments lacustres, soit comme des zones influencées par l'eau de pluie au détriment d'une eau profonde, minéralisée par contact prolongé avec les sédiments. La deuxième hypothèse est appuyée par les courbes de résistivité du pénétromètre-électrode, toutes réalisées durant une période très pluvieuse et toutes montrant des résistivités élevées (jusqu'à 250 $\Omega \cdot \text{m}$) en surface, ne s'approchant des valeurs typiques de sédiments lacustres (20–30 $\Omega \cdot \text{m}$) qu'à partir de quelques mètres de profondeur. Par manque de temps, nous n'avons effectué aucun essai au pénétromètre sur une des zones à résistivités élevées.

3. SONDAGE

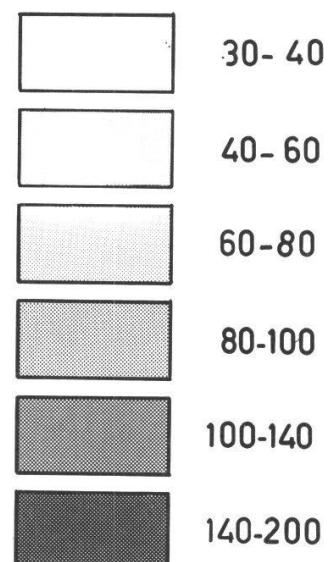
Nous avons fait un sondage avec la sonde Merkt et Streif (MERKT et STREIF 1970) de l'Institut de Botanique de l'Université de Berne, et avec l'aide précieuse de ses collaborateurs. Cette sonde, issue du système Livingstone, permet d'obtenir des carottes peu ou non déformées longues d'un mètre et d'un diamètre de 48 mm. Nous avons pu carotter près de seize mètres de sédiments organiques et minéraux avant de rester bloqués dans la série sableuse. La moraine n'a donc pas été atteinte.



Echelle 0 100 200 m



Résistivité apparente
(ohm·mètre)



● P13 Implantation des pénétromètres 1 à 3

■ P4 Implantation du pénétromètre 4 et
du sondage ER1

Figure 2. – Cartes des isorésistivités électriques apparentes (dispositif de traîné électrique de longueur AB = 20 et 40 mètres), et situation des pénétromètres et du sondage ER1.

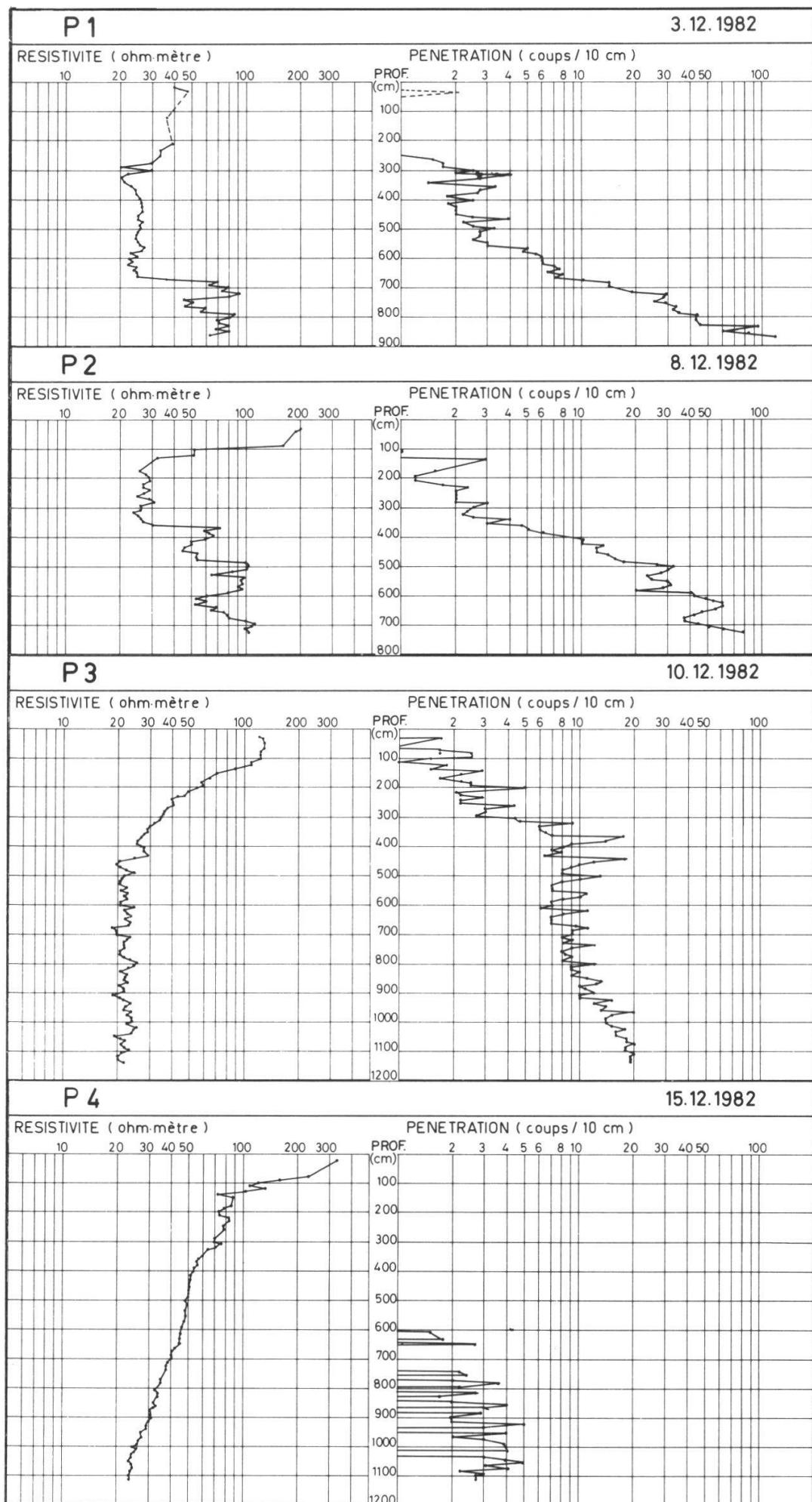


Figure 3. – Profils de résistivités électriques et de résistances à la pénétration, effectués avec le pénétromètre-électrode sur les emplacements indiqués en fig. 2.

4. STRATIGRAPHIE

La description des sédiments a été faite en partie immédiatement après le sondage. Vu la difficulté de quantifier des variations de couleur, pouvant refléter des différences de teneur en matière organique par exemple, les mesures suivantes ont été faites au laboratoire:

- la teneur en eau des sédiments frais (T.E.);
- la perte au feu (P.F.), qui exprime la teneur en matière organique calcinée à 550°C;
- la teneur en CaCO_3 (en % de matière sèche).

On trouvera la colonne stratigraphique, selon TROELS-SMITH (1955) simplifié (AABY 1979), celle comprenant les symboles sédimentologiques, ainsi que les courbes de la T.E., P.F., et teneur en CaCO_3 , sur les diagrammes polliniques relatifs (fig. 4 et 5).

4.1. *Description des sédiments*

Dans les deux dernières carottes, de 1588–1400 cm, toute la séquence sableuse (sables fins plus ou moins limoneux, intercalés de bandes ou lameaux de limons grossiers et fins) est passablement chahutée. S'agit-il en l'occurrence de figures synsédimentaires ou de déformations occasionnées par le sondage? La deuxième hypothèse est très probable, vu la difficulté de pénétration des deux derniers mètres de sédiments.

Dès 1400 cm, les structures sédimentaires sont mieux respectées, malgré un pendage initial de 45° qui, s'il devient moins marqué, n'en subsiste pas moins jusqu'à 1180 cm.

