

Un élément important du cadre de vie des néolithiques d'Auvernier-Port : le lac : approche sédimentologique

Autor(en): **Brochier, Jacques-Léopold / Joos, Marcel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **25 (1982)**

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-835559>

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.

Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port : le lac Approche sédimentologique

1. Le site dans son cadre géologique, échantillonnage

En bordure nord-ouest du lac de Neuchâtel, à l'abord des premiers contreforts rocheux du Jura, la station néolithique d'Auvernier-Port se situe à la limite septentrionale d'une zone déprimée comprise entre Bevaix et Auvernier. Cette dépression est remplie de matériel quaternaire fluvio-glaciaire et morainique.

Les premières pentes qui font suite à la rive sont en grande partie recouvertes de dépôts morainiques würmiens. En rive droite du Ruz Chatru qui se déverse à Auvernier affleure dès la cote 450 m la molasse oligocène d'eau douce, tandis qu'en rive gauche, nous voyons apparaître les calcaires blancs urgoniens. Plus en amont s'étend le faciès jaune des calcaires barrémiens.

La séquence stratigraphique du village néolithique qui nous concerne s'inscrit dans le cadre de la sédimentation lacustre holocène du lac de Neuchâtel. Ces sédiments reposent dans la baie d'Auvernier sur des dépôts plus anciens couvrant le fond du lac : graviers fluvio-glaciaires, moraine würmienne ou argile glacio-lacustre et alluvions deltaïques recouvrant ces derniers (MEIA *et al.* 1971).

Deux colonnes d'échantillons ont été étudiées afin de mieux cerner les variations latérales de faciès. La colonne la plus complète, colonne I, provient du secteur ouest de la fouille et correspond au bloc D (BILLAMBOZ *ibid.* fig. 6, 17, 18, 20) ; une deuxième série de prélèvements, colonne II, a été effectuée à l'est de la fouille sur la coupe A (BILLAMBOZ *ibid.*, fig. 4 et 14). Une documentation de 30 échantillons a été prélevée le long de la série stratigraphique du bloc D. L'échantillon n° 24, composé uniquement de galets (plage VI 1) ne ressort pas sur nos diagrammes où seul le sédiment fin a été étudié.

Afin de mieux comprendre la provenance du matériel lacustre, un échantillonnage des terrains environnant le site a été réalisé (fig. 1 et 28).

2. Analyse sédimentologique des dépôts, méthodes d'étude

2.1. Analyses granulométriques et chimiques (fig. 19)

En un premier temps, des analyses granulométriques et chimiques permettent de préciser la nature du sédiment¹. Ces analyses ont déjà été utilisées par l'un de nous dans l'étude de plusieurs sites lacustres (JOOS 1976 a, b ; 1977 a, b). Nous les rappellerons brièvement

et renvoyons aux publications citées pour la définition des termes employés ci-dessous (voir aussi MÜLLER 1964).

2.1.1. Analyses granulométriques

Différentes fractions granulométriques sont séparées par la méthode de la pipette (particules de 0,002 mm à 0,06 mm) et par tamisage (de 0,06 mm à 60 mm)². La construction des courbes granulométriques cumulatives (fig. 26 et 27) permet d'obtenir plusieurs indices : médiane (Md), sorting index (So), asymétrie (Log Sk), Kurtosis (φ), concernant le classement des particules.

2.1.2. Analyses chimiques

- Le pH est donné au moyen d'un pH-mètre sur solution de chlorure de potassium (KCl).
- Les valeurs d'«humus» (sens large ; la méthode détermine plutôt la teneur en matière organique très fine non charbonnée) et de phosphates sont données en unités de couleur (méthodes colorimétriques, réactifs fluorure de sodium et molybdate d'ammonium). Il ne s'agit donc pas de quantités exactes. Ces analyses seront à perfectionner par la suite.
- La teneur en carbonates est obtenue à l'aide du calcimètre de Müller. Il s'agit surtout ici de carbonate de calcium, la teneur en carbonate de magnésium ne dépassant jamais 2%.
- La quantité de matière organique est fournie par perte de poids après combustion au four à 1000° C et correction du carbone lié aux carbonates. Les charbons de bois entrent dans cette teneur.
- Pour le pH, les phosphates, carbonates et matières organiques, des valeurs seuil ont été déterminées en dessus ou en dessous desquelles les couches sont d'origines différentes (figurés grisé et hachuré de la figure 19). Couches d'habitat, couches d'habitat remaniées, craies, couches stériles se distinguent ainsi nettement.

¹ Nous remercions ici M^{me} B. RITTER (granulométrie de la colonne I) et M^{me} G. SCHELLER (chimie) qui ont effectué ces analyses. Nos remerciements vont encore à A. GASSLER pour la réalisation des diagrammes et à A. CUENI et K. MEIER-RIVA pour celle des photographies.

² Le terme de fraction sableuse est utilisé ici sous une signification uniquement granulométrique ; elle sera composée de grains de 0,06 à 2 mm de diamètre qui pourront être minéraux (débris de roches, concrétions) et végétaux. Il suffit de se rapporter à la figure 21 pour savoir quelle est la composition des sables de chaque couche (fraction de 0,06 à 2 mm). Les dépôts où les grains végétaux tiennent parfois un rôle primordial ne pouvaient être considérés que dans la totalité de leurs grains ; nous n'avons donc pas opéré d'analyses granulométriques sur sédiment minéralisé à l'eau oxygénée.

* Laboratorium für Urgeschichte der Universität Basel.

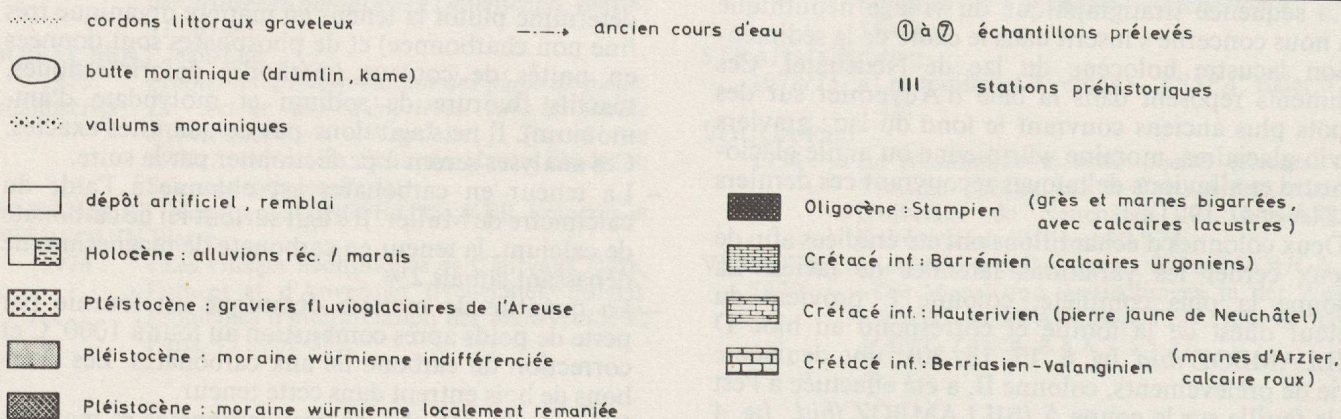
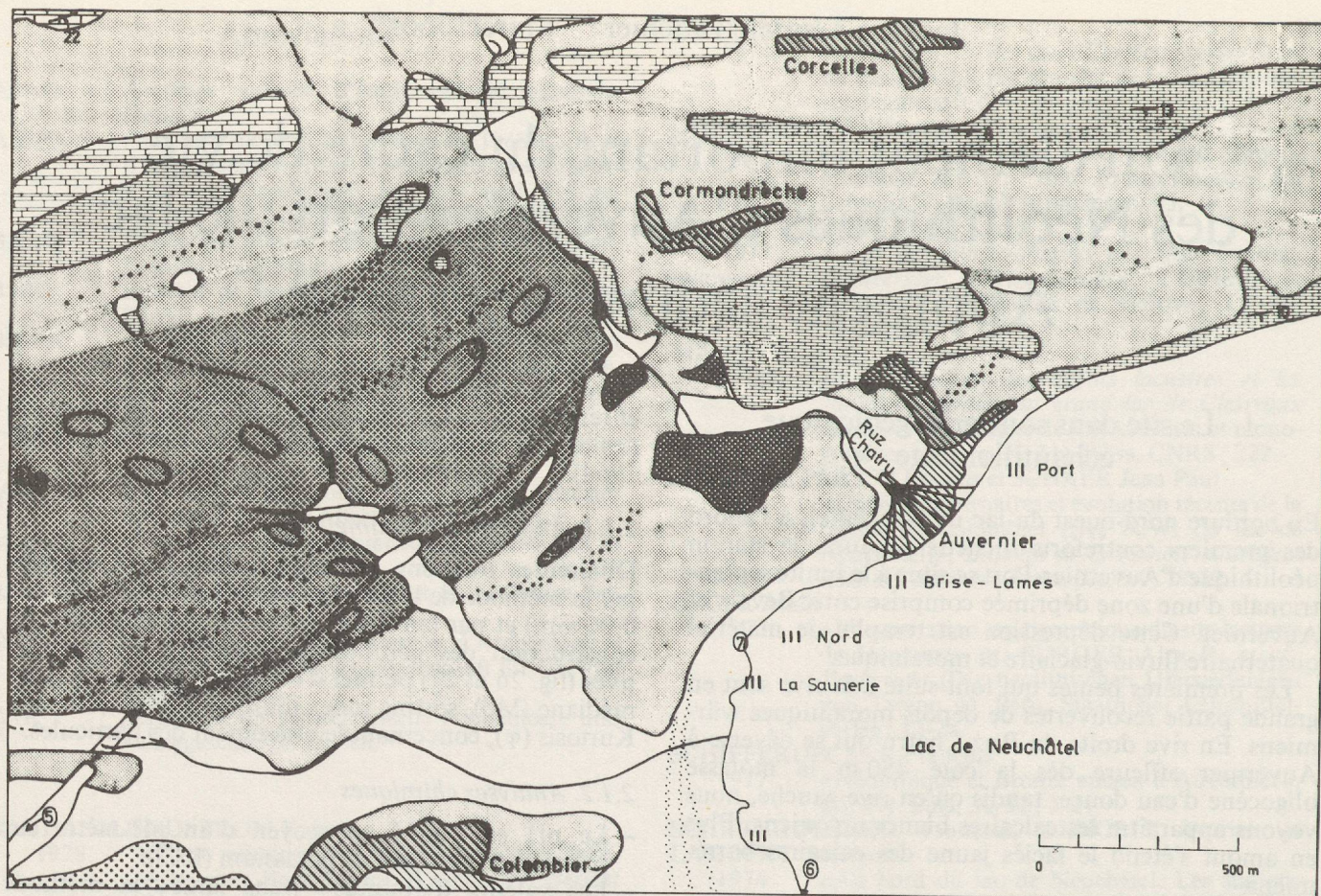


Fig. 1 Carte géologique du milieu continental environnant le site d'Auvernier-Port. (Selon Atlas géologique de la Suisse 1:25 000, feuille 1164, Neuchâtel, 1971.)

2.1.3. Les couleurs

Elles ont été obtenues à l'aide du Munsell soil color chart sur sédiment humide.

2.1.4. La masse volumique

C'est le rapport d'une certaine masse de sédiment à son volume. Ce dernier est déterminé après approximation de la porosité par imbibition d'eau.

2.1.5. « Valeur » du sédiment (fig. 30)

Cette « valeur » du sédiment (équivalent du terme allemand *Sedimentwert* employé par M. JOOS) est obtenue ici par la formule suivante :

2 (% en carbonates) + 50 (masse volumique > 1,0) + 50 (pH > 7,0) — 5 (valeur en phosphates) — 20 (valeur humus) — 10 (% en matière organique).

Il s'agit en quelque sorte d'une valeur synthétisant tous les résultats obtenus par les analyses chimiques. Cette formule a été définie pour Auvernier-Port, mais les coefficients peuvent en être modifiés pour l'étude d'autres gisements. On obtient donc des valeurs positives et des valeurs négatives. Plus les valeurs sont négatives, plus on entre dans le domaine des couches d'origine anthropique, plus elles sont positives, plus les actions naturelles, lacustres ou fluviales sont marquées.

2.2. Analyses à la loupe binoculaire (fig. 2-18)

La fraction grossière des sables (0,6 à 2 mm) a été observée sous la loupe binoculaire afin d'en déterminer sa composition. Cette étude montre d'importantes variations des constituants de cette fraction dépendant du milieu et du mode de sédimentation.

2.2.1. Etude des trois constituants principaux: grains de roches, concrétions, restes végétaux (fig. 2-6 et 21)

L'observation et le comptage de plusieurs milliers de grains, un minimum de cent par échantillon, permet d'établir en un premier temps trois courbes représentant les variations en pourcentages de ces trois éléments du sédiment.

On notera dans l'ensemble II la présence de végétaux qui ne sont pas repérés par les analyses chimiques, teneur en matières organiques et acides humiques. Ceci s'explique par le fort lessivage de ce matériel (absence des parties colloïdales, début de minéralisation). On voit donc l'intérêt de cette observation microscopique.

Le rapport végétal/minéral (= grains de roches + concrétions) permet d'individualiser les couches très riches en débris végétaux («fumiers») (fig. 21).

2.2.2. Etude des grains de roches (fig. 20)

Etude pétrographique

Vu la taille des grains (0,6 à 2 mm), seule la distinction entre quartz, roches cristallines³ et calcaires était possible. Le calcaire barrémien jaune local (figuré en traits horizontaux plus serrés de la figure 20) a cependant pu être différencié par sa couleur.

Dans le rapport roches cristallines/calcaires, au pourcentage de roches cristallines proprement dites est rajouté le pourcentage de grains de quartz. Le milieu lacustre apparaît comme étant le plus riche en quartz (fig. 28).

Etude de l'état du calcaire

Il nous a paru intéressant de reconnaître quel était à la surface des grains l'état physique du calcaire et d'établir une échelle: grains non altérés (na), peu altérés (pa), altérés (a).

Les grains non altérés présentent une surface lisse, voire polie. La surface des grains peu altérés montre une légère porosité, celle des grains altérés apparaît très poreuse.

La correspondance de la courbe d'altération avec celle des acides humiques indique l'action de ces derniers sur le calcaire. D'autre part, le remaniement mécanique d'une couche peut à nouveau lisser les grains (couches V 1, V 2).

Etude morphoscopique des grains de quartz

Nous avons distingué des grains émoussés-luisants (e.l.), sub-anguleux-luisants (s.ang.l.), non usés (CAILLEUX/TRICART, 1959). Nous n'avons pas tenu compte des grains ronds mats que l'on ne rencontre qu'en quantité très faible ici.

Les quartz sont en très grande majorité des grains non usés. Le problème est posé de savoir dans quelle mesure le mouvement des vagues peut leur faire acquérir un aspect émoussé, voire émoussé luisant.

Etude des oxydations du fer

La présence d'oxydes de fer est particulièrement bien révélée par des traces de couleur rouille sur les concrétions calcaires blanches. Les concrétions portant de telles traces ont été décomptées par rapport au nombre total de concrétions (fig. 20).

Des charbons de bois sont parfois recouverts d'une fine pellicule de couleur rouille. Nous les avons décomptés par rapport au total des charbons de bois

³ Les grains isolés de feldspaths ou d'autres minéraux ont été rangés avec les roches cristallines.

(fig. 25). L'analyse chimique de ce film a montré la présence de Fe⁺⁺ en petite quantité et de Fe⁺⁺⁺ en forte proportion. On a donc sous certaines conditions physico-chimiques fixation d'oxydes ferriques à la surface poreuse du carbone.

Ces phénomènes d'oxydation ne peuvent se produire qu'en milieu oxygéné et nécessitent donc un assèchement au moins momentané du sédiment ou une faible hauteur d'eau le recouvrant. On les observe sur la colonne I et ne sont déjà plus sensibles sur la colonne II située plus en avant dans le domaine lacustre.

2.2.3. Etude des concrétions calcaires (fig. 14-18 et 22)

Elles sont surtout abondantes dans les craies (couches II, IVb, VI 2) où elles peuvent constituer jusqu'à 90% de la fraction sableuse. Leur taille ne dépasse ici que très rarement 2 mm. Cet élément important du milieu lacustre n'est encore que peu connu.

Nous les avons classées sous quatre types morphologiques:

- *type boule* (fig. 16): de forme arrondie, à surface régulière, poreuse.
- *type chou-fleur* (fig. 14 et 15): de forme plus ou moins arrondie dont la surface porte de très nombreuses protubérances lui donnant l'aspect d'un chou-fleur.
- *type tube* (fig. 17): forme isolée tubulaire de section ronde ou cannelée, ou association géométrique de tubes cannelés, ou non géométrique de tubes ronds.
- *type plaque*: forme beaucoup plus large et longue qu'épaisse, plate ou bosselée.

La répartition de ces différents types tout au long de la séquence stratigraphique est bien précise, elle correspond vraisemblablement à des conditions de milieu différentes qu'il s'agit de déterminer. Elles sont liées au milieu lacustre.

Une décalcification à l'acide chlorhydrique des deux premières formes laisse apparaître une trame résiduelle d'aspect semblable à la cellulose du coton (fig. 18). Des organismes vivants encroûtants sont à l'origine de ces concrétions. Une étude approfondie est actuellement en cours en liaison avec J. P. ADOLPHE du laboratoire de Géologie I de l'Université de Paris VI. Des microscopies électroniques et des cultures bactériennes montrent déjà que des bactéries seraient responsables de la précipitation de carbonates sous cette forme (ADOLPHE 1975-77). Compte tenu de la part jouée par ces concrétions dans certaines couches (jusqu'à 40% de la masse totale dans des craies sableuses, fig. 5 et 6) on prendra en considération le rôle de la biogénèse bactérienne dans la formation des craies (publication en cours d'ADOLPHE/BROCHIER).

