

Origine bactérienne des concrétionnements carbonatés lacustres quaternaires du lac de Neuchâtel (Suisse)

Autor(en): **Brochier, Jacques Léopold / Adolphe, Jean-Pierre / Maréchal, Catherine**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société**

Band (Jahr): **39 (1986)**

Heft 3: **Archives des Sciences**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-740370>

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.

**ORIGINE BACTÉRIENNE
DES CONCRÉTIONNEMENTS CARBONATÉS LACUSTRES
QUATERNAIRES DU LAC DE NEUCHÂTEL (SUISSE)**

PAR

Jacques Léopold BROCHIER¹, Jean-Pierre ADOLPHE, Catherine MARÉCHAL²

RÉSUMÉ

La fraction sableuse des craies lacustres est essentiellement constituée de concrétions carbonatées, jusqu'à 70% de la masse totale de certaines craies grossières. L'étude en microscopie électronique et les essais de reproduction expérimentale mettent en évidence leur origine microbiologique, portant l'accent sur le rôle des processus bactériens intervenant dans la sédimentation des craies continentales. Des paramètres nouveaux, biosédimentologiques, relatifs aux morphologies différentes de ces concrétions, peuvent être introduits dans les reconstitutions paléoécologiques.

ABSTRACT

The sandy fraction of quaternary lacustrine chalks is essentially composed of carbonate concretions which constitute up to 70% of some coarse chalks. Electron microscopy and experimental tests reveal the microbiological origin of the concretions, thus underlining the bacterial processes that took place during continental chalk sedimentation. New data based on concretions morphology can be introduced in paleoecological reconstructions.

ZUSAMMENFASSUNG

Die sandigen Korngrösse der Seekreide bestehen zur Hauptsache aus karbonatischen Konkretionen, welche bei grobkörniger Seekreide bis zu 70 Gewichtsprozenten ausmachen. Elektronenmikroskopische Untersuchungen und experimentelle Züchtungsversuche lassen den mikrobiologischen Ursprung dieser Konkretionen erkennen, wobei der Schwerpunkt der kontinentalen Kalkbildung eindeutig bei den bakteriologischen Prozessen liegt. Für paläoökologische Rekonstruktionen werden neue biosedimentologische Parameter eingeführt, die den verschiedenen Erscheinungsformen der Konkretionen gerecht werden.

¹ Ältere und Naturwissenschaftliche Abteilung: Laboratorium für Urgeschichte, Petersgraben 9-11, Ch-4051 Basel.

² Laboratoire de Géodynamique des milieux continentaux. Université P. et M. Curie, Tour 16, 4^e étage, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

Les travaux menés par l'un de nous (BROCHIER J.-L. 1978, 1979) sur les dépôts lacustres littoraux de la baie d'Auvernier, lac de Neuchâtel, Suisse¹ ont montré l'importance du rôle joué par les concrétionnements carbonatés dans la sédimentation des craies et des sédiments lacustres, d'autant que nous avons aussi constaté leur abondance dans d'autres lacs périalpins. Le détritisme terrigène minéral, le détritisme végétal (végétaux flottés) et le biodétritisme carbonaté se partagent la formation de ces dépôts limniques. L'observation de leurs fractions sableuses au stéréomicroscope (0,06 à 0,2 mm – 0,2 à 0,6 mm – 0,6 à 2 mm) permettant d'apprécier les variations des différents constituants. La phase carbonatée est souvent essentielle (fig. 1, 6 et 7). A côté des tests de mollusques, d'ostracodes, des oogones ou tiges de characées et des encroûtements microphytiques d'algues se trouvent de nombreuses concrétions qui peuvent former jusqu'à 95% des sables. On peut même estimer qu'elles constituent 30 à 70% de la masse de certains sédiments très carbonatés.

1. MILIEUX DE SÉDIMENTATION

Ces concrétions sont présentes dans tous les sédiments d'origine lacustre de la baie (fig. 6 et 7). On les trouve aussi bien dans les craies ($\text{CaCO}_3 > 75\%$ ¹) fines ou plus sableuses que dans des sables plus ou moins carbonatés (40 à 75%). Elles seront bien sûr les plus nombreuses dans les dépôts les plus carbonatés où le détritisme terrigène et végétal est faible; dans ces conditions une craie à 60% de particules inférieures à 60 μ verra ses 40% de sables constitués à 90% et plus de concrétions. Certaines couches de sables (80% > 60 , $\text{CaCO}_3 \geq 75\%$) en sont formées presque exclusivement. La phase sableuse de limons moins carbonatés ($\text{CaCO}_3 < 75\%$) pourra en contenir parfois plus de 50%. On les rencontre encore à 30% dans des sables et limons plus détritiques. On notera que c'est la fraction fine des sables (0,06 à 0,2 mm) qui est la plus riche en concrétions, aux fractions grossières peuvent s'ajouter quelques tests et des débris végétaux.

Les séquences stratigraphiques que nous avons étudiées touchent au domaine littoral et sublittoral du lac de Neuchâtel. La sédimentation limnique commence dès les temps postglaciaires avec des interruptions, des hiatus, jusqu'aux périodes sub-actuelles (Moyen Age). Les variations de niveau du lac ont été de l'ordre de quelques décimètres à 5-6 m et plus. La puissance des formations crayeuses va de 1 à 5 m.

