Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 75 (1982)

Heft: 2

Artikel: Le croûtes calcaires (calcretes) du Purbeckien du Mont-Salève (Haute-Savoi, France)

Autor: Strasser, André / Davaud, Eric

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-165232

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: 01.08.2025

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

Eclogae geol. Helv.	Vol. 75/2	Pages 287–301	5 figures dans le texte	Bâle, juillet 1982

Les croûtes calcaires (calcretes) du Purbeckien du Mont-Salève (Haute-Savoie, France)

Par ANDRÉ STRASSER et ERIC DAVAUD[1])

RÉSUMÉ

Plusieurs niveaux de calcrete observés dans le Purbeckien du Mont-Salève sont décrits et analysés. Ils montrent des traces de racines et de nombreuses figures caractéristiques d'une exposition subaérienne durable. Ces observations permettent de préciser l'environnement dans lequel les faciès saumâtres et lagunaires du Purbeckien se sont déposés. La genèse de ces calcretes est comparable à celle des croûtes anciennes et actuelles décrites dans la littérature.

ZUSAMMENFASSUNG

Mehrere Horizonte von Kalkkrusten (Caliche) im Purbeckian des Mont Salève werden beschrieben und analysiert. Sie zeigen Wurzelspuren und verschiedene für eine subaerische Exposition typische Merkmale und tragen dazu bei, das Milieu der Lagunen- und Brackwasserfazies des Purbeckian genauer zu erfassen. Die Genese dieser Kalkkrusten lässt sich mit den Interpretationen fossiler und rezenter Äquivalente in der Literatur vergleichen.

ABSTRACT

Several occurrences of calcrete in the Purbeckian of the Mont Salève are described and analyzed. They show root tubes and several features which indicate subaerial exposure, and thus lead to a better understanding of the depositional environment of the Purbeckian lagoonal and brackish water facies. The genesis of these calcretes is comparable to that of ancient and recent counterparts described in the literature.

1. Introduction

Les faciès du *Purbeckien* du Jura suisse et français, qui ont fait depuis un siècle l'objet de nombreuses études (MAILLARD 1884, JOUKOWSKY & FAVRE 1913, CAROZZI 1948, HAEFELI 1966, AINARDI & CHAMPETIER 1976, etc.), s'étendent du lac de Bienne au lac du Bourget.

Le *Mont-Salève*, dont il est question dans cet article, se situe à la limite méridionale de cette zone (fig. 1). Le Purbeckien y a été signalé par FAVRE en 1867 et étudié d'un point de vue stratigraphique par JOUKOWSKY & FAVRE en 1913. Depuis lors, à l'exception d'un travail de CAROZZI (1951) consacré aux brèches multicolores, ces affleurements n'ont fait l'objet d'aucune étude détaillée, bien qu'ils présentent une

[1]) Département de géologie et de paléontologie, 13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4.

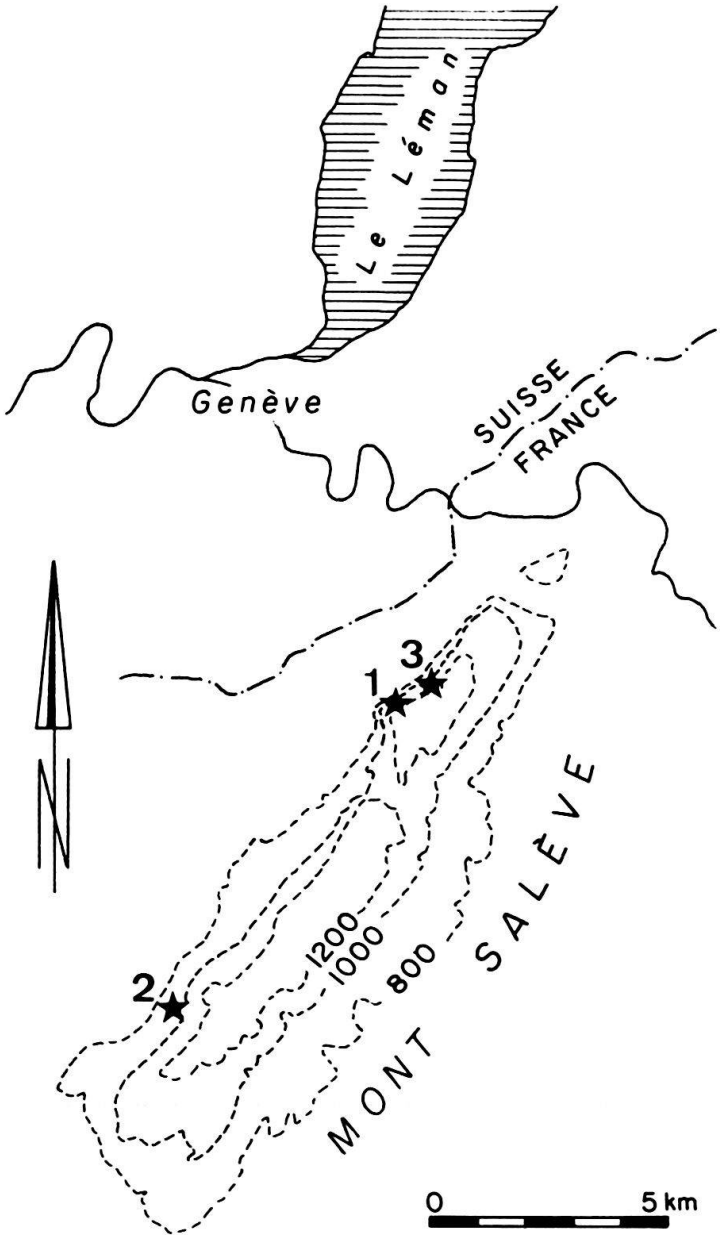


Fig. 1. Situation des affleurements: 1 = Grotte de la Mule; 2 = Le Pomier; 3 = Grande Varappe.

remarquable diversité de faciès, de structures et de séquences sédimentaires dont l'observation et la compréhension sont aujourd'hui rendues plus aisées grâce aux nombreux travaux portant sur l'Actuel.

Les croûtes calcaires décrites dans cet article représentent une facette de cette diversité et permettent de préciser l'environnement sédimentaire du Purbeckien.

