

Les calcaires détritiques et noduleux du Malm des médianes plastiques dans les Préalpes fribourgeoise

Autor(en): **Homewood, Peter / Winkler, Wilfried**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **66 (1977)**

Heft 2

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-308551>

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.

Les calcaires détritiques et noduleux du Malm des Médiannes Plastiques dans les Préalpes fribourgeoises

par PETER HOMEWOOD et WILFRIED WINKLER,
Institut de Géologie de l'Université de Fribourg

Introduction

Avant-propos

Plusieurs travaux faits à l'Institut de Géologie (travail de diplôme WINKLER, 1977; étude sédimentologique du Malm supérieur des Gorges de l'Evi sur Albeuve, 1977; cartographie de la région Moléson-Teysachaux, 1977) ont fourni de nombreuses observations se rapportant au Malm des Médiannes Plastiques fribourgeoises.

Bien qu'effleurant un vaste sujet, ces observations permettent d'apporter quelques nuances aux idées reçues.

Si nous pouvons apporter une petite contribution originale au niveau de la pétrographie sédimentaire et de la sédimentation, nous ne pouvons que suggérer des implications éventuelles en ce qui concerne la stratigraphie. Celle-ci demeure dans le cadre fort bien établi par les recherches paléontologiques des auteurs précédents.

Bien que le titre implique une étude égale des trois membres du Malm soit les "calcaires noduleux" ("Membre noduleux", "Argovien noduleux", auct.), les "calcaires massifs" ("série pararythmique", auct.) et les "calcaires sublithographiques", nous avons surtout examiné les faciès détritiques carbonatés et pélagiques des "calcaires massifs" et "sublithographiques". Pourtant la continuité des processus de dépôt, entre l'Oxfordien moyen et le Tithonique en tout cas, nous oblige à considérer l'ensemble des sédiments du Malm.

Notre intention est donc surtout d'apporter certaines précisions sur la mécanique et le milieu de sédimentation des faciès du Malm dans les Médiannes Plastiques des Préalpes fribourgeoises.

Esquisse historique

Depuis le siècle dernier, de nombreux auteurs accumulèrent des observations pertinentes sur le Malm des Préalpes Médiannes Plastiques fribourgeoises. Parmi ceux-ci, citons F'AVRE (p.ex. 1870), GILLIERON (1885), HORWITZ (1918), MAUVE (1921). Un historique fouillé des travaux de cette époque a été rédigé par A. JEANNET in HEIM (1922), alors que la région du Moléson figure déjà sur la carte au 1 : 25 000^e de GAGNEBIN (1922).

Sous l'impulsion de TERCIER, l'école fribourgeoise a publié, au cours d'une trentaine d'années, une série de monographies régionales, sujets de thèses, qui fournissent de nombreuses coupes détaillées dans le Malm, accompagnées de maintes observations précises et de conclusions formant l'essentiel des idées reçues. C'est SCHWARTZ-CHENEVART (1945) qui, le premier, applique la micropaléontologie à l'étude du Malm des Médiannes Plastiques, alors que H. WEISS (1949), de Zürich, accomplit un excellent et minutieux travail en étudiant les faciès et la micropaléontologie du Malm de l'ensemble des Préalpes Médiannes. Les subdivisions biostratigraphiques qu'ils proposent seront toutefois abandonnées lorsque la valeur stratigraphique des microfaunes et microflore (algues) utilisées sera mieux précisée. Les subdivisions lithostratigraphiques de WEISS, qui distingue divers niveaux bréchiens et noduleux, sont aussi passées sous silence par les auteurs plus récents. Dans sa monographie régionale, M. CHATTON (1947) invoque un processus de concentration de carbonate dans les nodules du "faciès noduleux". L. PUGIN (1952) et J. VON DER WEID (1961) s'attaquent sérieusement à la biostratigraphie du Mésozoïque de leurs régions (Gruyères – Moléson), suivis de A. GROSS (1966), de Lausanne, qui étudie la biostratigraphie du Jurassique moyen et supérieur des Médiannes Plastiques vaudoises voisines. C'est à SPICHER (1966), que revient le mérite de reconnaître le caractère allochtone, détritique, des faciès bréchiens du Malm. Il l'a reconnu (suivant probablement l'idée de BOLLER, 1963) par la nature néritique des éléments détritiques, ce qui contraste avec les faciès pélagiques des niveaux autochtones. Alors que GISIGER (1967) nie le mécanisme de courants de turbidité évoqué par SPICHER pour la mise en place des détritiques, ANDREY (1974) reprend cette hypothèse. Par ailleurs, ANDREY suggère un processus de dissolution synsédimentaire (d'après HOLLMANN, 1962, 1964) pour expliquer le faciès des calcaires noduleux.

Notons que jusque-là, les auteurs ne considèrent comme sédiment allochtone que tout au plus les matériaux des brèches et calcarénites relativement grossières ("brèches, microbrèches, calcaires graveleux" auct.).

Description des roches

Les épaisseurs des différents faciès, ainsi que leur position et récurrences dans la colonne lithologique, varient de place en place. Mais la révision partielle des lames minces des collections de thèse (déposées à l'Institut), ainsi que l'examen de nos propres échantillons, montrent l'homogénéité des faciès et microfaciès, pour chaque type de roche, entre les diverses régions.

Nous pouvons ainsi présenter une description schématique des types principaux de faciès et microfaciès, tout en mentionnant les structures sédimentaires qui leur sont habituellement associées.

Puisqu'il s'agit en grande partie de roches carbonatées *détritiques*, il est logique de préférer une terminologie de classification en premier lieu granulométrique (calcirudite, calcarénite, calcilutite). C'est ensuite que nous pouvons qualifier le terme granulométrique par un adjectif indiquant la structure sédimentaire (granoclassement = "graded bedding", laminations, litages, structure noduleuse). Enfin, l'étude du "microfaciès" permet un adjectif supplémentaire, dans notre cas emprunté surtout à la nomenclature de FOLK (1962) et de DUNHAM (1962).

Suivant SPICHER (1966), nous interprétons l'intercalation de lits de matériaux néritiques dans des faciès franchement pélagiques comme le fait de la résédimentation des dépôts de plate-forme peu profonde en milieu marin bathyal. Au cours de la description pétrographique, nous distinguons donc des faciès autochtones, pélagiques, et des faciès allochtones, détritiques.

Faciès autochtones, pélagiques

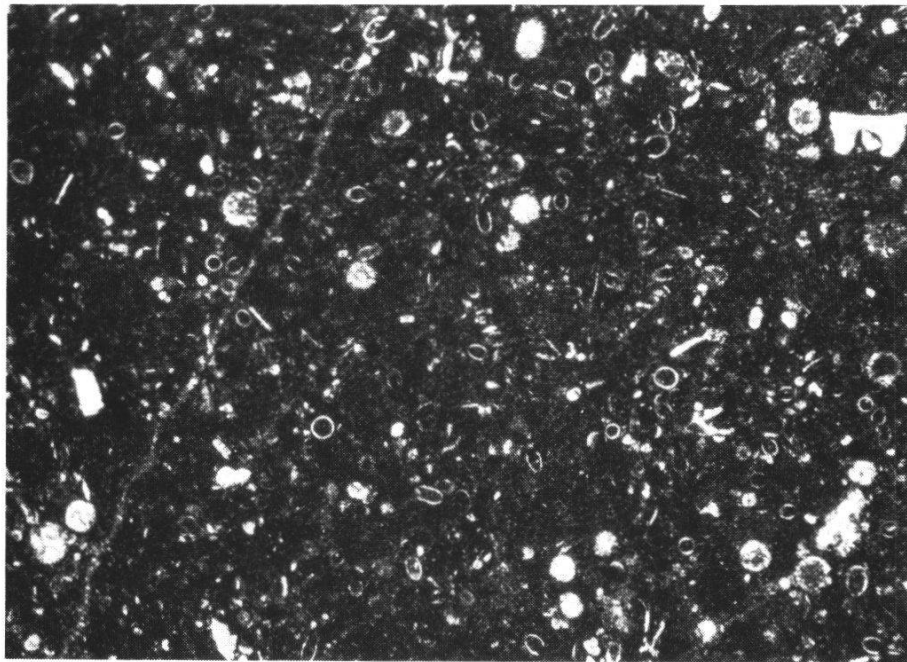
Calcilutites homogènes

Macrofaciès: Calcaires ou calcaires argileux à patine et cassure claires, parfois à silex (dans la partie supérieure de la série surtout), habituellement formant des lits décimétriques mais plus épais vers le sommet de la série, à stratification plane et parallèle.

Microfaciès (fig. 1): biomicrite, wackestone, avec algues planctoniques (*Eothryx*, *Globochaete*), radiolaires (le plus souvent calcitisés), *Saccocoma*, foraminifères planctoniques (protoglobigérines), calpionelles (l'apparition de ces dernières n'intervenant qu'au sommet de la série en question). On trouve aussi des céphalopodes (ammonites et bélemnites) et *Aptychi* en abondance variable.