La granulométrie du sédiment, selon qu'elle est plus grossière ou plus fine, indique les mouvements de transgression et régression. Les sédiments les plus limoneux et les moins carbonatés ont pu se former ici sous 5 à 6 m d'eau. Les craies, selon qu'elles sont plus ou moins sableuses ou limoneuses, se sont déposées entre 50 cm et 4 m d'eau; c'est

¹ Les teneurs en carbonates sont obtenues au manocalcimètre Müller sur lg de sédiment $< 0,5$ mm. Le taux en carbonate de magnésium ne dépasse pas 3% dans la baie d'Auvernier.

dans cette zone que les concrétions sont les plus abondantes. Les sables résultant d'une accumulation de concrétions sont plutôt dûs à un hydrodynamisme de forte énergie en milieu littoral; le sédiment s'est trouvé lavé de ses fines particules par les vagues. Peut-on associer leur formation à celle de ces sédiments? Il est difficile de préciser dans quelle proportion elles se trouvent dans ces sables en position secondaire; on peut penser que la grande majorité, sinon toutes parfois, le sont. «Le type boule (*non roulé*) semble lui, en position primaire et s'être formé dans un milieu tourmenté.

2. OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES

On les rencontre au tamisage dès la maille 0,06 mm, elles deviennent très rares au-dessus de 2 mm. Leurs variations morphologiques nous ont fait distinguer quatre types (BROCHIER J.-L., JOOS M., 1982):

- type chou-fleur (fig. 2): de forme peu définie, plus ou moins arrondie, portant de très nombreuses protubérances semblables à celles des choux-fleurs.
- type boule (fig. 3): de forme arrondie, à surface régulière, poreuse.
- type tube (fig. 4): 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 à surface plate et lisse ou bosselée et poreuse.

La proportion de chacun de ces différents types varie tout au long de la sédimentation (fig. 6 et 7), ainsi que leur couleur, blanche ou grise, ces variations doivent correspondre à des changements de milieu qu'il s'agira de préciser. C'est aussi un des axes de cette recherche que d'aboutir à la reconstitution des paléomilieus de formation des craies et de retracer l'évolution paléolimnologique, paléoécologique holocène des lacs périalpins et de leur environnement.

Les types tubes correspondent à des encroûtements de microphytes benthiques (SCHNEIDER J., SCHRÖDER H.G., 1980) ou de tiges de characées. Les types plaques pourraient être des encroûtements se déposant à la surface de feuilles.

Une attaque à l'acide chlorhydrique des formes en chou-fleur et boule laisse apparaître une trame résiduelle d'aspect semblable à la cellulose du coton (fig. 5). C'est à l'origine de ces deux derniers types que nous allons nous attacher ici. Les concrétions type chou-fleur sont dans l'ensemble les plus abondantes.

3. GÉOMICROBIOLOGIE DU SÉDIMENT

Les concrétions de type boule et choux-fleurs examinés au M.E.B. présentent des corps plus ou moins sphériques, parfois disposés en chapelet, attribuables à des

bactéries mais spécifiquement indéterminables par morphoscopie dans l'état actuel des connaissances (fig. 8).

Cependant, l'ensemencement expérimental par ces concrétions naturelles de milieux nutritifs liquides stériles a permis d'obtenir, au bout de quelques jours, le développement de colonies microbiennes de *Bacillus* qui se sont révélés calcifiants par la suite.

Ces voiles microbiens, incrustés de carbonate de calcium, sous forme calcitique, s'agrègent progressivement, au sein du milieu de culture, en granules millimétriques blanchâtres rappelant morphologiquement et pétrographiquement les concrétions naturelles (fig. 9).

Les corps microbiens constituent la trame organique des concrétions carbonatées tant naturelles qu'expérimentales. De tels dépôts se modèlent progressivement à partir des corps bactériens pour aboutir à la forme définitive visible à l'œil nu (fig. 10).

Outre cet aspect morphoscopique typique, nous avons décelé dans ces dépôts d'une part des incrustations calcaires sphériques (analogues à celles des perles de calcite naturelles reproduites au laboratoire par voie bactérienne en milieu aquatique) et d'autre part des assemblages framboïdes micrométriques comparables à ceux des craies fluviales. Cependant, dans le cas présent, les framboïdes naturels que nous avons observés ont la particularité de ne pas avoir subi une métallisation de la phase carbonatée initiale comme cela a été constaté par ailleurs en milieu fluvial actuel ou encore estuarien tertiaire. (ADOLPHE J.P., BAYARD-MARÉCHAL C., FOULQUIER J., 1982; SCHAAF-RAEHT O., 1979).

CONCLUSION

En conclusion, l'étude en microscopie électronique et les tentatives de reproduction expérimentale, nous ont permis de mettre en évidence l'origine microbiologique des concrétions calcaires de la craie lacustre du lac de Neuchâtel. Leur structure granulaire et leur porosité qui pareillement résultent de la juxtaposition de corps bactériens, nous incitent, en rapprochant ces dépôts des concrétionnements fluviaux carbonatés, à mettre l'accent sur l'homogénéité des processus bactériens, intervenant dans la sédimentation des craies continentales¹.

¹ Ces recherches sont financées dans le cadre des études pluridisciplinaires des stations préhistoriques de la baie d'Auvernier par le Fonds National de la Recherche Suisse. Le but poursuivi par la sédimentologie est de reconnaître différents milieux de sédimentation de retrouver les variations du niveau du lac au cours de l'Holocène.