2. Les affleurements

La section la mieux exposée se situe au lieu-dit la *Grotte de la Mule* (fig. 1). Dans sa partie supérieure, on observe quatre niveaux de croûte calcaire (fig. 2) qui se manifestent par une coloration brunâtre, de fines laminations et des surfaces très

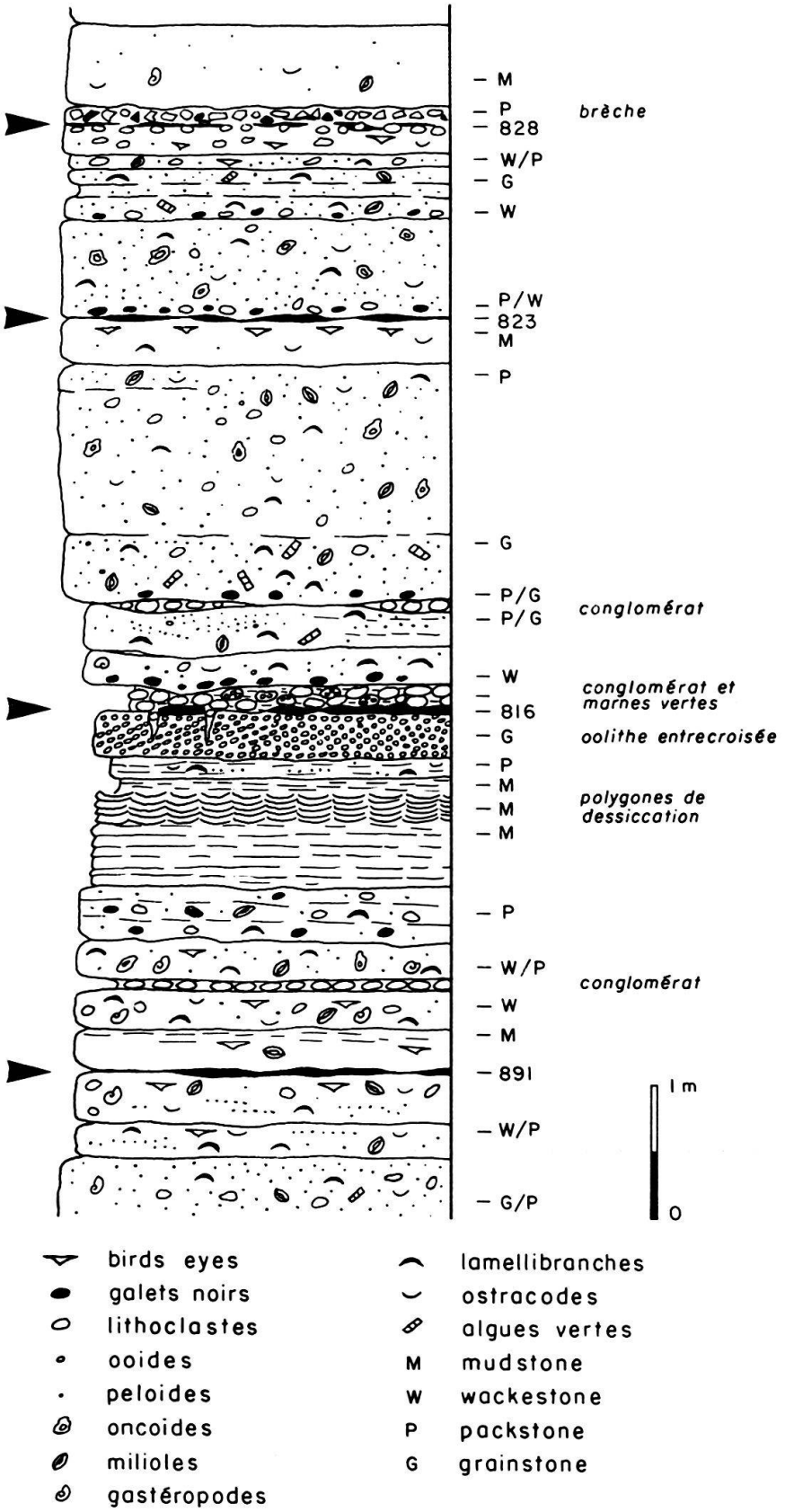


Fig. 2. Section 1, le long du sentier des Etournelles, au-dessus du lieu-dit la Grotte de la Mule. Les flèches indiquent les niveaux de calcrete.

onduleuses. Ces niveaux, qui atteignent une épaisseur de 4 cm mais disparaissent souvent latéralement, recouvrent soit des mudstones et wackestones à birdseyes, soit des grainstones oolithiques à structure entrecroisée (fig. 2).

Le deuxième niveau est surmonté par un conglomérat qui remanie la plupart des faciès sous-jacents mais rarement la croûte elle-même. Des marnes vertes (essentiellement composées d'illite) constituent la matrice de ce conglomérat.

8 km au sud-ouest, à proximité d'un décrochement important *(Le Pomier)* (fig. 1), on retrouve un affleurement présentant une croûte bien développée, dont l'épaisseur maximale est de 12 cm. Cette croûte se réduit considérablement vers le sud-ouest de l'affleurement, mais passe dans la direction opposée à une succession de petits niveaux de croûte entre lesquels s'intercalent des packstones à pellets et intraclastes micritiques. Ce banc est surmonté d'un conglomérat qui remanie des blocs de croûte et des mudstones à rhizolithes.

Le troisième affleurement, situé à un kilomètre au nord-est de la première section décrite, est d'un accès difficile (*La Grande Varappe,* fig. 1). Il a fourni un échantillon où la croûte calcaire se développe sur une brèche complexe, comprenant entre autres des «flat pebbles» à laminations algaires.

Bien que la grande variabilité latérale des faciès rende les corrélations hypothétiques, il est probable que ces bancs à croûtes calcaires se situent au même niveau stratigraphique.

3. Observations microscopiques

Les croûtes du Purbeckien montrent une grande variété de textures et de figures diagénétiques:

3.1 *Les laminations*

Les laminations qui se voient nettement à l'affleurement sont des alternances de couches claires formées de calcite microsparitique (cristaux de 0,01 à 0,03 mm, souvent arrangés en «palissade») et de couches sombres micritiques ou cryptocristallines dont l'épaisseur varie entre 0,03 et 0,5 mm.

Fig. 3. Sections polies.

a: Croûte laminée avec microdiscordances se développant sur un substrat granuleux. Fracturation polyphasée due à plusieurs générations de racines (flèches). (Echantillon 900, Le Pomier, échelle 5 mm.)