- 1400–1379 cm: Alternance rythmique de couches de sables fins demi-centimétriques à millimétriques et de limons grossiers et/ou fins. Tendance à la diminution de la taille des grains vers le haut. Pendage 45°. 1379 cm: fin de la séquence sableuse.
- 1379–1356 cm: Alternance rythmique de limons grossiers et de limons fins à argileux. Certaines séquences demi-centimétriques présentent un grano-classement.
- 1356–1347 cm: Niveau à granulométrie très fine, gris clair, collant, sans structure visible, et contenant encore plus de 35% de CaCO_3 = craie argileuse? Dès 1353 cm apparaissent de minuscules lamellibranches qui forment un niveau concentré à 1340 cm.
- 1347–1280 cm: Limons argileux gris devenant progressivement plus sombres, riches en muscovite et débris organiques carbonisés. Présence de matière organique vers le haut attestée par couleur et odeur, et P.F. atteignant 20%. Dès 1335 cm, la teneur en CaCO_3 devient négligeable après une chute brusque.

- 1280–1193 cm: Passage continu de gyttja très limono-argileuse gris olive (parfois rubanée de passages plus sombres à pendage de 23°), riche en morceaux charbonneux et en muscovite, à une gyttja fine peu limoneuse, brun olive, à muscovite rare. Remarquons la diminution de teneur en matière organique (P.F.) entre 1244 et 1228 cm.
- 1193–1190 cm: Passage clair débutant par une bande claire de 3 mm, à pendage 18°. Il s'agit là du niveau de cendres volcaniques de «Laacher See» décrites plus bas.
- 1190–1176 cm: Gyttja fine limoneuse gris brun sombre, avec bande de matière organique carbonisée à 1183 cm (pendage 17°). La T.E. a atteint 84%, la P.F. environ 50%.
- 1176–1120 cm: Gyttja fine limoneuse à nouveau plus claire, gris olive. Ce passage clair correspond à une légère diminution de la T.E. ($70 < \text{T.E.} < 80\%$) et de la P.F. (qui passe de 50 à 20–30%). (Dryas III, cf. plus bas.)
- 1120–966 cm: Gyttja fine peu limono-argileuse, brun olive, avec quelques débris végétaux grossiers. La P.F. passe de 30 à 70%. La T.E. est définitivement comprise entre 80 et 95%.
- 966–808 cm: Gyttja fine à quelques débris grossiers, brun olive. La P.F. s'installe définitivement au-dessus de 90% dès 928 cm.
- 808–726 cm: Gyttja grossière avec important apport de mousses remaniées. De 760–750 cm: tourbe à *Sphagnum* brune. La teneur en gyttja fine est très faible.
- 726–146 cm: Gyttja fine, grossière ou mixte brun olive. Les fruits de *Potamogeton* sont nombreux à 553 cm et entre 332 et 394 cm.
- 146–27 cm: Tourbes à Bryophytes, Carex, rhizomes, plus ou moins décomposées.

4.2. «Laacher See Tephra»

Des cendres volcaniques tardiglaciaires, retrouvées en Allemagne, en France et en Suisse, ont été attribuées à la dernière éruption du massif de l'Eifel dans l'ouest de l'Allemagne. P. v. d. Bogaard a mis en évidence une couche de 8 mm de cendres à 1193 cm dans les sédiments de la Tourbière d'Echarlens. Il l'identifie aux cendres du «Laacher See», en se basant sur la présence massive de minéraux typiques (sanidine, plagioclase, klinopyroxène, amphibole, titanite) et d'éléments vitreux phonolitiques. La richesse relative en cristaux ainsi que de nombreux éléments vitreux brun clair rendent probable l'attribution à la phase «Laacher See Tephra» supérieure (ULST) (P. v. d. BOGAARD 1983). La composition correspond à celle des autres sites de Suisse occidentale (p. ex.: Lörmoos à Berne). L'âge du niveau de cendres est de 10900 ± 200 BP (communication écrite).

5. PRÉPARATIONS POLLINIQUES

5.1. Concentrations absolues

Les échantillons prélevés sont de volume (V) connu, afin de pouvoir obtenir des concentrations polliniques en valeurs absolues (STOCKMARR 1977). A chaque échantillon sont ajoutées quelques (n) tablettes contenant un nombre connu (L) de spores de *Lycopodium*. Les spores de *Lycopodium* sont ensuite notées lors du comptage des pollens. Le nombre de grains de pollen dans un échantillon de 1 cm³ (ΣP) est alors:

$$\Sigma P = \frac{n \cdot L \cdot \text{nombre de pollens comptés}}{V \cdot \text{nombre de spores comptées}} \quad (\text{pollens/cm}^3)$$

5.2. Méthodes de concentration

Les préparations polliniques ont été faites de la manière suivante:

- Chaque échantillon est soumis au moins aux traitements suivants:
 - 1) Destruction des carbonates par HC1 10% à chaud (à froid s'il ne s'agit que de dissoudre les tablettes de *Lycopodium*).
 - 2) Hydratation et dispersion des argiles par KOH 10% à chaud; puis éventuellement décantation et/ou tamisage à 2 mm.
 - 3) Destruction de la cellulose par acétolyse à 100°C pendant 1–3 minutes (selon Erdtman).
 - 4) Transfert dans glycérine 1,28 après rebasification.
- En présence de matériel silicaté:
 - 5) Destruction de la silice par HF 40% à chaud.
 - 6) Flotation au ZnCl₂ (d = 2,0), l'étape 6) pouvant remplacer l'étape 5), mais la complétant souvent dans le cas de sédiments très minéraux.
 - 7) La faible teneur en pollen des sédiments les plus profonds, entre 1588 et 1359 cm, exigeant le traitement de plus grosses quantités de matériel, on a appliqué la méthode de flotation au bromoforme (d = 2,1). Cette manipulation intervient après 1) et avant 3). Un nettoyage supplémentaire s'imposant, le matériel restant est traité soit à ZnCl₂, soit avec HF 16% à froid une nuit.

6. DIAGRAMMES POLLINIQUES

6.1. Diagrammes polliniques relatifs (fig. 4, 5 voir dépliants mobiles).

Tous les taxons déterminés y sont représentés en pourcentages relatifs par rapport à la somme pollinique ΣA .

ΣA est la somme des pollens des plantes terrestres. En sont donc exclus les pollens de plantes aquatiques, les spores (Ptéridophytes, Bryophytes), les colonies d'algues (*Pediastrum*). En sont aussi exclues, par convention et par souci de comparaison, les cypéracées. Y sont par contre inclus les pollens de *Corylus* et d'*Alnus*.

Commentaire

Pour des raisons pratiques, l'analyse d'un profil palynologique se fait par sa subdivision en *zones polliniques*, «sections de sédiments dont le contenu en pollens et spores fossiles est homogène et que l'on distingue des sections adjacentes par des différences de quantité et de qualité du contenu en pollens et spores fossiles» (BIRKS, 1973).

ER1 1574–1400 cm

Zone à Pinus, graminées, Artemisia

Zone pauvre en pollens (500–1700 pollens/cm³), marquée par la prédominance de *Pinus*, qui représente 40-65% de la somme pollinique. Les herbacées comprennent essentiellement *Artemisia* (5-15%), *Chenopodium* ($\leq 12\%$), les graminées (10-30%), cypéracées et caryophyllacées. Des grains isolés d'*Ephedra*, *Helianthemum*, composées, crucifères, ombellifères et *Thalictrum* sont présents. On note la présence régulière de quelques pollens remaniés: *Abies*, *Picea*, *Corylus*, *Quercus*. La fin de cette période est marquée par la diminution de *Pinus* au profit des herbacées qui dépassent 50% de la somme pollinique.

