Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande

Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise

Band: 46 (1989)

Artikel: La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier/Brise-Lames : étude sédimentologique : étude des processus de sédimentation des fumiers d'habitat

Autor: Brochier, Jacques-Léopold

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-835432

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.09.2025

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

Jacques-Léopold Brochier

La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier/Brise-Lames Etude sédimentologique; étude des processus de sédimentation des fumiers d'habitat

Laboratorium für Urgeschichte der Universität, Basel

1. Situation, échantillonnage:

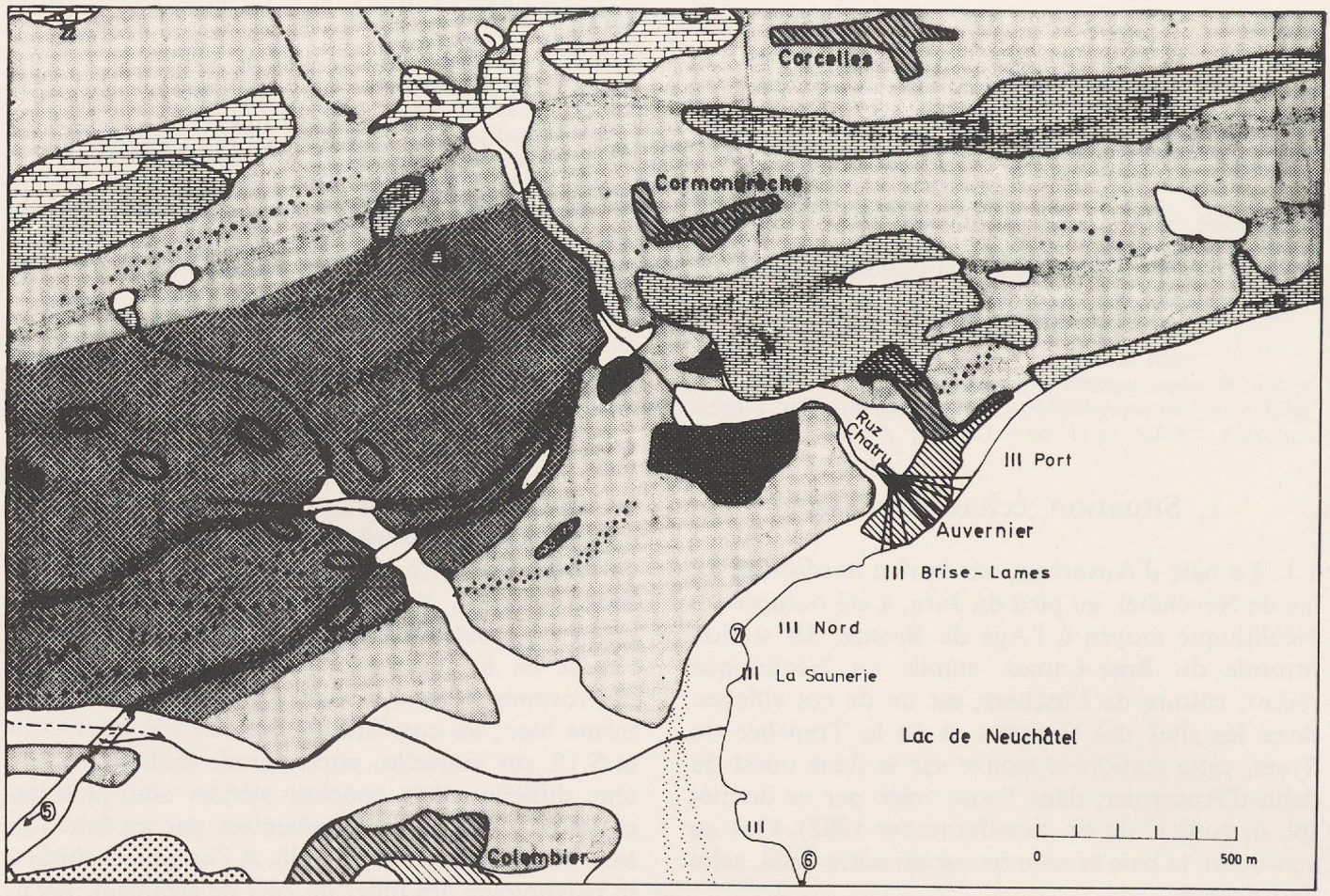
1.1. La baie d'Auvernier, sur la rive nord-ouest du lac de Neuchâtel, au pied du Jura, a été occupée du Néolithique moyen à l'Age du Bronze. La station littorale du Brise-Lames, établie au Néolithique récent, culture de Lüscherz, est un de ces villages. Avec les sites des Graviers et de la Tranchée du Tram, cette station se trouve sur le flanc ouest du delta d'Auvernier, dans l'anse créée par ce dernier (pl. 6; zone C de Fr. Schifferdecker 1982). Plus au sud-ouest, la baie se referme sur un autre delta, celui de l'Areuse.

L'environnement géologique du site est principalement constitué, côté terre, par des dépôts würmiens fluvio-glaciaires et morainiques qui recouvrent la pente côtière jusqu'à 600 m d'altitude. Ce sont essentiellement des graviers et des sables avec des passées plus limono-argileuses. La zone déprimée qui s'étend de Bevaix à Auvernier est comblée par ces dépôts et bordée de pointements calcaires (Urgonien blanc et Urgonien jaune au nord) et mollassiques (mollasse oligocène d'eau douce) (fig. 1). Côté lac le substratum est constitué des mêmes sédiments morainiques et fluvio-glaciaires qui, de la fin du Tardiglaciaire à nos jours, ont été recouverts par des sédiments typiquement lacustres: limons, limons crayeux, craies, sables, parfois entrecoupés à partir de l'Atlantique de couches anthropogènes reflets des différentes phases d'habitat. La séquence stratigraphique du Brise-Lames appartient à cette sédimentation holocène. Elle recoupe sur 2 m, dans sa partie inférieure, des craies et des sables reposant sur le socle morainique ou fluvio-glaciaire, et, dans sa partie supérieure sur 45 cm, un ensemble de couches souvent très organiques correspondant à l'occupation du site.

1.2. Les échantillons des couches d'occupation que nous avons étudiés (n°s 1 à 20) proviennent de la fouille très minutieuse, en laboratoire, du bloc S4. Ce bloc, de 60 cm de côté et de 80 cm de hauteur a été prélevé dans le caisson 64, en bordure d'une zone où se succèdent les structures argileuses (Schifferdecker, ibid. fig. 5). L'échantillonnage a été effectué en collaboration entre archéologues (Schifferdecker F., Billamboz A.), sédimentologue (Joos M.), palynologue (Liese-Kleiber H.). Il est regrettable que l'étude de K. Lundström-Baudais (1977), sur les macrorestes végétaux n'ait pu être menée sur ce même bloc; les corrélations avec les colonnes O 19 et S 15, sur lesquelles porte l'étude biologique, restent difficiles. Les couches stériles sous-jacentes, craies et sables, sont documentées par les échantillons du sondage M 14/13 à 48. A l'origine destinés à la palynologie, les tubes de 20 g de sédiment, prélevés tous les 5 cm environ, se sont révélés insuffisants pour l'étude granulométrique après les ponctions en vue des analyses palynologiques et chimiques. Il a donc été décidé d'alterner les analyses granulométriques et chimiques d'un tube à l'autre.

Les méthodes d'analyses sédimentologiques que nous avons suivies sont, avec quelques petites modifications, celles que M. Joos à Feldmeilen et nous-même en collaboration avec M. Joos à Auvernier-Port avons mises au point pour l'étude de ces dépôts lacustres[1]. Nous renvoyons à ces différents articles pour leur description (Joos 1976a, Brochier/Joos 1982). Nous avons poussé ici plus spécialement l'étude des couches anthropiques riches en matériel organique et l'analyse des résultats par diagrammes binaires où l'on voit parfaitement s'individualiser les différents groupes de couches. Ce travail, effectué sur le bloc échantillon S4, devrait être complété par des données obtenues sur toute la surface de la station. Les processus de sédimentation pourraient être ainsi parfaitement définis en fonction du rôle joué par l'homme (apports de différents matériaux végétaux et minéraux) et de la morphologie du site (rôle joué par la présence des chapes, des habitations, etc., différences entre les zones les plus proches du lac et les plus éloignées, extension des inon-

[1] Je remercie ici Mme G. Scheller pour ses analyses chimiques et pour le dessin des graphiques.



cordons littoraux graveleux

butte morainique (drumlin, kame)

vallums morainiques

ancien cours d'eau

① à ⑦ échantillons prélevés

III stations préhistoriques

dépôt artificiel, remblai

Holocène : alluvions réc. / marais

Pléistocène : graviers fluvioglaciaires de l'Areuse

Pléistocène : moraine würmienne indifférenciée

Pléistocène : moraine würmienne localement remaniée

Oligocène : Stampien (grès et marnes bigarrées, avec calcaires lacustres)

Crétacé inf. : Barrémien (calcaires urgoniens)

Crétacé inf. : Hauterivien (pierre jaune de Neuchâtel)

Crétacé inf. : Berriasien-Valanginien (marnes d'Arzier, calcaire roux)

Fig. 1 Le site dans son cadre géologique.

dations). Nous nous sommes intéressé, en un premier temps, au seul matériel inférieur à 2 mm qui est le meilleur indicateur des actions naturelles. Les échantillons du bloc S4, de volumes trop faibles, ne permettaient pas de réaliser d'études statistiques sur les granules (2 mm à 1 cm) et les cailloux (supérieurs à 1 cm).

2. Analyse sédimentologique de la stratigraphie:

La séquence stratigraphique du Brise-Lames peut se résumer en 8 ensembles sédimentaires principaux (Schifferdecker, ibid., § 3, fig. 8, 10, 11, 14) parfois séparés par des lacunes; de haut en bas on trouve:

– ensemble I: zone ouest: sables «granuleux» bleu-gris I 1c (épaisseur 10 cm) surmontés de sables bruns I 1b de 5 à 60 cm d'épaisseur
  zone est: sable clair contenant des galets I 2a, de 0 à 20 cm d'épaisseur; sable très carbonaté blanc I 2b, 0 à 20 cm d'épaisseur
  au nord de la zone est: «mélange sable-craie» I 3 de 0 à 15 cm d'épaisseur
  sur une grande partie du site: ténevière de galets I 1a
– lacunes f et g
– ensemble II: couches d'habitat de la période Lüscherz, pour la plupart à riche composante organique, 0 à 45 cm d'épaisseur
– lacune e
– ensemble III: couches de craie lacustre de 0 à 2 m d'épaisseur
– lacune d
– couche IV: sable lacustre bleu-gris, 20 à 50 cm d'épaisseur
– lacune c
– couche V: craie lacustre, 0 à 15 cm d'épaisseur
– lacune b
– couche VI: sable lacustre bleu-gris, 0 à 20 cm d'épaisseur
– lacune a
– ensemble VII: VIII 1: lit de galets vermiculés encroûtés de carbonates à leur face supérieure
  VII 2: à l'est du site, sables et graviers pouvant être rapportés aux dépôts deltaïques de la rivière d'Auvernier, épaisseur inconnue
– couche VIII: limons argileux mêlés de graviers roulés et de galets, à rattacher au complexe fluvio-glaciaire et morainique würmien, épaisseur inconnue.

Tous ces ensembles ne sont pas représentés dans le bloc échantillon S4 et la colonne M14 où nous pourrons étudier successivement la couche V, la couche IV, l'ensemble III, l'ensemble II et la couche I 2a. Nous renvoyons au chapitre de présentation de F. Schifferdecker pour la description des ensembles absents.

2.1. Couche V (échantillons M 14/48 à 44)

Caractéristiques sédimentologiques:

C'est un sédiment limoneux (50% au minimum), peu argileux, un peu plus sableux à la base et au sommet; le sorting est très mauvais. La fraction sableuse se compose surtout de concrétions carbonatées, de type chou-fleur et boule principalement. La formation limnique de ces concrétions et leur origine biochimique dans laquelle les bactéries jouent un grand rôle, ne fait plus de doute (Brochier/Joos 1982, Brochier/Adolphe/Maréchal 1986). Les grains de roche sont essentiellement des grains de quartz et de roches cristallines.

Les taux en carbonates sont de l'ordre de 75%. On note la présence d'éléments lacustres typiques: tests de mollusques, ostracodes, restes planctoniques. Les teneurs en matière organique et phosphates sont très faibles. Le pH, basique, évolue entre 8 et 8,5.

On notera la présence de quelques charbons de bois.

Dynamique de la sédimentation:

On assiste là au dépôt d'une véritable craie lacustre. La part un peu plus importante d'argiles et limons fins, de sables grossiers à sa base, résulte du remaniement du substratum sous-jacent par le lac. Les courbes en paliers confirment l'enrichissement en matériel très fin et sables grossiers provenant de cette dernière. Le niveau du lac est haut, mais ne permet pas le dépôt d'une craie à plus de 50% de limons; cette sédimentation s'effectue dans un domaine encore relativement littoral. Les charbons de bois sont probablement d'origine anthropique et proviennent par flottaison de stations voisines contemporaines ou de la destruction de stations plus anciennes par érosion.

Le sondage s'est arrêté sur un ensemble de couches plus résistantes à la pénétration de la tarière dont il n'existe malheureusement pas de prélèvements: couches VII 1, lit de galets, et VIII de texture limono-argileuse et graveleuse. L'origine de la couche VII 1 ne fait pas de doutes; elle est due au lavage et au tri des couches sous-jacentes VIII et VII 2 lors de phases érosives de l'activité lacustre, probablement sous une faible hauteur d'eau. La vermiculation des galets (Schifferdecker fig. 6, ibid.) montre d'ailleurs que le milieu est resté littoral un certain temps. Le film carbonaté qui recouvre ces galets peut être d'origine contemporaine ou postérieure au dépôt. Une lacune probablement assez longue (lacune a + lacune b, cf. §4) doit être placée entre les couches VII et V, pendant laquelle des couches ont pu se déposer, puis être érodées (la couche VI entre autres ici). La couche VIII, dont on connaît peu de chose, appartient probablement aux dépôts morainiques et fluvio-glaciaires würmiens qui constituent le substratum du lac (Meia et al. 1971).

2.2. Lacune c (entre échantillons M14/44 et 43)

La couche de craie V se présente sous forme de poches et n'existe même plus par endroits. Des phénomènes d'érosion antérieurs ou (et) consécutifs au dépôt sableux IV qui s'est effectué en milieu littoral agité doivent être considérés comme responsables de cette disparition. Là où elle est visible, on n'observe certainement que la partie inférieure restant de cette sédimentation.

2.3. Couche IV (échantillons M14/43 à 37)

Caractéristiques sédimentologiques:

La fraction sableuse atteint 85%; elle est principalement composée de sables moyens (0,2 à 0,6 mm) pour lesquels les courbes granulométriques cumulatives montrent un net classement. Quelques granules supérieurs à 2 mm dont font partie des concrétions, sont à noter dans l'échantillon 38. Ces sables sont constitués par des grains de roche, quartz et roches cristallines essentiellement. Les concrétions que l'on rencontre, dans la proportion de 10%, sont du type boule; 10% d'entre elles sont de couleur grise contribuant ainsi, avec la grande abondance des grains de roche, à donner au sédiment sa couleur grise (2.5 Y 7/2).

La teneur en carbonates tombe à 50%, mais presque la moitié des grains de sable portent un encroûtement carbonaté. Le pH, de plus en plus basique, dépasse 8,5. Ces couches sont très pauvres en matière organique et encore plus en phosphates.