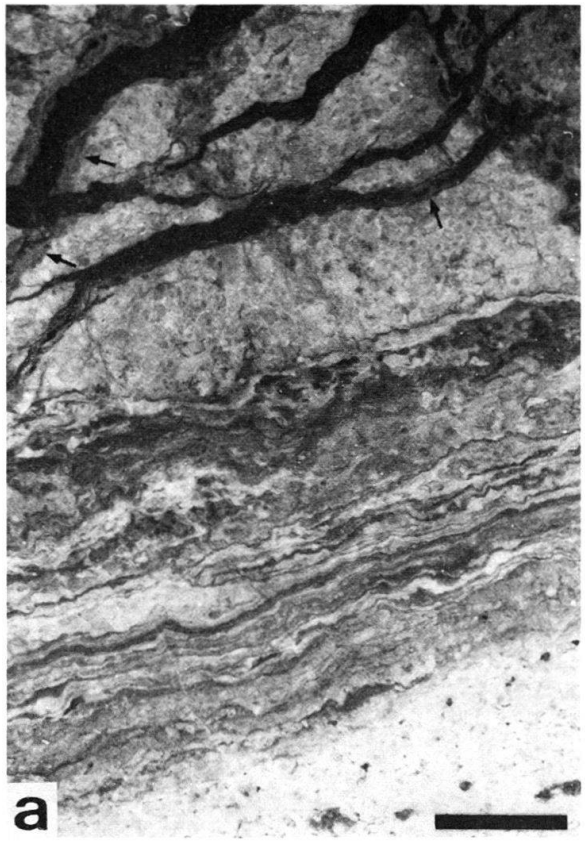
b: Bréchification de la croûte laminée. Les traces de racines sont indiquées par des flèches. (Echantillon 900, Le Pomier, échelle 5 mm.)

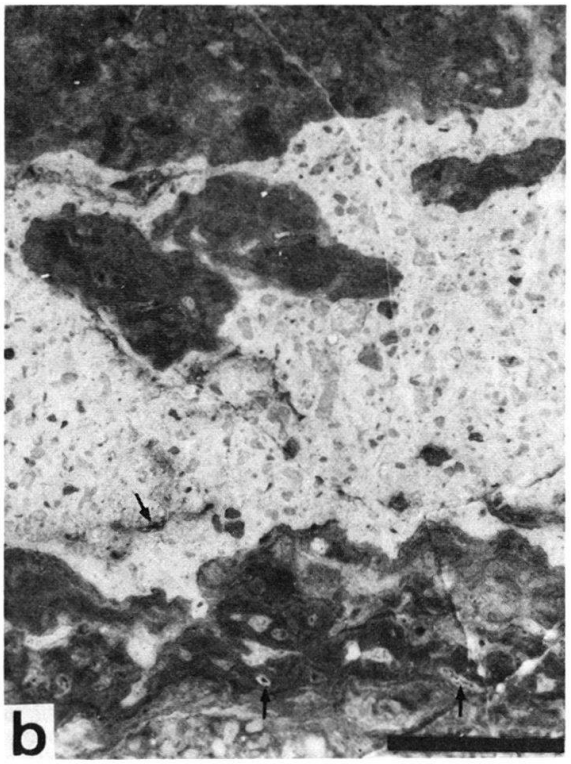
c: Croûte laminée à racines se développant sur une fine couche de grainstone alvéolaire. Les flèches signalent la calcrétisation superficielle du substrat micritique. Les laminations verticales observables en haut à droite indiquent une accrétion latérale. (Echantillon 608, Le Pomier, échelle 5 mm.)

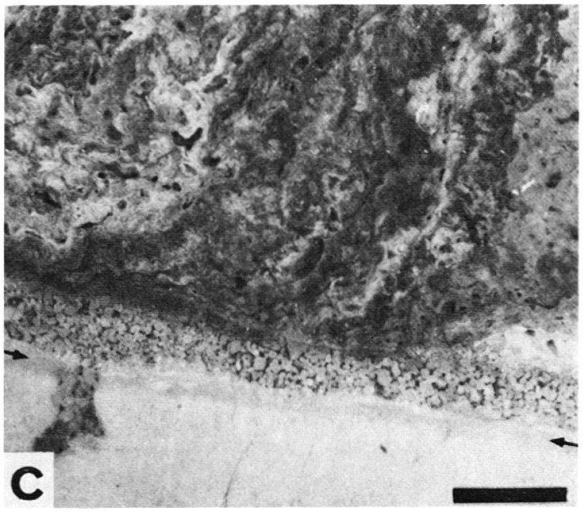
d: Croûte laminée avec traces de racines se développant sur un grainstone. Quelques peloïdes sont piégés dans la croûte. (Echantillon 897, Le Pomier, échelle 2 mm.)

e: Brèche complexe, formée en partie de «flat pebbles» à laminations algaires, sélectivement calcrétisée. Un front de calcrétisation, signalé par les petites flèches, affecte la matrice oomicritique. Les zones bioturbées, partiellement calcrétisées, apparaissent en sombre sur la moitié inférieure de la photo. La grande flèche signale un remplissage géotrope de marnes vertes. (Echantillon 593, Grande Varappe, échelle 5 mm.)

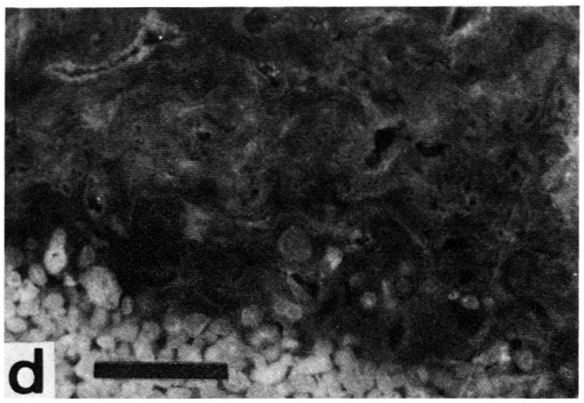
f: Traces de racines dans un grainstone calcrétisé. (Echantillon 904, Le Pomier, échelle 2 mm.)

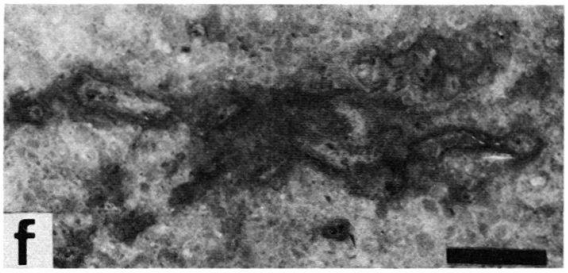

a


b


c

e


d


f

Les laminations sont onduleuses et sont souvent interrompues par des microdiscordances (fig. 3a et 4a). Entre les couches, on observe parfois la présence de particules piégées (peloïdes et intraclastes micritiques, fig. 4b) et souvent des traces de racines (fig. 3b et 3d).

