

SEDIMENTOLOGIE ET CORAUX DU BIOHERME DE MARBRE ROUGE FRASNIEN («F2j») DE TAPOUMONT (MASSIF DE PHILIPPEVILLE, BELGIQUE)¹

par

Frédéric BOULVAIN², Marie COEN-AUBERT³ & Francis TOURNEUR⁴

(11 figures et 1 tableau)

RESUME.- L'étude sédimentologique du bioherme de marbre rouge frasnien («F2j») de Tapoumont (massif de Philippeville, Belgique), daté par les Rugueux massifs, montre l'existence de douze microfaciès. De leur classement effectué par recensement des transitions graduelles, se dégage une distribution linéaire de faciès, depuis des mudstones à spicules d'Éponges jusqu'à des rudstones à Crinoïdes et Coraux. L'interprétation de cette séquence permet d'appréhender les facteurs du milieu à l'origine de l'évolution du bioherme, les principaux étant l'agitation de l'eau et l'énergie lumineuse disponible. Echappent à cette logique trois microfaciès caractérisés par l'abondance de tapis microorganiques, actuellement matérialisés par des *fenestrae* irrégulières, d'extension latérale plurimétrique, et cimentées par de la calcite radiaxiale. L'importance quantitative de ces tapis microorganiques augmente latéralement vers le centre de l'édifice. Quatre microfaciès latéraux au bioherme et contemporains de son édification sont décrits. Le problème de la géométrie de la bioconstruction est abordé et des preuves sont avancées de sa faible pente originelle.

ABSTRACT.- The sedimentological study of the Frasnian Tapoumont red marble bioherm (Philippeville antiform, Belgium, «F2j» based on rugose corals) enables recognition of twelve microfacies. They range from sponge spicule mudstones to crinoidal, coral rudstones. Water agitation and light supply normally control the bioherm growth, but three environments do not follow the rule. They are characterized by the abundance of microorganic mats, now in form of irregular plurimetric *fenestrae*, cemented by radiaxial calcite. They are more and more abundant towards the centre of the buildup. Four lateral microfacies are studied. The bioherm geometry is discussed, and a weak sedimentary slope is proposed.

INTRODUCTION

La carrière de Tapoumont, ouverte dans un bioherme de marbre rouge «F2j» (Mailleux & Demanet, 1928) est, depuis l'été 1985, remise en exploitation par la Société Gauthier-Wincqz de Soignies. Située près de Neuville dans la voûte anticlinale de Philippeville (fig. 1), cette carrière a été exploitée jusqu'en 1914 par la Marbrerie d'Avesnes, qui fusionna ensuite avec la Société Merbes-Sprimont. Cette dernière entreprise réalisa en 1921 un sondage vertical, dont les résultats nous ont aimablement été communiqués par Monsieur P. Dumon, et poursuivit l'exploitation jusqu'en 1926.

Ce bioherme, n'est que rarement mentionné dans la littérature; il a été signalé par Bayet (1899), et étudié par Delhaye de 1907 à 1920 (Dumon, com. pers.), Mailleux (1921) et Dumon vers 1932

1. Manuscrit déposé le 22 juillet 1987, manuscrit révisé le 19 janvier 1988.

2. Laboratoires Associés de Géologie - Pétrologie - Géochronologie, Université Libre de Bruxelles, av. F.D. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

3. Département de Paléontologie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, rue Vautier 29, B-1040 Bruxelles (Belgique).

4. Laboratoire de Paléontologie, Université Catholique de Louvain, place Louis Pasteur 3, B-1348 Louvain-la-Neuve. Adresse actuelle: boursier de la Fondation Alexander von Humboldt. Senckenberg Forschungsinstitut, Sektion Paläozoologie 1, Senckenberganlage, 25, D-6000 Frankfurt a.M. (R.F.A.).

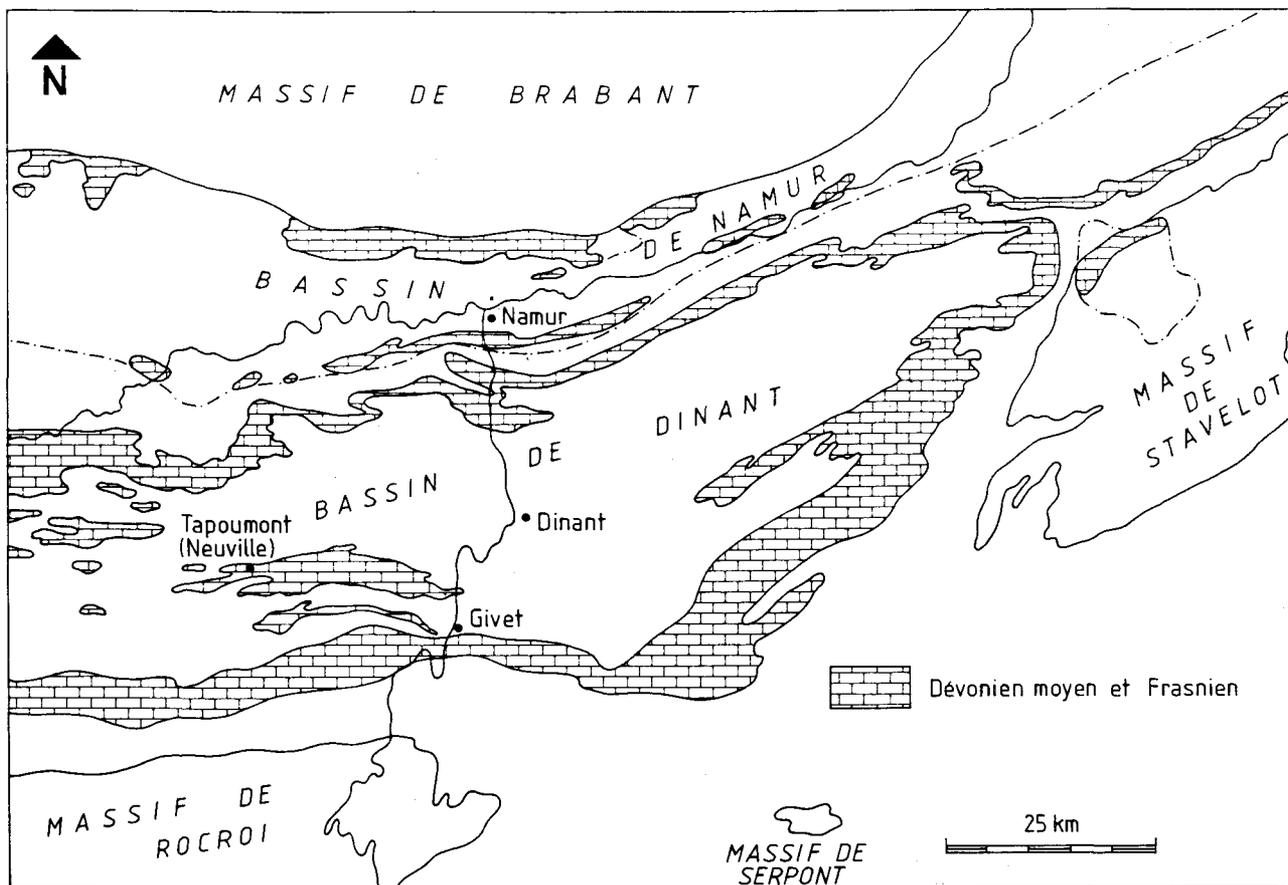


Figure 1

Carte géologique simplifiée du Sud de la Belgique; les coordonnées de la carrière de Tapoumont sont :
50° 09' 50" lat N et 4° 30' 16" long. E.