Le troisième type, tubulaire, s'est formé autour de tiges végétales ou de racines. Les tubes à section cannelée sont une production des algues du genre Chara (LUNDSTRÖM-BAUDAIS 1977). Une corrélation existe d'ailleurs entre la présence des types tubes (fig. 22) et celle d'oogones de characées (fig. 25).

Les plaques ne sont jamais très nombreuses et sont le plus souvent atypiques. Elles correspondent plutôt à des fragments d'encroûtement pelliculaire ou à des types chou-fleur de forme plus aplatie.

- *Emoussé des concrétions*: Il est déterminé d'après l'état des protubérances des concrétions de type chou-fleur. Selon que celles-ci sont plus ou moins usées, arasées, on attribue les caractères émoussé (e), peu émoussé (pe), non émoussé (ne).

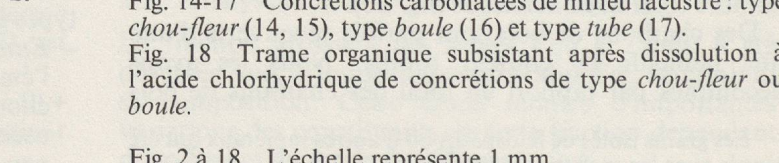
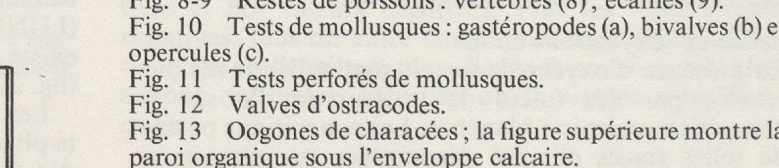
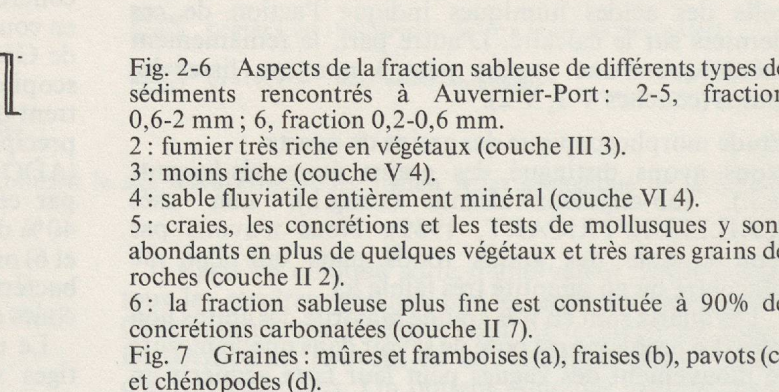
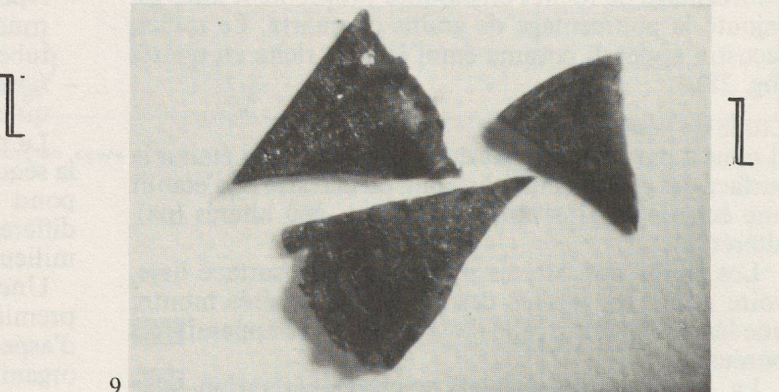
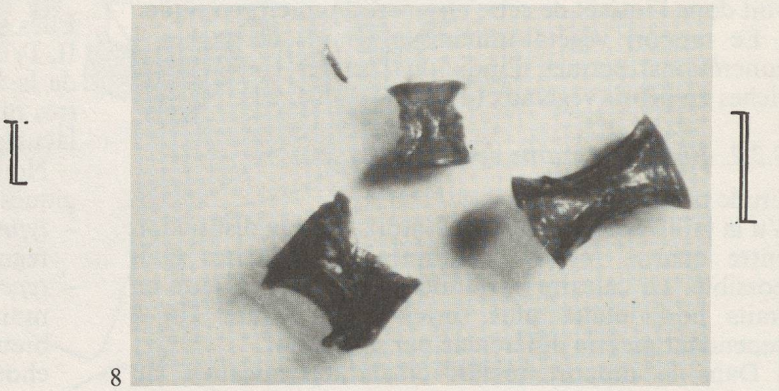
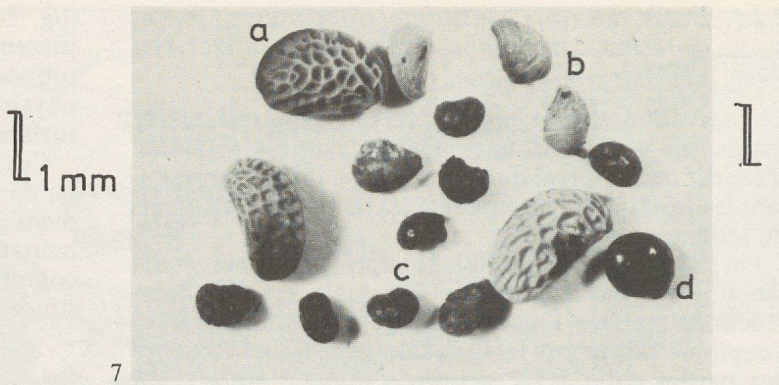
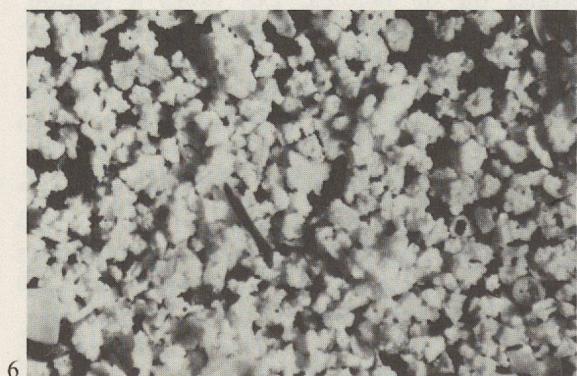
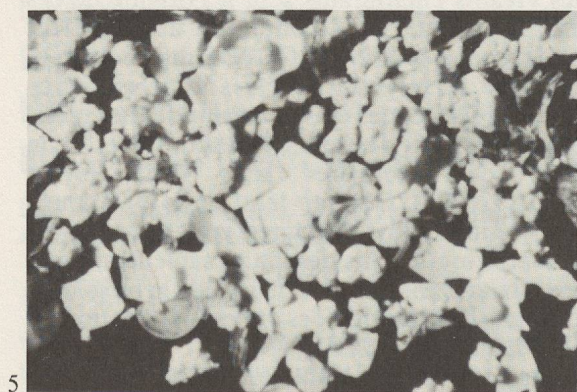
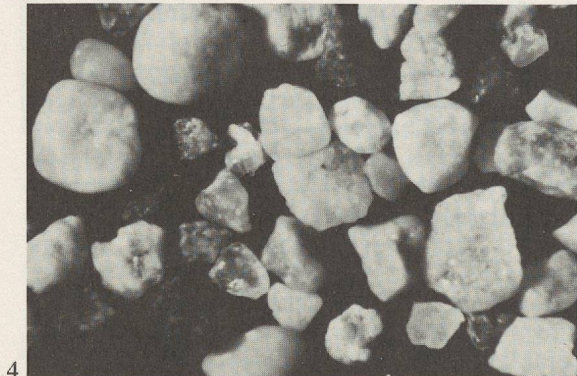
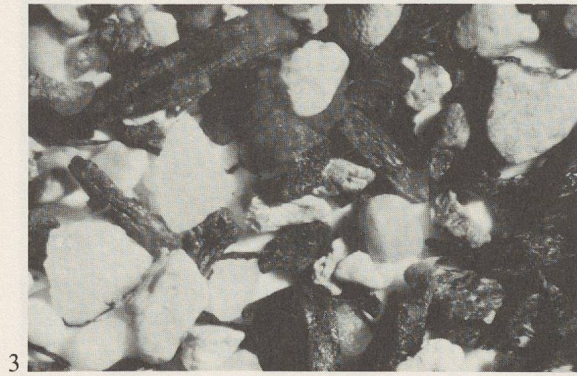
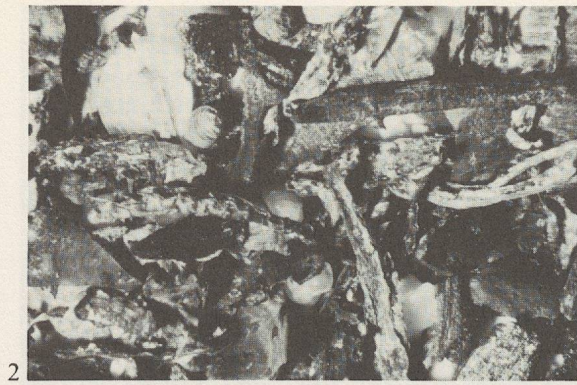
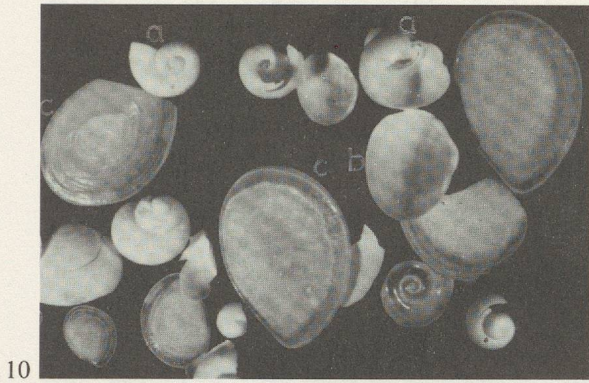
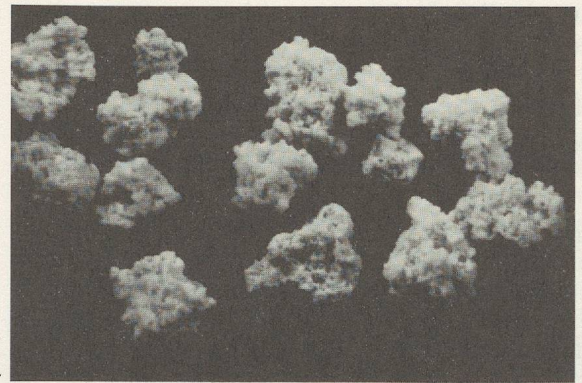


Fig. 2-6 Aspects de la fraction sableuse de différents types de sédiments rencontrés à Auvernier-Port: 2-5, fraction 0,6-2 mm; 6, fraction 0,2-0,6 mm.
 2: fumier très riche en végétaux (couche III 2).
 3: moins riche (couche V 4).
 4: sable fluviatile entièrement minéral (couche VI 4).
 5: craies, les concrétions et les tests de mollusques y sont abondants en plus de quelques végétaux et très rares grains de roches (couche II 2).
 6: la fraction sableuse plus fine est constituée à 90% de concrétions carbonatées (couche II 7).
 Fig. 7 Graines: mûres et framboises (a), fraises (b), pavots (c) et chénopodes (d).
 Fig. 8-9 Restes de poissons: vertèbres (8); écailles (9).
 Fig. 10 Tests de mollusques: gastéropodes (a), bivalves (b) et opercules (c).
 Fig. 11 Tests perforés de mollusques.
 Fig. 12 Valves d'ostracodes.
 Fig. 13 Oogones de characées; la figure supérieure montre la paroi organique sous l'enveloppe calcaire.
 Fig. 14-17 Concrétions carbonatées de milieu lacustre: type *chou-fleur* (14, 15), type *boule* (16) et type *tube* (17).
 Fig. 18 Trame organique subsistant après dissolution à l'acide chlorhydrique de concrétions de type *chou-fleur* ou *boule*.
 Fig. 2 à 18 L'échelle représente 1 mm.

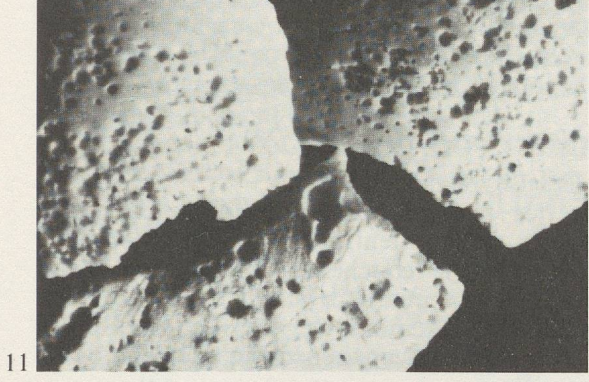


10

1mm

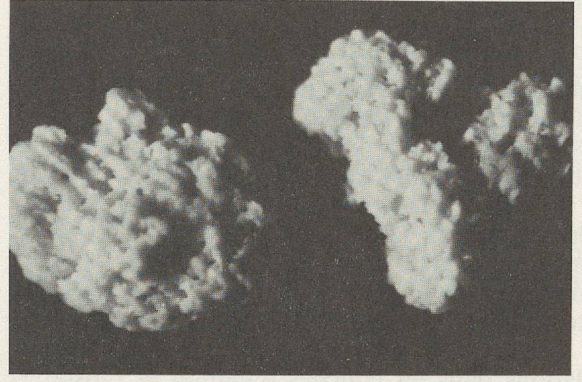


14

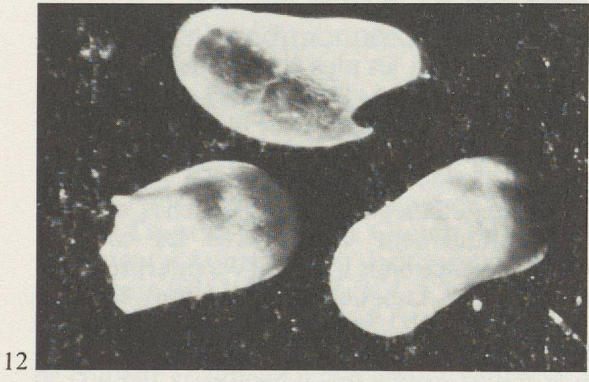


11

1mm

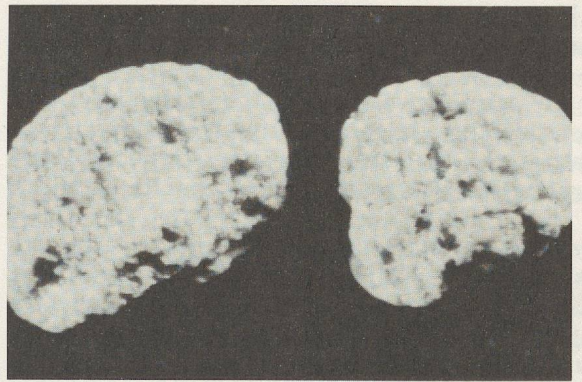


15

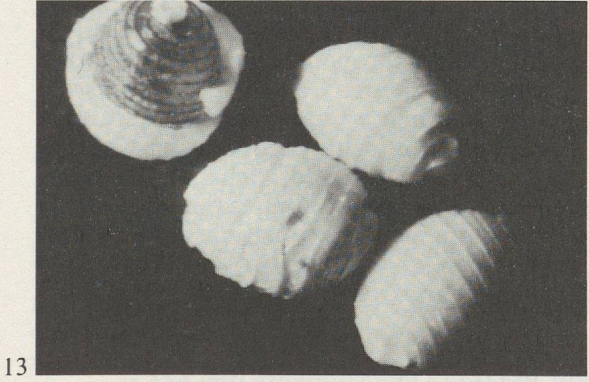


12

1mm

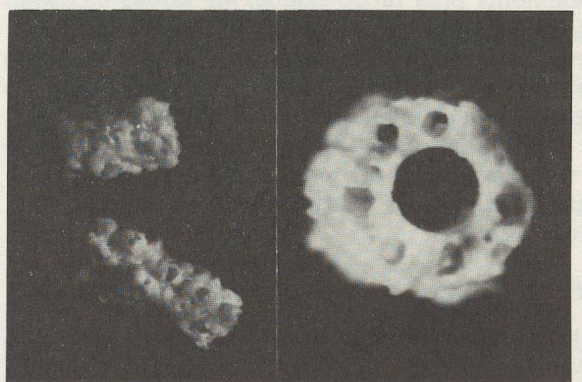


16

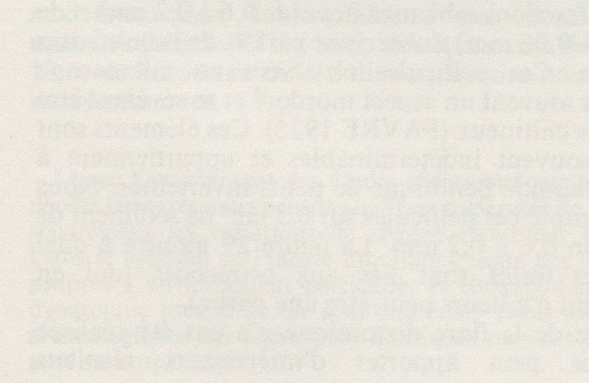


13

1mm



17



18

1mm

Le caractère émoussé des concrétions contenues dans les couches d'habitat (ensemble V) permet de dire qu'elles s'y trouvent en position secondaire et remaniée.

2.2.4. Etude des restes végétaux (fig. 2, 3, 7, 13 et 25)

On les trouve dans les couches d'habitat, dans les «fumiers» (fig. 2-3), dont ils constituent le matériel principal, ou flottés et remaniés dans des couches typiquement lacustres. Cette étude ne prétend pas suppléer à l'analyse d'un botaniste, mais les végétaux constituent parfois une part très importante du sédiment et peuvent apporter des informations sur sa formation.

Nous avons établi les pourcentages en charbons de bois, oogones de characées et racines par rapport à l'ensemble des végétaux constitués par ailleurs de débris de brindilles, de feuilles, de graines, etc.