Les croûtes laminées du Salève sont comparables à celles du Pléistocène des Florida Keys (MULTER & HOFFMEISTER 1968, PERKINS 1977), à celles du Carbonifère du Derbyshire (ADAMS 1980) et à celles du Kentucky décrites par WALLS et al. (1975).

La structure laminée peut disparaître latéralement ou verticalement et passer à des micrites brunâtres non-laminées généralement plus riches en peloïdes et intraclastes micritiques, et présentant de nombreuses traces de racines et une grande variété de vacuoles.

3.2 *Les alvéoles*

Des alvéoles de forme irrégulière (0,1–1,5 mm) s'observent entre les grains piégés des croûtes non-laminées ou dans les substrats calcrétisés. Les éléments détritiques qui les délimitent sont recouverts d'une couche microcristalline et sont souvent liés par des «ponts» de micrite (fig. 4d). Ce type d'alvéoles semble caractéristique de nombreuses croûtes calcaires (ESTEBAN 1974, ADAMS 1980, PURSER 1980).

La genèse de ces structures alvéolaires n'est pas encore établie, mais la distribution de la micrite dans les vides rappelle celle des micrites centrifuges décrites par PURSER (1980) dans la *zone supratidale* (fig. 4e). KLAPPA (1980a) associe la formation des alvéoles à la présence de racines. Dans les faciès étudiés, on observe le passage de structures typiquement alvéolaires à des structures réticulaires attribuables sans équivoque aux racines (fig. 5a).

3.3 *Traces de racines*

On rencontre en effet dans les croûtes purbeckiennes des cavités tubulaires sinueuses (de 0,1 à 4 mm de diamètre), entourées d'une membrane micritique et souvent subdivisées par des parois micritiques ramifiées (fig. 5a, b et c). L'examen de ces membranes au microscope électronique révèle des *structures cellulaires* qui

---

Fig. 4. Vues en lumière transmise.

a: Croûte laminée, laminations claires et sombres. (Echantillon 816, Grotte de la Mule, échelle 0,5 mm.)

b: Croûte calcaire partiellement laminée avec particules micritiques piégées. Petites fissures de rétraction (flèche). (Echantillon 608, Le Pomier, échelle 0,5 mm.)

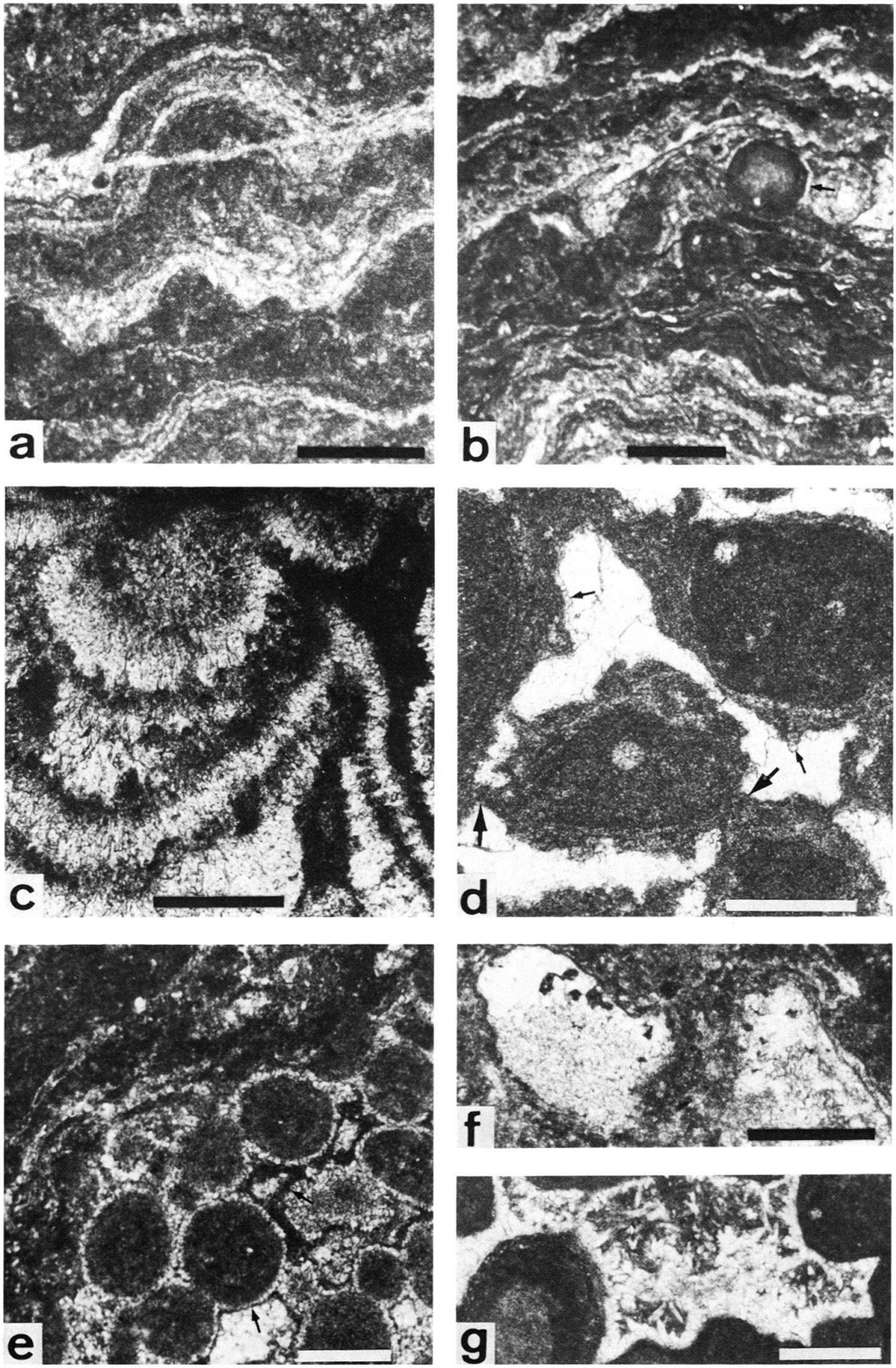
c: Laminations stalactitiques dans un interstice d'un niveau bréchique. (Echantillon 828, Grotte de la Mule, échelle 0,2 mm.)

d: Structure alvéolaire: couche micritique autour des grains et «ponts» de micrite (grandes flèches). Le ciment de première génération est signalé par des petites flèches. (Echantillon 902, Le Pomier, échelle 0,2 mm.)

e: Substrat oolithique calcrétisé: ooïdes micritisées avec halos dus à un ciment de première génération. Les parois des pores sont tapissées de micrite centrifuge (flèches). (Echantillon 816, Grotte de la Mule, échelle 0,2 mm.)

f: Silt vadose remplissant les vides laissés par des racines. (Echantillon 593, Grande Varappe, lumière polarisée, échelle 0,5 mm.)

g: «Flower spar». (Echantillon 608, Le Pomier, lumière polarisée, échelle 0,2 mm.)


a
b
c
d
e
f
g

indiquent qu'il s'agit bien de vestiges de racines ou de filaments végétaux calcifiés ou silicifiés (fig. 5e, f et g) comparables aux «rhizolithes» décrits par KLAPPA (1980a) dans l'Holocène et le Pléistocène.