Calcilutites et marnes noduleuses

Macrofaciès: Ce sont des calcaires francs, calcaires argileux et marnes de couleur variable, blanche, verte, beige, rouge (parfois presque violacée), soit bigarrée, soit de couleur uniforme. La structure noduleuse peut être plus ou moins pro-



a

0 1mm

b

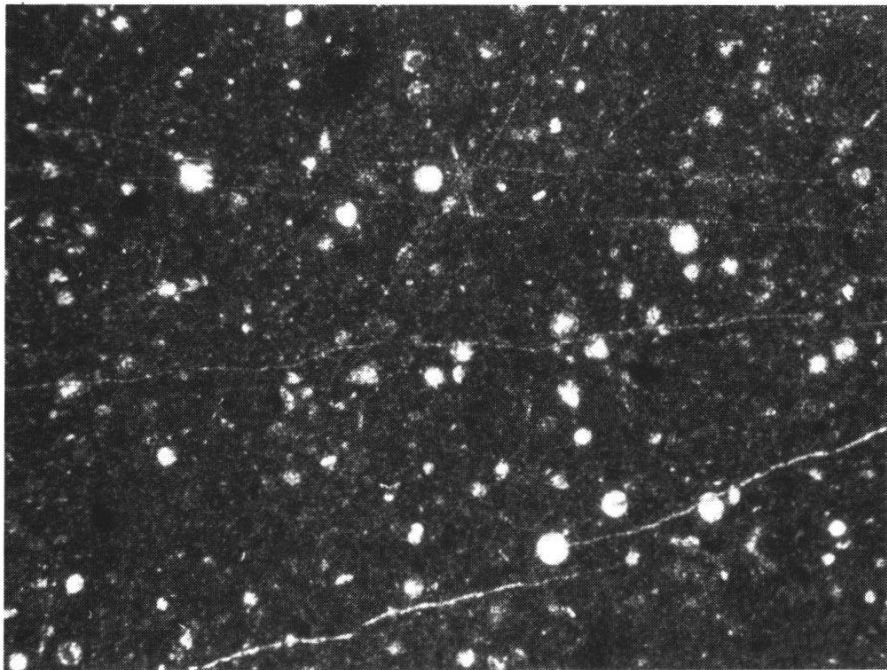


Fig. 1: Microfaciès des calcilutites homogènes

- a) haut de la série, biomicrite à calpionelles, radiolaires calcitisés, etc. Calcaires massifs, Tithonique supérieur, Pointe de Teysachaux, Coupe Teys., niv. 13, lame no 908, Coll. J. VON DER WEID.
- b) partie moyenne de la série, biomicrite à radiolaires calcitisés, "Série pararythmique", Séquanien-Tithonique inférieur, Coupe Brésil, niv. 81, lame no 1350, Coll. J.P. SPICHER.

noncée, et l'on trouve tous les passages de calcilutites homogènes à celles ayant une structure noduleuse. Les nodules sont généralement plus massifs et compacts que leur gangue, qui est plus argileuse, et l'ensemble présente parfois une texture "fluidale".

Les contacts entre nodules et gangue peuvent être soit tout à fait graduels, soit tranchés. Dans le dernier cas, la limite est souvent réalisée par un joint stylolitique. Lorsque bon nombre de nodules sont limités par des contacts suturés, stylolitiques, la roche prend un aspect bréchique : ce sont les "pseudo-brèches monogéniques" des auteurs.

On observe des lits à nodules distincts et séparés les uns des autres par la gangue, ainsi que des bancs continus, à structure noduleuse, séparés par des inter-bancs marneux. Dans ce dernier cas, la stratification est plutôt ondulée, et la surface des bancs irrégulière.

Microfaciès (fig. 2) : Les microfaciès, structure noduleuse à part, sont tout à fait semblables à ceux des calcilutites homogènes (biomicrite, wackestone). Ils sont toutefois surtout cantonnés sous la limite d'apparition des calpionelles. Comme il a été observé ailleurs (par ex. JENKYNS, 1974), on constate fréquemment une proportion plus grande de débris organogènes dans la gangue que dans les nodules. La gangue peut alors prendre un microfaciès "packstone".

La gangue se distingue fréquemment des nodules par une concentration plus forte de microstylolites (WANLESS, 1978) et ce sont ces dernières qui déterminent la lamination texturale de la roche, contournant les nodules plus homogènes (fig. 2b).

Faciès allochtones, détritiques

Les matériaux de plate-forme néritique, mélangés d'ailleurs à des sédiments pélagiques, forment des intercalations d'épaisseur fortement variable (centimétrique à plusieurs mètres) au sein des dépôts pélagiques. Dans tous les cas observés, la stratification est plane et parallèle.

Macrofaciès : Ce sont des bancs de calcaires massifs, à patine claire et cassure grise, beige, ou brune. Les éléments, de couleur blanche, beige, rose, grise ou noire, peuvent présenter un granoclassement normal, ou en être dépourvus.

Les termes granoclassés peuvent passer graduellement de calcirudites très grossières (le diamètre de certains blocs avoisinant le mètre) par l'intermédiaire de calcarénites grossières puis fines à des calcilutites semblables à celles des faciès autochtones pélagiques. Dans ces bancs, les termes calcarénitiques fins montrent parfois des laminations horizontales et obliques. Ces laminations disparaissent au cours du passage des calcarénites aux calcilutites.

Les bancs allochtones sans granoclassement évident peuvent être faits de calcirudites ou calcarénites, éventuellement de calcilutites.

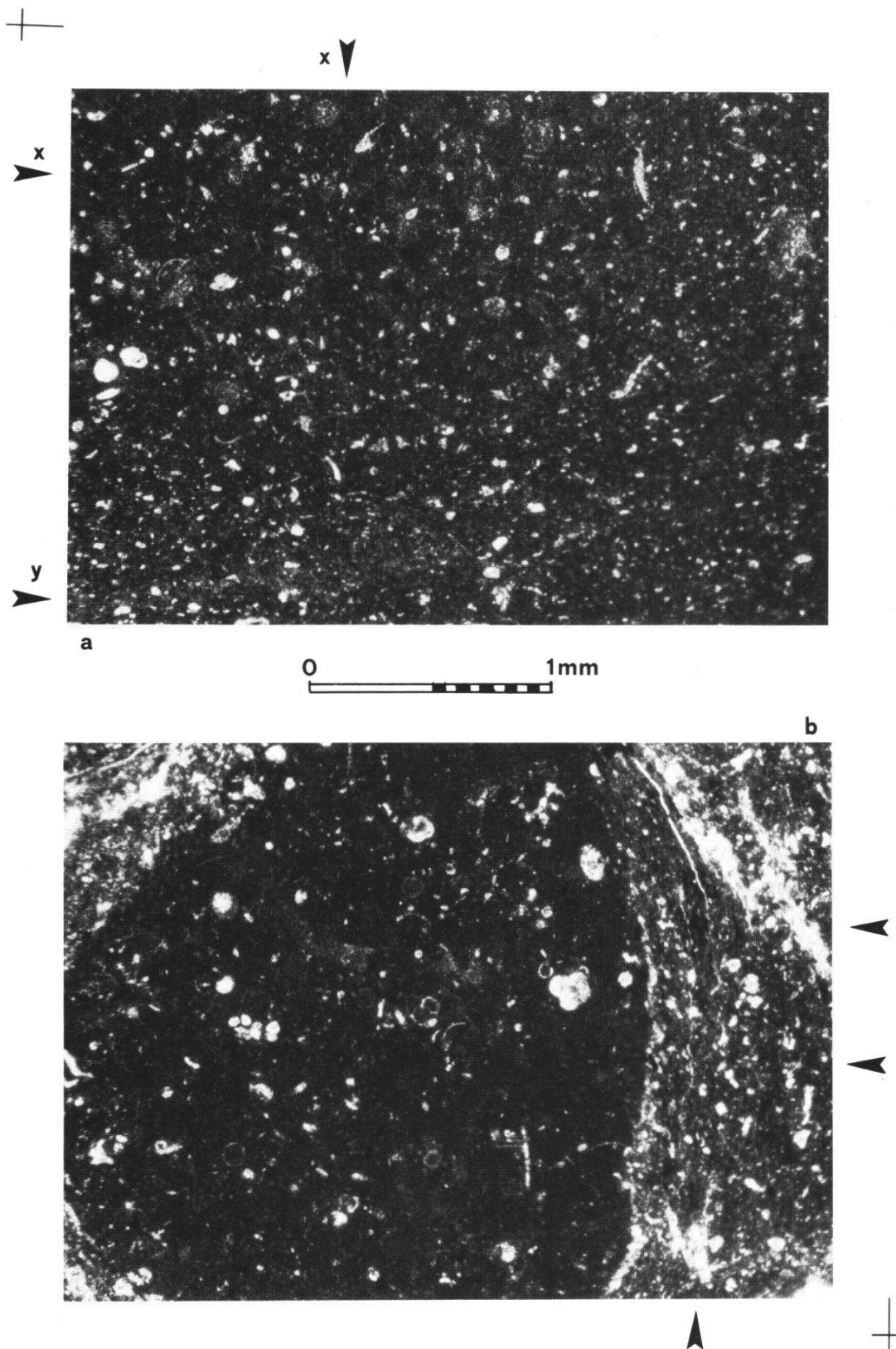


Fig. 2: Microfaciès des calcilutites noduleuses. Biomicrites à radiolaires calcitisés, *Eothryx*, protoglobigérines, etc.

a) structure noduleuse ébauchée. X: "nodule" avec radiolaires calcitisés; Y: "gangue",

b) nodule délimité par un faisceau microstylolitique (flèches).

a) et b): "Série pararythmique", Oxfordien, Coupe Grossi Chüelouene, lame no 46, Coll. W. WINKLER.

Microfaciès:

Calcirudites (fig. 3): Ce sont des “intrasparudites et intramicrudites”, “grainstones et packstones”, comprenant des fragments de sédiment semi-lithifié et éléments figurés de provenance néritique, ainsi que des intraclastes de sédiment pélagique. Nous n'avons pas observé de débris d'origine indiscutablement terrigène.

Parmi les éléments plus grossiers, citons des calcilutites pélagiques (“biomicrites, wackestones” à céphalopodes, *Saccocoma*, algues planctoniques, etc.), des calcarénites néritiques à “peloides”, bioclastes, oolithes, etc., ainsi que des fragments de silex manifestement semi-lithifiés au moment du dépôt.

Les éléments figurés néritiques comprennent, entre autres: Algues benthiques (Dasycladacées, par ex. *Clypeina*, *Teutloporella*; Lithothamnies), foraminifères benthiques (par ex. Miliolidae, *Pseudocyclamina*, *Trocholina*, *Nautiloculina*, Textulariidae), bryozoaires, fragments d'échinodermes et de brachiopodes, oolites, oncholites et grains composites. Les éléments figurés sont pour la plupart fortement micritisés.