Les charbons de bois sont d'origine anthropique ; ils peuvent indiquer, dans des couches stériles où ils n'ont pas été repérés macroscopiquement, la présence d'occupations humaines contemporaines. Ils sont souvent très nombreux dans les dépôts.

Les oogones de characées (fructifications d'algues encroûtées de carbonates) sont un bon indicateur du milieu lacustre (fig. 13). Ils marquent la présence d'inondations dans les couches d'habitat et l'installation de la prairie de charophycées dans les craies. Cette colonisation des fonds lacustres qui apparaît à des phases bien précises des stratigraphies (base de la couche II pour Auvernier-Port) correspond à des conditions définies du milieu limnique, bathymétrie, température, etc. Une étude plus poussée nécessiterait la détermination des genres *Chara*, *Nitella* et *Nitelopsis*.

Les racines permettent de repérer des sols, des niveaux de végétation. Une confirmation doit être apportée par d'autres données, car les racines de plantes peuvent aller se développer dans des niveaux plus inférieurs qui leur conviennent mieux.

Des éléments plus rares, graines de mûres et framboises (fig. 7), mousses et feuilles de conifères ont été décomptés numériquement sur le sédiment étalé régulièrement sur une surface constante de 1 dm². On les rencontre dans les couches d'habitat.

Pour une meilleure compréhension des «fumiers» et de leur mode de dépôt, une méthode d'analyse de l'état de dégradation de la matière organique doit être élaborée.

2.2.5. Etude des tests de mollusques (fig. 10-11 et 23)

Ils peuvent prendre une part importante dans la constitution de la fraction sableuse du sédiment. On les rencontre surtout dans les milieux lacustres et on peut penser qu'ils appartiennent en très grande majorité à des espèces aquatiques (CHAIX *ibid.* § 2).

Les tests

Ils se trouvent surtout à l'état de fragments. Leur pourcentage a été calculé par rapport à l'ensemble des grains de la fraction sableuse considérée.

⁴Dans les analyses que nous poursuivons sur les sédiments de la baie d'Auvernier, les décomptes de ce type ont été abandonnés pour un calcul en pourcentages par rapport à la totalité ou à une classe particulière de grains.

Les tests perforés (fig. 11)

Ces tests présentent des formes de dissolution allant de la simple cupule de surface à la perforation. Cette dissolution peut être d'origine physico-chimique (acidité du sédiment) ou biochimique (action d'algues), le milieu basique assez stable des craies ferait plutôt pencher pour la seconde hypothèse. Une meilleure compréhension de ce phénomène qui n'apparaît qu'à des moments bien précis, apportera des précisions sur le milieu de formation des craies qui les contiennent. Leur pourcentage est obtenu par rapport à l'ensemble des fragments de tests contenus dans la fraction.

Les bivalves, les gastéropodes, les opercules (fig. 10) :

Il s'agit de coquilles entières. Leur décompte a été effectué sur un volume de sédiment constant régulièrement étalé sur 1 dm². Nous renvoyons à l'étude de L. CHAIX pour la détermination des espèces.

2.2.6. Etude des restes osseux (fig. 24)

Esquilles osseuses de mammifères

Elles sont très peu nombreuses (taille inférieure à 2 mm) dans les prélèvements que nous avons étudiés. Elles proviennent de couches archéologiques. Leur recherche pourrait permettre de mettre en évidence des structures d'habitat (témoins fugaces de A. LEROI-GOURHAN). Nous n'avons rencontré que deux os de micromammifères.

Restes de poissons (fig. 8-9)

Ce sont les restes osseux les plus abondants ici. Ils sont constitués par des arêtes, des écailles (fig. 9), des vertèbres (fig. 8). Comme les restes de mammifères, leur nombre est compté sur une surface de sédiment constante de 1 dm². On observe toujours une bonne corrélation de ces éléments avec les couches anthropogènes et pratiquement jamais avec les couches lacustres (leur présence dans la craie IV s'interprète par des remaniements de la couche sous-jacente). Ils sont d'origine anthropique.

2.2.7. Etude des ostracodes (fig. 12 et 29)

On retrouve dans les sédiments lacustres les valves calcaires de ces petits arthropodes (fig. 12). Leur taille est de l'ordre du millimètre. Ce sont des organismes aquatiques dont le milieu est généralement le suivant (pour les espèces que l'on peut rencontrer dans les lacs suisses) : peu agité, peu profond, riche en végétaux, mais limpide, exondations temporaires possibles. Nous n'avons pas effectué de déterminations spécifiques, mais seulement des comptages sur un volume de 0,5 cm³ de sédiment appartenant à la fraction 0,2 mm à 0,6 mm.

2.2.8. Etude des restes planctoniques (fig. 29)

Dans les fractions sableuses fines (de 0,6 à 0,2 mm et de 0,2 mm à 0,06 mm) s'observent parfois de nombreuses pellicules. Ces pellicules observées au microscope montrent souvent un aspect mordoré et se révèlent être des débris chitineux (FAVRE 1935). Ces éléments sont le plus souvent indéterminables et appartiennent à toute la faunule benthique de petits invertébrés. Nous avons compté ces pellicules sur 0,5 cm³ de sédiment de la fraction 0,6 à 0,2 mm. La figure 29 montre à quel point ces restes sont liés aux ostracodes (qui en constituent d'ailleurs peut-être une partie).

L'étude de la flore diatomique n'a pas été réalisée ici, mais peut apporter d'intéressants résultats

(WÜTHRICH 1971). La présence des diatomées, algues microscopiques à parois siliceuses, est révélatrice du milieu lacustre.

2.2.9. Indices limniques (fig. 29)

Nous avons défini un indice limnique égal à la somme : pourcentage en concrétions + pourcentage en oogones de characées + pourcentage en carbonates (valeurs supérieures à 50%) + pourcentage en tests de mollusques. Les ostracodes et les restes planctoniques peuvent aussi lui être associés. Tous ces éléments sont typiques du milieu lacustre et les variations de l'indice permettent de repérer les phases d'activité du lac⁵. Le pourcentage en tests de mollusques peut être tempéré par l'activité du lac qui fragmente et multiplie les tests et par la détermination des espèces terrestres et lacustres, mais dans la plupart des cas les espèces lacustres dominent largement (CHAIX *ibid.* § 2).

Récemment, K. LUNDSTRÖM-BAUDAIS vient de définir un indice limnique de calcul un peu différent mais dont le but est identique (LUNDSTRÖM-BAUDAIS 1977).

3. Caractéristiques des sédiments d'Auvernier-Port et les modalités de leur sédimentation (fig. 19-30)

3.1 Les limons argileux bleus

Ce dépôt est le plus profond reconnu sur le site. Il recouvre la moraine et peut atteindre 1 à 13 mètres d'épaisseur (Etudes géotechniques de la R.N. 5 ; archives des Travaux publics du Canton de Neuchâtel). Il a seulement été observé lors des travaux de construction de la route (BILLAMBOZ *ibid.*, § 3.2.2, fig. 11 et 13) et aucun prélèvement n'a pu en être étudié.

Il s'agit plus probablement de limons riches en argiles de couleur gris-bleue que d'argiles véritables (le terme d'«argile bleue» est fréquemment usité pour les dénommer). Le débit prismatique qui apparaît sur certaines photographies montre une teneur importante en fractions très fines.

En l'absence d'analyses, nous ne pourrions qu'avancer des hypothèses sur leur origine. Nous pensons à une formation lacustre du même type que celles rencontrées dans de nombreux lacs périalpins. Ces dépôts sont généralement datés du Tardiglaciaire (MAGNY 1978, MATHEY 1970, WEGMÜLLER 1966) ; ils sont chronologiquement cadrés ici par la moraine würmienne qu'ils recouvrent et les graviers susjacentes de la rivière d'Auvernier (couches VI 3-7) antérieurs à l'Atlantique récent. Il est encore possible de rattacher ces sédiments aux formations fluvio-glaciaires qui recouvrent la moraine (MEIA 1971), mais des épaisseurs de plus de 13 m de limons en milieu fluvio-glaciaire nous paraissent étonnantes.

⁵ Avec l'avancement des études sédimentologiques sur les dépôts lacustres nous pensons qu'il est préférable de présenter séparément les variations de chaque indicateur limnique. Dans le système de l'indice limnique unique des variations propres à un indicateur particulier et correspondant à une dynamique précise du lac sont oblitérées. Dans les couches archéologiques des organismes limniques peuvent être d'apport anthropique.

3.2. Couches VI 4, 5, 6, 7

3.2.1. Caractéristiques sédimentologiques

Ce sont des couches de sable plus ou moins limono-argileuses. VI 4 est une couche sableuse à gros graviers. Ces sables, moyens à grossiers, sont bien classés. Les graviers du niveau VI 4 sont par contre mal classés.

La composition pétrographique de la fraction VII (ø de 0,6 à 2 mm) montre deux fois plus de grains calcaires que de grains ayant appartenu à des roches éruptives ou métamorphiques. Ces grains calcaires sont en grande majorité composés de calcaire barrémien jaune local à faciès oolithique (figuré hachuré plus serré de la planche 3). La couleur jaune du sédiment doit leur être imputée (2.5 Y 5 à 2-4). La surface des grains calcaires ne présente pas de traces d'altération. Les grains de quartz isolés sont moins nombreux que dans les couches supérieures, les grains de roches cristallines sont eux plus abondants. On notera deux augmentations du pourcentage des grains de quartz émoussés luisants en VI 4 et VI 5.

La teneur en carbonates voisine 40% et atteint 50% en VI 7. La quantité de matière organique contenue dans ces couches est très très faible : l'humus est inexistant. Le pH s'écarte peu de la valeur 8.

3.2.2. Interprétations sur le mode de dépôt

Le bon classement des sables et la présence de sables calcaires autochtones montrent qu'il s'agit d'un dépôt d'origine hydrodynamique dû à l'alluvionnement d'un cours d'eau côtier relativement puissant. L'influence des moraines locales dans l'alimentation de ce cours d'eau est visible dans la composition des graviers où l'on trouve des roches alpines, des calcaires et mollasse locaux (MONNEY *ibid.*, couche VI 4, § 2.1.1).

On se trouverait donc ici au niveau du cône de déjection du Ruz Chatru. Les différences granulométriques de ces couches peuvent provenir de différences dans la compétence du cours d'eau (VI 4 où les graviers sont mal classés serait d'origine torrentielle) ou du déplacement de son lit majeur.

Il reste difficile de préciser si ce cône d'alluvions s'est constitué en milieu terrestre ou lacustre (delta). MEIA qui a étudié les formations quaternaires de la région, parle de «delta d'Auvernier» (MEIA 1971), mais la morphologie en cône ne suffit pas.

3.3. Couche VI 3

3.3.1. Caractéristiques sédimentologiques

Elles sont très proches de celles des couches inférieures, mais on note ici la présence de coquilles de gastéropodes et de quelques concrétions.

Les sables sont plus riches en calcaires que ne le sont les galets où les roches vertes dominent (composition pétrographique des galets différente de VI 4, MONNEY *ibid.*).

3.3.2. Interprétations sur le mode de dépôt

L'influence du lac se fait sentir. Soit le lac remanie les couches inférieures, soit le delta de l'Areuse se trouve maintenant en milieu lacustre.

L'analyse palynologique de la couche VI 3 permet de dater de l'Atlantique récent (LIESE-KLEIBER *ibid.* § 4.1.1). L'absence de pollens en VI 4 démontre l'exis-

tence d'un hiatus entre VI 3 et VI 4. S'agit-il du même hiatus précédant les dépôts Cortailod repérés à Yverdon *garage Martin* et à Douanne ?

On doit noter à ce niveau une transgression du lac. Lors de cette transgression, la bordure du cône d'alluvions est réorganisée en trois cordons graveleux à 426, 426,60 et 427,50 m (BILLAMBOZ *ibid.*, § 3.2.2, fig. 11 et 12).

3.4. Couche VI 2

3.4.1. Caractéristiques

La proportion de limons est ici beaucoup plus forte. Ce sable très limoneux contient un fort pourcentage de graviers.

La courbe granulométrique cumulative globale montre un palier très net entre le sédiment fin inférieur à 1 mm et les graviers supérieurs à 2 mm. Il en est de même pour la courbe du sédiment inférieur à 2 mm qui présente un palier moins marqué entre les limons et les sables.

L'analyse pétrographique des galets montre une composition proche de celle de la couche inférieure (MONNEY *ibid.* § 2.1.3) ; il en est de même des sables.

Le pH reste voisin de 8. La proportion en phosphate augmente. La matière organique reste très faible et l'humus absent.

La courbe du carbonate de calcium présente un pic très marqué et les concrétions calcaires sont aussi très abondantes.

On rencontre quelques restes de mollusques.

Quelques grains de sable et surtout les concrétions calcaires portent une mince croûte d'oxydes de fer.

3.4.2. Interprétations

Le milieu est maintenant franchement lacustre (limon crayeux fortement carbonaté, gastéropodes et concrétions lacustres). Le lac dépose une craie et remanie la surface de la couche VI 3 ; les courbes granulométriques cumulatives montrent bien cette reprise des sables et galets de la couche inférieure par le lac. Cette craie subit une ablation certaine de la part de ce dernier et ne reste conservée que dans les cuvettes (hiatus pollinique entre VI 2 et V 11, LIESE-KLEIBER *ibid.* § 4.1.1).

3.5. Couche VI 1

3.5.1. Caractéristiques

C'est une couche de gros galets fortement vermiculés. Les roches vertes et les quartzites en sont les principaux éléments pétrographiques (MONNEY *ibid.* § 2.1.4). On note aussi la présence de calcaires et mollasses locaux.

3.5.2. Interprétations

Le niveau du lac redescend. On se trouve là au niveau d'une plage de réduction dont les éléments fins ont été emportés. Cette ablation de sédiment peut aussi être responsable (cf. § 3.4.2) du hiatus pollinique entre les couches VI 2 et V 11.

3.6. Couches V 11 et VI 0

3.6.1. Caractéristiques

Zone ouest (colonne II, couche V 11)

Ce sable limoneux recouvre la couche VI 1. Son

épaisseur ne dépasse pas 3 cm. Il est mal classé et contient peu de graviers.

La fraction sableuse est très quartzreuse ; on note un minimum dans la proportion des grains calcaires. Les quartz émoussés luisants et subanguleux luisants marquent un maximum.

Le pourcentage de carbonate de calcium retombe en dessous de 40%. On rencontre de nombreuses concrétions portant des traces d'oxydation.

La matière organique, l'humus et les phosphates surtout montrent une nette augmentation. Cette couche contient les premiers restes végétaux de la séquence.

Il existe toujours quelques fragments de tests de mollusques.

Il s'agit de l'extension extrême sur une faible épaisseur de la couche VI 0 vers le littoral. Les sables de la couche VI 0 se sont mélangés (action anthropique) aux restes laissés par la première occupation humaine (couche V 11).

Zone est (colonne I, couche VI 0)

C'est un sable bien classé de couleur gris sombre (5 Y 4/1) dont l'épaisseur atteint plusieurs dizaines de centimètres. La fraction limono-argileuse est ici très réduite. Les grains de 0,6 à 2 mm sont pour moitié des concrétions, du type boule principalement ; c'est ce qui a valu à ce sable le nom de «sable à particules encroûtées» (BILLAMBOZ *ibid.* § 3.2.2, fig. 32), en fait on n'observe pas de noyau comme ce terme le laisserait entendre, il s'agit d'une formation biogénique à part entière (cf. § 2.2.3).

Les grains de roche sont essentiellement quartzeux. C'est une couche peu carbonatée ; on y rencontre quelques tests de mollusques. La matière organique et les acides humiques sont pratiquement absents.

3.6.2. Interprétations

Le faciès de cette couche n'est représenté qu'à l'est du site. La zone ouest en montre l'extension extrême vers le littoral (milieu plus oxydant, faible puissance de la couche à laquelle se sont mélangés des éléments du niveau susjacent).

La présence des concrétions et des mollusques indique un milieu lacustre ; l'abondance des sables et leur bon classement nous montre qu'il s'agit là d'un faciès littoral. Les concrétions pourraient être héritées de l'érosion de sédiments crayeux plus anciens. Il reste difficile d'expliquer la présence massive de sables quartzeux, alors que les couches supérieures et inférieures contiennent toujours plus de 10% de fragments calcaires (sauf la couche III). Il semble que le milieu lacustre soit plus riche en quartz (fig. 28).

3.7. Couches V a'-a'', b-c (V 6, 7, 8, 9, 10)

3.7.1. Caractéristiques

Ce sont des sables limoneux peu argileux, mal classés, plus ou moins riches en graviers. Ils contiennent de nombreux restes anthropiques, poteries, ossements, outillage, végétaux, etc.

Les grains de sable calcaires atteignent rapidement 50% dès le niveau V 8.

On note un mouvement de bascule de la courbe des pH qui tombent en dessous de 7,5. Le rapport Végétal/Minéral passe à des valeurs plus grandes que 1, avec un maximum au niveau de V6. Les courbes de matière organique, humus et phosphate notent aussi des valeurs croissantes, et toujours un maximum en V 6.

3.7.2. Interprétations

Le site est alors occupé par les hommes de la civilisation de Cortailod : ces couches sont de genèse essentiellement anthropique.

Le niveau V 6 est le plus riche en restes organiques et en phosphate ; cette couche est peu compacte et doit correspondre à une mise en place ou à un remaniement rapide. Le pourcentage en phosphate indique une activité humaine, ou animale (excréments) importante à ce niveau.

Il est difficile de préciser pour toutes ces couches le rôle joué par le lac après ou pendant leur dépôt. Sur la foi du tri granulométrique, il semble que leur sédiment ait été faiblement reclassé par le lac ; les courbes de couches culturelles présentent en général un faciès plus aplati. Les observations faites en cours de fouilles précisent l'existence d'un niveau à bois et brindilles flottées au sommet de V 6. On a donc avec certitude, à ce niveau, une inondation du lac de courte durée. Il est remarquable de noter que les phosphates n'ont pas été lessivés.