Les traces de racines se concentrent dans les niveaux à structure laminée, laquelle est souvent liée à la forme des racines (fig. 3d). On les rencontre également dans les calcretes non laminées et il est fréquent qu'elles pénètrent dans les substrats sédimentaires (fig. 3b et 3f).

Les vides laissés par la décomposition des racines sont remplis de calcite grossière (parfois de dolomite), de silt vadose (fig. 4f) ou même de marnes vertes provenant de la matrice des conglomérats sus-jacents. En certains endroits, les racines semblent avoir pénétré dans des fissures des calcretes et les avoir élargies. On distingue même deux phases de pénétration (fig. 3a).

Les traces de racines sont signalées dans de nombreuses calcretes récentes et anciennes par MULTER & HOFFMEISTER (1968), BRAITHWAITE (1975), PERKINS (1977), HARRISON & STEINEN (1978), ADAMS (1980) et PURSER (1980).

3.4 *Figures de rétraction et pseudomorphose*

Dans les calcretes étudiées on remarque également de petites fissures (0,2 à 2,5 mm de longueur) qui suivent souvent le contour des particules piégées (fig. 4b) ou qui se trouvent à la limite croûte-substrat (fig. 5i). Ces craquelures sont probablement dues à des rétractions locales affectant, durant les périodes sèches, les croûtes humectées (BRAITHWAITE 1975, PURSER 1980)[2]).

Par ailleurs, à proximité de l'interface croûte-substrat, on observe fréquemment des sphérules remplies de sparite grossière et/ou de dolomite (fig. 5h). L'aspect particulier de la périphérie de ces sphérules et le fait que les laminations sus-jacentes

[2]) Ces figures de rétraction se distinguent par leur taille des classiques fissures de dessiccation que l'on observe dans les micrites à birdseyes et à tapis algaires du Purbeckien (cf. AINARDI & CHAMPETIER 1976).

Fig. 5a, b et c. Traces de racines: manchon micritique laminé avec ramifications internes. La matière organique a été décomposée et les vides sparitisés (a et b: échantillon 902, Le Pomier, échelle 0,5 mm; c: échantillon 816, Grotte de la Mule, échelle 0,2 mm).

d: Paroi de racine calcifiée ou cimentation partielle d'une cavité rhizolithique et remplissage micritique (silt vadose?). (Echantillon 897, Le Pomier, échelle 0,2 mm.)

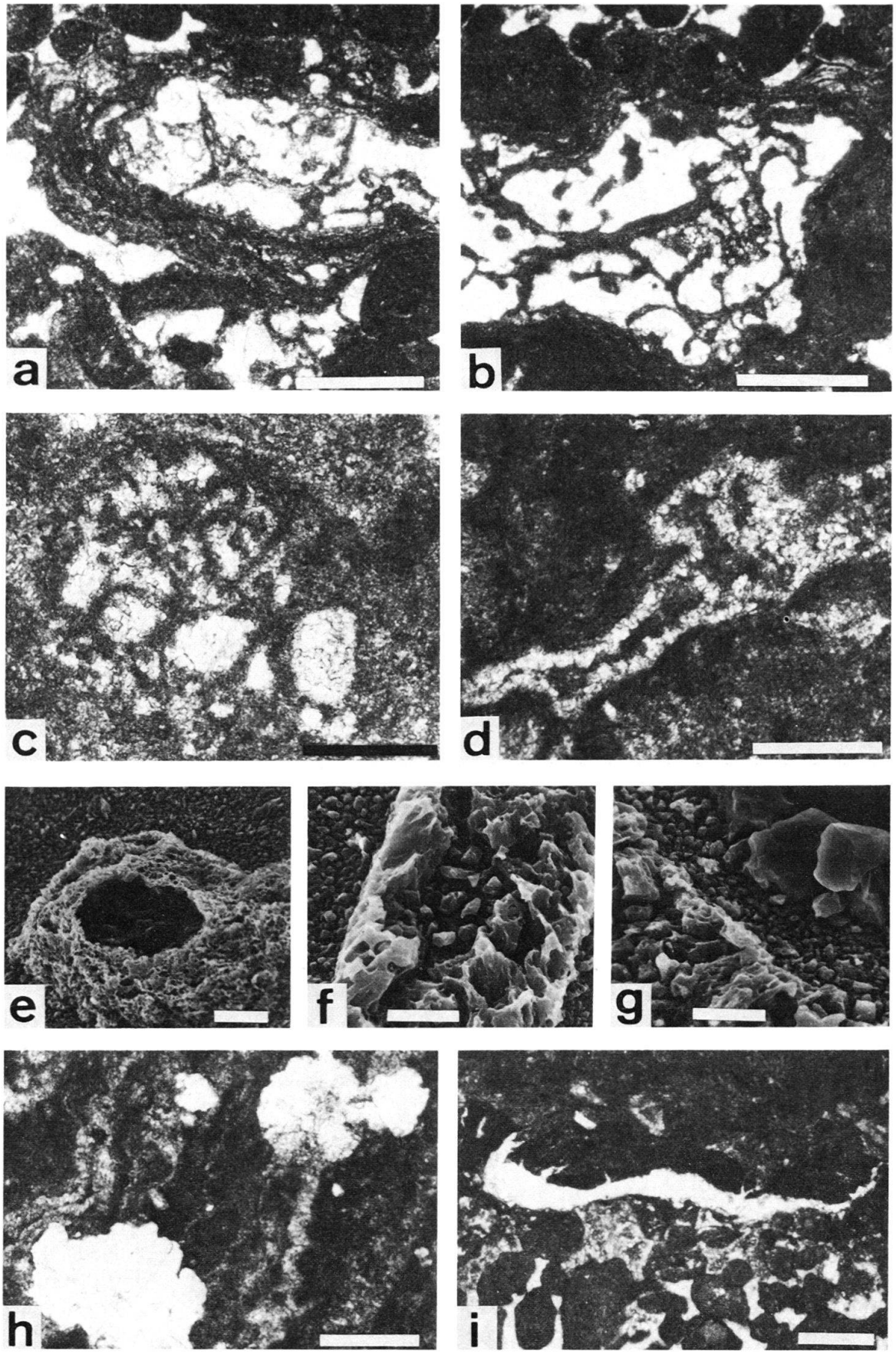
e: Racine silicifiée avec structure cellulaire. (Echantillon 823, Grotte de la Mule, SEM, surface cassée et traitée à l'acide, échelle 20 μm.)