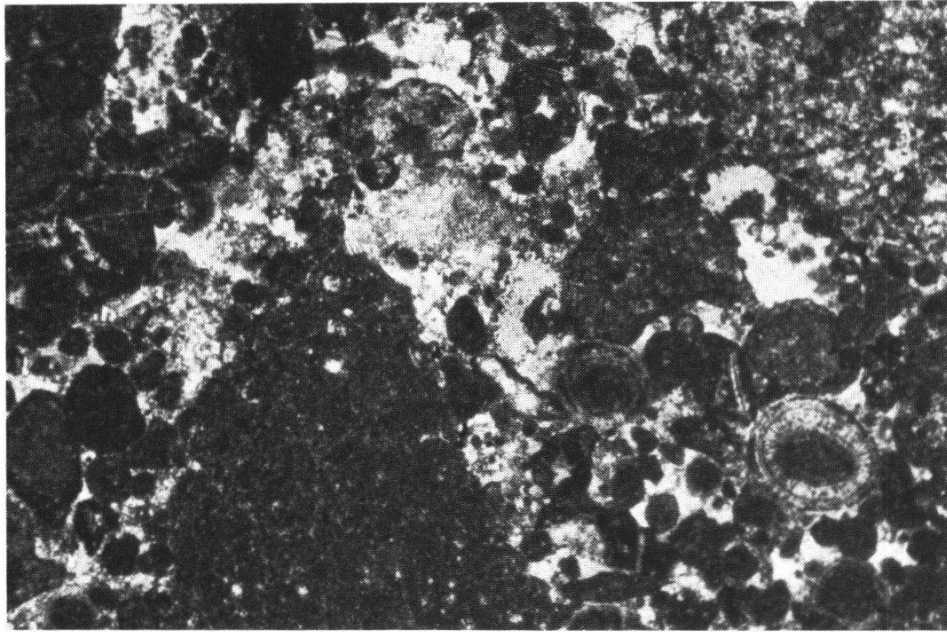
Les interstices entre les fragments plus grossiers sont soit cimentés par une génération de calcite en mosaïque (“blocky cement”), soit remplis par des éléments figurés plus fins. Ces éléments sont les mêmes que ceux mentionnés précédemment, mais ils sont accompagnés par de nombreuses “peloides”. Ces dernières sont des particules homogènes micritiques, ovales ou rondes en lame mince, et mesurant de 50 μm à 200 μm environ.

Calcarénites (fig. 4): Ce sont des “biopelsparites” ou “pelsparites”, “grainstones”, à bioclastes divers (mollusques, échinodermes, algues, nombreux fragments non identifiables), une grande variété de foraminifères benthiques (voir par exemple VON DER WEID, 1961; GISIGER, 1967; ANDREY 1974), “peloides”, fragments d'oolites et fragments d'oncholites. La grande majorité des éléments est fortement micritisée, et de nombreuses “peloides” représentent des bioclastes ou d'autres éléments figurés qui le sont totalement. Nous n'avons pas reconnu des coprolithes, mais il est vraisemblable qu'une partie des “peloides” aient cette origine.

Les particules sont cimentées par une génération de calcite en mosaïque. On observe par endroit un envahissement des éléments figurés par recristallisation diagénétique à partir du ciment.

Au fur et à mesure de la diminution granulométrique des arénites grossières aux arénites fines, la proportion des “peloides” augmente par rapport aux autres éléments figurés (fig. 4). Les termes grossiers sont les calcaires “graveleux” ou “graveleux-pseudo-oolithiques” des auteurs, tandis que les termes fins, essentiellement à “peloides”, ont été appelés “pseudo-oolithiques” ou “grumeleux”.

Lorsque la taille des éléments figurés, “peloides” surtout, mais accompagnés maintenant de foraminifères planctoniques et radiolaires, atteint celle des aré-



a

0 1mm



b

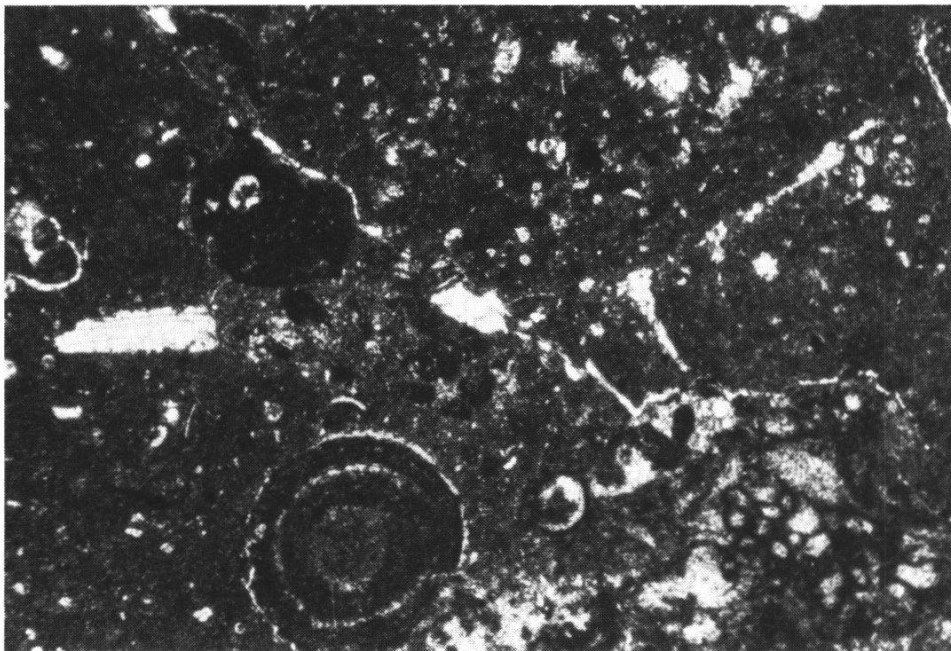


Fig. 3: Microfaciès des calcirudites

- a) Grainstone à intraclastes pélagiques, oolites, "peloides", etc. Calcaires noduleux, Oxfordien, SE Combiflue, lame no 1738, Coll. J.D. ANDREY.
- b) Packstone à intraclastes pélagiques, oncholites, "peloides", etc. Calcaires noduleux, Oxfordien, versant dominant Alpligen, lame no 1745, Coll. J.D. ANDREY.

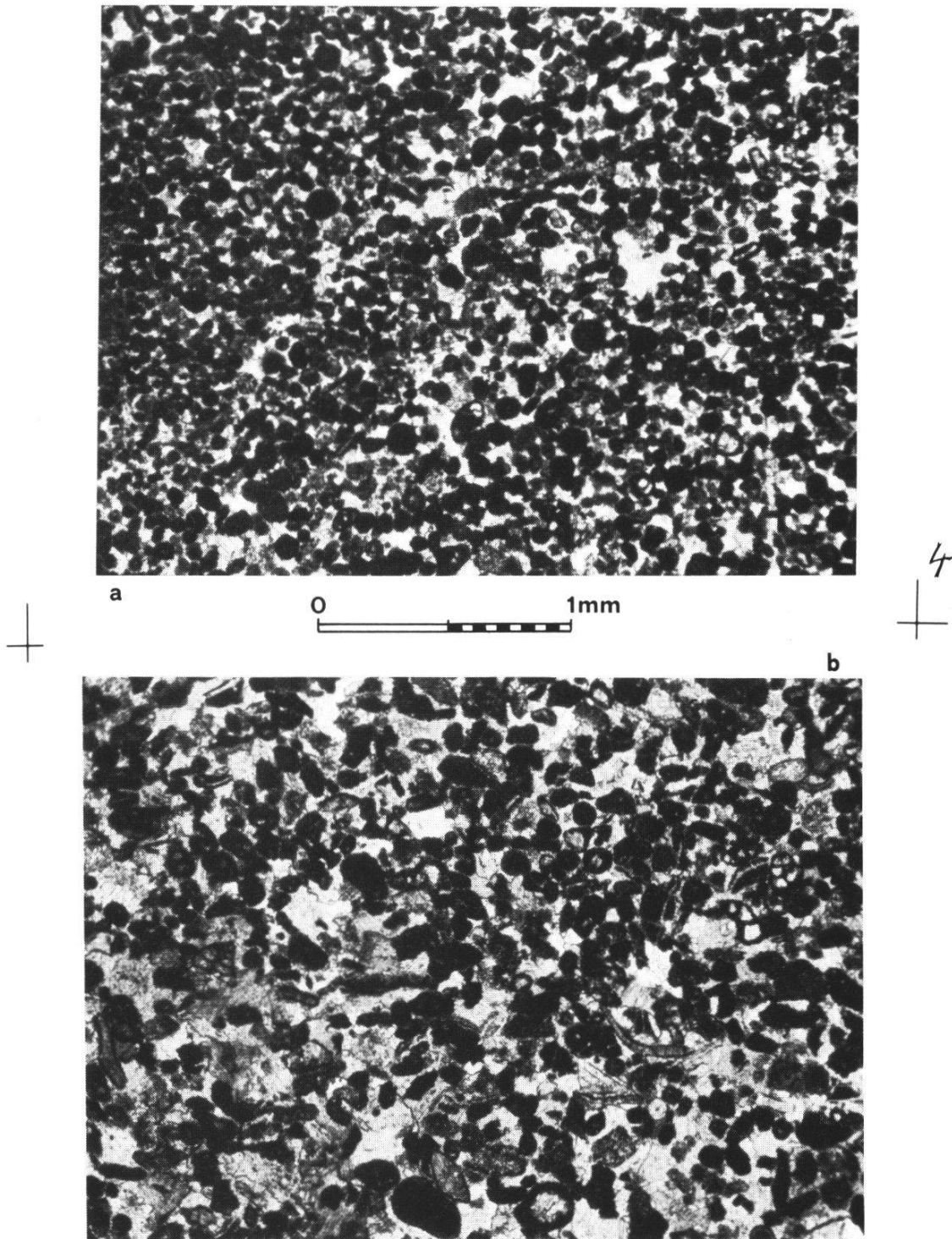


Fig. 4 : Microfaciès des calcarénites

- a) Calcarénite fine, pelsparite. Calcaires noduleux, Oxfordien, Coupe Schopfenspitz, niv. 17, lame no 1317, Coll. J.D. ANDREY.
- b) Calcarénite moyenne à fine, biopelsparite; "Série pararythmique", Séquanien-Tithonique inférieur, Coupe Brésil, niv. 141, lame no 1372, Coll. J.P. SPICHER.

nites très fines ou silts grossiers, la micrite devient abondante, remplissant les interstices interparticulaires. La texture peut devenir dispersée, c'est-à-dire que les grains sont disséminés dans la micrite et ne sont plus jointifs ("mud-supported"). Les microfaciès (fig. 5 et 6) deviennent dès lors des "pelmicrites", "packstone" et "wackestone". Ce sont les calcaires "grumeleux" des auteurs.