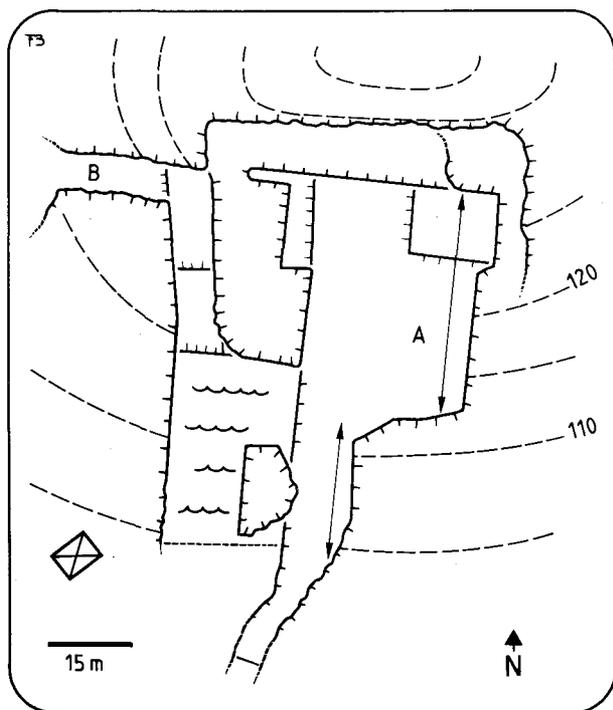


Figure 2

Plan de la carrière de Tapoumont au printemps 1987.

(com. pers.) qui en livrent de nombreux croquis. Une des particularités qui semble avoir frappé ces auteurs, est la morphologie «en fond de bateau» du coeur du bioherme. Cet ensellement, encore visible actuellement, est considéré comme un «accident de stratification». Une coupe du bioherme a été publiée par Dumon et coll. (1954) dans le «Prodrome d'une description géologique de la Belgique».

DESCRIPTION GENERALE

La carrière, à flanc de colline, entame le bioherme, en position sensiblement horizontale, jusqu'au coeur (fig. 2). Les variétés de marbre exploitées sont essentiellement des calcaires rosés et gris-rosés (marbres «Royal» et «Gris»). Le sondage, effectué dans le fond de la carrière près du coeur du bioherme, a recoupé environ 18 m de «Griotte» sous 8 m de «Royal», avant d'arriver aux calcaires argileux de base.

Les calcaires argileux latéraux sont particulièrement bien exposés le long de la tranchée d'accès Sud. Le contact avec le bioherme est tectonisé.

STRATIGRAPHIE BASEE SUR LES RUGUEUX

Les Rugueux, particulièrement abondants dans les dix derniers mètres du bioherme, sont surtout représentés par *Frechastraea pentagona micrastraea* (Penecke, 1904), *Phillipsastraea ananas ananas* (Goldfuss, 1826) et *Thamno-phyllum* n. sp.; on observe en outre *Frechastraea limitata* (Milne-Edwards & Haime, 1851) ainsi que des *Macgeea* et des *Tabulophyllum*. *F. pentagona micrastraea* et *P. ananas ananas* sont encore présents localement dans les calcaires argileux et schistes envasant le bioherme.

Cette faune est typique de la seconde association de Rugueux massifs distinguée dans la partie supérieure du Frasnien de la Belgique par M. Coen, M. Coen-Aubert & P. Cornet (1977) ainsi que par M. Coen-Aubert (1982). Elle correspond en principe au début du Frasnien supérieur de la région de Frasnes-lez-Couvin, caractérisé par les Schistes de Matagne.

TABULES (fig. 10 et 11)

La faune de Tabulés de Tapoumont est indéniablement dominée par les Alvéolitidés. L'espèce la plus fréquente en est *Alveolites suborbicularis* Lamarck, 1801 qui se présente en lamelles d'épaisseur et d'extension fort variables. Plus rare, *A. tenuissimus* Lecompte, 1933 se distingue directement du précédent par des polypierites nettement plus comprimés, de taille inférieure et aux parois plus minces. Signalons également l'occurrence de quelques Alvéolitidés branchus centimétriques qui n'ont pu être déterminés avec précision. D'autres branches, beaucoup plus ténues puisque leur diamètre ne dépasse guère 2 mm, sont à rapporter à *Egosiella gracilis* (Lecompte, 1939); l'obliquité marquée de leurs calices est très caractéristique. L'attribution initiale au genre *Cladopora* Hall, 1851 est à délaissier au profit de celle qu'a proposée récemment R. Birenheide (1985, p. 87). De dimensions fort semblables à celles de l'espèce précédente, mais de morphologie très différente, les branches de *Senceliaepora tenuiramosa* Lafuste & Tourneur, 1988 se trouvent en abondance dans certains faciès. Enfin, la carrière de Tapoumont est la localité type de *Thamnopora micropora* Lecompte, 1939; ses rameaux, parfois longs de plusieurs centimètres et peu bifurqués, présentent un diamètre souvent voisin de 6 à 7 mm. On les retrouve également dans les schistes latéraux où ils sont en général mal conservés.

Au total, la faune de Tabulés de Tapoumont est beaucoup plus variée que celle décrite par F. Tourneur in Biron et coll. (1983), au «Trou de Versailles» à Rance. Elle s'en distingue principalement par l'abondance de *Thamnopora micropora* et d'*Egosiella gracilis* tandis que *Alveolites suborbicularis* et *Senceliaepora tenuiramosa* sont communs aux deux gisements. Rappelons à ce propos que le bioherme de marbre rouge de Rance est plus jeune et appartient au sommet du Frasnien.

INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES MICROFACIES (Tabl. 1)

Partant des calcaires argileux latéraux, un levé et un échantillonnage systématique de la paroi Est ont été menés (coupe A, fig. 2). Une centaine d'échantillons pétrographiques ont été prélevés et examinés en lame mince; des comptages ont été effectués pour les principaux constituants (fig. 3). Un classement en microfaciès a été effectué en tenant compte des macro- et microfaunes, de la microflore et des caractères sédimentologiques.

Deux grands groupes de faciès se dégagent immédiatement par leur position géométrique, leur couleur et leur teneur en argile: d'une part les faciès biohermaux, et d'autre part les faciès péri- et post-biohermaux.