L'observation morphoscopique au stéréomicroscope de la fraction sableuse de craies des lacs de ZÜRICH, CONSTANCE, BIENNE (CH), de CHARAVINES, CLAIRVAUX (F) et de FIAVE-CARERA (I) montre que celle-ci est souvent constituée essentiellement de concrétions morphologiquement semblables. L'étude en cours et l'examen au M.E.B. précisera le rôle des bactéries dans leur genèse que l'on peut penser identique aux concrétions du lac de Neuchâtel.

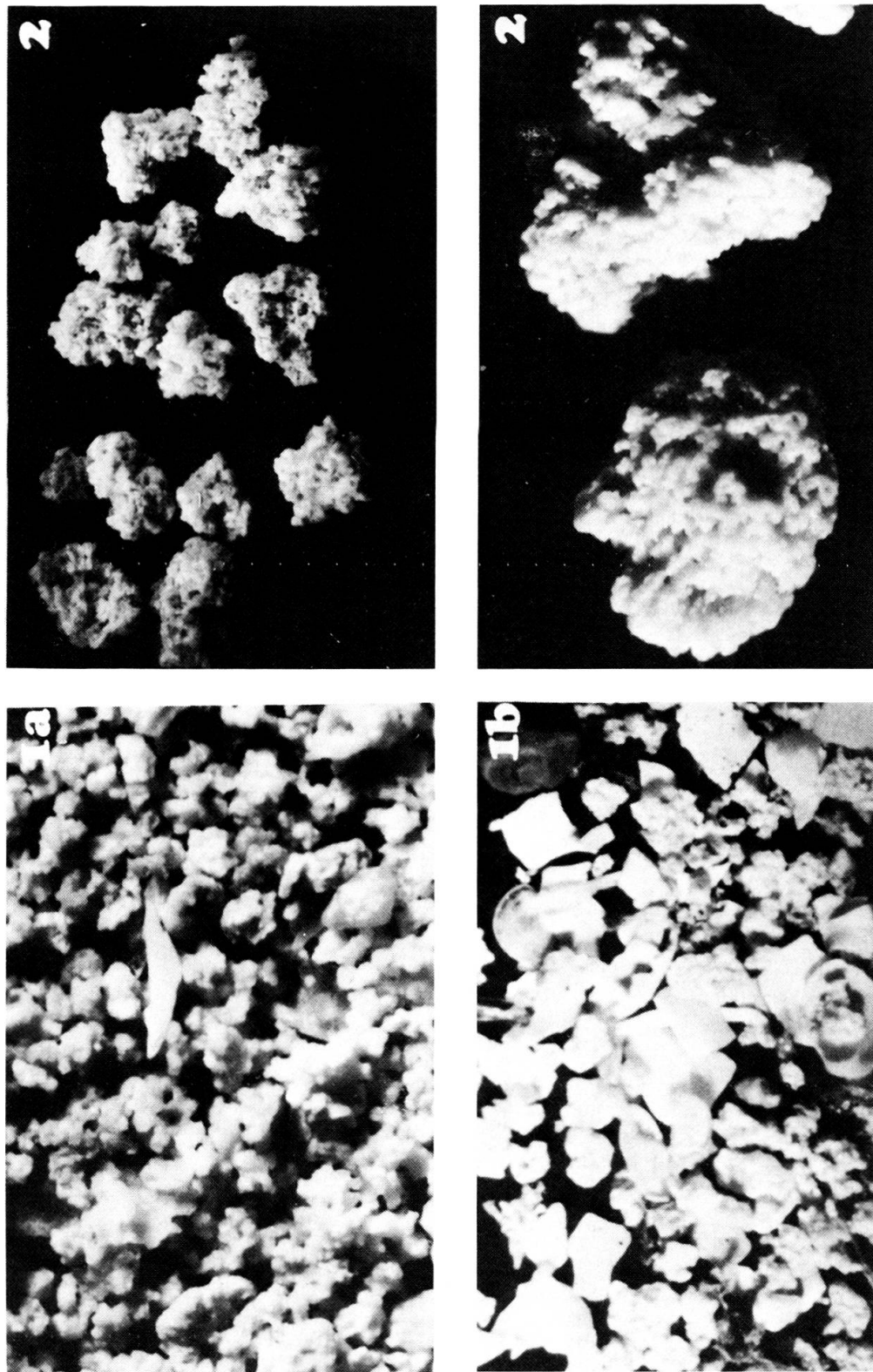


FIG. 1.

Fractions sableuses d'une craie (sables = 30%, CaCO₃ = 91%).

1a: 0,6 à 2 mm tests de mollusques et concrétions.

1b: 0,06 à 0,2 mm très nombreuses concrétions.

FIG. 2.

Concrétions type chou-fleur (circa 1 mm).