f: Filament végétal partiellement silicifié. (Echantillon 891, Grotte de la Mule, SEM, surface cassée et traitée à l'acide, échelle 10 μm.)

g: Manchon rhizolithique formé de calcite cryptocristalline, localement silicifié. Les gros cristaux de calcite apparaissant en haut à droite correspondent au remplissage sparitique du vide laissé par la racine. (Echantillon 891, Grotte de la Mule, SEM, surface cassée et traitée à l'acide, échelle 10 μm.)

h: Vacuoles dans une croûte laminée correspondant probablement à une pseudomorphose de cristaux composites de sel. (Echantillon 823, Grotte de la Mule, échelle 0,2 mm.)

i: Fissure de rétraction à la limite croûte laminée-substrat calcrétisé. (Echantillon 608, Le Pomier, échelle 0,5 mm.)


a
b
c
d
e
f
g
h
i

suivent fidèlement leurs contours laissent penser qu'il s'agit d'un remplacement d'efflorescences de sel.

Enfin, il faut signaler la présence fréquente de petites cavités de formes variables qui pourraient être dues à la dissolution sélective de particules aragonitiques.

3.5 *La cimentation*

Toutes les cavités décrites plus haut (alvéoles, rhizolithes, fissures de rétraction, cavités de dissolution) sont généralement remplies de sparite grossière ou plus rarement de silt vadose (fig. 4f).

Les cavités (et les pores intergranulaires du substrat) sont parfois tapissées de deux générations de ciment, dont la première se manifeste par de petits cristaux isométriques (fig. 4d) ou des ciments de type «dog tooth» ou «flower spar» (James 1972) (fig. 4g).

Enfin, contrairement à ce que l'on pourrait attendre dans des faciès de la zone vadose, on n'observe que rarement des ciments ménisques ou microstalactitiques dans les substrats granuleux (fig. 4c).

3.6 *Calcrétisation du substrat*

La calcrétisation du substrat et des particules incorporées dans la croûte se manifeste par une *micritisation pénétrative* due à la fois à l'action mécanique (silt vadose, micrite centrifuge) et chimique (altération des particules, ciment cryptocristallin) des solutions percolantes et probablement à l'activité biochimique endolithique. Dans les grainstones, souvent consolidés par une première phase de cimentation, les pores intergranulaires résiduels sont progressivement remplis de micrite (fig. 4e).

Lorsque la calcrétisation est plus avancée, les contours des particules s'atténuent et le sédiment se transforme en une micrite imprégnée d'une coloration brunâtre.

On constate que les zones bioturbées du substrat et les traces de racines sont préférentiellement calcrétisées (fig. 3e et f). Il est probable que l'activité biologique (végétale ou animale) contribue à augmenter localement la perméabilité et la porosité et favorise ainsi la circulation des solutions calcrétisantes. On observe même par endroits de véritables fronts de calcrétisation (fig. 3e).

Dans les substrats micritiques, la calcrétisation est moins profonde. Une zone brunâtre de 0,1 à 1 mm d'épaisseur, renfermant parfois des vacuoles, se développe au contact de la croûte proprement dite ou le long de fissures (voir aussi fig. 3c).

3.7 *Bréchification*

Les niveaux calcrétisés sont par place fragmentés (fig. 3a et b). Cette bréchification semble s'être opérée in situ et est probablement due soit à l'action pénétrative des racines (Klappa 1980b), soit aux forces associées à la cristallisation des carbonates (Harrison & Steinen 1978). Ce phénomène pédologique, commun dans les calcretes, est signalé par James (1972), Read (1974), Walls et al. (1975), Truc (1975), Reeves (1976) et Purser (1980).

3.8 *Substrats*

Les substrats sont de nature variable et leur étude ne permet pas toujours de pressentir l'émersion. Schématiquement, on rencontre:

— Des faciès intertidaux à supratidaux représentés par des grainstones oolithiques consolidés par une cimentation précoce, parfois vadose, et présentant des micrites centrifuges. Ces grainstones sont par place, à l'intérieur d'un même banc, découpés en blocs inclinés séparés par un conglomérat intraformationnel (fig. 2). Cette structure est analogue à celle que l'on observe dans les beach rocks actuels, démantelés par l'affouillement dû à l'action des vagues.
— Des faciès *intertidaux* représentés par des mudstones à birdseyes et ostracodes ou par des brèches remaniant des galets mous à laminations algaires.
— Des faciès subtidaux caractérisés par des wackestones ou packstones à pellets, dasycladacées, milioles, trocholines.

Il est probable dans ce dernier cas (lorsque les calcretes se développent directement sur des faciès subtidaux) que les termes intermédiaires aient été préalablement érodés.

3.9 *Géochimie*

Deux échantillons (816 et 823, fig. 2) ont fait l'objet d'une microanalyse qui montre que les calcretes sont formées essentiellement de calcite peu magnésienne (0,1-1% MgO; GOUDIE 1973 constate que les calcretes actuelles contiennent en moyenne 3,05% MgO).

Dans les échantillons analysés, on trouve aussi des traces de silice (max. 0,7%), d'aluminium (max. 0,4%), de sodium (max. 0,1%), de potassium (max. 0,1%), de fer (max. 0,3%), de manganèse (max. 0,3%), de cuivre (max. 0,2%) et de chrome (max. 0,2%).

Les six premiers éléments suggèrent la présence de minéraux argileux (cf. HAY & WIGGINS 1980) mais l'étude diffractométrique du résidu insoluble ne révèle aucune phase cristalline. Le cuivre et le chrome proviendraient de la décomposition de chlorophylle (G. Kahr, communication personnelle).