La présence d'un gradient dans le pourcentage du phosphate depuis les couches stériles VI 3, 2, a, jusqu'à la première couche d'habitat V b-c, peut s'interpréter comme un phénomène d'illuviation et permet d'avancer que le terrain est resté exondé un certain temps.

3.8. Couche V a (V 1, 2, 3, 4, 5)

3.8.1. Caractéristiques sédimentologiques

On peut diviser cette couche en trois parties. De bas en haut on distingue :

La couche V 5

C'est une couche riche en limons et argiles. La fraction fine est encore composée pour 50% de sable ; elle est très mal classée. Cette couche accuse une très forte densité. La composition pétrographique des sables reste identique à celle de l'ensemble V en général.

Le matériel organique est moins abondant. La courbe du phosphate marque un net minimum.

Les couches V 3 et V 4

Ce sont des couches plus sableuses et moins argileuses où la proportion des graviers est un peu plus importante. Elles sont mal classées.

La composition pétrographique des sables est identique à celle de l'ensemble V. Les grains calcaires présentent une surface altérée, très poreuse.

On note la présence de quelques concrétions peu abondantes. Elles sont principalement du type «chou-fleur», mais aussi «boule», «tube» et «plaque». Ce sont des couches riches en matière organique et en phosphates.

Les couches V 1 et V 2 :

Ce sont encore des couches sablo-limoneuses et même très sableuses pour la couche V 2. La couche V 1 est plus riche en graviers, et moins bien classée que V 2. On observe cependant un classement sur les sables > 0,2 mm.

Elles se distinguent nettement de l'ensemble inférieur par une quantité plus faible de restes organiques. Le pH bascule à nouveau dans les valeurs supérieures à 7,5. La courbe du phosphate accuse une baisse très nette.

Le carbonate de calcium commence à croître au niveau de V 1. On note la présence de concrétions et de gastéropodes d'origine lacustre. Les concrétions sont

roulées, émoussées, ce sont les seuls niveaux, excepté le V 5, où elles sont dans cet état.

3.8.2. Interprétations

La couche V 5 :

Elle correspond à une structure d'origine humaine. Il s'agit d'une «chape d'argile».

L'analyse sédimentologique montre qu'il n'y a eu apport que de la partie fine, argile et limon, du sédiment, le sable restant strictement identique aux couches sus- et sous-jacentes (cf. courbe de la composition pétrographique de la fraction VII). Le sable des couches culturelles est pour une grande part apporté par l'homme lors de ses différentes activités. Il semblerait donc que l'homme ait fréquenté les mêmes endroits au cours de la couche V.

On doit noter la faible teneur en phosphate de cette structure qui, pour certains, représente le centre de l'habitat.

Les couches V 3 et 4 :

Elles sont essentiellement anthropiques. Leur formation est semblable à celle des couches V a'-a'', b-c, et comme pour celles-ci, on doit aussi invoquer quelques légères reprises par le lac.

Le redressement des courbes granulométriques au niveau des graviers indique un apport de graviers supérieurs à 5 mm, attribuable à l'homme ou au classement par le lac.

Il est intéressant de remarquer que les grains calcaires ne sont altérés que dans les couches où la matière organique et le phosphate sont abondants. Ceci est dû à la formation de divers acides organiques dans ces couches, formation d'ailleurs indiquée par la courbe du pH, moins basique dans les couches anthropiques. La forte altération des grains calcaires dans les niveaux V 3 et V 4 peut s'expliquer par une activité humaine et la décomposition des végétaux fortement génératrices d'acides qui auraient été lessivés par la suite. Contrairement à ce que l'on peut noter dans d'autres gisements pour des couches organiques, le pH ne descend pas ici en dessous de la neutralité. Ce fait serait à corrélérer avec un léger lessivage des couches par le lac (meilleur effet tampon).

Les couches V 1 et V 2 :

Ce sont des couches anthropiques fortement lessivées. Le rôle du lac est ici essentiel.

Le niveau du lac monte. On se trouve dans une zone proche des plages (sédimentation sableuse, concrétions roulées).

La transgression s'accompagne de phénomènes d'érosion importants. Dans la partie frontale du gisement, la couche V est entièrement emportée (sud est).

3.9. L'ensemble V à l'est du gisement (colonne II)

Il n'est représenté ici que par un niveau unique discontinu de faible épaisseur (2 cm). Cette couche très sableuse contient quelques restes végétaux, mais sa teneur en matière organique et acides humiques reste faible. Sa teneur en phosphate, de même, est plus faible que dans la zone ouest. On note la présence de quelques concrétions lacustres et de tests de mollusques.

Il est intéressant de noter que les charbons de bois, en grande quantité ici, ne portent pas à leur surface de traces d'oxydes de fer comme ceux de l'ensemble V ouest (colonne I). Comme nous l'avons vu pour la couche V 11, on se trouve ici dans une zone plus

éloignée du rivage où les phénomènes d'oxydation sont moins importants.

3.10. Couches IV a et IV b

3.10.1. Caractéristiques

Zone ouest (colonne I)

La couche IV a se présentait sous la forme d'un mince lit de limon crayeux ; d'épaisseur très réduite (1 cm), elle n'a pu être prélevée ici. Elle recouvrait la couche IV b.

La couche IV b est un limon sableux riche en graviers, très mal classé. Elle se dépose dans les cuvettes laissées par l'érosion en surface de la couche V (BILLAMBOZ *ibid.* fig. 30, 31, 32). Parfois, un mince lit crayeux (non prélevé) la sépare de celle-ci.

La composition pétrographique des sables est identique à celle de l'ensemble V. Celle des galets ne semble pas être très différente vu la pauvreté de l'ensemble V en éléments supérieurs à 4 cm. Elle apparaît riche en quartzites et granites ; les galets calcaires sont vermiculés (MONNEY *ibid.* § 2.4). Les grains de quartz émoussés luisants marquent un maximum. Les grains calcaires sont légèrement altérés.

On rencontre encore dans cette couche un matériel archéologique abondant, très roulé, en position souvent oblique ou verticale.

Les valeurs d'humus, phosphates, matière organique sont basses. Le pH reste basique.

Le carbonate marque un maximum très net, ainsi que les concrétions. Les gastéropodes deviennent plus abondants ; on retrouve principalement leurs opercules. Quelques restes de poissons sont à noter.

Zone est (colonne II)

La couche IV b y est peu différente. Les teneurs plus faibles en phosphate et acides humiques indiquent toujours un lessivage plus intense par les eaux du lac dans cette zone.

La couche IV a est un limon calcaire mieux classé que la couche IV b. La fraction sableuse est essentiellement constituée de concrétions biogéniques de type chou-fleur, accompagnées de quelques restes végétaux flottés. La teneur en matière organique et acides humiques est presque nulle. On notera la présence d'oogones de characées en petite quantité. Les tests de mollusques sont plus abondants qu'en IV b.

3.10.2. Interprétations

Couche IV b

Les limons très carbonatés, les concrétions et les mollusques indiquent un dépôt de craie lacustre dont la dynamique de sédimentation est incompatible avec la formation de galets, sables et graviers à laquelle elle est associée. Une couche de craie de très faible épaisseur a parfois été reconnue sous les galets de la couche IV b. Seul un processus de dépôt en deux temps est concevable :

- La transgression du lac déjà engagée dès les niveaux V 1 et V 2, se poursuit, l'ensemble V est fortement érodé en avant du gisement et ses éléments sont transportés côté rive où on les retrouve roulés. Le niveau du lac se stabilise, une mince couche de craie se dépose.
- Une régression amène ensuite la constitution d'une plage de galets ; matériel archéologique, galets, graviers, sables et silts crayeux se trouvent alors mêlés. Le lac stationne à ce niveau un temps suffisamment

long pour permettre aux algues de coloniser les galets (vermiculation des galets calcaires, MONNEY *ibid.* § 3.3).

Couche IV a

Après une rapide transgression, une sédimentation lacustre typique (limon calcaire, concrétions algaires, characées, tests de mollusques) se développe alors que le niveau du lac se stabilise. Cette sédimentation est beaucoup plus faible dans la zone littorale occidentale.

On notera que les couches IV a et b, non anthropiques, sont plus riches en phosphates que l'ensemble II également stérile en présence humaine. Ce phénomène peut être attribué à des illuviations provenant de l'ensemble archéologique III lors de son dépôt ou postérieurement à celui-ci, alors que les couches étaient exondées. Ce phosphate pourrait aussi provenir du lessivage et du remaniement, de couches humaines sous-jacentes.

3.11. Ensemble III

3.11.1. Caractéristiques

Zone ouest

Les caractéristiques sédimentologiques des niveaux III 1, 2 et 3 sont voisines. Il s'agit de sables limoneux de plus en plus sableux et de mieux en mieux classés de bas en haut. Ce sont des couches archéologiques.

La composition pétrographique des sables est différente de celle des ensembles IV et V ; les grains calcaires y sont en proportion bien moins forte. Les quartz sont aussi moins usés que dans les couches sous-jacentes.

Ce sont de nouveau des couches riches en matière organique, humus et phosphate. Le pH, comme pour chaque couche organique, bascule à nouveau vers une «acidité» plus forte.

Ces couches sont de moins en moins carbonatées. Il n'y a pas de concrétions. Quelques rares traces de gastéropodes et de characées sont à noter.

Les charbons de bois sont nombreux. Ils ne portent pas de traces d'oxydes alors que 20 à 30% en présentaient dans l'ensemble V.

Ces niveaux sont très riches en restes de poissons. Les graines sont surtout abondantes au sommet et les mousses à la base.

Zone est

Il est ici beaucoup plus limoneux mais aussi riche en matières organiques, acides humiques et phosphates qu'à l'ouest du site. Les charbons de bois sont très abondants.

Le rapport grains de roches cristallines/roches calcaires bascule aussi ici dans les valeurs supérieures à 9, phénomène caractéristique au niveau de l'ensemble III.

3.11.2. Interprétations

Ce sont bien sûr des couches d'origine culturelle. Comme pour bien des niveaux de l'ensemble V, il est difficile de savoir quelle a été exactement l'action du lac après leur dépôt.

Elles sont dans l'ensemble moins bien classées que celles de l'ensemble V. La partie supérieure de l'ensemble III mieux classée pourrait avoir été plus remaniée par le lac (densité plus faible).

La plus forte teneur en limons et carbonate de calcium de la base de l'ensemble III peut être attribuée à une influence de la couche de craie sous-jacente piétinée par les hommes. On peut aussi voir dans ce fait

une influence du lac corroborée par la présence de characées et de mollusques.

La composition pétrographique des sables différente dans les ensembles III et V ne s'explique que difficilement. Elle peut être due à la fréquentation de lieux différents par l'homme qui, par ses activités (construction, agriculture, déplacement par les pieds des hommes et des bêtes, etc.) est un grand transporteur de sables ! Les couches où l'action du lac est la mieux marquée (couches III, I, VI O) sont les plus riches en quartz (fig. 28). Il semble que ce soit là une caractéristique du milieu lacustre.

3.12. Ensemble II

3.12.1. Caractéristiques

Zone ouest

L'ensemble II peut se diviser en deux parties :

La partie inférieure (niveaux II 6 à II) plus sableuse (sables fins) et mieux classée ; les sables constituant 65 à 50% de la fraction fine. Les graviers sont pratiquement absents, sauf en II 6 et II 8 (ceux de II 9 appartenant certainement à l'ensemble III). Les sables sont trop fins pour pouvoir faire un décompte pétrographique. Les quartz paraissent y dominer.

Le pH reprend des valeurs de couche stérile. L'humus et la matière organique notent encore la présence de restes organiques tout à fait à la base.

Les restes végétaux sont encore nombreux jusqu'en II 5. Il s'agit surtout de charbons de bois, sans film d'oxydes comme ceux de l'ensemble III.

La courbe du phosphate décroît régulièrement. Celle du carbonate augmente rapidement jusqu'à 90% pour se maintenir à cette valeur.

Les concrétions sont nombreuses. Elles sont surtout du type «chou-fleur», mais on doit noter 15% de concrétions «en tube» dans les couches II 8 et II 9, type de concrétion qui n'existe pratiquement plus au-dessus du niveau II 5.

La base de l'ensemble II se différencie encore par la présence en nombre important de characées qui n'existent plus dans les niveaux supérieurs. Les ostracodes et les restes planctoniques sont aussi beaucoup plus nombreux (fig. 29).

Les fragments de tests de mollusques composent jusqu'à 50% des grains de la fraction VII. Il s'agit surtout de gastéropodes, de leurs opercules et de quelques bivalves (CHAIX *ibid.* § 4.2.6). Ces tests de mollusques présentent d'importantes traces de dissolution allant jusqu'à la perforation.

La partie supérieure (niveaux II 1 à II 5) présente des caractères sédimentologiques quelque peu différents. Ces couches sont de véritables limons carbonatés sauf la couche II 4, sableuse. Elles sont moins bien classées que les couches II 6 à II 9.

On n'y rencontre plus de characées et de concrétions en tubes. Les restes végétaux que l'on y trouve sont en grande partie des racines ; on doit noter encore quelques charbons flottés.

Les tests de mollusques sont toujours nombreux, ils ne sont plus perforés. Les bivalves apparaissent plus abondants, surtout en II 1 et II 5.

Zone est

Elle est dans l'ensemble beaucoup plus limoneuse ici. On retrouve la bipartition vue précédemment avec, à la base (échantillons 3 à 5), des niveaux à characées et tests

de mollusques perforés. Les couches inférieures sont aussi plus riches en restes végétaux flottés.

L'échantillon 1 pourrait représenter la couche I ou un niveau immédiatement sous-jacent vu le pourcentage important de concrétions de type boule.

3.12.2. Interprétations

Il s'agit bien sûr de craies lacustres formées de limons et sables fins limoneux fortement carbonatés (90% de carbonate de calcium, le carbonate de magnésium ne dépassant jamais 2%). Concrétions biogéniques (une bonne part de la fraction sableuse), oogones de characées et tests de mollusques aquatiques en sont des éléments caractéristiques (cf. § 2.2).

Elles contiennent aussi des végétaux flottés provenant en partie (les charbons au moins) de stations contemporaines ou de la destruction de stations plus anciennes. Les craies de l'ensemble II (II 6 surtout) montrent parfois un léger aspect rubané (alternance de bancs clairs et de bancs sombres).

D'après les paramètres granulométriques, la partie inférieure (II 6 à II 9), plus sableuse et mieux classée, serait le résultat d'une sédimentation proche du rivage, les couches II 1 à II 5, plus limoneuses, auraient pour origine une sédimentation de plein lac.

La présence de characées, de concrétions en tubes, de tests perforés, sont des éléments indicateurs de milieu à préciser. Ils seraient ici à rattacher au milieu littoral.

Le niveau du lac s'élève progressivement et recouvre le site d'une haute nappe d'eau (4 m ?). Le niveau II 4 plus sableux, pourrait indiquer une courte régression.

3.13. Ensemble I

3.13.1. Caractéristiques sédimentologiques

C'est une couche sableuse à graviers surtout de grande taille, supérieure à 6 cm (MONNEY *ibid.* § 2.7). Les galets sont souvent fracturés ; les sables sont relativement bien classés. La courbe granulométrique globale présente un faciès en palier typique entre 0,6 et 5 mm. Cette couche contient des restes d'activité humaine du Néolithique récent.

Les sables sont riches en grains calcaires et les quartz présentent une forte proportion d'émoûssés luisants.

Les concrétions nombreuses sont du type «boule» en grande majorité. Le carbonate de calcium accuse une baisse très nette.

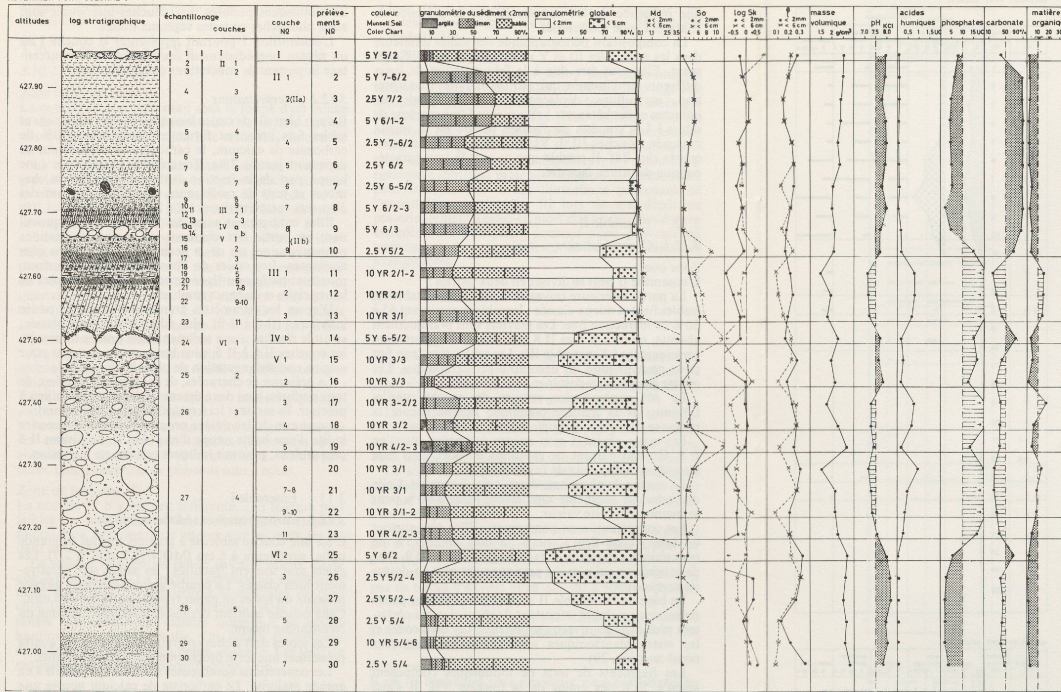
Le phosphate augmente légèrement alors que la matière organique et l'humus restent inchangés. On note dans la fraction VII quelques débris végétaux.