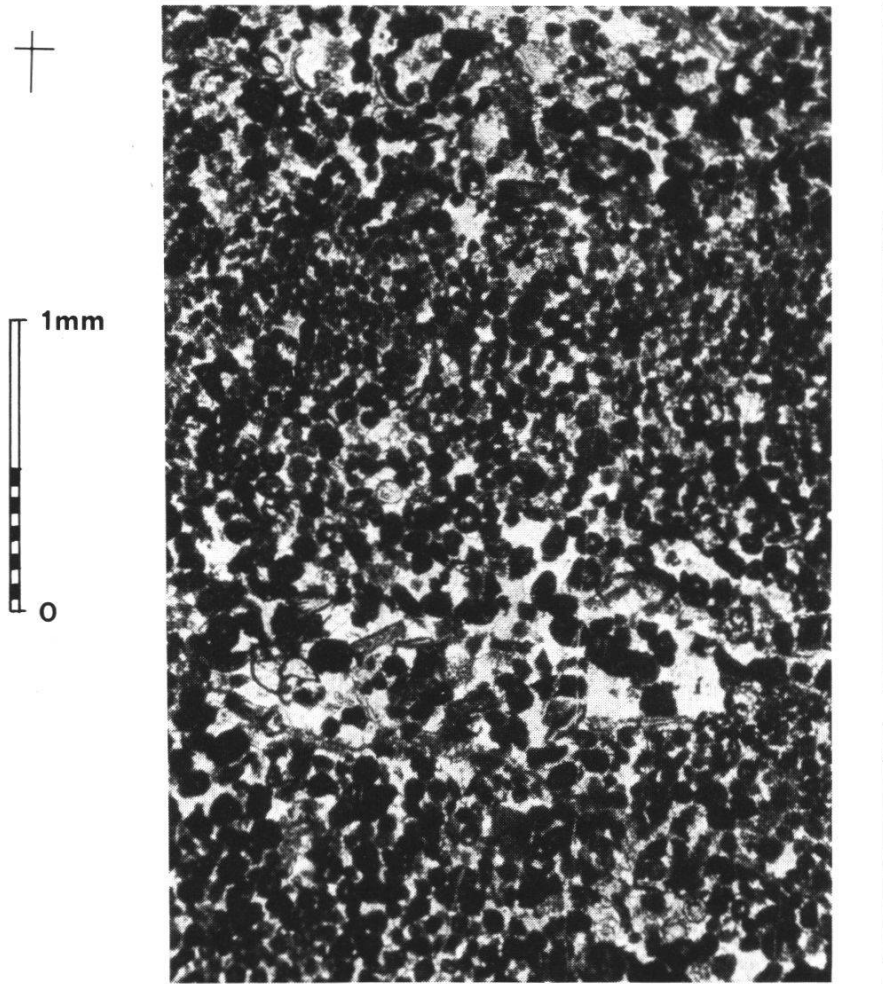


Fig. 5: Microfaciès des calcarénites – calcsiltites. Laminés granoclassés (flèches), biopel-sparite. "Série pararythmique", Tithonique inférieur, Coupe Breitenstuel, lame no 68, Coll. W. WINKLER.

Calculutites (fig. 6): A partir des calcarénites fines et calcsiltites ("pelmicrites", "packstones" et "wackestones") décrites dans le paragraphe précédent, il y a passage tout à fait graduel, réalisé par la diminution de la proportion des "peloides" et l'augmentation de la quantité de bioclastes pélagiques, aux faciès des calculutites autochtones (voir p. 118 et fig. 1).

La présence, dans les calcirudites, d'"intraclastes" de ces mêmes faciès pélagiques permet de supposer qu'une certaine quantité de boue calcaire pélagique ait pu être remise en suspension par chaque passage de matériel détritique

allochtone. Il n'est donc pas étonnant que les termes les plus fins des bancs granoclassés soient représentés par les mêmes faciès que les sédiments pélagiques autochtones.

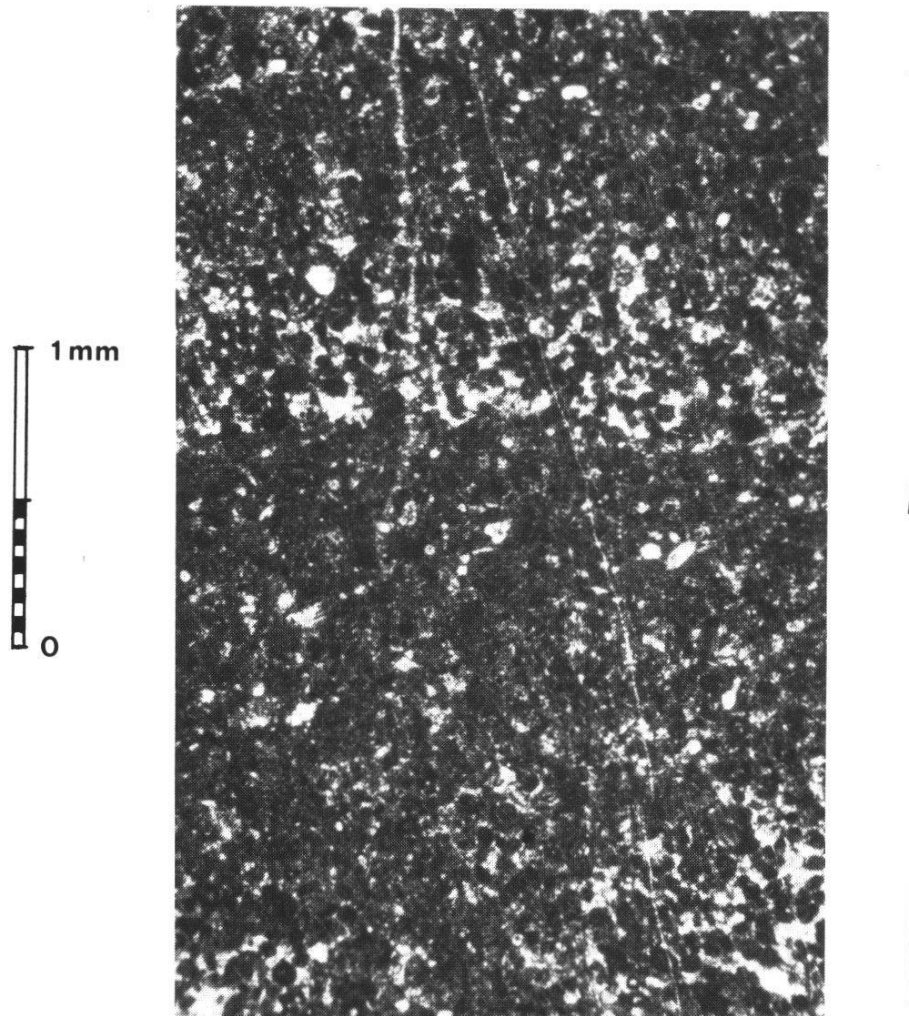


Fig. 6: Microfaciès de calcilutite détritique. Laminés granoclassés (flèches), pelsparite à pelmicrite. Calcaires noduleux, Oxfordien, Coupe Schopfenspitz, niv. 17, lame no 1310, Coll. J.D. ANDREY.

Coupes lithologiques

Dans le but de comparer les profils lithologiques des divers secteurs de la région en question, nous avons repris les levés systématiques de certains auteurs, les complétant et les modifiant selon nos observations, tout en les redessinant pour présenter l'ensemble de façon homogène.

Les profils pris en considération sont les suivants (fig. 7):

- le Moléson, région Moléson – Trémétaz, d'après VON DER WEID (1961) et nos propres observations;

- les Gorges de l'Evi, en amont d'Albeuve, d'après WEISS (1949), PUGIN (1952) et nos propres observations;
- le Brésil, rive droite de la Jogne entre Charmey et la Villette, d'après SPICHER (1966);
- le Gros Brun ou Schopfenspitiz, rive droite de la Jogne entre la Villette et Jaun, d'après ANDREY (1974);
- le Breitenstuel, région du Gantrisch, d'après WINKLER (1977).

La situation géographique des profils est donnée sur carte, fig. 8. Sur les profils, nous avons distingué trois faciès fondamentaux, qui sont les faciès pélagiques autochtones (noduleux et homogènes) et les calcaires détritiques. Ce dernier terme regroupe les calcirudites, calcarénites et calcilutites resédimentées.

Sédimentologie

Il existe depuis longtemps déjà une abondante littérature qui décrit et illustre des cas de resédimentation de débris carbonatés de plate-forme néritique en milieu marin profond. Citons par exemple CAROZZI (1952), KUENEN & TEN HAAF (1956), MEISCHNER (1964), REMANE (1970), ENOS (1973) et PRICE (1977).

Dans le cas des Préalpes Médiannes Plastiques, BOLLER (1963) a établi la nature allochtone des intercalations détritiques dans le Néocomien par le contraste des faunes: les unes néritiques, les autres pélagiques. C'est ce même argument qu'utilisa SPICHER (1966) dans l'étude d'une partie du Malm, et nous faisons de même pour la série allant de l'Oxfordien moyen au Tithonique inclus (voir aussi GISIGER, 1967, FURRER, 1977, et WINKLER, 1977).

Les sédiments détritiques

Les caractères principaux sur lesquels nous basons l'interprétation sédimentologique sont les suivants :

Stratification

La base des bancs détritiques est plane et nette, ne montrant pas de "solemarks" (sauf éventuellement des figures de surcharge ou "loading"). La limite supérieure peut être nette ou passer graduellement au faciès pélagique. Les épaisseurs des bancs sont assez constantes à l'échelle de l'affleurement, mais une corrélation des bancs d'un affleurement à l'autre n'est que rarement possible.