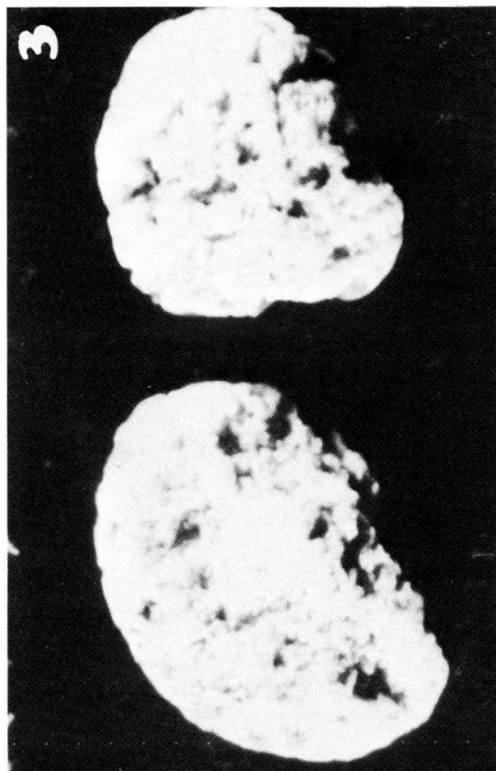


FIG. 3.

Concrétions type boule (circa 1 mm).

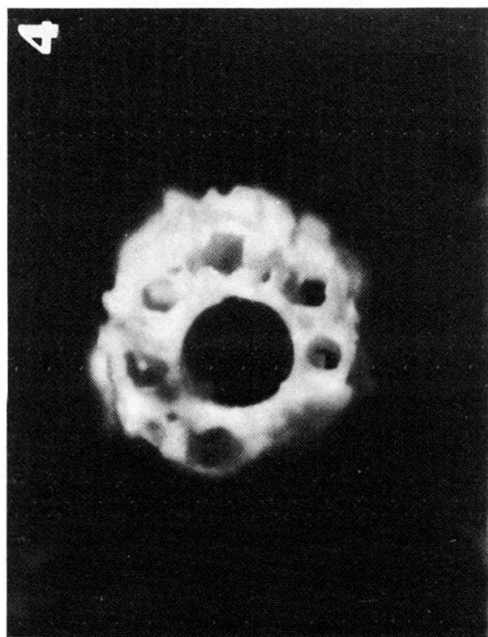


FIG. 4.

Concrétion type tube (encroûtement de tige de characée) (circa 1 mm).

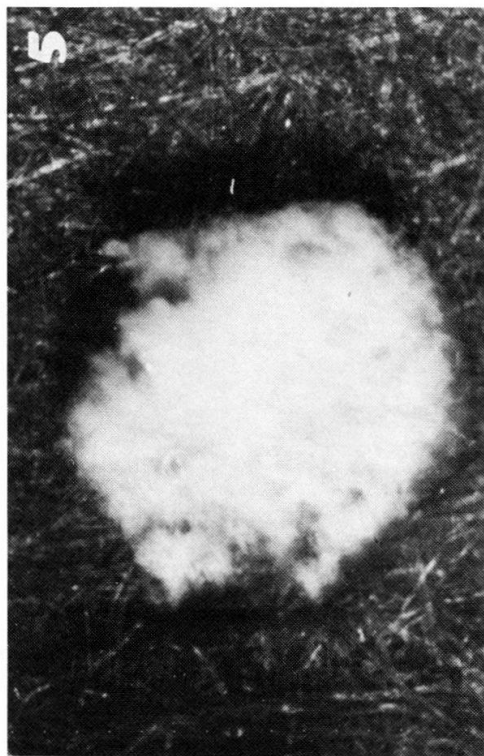


FIG. 5.

Résidu organique après décarbonisation à l'acide chlorhydrique (circa 1 mm).