ER2 1400–1344 cm

Zone à Artemisia, graminées, Chenopodium

Pinus diminue en pourcentage relatif (15-30%). *Artemisia* atteint ses plus hautes valeurs ($\leq 45\%$), ainsi que *Chenopodium* (3-16%). Les cypéracées disparaissent. Les pollens remaniés (*Abies*, *Picea*, *Quercus*) sont toujours présents. *Plantago media*/P. *major*, *Rumex*, les rosacées, rubiacées et papilionacées apparaissent sporadiquement. Cette zone peut être subdivisée en:

ER2₍₁₎ *Sous-zone intermédiaire à Artemisia et Pinus*
(1400–1374 cm)

Pinus diminue. *Artemisia* se situe entre 25 et 35%. Présence de grains isolés de *Saxifraga oppositifolia*. Les chénopodiacées ont un premier maximum.

ER2₍₂₎ *Sous-zone à Artemisia, Thalictrum, Ephedra fragilis*
(1374–1358 cm)

Le pourcentage de *Pinus* reste constant. *Artemisia* atteint ses plus hautes valeurs ($\leq 45\%$), ainsi que *Thalictrum* ($\leq 5,6\%$) et *Ephedra fragilis*. Les caryophyllacées, crucifères, *Saxifraga oppositifolia* disparaissent.

ER2₍₃₎ *Sous-zone à Ephedra distachia et Pinus* (1358–1344 cm)

Pinus redevient momentanément plus important (30%) au détriment d'*Artemisia* (10-20%). Les chénopodiacées ont un maximum (15,3%), comme *Ephedra distachia* (2,5%). Les caryophyllacées, crucifères, cypéracées et *Saxifraga oppositifolia* réapparaissent. *Salix* apparaît. La fin de la zone ER2 est marquée par une nouvelle diminution des pourcentages de *Pinus* au profit des herbacées, par l'apparition de *Salix*, *Juniperus* et *Betula* et la forte augmentation de *Helianthemum*.

ER3 1344–1288 cm

Zone à Helianthemum, Artemisia et Betula

Les pourcentages de *Pinus* décroissent en dent de scie pour atteindre 2-3%. *Betula* apparaît et atteint 20% à la fin de la zone. *Juniperus* apparaît, *Salix* s'installe, alors que les pourcentages d'*Ephedra* décroissent. Dans les herbacées, *Artemisia* atteint à nouveau des valeurs de 15-30%, alors que *Helianthemum* fait une apparition massive et atteint 10-20%. Les cypéracées réapparaissent. Tous les taxons déjà présents sont bien représentés et s'y ajoutent *Plantago alpina*, *Potentilla*, *Saxifraga stellaris*. Dans le domaine lacustre, on assiste à un important développement des colonies de *Pediastrum*. On peut subdiviser en :

ER3₍₁₎ *Sous-zone à chénopodiacées et caryophyllacées*
(1344–1310 cm)

Betula est encore inférieur à 5%, *Juniperus* seulement sporadiquement présent. *Helianthemum* atteint ses plus fortes valeurs (15-20%). *Chenopodium* est encore supérieur à 3%, et les caryophyllacées à 1%. Présence importante de *Gypsophila*. Les *Pediastrum* ont leur plus fort développement (30-70% de ΣA).

ER3₍₂₎ *Sous-zone à Juniperus* (1310–1288 cm)

Juniperus s'installe de façon continue (1-2%), alors que *Betula* forme un plateau entre 15 et 20%. Les pourcentages de *Helianthe-*

mum, chenopodiacées, caryophyllacées diminuent au profit des *Thalictrum*, ombellifères et *Rumex*. Les *Pediastrum* représentent moins de 25% de la somme pollinique. La fin de la zone ER3 est marquée par la forte augmentation de *Juniperus*, *Hippophaë* et *Betula*, au détriment des herbacées.

ER4 1288–1278 cm

Zone à Juniperus, Hippophaë et Betula

Cet épisode se caractérise par l'augmentation massive de *Juniperus* (qui représente près de 40%) et de *Hippophaë* (5,8%), parallèlement à celle de *Betula*. *Ephedra* disparaît. Les herbacées diminuent brusquement pour atteindre moins de 20% en fin de zone. *Artemisia* diminue, tout en restant toujours bien présente (2-5%). *Potentilla*, *Saxifraga oppositifolia*, *Plantago alpina* disparaissent, alors que les ombellifères, composées tubuliflores et *Rumex* s'installent. La fin de la zone a été placée quelque peu après le croisement des courbes de *Juniperus* et de *Betula*.

ER5 1278–1225 cm

Zone à Betula et herbacées

Les valeurs de *Betula* se maintiennent entre 60 et 70% de la somme pollinique. Les herbacées en représentent 10-25%, essentiellement par les graminées (5-15%). *Artemisia* (1-5%), les composées tubuliflores, *Thalictrum*, *Rumex*, les ombellifères, rubiacées, ainsi que les cypéracées sont présentes continuellement. Les colonies de *Pediastrum* ne représentent plus que 3% ou moins.

On peut distinguer deux périodes :

ER5₍₁₎ *Sous-zone à Juniperus* (1278–1254 cm)

Juniperus (> 5%), *Hippophaë* et *Salix* sont toujours bien représentés, *Pinus* est presque absent.

ER5₍₂₎ *Sous-zone à Pinus* (1254–1225 cm)

Juniperus tombe au-dessous de 2%, ainsi que *Salix* et *Hippophaë*, alors que le pourcentage de *Pinus* augmente régulièrement pour atteindre 45% à la fin de la zone. Cette zone comprend un léger pic de *Artemisia* et *Thalictrum*; présence de quelques grains d'*Ephedra*.

ER6 1225–1065 cm

Zone à Pinus et Betula

C'est une zone assez complexe, dominée par *Pinus* qui y atteint des valeurs allant de 50 à 80%. *Betula* l'accompagne avec 10 à 30%. La présence locale de *Pinus* est confirmée par la découverte de stomates d'aiguilles de pin durant toute la zone ER6. Durant toute cette période, *Artemisia* est présente, fluctuant entre 1 et 5%, ainsi que les graminées, cypéracées, ombellifères, rubiacées. *Filipendula* apparaît. On peut la subdiviser comme suit:

ER6₍₁₎ *Sous-zone à Juniperus et Salix* (1225–1197 cm)

Les valeurs de *Pinus* y atteignent un premier plateau, entre 65 et 75%. Les deux arbustes, *Juniperus* et *Salix*, sont encore présents par intermittence.

ER6₍₂₎ *Sous-zone «à Pinus»* (1196–1165 cm)

Pinus y a son développement maximal (75-80%), les arbustes sont rares à absents et les herbacées ont atteint un minimum (4-10%), mais sont toujours composées pour moitié de graminées.

ER6₍₃₎ *Sous-zone à Artemisia, graminées* (1165–1115 cm)

Les pourcentages de *Pinus* diminuent (60-70%) au profit d'une très légère augmentation de *Betula*, de la réapparition de *Salix*, *Juniperus*, *Hippophaë* et *Ephedra*, et d'une extension des herbacées (15-20%). *Alnus* apparaît sporadiquement. On assiste à une réapparition ou une augmentation temporaire d'espèces héliophiles, telles que *Ephedra*, *Artemisia*, les chénopodiacées, *Plantago media*/P. *major*, *Potentilla*, *Saxifraga stellaris*. Les ombellifères, cypéracées, *Thalictrum* et *Filipendula* augmentent. *Sanguisorba minor* et *S. officinalis* apparaissent. Les colonies de *Pediasium* font leur réapparition.