Structures

Les niveaux détritiques sont fréquemment granoclassés. Dans le cas des calcirudites, le "coarse-tail grading" domine, alors que les calcarénites-calcilutites

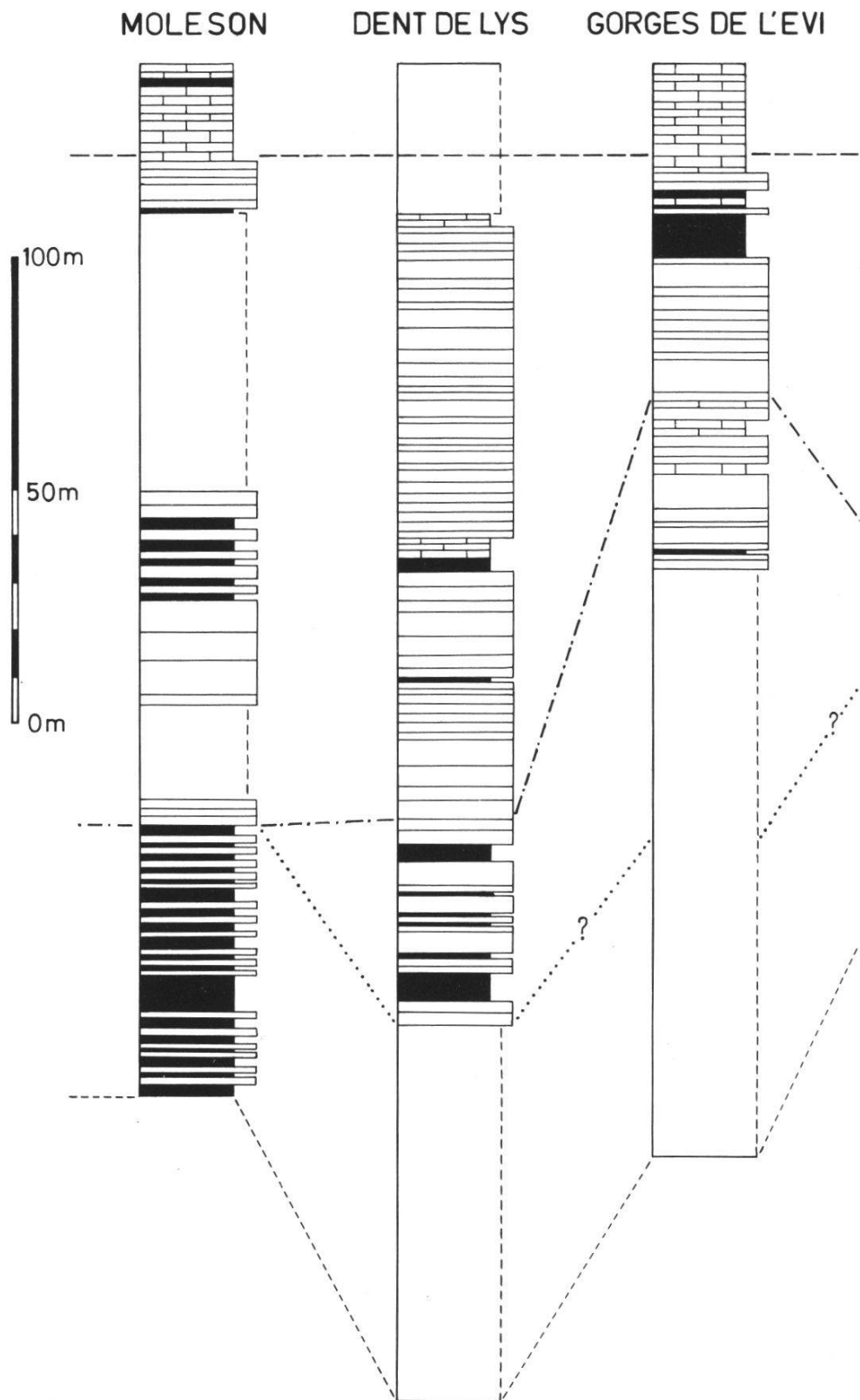
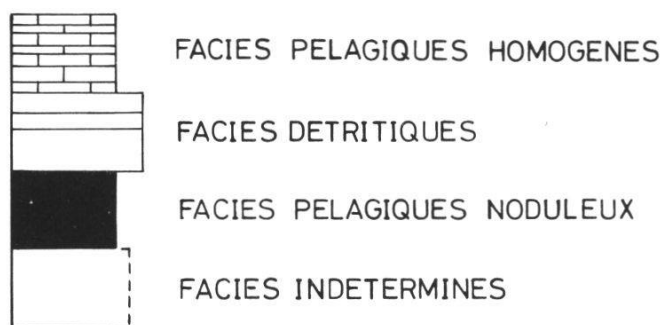
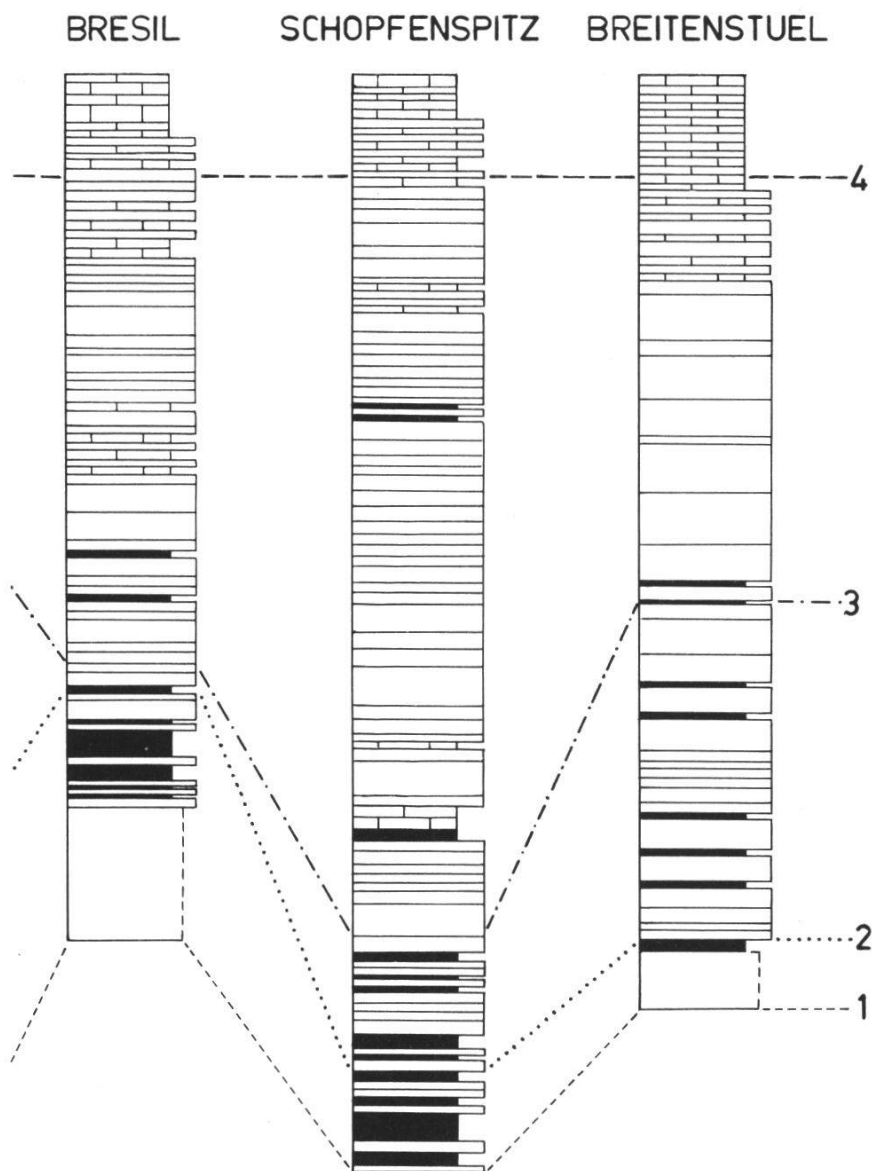


Fig. 7: Coupes lithologiques. Moléson d'après VON DER WEID (1961) et les auteurs. Dent de Lys d'après VON DER WEID (1961). Gorges de l'Evi d'après WEISS (1949), PUGIN (1952) et les auteurs. Brésil d'après SPICHER (1966). Schopfenspitz d'après ANDREY (1974). Breitenstuel d'après WINKLER (1977).



- Limite 1: Limite inférieure de l'“Argovien” ou “calcaires noduleux” (zone à *G. transversarium* s.l.),
- Limite 2: Limite inférieure du “Kimmeridgien” ou “Calcaires massifs”,
- Limite 3: Apparition des clypéines,
- Limite 4: Apparition des calpionelles.