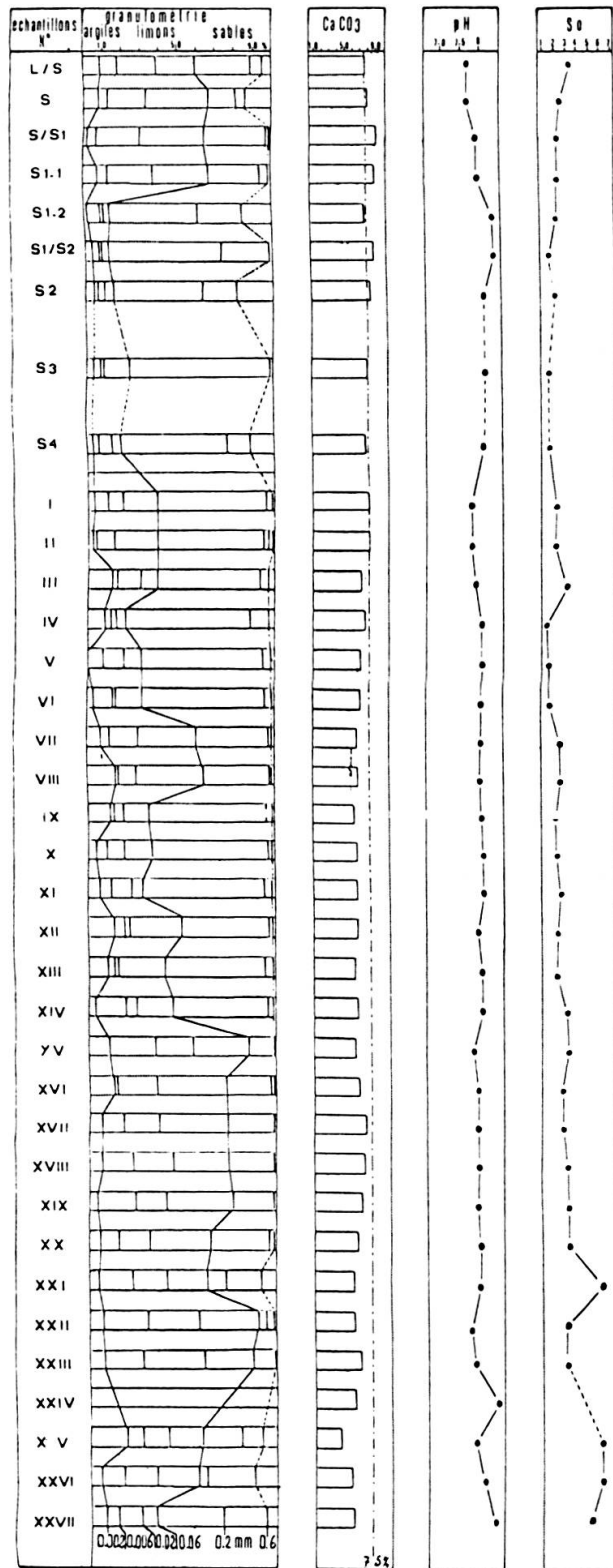


FIG 6a.

Caractéristiques granulométriques et chimiques des sédiments de la séquence d’Auvernier-Saunerie (lac de Neuchâtel). So = Sortingindex. Les sédiments archéologiques ne sont pas représentés ici; on trouve de bas en haut des limons crayeux (XXVII à XV), des sables limoneux carbonatés (XIV à I), des sables carbonatés (S₄ à S1-2), des craies (S1-1 à L1S).

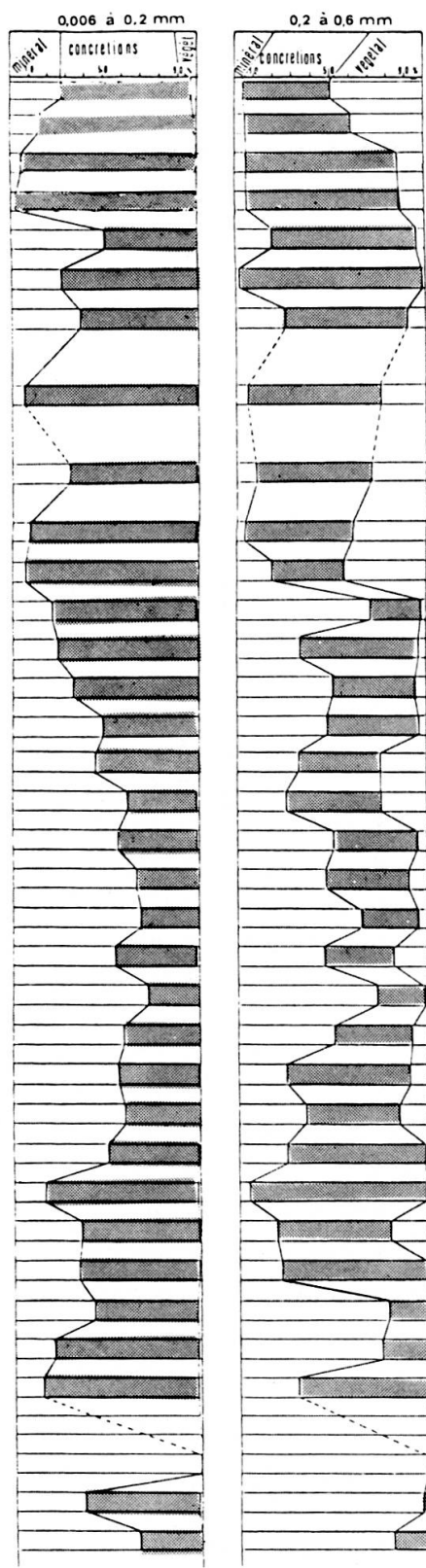


FIG. 6b.

Concrétions des fractions sableuses les mieux représentées, 0,06 à 0,2 mm et 0,2 à 0,6 mm: détritisme terrigène minéral (grains de quartz surtout, mais aussi débris de roches sédimentaires), détritisme carbonaté — concrétions (les tests de mollusques et oogones de characées ne sont pas décomptés ici), détritisme végétal (végétaux flottés, conservés en milieu humide). Les pourcentages sont obtenus par comptage des grains. La figure 6a, granulométrie, permet en correspondance de juger de l'importance de ces concrétions dans la masse des sédiments lacustres. La fraction supérieure, 0,6 à 2 mm, est souvent très réduite et ne permet pas un comptage statistique des grains.