3.13.2. Interprétations

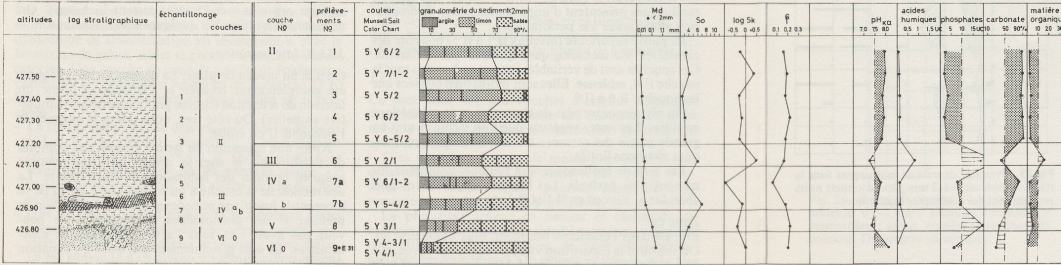
On a là un niveau de plage. La couche archéologique a été complètement lessivée et l'ablation a formé un horizon de réduction (courbe granulométrique cumulative en palier). Du côté rive, nord-ouest, le sommet de l'ensemble II est érodé.

Après une régression du lac qui permet aux hommes de s'établir sur le site, le niveau de l'eau remonte jusqu'en bordure des habitations et les recouvre. La destruction de la couche a pu se produire à partir de ce moment-là jusqu'aux périodes actuelles. Il serait bon de préciser si des phénomènes de réduction ne peuvent pas avoir lieu sous l'action de courants sous-lacustres. Ils sont généralement attribués à l'agitation du milieu littoral.

AUVERNIER PORT COLONNE I



AUVERNIER PORT COLONNE II



sable
 limon
 argile
 gravier
 végétaux

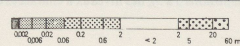
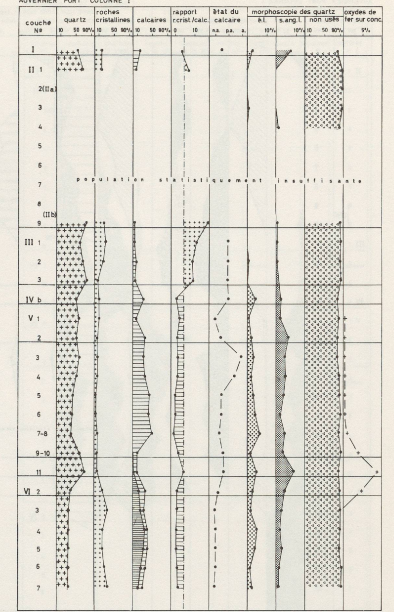


Fig. 19 Séquences stratigraphiques : analyses granulométriques et chimiques. Md = médiane, So = indices de classement (sorting index), log Sk = assymétrie (skewness), ϕ = kurtosis, u. c. = unité de couleur. Le figuré hachuré indique les couches dont la sédimentation est plutôt d'origine anthropique, le figuré grisé est employé pour les couches d'origine lacustre ou fluviale.

AUVERNIER PORT COLONNE I



AUVERNIER PORT COLONNE II

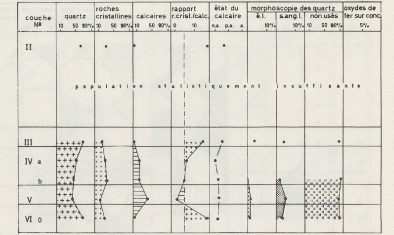
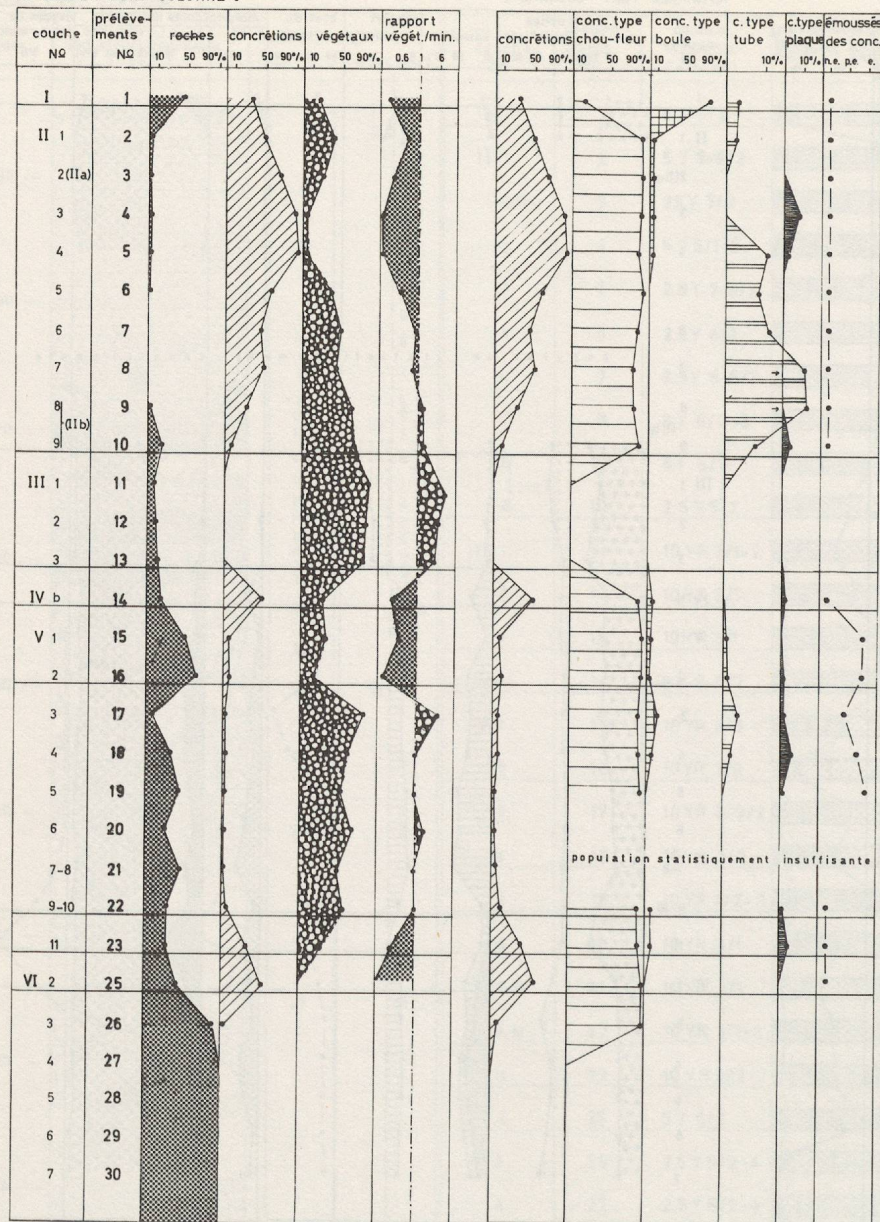
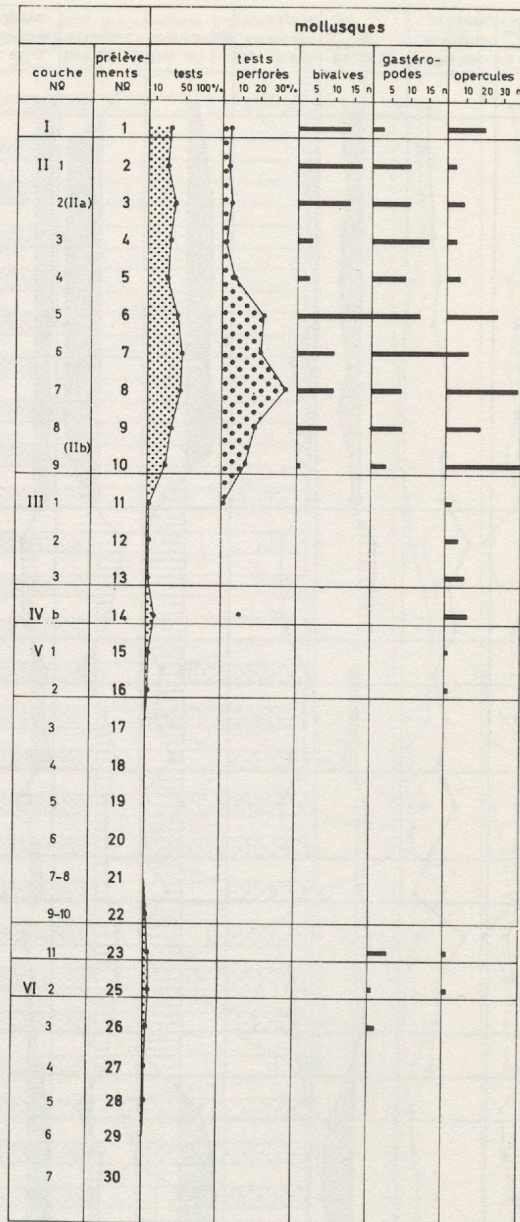


Fig. 20 Analyse pétrographique de la fraction sableuse minérale de 0,6-2 mm (quartz + roches cristallines + calcaires = 100%). Les hachures plus serrées de la colonne des calcaires représentent le calcaire jaune barrémiens. Etude de l'état du calcaire (n.a. = non altéré, p.a. = peu altéré, a. = altéré). Pourcentage des concrétions portant des traces d'oxyde de fer.

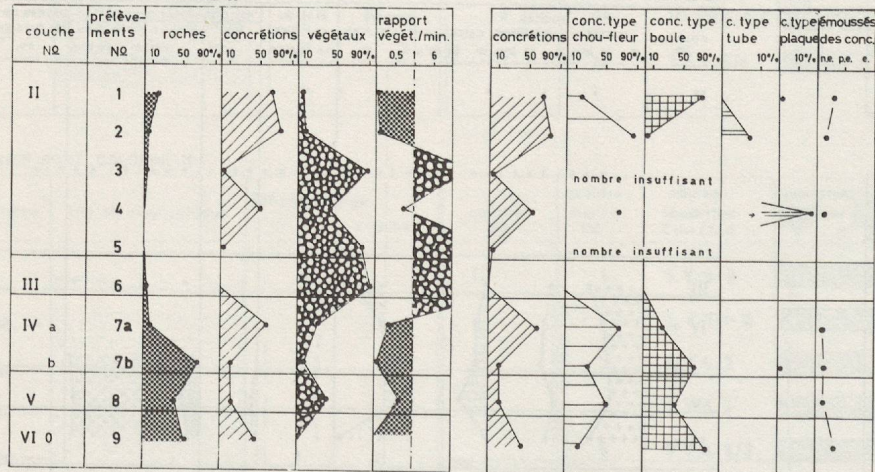
AUVERNIER PORT COLONNE I



AUVERNIER PORT COLONNE I



AUVERNIER PORT COLONNE II



AUVERNIER PORT COLONNE II

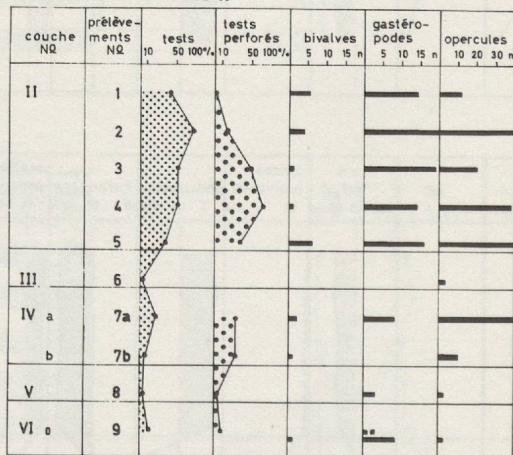


Fig. 21 Composition globale de la fraction sableuse 0,6-2 mm (grains de roches + concrétions + végétaux = 100%). Rapport végétal/minéral (minéral = grains de roches + concrétions).

Fig. 22 Etude des concrétions carbonatées (fraction 0,6-2 mm). Pourcentage total et pourcentage des différents types. Emoussés des concrétions : n.e. = non émoussées, p.e. = peu émoussées, e. = émoussées.

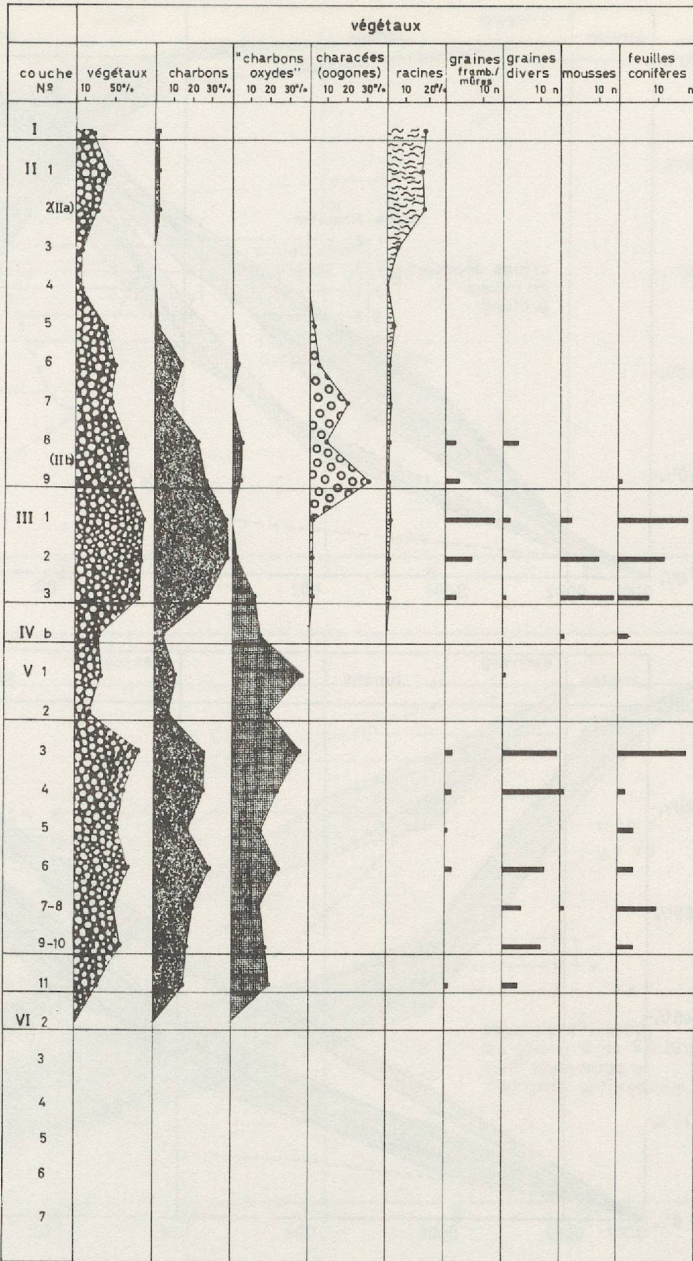
Fig. 23 Présence de tests de mollusques dans la fraction sableuse 0,6-2 mm ; les bâtonnets noirs représentent des décomptes numériques.

mammi- fères	poissons												
	esquilles		arêtes			écailles		vertèbres					
	5	n	5	10	15	n	10	20	30	n	5	10	n

mammi- fères	poissons												
	esquilles		arêtes			écailles		vertèbres					
	5	n	5	10	15	n	10	20	30	n	5	10	n

Fig. 24 Restes de vertébrés dans la fraction sableuse 0,6-2 mm : esquilles osseuses de mammifères; arêtes, écailles et vertèbres de poissons. Décomptes numériques.

AUVERNIER PORT COLONNE I



AUVERNIER PORT COLONNE II

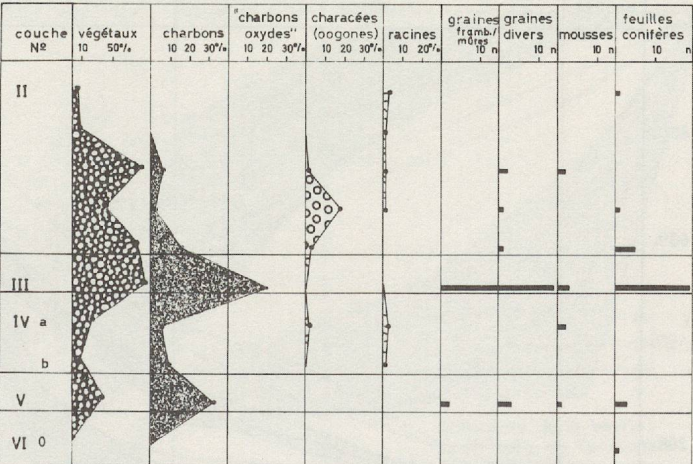


Fig. 25 Analyse des restes végétaux de la fraction sableuse 0,6-2 mm; les bâtonnets noirs représentent des décomptes numériques; «charbons oxydes» = charbons de bois recouverts d'un film d'oxyde ferrique.