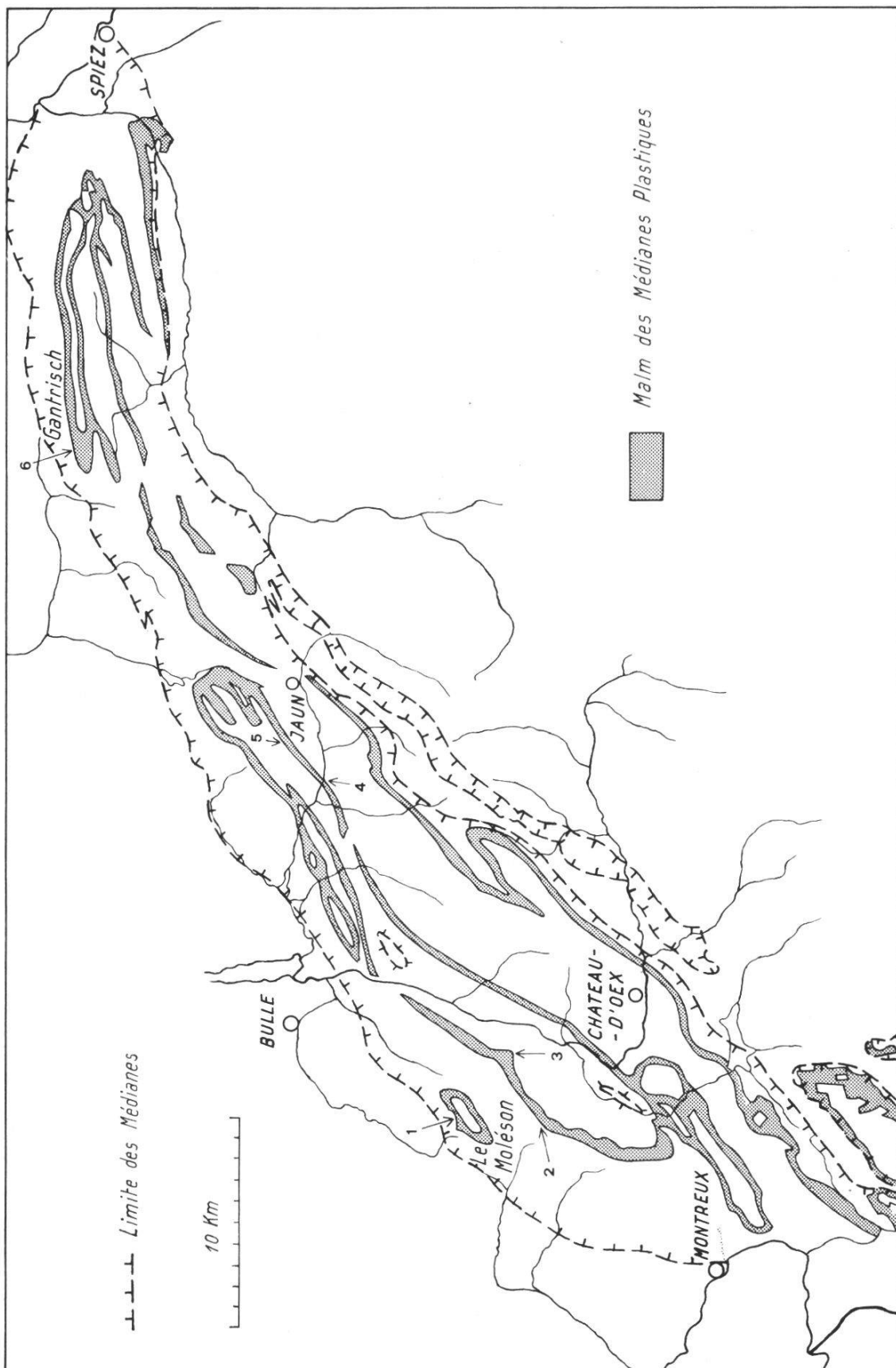


Fig. 8: Carte simplifiée du Malm des Médianes Plastiques avec localisation des profils.

1: Moléson; 2: Dent de Lys; 3: Gorges de l'Evi; 4: Brésil; 5: Schopfenspitz; 6: Breitenstuel.

N.B. Les écaïlles de Préalpes Médianes Rigides ne sont pas figurées.

montrent le "distribution grading" (fig. 5 et 6). Lorsque la granulométrie passe des rudites aux lutites, on peut observer le passage du premier type de granoclassement au second.

Les calcirudites massives, sans granoclassement, comportent soit une phase dispersée (plus grossière) et une phase continue (plus fine, arénite et lutite), soit une phase continue comprenant une grande variété de classes granulométriques.

Les calcarénites et calcilutites montrent parfois (selon la qualité de la surface altérée et le contraste des granulométries) des laminations parallèles et obliques dans la succession de la séquence de Bouma.

Mécanismes de sédimentation possibles

Les nombreux cas montrant un passage continu des calcirudites granoclassées aux calcarénites ou calcilutites peuvent être formés par des courants de turbidité à haute concentration au sens de MIDDLETON (1967). Les niveaux de calcarénite fine – calcilutite peuvent être considérés comme des turbidites de faible concentration qui ne contenaient aucun composant grossier au départ, ou aussi comme les parties supérieures, turbulentes, des courants de turbidité à haute concentration. Cette partie supérieure aurait dépassé l'écoulement basal pour s'accumuler en milieu plus distal (voir PRICE, 1977).

Les dépôts massifs, sans granoclassement et à deux phases (continue et dispersée, voir FISHER, 1971) peuvent être interprétés comme des "debris flows" (FISHER, 1971; ENOS, 1977), alors que ceux ne comprenant qu'une seule phase pourraient se rapporter au "density-modified grain flow" (LOWE, 1976). Dans ce contexte, certains intraclastes semi-lithifiés au moment du dépôt témoignent d'une déformation plastique synsédimentaire.

La plupart des auteurs admettent d'ailleurs une évolution continue, réalisée en totalité ou non, depuis les phénomènes de glissement (slump), coulées diverses et turbidites de forte concentration jusqu'aux turbidites de faible concentration (voir MIDDLETON & HAMPTON, 1973).

Dans l'application de ces quelques mécanismes possibles, il reste à expliquer le mélange des composants néritiques et pélagiques. La plupart des processus évoqués ne montrent guère de pouvoir d'érosion, et ce n'est donc pas par le seul passage des courants sur un substrat de sédiment pélagique que pourraient se former les intraclastes du type décrit. Si l'on suppose que la resédimentation s'est faite en une seule étape, il faut alors postuler ou bien le surcreusement puis l'éboulement de parois de chenaux dans un milieu plus proximal, ou bien l'érosion par courant de turbidité d'un substrat pélagique dans un milieu aussi plus proximal. Les intraclastes plus grossiers ainsi incorporés diminueraient la turbulence (BAGNOLD, 1954) pour former un écoulement basal laminaire (ENOS,

1977; HAMPTON, 1972) empêchant ainsi que l'érosion ne continue. Si au contraire la resédimentation s'est faite en plusieurs étapes successives de slump, coulée et turbidite, il devient aisé d'admettre la mobilisation simultanée de sédiments néritiques et pélagiques dès que la stabilité de l'accumulation est rompue en un endroit donné.

Les sédiments pélagiques

Dans les sédiments autochtones pélagiques, nous avons distingué les faciès suivants: marnes et calcilutites noduleuses, calcilutites homogènes. La parenté étroite des marnes et calcaires noduleux de l'Oxfordien moyen avec les faciès "autochtones" du Callovo-Oxfordien inférieur (FURRER, 1977) peut être démontrée par leur microfaciès (WINKLER, 1977). Les auteurs nous ayant précédés dans l'étude sédimentologique du Malm des Médianes Plastiques (surtout SPICHER, 1966; GISIGER, 1967; ANDREY, 1974) ont également considéré les calcarénites à "peloides" et bioclastes ainsi que les calcsiltites à "peloides" comme des sédiments pélagiques (calcaires "pseudo-oolithiques" et "grumeleux"). Mais la position de ces faciès dans les cycles granoclassés, ainsi que leur composition, montrent sans équivoque leur appartenance aux matériaux allochtones d'origine néritique. Il est aussi possible qu'une partie des roches que nous avons considérées comme étant d'origine strictement pélagique soit faite de turbidites très diluées (cf. sédiments détritiques, p. 125).

Caractères principaux des faciès noduleux

Les faciès noduleux que nous avons observés présentent tous les termes de passage entre une roche sans structure noduleuse et une roche dont les nodules sont pressés les uns contre les autres, limités par un contact stylolitique suturé. Ceci est valable tant pour les calcaires plus ou moins riches en silts et argiles que pour des calcaires francs (nous n'avons pas analysé les teneurs absolues en carbonates, argiles, etc.). Dès que la structure noduleuse apparaît, les phénomènes de dissolution ayant affecté la "gangue" sont mis en évidence par la disparition des protoglobigérines et des radiolaires, et la plus forte concentration en bioclastes plus résistants. Les radiolaires sont calcitisés dans les nodules et montrent le remplacement précoce de la silice par des carbonates (JENKYNS, 1974).

Les faisceaux de joints microstylolitiques sont abondants, témoignant aussi d'une dissolution importante. Des foraminifères préservés dans les nodules peuvent disparaître, coupés net à la bordure de ceux-ci. Dans les nodules, les tests d'ammonites, même juvéniles, semblent être bien préservés ainsi que bien d'autres éléments absents de la gangue.

Processus possible de la formation des nodules

Diverses écoles s'affrontent au sujet de la formation de la structure noduleuse si caractéristique de ces faciès. Pour les uns (HOLLMANN, 1962, 1964; GARRISON & FISHER, 1967; SCHLAGER, 1974), il s'agirait de la dissolution partielle d'une couche de sédiment peu après son accumulation, dissolution poursuivie ou non au cours de l'enfouissement. C'est dans ce sens qu'a été créé le terme de "subsolution" (HOLLMANN, 1962), invoqué par ANDREY (1974). Pour d'autres (par ex. HALLAM, 1967; JENKYNS, 1974; MÜLLER & FABRICIUS, 1974), il s'agirait de la croissance diagénétique de nodules ou concrétions, où les solutions riches en carbonates alimentant les concrétions pourraient provenir, en partie du moins, des saumures, des coquilles aragonitiques ou des nannofossiles, dont la stabilité dépendrait du chimisme ou de la faible dimension des particules. La compaction différentielle entre nodules et gangue achèverait la structure noduleuse dans les deux hypothèses. C'est CHATTON (1947) qui a suggéré le second type de phénomène pour la genèse des calcaires noduleux. Notons que ces deux voies de formation des nodules sont discutées déjà par CAILLEUX (1935). Plus récemment, WANLESS (1973, 1978) a souligné le rôle de la dissolution le long des joints microstylolitiques, processus qui aboutirait à la formation de la structure noduleuse, et cela donc uniquement par la compression (lors de la compaction par exemple).

Dans notre cas, le rôle évident de la dissolution et la présence d'abondants joints microstylolitiques parlent en faveur de l'hypothèse de WANLESS (1978), mais beaucoup d'arguments propres aux deux autres tendances sont valables et un rôle non négligeable de la subsolution ou de la croissance diagénétique des nodules n'est pas à exclure.

Evolution de la sédimentation

De ce qui précède, il est établi que l'accumulation de sédiments carbonatés détritiques allochtones dans le bassin de sédimentation est un processus continu en tout cas du Bathonien au Néocomien inclus.

La diminution des influences détritiques terrigènes (débris arénitiques et surtout silts et argiles) au cours du Jurassique supérieur est évidente. Entre l'Oxfordien moyen et le Tithonique, les faciès pélagiques passent des calcaires argileux ou marnes généralement à structure noduleuse, à des calcilutites franches, ("calcaires sublithographiques") parfois à structure noduleuse, mais généralement homogènes.