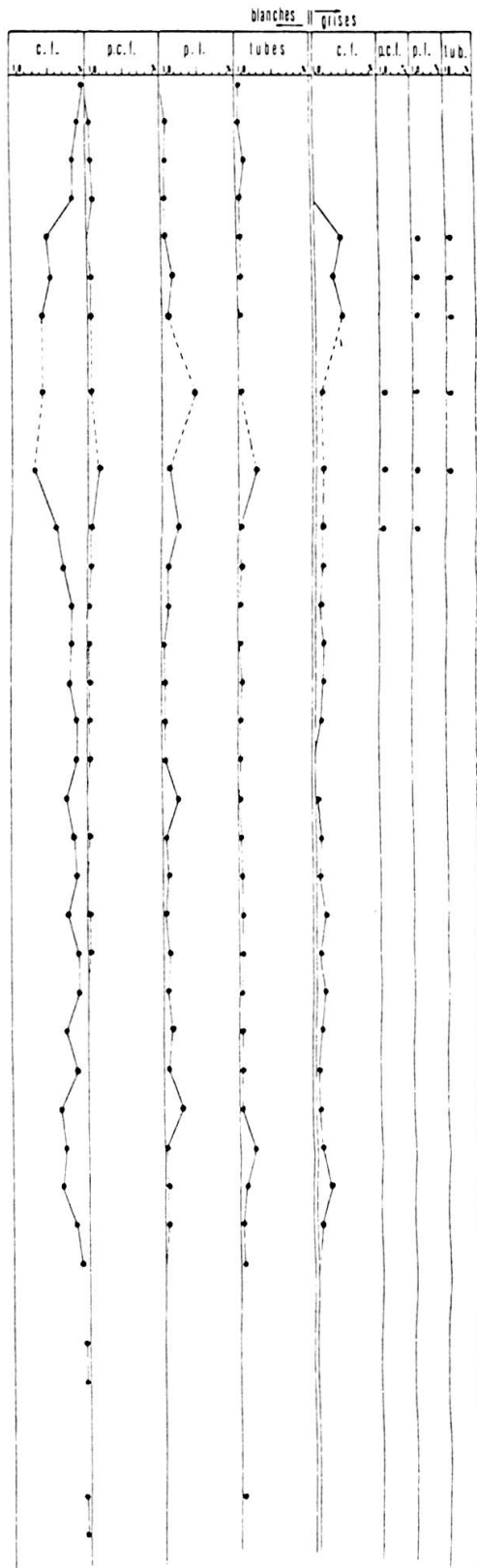


FIG. 6c.

Typologie des concrétions carbonatées:

- c.f. = type chou-fleur
- p.c.f. = type plaque-chou-fleur
- p.l. = type plaque lisse
- tub. = type tube

les pourcentages ont été calculés séparément sur les concrétions de couleur blanche et sur celles de couleur grise.

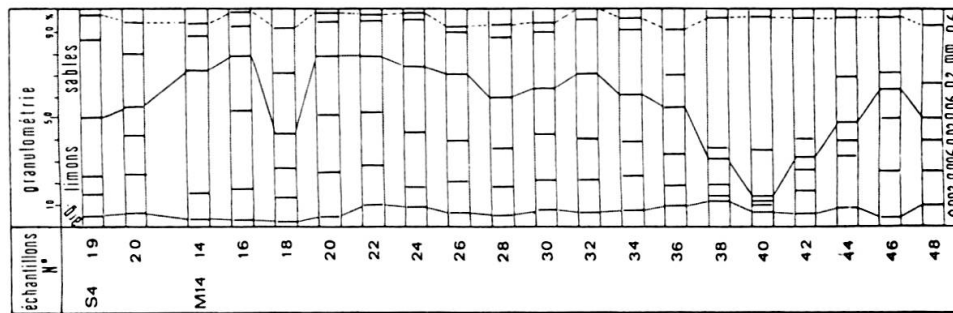
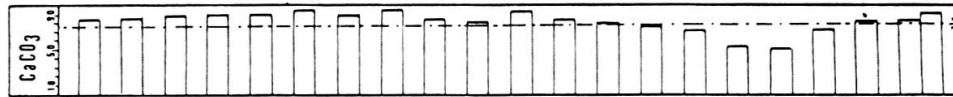
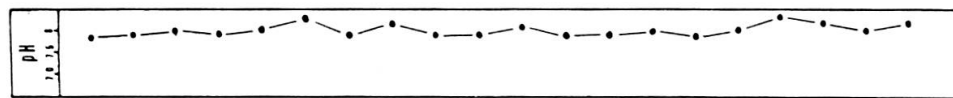
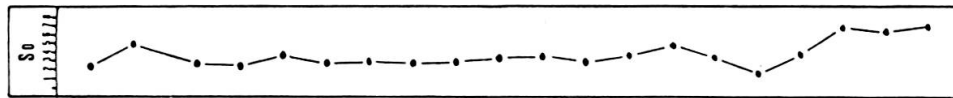
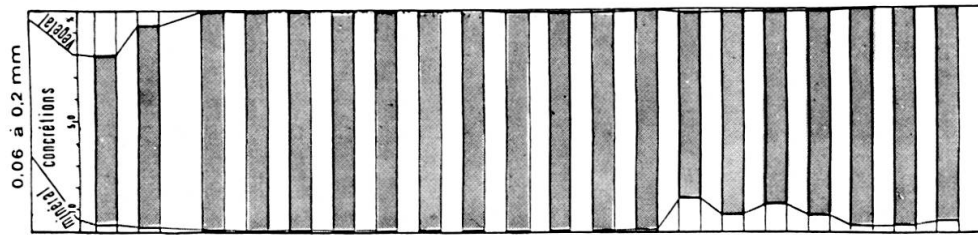
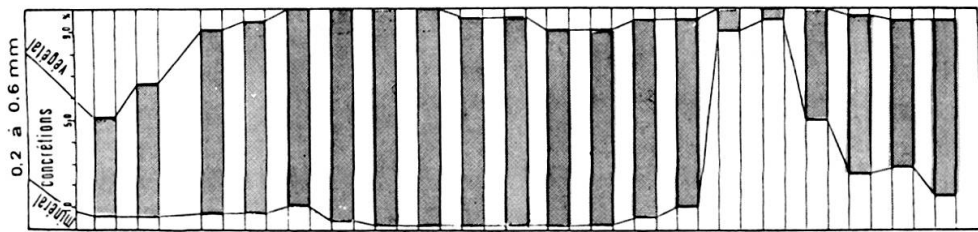
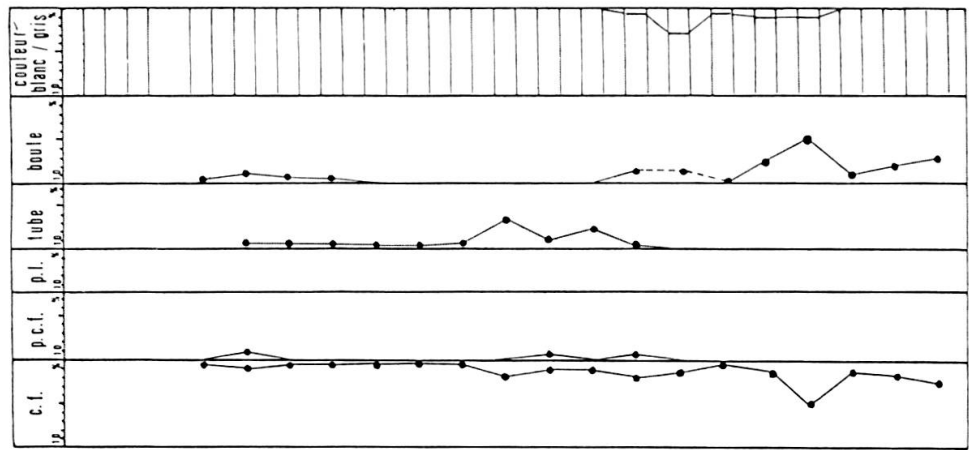