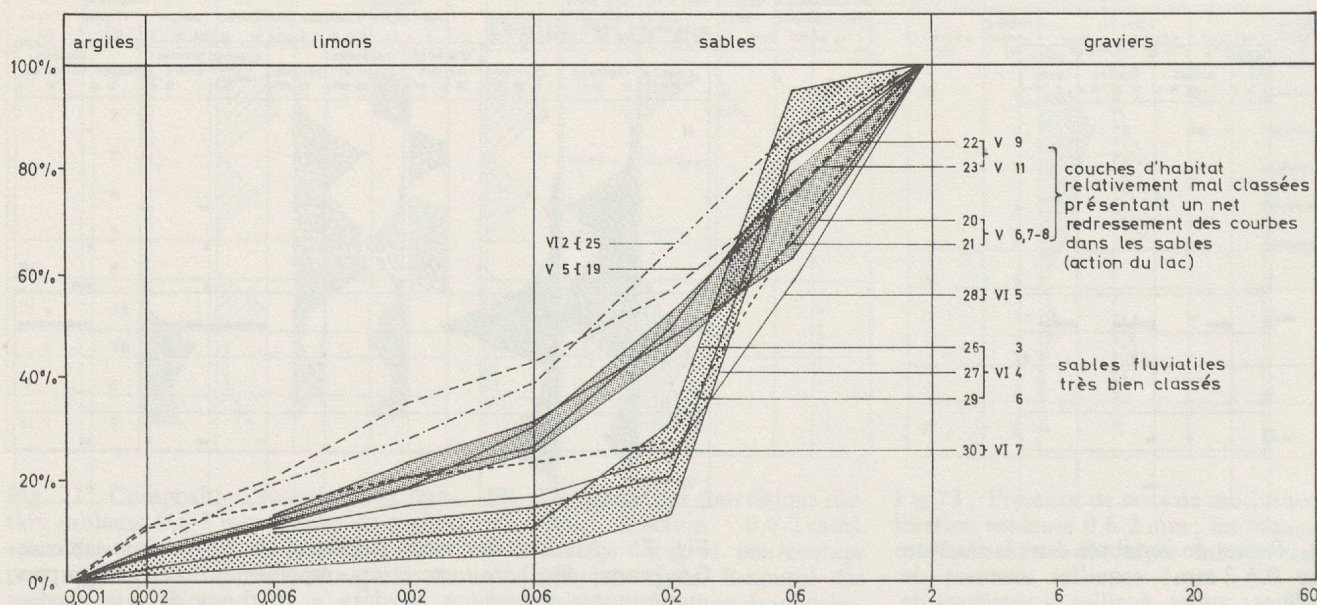
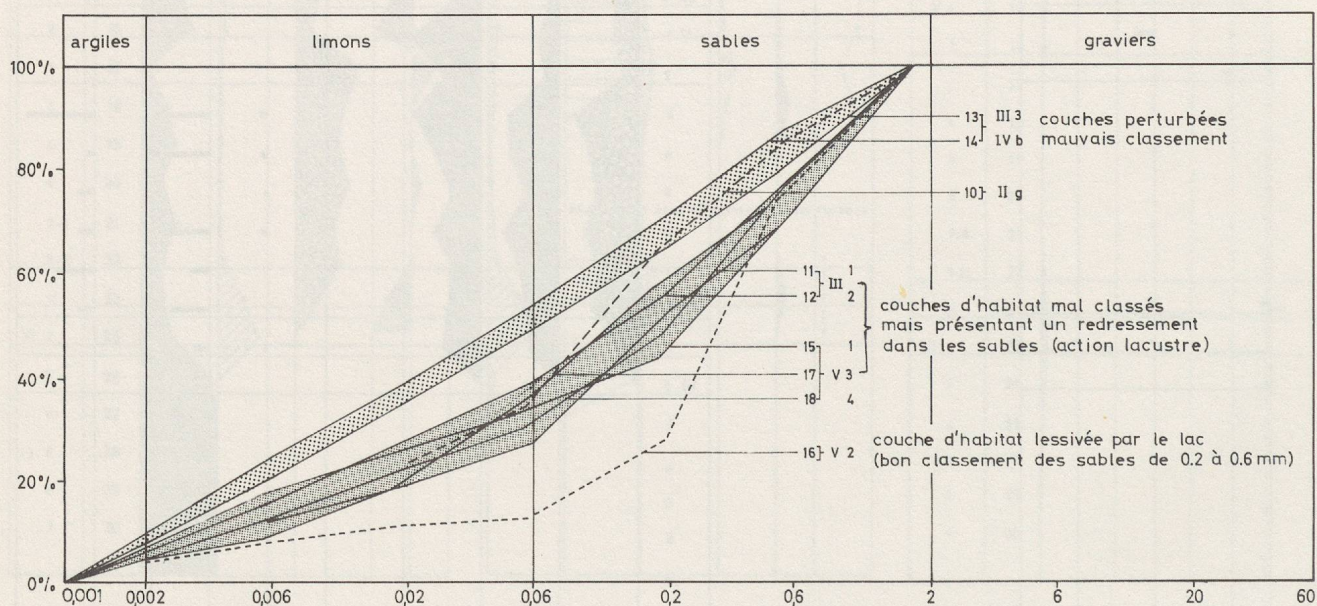
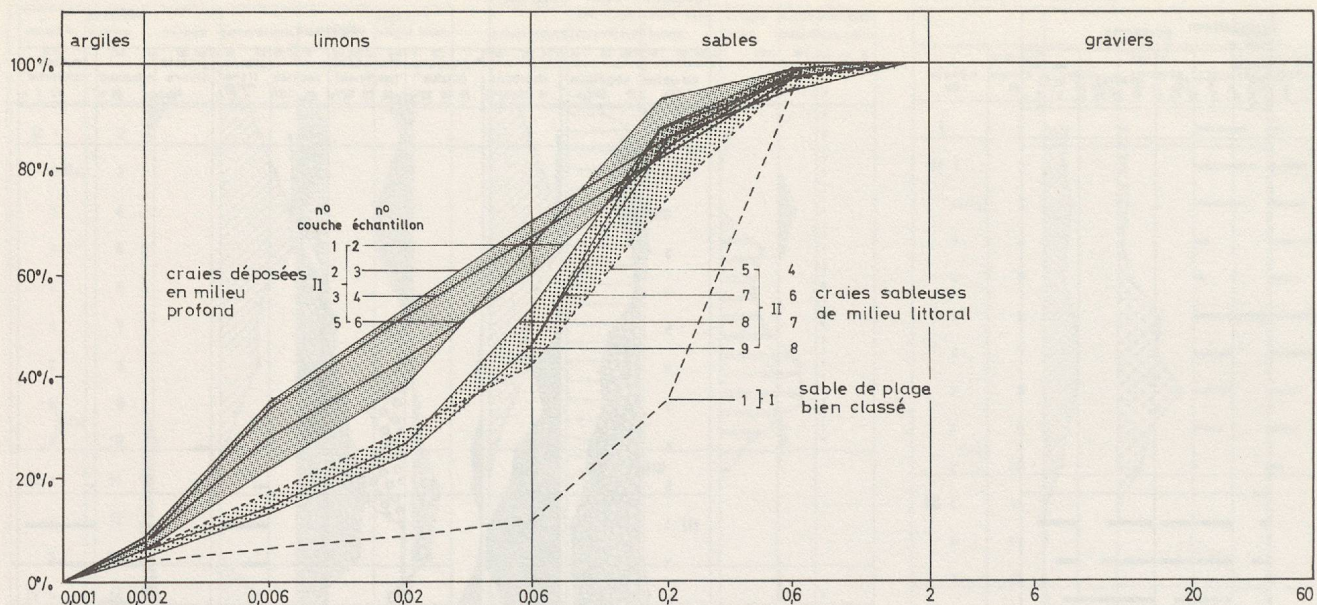


Fig. 26 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment fin inférieur à 2 mm ; colonne I.

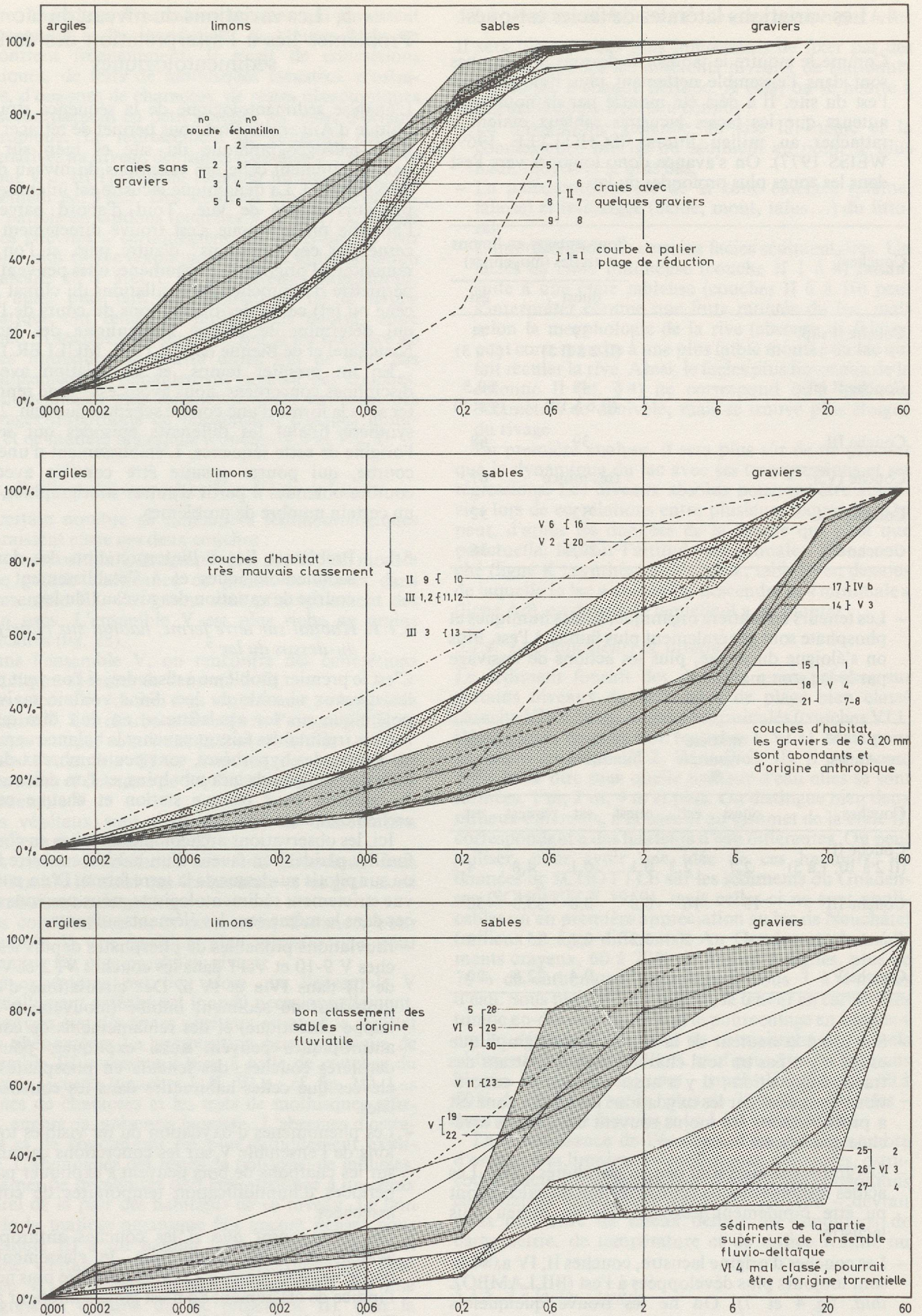


Fig. 27 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment global (jusqu'à 6 cm); colonne I.

4. Les variations latérales de facies est-ouest

- Comme le montre le tableau ci-dessous, les couches sont dans l'ensemble nettement plus limoneuses à l'est du site. Il a déjà été montré par de nombreux auteurs que les facies lacustres sableux étaient à rattacher au milieu littoral (SCHÖTTLE 1969, WEISS 1977). On s'avance donc toujours vers l'est dans les zones plus profondes du lac.

Couches	Pourcentages en limons + argiles (moyennes)	
	ouest	est
Couche II sup. (II 2 à II 5)	59	71
Couche II inf. (II 6 à 10)	48	69,5
Couche III	39	68
Couche IV a	très mince	67
Couche IV b	52	52
Couche V	27,5	36

- Les teneurs en matière organique, acides humiques et phosphate sont généralement plus faibles à l'est. Plus on s'éloigne du rivage, plus les actions de lessivage par le lac sont marquées.

moyennes	matière organique %		acides humiques u.c.		phosphate u.c.	
	ouest	est	ouest	est	ouest	est
Couches Couche II (II 2 à 10, 1 à 5)	2,7	2,3	0,1	0,1	4,8	4,2
Couche III	15	16	0,8	0,8	33,3	30
Couche IV b	4	2	0,2	0,1	15	9
Couche V	9,7	6	0,55	0,4	22,8	20

- Sur toute la hauteur de la séquence stratigraphique est, il n'y a pas un seul charbon de bois portant des traces d'oxydation ; il y a aussi très peu de concrétions marquées par les oxydations du fer. La zone est a probablement été moins souvent exondée et asséchée que la zone ouest.
- Les grains calcaires sont peu ou pas altérés à l'est. Les acides responsables de cette agression du calcaire ont pu être rapidement lessivés dans un milieu plus lacustre.
- Les couches d'origine lacustre, couches II, IV a, VI 0, sont toujours plus développées à l'est (BILLAMBOZ *ibid.* fig. 4 et 7). On ne les trouve quelquefois plus qu'à l'état de trace à l'ouest du gisement. Les érosions ont surtout intéressé la zone la plus élevée en surface, et sa partie frontale tournée vers le lac.

5. Les variations du niveau du lac Problèmes liés à l'interprétation des données sédimentologiques

L'analyse sédimentologique de la séquence stratigraphique d'Auvernier-Port nous permet de retracer l'histoire paléogéographique du site et bien sûr plus particulièrement celle des variations du niveau du lac de Neuchâtel. La dynamique lacustre est intéressante à plusieurs points de vue. Tout d'abord parce que l'homme préhistorique s'est trouvé directement concerné par ces variations ; d'autre part, si l'on veut remonter à l'origine du phénomène, elles peuvent nous permettre d'approcher les oscillations du climat holocène ou (et) celles des fluctuations du cours de l'Aare qui détermine le régime hydraulique des lacs de Neuchâtel et de Biemme (LÜDI 1935, MÜLLER 1973).

En un premier temps, et en relation avec les disciplines concernées, nous avons essayé de représenter sous la forme d'une courbe schématique (tab. 2 de la synthèse finale) les différents épisodes qui sont à l'origine de cette séquence. L'établissement d'une telle courbe, qui pourra ensuite être corrélée avec des courbes obtenues à partir d'autres stratigraphies, pose un certain nombre de problèmes.

5.1. Problèmes liés à l'interprétation des données sédimentologiques et à l'établissement d'une courbe de variation des niveaux du lac

5.1.1. *Habitat sur terre ferme, habitat sur plate-forme au-dessus du lac ?*

C'est le premier problème à résoudre, si l'on veut placer les niveaux absolus du lac. Sans vouloir raviver la polémique sur les « palafittes », on doit dire que les indices irréfutables faisant pencher la balance vers l'une ou l'autre des hypothèses, sont peu nombreux dans le domaine des grands lacs subalpins, et l'on doit se poser la question pour chaque station et chaque couche archéologique.

Ici, les observations archéologiques faites en cours de fouilles plaident en faveur d'un habitat sur terre ferme ou sur pilotis au-dessus de la terre ferme. D'un point de vue strictement sédimentologique, nous pouvons avancer dans le même sens les éléments suivants :

- Illuviations probables de phosphates depuis les couches V 9-10 et V 11 dans les couches VI 2 et VI 3 et de III dans IV a et IV b. Des circulations d'eau à l'intérieur du sédiment imbibé (mouvement de la nappe phréatique) et des remaniements de couches anthropiques peuvent aussi expliquer, pour ces dernières couches, des teneurs en phosphates plus élevées que celles habituelles dans les couches stériles.
- Les phénomènes d'oxydation du fer visibles tout au long de l'ensemble V sur les concrétions calcaires et sur les charbons de bois peuvent s'expliquer par des périodes d'humidification temporaires de couches asséchées.
- On peut penser que si les couches anthropiques avaient sédimenté sous l'eau, le classement des particules inférieures à 2 mm devrait être plus net, or, l'indice de classement So n'est jamais inférieur à 3.

Du point de vue du sédimentologue, les éléments qui permettent d'affirmer la formation sub-aquatique ou continentale de ces couches restent peu nombreux. Par

contre, les indices d'incursions lacustres qui paraissent correspondre à des inondations de courte durée, se rencontrent fréquemment. Il s'agit de concrétions limniques, de tests de mollusques lacustres, d'ostracodes, d'oogones de characées, de restes planctoniques qui accompagnent en petit nombre les restes d'origine anthropique. Le redressement de certaines courbes cumulatives au niveau des sables (couches V 7 à V 11 et surtout V 2, III 1) pourrait indiquer un léger et rapide classement par l'eau. Des éléments végétaux s'ordonnent parfois en cordons (couches V 6, III 1). L'acidité de ces couches a certainement été au cours de leur histoire plus élevée (expliquant ainsi la forte altération du calcaire en V 3 et V 4). Les diverses inondations, mais aussi plus tard les circulations de la nappe phréatique ont rendu ce milieu plus neutre, voire basique. Il semble bien que l'on soit là en présence de phases limniques de courte durée qui ne sont pas accompagnées de remaniement excessif des couches. Certaines phases plus longues peuvent entraîner des lessivages importants de phosphates, d'acides humiques et de matière organique (couches V 1 et V 2, I).

5.1.2. Position des ensembles V et III sur le littoral

Un certain nombre de différences sédimentologiques apparaissent entre ces deux couches :

- La composition pétrographique des sables montre une grande abondance de grains de quartz dans l'ensemble III. Ces grains sont principalement des non usés. L'ensemble V est plus riche en grains calcaires (fig. 28).
- Dans l'ensemble V, on rencontre des concrétions limniques absentes de l'ensemble III.
- Des traces d'oxydation sont visibles tout au long de la couche V. Les charbons de bois de l'ensemble III ne supportent par contre aucun film d'oxydes.
- Dans l'ensemble III se trouvent des oogones de characées et des tests de mollusques inexistant dans l'ensemble V.
- Les végétaux sont dans un état de conservation meilleur dans l'ensemble III.
- Les restes de poissons sont très abondants dans l'ensemble III ainsi que les mousses et les graines de framboises ou de mûres.

Ces constatations nous permettent d'avancer pour l'ensemble V une position plus terrestre que pour l'ensemble III, plus proche du rivage.

Les oxydations ont lieu alors que l'ensemble V habituellement asséché est inondé occasionnellement. Le mauvais état des restes végétaux est aussi le résultat de ce phénomène. La composition pétrographique de l'ensemble III correspond bien à celle de couches du domaine lacustre (couches I, II, VI o ; cf. fig. 28). Les oogones de characées et les tests de mollusques affirment encore la présence lacustre. L'absence d'ostracodes et de concrétions est plus difficilement explicable. L'abondance des restes de poissons, de mousses, de graines de framboises doit être attribuée à un choix culturel de la part des habitants de ce niveau. Le bon état de la matière organique fait encore penser pour l'ensemble III à un habitat fréquemment inondé et humide. Certainement de plus courte durée que l'ensemble V, il est immédiatement recouvert par une transgression durable du lac (ensemble II). (Sur la courbe figure l'ensemble III accolé à la ligne de séparation facies terrestres - facies lacustres, alors que l'ensemble V en est décollé du côté terre).