On observe la présence de très rares tests de mollusques à l'exclusion de tout autre organisme limnique.

Dynamique de la sédimentation:

L'action des vagues en milieu littoral est à l'origine de ce sable et de son bon classement. Sa couleur grise, tranchant avec la blancheur du sédiment précédent, dénote un changement dans le chimisme du lac; le milieu devient plus réducteur (lac eutrophe). Il se pourrait aussi que ce sable soit en position secondaire et provienne de l'érosion de formations sableuses ou limono-sableuses plus anciennes (tardiglaciaires) présentant habituellement une couleur grise. Les concrétions peuvent être héritées de la même façon, mais ces concrétions de type boule semblent bien se former préférentiellement en milieu littoral agité. Elles ont valu à ce sédiment le nom de «sable à particules encroûtées»; en fait ces concrétions sont entièrement d'origine biochimique et n'encroûtent aucun germe minéral. Un caractère remarquable de ce sable est encore sa composition très riche en grains de quartz, alors que le domaine terrestre riverain, moraine, fluvio-glaciaire, les alluvions de l'Areuse, celles de la rivière d'Auvernier, et les couches archéologiques, comportent toujours au moins 30% de grains calcaires; la fraction sableuse des sédiments limoneux lacustres est par contre toujours très riche en quartz (Brochier/Joos 1982, Brochier 1979). Ce sable ne nous semble donc pas être le résultat d'un véritable apport détritique mais être plutôt dû au lavage de sédiments limono-sableux lacustres sous-jacents, les limons lessivés étant allés se déposer dans les zones de plus basse énergie, éloignées de la rive.

2.4. Lacune d (entre échantillons M14/37 et 36)

L'encroûtement carbonaté des grains de roche de la couche IV, que nous expliquons pour l'instant par des phénomènes d'illuviation, nous permet de penser que ce sable est resté exondé un certain temps. Mais d'une part il est difficile de préciser le niveau à partir duquel se fait le transfert des carbonates dans les couches supérieures, d'autre part il n'est pas encore sûr que ces encroûtements soient dus à des phénomènes d'illuviation. Ils peuvent aussi être contemporains du dépôt et alors imputables à des organismes vivants encroûtants; l'encroûtement des tests de mollusques (Burri, ibid.) plaide par contre en faveur d'un phénomène post mortem. Ce hiatus est aussi visible dans la séquence pollinique où sa durée peut être estimée à plusieurs siècles.

2.5. Ensemble III (colonne M14, échantillons 36 à 13 – bloc S4, échantillons 20 à 18)

Caractéristiques sédimentologiques:

La fraction fine, surtout limoneuse, est la plus importante. Elle montre un gradient croissant de 55 à 78% des échantillons n°s 36 à 20; après un minimum où elle tombe à 42% (n° 18), elle chute progressivement de 78 à 50 – 60% (n^os^ M14/16 à S4/20). La part en argiles, jamais très forte (10 à 6%), devient encore plus faible (5 à 2%) dans les horizons supérieurs, après l'épisode sableux n^os^ M14/18. Les sables, surtout des sables fins, sont presque entièrement composés de concrétions lacustres, type choufleur essentiellement, type tube nombreux des échantillons M14/32 à M14/28. Les grains encroûtés de carbonates présentent un gradient croissant de 5 à 65% des prélèvements n^os^ S4/20 à M14/18.

Le taux en carbonates passe au-dessus de 75% et atteint des valeurs proches de 90%. Les valeurs en matière organique, humus, phosphates, restent toujours très basses. On observe une augmentation progressive des teneurs de ces éléments dans les niveaux immédiatement sous-jacents à la couche II.

Les organismes limniques sont présents tout au long de cette série. On notera un maximum de characées des n^os^ M14/34 à M14/24 et un autre aux n^os^ S4/19 et S4/20, des mollusques et des ostracodes en S4/19 et S4/20 encore, des restes planctoniques en M14/22. On observe aussi, sans interruption, la présence de charbons de bois; ils sont plus nombreux dans les niveaux M14/32 à M14/26 et S4/18 à S4/20 où des charbons de taille supérieure à 2 mm sont aussi observables.

Dynamique de la sédimentation:

Le niveau du lac est de nouveau haut et on assiste à des dépôts de craies plus ou moins fines. Le gradient de la fraction limoneuse traduit une montée progressive des eaux du lac à partir de l'échantillon M14/36, le maximum étant atteint en M14/22-20; l'épisode

sableux du n° M14/18 peut représenter une courte régression ou être le reflet d'une très forte et rapide agitation des eaux (tempête); le gradient croissant de la fraction sableuse révèle ensuite une baisse légère du niveau des eaux jusqu'en S4/18. Le développement des mollusques et ostracodes témoigne aussi en faveur d'un niveau plus bas dans les horizons supérieurs. La sédimentation des niveaux de craie inférieurs, tranquille, permet un dépôt varvé; elle a lieu en eau plus profonde.

La présence de charbons de bois doit être attribuée à l'érosion de stations voisines contemporaines ou à la destruction de stations plus anciennes même recouvertes de sédiments.

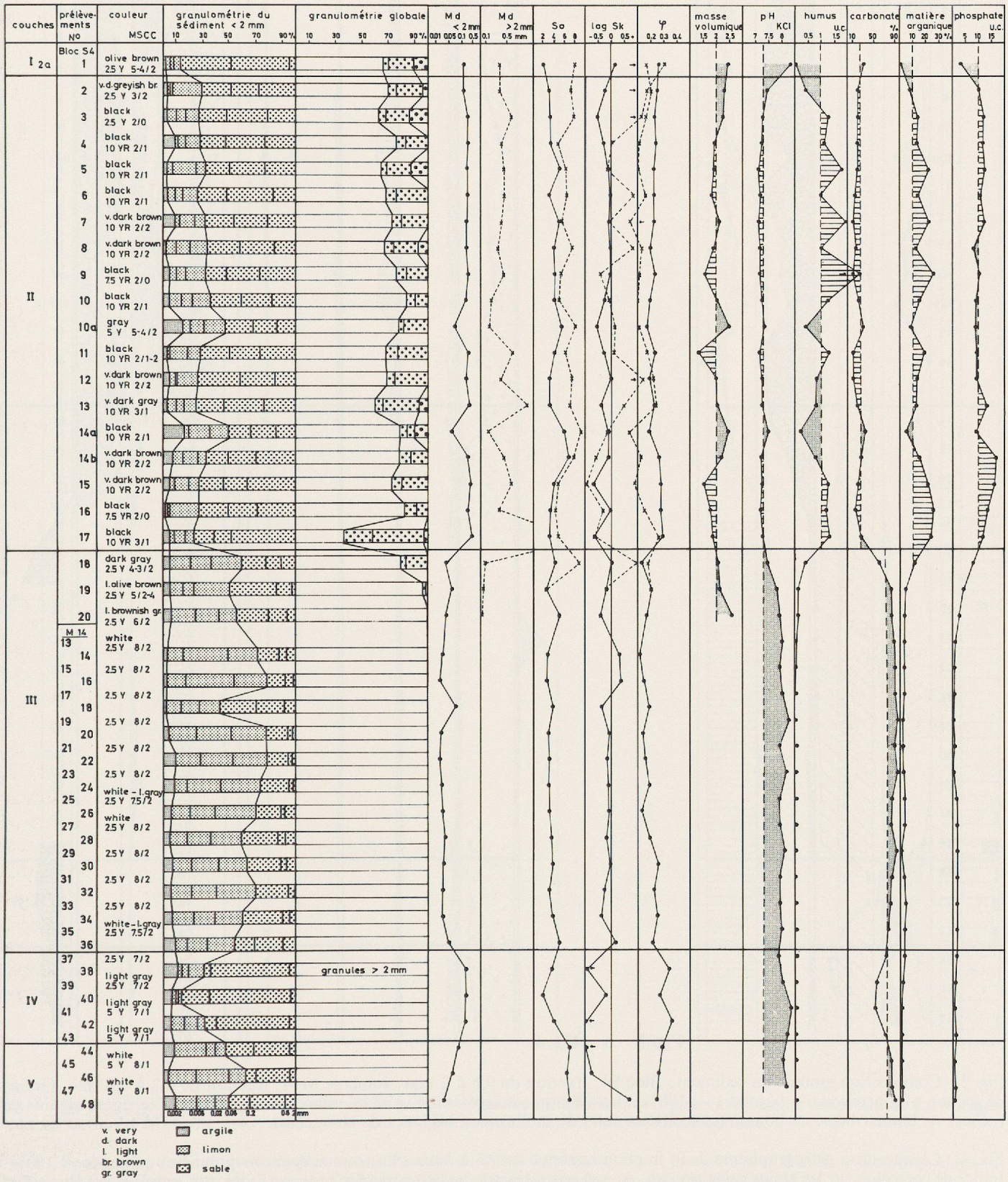
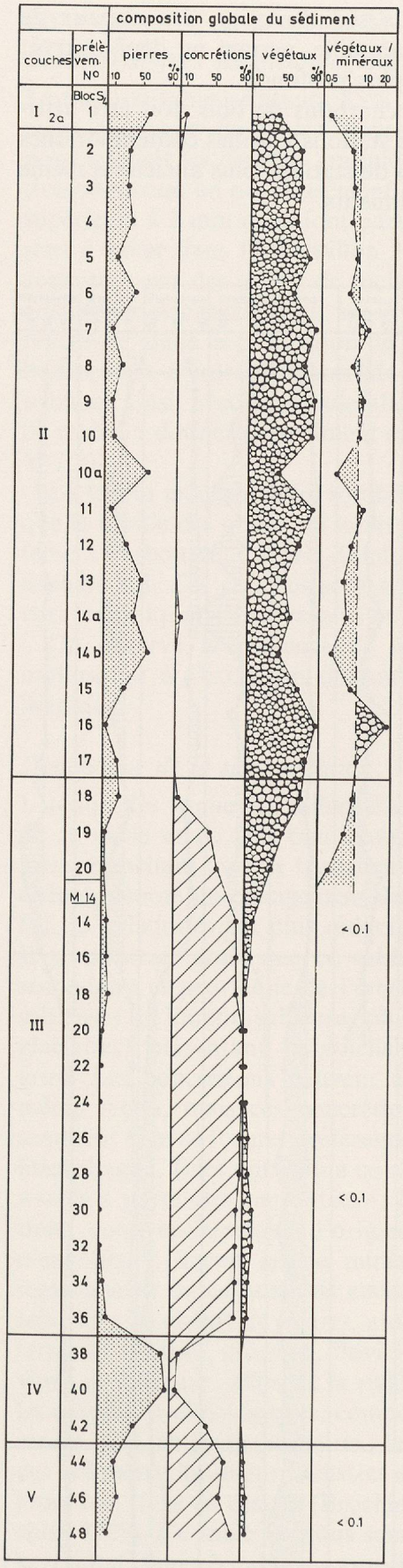


Fig. 2 Analyses granulométriques et analyses chimiques; bloc S4 et colonne M/14. Md = médiane, So = sorting index (indice de classement), log Sk = skewness (asymétrie), φ = kurtosis, u.c. = unité de couleur.



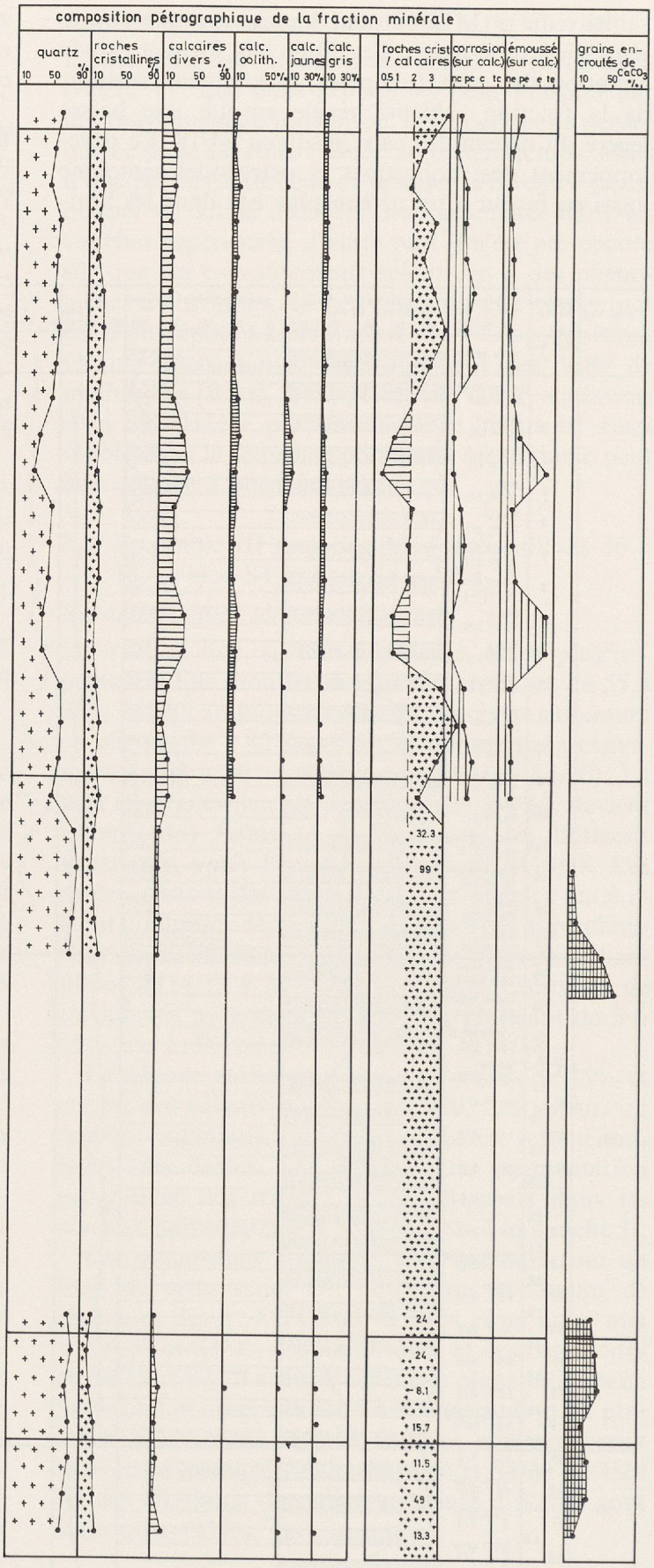


Fig. 3 Fig. 4

Fig. 3 Composition globale du sédiment: Bloc S4: fraction de 0,6 à 2 mm; sondage M14: fraction de 0,2 à 0,6 mm. Grains de roches + concrétions + végétaux = 100%; dans le rapport végétaux/minéraux, minéraux = détritisme terrigène (grains de roches) + biodétritisme carbonaté (concrétions, tests de mollusques, oogones de characées).

Fig. 4 Composition pétrographique de la fraction minérale de 0,6 à 2 mm. La somme des trois premières colonnes = 100%. Indice de corrosion sur les grains calcaires: n.c. = non corrodés, p.c. = peu corrodés, c. = corrodés, t.c. = très corrodés. Indice d'émoussé sur les grains calcaires: n.e. = non émoussés, p.e. = peu émoussés, e. = émoussés, t.e. = très émoussés. Les échantillons M14, 18 à 34, ne présentaient pas un nombre suffisant de grains pour un décompte statistique.