Au sein des faciès biohermaux, on distingue facilement les sédiments déposés sur la pellicule «vivante» de l'édifice («sédimentation externe»), des faciès de remplissage des cavités et fissures, qui sont postérieures aux couches qu'elles recourent («sédimentation interne»).

FACIES BIOHERMAUX, SEDIMENTATION EXTERNE

Il s'agit de calcaires rosés, gris et rouges, correspondant aux marbres «Royal», «Gris» et «Griotte» des carrières locaux; le terme «Griotte» est utilisé abusivement par rapport à la définition généralement acceptée (p. ex. Groessens, 1984) qui s'applique à des calcaires rouges sombre à *Stromatactis*, absents en affleurement à Tapoumont. Nous supposons cependant que les «Griottes» décrites en sondage par Dumon (comm. pers.) sont de véritables «Griottes». Pour éviter les confusions, ces termes ne seront plus utilisés dans la suite du travail.

L'ordre de description des microfaciès correspond à une augmentation de l'énergie du milieu et de la quantité de lumière disponible (voir ci-dessous).

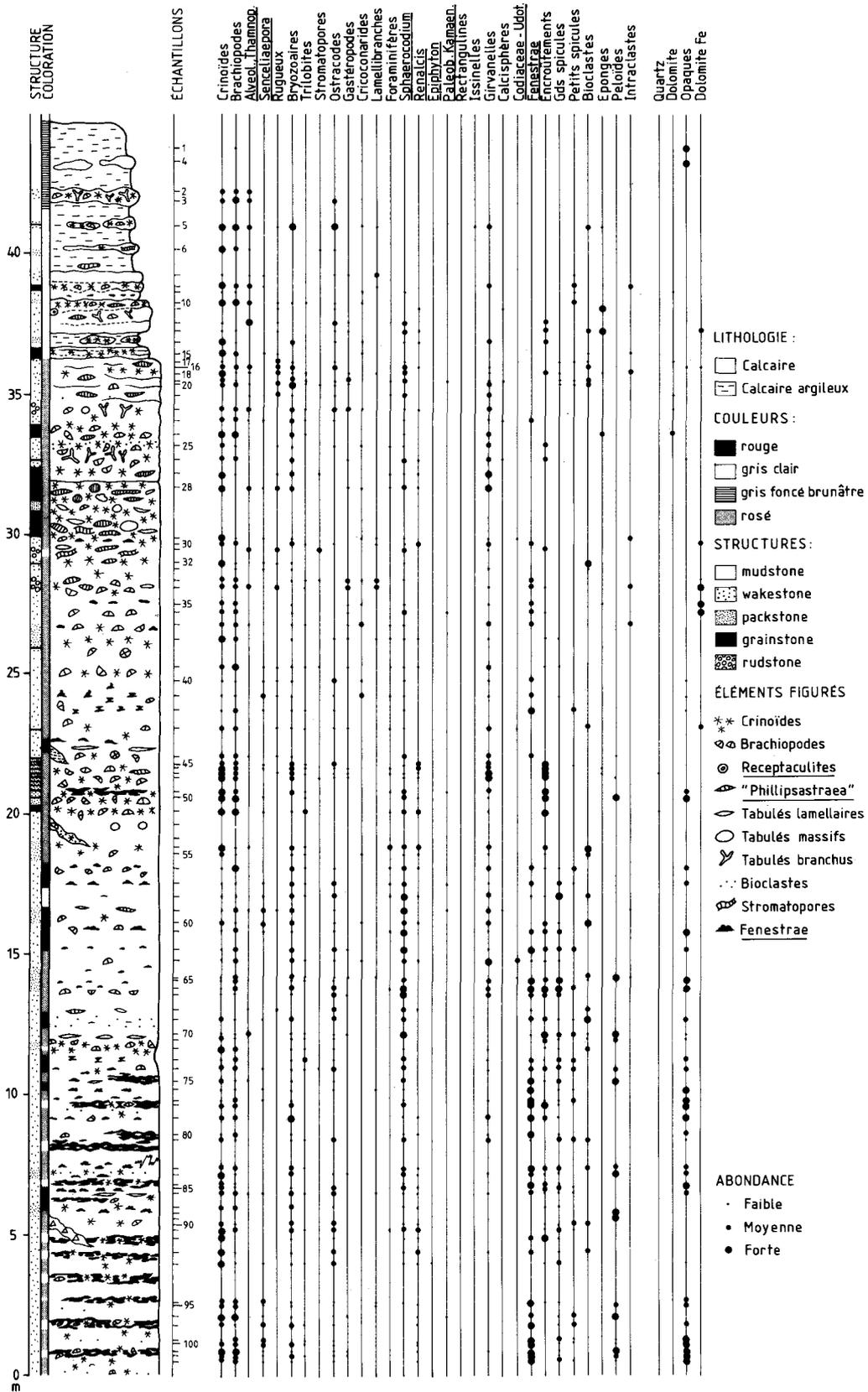


Figure 3.- Levé «banc par banc» de la paroi Est (coupe A de la fig. 2) de la carrière de Tapoumont et inventaire microscopique.

Tableau 1

Macro- et microfaunes, microflore et caractères sédimentologiques des microfaciès. Les symboles de structure et de couleur sont les mêmes qu'à la figure 3.

MF	couleur	structure	forme } fenestrae	taille } fenestrae	Crinoïdes	Brachiopodes	"Phillipsastrea" tabul.	Rugueux solitaires	Senceliaepora	autres Tabulés	Stromatopores	Fénelidés	Fistuliporidés	Lamellibranches	Ostracodes	Trilobites	Gastéropodes	Cricoconarides	Foraminifères	Spicules	Mégasclères	nodules Éponges	Girvanelles	Sphaerocodium	Renalcis	Udotécées	péloïdes	diamètre pél. (microns)	microbrèches
1																													
2																													50 200
3																													
4																												100 500	
5																												100 500	
6																												50 300	
7																												100 500	
8																												50 500	
9																												100 500	
10																												100 500	
11																												30 500	
R1																												30 500	
PB1																													
PB2																													
PB3																													
PB4																												100 1000	

• occasionnel

☼ encroûté

○ fréquent

/ brisé

● abondant

Mudstones et floatstones roses à spicules et Coraux (MF 1)

Mudstones et wackestones rouges à fenestrae et spicules (MF 2)

Les fenestrae ont généralement un fond plat, car les cavités sont remplies de sédiments internes, et un sommet digité. Leur dimension horizontale oscille autour du cm, leur extension verticale est millimétrique. Le ciment qui les remplit est une calcite radiaxiale (Bathurst, 1959) ou à axes optiques en fascicules («fascicular-optic», Kendall, 1977), parsemés d'abondantes inclusions submicroniques de matière organique et de pyrite. Ces ciments sont parfois associés à une sparite plus tardive. Des tapis algaires couvrent le fond de quelques fenestrae (fig. 4). Certaines fenestrae, non digitées, correspondent à des structures de protection sous des coquilles.

Ces fenestrae centimétriques sont parfois accompagnées de fenestrae plus petites, d'environ 1 mm d'extension latérale, à remplissage sparitique.