Il est intéressant de noter que la microanalyse ne montre aucune différence significative entre les laminations sombres et les laminations claires. La coloration brunâtre est donc due soit au caractère cryptocristallin des laminations sombres, soit à une plus forte teneur en matière organique (cf. MULTER & HOFFMEISTER 1968, JAMES 1972).

L'examen des résidus insolubles (0,7%, échantillon 816) par thermoanalyse (DTA) indique que la matière organique est sous forme de kérogène tendant à se minéraliser. Cette matière organique provient non seulement de la décomposition des racines, mais aussi des bactéries, champignons, cyanophycées et lichens qui participent ou sont associés à la formation des calcretes (KRUMBEIN 1968, ESTEBAN 1974, READ 1976, KLAPPA 1979). La thermoanalyse révèle également la présence de pyrite mal cristallisée dont le soufre proviendrait de protéines (G. Kahr, communic. pers.).

4. Genèse des calcretes

Comme le montre la plupart des exemples décrits dans la littérature, la calcrétisation se manifeste essentiellement par *micritisation d'un substrat* (chap. 3.6) et par *accrétion verticale.* Ces deux phénomènes ne peuvent se réaliser que si l'on dispose de solutions sursaturées en carbonate et renouvelables. Ces conditions sont actuellement réalisées en climat chaud, aride ou semi-aride.

En climat aride, le renouvellement de solutions calcrétisantes est assuré par migration «per ascensum» des eaux phréatiques due aux forces de capillarité, et leur concentration par évaporation (pompage évaporitique).

L'efficacité de ce système est accrue lorsque les chutes de pluie sont un peu plus fréquentes. Le pouvoir corrosif des eaux météoriques, renforcé par le CO_2 libéré par les sols humiques, permet une dissolution plus efficace des carbonates, notamment de l'aragonite. JAMES (1972) suggère que la minéralisation des solutions ne provient pas uniquement de la dissolution de particules, mais également du «windblown salt spray». La précipitation des cristaux de sel, associé à ce phénomène, pourrait expliquer certaines vacuoles circulaires mentionnées plus haut (chap. 3.4).

MULTER & HOFFMEISTER (1968) et ROBBIN & STIPP (1979) ont démontré que les croûtes laminées représentent une accrétion verticale et se forment soit directement à la surface, soit sous une couche d'humus. Les couches sombres de la croûte laminée ou la matrice micritique des croûtes non laminées résultent d'une précipitation rapide (PURSER 1980). Une précipitation plus lente produit les couches de calcite «palissade» décrites par JAMES (1972). Certains auteurs considèrent que les variations d'épaisseur et de couleur des laminations sont imputables aux variations d'intensité des chutes de pluie et aux variations de durée des périodes d'évaporation. MULTER & HOFFMEISTER (1968) estiment que les couches sombres indiquent de fortes pluies. Selon ces derniers, la présence de particules micritiques incorporées dans la croûte s'explique par le piégeage de fragments détritiques divers micritisés par les eaux percolantes.

La formation de croûte d'accrétion peut être sporadique et se manifeste dans ce cas par une succession de niveaux laminés dans un substrat calcrétisé (cf. chap. 2). Dans l'Holocène et le Pléistocène de Barbados, JAMES (1972) décrit une coupe où l'on observe 0,5 à 3 m de substrat altéré (non consolidé) dans lequel s'intercalent des calcretes.

ROBBIN & STIPP (1979) ont calculé que les croûtes des Keys de Floride croissaient de 0,25 à 0,5 cm en 1000 ans. Si l'on admet des conditions génétiques analogues pour le Purbeckien, les 12 cm de calcrete laminée observés dans l'une des sections (Le Pomier, fig. 1) représenteraient une exposition continentale de 24000 à 48000 ans.

5. Milieu de formation des croûtes purbeckiennes

Si l'on se réfère à BARRON et al. (1981), la région du Mont-Salève se trouvait à la limite Jurassique-Crétacé, soit il y a 140 ma (VAN EYSINGA 1978), à environ 38 degrés de latitude nord. Cette latitude correspond aujourd'hui à celle de la Turquie et de l'Espagne méridionales. Dans ces régions semi-arides, les calcretes se forment

actuellement avec des précipitations annuelles moyennes de 300 à 400 mm et des températures moyennes de 18 °C (GOUDIE 1973).

En Floride du Sud, dans un milieu subtropical, les croûtes se forment dans des conditions climatiques assez différentes: 2500 mm de pluie par an (dont 75% entre juin et octobre) et une température moyenne de 24 °C (MULTER & HOFFMEISTER 1968).

La pluviosité ne représente donc pas un facteur cardinal, mais en revanche, l'alternance entre les périodes de précipitations et d'évaporation joue un rôle déterminant.

Les *conditions climatiques* purbeckiennes pourraient être analogues à celles observées dans le sud méditerranéen. Cette interprétation est confirmée par l'étude des minéraux argileux détritiques dont l'altération (illite et mixed layers irréguliers) indique un climat tempéré à chaud avec périodes de pluie (G. Kahr, communic. pers.).

A la fin du Jurassique, la mer se retire de l'ouest de l'Europe vers le sud-est (ENAY & MANGOLD 1980). La sédimentation purbeckienne a lieu dans un milieu marin très peu profond, localement saumâtre ou d'eau douce, dans des conditions *sédimentologiques* (mais non climatiques) probablement très voisines de celles qui règnent actuellement dans la baie de Floride (GINSBURG 1972): lagon très vaste, protégé vers le large par un récif et une chaîne d'îles allongées, dans lequel la surproduction sédimentaire ou les fluctuations du niveau marin engendrent localement des îles temporaires où se développent des marais alimentés par les eaux météoriques.

Read (1974) et ADAMS (1980) admettent que les calcretes se forment préférentiellement sur les flancs de monticules ou «carbonate buildups» sur lesquels l'eau de pluie ruisselle, se charge en carbonate et, par évaporation, engendre des calcretes à leur périphérie («nourrissage latéral», TRUC 1975).

Dans la zone étudiée, la discontinuité des affleurements ne permet pas de déduire la géométrie des niveaux calcrétisés. Mais leur inconstance latérale et leur forme lenticulaire suggèrent que les conditions requises pour leur formation n'étaient réalisées que par endroits. La plupart des croûtes observées se sont formées sur des substrats consolidés (cimentation précoce antérieure à la calcrétisation), parfois même érodés.

Les conglomérats qui surmontent en plusieurs points les calcretes et les remanient localement correspondent probablement à une légère phase transgressive. Il est intéressant de noter que HARRISON & STEINEN (1978) observent la même séquence sédimentaire dans le Mississippien du Kentucky.