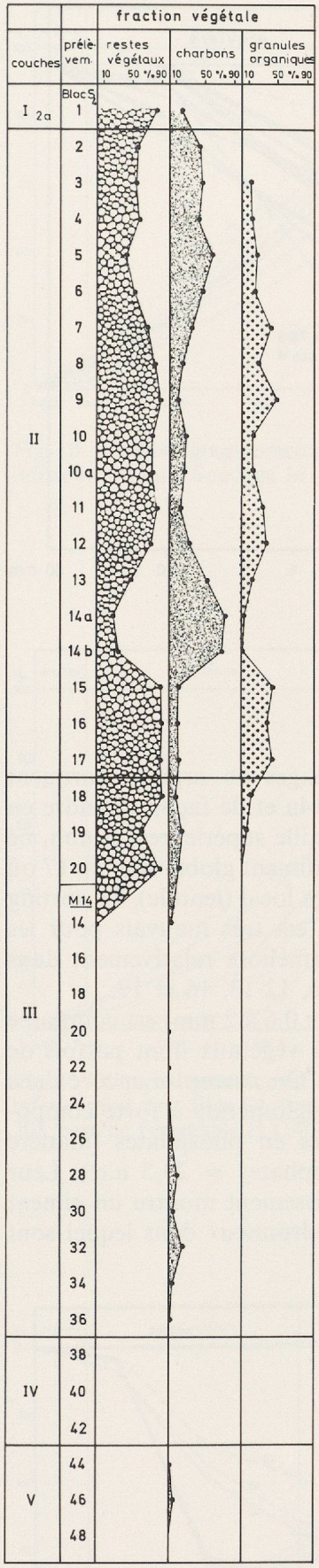


Fig. 5

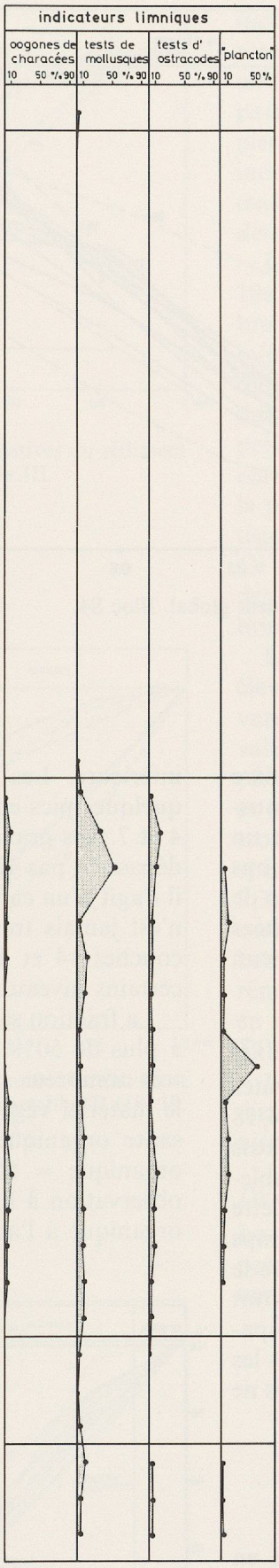


Fig. 6

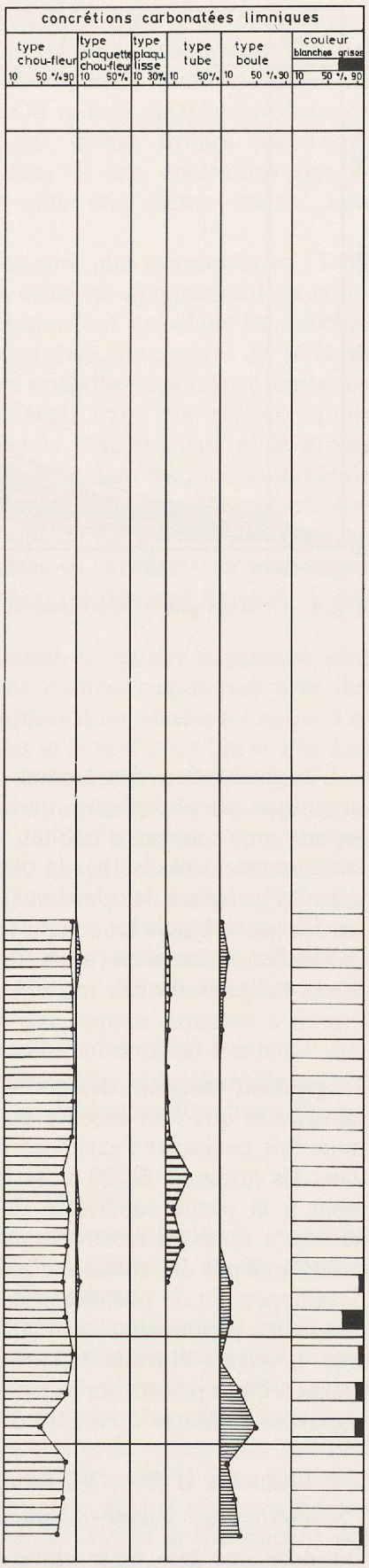


Fig. 7

Fig. 5 Etude de la fraction végétale. Pour-cent en granules organiques calculés par rapport à la totalité des grains de 0,6 à 2 mm (sauf échantillons M14, 0,2 à 0,6 mm); pour-cent en charbons par rapport aux débris végétaux.

Fig. 6 Recherches des indices limniques sur la fraction de 0,2 à 0,6 mm (il n'y a pas non plus d'indices limniques dans la fraction de 0,6 à 2 mm du bloc S4, cette fraction est très faiblement représentée dans le sondage M14).

Fig. 7 Etude des concrétions carbonatées limniques, de différents types. Fraction de 0,2 à 0,6 mm.

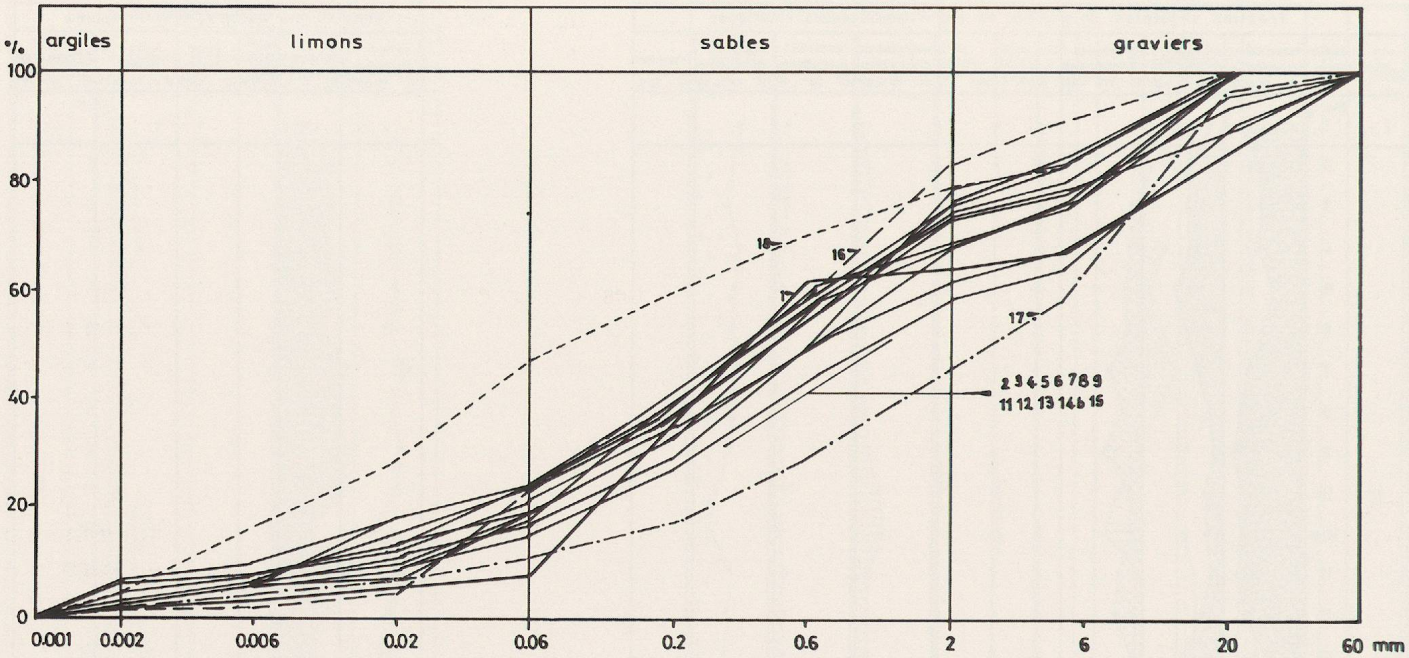


Fig. 8 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment global. Bloc S4.

L'augmentation des teneurs en humus, matière organique et phosphates dans les niveaux sous-jacents aux couches d'habitat, peut être due à un enrichissement réalisé par la destruction de stations voisines (présence des charbons) ou à l'illuviation de ces éléments depuis les couches supérieures habitées (lesquelles se seraient alors déposées sans aucun doute sur terre ferme).

2.6. Lacune e (entre échantillons S4/18-19 et S4/17)

Le gradient croissant des grains de roche encroûtés de calcaire que l'on observe du n° S4/19 à M14/18 nous fait envisager l'existence possible d'un hiatus dans les horizons S4/20 à S4/18 et plus probablement à la partie supérieure de la craie III. Cette surface a donc pu rester exondée un certain temps avant le dépôt des couches d'habitat et permettre le développement de phénomènes d'illuviation qui ont pu encore se poursuivre pendant la phase d'occupation. L'origine illuviale du carbonate encroûtant les grains n'étant pas encore prouvée (cf. § 2.4.) nous ne signalons ce hiatus qu'à titre d'hypothèse.

2.7. Ensemble II (bloc S4, échantillons 17 à 2)

Caractéristiques sédimentologiques:

On note une très nette chute du pourcentage en limons. Ces couches sont surtout sableuses, les sables[1] jouant un rôle plus important dans la partie inférieure. Les pourcentages en argiles marquent quelques pics en 10a et 14a et de façon moindre en 4 et 7. Les graviers, de taille supérieure à 2 mm, ne dépassent pas 40% du sédiment global sauf en 17 où il s'agit d'un caractère très local (lentille). Le sorting n'est jamais très bon; il est très mauvais pour les couches 14 et 10a, il s'améliore relativement dans certains niveaux, 2 à 4, 6, 12-13, 16 et 17.

La fraction sableuse (de 0,6 à 2 mm) est composée à plus de 50% de débris végétaux dont parfois de très nombreux charbons. On rencontre encore dans le matériel végétal des agglomérats à forte composante organique et riches en phosphates (matière organique = 56%, phosphates = 23,5 u.c.). Leur observation à fort grossissement montre un ciment organique à l'aspect goudronneux dans lequel sont

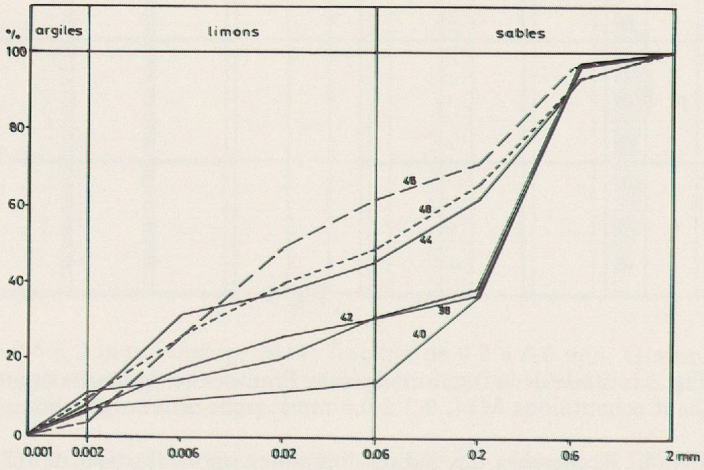


Fig. 9 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment inférieur à 2 mm. Sondage M14, couche V (44, 46, 48), couche IV (38, 40, 42).

[1] Le terme de sable est employé dans un sens uniquement granulométrique pour la fraction comprise entre 0,06 mm et 2 mm; les sables comprennent une partie de grains minéraux et une partie de grains végétaux.

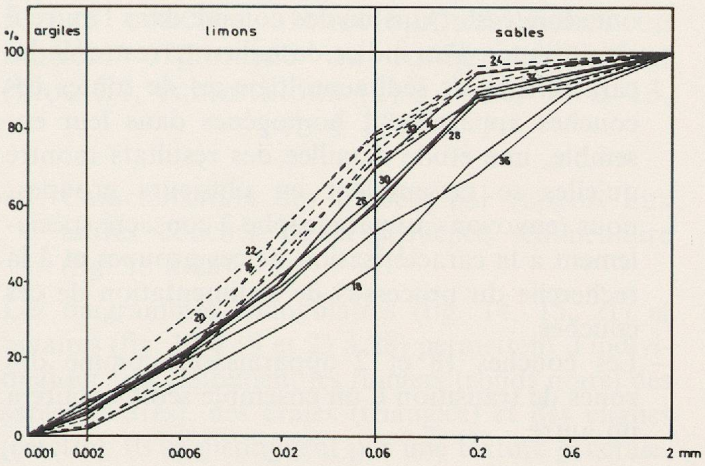


Fig. 10 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment inférieur à 2 mm. Sondage M14, ensemble III.

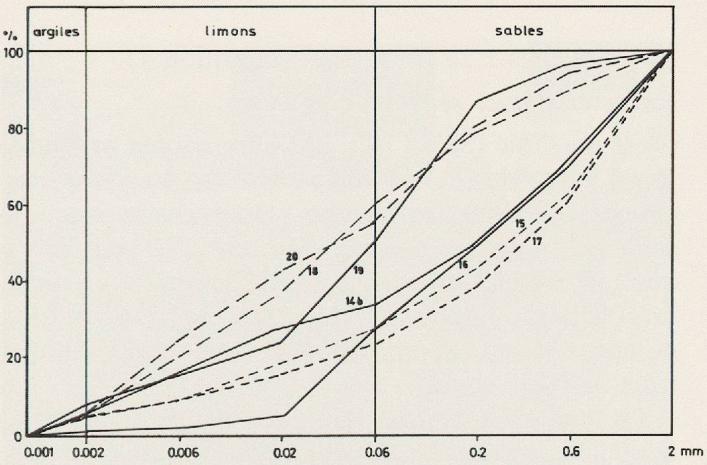


Fig. 11 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment inférieur à 2 mm. Bloc S4, sommet de l'ensemble III (18, 19, 20), base de l'ensemble II (14b, 15, 16, 17).

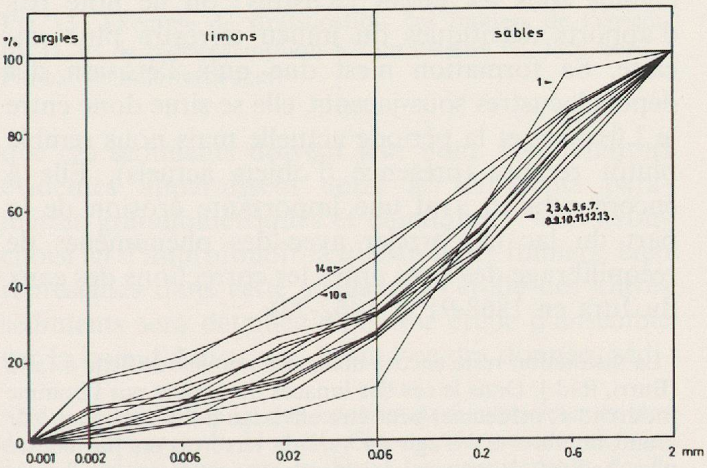


Fig. 12 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment inférieur à 2 mm. Bloc S4, ensemble II (2 à 13; fumiers, 10a, 14a: chapes), couche I2a (1).

inclus des débris végétaux plus gros et quelques rares grains de roche. Ils sont pratiquement absents en 14a, 14b et sont de moins en moins nombreux à partir du niveau 6. On notera aussi la présence de pierres présentant des taches brunes indélébiles incontestablement dues à une coloration par la matière organique sous une forme encore non déterminée.