La micrite, comme dans la plupart des microfaciès décrits, est parfois transformée en microsparite.

Les péloïdes algaires, ubiquistes dans les différents microfaciès, mais présents en abondance variable, sont irréguliers, à bords diffus, de diamètre variant généralement entre 30 et 500 µm (tabl. 1).

Wackestones rouges à spicules, Gastéropodes et Crinoïdes (MF 3)

Wackestones et Floatstones rosés à rouges à Crinoïdes et Rugueux (MF 4)

Les Crinoïdes, non encroûtés mais souvent bioérodés, commencent à former une part importante du sédiment et seront dominants dans les microfaciès suivants. Les «Phillipsastrea» sont parfois encroûtés par des Stromatopores. Les quelques Tabulés branchus (*Thamnopora*) ou lamellaires (*Alveolites*) sont souvent encroûtés par *Sphaerocodium*.

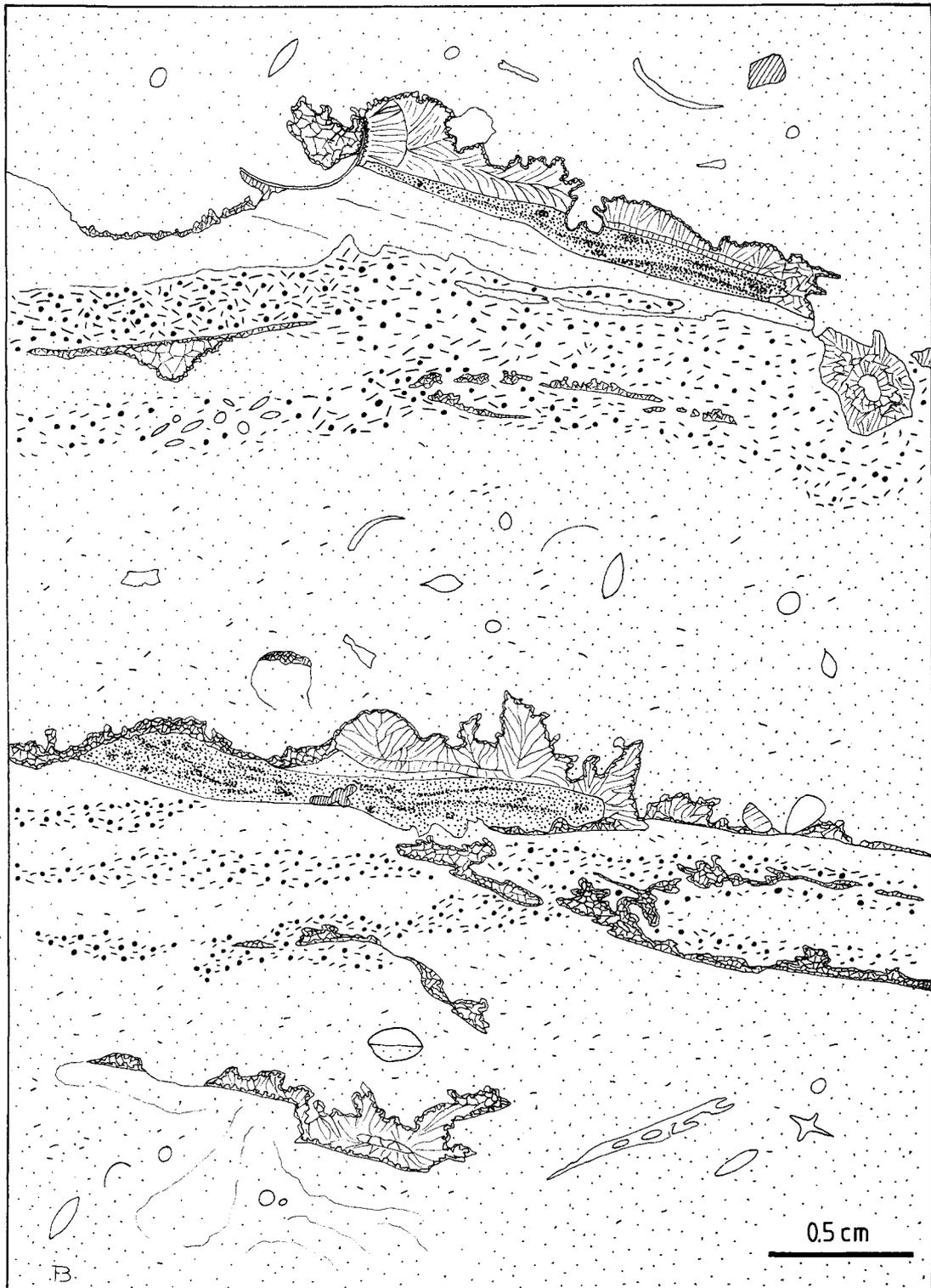


Figure 4

Lame mince (l.m.) ULB TP 57 (Tapoumont). La micrite est représentée par un pointillé, les péloïdes par des points plus gros et les spicules par des tirets. Les *fenestrae*, dont le fond est couvert par des tapis cryptalgaires, sont cimentées par de la calcite radiale. Vers le milieu de la figure, on peut observer un tapis cryptalgair recouvert par de la micrite peut-être éboulée du «toit» de la cavité.

Wackestones rosés à petites fenestras, Crinoïdes et péloïdes algaires (MF 5)

Les *fenestras* sont fréquentes et identiques aux trois types décrits au MF 2.

La microfaune et la microflore, dominées par les péloïdes algaires et les Crinoïdes (parfois bioérodés, et souvent sous forme de plusieurs articles non dissociés), s'enrichissent et se diversifient nettement par rapport aux microfaciès précédents (tabl. 1).

Wackestones gris-rosé à grandes fenestras irrégulières (MF 6)

Les *fenestras* sont très abondantes, irrégulières, de taille pluricentimétrique, cimentées par de la calcite radiaxiale et éventuellement par de la sparite dans une phase plus tardive. Ces ciments également sont parsemés d'inclusions opaques. Ils contiennent fréquemment des Crinoïdes, des Fenestellidés, des Brachiopodes, des *Senceliaepora*, et occasionnellement des Ostracodes, des pelotes algaires (Girvanelles, *Sphaerocodium*) et des spicules. Tous ces éléments figurés sont remarquablement bien conservés.

Quelques unes de ces *fenestras* se sont développées sous la protection de coquilles.

La matrice, qui est légèrement microsparitique, contient principalement des spicules parfois encroûtés, des Crinoïdes et des Brachiopodes (tabl. 1).

Wackestones à packstones rouges-rosés à petites fenestras, Crinoïdes et spicules encroûtés (MF 7)

Les *fenestras* très semblables aux types reconnus dans les microfaciès 2 et 5 ont une surface inférieure plane, un sommet digité et une extension latérale et parfois verticale centimétrique. On observe souvent un remplissage microsparitique ou de péloïdes irréguliers, aux contours diffus et de 0,3 mm de diamètre à leur base. Le ciment est constitué de calcite radiaxiale, de calcite en fibres très fines formant des couches isopaques ou de sparite; tous ces ciments sont chargés en impuretés.