C'est au cours de cette transition des faciès autochtones (noduleux à homogènes), que s'effectue l'apport le plus important de matériaux de plate-forme néritique, sous forme de coulées et de turbidites (fig. 7).

La variation de l'importance et de l'épaisseur des sédiments (fig. 7) montre la discontinuité des niveaux individuels à l'échelle régionale. Ces faciès devaient former un glacis de matériaux détritiques, un pied de talus, éventuellement sous forme de cônes individualisés. Cette alimentation pouvait se faire depuis le nord ou le sud, probablement en partie depuis les deux directions (SCHWARTZ-CHENEVART, 1945; BOLLER, 1963; GISIGER, 1967; ANDREY, 1974; FURRER, 1977). Relevons cependant que les éléments détritiques les plus grossiers que nous avons observés affleurent au Moléson, témoin le plus septentrional du bassin.

Selon le taux de sédimentation allochtone à un endroit donné, l'accumulation autochtone est plus ou moins masquée, et l'épaisseur totale peut varier fortement pour un intervalle de temps déterminé. Dans le cas des profils choisis, la base des "Calcaires noduleux" (1, fig. 7) peut être considérée comme une limite grossièrement synchrone (zone à *G. transversarium* s.l.). La limite d'apparition des calpionelles (4, fig. 7) peut aussi être considérée comme synchrone. La limite d'apparition de *Clypeina jurassica* (3, fig. 7) a été considérée comme synchrone par WEISS (1949), mais abandonnée comme telle par les auteurs plus récents. Pour autant que la colonisation de la plate-forme néritique par les clypéines ait été suffisamment rapide (ce qui est fort probable à l'échelle géologique), on peut s'attendre à ce que la resédimentation de détritiques contenant des fragments de clypéines ait été relativement synchrone sur le domaine envisagé. Nous pouvons ainsi considérer l'apparition des clypéines dans les calcaires détritiques comme un marqueur relativement sûr.

Ces trois repères stratigraphiques (1, 3, 4, fig. 7) nous montrent le caractère hétérochrone du début des "Calcaires massifs" (= "Kimméridgien" des auteurs; 2, fig. 7). Quant à la fin des "Calcaires massifs" (= début des "Calcaires sublithographiques" auct.), elle coïncide partout, à peu de chose près, avec l'apparition des calpionelles. Cette coïncidence de la diminution brusque de la quantité des apports détritiques et l'apparition soudaine mais tardives des calpionelles¹⁾, mise en parallèle avec la transition des faciès pélagiques noduleux aux faciès pélagiques homogènes, nous incite à rechercher une cause commune, à l'échelle du bassin ou plus vaste.

De quelques contrôles possibles de la sédimentation et des faciès

L'évolution de la sédimentation des Médiannes Plastiques au cours du Jurassique supérieur, commentée ci-dessus, s'inscrit d'abord dans le développement du domaine paléogéographique briançonnais au sens large. La tendance, au cours

1) Selon BOLLER (1963); SPICHER (1966), GISIGER (1967), ANDREY (1974) et WINKLER (1977), les associations de tintinnoïdiens contiennent *C. alpina* dès leur apparition.

de cette période, est à une subsidence générale (BERNOULLI & JENKYNS, 1974), mais moins marquée dans les Médiannes Plastiques ("subbriançonnais") que dans le Briançonnais classique (cf. BOURBON et al., 1976). Partant des faciès riches en ammonites du Jurassique moyen (profondeur de sédimentation nettement au-dessus de la lysocline de l'aragonite, BOSELLINI & WINTERER, 1975), on aboutit, au Néocomien, au faciès "Calcaires plaquetés à silexites" (biomicrites à *Aptychi*), accumulé en milieu "hostile à l'aragonite" selon BOLLER (1963), et situé probablement entre la profondeur de compensation de l'aragonite et celle de la lysocline de la calcite (ACD et CLy de BOSELLINI & WINTERER, 1975, voir aussi SCHLAGER, 1974).

Les faciès noduleux, contenant encore une faune d'ammonites relativement abondante et une teneur en silts et argiles non négligeable, sont cantonnés vers le bas de la série nous concernant (Oxfordien au sens large). Leur couleur, fréquemment rouge dans la partie inférieure, serait due à une sédimentation lente (FISHER in MESOLELLA et al., 1974), significative pour certains dans la genèse du faciès noduleux (JENKYNS, 1974). Ce faciès pourrait résulter d'autres processus, par exemple développement de microstylolites lors de la compaction (WANLESS, 1978) ou "subsolution" (GARRISON & FISHER, 1969; HOLLMANN, 1962, 1964). Selon BOSELLINI & WINTERER (1975) et SCHLAGER (1974), le faciès noduleux rouge indiquerait une profondeur de sédimentation située entre la lysocline et le niveau de compensation de l'aragonite. Ceci n'est pas du tout en contradiction avec le microfaciès, à caractère bathyal.

Au Kimméridgien, les influences terrigènes disparaissent, mais à en juger par la composition des carbonates détritiques, il n'y avait pas de développement coralligène sur la (les ?) plate-forme(s) alimentant le bassin en turbidites et coulées sédimentaires. Le milieu de dépôt demeure bathyal, mais la coloration rouge n'affecte plus les faciès noduleux, et le taux de sédimentation a donc peut-être augmenté (en fonction, éventuellement, de la forte croissance du plancton calcaire enregistrée vers la fin du Jurassique : voir par exemple BOSELLINI & WINTERER, 1975; MILLIMAN, 1974).

Pour définir les modalités d'accumulation des carbonates détritiques (cônes sous-marine isolés? glacis continu?), il faudrait une étude mieux étayée, mais le simple développement actif d'une plate-forme néritique en bordure d'un talus prononcé suffirait à alimenter le bassin avoisinant en matériel déritique, sans devoir faire intervenir une activité structurale quelconque pour déclencher la résédimentation (ANDREY, 1974, par exemple). Pourtant, il faut bien admettre une morphologie de hauts-fonds (horsts?, "plates-formes") à sédimentation néritique, tant vers le nord des Médiannes Plastiques que vers le sud (BOLLER, 1963; FURRER, 1977, entre autres) séparés par des bassins subsidents tel celui-ci. La tendance actuelle (BERNOULLI & JENKYNS, 1974; BOURBON

et al., 1976; LEMOINE, 1975) est de rechercher l'origine de cette morphologie dans un régime d'extension, accompagné peut-être de mouvements latéraux et traduit partiellement par des failles normales. Un contrôle structural, en tout cas partiel, de la sédimentation détritique, n'est donc pas à exclure.

Nous avons déjà constaté la coïncidence de l'apparition soudaine mais tardive des calpionelles dans le bassin des Médiannes Plastiques avec la diminution brusque de la sédimentation carbonatée détritique. Des phénomènes si marqués, affectant l'écologie et la sédimentologie d'un bassin, doivent avoir une cause commune influant sur le milieu ambiant, c'est-à-dire la mer. En effet, il est une autre tendance actuelle qui consiste à rechercher à l'échelle du globe les causes des discontinuités majeures dans des variations importantes du niveau de la mer ("Eustatic cycles", voir par exemple VAIL & MITCHUM in GUSSOW, 1976).

La fin du Jurassique et le début du Crétacé (Tithonique-Berrisien) sont connus depuis fort longtemps comme une période de discordance stratigraphique à l'échelle mondiale — régression suivie de transgression —, et elle est présentée comme une période d'abaissement suivi de remontée générale du niveau de la mer sur les figures de VAIL & MITCHUM.

Une diminution rapide du niveau de la mer, telle que celle proposée par VAIL & MITCHUM, expliquerait de façon très satisfaisante la coupure dans les apports détritiques, puisque la source serait séparée du bassin d'accumulation. Son effet catastrophique sur le milieu vital permettrait le développement soudain d'espèces inconnues dans le bassin jusqu'alors, ou leur migration suivie de la colonisation de celui-ci.

En guise de conclusion, les contrôles généraux de l'évolution du "géosynclinal" alpin — le contrôle structural —, associé aux cycles eustatiques (contrôle stratigraphique), puis la variation des espèces biologiques (contrôle paléontologique) accompagnée de contrôles sédimentologiques (type et taux de sédimentation, profondeur et morphologie du bassin) et diagénétiques (concrétions, compaction microstylolitique, etc.) fournissent un cadre complexe mais cohérent à la genèse des calcaires détritiques et noduleux du Malm des Médiannes Plastiques dans la région considérée.

Remerciements

Nombreux sont ceux qui nous ont aidés dans ce travail. Nous voudrions particulièrement remercier R. Morel qui nous a aidés aux Gorges de l'Evi, Mme F. Mauroux qui a dactylographié les manuscrits et G. Papaux qui a perfectionné les dessins. M. Schüpbach nous a parlé le premier des cycles eustatiques, et A. Baud nous a communiqué le manuscrit inédit de Wanless. MM. C. Caron, L. Pugin et M. Weidmann nous ont conseillés en critiquant le manuscrit.

Résumé

La série carbonatée marine profonde du Jurassique supérieur des Médianes Plastiques fribourgeoises est passée en revue. Deux groupes de sédiments interstratifiés s'y distinguent : d'abord des faciès pélagiques autochtones, marnes et calcilutites noduleuses ou homogènes; ensuite des carbonates détritiques, calcirudites à calcilutites, dérivées de plates-formes en marge du bassin. Les modes de formation des faciès noduleux et les processus de dépôt des sédiments détritiques (turbidites, coulées sédimentaires, etc.) sont discutés.

L'évolution de la sédimentation au cours du Jurassique supérieur est placée dans le contexte des divers contrôles, tant à l'échelle du bassin, qu'à l'échelle du globe.

Zusammenfassung

Die tiefmeerische Bildung der karbonatischen Schichtfolge im oberen Jura der "Préalpes Médianes Plastiques" wird unter Gegenüberstellung der allochthonen klastischen und autochthonen pelagischen Sedimente dargestellt.

Die klastischen Sedimente wurden von einem oder mehreren flachmeerischen Schelfbereichen (Horste ?), die nördlich und südlich des Beckens anzunehmen sind, durch verschiedene "gravity mass-flow" – Mechanismen (Trübströme u.a.) eingeschüttet. Die zwischengelagerten Schichten bestehen aus Knollenkalken und -mergeln im unteren Teil und aus Aptychen-Kalken im oberen Teil der Schichtfolge.