Les grains de roche sont plus nombreux en 13-14, 10a et 6. Les grains calcaires apparaissent en nombre beaucoup plus important que dans les couches inférieures et montrent deux maximums en 14 et 10 où le rapport roches cristallines/calcaires tombe en dessous de 2, c'est aussi dans ces niveaux qu'ils présentent leur faciès le plus émoussé et le moins corrodé. On notera encore dans la fraction minérale la présence en petit nombre de concrétions carbonatées de forme sphérique de 0,5 à 2 mm de diamètre. Ce sont des «granulations calcaires» produites par des limaces (Arionidae) ou des vers de terre (Lombriciens).

Les teneurs en humus et matière organique sont élevées (10 à 25% de matière organique) avec des variations bien marquées d'un niveau à l'autre. Les valeurs les plus faibles se trouvent en 10a et 14a. Les phosphates gardent de hautes teneurs (10 à 17 u.c.) et montrent des variations moins brusques; on retrouve le minimum de 14a, celui de 10a n'est pas spécialement marqué. Le pH se situe entre 7,1 et 7,3; seul le niveau 14a est plus basique (7,5). Les carbonates montrent une chute vertigineuse et tombent en dessous de 30%; 14a et 10a sont encore remarquables, cette fois par des valeurs plus hautes en carbonates ainsi que comme couches à densité plus élevée (2,5).

Nous n'avons observé dans nos échantillons (une dizaine de grammes de sables) aucune trace d'organismes limniques.

Dynamique de la sédimentation:

Les caractéristiques sédimentologiques ci-dessus permettent de distinguer aisément, en un premier temps, deux types de couches:

– Des couches à teneur en argiles plus forte, présentant des teneurs minimums en acides humiques, matière organique, phosphates, plus carbonatées et à pH basique, dont les sables, constitués principalement de grains de roche, sont très mal triés; ce sont les couches 14a et 10a. Ces sédiments sont allochtones: apport de fines, limons plus argiles, apport de sables se distinguant par des grains calcaires plus nombreux, apport possible de craies signalé par la présence de quelques indicateurs limniques (Chara en 14a, n°s 11, 12, 13 de la colonne 019 étudiée par K. Lundström-Baudais, 1977, § 2-3-6). L'absence d'analyses minéralogiques des argiles et de recherche des minéraux lourds font qu'il est difficile de préciser leur provenance, le domaine morainique environnant

reste le plus probable. Les sables plus riches en calcaire proviennent vraisemblablement du milieu terrestre, dépôts morainiques et fluvio-glaciaires qui pouvaient affleurer sur les rives ou sur les pentes voisines. Ce matériel est donc un mélange (sorting index élevé) de 4 parts, graviers, sables, argiles, limons, qui a pu être soit fabriqué par l'homme, soit trouvé tel quel dans certains dépôts morainiques, puis a été transporté sur le site dans un but qui n'est pas encore bien déterminé (construction, chapes de foyers, etc.). La présence d'argiles, même en faible proportion, pas plus de 10%[1], confère à ces sédiments des caractéristiques propres, dont une certaine imperméabilité et résistance mécanique qui expliquent entre autres les faibles teneurs en phosphates et matière organique; l'état poli et non corrodé des calcaires montre qu'ils ont été protégés de l'agressivité des acides organiques notamment. Il reste nécessaire de pousser les analyses sédimentologiques de ces «chapes» pour déterminer leur constitution exacte qui peut être différente dans le temps et dans l'espace et correspondre à des buts bien précis, pour préciser encore la provenance des différents matériaux les composant (détermination minéralogique des argiles par diffraction aux rayons X, minéraux lourds, etc.) et leur fonction (caractéristiques mécaniques, transformation des minéraux argileux sous l'action du feu, etc.).

– Des couches se distinguant par leur plus forte teneur en matière organique, humus, phosphates et par une fraction sableuse constituée en grande majorité par des débris végétaux, ce sont les fumiers, n°s 17 à 14b, 13 à 11, 10 à 3. Le rôle de l'homme est primordial dans la constitution de ces couches, le lac intervient secondairement pour leur donner leur forme définitive. Une origine zoologique doit être attribuée aux granules organiques, nombreux dans la fraction végétale (cf. § des caractéristiques sédimentologiques et fig. n° 5); nous ne pensons pas qu'il s'agisse là de formes sédimentaires, mais plutôt de débris de fumier, au sens strict d'excréments, compactés et indurés; leur répartition spatiale serait d'un grand intérêt palethnologique. D'autre part les granulations calcaires signalées sous le nom de «tropfstein» par K. Lundström-Baudais (1977) ne sont pas des indicateurs limniques comme cela avait tout d'abord été proposé. Peu nombreuses dans nos échantillons, elles se trouvent en grand nombre dans les colonnes S15 et 019 prélevées par K. Lundström-Baudais et manifestent une fréquentation importante du site par les Arionidae ou les Lombriciens qui les ont secrétées[2]. Dans un cas comme dans l'autre il s'agit plutôt d'un indice de milieu terrestre. Si les caractéristiques sédimentologiques de toutes ces couches apparaissent homogènes dans leur ensemble, une étude détaillée des résultats montre qu'elles se rassemblent en plusieurs groupes; nous renvoyons au paragraphe 3 consacré spécialement à la caractérisation de ces groupes et à la recherche du processus de sédimentation de ces couches.

– Les couches 18 et 2 apparaissent comme des zones de transition d'un ensemble sédimentaire à un autre.

2.8. Lacune f (bloc S4, entre échantillons 2 et 1)

La couche de sable qui recouvre les couches d'habitat est de formation récente ou subrécente. Manquent donc tous les dépôts de la période de Lüscherz à nos jours; soit qu'ils n'aient jamais existé, soit qu'ils aient été érodés comme la couche I 3 connue plus au nord (Schifferdecker, ibid. § 3.6.2.).

2.9. Couches I 2a (bloc S4, échantillon 1)

Caractéristiques sédimentologiques:

C'est un sable (88%) très peu limoneux et argileux. Il est bien classé; on retrouve le sorting bas des couches de sables inférieures, IV. Dans la fraction sableuse la partie minérale l'emporte de peu sur la végétale (50% / 40%). Les grains de quartz y jouent un rôle prédominant et les concrétions lacustres font de nouveau leur apparition. On note aussi quelques tests de mollusques.

La teneur en carbonates augmente légèrement mais ne dépasse pas 30%, celles en phosphates, matière organique et humus tombent très bas. Le pH devient très basique.

Dynamique de la sédimentation:

Cette couche de sable s'est formée en milieu littoral de haute énergie; les grains sont bien triés par le mouvement des vagues. Ce sable est très quartzeux comme tous les sables lacustres; on ne note pas d'apports détritiques du milieu terrestre plus calcaire. Sa formation n'est due qu'à l'érosion des dépôts lacustres sous-jacents, elle se situe donc entre le Lüscherz et la période actuelle mais nous semble plutôt récente (présence d'objets actuels). Elle a encore subi en aval une importante érosion de la part du lac (à corréler avec des phénomènes de rééquilibrage des rives après les corrections des eaux du Jura en 1868-91 et 1962-73).

[1] On voit là qu'il vaut mieux abandonner le terme d'«argile» parfois employé pour ce type de sédiment et préférer le terme de chape, revêtement horizontal ou vertical, puis préciser chape limono-argileuse, chape graveleuse à matrice limono-argileuse ou sableuse, etc.

[2] La distinction reste encore malheureusement difficile à faire (Burri, ibid.). Dans le cas des limaces un apport par l'homme (nourriture, médecine) peut être envisagé pour expliquer leur grand nombre. S'il s'agit de vers de terre on est par contre plus habitué à trouver de grandes concentrations de ces granulations dans les sols, bien évidemment hors d'eau. Une recherche doit être poursuivie sur cet élément indicateur de milieu important.

3. Les couches archéologiques riches en matière organique ou fumiers d'habitat (bloc S4, échantillons (2)-3 à 10, 11 à 13, 14b à 17)[1]

3.1. Caractérisation des fumiers par rapport aux autres couches de la séquence sédimentaire (fig. 13 à 28)

Les diagrammes triangulaires (fig. 14, 15, 21) et binaires (fig. 17 à 19 et 23 à 28) permettent d'individualiser très clairement les fumiers (ronds noirs) des sables (carrés), des craies (triangles) et des chapes (cercles). Ils se distinguent par une texture généralement plus sableuse et plus graveleuse (fig. 14 et 15), par une proportion plus grande en grains calcaires (excepté les chapes, fig. 21), par des pH bas (fig. 27), par des quantités de phosphates élevées, et enfin par des teneurs très fortes en matière organique (fig. 23 à 28); humus (fig. 26) et débris végétaux (fig. 23). Ce sont bien sûr à ces derniers caractères que ces sédiments doivent leur nom. Des relations évidentes apparaissent entre les différents paramètres granulométriques et chimiques. Nous avons choisi ici d'approfondir la question des fumiers, bien représentés dans cette séquence; l'étude des autres sédiments sera détaillée dans une étude d'ensemble sur la baie d'Auvernier. L'analyse des données sédimentologiques, présentées ci-après (§ 2 à 6), à l'aide des diagrammes triangulaires et binaires, ainsi que quelques expériences particulières comme l'attaque à l'eau oxygénée, le tamisage très fin de la partie inférieure à 2 mm, la recherche des indices limniques, la représentation par courbes en ordonnées de probabilités, vont permettre de caractériser différents types de fumiers et d'approcher plus précisément les modalités de leur dépôt.

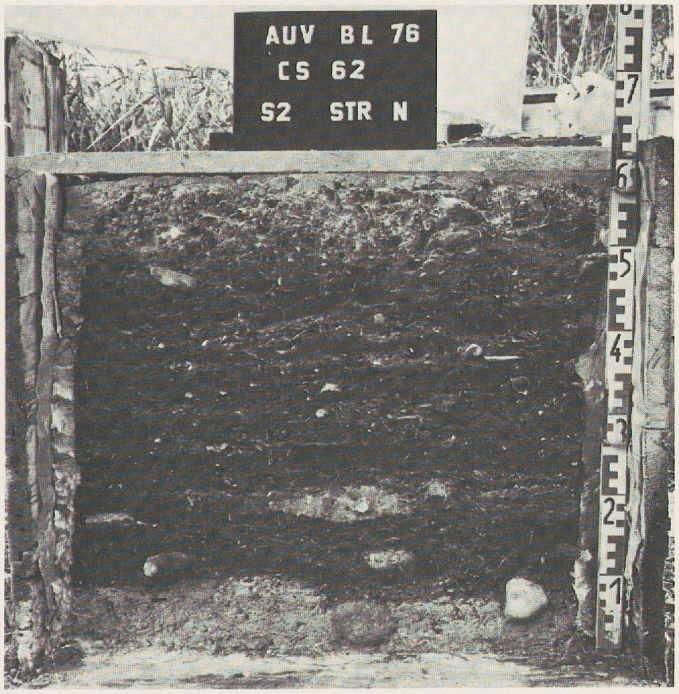


Fig. 13 Exemple de stratification des fumiers de l'ensemble II, ici, le bloc-échantillon S2, du caisson 62, face nord. Photo: F. Schifferdecker.

3.2. Texture, granulométrie (fig. 14 et 15)

Pour le sédiment inférieur à 2 mm le diagramme triangulaire, figure 1, montre une homogénéité certaine de la texture. Toutes ces couches sont des sables (minéraux + végétaux) peu limoneux (15 à 30%) et très peu argileux (3 à 10%). La texture grossière apparaît un peu plus hétérogène (fig. 15). Il s'agit là d'un fait humain, les galets étant pour leur totalité, d'apport anthropique. Une analyse menée sur toute la surface d'une même couche révélerait

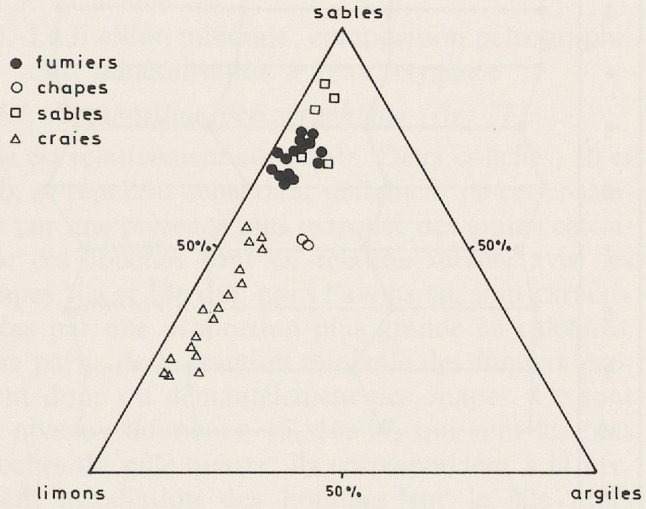


Fig. 14 Texture du sédiment inférieur à 2 mm — diagramme granulométrique ternaire: sables/limons/argiles.

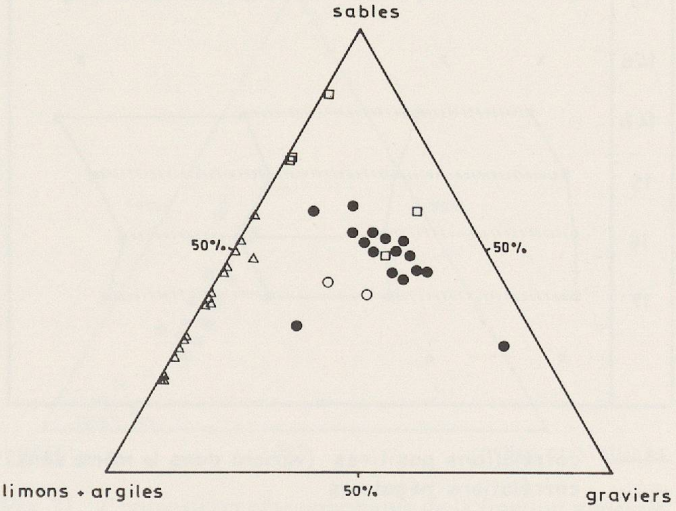


Fig. 15 Texture du sédiment global — diagramme granulométrique ternaire: graviers/sables/limons+argile.

[1] Nous avons donné ici aux couches de fumiers les numéros d'échantillonnage du bloc S4. Ces couches ne sont définies pour l'instant que sur ce bloc. La stratigraphie de la couche II excessivement complexe (Schifferdecker, ibid. § 3.6.1.), ne permet pas de pousser très loin les corrélations sans analyses complémentaires.

aussi de nombreuses discontinuités granulométriques. Tous les résultats qui suivent ont été obtenus à partir du sédiment inférieur à 2 mm; cette fraction apparaît plus «constante» et plus sensible à l'action du lac. Nous disposions d'autre part à son égard de meilleurs prélèvements.