On constate quelques rares inclusions de Crinoïdes ou de Fénestelles. Quelques-unes de ces *fenestras* se sont développées sous la protection de coquilles.

La matrice, légèrement microsparitique, contient principalement des spicules, des Crinoïdes bioérodés, parfois encroûtés, à articles accolés, des Brachiopodes, etc. On constate une nette augmentation de l'abondance des encroûtements.

Packstones - grainstones gris à fenestras irrégulières, à péloïdes algaires et spicules encroûtés (MF 8)

Les *fenestras* très irrégulières sont de taille variable. Le ciment radiaxial chargé en impuretés comble les vides entre éléments figurés ou agrégats d'éléments figurés. Une sparite à impuretés comble les cavités ultimes. Les ciments contiennent de nombreux éléments figurés, essentiellement des péloïdes algaires, des fragments de tapis algaires, des spicules encroûtés, des Girvanelles et *Sphaerocodium*, des Brachiopodes et des Fénestellidés. Les Crinoïdes sont plus rares.

Packstones et grainstones rosés à Crinoïdes, Brachiopodes, péloïdes algaires, encroûtements et fragments d'encroûtements (MF 9)

Le ciment est de la sparite claire; la matrice, peu recristallisée, contient une microfaune et une microflore très diversifiées, dominées par les Crinoïdes, Brachiopodes, Fénestellidés, etc. Les encroûtements sont l'oeuvre des Girvanelles et des *Sphaerocodium*. On constate souvent la coexistence de Crinoïdes encroûtés et non encroûtés.

Rudstones et grainstones rosés à fenestras irrégulières, Brachiopodes, Tabulés, Crinoïdes et Lamellibranches (MF 10)

Les *fenestras*, très irrégulières, sont cimentées par de la calcite radiaxiale à impuretés. La matrice est recristallisée. Le ciment et la matrice contiennent une microflore et microfaune variées avec Crinoïdes, Tabulés, Lamellibranches ornements, Stromatopores, Algues encroûtantes, etc.

Rudstones rosés à microbrèches, Coraux, Stromatopores et Crinoïdes (MF 11)

Le ciment est de la calcite sparitique ou de la dolomite. La matrice, présente par endroits est microsparitique. Les éléments figurés sont abondants et diversifiés.

FACIES DE REMPLISSAGE DE CAVITES

Mudstones et wackestones gris à rosés laminaires à péloïdes (MFR1)

Les laminations sont irrégulières, parfois onduleuses, d'épaisseur variable (moins de 30 μm à plus de 1 cm), du type répétitif (superposition de lamines identiques) à péloïdes. Ces laminites contiennent de rares Crinoïdes, petits Brachiopodes, spicules et Ostracodes.

FACIES PERI- ET POST-BIOHERMAUX

Mudstones gris brunâtre (MF PB1)

La micrite, légèrement microsparitique, ne contient que de petits grains d'oxydes de fer, de quelques μm à quelques dizaines de μm de diamètre. Ces grains sont souvent associés en traînées ou filaments de quelques centaine de μm de longueur.

Mudstones gris-brunâtre à fenestras (MF PB2)

Les *fenestras* sont très irrégulières, enchevêtrées, à extension plutôt horizontale, souvent de l'ordre du cm. Le ciment est une calcite radiaxiale à faible développement, en amas de cristaux très enchevêtrés, chargés en inclusions opaques. Par endroits, certaines cavités ultimes sont comblées par de la calcite sparitique ou de la dolomite. La matrice, légèrement microsparitique, contient occasionnellement quelques Ostracodes et spicules.

Floatstones gris-brunâtre à Eponges, Coraux et Stromatopores (MF PB3)

La matrice est peu recristallisée. Les Tabulés lamellaires (*Alveolites*) sont parfois marqués de grosses perforations. Les nodules d'Eponges sont très bien conservés. On remarque des Stromatopores, des Brachiopodes, des «*Phillipsastraea*». Les encroûtements sont absents.

Packstones et grainstones gris foncé à Crinoïdes, Coraux et Brachiopodes (MF PB4)

Le ciment est de la calcite sparitique. La matrice est parfois microsparitique. La microfaune est constituée d'ensembles de plusieurs articles de Crinoïdes, parfois centimétriques, sans encroûtement ni bioérosion, de Brachiopodes, Tabulés branchus, Rugueux solitaires, Ostracodes, Fénestellidés.

ELEMENTS D'INTERPRETATION

GENERALITES

Malgré le caractère local des observations, il est possible, dès à présent, d'inventorier des éléments d'interprétation.

La figure 5 est une représentation schématique des relations entre les différents microfaciès. Ces «relations» objectives rendent compte simple-

ment de l'existence de faciès de transition ou de la coexistence de deux faciès dans une même lame. Ce schéma peut donc être interprété comme suit : des microfaciès représentés à proximité l'un de l'autre et présentant donc des transitions graduelles, ont beaucoup de chances d'avoir été sédimentés dans des conditions semblables; au contraire, des microfaciès situés aux extrémités du schéma correspondent probablement à des milieux fort différents.