5.1.3. Problèmes des niveaux absolus atteints par le lac

Il sera bien sûr des plus intéressants de fixer par des altitudes absolues les différents niveaux de stationnement du lac à chaque période. A cela, on se heurte à plusieurs facteurs trop peu connus :

- La topographie générale du site lui-même et la connaissance précise du sédiment au point le plus haut, moyen et le plus bas.
- La paléomorphologie de la zone émergée (plaine, falaise) et immergée (beine, mont, talus...) du littoral.
- L'interprétation de certains facies sédimentaires. Un facies de craie limoneuse (couche II 1 à 4) faisant suite à une craie sableuse (couches II 6 à 10) peut s'interpréter comme une forte montée du lac, mais selon la morphologie de la rive (absence de falaise) peut correspondre à une plus faible montée du lac qui fait reculer la rive. Ainsi, le facies plus limoneux de la colonne II (cf. § 4) ne correspond qu'à quelques décimètres de dénivelé, mais se trouve plus éloigné du rivage.

En première analyse, il sera plus sûr de ne préciser que la dynamique du lac avec ses transgressions et ses régressions. Les niveaux absolus pourront être appréciés lors de corrélations entre plusieurs séquences. On peut, d'après les données de la fouille qui n'est que ponctuelle, fournir l'altitude « maximale » d'une couche (ligne K ; synthèse finale, *ibid.*, tabl. II) en dessous de laquelle le lac a encore pu descendre et « minimale » (ligne Ad), en dessus de laquelle il a pu monter.

5.1.4. Les indicateurs de niveau

Le sédiment fournit des données assez précises sur certains niveaux du lac : sable de plage bien classé (couche VI O), plage de galets vermiculés (couches VI 1, IV b), plages de réduction (couches I, VI 1). Mais pour les craies (couches VI 2, IV a, IV b, II), il est encore difficile de dire sous quelle hauteur d'eau elles se sont formées, 1 m, 2 m, 4 m et plus. On distingue bien deux milieux différents, à la base et au sommet de la craie II, correspondant à des hauteurs d'eau différentes. On peut utiliser, pour avoir une idée de ces hauteurs, les données de SCHÖTTLE sur les sédiments du Gnadensee (SCHÖTTLE 1969), mais celles-ci ne sont applicables qu'en première appréciation au lac de Neuchâtel (milieux et âges différents). Au Gnadensee, les sédiments crayeux, 60 à 70 % de limons + argiles, plus de 70 % de carbonates, apparaissent sous 3 à 4 mètres d'eau. Sous plus de 5 à 6 mètres, la teneur en carbonates tombe en-dessous de 70 % et le pourcentage en limons + argiles dépasse 80 % ; nous ne connaissons pas de tels sédiments à Auvernier-Port, sauf peut-être les « limons bleus ». Les craies sableuses - couche II inférieure, 40 à 50 % de limons + argile, plus de 75 % de carbonates - pourraient s'être formées sous 1 à 3 mètres d'eau.

La connaissance de l'écologie d'un certain nombre d'organismes limniques - mollusques, characées, ostracodes, bactéries et algues responsables des concrétions carbonatées, organismes perforant les tests - devrait nous permettre de mieux définir les conditions de bathymétrie, de température et de milieu (calme ou agité).

5.1.5. Le facteur temps

C'est une des grandes inconnues des couches stériles. Si les couches archéologiques et les études palynologiques nous permettent heureusement de cadrer chronologi-

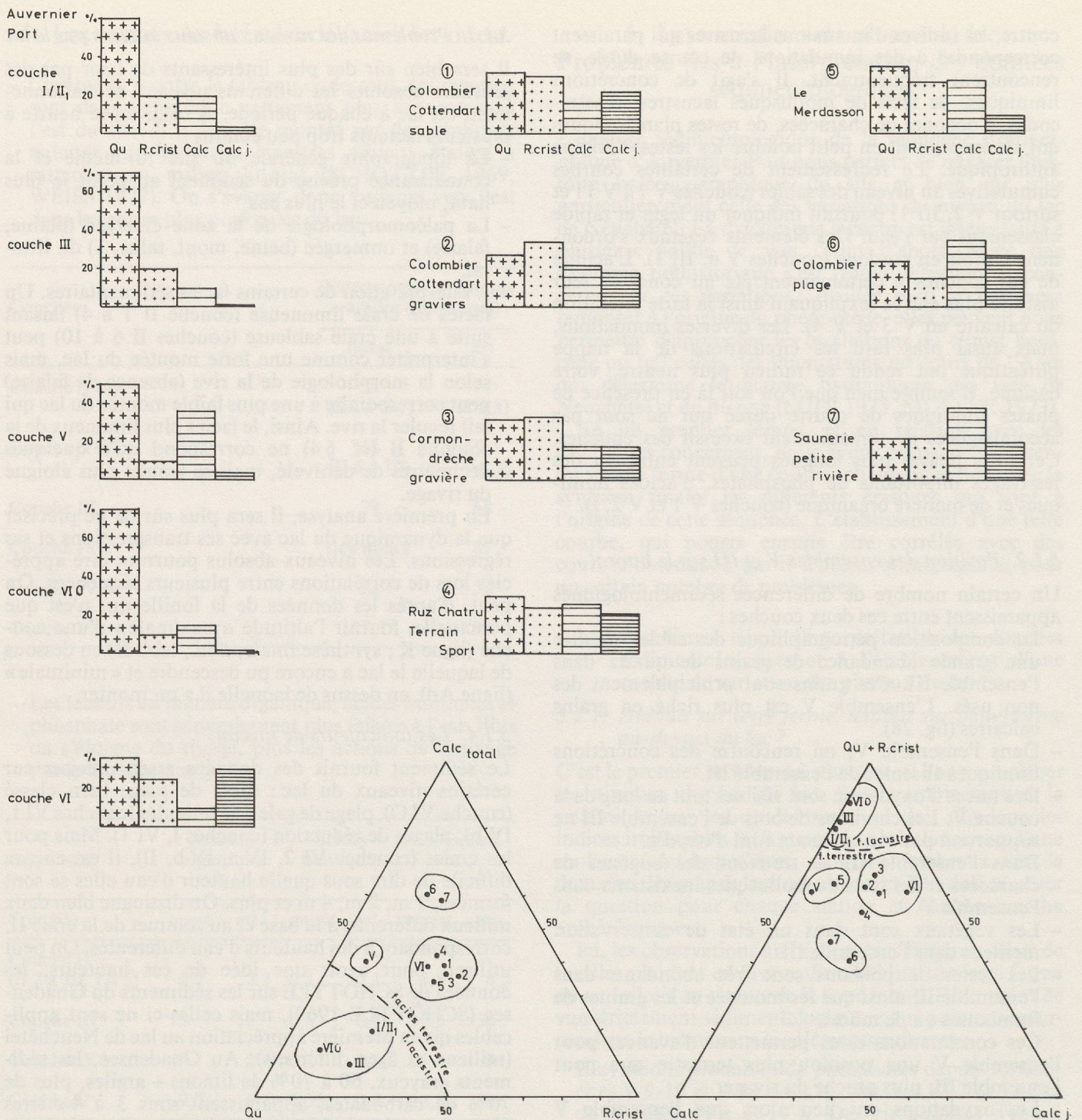


Fig. 28 Composition pétrographique des sables (fraction 0,6-2 mm) des couches de la station Auvernier-Port et du domaine terrestre l'environnant (localisation des échantillons, fig. 1). Les diagrammes triangulaires permettent d'individualiser 4 ensembles. Un ensemble riche en quartz regroupe les couches où l'intervention du lac est la mieux marquée (Auvernier-Port, couches I, II, III, VI 0). Une composition plus égale en calcaires, quartz et roches cristallines correspond au milieu fluviatile et fluvioglacière local (Auvernier-Port couche VI, échantillons 1 à 5 du domaine continental). Les échantillons 6 et 7 plus riches en calcaires seraient à lier aux alluvions de l'Areuse. La couche V d'Auvernier-Port se sépare de ces trois ensembles. Sa teneur en calcaires permet de la rapprocher du groupe de couches VI 1-5 se rapportant au domaine terrestre. Pour la station Auvernier-Port, les pourcentages sont obtenus en faisant la moyenne de tous les échantillons prélevés dans chaque couche. Qu = quartz, R. crist. = roches cristallines, calc. = calcaires, calc. j. = calcaire jaune barrémien.

quement les divers épisodes principaux, on ne peut dire combien de temps ont duré les dépôts de la craie VI 2, de la craie IV a ou II.

Les données dendrochronologiques (ORCEL/EGGER, *ibid.*, § 5.3) nous montrent que les craies IV a et II n'ont pu se former qu'au maximum en 50 ans pour la première et 300 ans pour la seconde, mais leur dépôt a pu être aussi plus rapide car la formation de craie n'a

pas forcément été continue. Les nombreux hiatus reconnaissables tout au long de ces séquences sédimentaires nous engagent à nous méfier des taux de sédimentation, ces dépôts ont pu être beaucoup plus épais puis tronqués par l'érosion.

Les inondations repérables au cours des couches d'habitat III et V sont-elles annuelles, encore plus fréquentes ou plus rares ? Quelle était leur durée ? Il

semble, d'après les données sédimentologiques, qu'il s'agissait d'inondations relativement fréquentes et de courte durée (quelques jours ou semaines).

Le niveau de plage séparant les craies IV b et IV a a-t-il été plus long ou moins long que ces deux dernières formations ? Est-on en présence d'une oscillation rapide du lac ou d'une période de stabilité ? La vermiculation des galets des plages VI 1, IV b, I, indique que le lac a au moins stationné à ce niveau le temps que la colonie d'algues responsable se développe (plusieurs années).

Encore une fois seules des corrélations avec d'autres séquences proches permettront de resserrer les barreaux de notre échelle chronologique. La courbe de variation des niveaux du lac que nous proposons ne respecte donc pas le facteur temps dans son développement de haut en bas du graphique.

5.1.6. Les hiatus

Il est toujours important dans l'étude d'une séquence stratigraphique de rechercher les discontinuités, les lacunes. Des érosions (sommet de l'ensemble II, de la couche IV a), des phénomènes d'oxydation (couche V 11), des lacunes chronologiques (sédiments actuels sur sédiments du Néolithique final de l'ensemble I), et enfin l'étude pollinique permettent de les repérer. Une plage de réduction dont une partie du sédiment fin a été emporté peut à la limite être considérée comme hiatus. On doit penser que certaines lacunes n'ont pas laissé de traces très visibles au niveau du sédiment et que tous les épisodes ne sont pas forcément représentés sur une seule séquence. Une exondation temporaire d'une plage ou d'une craie suivie d'une transgression conduisant à une sédimentation identique pourra passer inaperçue. On voit que le facteur temps en devient d'autant plus difficile à apprécier.

5.2. Le lac et sa dynamique (*ibid.* synthèse générale, tabl. I et II)

Comme nous venons de le voir, il est des plus conjectural de fixer dès à présent les niveaux absolus atteints par le lac. Nous nous intéresserons surtout aux mouvements du lac, phases de transgressions et de régressions entrecoupées de phases lacustres, terrestres ou de rivage. Certaines phases peuvent être accompagnées par une activité d'érosion de la part du lac. Ces différentes phases ne doivent être considérées que comme celles repérées et ayant laissé des traces dans la séquence d'Auvernier-Port, non comme la succession sans faille de toutes les phases du lac de Neuchâtel.

Nous n'aborderons le problème des corrélations que lorsque toutes les stratigraphies de la baie d'Auvernier auront été étudiées en détail. Le rapprochement des courbes obtenues dans les différents gisements des lacs de Neuchâtel et de Biègne permettront alors de connaître les variations d'ordre général de ces lacs. Les phases reconnues prendront le nom du gisement suivi d'une lettre, Auvernier-Port A, B, C, etc. ; après corrélations avec d'autres sites de la baie, nous les nommerons Auvernier I, II, III, etc. puis avec d'autres sites du lac, Neuchâtel I, II, III, etc.

5.2.1. La sédimentation antérieure au Postglaciaire

Elle est peu connue ici. Après le retrait des derniers glaciers würmiens, se déposent dans les lacs subalpins des limons et argiles lacustres gris-bleus correspondant

à de hauts niveaux. Le dépôt limono-argileux reposant sur la moraine würmienne et repéré lors des travaux de la RN 5, peut être rapporté en première hypothèse à cette phase (Auvernier-Port, phase A). Les graviers fluviaux sus-jacents (couches VI 4 à 7) peuvent à la limite être datés de la fin du Tardiglaciaire, nous les placerons hypothétiquement dans la sédimentation postglaciaire. Auquel cas l'existence d'un hiatus entre les phases A et B reste possible.

5.2.2. La sédimentation postglaciaire

Les dépôts postglaciaires qui commencent à une période antérieure à l'Atlantique récent et finissent au moment du Néolithique récent, sont les plus complets de cette séquence. Une longue lacune leur fait suite jusqu'aux dépôts actuels de faible puissance. Leur sédimentation s'est effectuée en 14 épisodes de différentes importances ! On distingue toujours plus ou moins nettement dans les phases concernant le lac (phases B, D, F) : un épisode littoral, puis transgressif, suivi du stationnement du lac à un haut niveau, vient ensuite un épisode régressif qui nous ramène en milieu littoral ou carrément terrestre. Les mouvements de transgression ou régression s'accompagnent souvent d'érosions.

Nous grouperons ces événements en 6 grandes phases, de la plus ancienne à la plus récente.

– Auvernier-Port, phase B : (couches VI 0 à 7)

Le système hydrographique littoral charrie et déverse dans le lac une grande quantité de sédiments. Ce type de sédimentation cesse par la suite, ou du moins se déplace ou devient plus réduit. Les dépôts sont d'abord fins, *phase B 1* (couches VI 5 à 7), puis plus grossiers à graviers et gros galets, *phase B 2* (couches VI 4 et VI 3). Cette différence correspond à une augmentation de la puissance de charge de la rivière d'Auvernier ou à un déplacement de son lit central. Il est difficile de préciser alors le niveau du lac ; si l'on se trouve dans le domaine fluvial terrestre, celui-ci est plus bas, si les sédiments sont vraiment deltaïques, celui-ci est un peu plus haut (milieu côtier). La présence du lac n'est sensible qu'au niveau de la couche VI 3 dont les éléments sont repris et rangés lors d'une phase transgressive en trois cordons à 426, 426,6 et 427,5 m, *phase B 3*. Cet épisode est daté par les pollens (probablement amenés par le lac) de l'Atlantique récent (LIESE-KLEIBER, *ibid.* § 4.1.1). Le lac stationne alors à un haut niveau permettant le dépôt de la craie VI 2, *phase B 4*. Ce dépôt est réduit à un mince filet par une forte érosion, hiatus a, visible dans les courbes polliniques (LIESE-KLEIBER *ibid.* § 4.1.1). Une régression rabaisse ensuite le niveau ; dans ce nouveau milieu littoral se forme la plage des galets VI 1, *phase B 5* et la « plage » de sable VI 0, *phase B 6*.

– Auvernier-Port hiatus b :

Les sédiments de cette dernière phase restent probablement exondés à l'ouest du site. Des phénomènes d'oxydation, consécutifs à des inondations temporaires, y ont lieu.