ER6₍₄₎ *Sous-zone à Corylus, Quercus et Ulmus* (1115–1065 cm)

Betula atteint des valeurs de 30%, *Pinus* diminue rapidement et passe de 70 à 30%, au profit de *Corylus* (0 à 30%) et des deux premiers éléments de la chênaie mixte: *Quercus* et *Ulmus* (0 à 20%). *Juniperus* et *Hippophaë* sont encore présents de façon discontinue, alors que *Alnus* s'installe dès le milieu de la zone. Les herbacées ne représentent plus que quelques pourcentages de la somme pollinique. Les graminées et *Artemisia* disparaissent à la fin de cette sous-zone.

ER7 1065–864 cm

Zone à Corylus et chênaie mixte

Corylus domine cette période, avec des valeurs allant de 40 à 65%, accompagné par la chênaie mixte (20-45%) représentée essentiellement par *Quercus*, *Ulmus* et *Tilia*. Les herbacées sont rares, comprenant des ombellifères, cypéracées, et quelques *Thalictrum*, *Potentilla*, renonculacées, rubiacées, *Sanguisorba minor* et *Filipendula*. On subdivise cette zone comme suit:

ER7₍₁₎ *Sous-zone à Pinus et Betula* (1065–978 cm)

Période où ces deux taxons sont encore présents, tout en diminuant pour atteindre des valeurs inférieures ou égales à 5%. *Hedera* apparaît dès cette période. *Sanguisorba minor*, *Filipendula*, les rubiacées et papilionacées disparaissent à la fin de la sous-zone.

ER7₍₂₎ *Sous-zone à Fraxinus et Hedera* (978–864 cm)

Corylus atteint ses plus hautes valeurs (50-55%), ainsi que *Hedera* (1%). *Fraxinus* et *Acer* apparaissent avec de faibles pourcentages. On note la présence de *Viscum*. La fin de la zone à *Corylus* est marquée par le croisement des courbes de *Corylus* et du *Quercetum mixtum*.

ER8 864–525 cm

Zone à chênaie mixte et Corylus

La chênaie mixte domine avec des valeurs oscillant entre 45 et 60%, accompagnée de *Corylus* (40-20%) et *Alnus* (< 5%). Les herbacées sont très peu nombreuses; il s'agit essentiellement d'ombellifères, renonculacées et cypéracées. Les plantes aquatiques apparaissent, avec *Nymphaea*, *Nuphar*, *Potamogeton* et *Myriophyllum*, accompagnées de quelques colonies de *Pediastrum*. Subdivisions de la zone à chênaie mixte:

ER8₍₁₎ *Sous-zone à Acer* (864–724 cm)

Corylus est toujours très important (30-40%), *Fraxinus* n'atteint pas 6%, alors que *Acer* est dans sa période de plein développement et atteint 2,5%. Premiers pollens isolés d'*Abies*.

ER8₍₂₎ *Sous-zone à Fraxinus et Hedera* (724–646 cm)

La chênaie mixte atteint son maximum, par la forte montée de

Fraxinus (15-20%), associée à une légère augmentation de *Tilia*. *Acer* est absent, mais *Hedera* a un deuxième maximum.

ER8₍₃₎ *Sous-zone à Fraxinus et Abies* (646–525 cm)

Acer est à nouveau bien développé (1,5%), alors que les valeurs de *Corylus* passent de 25 à 10% au profit d'*Abies*, qui atteint 25%. La zone à chênaie mixte se termine par le croisement des courbes *Quercetum mixtum/Abies*, c'est-à-dire par la brutale diminution de *Ulmus*, *Fraxinus*, *Tilia* et, dans une moindre mesure, celle de *Quercus*. *Hedera* disparaît.

ER9 525–370 cm

Zone à Abies

Abies domine, atteignant lors de son maximum 70%. Il est accompagné de *Fagus* fluctuant entre 10 et 25%, de *Corylus*, du *Quercetum mixtum*, dont seul *Quercus* et en partie *Ulmus* dépassent encore 5%. *Picea* apparaît lors de cette phase. Les herbacées peuvent disparaître presque totalement, alors que les plantes aquatiques (*Nymphaea*, *Potamogeton*, *Callitriches*) sont toujours bien représentées. Apparition de spores de *Sphagnum*.

ER10 370–300 cm

Zone à Fagus et Abies

Les deux taxons, représentant chacun 30 à 35% de la somme pollinique, sont accompagnés de *Alnus*, *Quercus*, de rares *Ulmus* et *Fraxinus*, des derniers éléments de *Tilia*, *Corylus* et *Picea*. Nombreux pollens de *Nymphaea*.

ER11 300–146 cm

Zone à Fagus et Picea

Les deux taxons ont les mêmes valeurs, entre 10 et 25%. *Quercus* représente toujours environ 5% de la somme pollinique. *Alnus* a son développement maximal et atteint 25%, alors que *Corylus* et *Betula* augmentent. Les herbacées deviennent à nouveau importantes, comprenant essentiellement des graminées, avec composées, ombellifères, renonculacées, rosacées, papilionacées, *Fili*

PENDULA. Les plantes aquatiques sont toujours présentes, alors que *Sphagnum* atteint 1%. Les premières plantes liées à l'activité humaine apparaissent: céréales, *Plantago lanceolata*, *Juglans*, *Castanea* (?).

ER12 146–32 cm

Zone à Picea et Fagus

Picea atteint 35%, suivi de *Fagus*, *Alnus* et *Quercus*. Les autres éléments de la chênaie mixte ont pratiquement disparu. Les herbacées atteignent 20%, comprenant les taxons de la zone précédente auxquels s'ajoutent *Plantago media*/P. *major*, *Thalictrum*, *Rumex*, des crucifères et cypéracées. Les plantes aquatiques ont pratiquement disparu, au profit d'une importante quantité de *Sphagnum*, accompagné d'éricacées.

6.2 *Diagramme pollinique absolu* (fig. 6 voir dépliant mobile).

Y sont représentés à la fois les pourcentages relatifs et les concentrations absolues des taxons principaux pour les zones polliniques ER1 et ER6₍₂₎.

Les valeurs aberrantes ont été écartées. Il s'agit toujours de quasi-absence de spores de *Lycopodium* – due probablement à la formation de bulles d'air dans les spores lors d'une attaque à HC1 trop rapide, entraînant leur perte lors de la préparation. La faible teneur en spores donne par calcul une concentration pollinique beaucoup trop élevée.

Commentaire

- Une première période (ER1) est pauvre en pollens dont l'influx est constant. Les espèces présentes sont essentiellement les herbacées, *Artemisia* et *Pinus*.
- Lors d'une deuxième phase (ER2), la quantité de pollens d'herbacées croît plus rapidement que celle de *Pinus*, qui augmente néanmoins régulièrement, ce qui explique la diminution des pourcentages relatifs de ce taxon.
- La zone suivante (ER3) est caractérisée par l'augmentation des herbacées, l'apparition des espèces buissonnantes et la stabilité des valeurs pour *Pinus*.
- Le passage des zones ER3 aux zones ER4 et suivantes correspond à une augmentation soudaine et importante de l'influx pollinique, due essentiellement à l'apparition massive de *Juniperus* et *Betula*. Alors que dans l'expression en mode relatif le déclin des herbacées commence dès le début du complexe ER4-ER5 et le caractérise, l'influx des pollens d'herbacées augmente encore durant la première moitié de cet épisode avant de décroître.

– Dans la zone ER6, les valeurs de *Pinus* augmentent brusquement, alors que celles de *Betula*, semblent diminuer légèrement, ou du moins restent stables. On remarquera qu'à aucun moment l'influx de pollens de *Pinus* ne diminue.