3.3. Fraction minérale – fraction végétale, classement des grains (fig. 16 à 19)

La classe granulométrique des sables est constituée de deux fractions plus ou moins importantes: la minérale (débris de roches, concrétions calcaires très

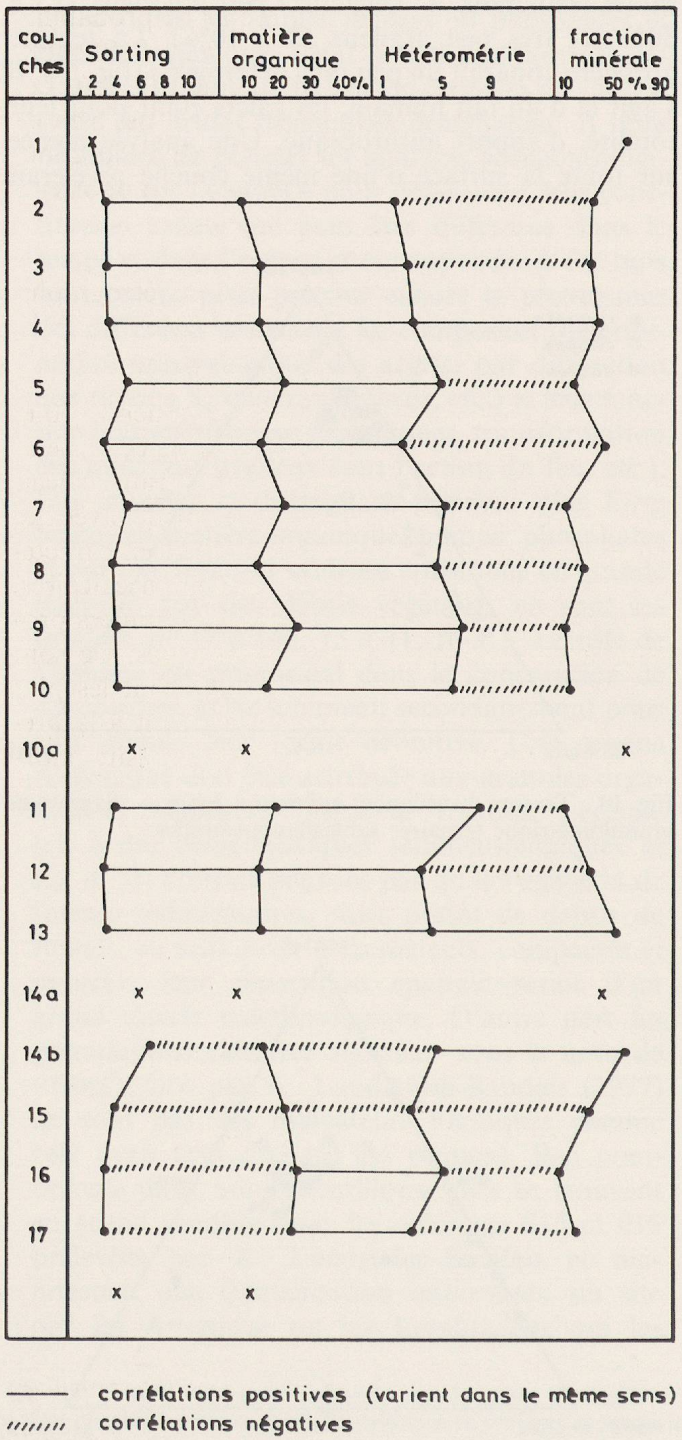


Fig. 16 Corrélations entre Sorting/matière organique/hétérométrie/fraction minérale.

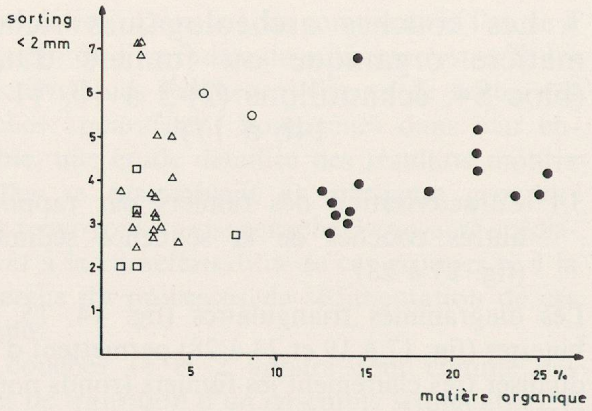


Fig. 17 Diagramme binaire de relation entre matière organique et sorting.

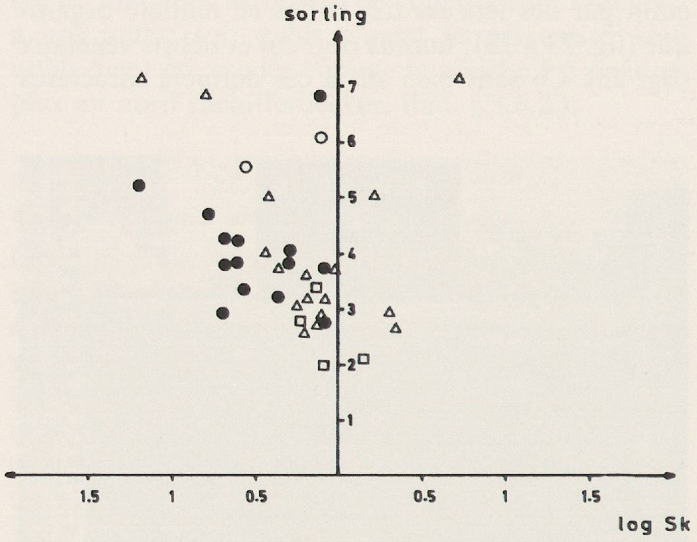


Fig. 18 Diagramme binaire de relation entre asymétrie (log. Sk) et sorting.

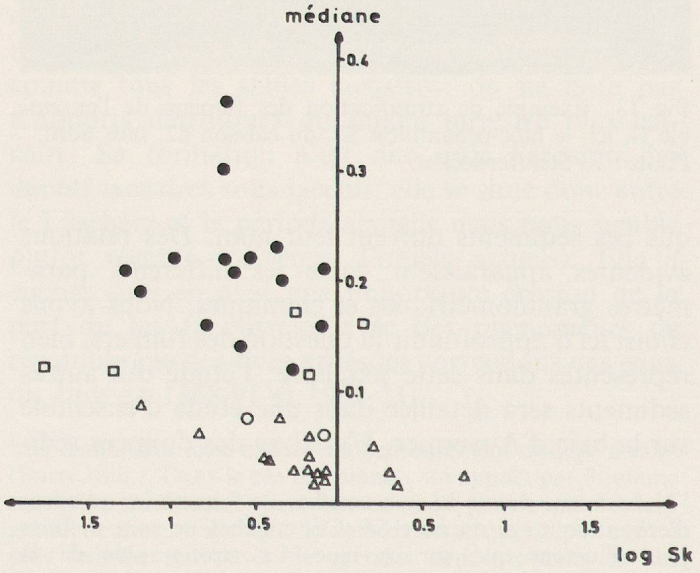


Fig. 19 Diagramme binaire de relation entre asymétrie (log. Sk) et la médiane.

rares ici) et la végétale (débris de végétaux divers); la seconde ne tombe presque jamais en dessous de 50% (fraction de 0,6 à 2 mm, fig. 23). Le sorting index (So) et l'hétérométrie (He), (Cailleux/Tricart 1963) indiquent ici le classement des grains, minéraux et végétaux, de la fraction inférieure à 2 mm. Plus les valeurs en sont basses, meilleur est le tri du sédiment. Différemment du sorting, l'hétérométrie est calculée sur la partie la plus redressée de la courbe cumulative; elle mettra mieux en relief un tri ne s'effectuant que sur une classe granulométrique très précise. Seul le mouvement des vagues, intervenant lors des inondations, peut être ici responsable de ce tri.

La figure 16 montre clairement qu'il y a une corrélation positive entre sorting — hétérométrie et teneur en matière organique, excepté pour les niveaux inférieurs 14 à 17. Lorsque la valeur en matière organique est forte, sorting et hétérométrie sont élevés; lorsqu'elle est faible, sorting et hétérométrie s'abaissent également. On observe parallèlement une corrélation négative entre sorting-hétérométrie et la teneur en grains de roche (fraction minérale). Quand les grains de roche sont plus nombreux on note une amélioration du sorting et de l'hétérométrie. Les niveaux inférieurs 14b et 17 ne semblent pas encore suivre tout à fait ces lois. On retrouve ces relations figure 17, les couches les moins riches en matière organique sont celles qui présentent le meilleur sorting.

Ceci nous permet d'avancer que les inondations du lac sont marquées dans le sédiment par un tri des particules et corrélativement par une augmentation en grains minéraux, couches 2, 3-4, 6, 8, 12-13, 14b-15. Le sorting n'est cependant jamais très bon, le tri n'a donc jamais été très poussé. Les inondations étaient relativement calmes ne causant pas vraiment de perturbations dans les couches et pas de déplacements de gros éléments. C'est d'ailleurs sur les grains les plus petits que s'est exercé le tri, comme le prouvent les valeurs négatives de l'asymétrie (fig. 18). La figure 19 montre aussi que ce sont les couches dont la médiane est la plus basse (où le sédiment est le plus fin) qui sont les mieux classées (valeur de l'asymétrie la plus proche de 0). Le tamisage très fin du sédiment compris entre 1 mm et 0,063 mm et la mise en courbes granulométriques cumulatives construites en ordonnées de probabilité et abscisses arithmétiques (Visher G.S. 1969) montrent aussi un tri des grains très faible (fig. 20). Les grains semblent cependant s'organiser aussi bien en 6 qu'en 17 en 3 populations (roulement, saltation, suspension) que l'on peut tout de même rapporter à une action peu prononcée des vagues.

3.4. La fraction minérale; composition pétrographique, minéralisation à l'eau oxygénée

3.4.1. Composition pétrographique (fig. 21)

Elle est relativement constante. Deux couches, 10 et 14b, se séparent cependant nettement de cet ensemble par une présence plus marquée des grains calcaires; ces couches sont en relation directe avec les chapes 10a et 14a qui, nous l'avons vu, sont caractérisées par une proportion plus grande en calcaires. Une partie de la fraction minérale des fumiers provient donc du démantèlement des chapes. Ce sont les niveaux inférieurs, 15, 16, 17, qui sont les plus proches du pôle quartz; ils correspondent à la première installation des hommes sur le site alors

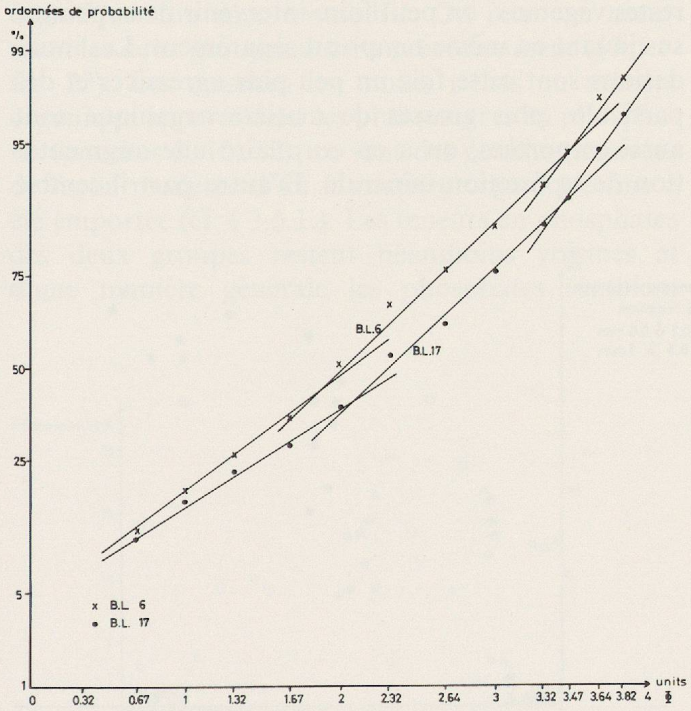


Fig. 20 Courbes granulométriques cumulatives en ordonnées de probabilité. Φ units: 1 = 0,500 mm, 2 = 0,250 mm, 3 = 0,125 mm, 4 = 0,060 mm.

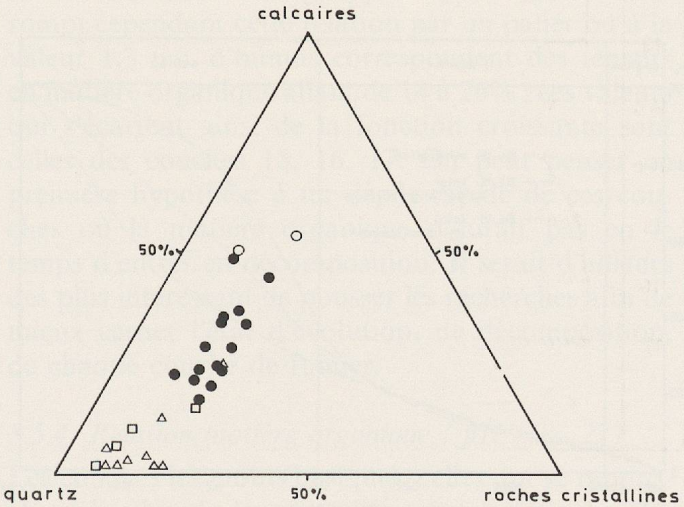


Fig. 21 Composition pétrographique de la fraction minérale de 0,6 à 2 mm — diagramme ternaire: calcaires/quartz/roches cristallines.

qu'aucune chape n'était encore apposée. Il y a fort à croire que l'enrichissement en calcaires des autres niveaux s'est fait en partie aux dépens des chapes suivantes.

3.4.2. Minéralisation à l'eau oxygénée (fig. 22)

Il nous a paru intéressant d'étudier le comportement des grains minéraux en dehors des grains végétaux. Pour cela nous avons détruit la matière organique à l'aide d'eau oxygénée. Cette opération très longue, vu la quantité de débris végétaux contenus dans ces sédiments, n'a été conduite que sur 3 niveaux, 5, 8 et 15. Le faciès de la courbe cumulative minéralisée des couches 5 et 8 est peu différent de celui de l'échantillon d'origine considéré avec ses débris végétaux (fig. 22). On voit que la matière organique se trouve surtout dans les tailles de 0,006 à 1 mm et qu'il y a relativement peu de matière organique colloïdale (un peu plus dans 5 que dans 8). On retrouve la même constatation en 15 où la matière organique est surtout sableuse, mais ici la courbe minéralisée présente un faciès tout différent. Les sables minéraux apparaissent bien classés; ce sont surtout les sables fins inférieurs à 0,5 mm. La courbe initiale se redressait plutôt dans les sables grossiers, 0,6 à 2 mm, où les granules organiques sont nombreux. La destruction de ces derniers a donc libéré un certain nombre de petits grains minéraux.

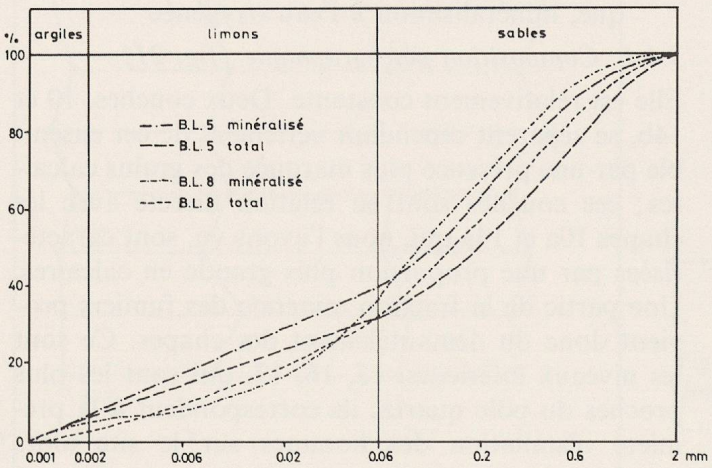


Fig. 22a.