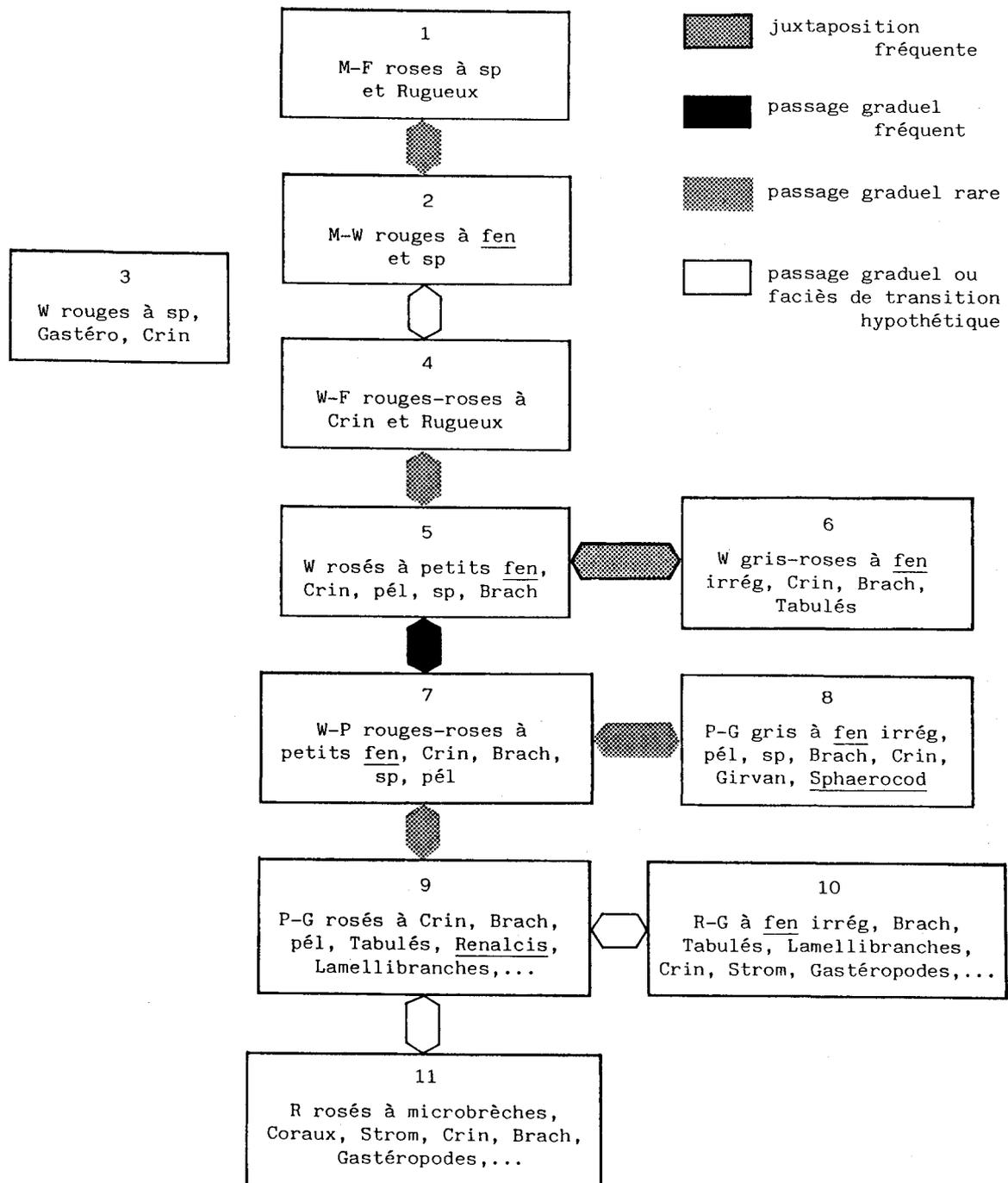


Figure 5.- Représentation schématique des relations entre les microfaciès.

M = mudstone, W = wackestone, P = packstone, G = grainstone, F = floatstone, R = rudstone, fen = *fenestrae*, pél = péloïdes, sp = spicules, Strom = Stromatopores, Crin = Crinoïdes, Brach = Brachiopodes, irrég = irrégulier, Girvan = Girvanelles et *Sphaerocod* = *Sphaerocodium*.



Figure 6. lame mince ULB TP 97.
Fenestra à cimentation radiaxiale et sparitique; la micrite est représentée par un pointillé, les opaques par des taches noires. On peut observer des Crinoïdes, un Brachiopode et quelques cristaux de quartz, au milieu à droite.

Il y a bien sûr une logique qui sous-tend cette distribution quasi linéaire des faciès. Cette logique ne correspond pas à l'évolution d'un seul paramètre du milieu de sédimentation (profondeur, degré d'agitation, d'oxygénation ou d'illumination), mais peut correspondre à l'évolution de plusieurs paramètres éventuellement liés. C'est cette logique qu'il est nécessaire d'appréhender pour comprendre l'évolution d'un bioherme et ses relations avec son environnement, c'est-à-dire les relations qui à chaque environnement de dépôt font correspondre un microfaciès ou un groupe de microfaciès.

MICROFACIES

Les microfaciès 6, 8 et 10 se dégagent immédiatement de l'ensemble par l'abondance, la taille et la complexité des *fenestrae* qui représentent souvent plus de 60% de la roche.

Leur ciment, radiaxial, est toujours fortement chargé en inclusions submicroniques de matière organique, parfois associés à des cristaux automorphes de pyrite de quelques dizaines de microns. Ces *fenestrae* englobent de nombreux organismes qui «flottent» dans le ciment.

Ces microfaciès se présentent de façon caractéristique en couches d'épaisseur constante, variant entre quelques cm et quelques dm, continues latéralement sur plusieurs m, à base et sommet relativement plans (fig. 6).

Ces types de *fenestrae* ne sont pas comparables aux *Stromatactis* classiques définis par Dupont (1881), à base plane et sommet digité.

Les *Stromatactis* s.s., d'ailleurs rares à Tapoumont, ne se rencontrent que dans les mudstones et wackestones rouges à *fenestrae* et spicules et dans les wackestones et packstones rouges-rosés à *fenestrae*, Crinoïdes et spicules encroûtés (MF 2 et 7) et ont une taille très réduite.

Il faut rappeler que depuis la description originale, les *Stromatactis* et, de façon plus générale, les *fenestrae* des monticules de boue ont été sujet à de nombreuses réinterprétations, tant sur le plan de leur morphologie que sur celui de leur remplissage, et finalement de leur genèse (voir à ce sujet les revues bibliographiques de Heckel, 1972, Wilson, 1975 et Pratt, 1982). Le défaut commun de ces conceptions étant leur généralisation à tous les types de *fenestrae*.

L'étude du bioherme de Tapoumont nous apprend que les *fenestrae* sont très diverses et qu'elles paraissent fortement liées au microfaciès, certains types même s'excluant mutuellement. La seule caractéristique commune de ces structures est leur cimentation par de la calcite radiaxiale, suivie éventuellement par un colmatage par de la sparite, indiquant une histoire diagénétique semblable.

Pour ce qui est des *fenestrae* du MF6 et également, mais dans une moindre mesure, des MF8 et 10, nous proposons une origine microbienne ou bactérienne, inspirée du modèle de Pratt (1982). Des tapis mucilagineux croissent à la surface du sédiment, formant un réseau complexe et anastomosé. Leur grande vitesse de croissance, attestée ici par la très faible teneur en détritiques de ces microfaciès (dosage manocalcimétrique; on pourrait également supposer que c'est grâce à une diminution de l'apport détritique que les tapis ont pu se développer, ou que les deux ont joué), leur permet d'englober rapidement les organismes déposés à leur surface, les préservant ainsi de la bioérosion et de la désagrégation.

Le rôle des Eponges dans l'édification de ces tapis (MF 6, 8, 10) paraît subordonné (rareté relative des spicules, absence de morphologies

caractéristiques), de même que celui des tapis cryptalgaires, dont on ne trouve que de rares fragments roulés et englobés dans le sédiment, ce qui atteste de la conservation possible de leur structure dans le milieu de sédimentation - diagenèse, s'ils avaient été à l'origine des *fenestrae*.

La cimentation par de la calcite radiaxiale a dû être très précoce puisqu'on retrouve dans certaines fissures des fragments de sédiment cimenté, associés à des débris infiltrés d'organismes marins. Elle s'est effectuée sans passage par une phase de vide car, dans le cas contraire, les organismes englobés seraient tombés au fond des cavités (fig. 7).