7. DISCUSSION

Nous commenterons certains points stratigraphiques et palynologiques avant d'entreprendre la comparaison de notre profil avec ceux de Gaillard, Ammann et Welten. Mais voyons d'abord comment se situe l'histoire d'Echarlens par rapport à la zonation européenne.

7.1. Corrélation des zonations européennes et de celle d'Echarlens (tableau I)

ER1, ER2 et ER3 forment la zone pollinique Ia, ou la chronozone du Dryas ancien.

ER4 et ER5 correspondent à ce qu'on appelle le «complexe du Bölling» (Ibc), qui comprend la période du Bölling (Ib) et celle, aujourd'hui mise en doute, du Dryas II (Ic) (AMMANN et TOBOLSKI 1984, GAILLARD 1981, 1984, etc.).

ER6₍₁₎ et ₍₂₎ correspondent à l'Alleröd (II) et ER6₍₃₎ au Dryas III (III) qui met un terme au tardiglaciaire.

Le postglaciaire débute par la sous-zone ER6₍₄₎, correspondant au Préboréal, suivie des zones ER7 (Boréal-V), ER8 (Atlantique ancien et récent – VI et VII), ER9 et ER10 (Subboréal – VIII) et enfin ER11 et ER12 (Subatlantique – IX).

7.2. Commentaire des diagrammes (fig. 4 et 5)

La juxtaposition des profils palynologiques, de la colonne stratigraphique et des paramètres caractérisant la teneur en matière organique et en carbonates nous a amenés à faire les remarques suivantes.

D'abord, que la *fin de la série sableuse* suit de près l'augmentation (en pour-cent) d'*Artemisia* et des chénopodiacées et l'apparition de *Thalictrum*; elle précède de peu celle des *Ephedra*. Cela reflète-t-il la présence d'une couverture végétale suffisante pour freiner l'érosion par les eaux de ruissellement? Elle correspond en outre au début de l'augmentation de l'influx pollinique total, ce qui semble avant tout lié à une diminution de la vitesse de sédimentation.

Ensuite, que la *disparition du carbonate de calcium* dans les sédiments (la teneur en matière minérale de ceux-ci restant toujours supérieure à 90%) correspond au passage ER2/ER3, c'est-à-dire au début d'une période beaucoup plus riche en espèces.

Nous rappelons la présence des «*Laacher See Tephra*» datées à $10\ 900 \pm 200$ ans BP, et signalons qu'elles se sont déposées au début de la sous-zone ER6₍₂₎, et qu'elles ne marquent donc pas le passage de cette sous-zone à la suivante (ER6₍₃₎), corrélée au Dryas III.

En ce qui concerne l'appréciation de la composition des sédiments, la mesure de la perte au feu nous a permis de montrer que leur *couleur* est ici effectivement liée à la *teneur en matière organique*. Ceci est particulièrement net pour l'épisode du Dryas III.

En effet, entre 1176 et 1120 cm, le passage plus clair et aussi moins riche en matière organique que les périodes précédentes et suivantes peut être corrélé presque exactement au *Dryas III*, bien que nous ne fassions débuter ce dernier qu'à la cote 1165 cm. Cette période est caractérisée par la diminution de la couverture forestière au profit des herbacées, et marque la dernière détérioration climatique du Tardiglaciaire. La diminution de la teneur en matière organique peut être interprétée comme un apport organique, tant terrestre qu'aquatique, moins important, suite à un climat moins favorable à la croissance végétale, ou alors un apport minéral plus important, si l'érosion (locale ou régionale) est favorisée par une couverture végétale moins dense.

Remarquons, dans le postglaciaire, que les *sédiments* deviennent *organiques* à plus de 90-95% dès le début de la dominance de la chênaie mixte (ER8₍₁₎).

En ce qui concerne le dépôt de tourbe lors de la seconde moitié de la sous-zone ER8₍₁₎, il s'agit là d'un *dépôt de tourbe remaniée*, ce qui est indiqué par le mélange de tourbe et de gyttja dans la plus grande partie de cet épisode et la position préférentielle horizontale des éléments de *Sphagnum*.

Signalons enfin qu'une différence sédimentologique est à noter avec tous les autres profils de comparaison dont il sera question plus loin: la *quasi-absence de craie lacustre*. Or, le professeur Gabus, du Laboratoire de Géologie de l'EPFL, en a vu lors de travaux de drainage réalisés dans la partie NE de la cuvette, où les dépôts lacustres sont plus littoraux. Il est probable que le site du sondage correspond à une zone trop profonde pour la survie des Characées responsables de la formation de la craie, et trop éloignée des rives pour qu'un dépôt détritique de craie littorale y soit possible.

7.3. *Comparaison du profil de la Tourbière d'Echarlens avec ceux de la Joux des Ponts, de Villarimboud, du Moyen-Pays romand, de ceux du Lobsigensee et de celui de Saanenmöser (tableau 1).*

a. *Joux des Ponts et Villarimboud (GAILLARD, 1981, 1984)*

Il ressort du tableau 1 que les zones ER4 à ER9 sont bien corrélables à celles définies par GAILLARD pour les profils de la Joux des Ponts et de Villarimboud, ainsi qu'avec les zones polliniques régionales pour le Moyen-Pays

romand. On remarquera cependant que nous n'avons pas fait débuter la zone à *Pinus* et *Betula* plus riche en herbacées (ER6₍₃₎ = Dryas récent) avec le dépôt des cendres volcaniques, mais 27 cm plus haut, quand l'augmentation des herbacées devient plus nette, bien qu'elle se soit amorcée déjà avant.

Deux hypothèses sont possibles pour corréler le début des trois profils:

D'une part, on peut considérer les forts pourcentages de *Pinus* à Echarlens, le petit pic qu'il fait en ER2₍₃₎, et la présence de *Betula*, *Juniperus* et *p.p. Salix* dès le début des profils de la Joux des Ponts et Villarimboud, comme des phénomènes locaux. En mettant alors en parallèle la première diminution des pourcentages de *Pinus* et l'augmentation d'*Artemisia*, le passage ER1/ER2 serait le même que celui de JxP1/JxP2 (et Vill.1/Vill.2?), et le passage JxP2/JxP3, marqué par une augmentation de *Helianthemum*, *Betula*, *Plantago media*/P. *major* serait identique à celui de ER2/ER3. Le parallèle est moins net à Villarimboud, où *Helianthemum* est déjà bien implanté, et où on a en début de profil une zone pauvre en *Pinus*.

D'autre part, on peut considérer à Echarlens les deux chutes de *Pinus* et ses hauts pourcentages, le minimum d'*Artemisia* en ER2₍₃₎, la quasi-absence de *Salix*, *Juniperus* et *Betula* dans ER1 et ER2_(1,2) et les très faibles valeurs de *Helianthemum* durant tout ER1 et ER2 comme étant significatifs.

ER2₍₃₎ est alors comparable à JxP1 si l'on tient compte du comportement de *Pinus* et *Artemisia*, à JxP1 et JxP2 si l'on considère plutôt l'augmentation nette de *Helianthemum* et la diminution des chénopodiacées. Dans ce deuxième cas, JxP3 correspond exactement à ER3, et JxP3₍₁₎ à ER3₍₁₎ (pourcentages élevés de *Gypsophila*) et JxP3₍₂₎ à ER3₍₂₎ (pourcentages élevés de *Thalictrum* et *Selaginella*).