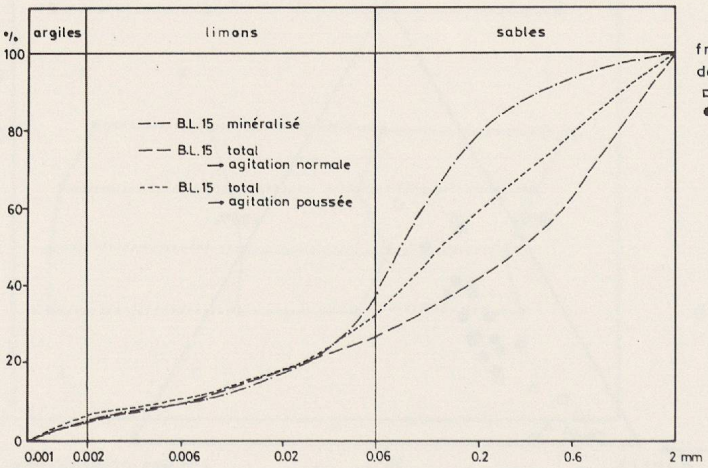


Fig. 22 Courbes granulométriques cumulatives du sédiment total (avec matière organique) et du sédiment minéralisé (destruction de la matière organique à l'eau oxygénée). Fig. 22a: couches 5 et 8; fig. 22b: couche 15.

3.5. La fraction organique (fig. 23 à 28)

3.5.1. (Relation matière organique / débris végétaux de 0,6 à 2 mm (fig. 23)

La teneur en matière organique est obtenue par combustion au four à 1000° C (après correction pour le calcaire). Cette analyse est réalisée sur le sédiment inférieur à 0,5 mm; il s'agit donc de petites particules végétales et de matière organique fine, colloïdale, essentiellement d'origine végétale ici. Le diagramme binaire, figure 8, montre les fumiers organisés en deux groupes distincts: plus riches en matière organique, de 19 à 26%, (couches 5, 7, 9, 11, 15 à 17), et plus pauvres, 12 à 15% (couches 3, 4, 6 8, 10, 12, 13, 14b). Le groupe à plus forte teneur en matière organique est aussi celui dont la fraction sableuse de 0,6 à 2 mm contient le plus de fragments végétaux (70 à 95% contre 45 à 75-85% pour l'autre). Mais on notera que pour des valeurs équivalentes (70 à 80%) en débris végétaux on observe des teneurs faibles (12-15%) et fortes (22-23%) en matière organique. Les teneurs faibles s'expliquent par un lessivage du lac s'exerçant surtout sur la matière organique fine qui est mise en suspension puis transportée par l'eau en dehors du site; elle se déposera plus au large dans des zones de basse énergie à sédimentation calme. C'est le cas des couches 3, 8, 10, 12. Pour les autres couches, 4, 6, 13, 14b, aussi pauvres en matière organique, mais moins riches en restes végétaux, on peut faire intervenir deux processus jouant en même temps ou séparément. Les inondations sont cette fois un peu plus agressives et des particules plus grosses de matière organique sont aussi emportées, on a en corollaire une augmentation de la fraction minérale. D'autre part il semble

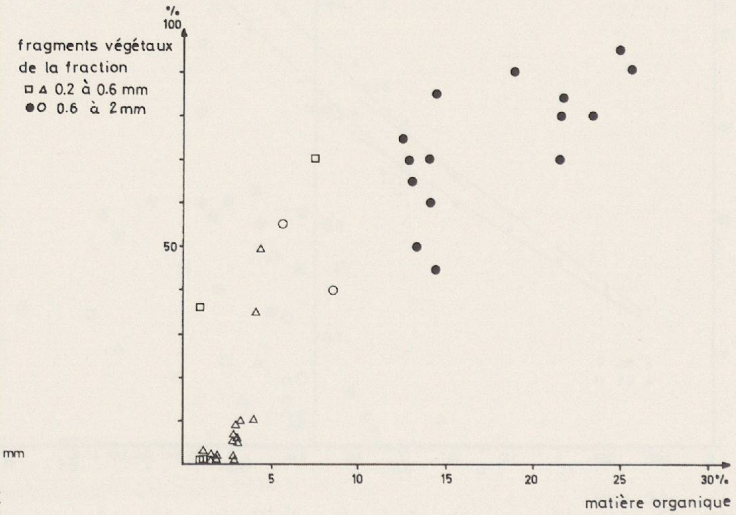


Fig. 23 Diagramme binaire de relation entre matière organique et débris végétaux.

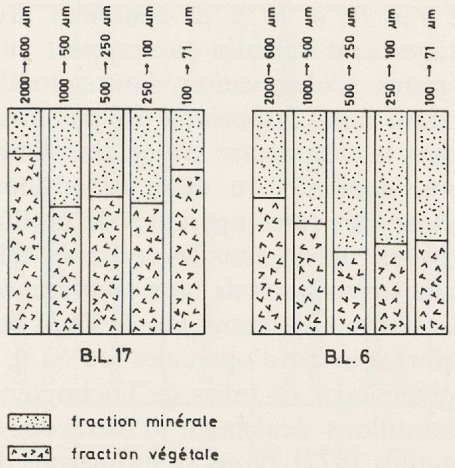


Fig. 24 Part prise par les composants minéraux et végétaux dans différentes classes granulométriques des sables des couches 17 et 6.

bien que le lac s'attaque aussi à la surface des chapes, dégage des grains et les étale dans les fumiers (enrichissement en calcaires, cf. § 3-4). Des figures d'étalement, lentilles de sables autour des chapes, ont d'ailleurs été fréquemment observées au cours des fouilles. L'étude de la composition minérale / végétale dans différentes classes granulométriques rapprochées (fig. 24) montre effectivement une diminution des grains végétaux dans les classes les plus fines pour la couche 6, alors que l'on n'observe aucune ablation sur les fines dans la couche 17.

3.5.2. Relation matière organique / phosphates (fig. 25)

C'est le phosphate total qui est mesuré ici; on peut penser qu'il s'agit en bonne partie de phosphate organique non encore stabilisé. On retrouve nettement les deux groupes décrits précédemment (§ 3.5.1. fig. 23). Les couches les moins riches en matière organique apparaissent les plus pauvres en phosphates (couches 8, 10, 12); ce sont des couches lessivées de façon modérée d'où la matière organique fine a été emportée (cf. § 3.5.1.). Les teneurs en phosphates des deux groupes restent néanmoins voisines et d'une manière générale les phosphates semblent

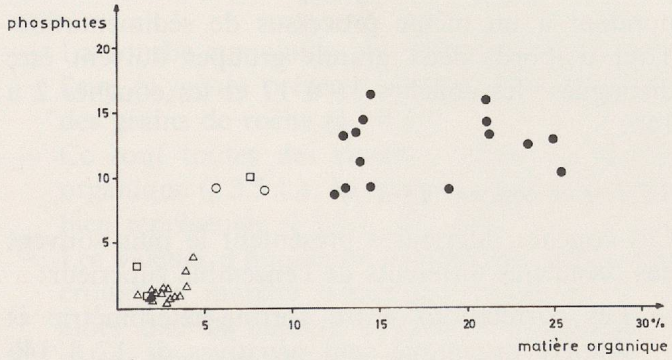


Fig. 25 Diagramme binaire de relation entre matière organique et phosphates.

avoir été moins sensibles que la matière organique aux actions de lessivage par le lac.

3.5.3. Relation matière organique / humus (fig. 26)

Les acides humiques ou composés humiques sont fabriqués par les micro-organismes du sol aux dépens des divers débris végétaux, à la suite d'une lente décomposition. Cette décomposition est d'autant plus lente que le milieu est peu oxygéné (anaérobie), c'est le cas de terrains très humides ou recouverts d'eau. Notre méthode d'analyse ne permet pas ici de doser exactement les acides humiques; par humus nous entendrons la matière organique très fine. Les charbons de bois qui entrent dans la teneur en matière organique ne sont pas pris en considération ici. La figure 26 montre bien sûr que l'humus est directement lié à la matière organique; il est

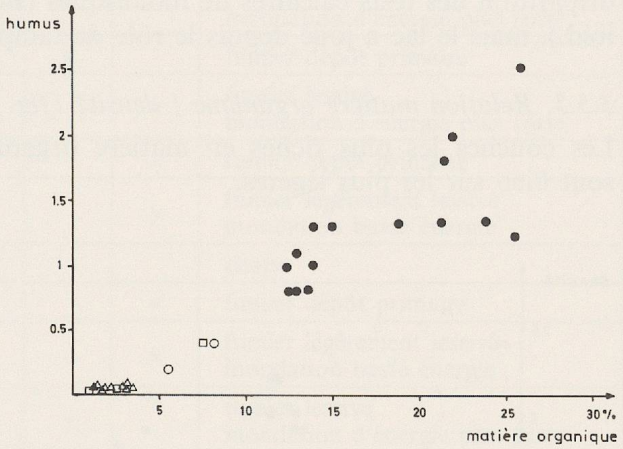


Fig. 26 Diagramme binaire de relation entre matière organique et humus.

d'autant plus abondant que les couches sont plus riches en matière organique. Une discontinuité rompt cependant cette relation par un palier où à la valeur 1,3 u.c. d'humus correspondent des teneurs en matière organique allant de 14 à 26%; ces valeurs qui s'écartent ainsi de la fonction croissante sont celles des couches 15, 16, 17. On peut penser en première hypothèse à un dépôt rapide de ces couches où la matière organique n'aurait pas eu le temps d'entrer en décomposition. Il serait d'ailleurs des plus intéressant de pousser les recherches afin de mieux cerner l'état d'évolution, de décomposition, de chaque couche de fumier.

3.5.4. Relation matière organique / pH (fig. 27)

Les couches les moins basiques, celles qui se rapprochent le plus de la neutralité, sont les couches les plus riches en matière organique. Le pH varie peu à l'intérieur des niveaux de fumier, de 7,1 à 7,25. On peut supposer qu'il était plus acide lors de leur dépôt

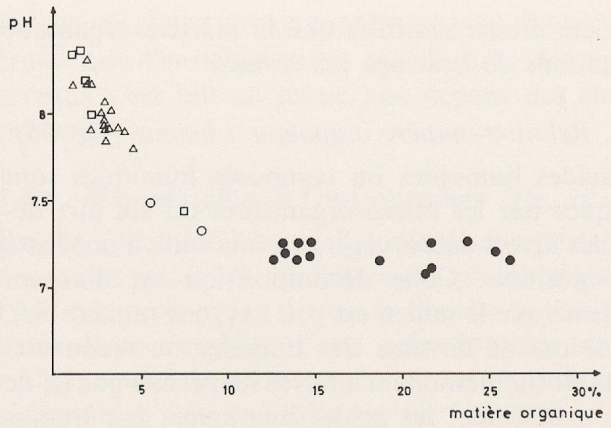


Fig. 27 Diagramme binaire de relation entre matière organique et pH.

(décomposition de la matière organique, corrosion des grains calcaires, détérioration des opercules et disparition des tests calcaires de mollusques (Burri, ibid.), mais le lac a joué depuis le rôle de tampon.

3.5.5. Relation matière organique / densité (fig. 28)

Les couches les plus riches en matière organique sont bien sûr les plus légères.

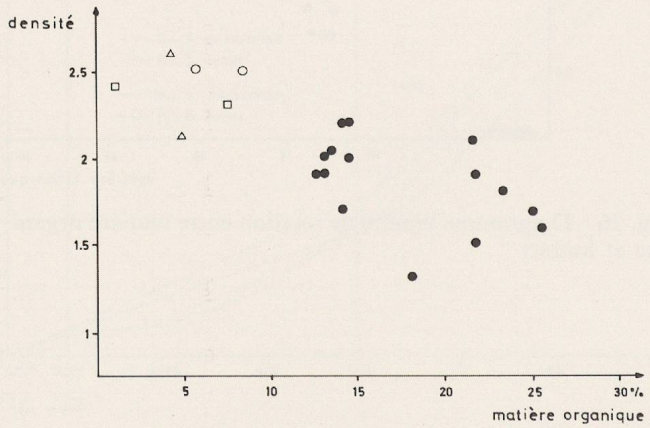


Fig. 28 Diagramme binaire de relation entre matière organique et densité.

3.6. Les indices limniques

La présence du lac est attestée par les traces laissées par ses actions diverses, tri des particules par exemple, mais aussi par les restes d'animaux et de plantes ayant vécu dans ses eaux. Nous avons recherché à la loupe binoculaire dans la fraction sableuse de 0,6 à 2 mm, puis de 0,2 à 0,6 mm tous les restes de vie limnique indiquant la présence du lac. Ces indices consistent essentiellement en tests de mollusques (qui pour la plupart sont aquatiques, cf. Burri, ibid.), en valves d'ostracodes, en oogones de characées, en concrétions carbonatées (biogénèse bactérienne en milieu aquatique). Cette recherche s'est effectuée sur 10 à 20 g de sédiment lavé et les pourcentages sont calculés par rapport au nombre total de grains. L'observation, dans sa totalité, de la fraction dont nous disposions n'a pas amené dans ces couches la découverte d'éléments limniques, à l'exception, dans un ou deux échantillons, d'un oogone et de très rares opercules de mollusques. Il n'en est pas de même dans les colonnes O19 et S15 où K. Lundström-Baudais note la présence d'assez nombreux indicateurs limniques. Il s'agit de mollusques, le plus souvent d'opercules (en S15), de «flocons de précipitat», de tubes de Trichoptera et dans deux échantillons seulement d'ostracodes (Lundström-Baudais 1977). Nous supprimerons de la liste de ces indices les «tropfstein» qui, nous l'avons vu, sont des indicateurs terrestres (cf. § 2.7.); de même nous mettrons beaucoup de réserves sur l'utilisation dans ce sens des restes de poissons qui nous paraissent d'origine anthropique (on ne les rencontre que dans les couches d'habitat). Cela confirme bien, comme nous l'avons vu précédemment (§ 3.3., 3.4., 3.5.) que ces couches ont été à un moment ou un autre submergées. Les valeurs limniques moyennes de S15 sont plus élevées que celles du groupe plus faible de O19 et pour la couche la plus inférieure les valeurs sont plus fortes en O19 qu'en S15. K. Lundström-Baudais pense que S15 est plus élevé que O19 et qu'il y aurait concentration d'éléments limniques dans les dépressions des zones de chapes (la colonne O19 a été réalisée dans une telle zone, et S15 dans une zone de fumiers). La position du bloc S4, peu éloigné de O19 et S15 (Schifferdecker, ibid., fig. 5) n'explique pas la rareté en cet endroit des indices limniques, d'autant plus que l'action du lac est visible sous d'autres formes dans le sédiment. Une fois de plus on se rend compte que l'étude d'une seule colonne de prélèvements ne reflète bien sûr pas l'état des couches sur toute la surface du site. Les courants et mouvements du lac sont probablement responsables ici de concentration en certains points d'organismes limniques.

3.7. Les processus de sédimentation (tabl. 1)

L'ensemble des données apportées par les études qui précèdent permet de regrouper les couches correspondant à un même processus de sédimentation. Tout d'abord, deux grands groupes doivent être distingués: les couches 15 à 17 et les couches 2 à 14b.