Fig. 7c

Fig. 7b

Fig. 7a

FIG. 7a.

Caractéristiques granulométriques et chimiques des sédiments de la séquence d'Auvernier-Brise Lames (lac de Neuchâtel). So = Sorting index. Les sédiments archéologiques ne sont pas représentés ici; cette séquence est surtout constituée de crates entrecoupées par un passage sableux (MI4 37 à 43).

FIG. 7b.

Constitution des fractions sableuses les mieux représentées, 0,06 à 0,2 mm et 0,2 à 0,6 mm: détritisme terrigène minéral (grains de quartz surtout, mais aussi débris de roches sédimentaires), détritisme carbonaté-concrétions (les tests de mollusques et oogones de characées ne sont pas décomptés ici), détritisme végétal (végétaux flottés, conservés en milieu humide). Les pourcentages sont obtenus par comptage de grains. La figure 7a, granulométrie, permet en correspondance de juger de l'importance de ces concrétions dans la masse des sédiments lacustres. La fraction supérieure, 0,6 à 2 mm, est souvent très réduite et ne permet pas un comptage statistique des grains.

FIG. 7c.

Typologie des concrétions carbonatées.

- c.f. = type chou-fleur
- p.c.f. = type plaque-chou-fleur
- p.l. = type plaque lisse

Fig.8 Concrétion carbonatée naturelle lacustre constituée d'agrégats pseudosphériques.

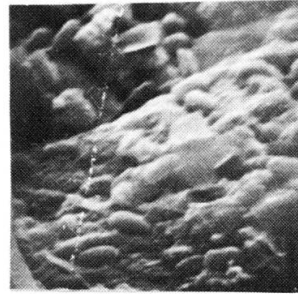
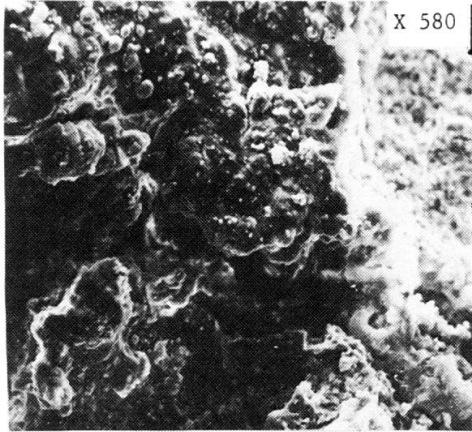


Fig.9 Corps bactériens encroûtés édifiant les concrétions carbonatées de la craie du lac de NEUCHÂTEL.

Fig.II Les agrégats calcaires se modèlent progressivement à partir des corps bactériens.

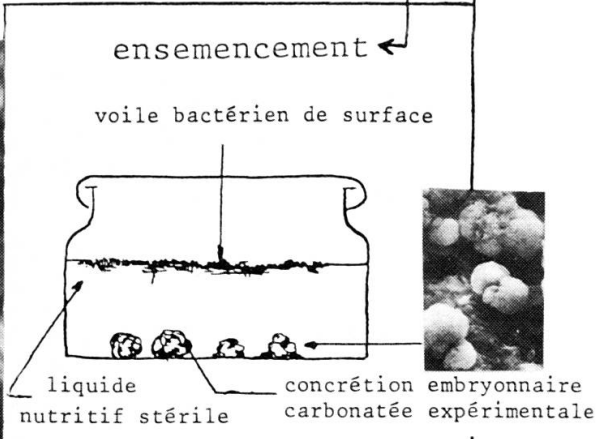
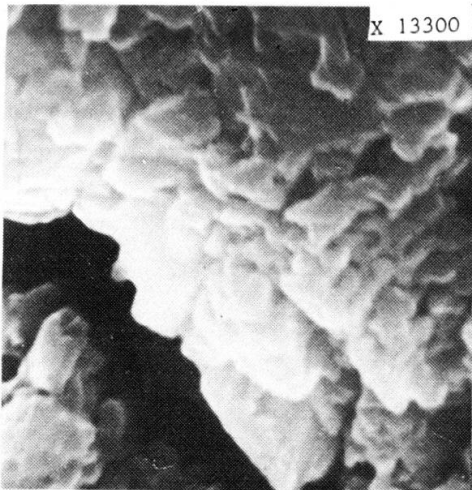


Fig.I0 Concrétionnements embryonnaires expérimentaux obtenus en milieu nutritifs liquides stériles.