Dans le diagramme de Villarimboud, si l'on prend comme caractéristique pour la transition ER2/ER3 l'augmentation de *Helianthemum* (déjà représenté) et la diminution des chénopodiacées, ER3 correspondrait à Vill. 3 et à la deuxième partie de Vill. 2. Si l'on considère plutôt la diminution de *Pinus*, l'augmentation d'*Artemisia* après un minimum et l'apparition de *Plantago media*/P. *major*, ER3 correspond à Vill. 2 et Vill. 3.

ER3₍₂₎ correspond à Vill. 3₍₂₎ et à la deuxième moitié de Vill. 3₍₁₎, caractérisée par des pourcentages plus élevés de *Betula*, *Thalictrum*, *Selaginella*, aux dépens de légères diminutions d'*Artemisia*, *Helianthemum*, *Gypsophila*. ER3₍₁₎ correspond alors à la première partie de Vill. 3₍₁₎ et à tout ou partie de Vill. 2, selon l'hypothèse choisie précédemment.

Remarquons qu'à Echarlens *Saxifraga oppositifolia*, n'étant présente que par grains isolés, ne permet pas de définir une zone pollinique comme c'est le cas dans les diagrammes de M. J. GAILLARD (op. cit.).

La corrélation du début des diagrammes n'est donc point aisée, mais, quoi qu'il en soit, dans cette deuxième hypothèse, toute la période correspondant à ER1 (hauts pourcentages de *Pinus*, présence d'*Artemisia* et ché-

nopodiacées plus faible que par la suite, quasi-absence d'*Ephedra*, buissons, *Helianthemum*) et à ER2₍₁₎ (diminution de *Pinus*, augmentation d'*Artemisia* et des chénopodiacées, apparition de *Thalictrum*, *Ephedra*, *Juniperus*) est absente des profils de la Joux des Ponts et de Villarimboud.

L'évolution de la ΣA et le nombre d'espèces (mieux: de taxons) déterminés semble confirmer cette deuxième hypothèse.

Enfin, 80 cm d'argiles, argiles sableuses et sables à Villarimboud, et 4 mètres d'argiles et de sables gris en alternance à la Joux des Ponts, n'ont pas été analysés.

Nous retiendrons donc la deuxième hypothèse, à savoir qu'à Echarlens des sédiments plus anciens qu'à la Joux des Ponts et qu'à Villarimboud ont été analysés, et que ER1 et ER2_(1, év. 2) représentent des épisodes antérieurs au début des diagrammes de comparaison.

b. *Lobsigensee* (AMMANN et TOBOLSKI, 1984)

De même pour la comparaison avec les profils de Lobsigensee de AMMANN et TOBOLSKI (op. cit.):

Les zones ER4-ER8 sont bien corrélables avec L4-L13. La subdivision du «Complexe du Bölling» (L5, 6, 7) définie à Lobsigensee peut être devinée à Echarlens (ER5₍₁₎): on peut y voir les mêmes subdivisions avec une zone à *Betula* (L5), une zone plus riche en *Salix* et graminées (L6), puis à nouveau une zone à *Betula* (L7). Il faut cependant rester très prudent, car il n'y a qu'une préparation par épisode, et c'est la raison pour laquelle nous n'avons pas subdivisé la zone ER5₍₁₎.

On remarque qu'en L2, *Betula* est déjà bien présent (5-12%), *Pinus* peu fréquent (10%), *Helianthemum* dans son plein développement. L2 serait-il donc à mettre en parallèle avec ER3₍₁₎? L3 correspondrait alors à ER3₍₂₎. *Betula* y est en effet très bien développé avec forts pourcentages de *Thalictrum* et apparition de *Selaginella*. Le passage L1/L2, avec diminution de *Pinus*, augmentation d'*Artemisia* et *Helianthemum* est-il parallèle à ER2₍₃₎/ER3 ou à ER1/ER2?

Signalons que les successions postglaciaires dès l'Atlantique sont très différentes de celles d'Echarlens et du Moyen-Pays romand selon GAILLARD (op. cit.). Nous ne discuterons cependant pas cette comparaison, l'étude plus approfondie du Postglaciaire n'entrant pas dans le cadre de ce travail.

c. *Saanenmöser* (WELTEN, 1982)

WELTEN, dans un profil établi à Saanenmöser (1256 m), dans la zone de transfluence du glacier de la Sarine vers le Simmental, a mis en évidence un tardiglaciaire bien développé.

Il commence par une zone à *Pinus* (10-15%), avec moins de 5% de *Betula*, présence continue de *Salix*, *Ephedra*, *Juniperus* qui atteint presque 10% à la fin de la zone. Les herbacées sont dominées par les graminées (30-40%), *Artemisia* (20-30%), cypéracées, chénopodiacées et *Helianthemum* (5-9%). Il s'agit là d'une zone à production pollinique locale importante, que l'on pourrait comparer à ER3.

Suit une période encore riche en herbacées (30-50%), à graminées, *Artemisia*, cypéracées et *Thalictrum*, rubiacées, *Rumex*, ombellifères. Elle est dominée par *Betula* accompagné de *Juniperus*, *Hippophaë* et *Salix*, enfin par *Pinus* (correspond au «complexe du Bölling» = ER4 et ER5).

Puis vient une zone pauvre en herbacées (7-20%) dominée par *Pinus* (Alleröd = ER6₍₁₎ et ER6₍₂₎). Les cendres volcaniques du Laachersee, vers la fin de cette période, sont suivies comme à Echarlens d'une courte période où *Pinus* domine toujours avant que les herbacées n'augmentent à nouveau lors du Dryas récent.

On note un parallélisme remarquable entre ce profil et celui d'Echarlens, si ce n'est un développement moindre de *Betula*, se traduisant par l'absence d'un plateau caractérisé avant le pic de *Juniperus*, une proportion d'herbacées plus grande dans le «complexe du Bölling», ainsi qu'un deuxième pic de *Juniperus* mieux marqué dans cette même période.

8. CONCLUSION

Le sondage de la Tourbière d'Echarlens nous a permis d'établir un profil palynologique complet du tardi- et du postglaciaire (à l'exception de quelques mètres de tourbe, qui ont été exploités – WELTEN 1944). Le tardiglaciaire présente des fluctuations supplémentaires à celles observées dans les profils de comparaison. Plus précisément, il semble que des sédiments plus anciens y aient été analysés. Rappelons toutefois que la séquence n'est pas complète, vu qu'il ne nous a pas été possible d'atteindre la moraine.

Il serait intéressant d'étudier plus en détail les zones ER1 et ER2, afin de déterminer si les fluctuations qu'on y voit sont réelles et si elles sont locales, ou si elles sont liées à d'autres phénomènes (tels que sédimentologie, état de conservation différent des pollens de diverses espèces, ceci étant lié aussi à l'habileté du palynologue! etc.). Nous n'avons, par exemple, pas retrouvé la zone à *Artemisia* et *Saxifraga oppositifolia* définie par GAILLARD (1984) pour les deux sites de la Joux des Ponts et de Villarimboud, ce qui semblerait confirmer l'hypothèse d'une zone pollinique liée à des facteurs locaux.

Le «complexe du Bölling» mériterait aussi une étude plus poussée, afin de préciser si les fluctuations qui y apparaissent sont locales ou si elles pourraient être mises en relation avec des variations climatiques.