3.7.1. Les couches 15 à 17

Ces couches inférieures présentent le plus souvent des caractères différents de l'ensemble supérieur:

- Les corrélations entre sorting-hétérométrie et matière organique sont négatives de 17 à 14b alors qu'elles sont positives de 13 à 2 (§ 3.3.).
- Elles sont plus riches en quartz (§ 3.4.1.).

couches n°	teneurs fortes en matière organique	teneurs fortes en «humus»	meilleur sorting	teneurs faibles en débris végétaux (et en matière organique)	fraction minérale plus importante	teneurs basses en matière organique	teneurs basses en «humus»	teneurs fortes en débris végétaux (et faibles en matière organique)	teneurs fortes en phosphates	teneurs faibles en phosphates	processus sédimentaires
2			×			×					
3			×			×		×	×		fumier légèrement lessivé inondation basse énergie
4			×	×		×	×		×		fumier lessivé inondation d'énergie plus forte
5	×	×							×		fumier dépôt primaire
6			×	×	×	×	×		×		fumier lessivé inondation d'énergie plus forte
7	×	×							×		fumier dépôt primaire
8			×		×	×	×	×		×	fumier lessivé inondation d'énergie plus forte
9	×	×								×	fumier dépôt primaire
10						×		×		×	fumier légèrement lessivé inondation basse énergie
10a											chape
11	×	×								×	fumier dépôt primaire
12			×			×	×	×		×	fumier légèrement lessivé inondation basse énergie
13			×	×	×	×	×		×		fumier lessivé inondation d'énergie plus forte
14											chape
14b			×	×	×	×			×		fumier lessivé inondation d'énergie plus forte
15	×	×	×						×		fumier dépôt primaire dépôt rapide
16	×	×							×		
17	×	×							×		
	fumiers		fumiers lessivés			légèrement lessivés			phosphates		

Tableau 1.

– La courbe cumulative du sédiment minéralisé à l'eau oxygénée présente un très bon classement des grains de roche (§ 3.4.2.).
– Ce sont toutes des couches riches en matière organique (§ 3.5.1.); la fraction végétale fine est bien représentée (§ 3.5.1., fig. 14).
– Les valeurs d'humus ne suivent pas la fonction croissante matière organique-humus (§ 3.5.3.); alors que la matière organique augmente, la valeur d'humus ne croît pas.
– Les indices limniques y sont plus nombreux (§ 3.6.).

Nous admettrons pour ces couches qui ont été regroupées au cours de la fouille sous le nom de «fumier d'installation» un dépôt rapide d'origine anthropique avec peu de processus d'humification (§ 3.5.3.) et peu ou pas d'inondations du lac (les actions de lessivage sont marquées par une amélioration du sorting et un abaissement de la teneur en matière organique non visibles ici).

On ne note pas de grains calcaires provenant du démantèlement des chapes (cf. § 3.3. et 3.4.1.), soit parce qu'il n'y avait pas encore de chapes sur le site,

soit encore qu'elles n'aient pas été démantelées par les inondations. La richesse en grains de quartz et en indices limniques est à attribuer à des remaniements du substrat crayeux ainsi que le très bon classement des grains de roche avant l'apport des végétaux par les hommes (présence de bas niveaux du lac à sables bien classés dans la partie supérieure de la craie III, cf. § 2.4.).

3.7.2. Les couches 14b à 2

Ces couches présentent un faciès différent selon les interventions diverses du lac et la proximité des chapes; on peut distinguer:

- Des couches à teneurs très fortes en matière organique, humus et débris végétaux de 0,6 à 2 mm: couches 5, 7, 9, 11. Ce sont les fumiers les plus purs, les plus organiques. On ne décèle aucune trace de l'action du lac et les valeurs très fortes de matière organique et d'humus révèlent plutôt un dépôt sur terre ferme. L'apport des végétaux apparaît donc entièrement d'origine anthropique; leur détermination montre d'ailleurs qu'il s'agit de plantes présentant toutes un intérêt pour l'homme, habitat, nourriture, soins médicaux (Lundström-Baudais 1977). L'apport de sables minéraux, lors d'activités de constructions, agricoles et autres, ou encore transportés par les pieds, demeure très faible. On remarquera que c'est dans ces couches, ainsi que dans les couches 15 à 17, où l'action de l'eau apparaît nulle que l'on trouve le plus d'agglomérats organiques (fig. 5). Comme nous l'avons observé dans des étables récentes le compactage de fumiers véritables déjà un peu évolués sous forme de couches très dures pouvant se désorganiser en granules nécessite un fort dessèchement. Il est aussi possible que ces couches à très forte teneur en matière organique aient été parfois protégées du lessivage de l'eau par des chapes les recouvrant (fumier 11 et chape 10 a par exemple; d'où la nécessité d'étendre les analyses en surface).
- Des couches de teneurs faibles en matière organique et humus, mais fortes en débris végétaux de 0,6 à 2 mm; la fraction minérale n'est pas spécialement bien représentée et on ne note pas de tri des particules: couches 3, 10, 12. Le dépôt primaire de ces couches est identique à celui des couches précédentes mais il y a eu une intervention secondaire de la part du lac sous forme d'inondations. Ces dernières se traduisent principalement par un lessivage de la matière organique fine (chute des teneurs en matière organique et humus) sans déplacement de grains plus gros (teneurs fortes en débris végétaux de 0,6 à 2 mm, fraction minérale peu représentée, mauvais sorting). Un léger tri est à noter cependant au niveau des couches 3 et 12. On peut dire que ces inondations, dont la durée est difficile à préciser, mais probablement courte, étaient des inondations de basse énergie: montée des eaux calme avec peu d'agitation du fond. Les palisssades et les pieux des maisons ont aussi pu protéger en partie les sédiments de l'altération par l'eau.
- Des couches caractérisées par un meilleur tri des particules, par des valeurs minimums en matière organique, humus, et des teneurs plus basses en débris végétaux de 0,6 à 2 mm, par une fraction minérale mieux représentée: couches 4, 6, 8, 13, 14b. Ces couches ont subi de la part du lac des inondations d'énergie plus élevée lessivant la matière organique fine mais emportant aussi des débris végétaux plus gros (abaissement des teneurs en matière organique et humus et en débris végétaux). Les particules les plus fines sont bien triées par les mouvements du lac (cf. § 3.3.) et des grains de roche sont détachés par érosion de la surface des chapes puis étalés à leur périphérie (augmentation de la fraction minérale et des grains calcaires qui dépend non seulement de la force de l'inondation mais aussi de la proximité d'une chape).

3.7.3. Les différents types de fumiers (tabl. 1)

L'analyse sédimentologique menée en un premier temps sur le bloc S4, permet donc, malgré une relative homogénéité, de distinguer principalement trois types de fumiers: des fumiers où l'on ne note aucune trace d'inondation (couches 5, 7, 9, 11 et avec quelques différences les couches 15 à 17), des fumiers où l'action de l'eau a été très modérée (couches 3, 10, 12) et des fumiers où les inondations sont mieux marquées (couches 4, 6, 8, 13). On peut considérer que le premier type est un dépôt primaire et que les deuxième et troisième sont des dépôts secondaires. Mais attention, lorsqu'on parle ici d'inondations, même pour celles qui apparaissent les plus fortes, on ne doit pas voir là des mouvements du lac pouvant être à l'origine de remaniements importants des couches: les grains concernés ont tout au plus 2 mm, quelques pierres et tessons peuvent être très légèrement déplacés, les débris végétaux mis en suspension sont étalés. Par inondations, il faut entendre des crues périodiques du lac pouvant durer quelques jours, ne dépassant en tout cas pas la durée d'une saison et n'impliquant pas forcément un abandon de l'habitat. Des couches de fumiers de texture et de structure différentes peuvent donc représenter une même période d'occupation (Schifferdecker, ibid., § 3.6.1.). Le temps de sédimentation intervient aussi; des dépôts rapides étant moins touchés que des dépôts restant découverts plus longtemps. L'eau monte doucement; l'action des vagues est brisée par le champ de pilotis. Le site du Brise-Lames est de toutes les stations littorales de la baie d'Auvernier que nous avons étudiées (Auvernier-Port, La Saunerie, Nord, Bréna) celle où l'action des inondations est la plus discrète pendant les

périodes d'habitation. C'est en partie pour cette raison que la stratigraphie du Brise-Lames présente encore une telle complexité de couches lenticulaires imbriquées les unes dans les autres; l'étalement par l'eau a peu joué. Le village se trouvait à l'écart de l'eau; il n'est pas possible de préciser exactement à quelle distance, mais les inondations et la présence voisine du lac entretenaient une humidité plus ou moins constante favorable à la conservation des matières végétales.

On voit donc qu'il vaut mieux abandonner le terme de «fumiers lacustres» trop généralement employé pour celui plus simple de fumier; un fumier sera alors plus ou moins lessivé par le lac. Il ne sera lacustre que s'il est prouvé que le lac seul est à l'origine de son dépôt; on peut voir en formation autour des grands lacs actuels de tels fumiers lacustres qui sont différents des tourbes de lacs plus petits. Si «lacustre» devait seulement signifier que le dépôt se trouve sous le lac ou qu'il a pu être plus ou moins remanié par le lac, les chapes pourraient aussi être appelées «chapes lacustres». L'origine anthropique de la totalité des constituants des fumiers est encore discutée. Nous ne voyons pas, le rôle du lac apparaissant très minime, quel agent autre que l'homme pourrait être responsable de telles accumulations. L'apport du lac se résume pour nous en quelques grains de sables (quartz en particulier), en quelques concrétions lacustres auxquelles s'ajoutent quelques tests d'organismes limniques, mollusques, ostracodes, characées, et enfin peut-être quelques végétaux flottés; le tout ne représentant qu'un volume vraiment très, très minime. D'autre part, K. Lundström-Baudais (1977) a démontré l'intérêt que présentaient la plupart de ces végétaux pour l'homme. Nous proposerons le terme de fumier d'habitat pour faire le distinguo avec les fumiers d'origine animale. Un fumier d'habitat peut être constitué de fumier animal mais aussi d'accumulations végétales les plus diverses: chaume, clayonnages, litières, fourrages, copeaux, détritus, etc.

La caractérisation des fumiers établie au tableau 1 par l'analyse sédimentologique permet encore de dresser une chronologie des événements: telle chape ayant été construite après telle inondation, telle inondation intervenant après le dépôt de tel fumier, etc. La définition des fumiers étant maintenant assez fine, il devient possible en rapprochant suffisamment les colonnes d'analyses de démêler la stratigraphie et de suivre les événements. L'analyse du bloc échantillon S4 nous fournit donc un modèle, mais l'étude sédimentologique d'une seule colonne ne sera jamais suffisante à la compréhension de tout un site. Nous renvoyons au chapitre synthèse et conclusion (Brochier, Burri, Liese-Kleiber, Schifferdecker, ibid.) pour une interprétation des fumiers prenant en compte d'autres approches et permettant de faire jouer le facteur temps de sédimentation.

[1] Au moment où nous remettons ce manuscrit nous venons de prendre connaissance du travail de P. Lenoble, 1978, Dissection d'un Schichtpaket.

Ce dernier, par des moyens différents qui sont essentiellement ceux de l'observation en fouille fine, par le comptage et le repérage de nombreux restes qui sont trop souvent rejetés, à l'aide encore du remontage de pierres fracturées montrant les dispersions, aboutit à des conclusions voisines des nôtres: il est possible d'individualiser des ensembles dans la couche II, la force de l'agent aquatique apparaît modérée, voire même négligeable. Le type de travail effectué par P. Lenoble est indispensable et indissociable du nôtre qui est appuyé par l'analyse de laboratoire; les deux se complètent. Dans les fouilles à venir, le sédimentologue doit suivre l'évolution de la fouille; en aucun cas il ne doit être appelé post mortem.

4. Les différentes phases de la sédimentation et de la dynamique lacustre (cf. p. 88-89 tableaux 1 et 2)

L'étude sédimentologique permet de distinguer 9 phases de l'activité du lac responsables de la séquence sédimentaire d'Auvernier/Brise-Lames. La sédimentation n'est pas continue; elle est entrecoupée par au moins 6 lacunes, sans compter celles, parmi les plus courtes, qui sont difficilement repérables. Chaque phase et chaque lacune porte le nom du site suivi d'un numéro d'ordre donné par une lettre; elles sont propres au Brise-Lames et ne représentent en aucun cas toutes les variations du lac de Neuchâtel au cours de cette période. Les corrélations qui seront faites dans un travail en cours entre toutes les séquences connues de la baie d'Auvernier permettront de les approcher plus précisément.

• *Le substratum (couches VIII et VII):* Il est peu connu. Il s'agit de dépôts limono-argileux et graveleux probablement morainiques ou fluvio-glaciaires datant de la dernière glaciation (couche VIII). Ceux-ci sont certainement recouverts en partie (bien que ce contact n'ait pas été observé) par les sables et graviers de la couche VII qui pourraient représenter une extension du cône deltaïque de la rivière d'Auvernier (Meia et al. 1971, Brochier/Joos 1982). A titre d'hypothèse on peut envisager de dater ces derniers dépôts de la fin du Tardiglaciaire ou du début du Postglaciaire.

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus a (dont couche VII 1):* Un laps de temps assez long a dû s'écouler entre le dépôt terrestre VII et les premières couches lacustres, VI, V, IV; les trois dernières étant datées par les pollens de l'Atlantique récent (Liese-Kleiber, ibid.). Le lac a pu déposer des coûches plus anciennes qui ont ensuite été érodées. La morphologie du socle et de la rive a favorisé les phénomènes d'érosion; de forts courants ont pu aussi empêcher les sédiments de se déposer. La couche VII 1 témoigne en tout cas d'énergie (courants, vagues) assez forte pour laver les sédiments sous-jacents de leur fraction fine, sables compris. Les traces vermiculées visibles

sur les galets et témoins de la colonisation des algues en milieu littoral, prouvent qu'à certains moments au moins le niveau du lac était bas.

• *Auvernier/Brise-Lames phase A (couche VI):* D'après les observations faites en cours de fouilles, ce sable était très semblable à celui de la couche IV. En l'absence d'analyses et en se référant à la couche IV, on signalera que le niveau du lac était probablement bas, le milieu de formation de cette couche étant certainement littoral.

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus b:* Au cours de son dépôt (ou après) la couche VI est réduite en lambeaux lors de périodes érosives du lac.

• *Auvernier/Brise-Lames phase B (couche V):* Le niveau du lac monte, mais le faciès peu limoneux de cette craie reflète une bathymétrie relativement faible; le milieu peut être encore assez agité et remanier les couches sous-jacentes. La faune malacologique confirme par ailleurs la proximité de la rive (Burri, ibid.), et la présence de charbons de bois dans le sédiment rend fort probable l'habitation de celle-ci. On peut encore émettre l'hypothèse que cette craie se trouve en dépôt secondaire; arrachée lors d'une période agitée du lac, elle s'est ensuite plus ou moins redéposée en flaques.

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus c:* La formation crayeuse de la couche V est très discontinue et n'apparaît plus que par poches; on peut supposer qu'elle est tronquée de sa partie supérieure. Cette érosion peut être antérieure, mais aussi plus ou moins consécutive au dépôt de la couche IV.

• *Auvernier/Brise-Lames phase C (couche IV):* Les conditions de sédimentation sont maintenant bien différentes de celles de la couche V. On assiste à un dépôt de sable dû à l'action des vagues en milieu très littoral. Le niveau du lac a donc baissé et son chimisme paraît avoir changé. Si la couleur grise de cette couche n'est pas héritée de sédiments plus anciens lessivés, elle indiquerait un milieu réducteur (lac eutrophe?). Ce milieu agité est peu favorable au développement de la faune et de la flore, ostracodes et characées sont inexistants, les mollusques très rares.