Fig.I2 Précipitation carbonatée naturelle autour de sphères gazeuses (Echantillon J.L. BROCHIER). Analogie avec les sphères gazeuses obtenues expérimentalement par voie bactérienne en milieu aquatique.

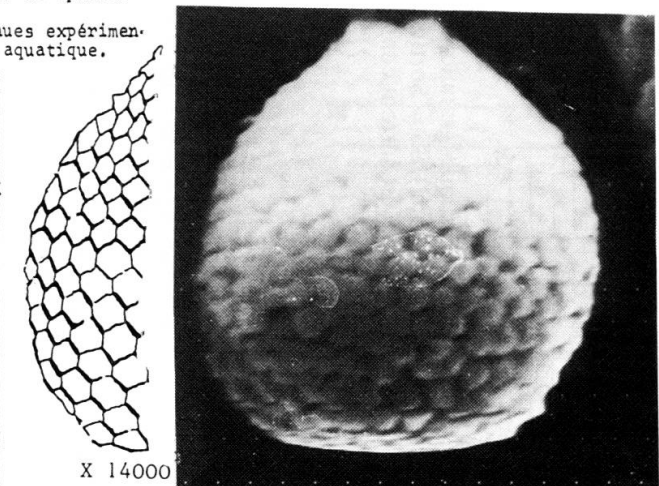
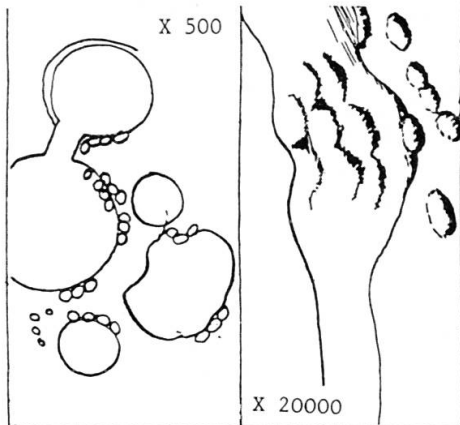


Fig.I3 Concrétion carbonatée naturelle lacustre framboïde constituée de bipyramides tétraédriques selon des plans équatoriaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ADOLPHE, J.P. et C. MARÉCHAL (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. *C.R. Acad. Sc. Paris*, T. 284, série D.
- ADOLPHE, J.P. et C. MARÉCHAL (1980). *Etude comparée de la cristallogénèse bactérienne expérimentale et naturelle*. Communication hors fascicule. Colloque sur carbonates, 17 et 18 nov. 1980, Univ. Bordeaux III; Institut de Géodynamique.
- BROCHIER, J.L. et M. JOOS (1979a). La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier-Nord: étude sédimentologique. Manuscrit dactyl., Neuchâtel, 29 p., 1979, à paraître dans *Cahiers d'Archéologie Romande*.
- BROCHIER, J.L. (1979b). La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier-Saunerie: étude sédimentologique. La dynamique lacustre. Manuscrit dactyl., 30 p., 1979, à paraître dans *Cahiers d'Archéologie Romande*.
- (1979c). La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier-Brise Lames: étude sédimentologique; étude du processus de sédimentation des fumiers. Manuscrit dactyl., 34 p., 1979, à paraître dans *Cahiers d'Archéologie Romande*.
- BROCHIER, J.L. et M. JOOS (1982). Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port: le lac. Approche sédimentologique. Dans BILLAMBOZ *et al.*, La station littorale d'Auvernier-Port. Cadre et évolution. Auvernier 5. *Cahiers d'Archéologie Romande* 25, Lausanne.
- DAVAUD, E. (1980). Etude des sédiments du lac de Morat. *Thèse Université de Lausanne*.
- LAKES (1978). *Chemistry, Geology, Physics*. — Ed. Abraham Lerman, 363 p., 1978, Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.
- LALOU, C. (1957). Studies on bacterial precipitation of carbonates in sea water. *J. Sed. Petrol.* 27, 190-195.
- SCHAAF-RAEHT, O. (1979). Sédimentologie des loess et alluvions quaternaires de Hangenbieten et Achenheim (Alsace, France). *Thèse Doctorat 3^e cycle U.E.R.* Sciences de la Terre, Univers. Louis Pasteur, Strasbourg.
- SCHNEIDER, J. et H.G. SCHRODER (1980). Calcification des cyanophycées et leur contribution à la genèse des sédiments calcaires. Dans *Cristallisation, Déformation, Dissolution des carbonates*, Colloque 17/18, Nov. 1980, Univers. Bordeaux III, 421-428.
- WEISS, H.P. (1977). *Sedimentologische und isotopengeochemische Untersuchung der lockersedimente im Bielersee*. Lizentiatsarbeit, Geologisches Institut Berlin.