Pour en revenir à la question posée au début, à savoir quand le glacier a quitté la cuvette de la Tourbière d'Echarlens, on ne peut que dire que la date de son retrait des moraines de la dernière récurrence sarinienne est

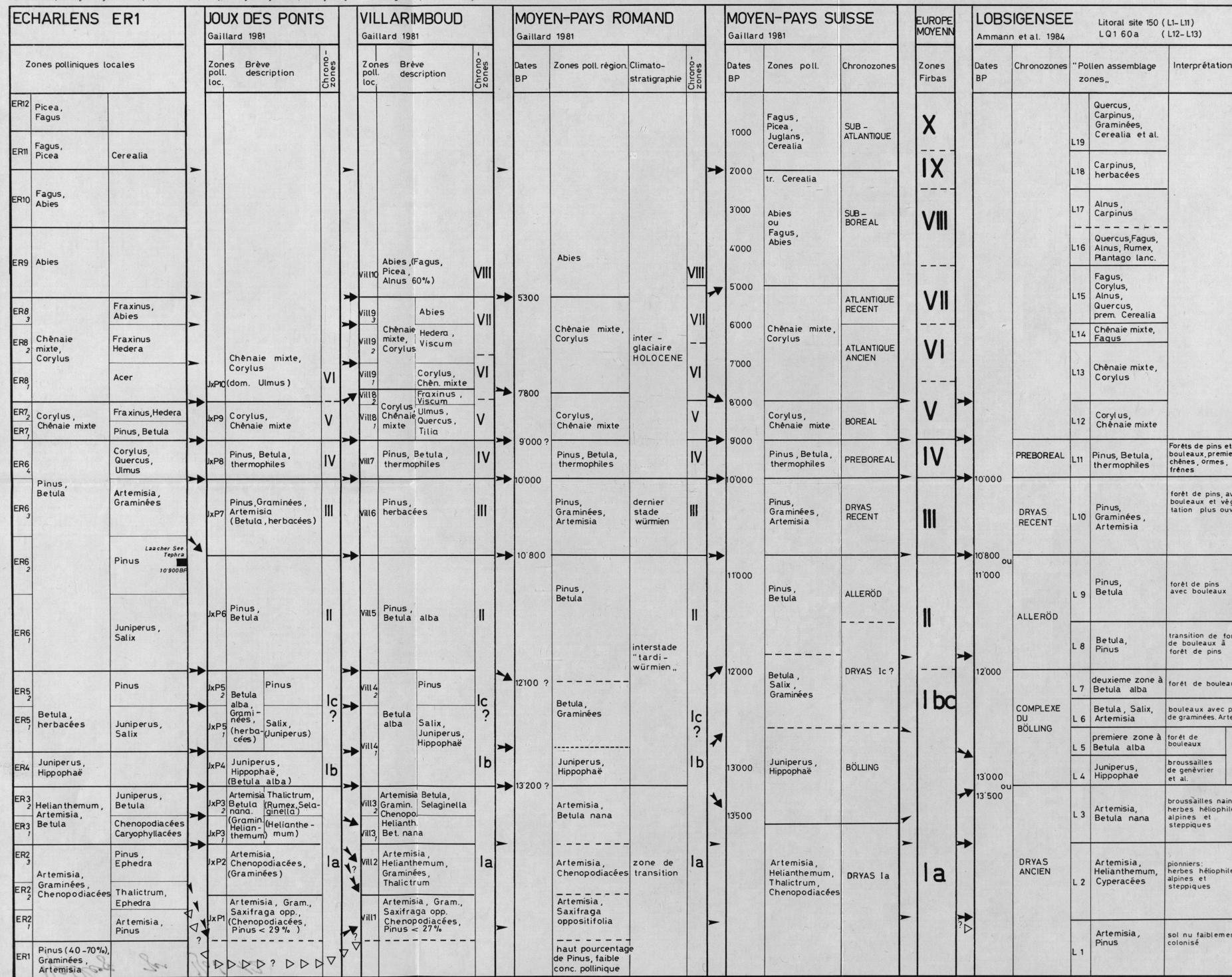
nettement antérieure à 13 200 BP, âge admis pour la limite des zones Ia et Ib pour le Moyen-Pays romand par GAILLARD (1984). Il n'est par contre pas possible de donner des âges aux diverses fluctuations intervenant dans cette zone Ia, ni sa durée dans le présent diagramme.

9. BIBLIOGRAPHIE

- AABY B., 1979. – Characterization of peat and lake deposits. In: Paleohydrological changes in the temperate zone in the last 15 000 years. Subproject B, Lake and mire environments. Project 158, IGCP, Vol. I, Ed. Björn E. Berglund, p. 77-98.
- AMMANN B., TOBOLSKI B., 1984. – Vegetational development during the Late-Würm at Lobsigensee (Swiss Plateau). Studies in the Late-Quaternary of Lobsigensee 1. *Revue de Paléobiologie*, 2,2,: 163-180.
- BIRKS H. J. B., 1973. – Past and present vegetation of the Isle of Skye. A paleoecological study. Cambridge University Press.
- V. D. BOGAARD P., 1983. – Die Eruption des Laacher See Vulkans, Diss. Ruhr Universität Bochum, 351 pp.
- GAILLARD M. J., 1981. – Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays romand (Suisse). Thèse, Université de Lausanne. Non publiée.
– 1984. – Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays romand (Suisse). *Dissertationes Botanicae*, 77, 322 pp.
- MERKT J., STREIF H., 1970. – Stechrohr-Bohrgeräte für limnische und marine Lockersedimente. *Geol. Jb.* 88, Hannover, Feb. 1970: 137-148.
- MORNOD L., 1949. – Géologie de la région de Bulle. Molasse et bord alpin. Mat. pour la carte géol. suisse, NS, 91^e livr., 119 pp.
- STOCKMARR J., 1977. – Tablets with spores used in absolute pollen analyses. *Pollen & Spores*, Vol. XIII, No. 4: 614-621.
- TROELS-SMITH J., 1955. – Karakterisierung of løse Jordarter. *Danm. Geol. Unders.*, IV, 3, 10, 73 pp.
- WELTEN, M., 1944. – Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. *Veröff. Inst. Rübel*, Nr. 21, 201 pp.
– 1982. – Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den Westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. *Mém. Soc. Helv. Sc. Nat.*, Vol. 95.

Manuscrit reçu le 27 juillet 1985.