Le ciment a donc commencé à cristalliser au sein même des tapis mucilagineux, probablement à l'intervention de microorganismes créant des micro-milieus favorables (microorganismes dont on retrouverait certaines traces au sein des cristaux de calcite). Cette croissance précoce et rapide, probablement commune à tous les ciments radiaxiaux des monticules de boue a été proposée à de nombreuses reprises par Monty (1982b, 1984), Monty et coll. (1982) et Van Laer & Monty (1984). Il faut cependant remarquer que la présence d'inclusions opaques dans et entre les fibres de calcite radiaxiale ne peut prouver à elle seule que le ciment lui-même est d'origine microorganique.

Ce qui fait l'originalité des *fenestrae* des MF 6, 8 et 10 c'est que ici, les microorganismes à l'origine de la cristallisation de la calcite radiaxiale semblent s'être exprimés avec leur pouvoir constructeur propre, formant des tapis mucilagineux et non en remplissage postérieur de cavités préexistantes (*fenestrae* liées aux Eponges, Bourque & Gignac, 1983, *fenestrae* dues à des phénomènes d'«ombrelles», etc).

La différence entre les MF 6, 8 et 10 tient tout entière dans le type d'éléments figurés associés aux tapis mucilagineux. La diversité, la taille et également le degré de remaniement des éléments figurés semblent croître dans le sens 6-10, indiquant une augmentation de l'énergie du milieu. Cette variation de l'énergie du milieu, si elle provoque un changement dans la nature et la taille des éléments figurés incorporés, ne semble donc pas avoir d'effet sur l'établissement de tapis microorganiques. Le facteur à l'origine de leur développement doit être recherché dans d'autres propriétés du milieu.

Les microfaciès 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11 reflètent une diversification croissante et une augmentation de l'abondance des organismes, correspondant au passage des mudstones aux packstones et grainstones. Cette évolution, qui va de pair avec une augmentation de l'importance

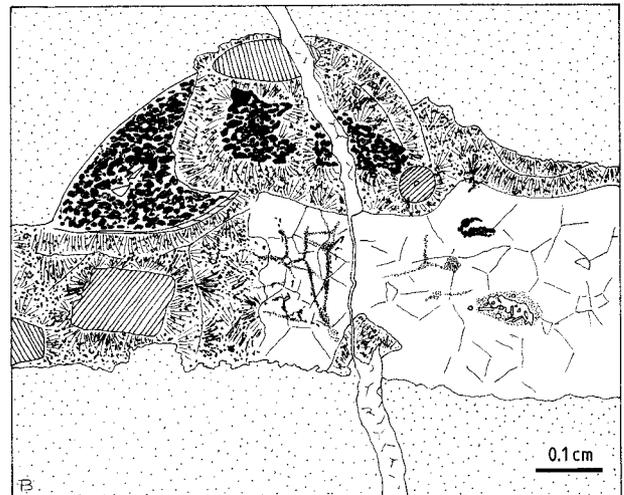


Figure 7.- Bloc scié, Tapoumont. *Fenestrae* du microfaciès 6, cimentées par de la calcite radiaxiale; l'intensité du pigment ferrugineux de la micrite est représentée par la densité du pointillé; la dolomite ferrifère est représentée par des hachures croisées et les accumulations d'organismes précipitant le fer par des taches noires.

des encroûtements par les girvanelles et les *Sphaerocodium*, paraît marquer un accroissement progressif de l'énergie du milieu, parallèlement à une augmentation de l'intensité lumineuse disponible. Cette séquence de microfaciès, caractérisée par une variation à la fois des caractéristiques faunistique et sédimentologique, est à opposer à la séquence décrite par Mendez-Bedia & Soto (1984) dans une construction récifale du Dévonien des Monts Cantabriques, où seul le contenu faunistique évolue. Cette opposition marque la différence entre un système où l'environnement, par ses variations, induit des changements adaptatifs dans la faune et la flore et un système où la dynamique de la population et son évolution spontanée, contrôlée par des facteurs intrinsèques induisent seules des variations du contenu faunistique et floristique.

Il faut remarquer la présence constante de péloïdes d'origine algale (démantèlement de tapis algaires) dans la majorité des microfaciès recensés. Cette omniprésence semble indiquer que, même si leur rôle de liant du sédiment paraît mineur (les tapis algaires intacts sont rares), leur contribution à l'édification du bioherme devait être très importante.

Les faciès de remplissage de cavité, qui peuvent être très divers dans les biohermes (tapis algaires, voiles microorganiques, microstromatolithes, Mamet & Boulvain, 1987 sous presse, Brachiopodes et Orthocères, Crinoïdes...), ne sont représentés ici que par des tapis algaires (endostromatolithes au sens de Monty, 1982a;

Maurin et coll., 1984) dont il faut supposer la tolérance à de faibles conditions d'éclairement. La microséquence d'accrétion dans ces cavités (tapis algaires, ciment radiaxial, sparite) semble correspondre à un phénomène général et répandu et a déjà été observée, notamment dans le Cambrien Inférieur du Nevada (Kobluk, 1981). L'existence de ces cavités est également une preuve du durcissement précoce de certaines parties du bioherme.

Parmi les **microfaciès péri- et post-biohermaux**, les MFPB2, 3 et 4 semblent contemporains du développement de l'édifice, tandis que PB 1 est probablement postérieur. Des observations effectuées à Beauchâteau (Senzeilles) ont en effet permis de constater que les faciès latéraux, contemporains du bioherme (datés par Conodontes par Tourneur, 1982), correspondaient essentiellement au PB4; de même, des passages latéraux entre calcaire biohermal et calcaires argileux latéraux observés aux Bulants (Neuville), ont montré que PB 2 et 3 étaient aussi contemporains du développement de l'édifice.

Il faut remarquer que les microbrèches sont rares dans les microfaciès latéraux (PB 4), et ne proviennent pas du bioherme. Par contre, les lentilles de Crinoïdes, abondantes en périphérie de l'édifice (PB 4), sont des petites coulées de débris remaniant du matériel issu de communautés à Crinoïdes vivant sur les flancs du bioherme.

DISTRIBUTION DES MICROFACIÈS, REPARTITION DES ORGANISMES

Il est apparu nettement lors de la comparaison entre les levés de la paroi E (fig. 2) et de la paroi W (plus proche du centre du bioherme) que les microfaciès à *fenestrae* abondantes et irrégulières (MF 6 et 8) tendent à augmenter très nettement d'importance vers le cœur du bioherme (une dizaine de m à l'E, plus du double au centre). Une variation analogue a déjà été constatée par Schorr (1984) pour des biohermes cryptalgaires jurassiques. Elle indique évidemment que pour des conditions plus favorables aux tapis microorganiques apparaissent graduellement vers le centre de l'édifice.

La coupe A de la figure 8 fait apparaître une évolution dans la répartition des microfaciès. Les faciès à tapis microbiens paraissent typiques de stades assez précoces de développement du «marbre royal» et présentent une grande stabilité. Les oscillations entre milieux de très faible et de plus forte énergie sont beaucoup plus nombreuses vers le sommet de la coupe, avec une tendance à la prédominance des milieux de plus forte énergie.