A notre connaissance, les croûtes purbeckiennes n'ont jamais été signalées dans le Jura. En dehors de la zone décrite dans cet article, le seul affleurement où nous avons pour l'instant observé une mince couche de calcrete est celui décrit par MAILLARD (1884), à la source de l'Ain.

Il semble donc que le Mont-Salève ait représenté un site privilégié formé d'îles durables sur lesquelles des croûtes pouvaient se développer.

Remerciements

Nous remercions cordialement le Prof. Ch. Ducloz, le Prof. R. Herb et le Dr A. Baud qui ont accepté de lire et de critiquer ce manuscrit, ainsi que le Dr G. Kahr qui a effectué la thermoanalyse et a interprété les analyses d'argiles et de matière organique. Nous exprimons également notre gratitude au Prof. J. Charollais pour son appui dans l'étude du Purbeckien. Nous remercions enfin P. Desjacques, H. Franz et le Dr J. Sommerauer de leur assistance.

Ce travail a été réalisé dans le cadre des projets no 2.667.0.80, 2.060.0.81 du Fonds national de la Recherche scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, A.E. (1980): *Calcrete profiles in the Eyam Limestone (Carboniferous) of Derbyshire: petrology and regional significance.* - Sedimentology *27*, 651-660.

AINARDI, R., & CHAMPETIER, Y. (1976): *Processus de formation d'intraclastes par dessiccation en milieu margino-littoral; exemple dans le «Purbeckien» du Jura.* - Bull. Soc. géol. France *18*/1, 159-164.

BARRON, E.J., HARRISON, C.G.A., SLOAN, J.L. II, & HAY, W.W. (1981): *Paleogeography, 180 million years ago to the present.* - Eclogae geol. Helv. *74*/2, 443-470.

BRAITHWAITE, C.J.R. (1975): *Petrology of palaeosols and other terrestrial sediments on Aldabra, Western Indian Ocean.* - Phil. Trans. r. Soc. London (B) *273*, 1-32.

CAROZZI, A. (1948): *Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura suisse.* - Thèse no 1122, Univ. Genève.

— (1951): *«Turbidity currents» et brèches multicolores du Purbeckien du Grand-Salève (Haute-Savoie).* - Arch. Sci. (Genève) *4*/3, 205-208.

ENAY, R., & MANGOLD, CH. (1980): *Synthèse paléogéographique du Jurassique français.* - Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, h.s. *5*.

ESTEBAN, C.M. (1974): *Caliche textures and Microcodium.* - Boll. Soc. geol. ital. *92* (suppl. 1973), 105-125.

FAVRE, A. (1867): *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.* - Masson, Paris.

GINSBURG, R.N. (1972): *South Florida carbonate sediments.* - Sedimenta 2, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sci. Miami, Florida.

GOUDIE, A. (1973): *Duricrusts in tropical and subtropical landscapes.* - Clarendon, Oxford.

HAEFELI, C. (1966): *Die Jura/Kreide-Grenzschichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern).* - Eclogae geol. Helv. *59*/2, 565-696.

HARRISON, R.S., & STEINEN, R.P. (1978): *Subaerial crusts, caliche profiles, and breccia horizons: comparison of some Holocene and Mississippian exposure surfaces, Barbados and Kentucky.* - Bull. geol. Soc. Amer. *89*, 385-396.

HAY, R.L., & WIGGINS, B. (1980): *Pellets, ooids, sepiolite and silica in three calcretes of the southwestern United States.* - Sedimentology *27*, 559-576.

JAMES, N.P. (1972): Holocene and Pleistocene calcareous crust (caliche) profiles: criteria for subaerial exposure. - J. sediment. Petrol. *42*, 817-836.

JOUKOWSKY, E., & FAVRE, J. (1913): *Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie, France).* - Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève *37*/4.

KLAPPA, C.F. (1979): *Lichen stromatolites: criterion of subaerial exposure and a mechanism for the formation of laminar calcretes (caliche).* - J. sediment. Petrol. *49*, 387-400.

- (1980a): *Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance.* - Sedimentology *27*, 613-629.

— (1980b): *Brecciation textures and tepee structures in Quaternary calcrete (caliche) profiles from eastern Spain: the plant factor in their formation.* - Geol. J. (Liverpool) *15*, 81-89.

KRUMBEIN, W.E. (1968): *Geomicrobiology and geochemistry of the «Nari-Lime-Crust» (Israel).* In: MÜLLER, G., & FRIEDMAN, G.M.: *Recent developments in carbonate sedimentology in Central Europe* (p. 138-147). - Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

MAILLARD, G. (1884): *Etude sur l'étage purbeckien dans le Jura.* - Thèse Univ. Zürich.

MULTER, H.G., & HOFFMEISTER, J.E. (1968): *Subaerial laminated crusts of the Florida Keys.* - Bull. geol. Soc. Amer. *79*, 183-192.

PERKINS, R.D. (1977): *Depositional framework of Pleistocene rocks in South Florida.* - Mem. geol. Soc. Amer. *147*, 131-198.

PURSER, B.H. (1980): *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents, 1.* - Technip, Paris.

READ, J.F. (1974): *Calcrete deposits and Quaternary sediments, Edel province, Shark Bay, Western Australia.* - Mem. amer. Assoc. Petroleum Geol. *22*, 250-282.

— (1976): *Calcretes and their distinction from stromatolites.* In: WALTER, M.R.: *Stromatolites* (p.55-71). - Dev. Sedimentol. *20.*

REEVES, C.C. (1976): *Caliche: origin, classification, morphology and uses.* - Estacado Books, Lubbock.

ROBBIN, D.M., & STIPP, J.J. (1979): *Depositional rate of laminated soilstone crusts, Florida Keys.* - J. sediment. Petrol. *49*, 175-180.

TRUC, G. (1975): *Les encroûtements carbonatés liés à la pédogenèse: rôle important des microorganismes: biocorrosion et biosynthèse de la calcite en milieu pédologique confiné.* - 9e Congr. int. Sédimentol. Nice (A2), p.47-55.

VAN EYSINGA, F.W.B. (1978) (Compilation): *Geological time table.* - Elsevier, Amsterdam/Oxford/New York.

WALLS, R.A., HARRIS, W.B., & NUNAN, W.E. (1975): *Calcareous crust (caliche) profiles and early subaerial exposure of Carboniferous carbonates, northeastern Kentucky.* - Sedimentology *22*, 417-440.