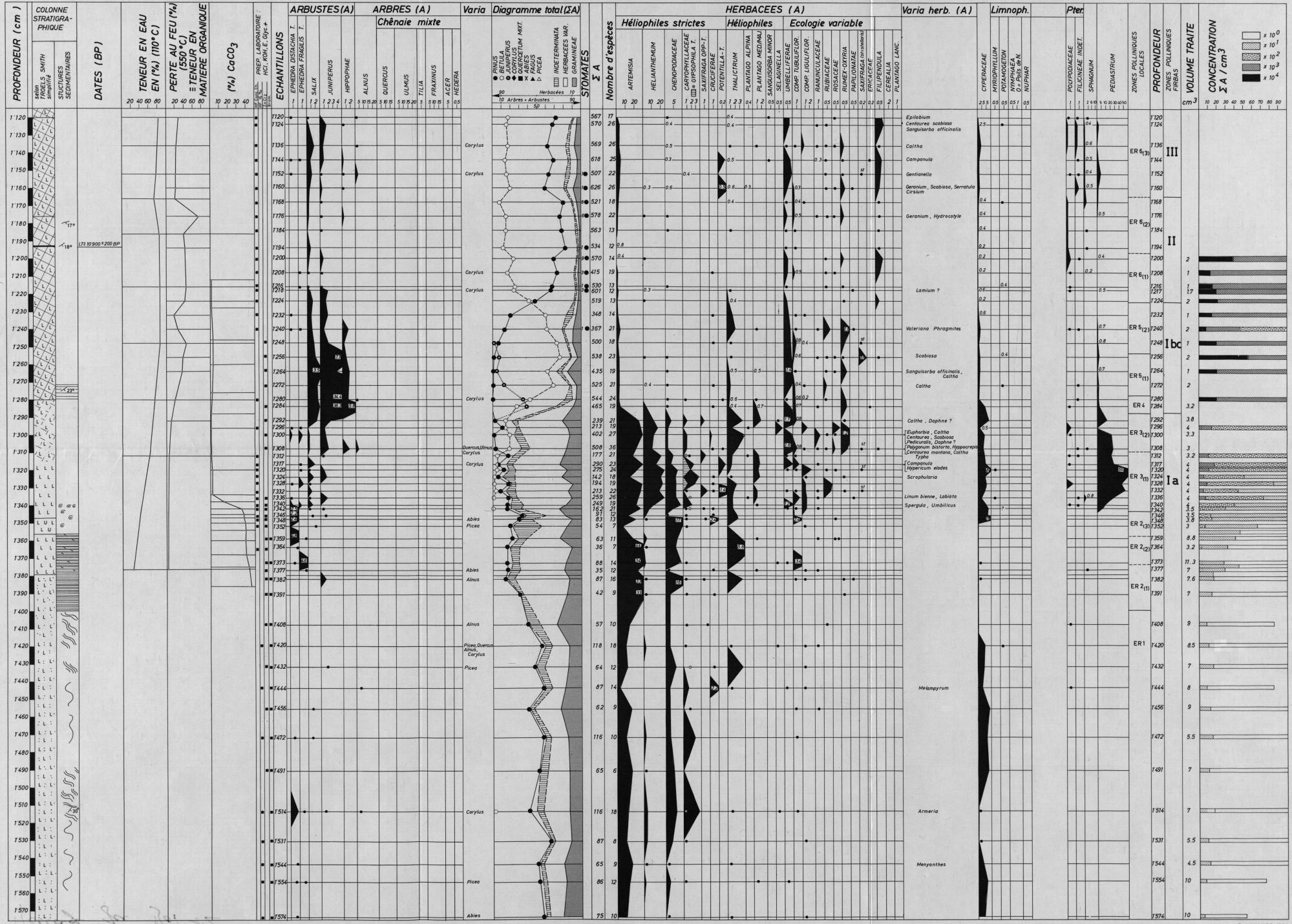
Le présent article comprend également trois figures (fig. 4, 5, 6) et un tableau (tableau 1) présentés sur des dépliants hors-texte, figurant en annexe.



ECHARLENS ER1

COORDONNEES APPROX : X: 571'850 Y: 166'200 Z: 720 m. SONDAGE DU 17.12.82 (Sonde Merkt & St.)

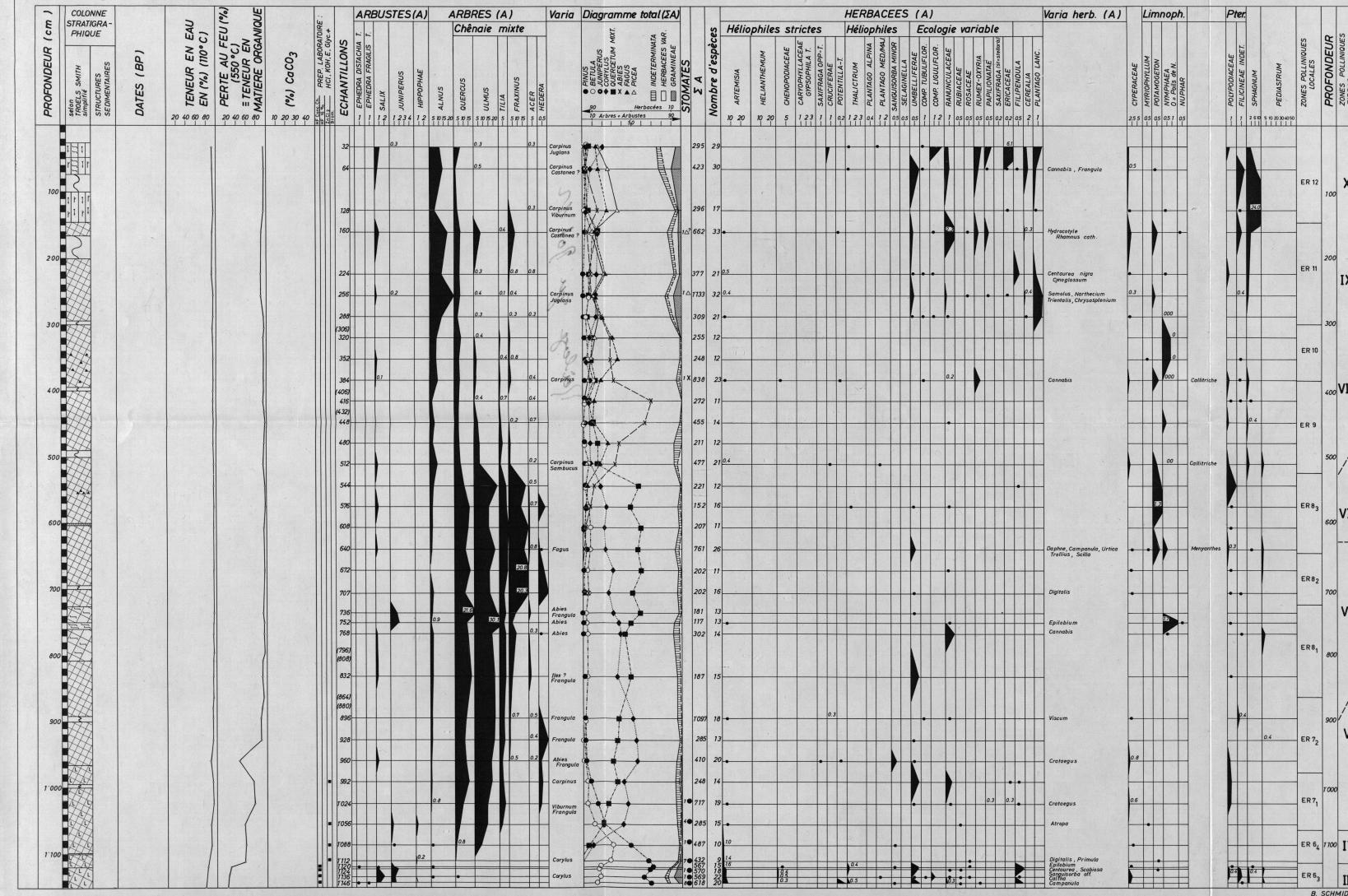
TARDIGLACIAIRE



ECHARLENS ER1

COORDONNEES APPROX : X: 571'850 Y: 166'200 Z: 720 m. SONDAGE DU 17.12.82 (Sonde Merkt & St.)

POSTGLACIAL



Légende des diagrammes

Sédimen

- | | |
|---|--------------------|
|  | tourbe à cypéracé |
|  | tourbe à Phragmité |
|  | tourbe à mousses |
|  | gyttja |
|  | craie lacustre |
|  | limons, argiles |
|  | sable |
|  | gravier |

- LST — couche des cendres du Laachersee ($10'900 \pm 200$ BP)
 absence de sédiments
 superposition de deux carottes présentant une décompression. La cote supérieure de la carotte fait échaffaudage dans la carotte supérieure.

- Structures sédimentaires:

 -  lamination parallèles
 -  lamination parallèles avec grain classification dans chaque lamination
 -  distribution irrégulière ou lamination déformée
 -  pendage des structures sédimentaires (ou des variations dans la coloration = teneur en matière organique des sédiments)

ECHARLENS ER1

TYPES POLLINIQUES SELECTIONNES-CONCENTRATIONS ABSOLUES

SONDAGE DU 17.12.1982

(Sonde Merkt & Streif)