– Auvernier-Port, phase C : (couches V 1 à 11)

Alors que le niveau du lac est bas, le site est occupé par les hommes du Cortaillod classique. Leurs activités diverses sont principalement à l'origine de la sédimentation ; apports de nombreux restes végétaux, de graviers, de sables, de limons et d'argiles lors de

INDICES LIMNIQUES

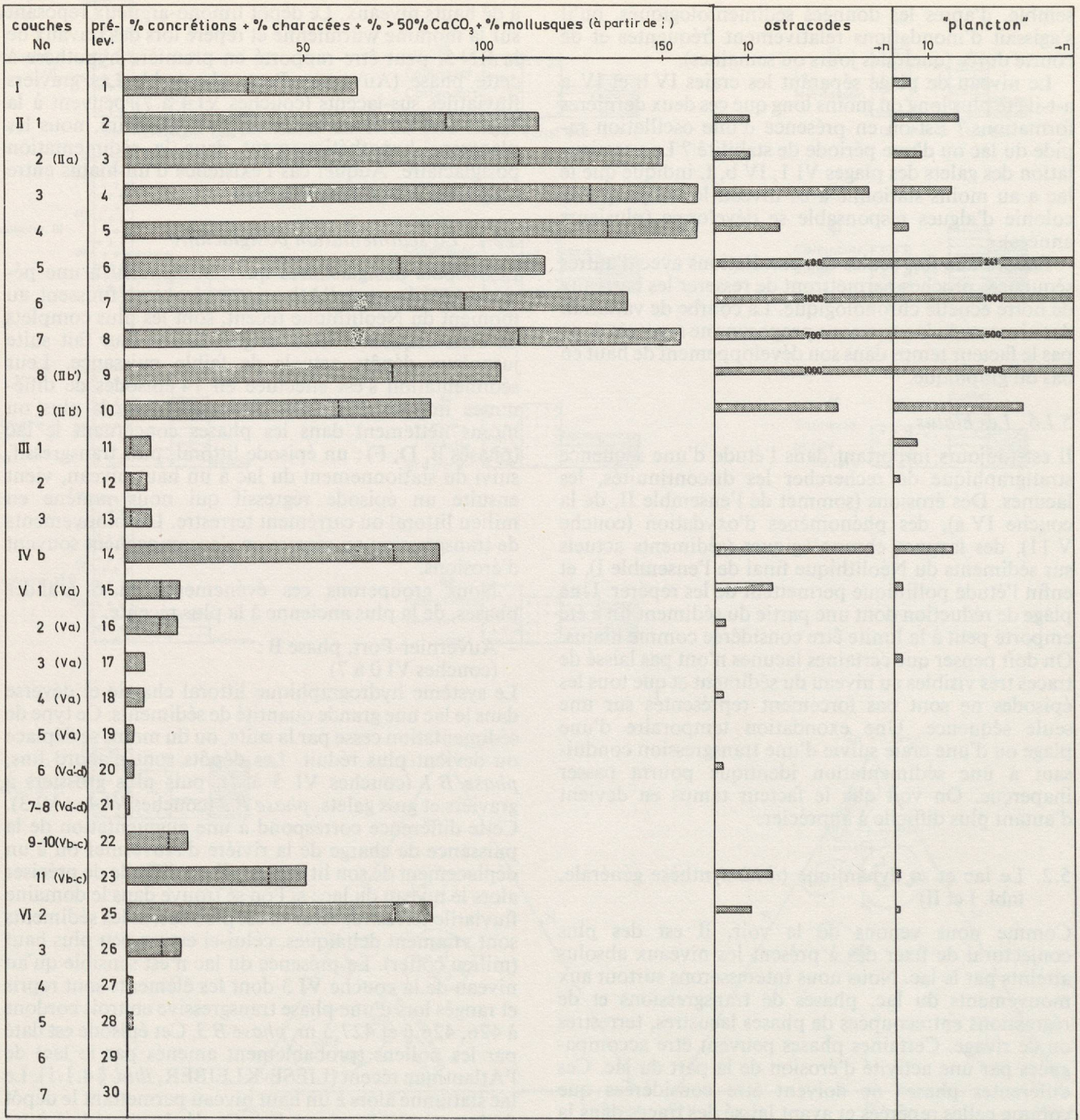


Fig. 29 Indices limniques: somme des pourcentages en éléments caractéristiques du milieu lacustre, concrétions, oogones de characées, précipitation de carbonate de calcium, tests de mollusques (fraction sableuse 0,6-2 mm); présence en ostracodes et restes planctoniques (comptage numérique sur la fraction 0,2-0,6 mm). Les hauts niveaux du lac apparaissent nettement ainsi que les inondations dans les couches d'habitat III et V. Les teneurs en ostracodes et restes planctoniques permettent encore de préciser le changement de milieu entre la base et le sommet de la craie II. Bien qu'en grande partie d'origine lacustre (CHAIX *ibid.*) nous avons séparé par des tirets les pourcentages en tests de mollusques car ils n'appartiennent pas tous à des espèces aquatiques.

constructions ou simplement par les pieds. Quelques apports limniques (concrétions, mollusques, ostracodes) montrent l'existence d'inondations temporaires. La station se trouve relativement à l'écart du rivage (cf. § 5.1.2). A la fin de cette phase, ce dernier s'élève et les couches V 1 et 2 sont nettement lessivées par les eaux du lac.

- Auvernier-Port, phase D :
(couches IV a et IV b)

La nouvelle transgression que l'on ressent déjà dès les couches V 1 et 2 de la phase C, amène le lac à un haut niveau. Elle s'accompagne d'une érosion violente qui emporte une partie de la couche V, *hiatus c* en aval de la station où cette couche manque. Une fois le niveau

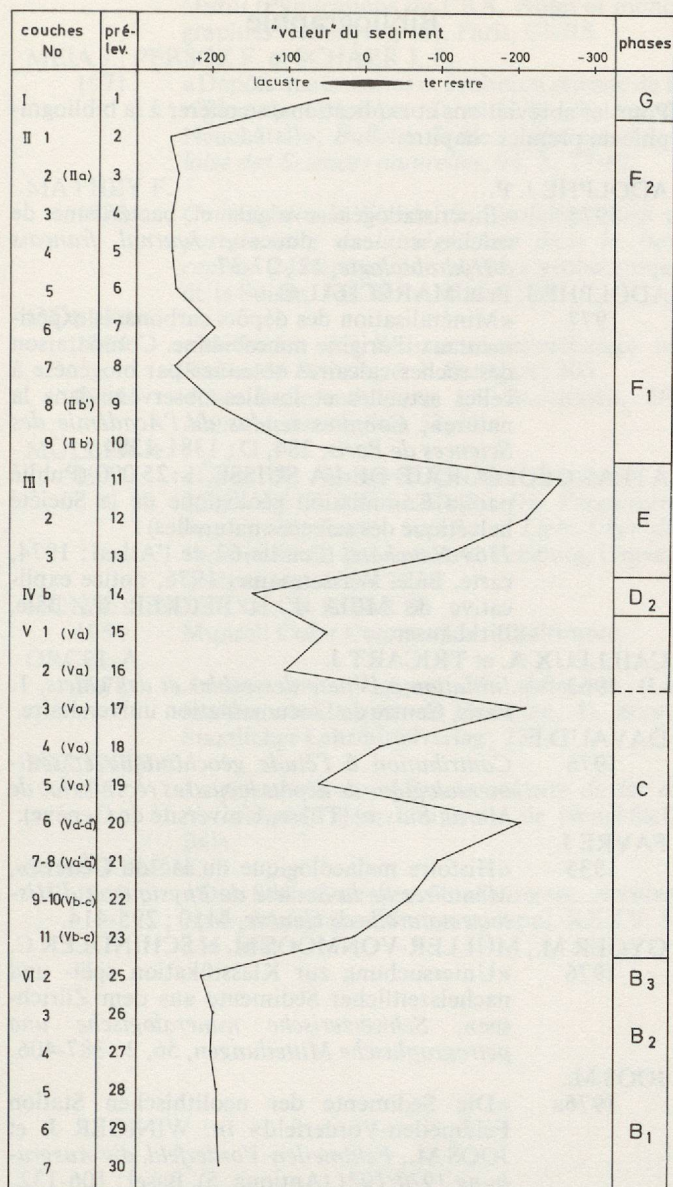


Fig. 30 «Valeur» du sédiment (calcul 2.1.5). Elle précise l'origine anthropique (fortes valeurs négatives) ou naturelle, lacustre ou fluviatile (fortes valeurs positives). La couche V 5 est en fait une chape d'argile d'origine anthropique, sa forte valeur positive est due à la faible teneur en phosphates et matières organiques de ce type de sédiment. Une bonne corrélation est visible entre cette courbe et le diagramme des indices limniques.

stabilisé, une craie (sous-jacente à la couche IV b) se dépose, *phase D 1*. Une régression le rabaisse, formation de la plage de galets IV b, *phase D 2*. Une nouvelle transgression amène à nouveau le lac à un niveau plus haut ; la craie IV a se dépose, *phase D 3*.

– Auvernier-Port, hiatus d :

Le sommet de la craie IV a est érodé. D'autres phases de l'activité du lac pouvaient encore être marquées dans ces sédiments qui nous manquent.

– Auvernier-Port, phase E :
(couches III 1 à 3)

Cette phase de bas niveau du lac permet aux hommes du Cortaillod tardif de s'installer sur le site. La sédimentation est principalement d'origine anthropi-

que. Des indices limniques (characées, mollusques) plus nombreux que dans l'ensemble V, le classement de certains végétaux et leur bon état de conservation, montrent l'existence d'inondations fréquentes et d'une humidité persistante. La station se trouvait alors tout à fait à proximité du rivage (cf. § 5.1.2).

– Auvernier-Port, phase F :
(couches II 1 à 10)

Cette phase d'occupation est immédiatement suivie d'une transgression qui recouvre le site. Le niveau du lac monte progressivement. La base de la craie II (couches II 6 à 10) correspond à un faciès peu profond, proche du rivage, où la faune et la flore aquatiques sont abondantes, *phase F 1*. Le rivage recule, le niveau du lac reste ensuite assez haut, *phase F 2*. Un niveau plus sableux (couche II 5) marque probablement une courte phase de régression.

– Auvernier-Port, hiatus e :

On assiste de nouveau à une activité érosive du lac qui tronque le sommet de la craie II. Une fois de plus, il est difficile de présumer des divers épisodes dont la trace a ainsi disparu.

– Auvernier-Port, phase G :
(ensemble I)

Le site est occupé, certainement au cours d'une phase de régression, pendant le Néolithique récent (Horgen). Il est difficile de rentrer plus avant dans les précisions, vu le caractère très lessivé de cette couche. Le sédiment n'est en fait que le résultat de réductions de couches anciennement déposées.

– Auvernier-Port, hiatus f :

Il n'existe pas de sédiments séparant le Néolithique récent des dépôts actuels très peu développés. Ainsi s'arrête à Auvernier-Port la possibilité de reconnaître les plus récentes variations du niveau du lac.

– Auvernier-Port, phase h :

Très récemment, la première (1868-91) et la seconde (1962-73) corrections des eaux du Jura ont régularisé le niveau du lac de Neuchâtel à la cote de 429,3 m pour la dernière.

Bâle, 1978.

Résumé

L'analyse sédimentologique des dépôts du site d'Auvernier-Port permet de retracer une partie de l'histoire du lac de Neuchâtel et de préciser l'évolution des cultures néolithiques dans leur cadre naturel.

Les méthodes d'analyse des sédiments sont précisément décrites. Certaines ont été spécialement élaborées lors de cette étude. En plus des différents paramètres granulométriques et chimiques, l'observation microscopique des divers éléments constituant la fraction sableuse apporte d'intéressantes données sur leur milieu de formation.

Pour chaque couche sont énoncées les caractéristiques sédimentologiques ; une ou plusieurs interprétations sur le processus sédimentaire et son origine sont proposées.

Les problèmes liés à l'interprétation des données sédimentologiques et à l'établissement d'une courbe de

variation des niveaux du lac, sont discutés. En conclusion, différentes phases de la dynamique lacustre – régressions, transgressions, hauts ou bas niveaux du lac – sont mises en évidence. Les mouvements du lac apparaissent multiples et variés dans leur durée et leur intensité.

Zusammenfassung

Die Analyse der Sedimente von Auvernier-Port erlaubt zum Teil die Entwicklung des Uferbereichs des Neuenburgersees sowie die Evolution der neolithischen Kulturen in ihrer natürlichen Umgebung zu verfolgen.

Sedimentuntersuchungsmethoden werden teilweise ausführlich beschrieben; einige sind speziell für diese Studie entwickelt worden. Neben den verschiedenen granulometrischen und chemischen Parametern liefert die mikroskopische Betrachtung einzelner Komponenten der sandigen Fraktion aufschlussreiche Angaben zum Bildungsbereich der Ablagerungen.

Jede unterschiedene Schicht ist durch ihre Sedimentdaten charakterisiert; eine oder mehrere Deutungsmöglichkeiten des sedimentären Bildungsprozesses und ihre mögliche Herkunft werden vorgeschlagen.

Die mit der Interpretation der Analysendaten und der Erstellung einer Kurve der Seespiegelschwankungen verbundenen Probleme werden diskutiert. Zum Schlusse werden die verschiedenen dynamischen Phasen wie Regressionen, Transgressionen, hohe und tiefe Seestände klar an den Tag gelegt. Die Bewegungen des Sees erweisen sich als zahlreich und variabel in ihrer Dauer und Intensität.

Summary

The sedimentological analyses of the layers at the site of Auvernier-Port allow us to retrace part of the history of lake Neuchâtel and to clarify the evolution of the neolithic cultures in their natural framework.

The methods of sedimentological analysis are described, some having been specially worked out for this study. In addition to the different granulometric and chemical parameters, the microscopic observation of the various components of the sand fraction gives interesting facts about on the environment at the time of deposition.

The characteristic sedimentology of each layer is given and one or more interpretations are offered about the sedimentation process, and its probable origin.

The problems connected with the interpretation of the sedimentological data and the construction of a lake level variation curve are discussed. Finally different phases of the lake activity such as regressions, transgressions, high and deep lake levels are demonstrated. The movements of the lake appear to have been both numerous and variable in duration and intensity.

Bibliographie

Pour les abréviations et explications, se référer à la bibliographie du premier chapitre.

- ADOLPHE J. P.
1975 «Biocristallogénèse algale et bactérienne de calcite en eau douce», *Journal français d'Hydrobiologie*, 17; 27-37.
- ADOLPHE J. P. et MARÉCHAL C.
1977 «Minéralisation des dépôts carbonatés expérimentaux d'origine microbienne. Comparaison des roches calcaires obtenues par biogénèse à celles actuelles et fossiles observées dans la nature», *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 284, D; 1381-1384.
- ATLAS GÉOLOGIQUE DE LA SUISSE, 1:25 000 (Publié par la Commission géologique de la Société helvétique des sciences naturelles): 1164 Neuchâtel (Feuille 67 de l'Atlas): 1974, carte, Bâle, Wassermann; 1976, notice explicative de MEIA J. et BECKER F., Bâle, Birkhäuser.
- CAILLEUX A. et TRICART J.
1963 *Initiation à l'étude des sables et des galets*, 1. Paris, Centre de Documentation universitaire.
- DAVAUD E.
1976 *Contribution à l'étude géochimique et sédimentologique de dépôts lacustres récents (lac de Morat, Suisse)* (Thèse, Université de Genève).
- FAVRE J.
1935 «Histoire malacologique du lac de Genève», *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, 41, 3; 295-414.
- GYGER M., MÜLLER-VONMOOS M. et SCHINDLER C.
1976 «Untersuchung zur Klassifikation spät- und nacheiszeitlicher Sedimente aus dem Zürichsee», *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 56, 2; 387-406.
- JOOS M.
1976a «Die Sedimente der neolithischen Station Feldmeilen-Vorderfeld» in: WINIGER J. et JOOS M., *Feldmeilen-Vorderfeld, die Ausgrabung 1970/1971* (Antiqua, 5). Basel; 106-132.
1976b «Geologische und sedimentologische Aspekte von Yverdon-Garage Martin» in: KAENEL G., *La fouille du «Garage Martin-1973* (CAR, 8). Lausanne, Bibliothèque historique vaudoise; 131-142.
1977a In: IMHOF B. et al., «Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Spätlatène-Siedlung Basel-Gasfabrik» in: *Festschrift E. SCHMID zu ihrem 65. Geburtstag*. Basel, Geographisch-Ethnologische Gesellschaft; 91-134.
1977b «Der sedimentologische Befund beim Einbaum» et «Sedimentologische Untersuchungen» in AMMANN B. et al., *Der bronzezeitliche Einbaum und die nachneolithischen Sedimente* (Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann, 3). Bern, Staatlicher Lehrmittelverlag; 41-51 et 67-78.
- LÜDI W.
1935 *Das Grosse Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung* (Veröffentlichungen des geobotanischen Instituts Rübel Zürich, 11). Bern, Huber.
- LUNDSTRÖM-BAUDAIS Karen
1977 *Etude des macro-fossiles des sites littoraux d'Auvernier «Brise-lames», Clairvaux et Charavines* (Mémoire de maîtrise, Lettres, Besançon).
- MAGNY Michel
1978 *La dynamique des dépôts lacustres et les stations littorales du grand lac de Clairvaux*

- (Jura) (Publications du CRA, Notes et monographies techniques, 11). Paris, CNRS.
- MEIA J., PERSOZ F. et SCHAER J. P.
1971 «Dépôts quaternaires et évolution récente de la région de Colombier (rive N.W. du lac de Neuchâtel)», *Bulletin de la Société neuchâtoise des Sciences naturelles*, 94, 3 ; 77-82.
- MATHEY F.
1970 *Contribution à l'étude de l'évolution tardive et postglaciaire de la végétation dans le Jura central* (Matériaux pour le levé géobotanique de la Suisse, 53). Berne, Huber ; 86.
- MÜLLER G.
1964 «Methoden der Sedimentuntersuchung» in: *Sediment-Petrologie*, 1. Stuttgart ; 303.
1966 «Die Sedimentbildung im Bodensee», *Die Naturwissenschaften*, 53, 10.
- MÜLLER R.
1973 «Über die Wasserstände der Juraseen» in: SCHWAB H./MÜLLER R., *Die Vergangenheit des Seelandes in neuem Licht/Über die Wasserstände der Juraseen*. Freiburg, Universitätsverlag ; 153-176.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS
1954 Munsell Color Company inc., Baltimore.
- ORCEL A.
1978 *Analyse archéologique des sédiments* (Les fouilles néolithiques de Douanne, 4). Berne, Staatlicher Lehrmittelverlag ; 233.
- PORTNER C.
1951 *La formation du sédiment calcaire du lac de Neuchâtel* (Thèse, Université de Neuchâtel). Bâle.
- SCHÖTTLE M.
1969 «Die Sedimente des Gnadensees», *Archives Hydrobiologiques*, Stuttgart, suppl. XXXV, 3 ; 255-308.
- SERRUYA C.
1969 «Les dépôts du lac Léman en relation avec l'évolution du bassin sédimentaire et les caractères du milieu lacustre», *Compte rendu de la Société de Physique et d'Histoire naturelle* (supplément aux *Archives des Sciences*), 22, 1 ; 125-254.
- STRAHM Ch.
1975 «Nouvelles réflexions sur un vieux problème» in: KASSER R. et al., *Yverdon. Histoire d'un sol et d'un site avec la cité qu'ils ont fait naître* (Eburodunum, I. Recueil de Travaux publiés par l'Institut d'Archéologie yverdonnoise) ; 155-163.
- VERNET J. P. et al.
1971 «Le Léman : une synthèse bibliographique», *Bulletin de la Recherche géologique minière*, IV, 2, 47.
- VERNET J. P. et al.
1972 «Texture of the sediments of the Petit lac (western lake Geneva)», *Eclogae Geologicae Helveticae*, 65, 3 ; 591-610.
- WEGMÜLLER S.
1966 *Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Juras* (Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, 48). Bern, Huber ; 142.
- WEISS H. P.
1977 *Sedimentologische und isotopengeochemische Untersuchung der Lockersedimente im Bielersee* (Lizentiatsarbeit, Geologisches Institut Bern).
- WÜTHRICH M.
1971 «Les diatomées de la station néolithique d'Auvernier (lac de Neuchâtel)», *Schweizerische Zeitschrift für Hydrobiologie*, 33, 2 ; 533-552.