Fazies, Mikrofazies und lithologische Profile werden beschrieben. Der Sedimentationsablauf wird im Licht von lokal, alpin und weltweit kontrollierenden Faktoren erörtert.

Abstract

The Upper Jurassic deep-marine carbonate sequence of the "Préalpes Médianes Plastiques" is described, with particular reference to the allochthonous clastic deposits and the pelagic facies.

Clastic carbonates, derived from one or several shallow marine shelves (block faulted horsts ?) both to the North and the South of the basin, were deposited by a variety of gravity mass-flow mechanisms (turbidites, etc.). The pelagic facies of the basin, interstratified with the clastics, are nodular marls and limestones for the lower part of the sequence, and *Aptychus* limestones above.

Facies, microfacies and lithologic sections are described and the evolution of sedimentation is reviewed in the light of local, alpine and global controls.

Bibliographie

- ANDREY, J.D.: Géologie de la partie orientale du Massif des Bruns. Thèse Univ. Fribourg 1974.
- BAGNOLD, R.A.: Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear. *Proc. R. Soc., ser. A.* 225, 49–63 (1954).
- BERNOULLI, D., & JENKYNS, H.C.: Alpine, Mediterranean, and Central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. *Soc. Ec. Paleont. Min., Spec. Publ.* 19, 249–272 (1974).
- BOLLER, K.: Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen im Neocom der Klippendecke. *Eclogae geol. Helv.* 56, 15–102 (1963).
- BOSELLINI, A., & WINTERER, E.L.: Pelagic limestone and radiolarite of the Tethyan Mesozoic: A genetic model. *Geology* 3, 279–282 (1975).
- BOURBON, M., CARON, J.M., DE GRACIANSKY, P.C., LEMOINE, M., MEGARD-GALLI, J., & MERCIER, D.: L'évolution mésozoïque des Alpes occidentales: naissance et évolution d'une partie de la Téthys océanique et de sa marge continentale européenne. XXV^e Congr., Assemblée plénière de Split (1976).
- CAYEUX, L.: Les roches sédimentaires de France – roches carbonatées. Masson: Paris 1935.
- CAROZZI, A.: Tectonique, courants de turbidité et sédimentation. Application au Jurassique supérieur des chaînes subalpines de Haute-Savoie. *Bull. Inst. Natl. Genevois*, 57, 3–31 (1952).
- CHATTON, M.: Géologie des Préalpes Médiannes entre Gruyères et Charmey (région de la Dent de Broc). *Mém. Soc. Frib. Sc. Nat.* 13, (1947).
- DUNHAM, R.J.: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of carbonate rocks* (HAM, W.E., Editor). *Am. Ass. Petrol. Geol. Mem.* 1, 182–191 (1962).
- ENOS, P.: Channelized submarine carbonate-debris flows, Cretaceous, Mexico. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.* 57, 777 (1973).
- – Flow regimes in debris flow. *Sedimentology* 24, 133–142 (1977).
- FÀVRE, E.: Le massif du Moléson et les montagnes environnantes dans le canton de Fribourg. *Arch. Sc. nat. Univ. Genève et Bâle* 39, 169–216 (1870).
- FISHER, R.V.: Features of coarse-grained, high-concentrated fluids and their deposits. *J. Sed. Petr.* 41, 916–927 (1971).
- FOLK, R.L.: Spectral subdivision of limestone types. In: HAM, W.E. (Editor): *Classification of carbonate rocks*. *Am. Ass. Petrol. Geol. Mem.* 1, 62–84 (1962).
- FURRER, U.: Stratigraphie des Doggers der östlichen Préalpes Médiannes (Stockhorn-Gebiet zwischen Blumenstein und Boltigen, Kt. Bern). *Diss. Univ. Bern* 1977.
- GAGNEBIN, E.: Carte géologique des Préalpes entre Montreux et le Moléson et du Mont Pélerin, *Comm. géol. Soc. helv. Sc. nat. Carte spec. no 99* (1922).
- GARRISON, R.E., & FISHER, A.G.: Deep-water Limestones and Radiolarites of the Alpine Jurassic. *Soc. Ec. Paleont. Min., spec. publ.* 14 (1969).
- GILLIERON, V.: Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne. *Mat. Carte géol. de la Suisse* 18. L (1885).

- GISIGER, M.: Géologie de la région Lac Noir-Kaiseregg-Schafberg. *Eclogae geol. Helv.* 60, 237–351 (1967).
- GROSS, A.: Contribution à l'étude du Jurassique moyen et supérieur des Préalpes médianes vaudoises. *Eclogae geol. Helv.* 58, 743–788 (1966).
- HALLAM, A.: Sedimentology and paleogeographic significance of certain red limestones and associated beds in the Lias of the alpine region. *Scott. J. Geol.* 3, 195–220 (1967).
- HAMPTON, M.A.: The role of subaqueous debris flow in generating turbidity currents. *J. Sed. Petr.* 42, 775–793 (1972).
- HOLLMANN, R.: Über Subsolution und die Knollenkalke des Calcareao Ammonitico Rosso Superiore im Monte Baldo (Malm, N-Italien). *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.* 4, 163–179 (1962).
- – Subsolutions-Fragmente. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.* 119, 22–82 (1964).
- HORWITZ, L.: Sur le Dogger et le Malm du Massif des Bruns dans les Alpes fribourgeoises. *Comm. préliminaire. Bull. Acad. Sc. Cracovie*, 52–60 (1918).
- JEANNET, A.: Das Romanische Deckengebirge. Préalpes und Klippen. In: HEIM, A.: *Geologie der Schweiz*, Bd. II, 589–675 (1922).
- JENKYNS, H.C.: Origin of red nodular limestones (Ammonitico Rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean Jurassic: a diagenetic model. In: HSÜ, K.J., & JENKYNS, H.C. (Editors): *Pelagic sediments: on land and under the sea. Int. Ass. Sed., Spec. Publ. 1*, 249–272 (1974).
- KUENEN, P.H., & TEN HAAF, E.: Graded bedding in limestones *Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap., Proc. Ser. B.*, 59, 314–317 (1956).
- LEMOINE, M.: Mesozoic sedimentation and tectonic evolution of the Briançonnais zone in the Western Alps. Possible evidence for an Atlantic-type margin between the European craton and the Tethys. *IX^e Int. Congr. Sedim. Nic* 4, 211–216 (1975).
- LOWE, D.R.: Subaqueous liquefied and fluidized sediment flows and their deposition. *Sedimentology* 23, 285–308 (1976).
- MAUVE, C.C.: Geologische Untersuchungen im Molésongebiet. *Eclogae geol. Helv.* 16, 373–455 (1921).
- MEISCHNER, K.D.: Allodapische Kalke, Turbidite in riffnahen Sedimentations-Becken. In: BOUMA, A.H., & BROUWER, A. (Editors): *Turbidites. Develop. in Sed.* 3, 156–191 (1964).
- MESOLELLA, K.J., ROBINSON, J.D., MCCORMICK, L.M., & ORMISTON, A.R.: Cyclic deposition of Silurian carbonates and evaporites in Michigan Basin. *Am. Ass. Petrol. Geol.* 58, 34–62 (1974).
- MIDDLETON, G.V.: Experiments on density and turbidity currents. III. Deposition of sediment. *Can. J. Earth Sc.* 4, 475–505 (1967).
- MIDDLETON, G.V., & HAMPTON, M.A.: Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition. In: *Turbidites and deep-water sedimentation. SEPM Pacific Section, Short Course Anaheim 1973.*
- MILLIMAN, J.D.: *Marine carbonates. Recent sedimentary carbonates 1.* Springer: Berlin – Heidelberg – New York 1974.
- MÜLLER, J., & FABRICIUS, F.: Magnesium-calcite nodules in the Ionian deep sea: an actualistic model for the formation of some nodular limestones. In: HSÜ, K.J.,

- & JENKYNS, H.C. (Editors): Pelagic sediments: on land and under the sea. *Int. Ass. Sed., Spec. Publ. 1*, 235–248 (1974).
- PRICE, I.: Deposition and derivation of clastic carbonates on a Mesozoic continental margin, Othris, Greece. *Sedimentology 24*, 529–546 (1977).
- PUGIN, L.: Les Préalpes Médiannes entre le Moléson et Gruyères. *Eclogae geol. Helv. 44*, 207–297 (1952).
- REMANE, J.: Die Entstehung der resedimentären Breccien im Obertithon der subalpinen Ketten Frankreichs. *Eclogae geol. Helv. 63*, 685–740 (1970).
- SCHLAGER, W.: Preservation of cephalopod skeletons and carbonate dissolution on ancient Tethyan sea floors. In: HSÜ, K.J., & JENKYNS, H.C. (Editors): Pelagic sediments: on land and under the sea. *Int. Ass. Sed., Spec. Publ. 1*, 49–70 (1974).
- SCHWARTZ-CHENEVART, C.: Les nappes des Préalpes médianes et de la Simme dans la région de la Hochmatt. *Mém. Soc. Frib. Sc. Nat. 12* (1945).
- SPICHER, J.P.: Géologie des Préalpes Médiannes dans le Massif des Bruns, partie occidentale. *Eclogae geol. Helv. 58*, 591–742 (1966).
- VAIL, C.P., & MITCHUM, R.M. In: GUSSOW, W.C.: Sequence concepts in petroleum engineering. *Geotimes 21*, 16–17 (1976).
- VON DER WEID, J.: Géologie des Préalpes médianes au SW du Moléson. *Eclogae geol. Helv. 53*, 521–624 (1961).
- WANLESS, H.R.: Microstylolites, bedding and dolomitization. *Am. Ass. Petrol. Geol. 57*, 811 (1973).
- – Limestone response to stress: solution and dolomitization. *J. Sed. Petr.* (sous presse, 1978).
- WEISS, H.: Stratigraphie und Mikrofauna des Klippenmalm. *Diss. Univ. Zürich 1949*.
- WINKLER, W.: Zur Geologie zwischen Gantrisch und Muscherenschlund (Préalpes médianes plastiques, Préalpes externes). Unpubl. Diplomarbeit, Univ. Freiburg 1977.