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus d:* L'encroûtement carbonaté des grains de roches de la couche IV interprété comme le résultat d'illuviations nous permet de supposer l'existence, à ce niveau de la séquence, d'une interruption de sédimentation. S'il s'agit bien d'un phénomène d'illuviation, une période de bas niveau du lac avec assèchement des couches doit être envisagée[1]. Ce hiatus qui pourrait correspondre aux périodes d'occupation Cortaillod (cf. Auvernier-Port, Billamboz et al. 1982) est bien confirmé par l'étude de la séquence pollinique où il paraît durer plusieurs siècles. Au cours de cette période ou à la fin de la précédente (phase C) les couches VI et V sont emportées par l'érosion là où le socle remonte.

• *Auvernier/Brise-Lames phase D (ensemble III):* On assiste à nouveau à un dépôt de craies. Leurs différents faciès granulométriques montrent une élévation progressive des eaux du lac (épisode D1) avec une sédimentation calme, varvée, un haut niveau stationnaire (épisode D2) suivi d'un abaissement (épisode D3) accompagné d'un développement de la faune d'ostracodes, de mollusques et de la prairie de characées. Le milieu n'est jamais très profond (pas plus de 3-4 m) comme le montre aussi la faune de mollusques (Burri, ibid.). Les charbons de bois indiquent encore la présence de stations voisines, ou le lessivage de stations plus anciennes. D'après F. Schifferdecker (ibid., § 3.5.2.) le niveau III 2 à gros charbons serait à rapporter à une station Horgen. Mais l'observation microscopique de la fraction de 0,2 à 0,6 mm des sables montre que les charbons sont en fait présents tout au long de la séquence crayeuse, ce qui rend les corrélations plus difficiles. L'influence des stations littorales est marquée lors de l'épisode D1 par une plus grande abondance de charbons de bois et de céréales (Liese-Kleiber, ibid.).

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus e:* C'est encore la grande quantité de grains encroûtés de carbonates présents dans l'horizon supérieur de la couche III qui nous fait envisager ici l'existence possible d'un hiatus et la possibilité d'une exondation avant l'occupation du site[2].

• *Auvernier/Brise-Lames phase E (ensemble II):* Le niveau du lac est bas et permet aux hommes de la civilisation de Lüscherz de s'installer sur les rives exondées. Les constructions et les occupations diverses de cette population entraînent le dépôt d'un volumineux matériel végétal auquel s'ajoutent par plaques le sédiment limono-argileux et graveleux des chapes et de nombreux galets. On voit donc se sédimenter en une centaine d'années un minimum de 45 cm de fumiers entrecoupés de chapes. Les différentes péripéties de la vie du village conduisent à une sédimentation complexe que l'eau n'est pas venue homogénéiser, où il est difficile de distinguer l'événementiel du périodique (Lenoble 1978). Ce village n'est pas à l'abri des inondations dont les actions sont restées tout à fait modérées. Dans le bloc S4 on compte 9 niveaux où l'on peut noter des interventions du lac lors de crues jamais très longues, n'entraînant pas forcément l'abandon de l'habitat. Les

[1] S'il s'agit d'une formation biogénique, une phase d'activité particulière de microorganismes doit être notée.

[2] Même remarque que pour Auvernier/Brise-Lames hiatus d.

inondations courtes ont pu être beaucoup plus nombreuses; certaines ont pu ne pas laisser de traces très visibles à l'endroit de notre échantillonnage et les fumiers lessivés peuvent présenter les résultats cumulés de plusieurs inondations. Le sédiment des fumiers d'habitat, véritables constructions anthropiques, est un matériel complexe présentant divers faciès, reflets de la vie du village; il a été jusqu'à présent insuffisamment exploité.

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus f:* Ce hiatus n'est pas assuré. Peut-être le dépôt lacustre I 3 est-il intervenu immédiatement après la période d'habitat et peut-être est-il même à l'origine du départ des hommes. Mais ce dépôt peut être aussi beaucoup plus récent, comme la couche de craie I de période romaine ou postromaine recouvrant la station d'Auvernier-Nord (Brochier/Joss 1979).

• *Auvernier/Brise-Lames phase F (couche I 3):* A une époque qu'il sera difficile de préciser le niveau du lac remonte. L'aspect sableux de cette craie, notée seulement au cours de travaux au nord du site, semblerait indiquer un milieu peu profond.

• *Auvernier/Brise-Lames hiatus g:* Le hiatus séparant l'ensemble Lüscherz des sables récents I est très long, quelque 4 millénaires. Plusieurs phases de dépôt et d'érosion ont pu se succéder. Le hiatus g inclut donc le hiatus f sur la surface explorée du site.

• *Auvernier/Brise-Lames phase G (ensemble I):* Consécutivement à divers phénomènes d'érosion en partie responsables du hiatus g, se constituent des formations sableuses. La couche I 3 est déblayée; son lessivage donne probablement lieu au dépôt du sable carbonaté I 2b. Le sable I 2a apparaît typiquement lacustre et formé en milieu littoral agité. Les sables Ib et Ic, datés de la période contemporaine par des tuiles et des briques s'accumulent derrière le brise-lames. La surface de l'ensemble II est attaquée et celui-ci est peut-être en partie tronqué; les parties plus fines sont dégagées, les cailloux plus gros s'accumulent et forment la ténevière I 1a qui protège alors les couches archéologiques. Ces phénomènes d'érosion et de dépôts sableux, s'ils ont pu débuter anciennement, semblent récents: une partie en tout cas est à corréler avec la correction des eaux du Jura (1869-1877) qui a entraîné un rééquilibrage des rives.

Bâle 1979

Résumé

L'étude sédimentologique de la séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier/Brise-Lames (Neuchâtel, Suisse) permet de situer le passage des hommes de la culture de Lüscherz (Néolithique récent) au cours de l'évolution d'un élément important de leur milieu naturel: le lac. Neuf phases différentes dans la dynamique du lac sont mises en évidence et décrites. Elles sont responsables de la séquence sédimentaire actuellement visible, incomplète, puisque coupée par au moins 6 hiatus. Tous ces épisodes sont résumés sur les tableaux 1 et 2, p. 88-89, et mis en corrélation avec les données de la palynologie et de la malacologie.

Une attention particulière est portée aux dépôts anthropiques que sont les fumiers. Le village était installé à l'écart de la rive, et l'action de l'eau lors des inondations apparaît très modérée. L'analyse sédimentologique permet de définir 3 types principaux de fumiers, selon qu'ils n'ont pas été touchés par l'eau ou qu'ils l'ont été plus ou moins, et d'approcher leur processus de sédimentation.

Zusammenfassung

Die sedimentologische Untersuchung der Stratigraphie der Ufersiedlung Auvernier/Brise-Lames (Neuchâtel, Schweiz) erlaubt die Anwesenheit des Menschen der Lüscherzer Kultur (Jungneolithikum) im Zusammenhang mit einem wichtigen Element seiner natürlichen Umgebung zu studieren: dem See. Neun verschiedene dynamische Phasen des Sees konnten entdeckt und beschrieben werden. Sie sind für die heutige, sichtbare, zwar unvollständige, da durch mindestens 6 Hiaten unterbrochene Sedimentabfolge verantwortlich. All diese Ereignisse sind im Zusammenhang mit den palynologischen und malokologischen Untersuchungen in den Tabellen I und II (Seite 88-89) zusammengefasst.

Eine besondere Aufmerksamkeit wurde den anthropogenen Schichten geschenkt. Die Siedlung wurde in einiger Entfernung des Ufers erstellt, denn die Wirkungen von gelegentlichen Überschwemmungen sind eher geringen Ausmasses. Die sedimentologische Untersuchung erlaubt die Unterscheidung von 3 Kulturschichttypen, je nach Einflussbereich des Wassers: Vom See nicht, kaum oder schwach berührte Schichten. Letztlich wird versucht deren Sedimentationsvorgänge darzustellen.

Summary

The sedimentological analysis of the stratigraphical sequence of the lake-shore settlement Auvernier/Brise-Lames (Neuchâtel, Switzerland) allows to place the passage of man during the Lüscherz period (Late Neolithic) in relationship to the evolution of a very important element of the natural environment: the lake.

Nine different phases of the lake's dynamics have been recognized and described. They are responsible for the sedimentary sequence as know to us, rendered incomplete by the existence of at least six hiatus. All these different episodes are shown in tables I and II, p. 88-89, and correlated with the malacological and palynological data.

Special attention has been given to the human deposits: the manure. The village was settled a certain distance from the lake-shore and thus, the effects of the occasional inundations seem to have been moderate. The sedimentological analysis allows the identification of three principal kinds of manure on the basis of the varying effects of submersion, or absence there of, and of the process of sedimentation.

Bibliographie

Abréviations

CAR: Cahiers d'Archéologie romande, publiés par la Bibliothèque historique vaudoise, Lausanne.
CNRS: Centre national de la Recherche scientifique, Paris.
NUT: Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann, Bern, Staatlicher Lehrmittelverlag.
SSPA: Société suisse de Préhistoire et d'Archéologie, Bâle.

ADOLPHE, J. P.
1975 «Biocristallogénèse algale et bactérienne de calcite en eau douce», *Journal français d'Hydrobiologie,* 17, p. 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, p. 1381-1384.

ATLAS GÉOLOGIQUE DE LA SUISSE, 1:25000 (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.

BILLAMBOZ, André *et al.*
1982 *La station littorale d'Auvernier-Port. Cadre et évolution. Auvernier 5.* CAR 25, 145 p.

BROCHIER, Jacques Léopold
1979 «La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier-La Saunerie (fouilles 1972-75): étude sédimentologique. La dynamique lacustre», à paraître dans *CAR.*

BROCHIER, Jacques Léopold et JOOS, Marcel
1979 «La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier-Nord: étude sédimentologique», à paraître dans *CAR.*
1982 «Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port: le lac. Approche sédimentologique», in: BILLAMBOZ André et al. *La station littorale d'Auvernier-Port. Cadre et évolution. Auvernier 5.* CAR 25, p. 43-67.

BROCHIER, Jacques Léopold, ADOLPHE, Jean Pierre et MARÉCHAL, Catherine
1986 «Origine bactérienne des concrétions carbonatées lacustres quaternaires du lac de Neuchâtel (Suisse)». *Archives des Sciences,* Genève, 39, 3, p. 351-363.

CAILLEUX, André et TRICART, Jean
1963 *Initiation à l'étude des sables et 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 de l'Université de Genève.

FAVRE, Jules
1935 «Histoire malacologique du lac de Genève», *Mémoire de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève,* 41, 3, p. 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, S. 387-406.

JOOS, Marcel
1976a «Die Sedimente der neolithischen Station Feldmeilen-Vorderfeld», in: WINIGER, J. et JOOS, M. *Feldmeilen Vorderfeld, die Ausgrabung 1970/1971,* Basel, SSPA, S. 106-132. (Antiqua 5.)
1976b «Geologische und sedimentologische Aspekte von Yverdon-Garage Martin», in: KAENEL, Gilbert, *La fouille du «Garage Martin — 1973»,* CAR 8, p. 131-142.
1977a «Der sedimentologische Befund beim Einbaum» et «Sedimentologische Untersuchungen», in: AMMAN, B. et al. *Der bronzezeitliche Einbaum und die nachneolithischen Sedimente,* NUT 3, S. 41-51 und 67-78.
1977b «Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Spätlatène-Siedlung Basel-Gasfabrik», *Festschrift E. SCHMID zu ihrem 65. Geburtstag.* Basel, Geographisch-Ethnologische Gesellschaft, S. 91-134.

LAKES, Chemistry, Geology, Physics
1978 Edited by LERMAN, Abraham, Spinger Verlag, New York, Heidelberg and Berlin, 363 p.

LENOBLE, Patrice
1978 *Dissociation d'un «Schichtpaket». Introduction à l'étude sédimentologique du gisement archéologique d'Auvernier/Brise-Lames, et à son interprétation palethnographique.* Mémoire de maîtrise de la Faculté des lettres de l'Université de Besançon. Manuscrit. 145 p.

LÜDI, Werner
1935 *Das Grosse Moos im west-schweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung.* Veröffentlichungen des geobotanischen Instituts Rubel Zürich, 11. Bern, Huber.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS, Karen
1977 *Etudes des macrofossiles des sites littoraux d'Auvernier «Brise-Lames», Clairvaux et Charavines.* Mémoire de maîtrise de la Faculté des lettres de l'Université de Besançon. Manuscrit.

MAGNY, Michel
1978 *La dynamique des dépôts lacustres et les stations littorales du grand lac de Clairvaux (Jura).* Paris, CNRS, 222 p. (Publications du CAR, notes et monographies techniques, 11.)

MEIA, Jean, PERSOZ, Francis et SCHAER, Jean-Paul
1971 «Dépôts quaternaires et évolution récente de la région de Colombier (rive N.W. du lac de Neuchâtel)», *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles,* Neuchâtel, 94, p. 77-82.

MÜLLER, G.
1964 «Methoden der Sedimentuntersuchung» in: *Sediment-Petrologie,* 1. Stuttgart, 303 S.

1966 «Die Sedimentbildung im Bodensee», *Die Naturwissenschaften,* 53, 10.

MÜLLER, R.
1973 Über die Wasserstände der Juraseen», in: SCHWAB, Hanni et MÜLLER, R., *Die Vergangenheit des Seelandes im Neuen Licht / Über die Wasserstände der Juraseen.* Freiburg, Universitätsverlag, S. 153-176.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS
1954 Munsell color company inc., Baltimore.

ORCEL, Alain
1978 *Analyse archéologique des sédiments.* NUT 4.

PORTNER, C.
1954 *La formation du sédiment calcaire du lac de Neuchâtel.* Thèse de la Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel. Bâle, Birkhäuser, 94 p.

SCHIFFERDECKER, François
1982 «La baie d'Auvernier. Topographie et stratigraphies», dans: BILLAMBOZ, André et al. *La station littorale d'Auvernier-Port. Cadre et évolution. Auvernier 5.* CAR 25, p. 131-141.

SCHÖTTLE, M.
1969 «Die Sedimente des Gnadensees», *Archives Hydrobiologiques,* Stuttgart, suppl XXXV, 3, p. 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 de Genève* (supplément aux Archives des Sciences), 22, 1, p. 125-254.

STRAHM, Christian
1975 «Nouvelles réflexions sur un vieux problème», dans: 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), p. 155-163.

VERNET, J.-P., MEYBECK, M., PACHOUD, A. et SCULARI, G.
1971 «Le Léman: une synthèse bibliographique», *Bulletin de la recherche géologique minière,* IV, 2, 47.

VERNET, J.-P., THOMAS, R. L., JAQUET, J. M. et FRIEDLI, R.
1972 «Texture of the sediments of the Petit Lac (western lake Geneva)», *Eclogae Geologicae Helveticae,* 65, 3, p. 591-610.

VISHER, G. S.
1969 «Grain size distribution and depositional processes», *Journal of Sedimentary Petrology* 39, 3, p. 1074-1106.

WEISS, H. P.
1977 *Sedimentologische und isotopengeochemische Untersuchung der Lockersedimente im Bielersee.* Lizentiatarbeit, Geologisches Institut. Bern, 106 S.

WÜTHRICH, M.
1971 «Les diatomées de la station néolithique d'Auvernier (lac de Neuchâtel)», *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 33, 2, p. 533-552.