De même, la coupe B de la figure 8, effectuée au sommet de la bioconstruction, montre également que vers la fin de l'édification du bioherme, les variations de l'énergie du milieu étaient fréquentes et rapides.

Si l'on examine la figure 3, on remarquera que l'écologie particulière des organismes converge avec les caractères sédimentologiques. Les Coraux et les Stromatopores sont plus abondants vers le sommet de la coupe, c'est-à-dire dans les faciès les moins calmes.

On constatera également que les spicules ne deviennent abondants qu'à partir de la disparition des microfaciès à tapis microorganiques. C'est une des observations que nous avons utilisée comme argument pour exclure une participation de ces Eponges à la formation des tapis.

Les réseaux spiculaires conservés ne deviennent abondants quant à eux que dans les faciès péri-biohermaux. Cette observation indique vraisemblablement une diminution de l'activité bioturbatrice, laissant ainsi intactes ces structures fragiles.

Les encroûtements, dûs exclusivement à des Girvanelles et des *Sphaerocodium*, sont abondants vers la partie médiane de la coupe. On remarquera que ces deux Algues ont des répartitions légèrement différentes, l'une relayant l'autre, ce qui tendrait à indiquer une légère différence d'écologie.

GEOMETRIE DE LA BIOCONSTRUCTION

Il serait prématuré de déduire des relations générales d'une étude aussi ponctuelle, mais certaines observations peuvent servir à éclairer quelque peu un débat ouvert depuis des dizaines d'années.

Au cours du levé de la paroi E et au cours de l'étude pétrographique en lame mince, les structures géopètes à cimentation précoce ont été relevées et l'horizontale qu'elles indiquaient a été comparée avec la stratification donnée par la base des Rugueux tabulaires et les joints de stratification. Des angles de divergence variant entre des moyennes de 0° à 15°, suivant l'endroit, ont été enregistrés. Ces observations indiquent une nouvelle fois que la pente actuelle de l'édifice est très nettement exagérée par rapport à la pente originelle, beaucoup plus faible. Cette accentuation de la pente sédimentaire est due à deux phénomènes distincts jouant dans le même sens (Devaney et coll., 1986): d'une part la compaction par évacuation d'eau, qui est beaucoup plus forte dans les faciès micritiques de flanc (MF 3, 4 et 5) que dans les faciès plus grenus à cimentation précoce, prédominants au centre du bioherme (MF 6 et 8) et d'autre part, la pression-dissolution

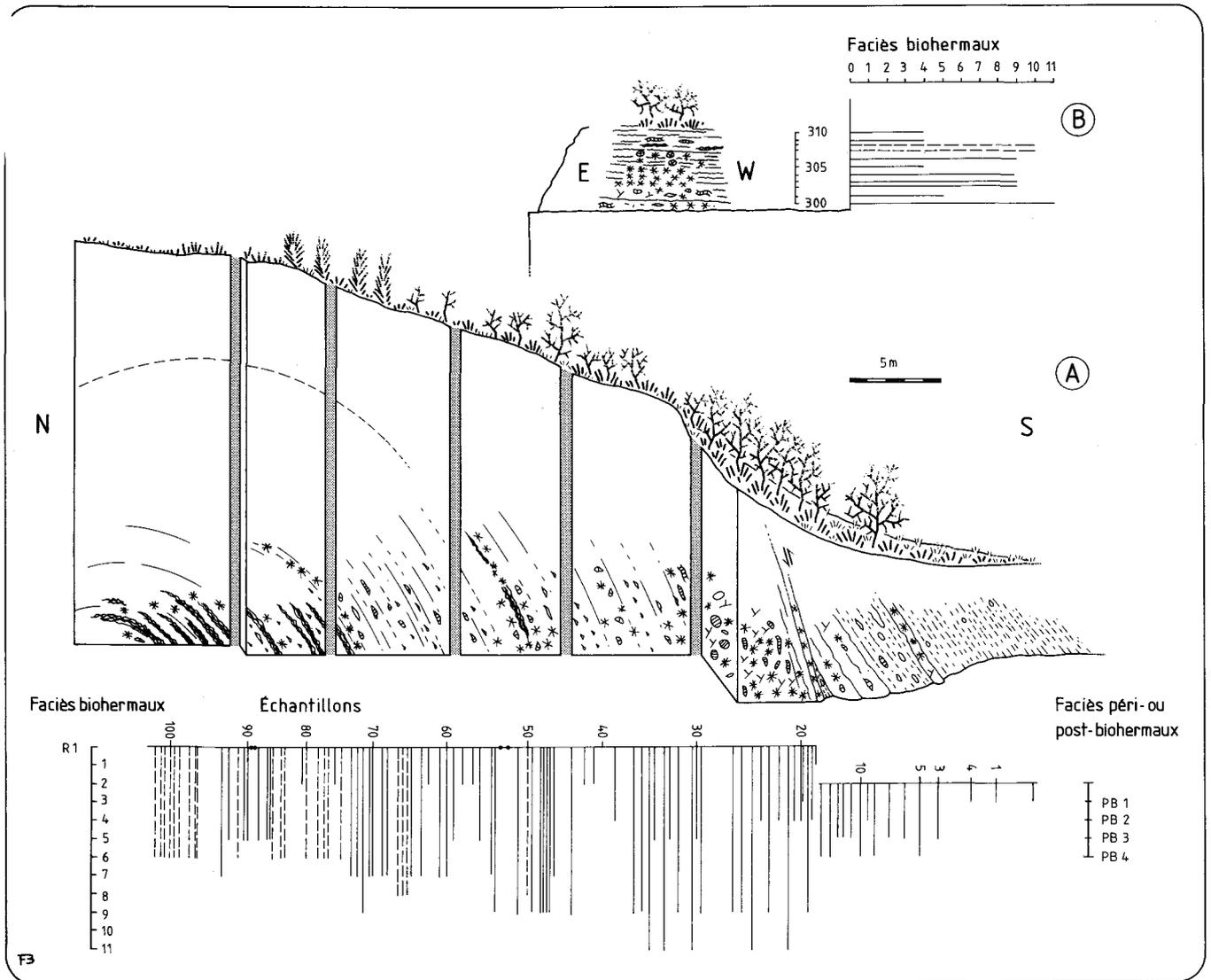


Figure 8.- Répartition des microfaciès à Tapoumont. Coupes A et B, localisation fig. 2.

qui est nettement plus intense dans les faciès de flanc, micritiques et argileux que dans les faciès centraux, pauvres en argiles et souvent cimentés précocement (Wanless, 1979). Ces deux phénomènes ont eu pour effet une réduction d'épaisseur des flancs par rapport au centre de l'édifice, avec augmentation des pentes latérales.

LE PROBLEME DE L'ORIGINE DE LA MICRITE

De nombreux points restent à éclaircir, notamment l'origine de la micrite et de son pigment ferrugineux. La source principale de la micrite est certainement locale, comme en témoignent l'accroissement de la teneur en argiles vers la périphérie du bioherme (manocalcimétrie), l'absence de critères de courants de fond («ripple-marks», abrasion des particules, granoclassement, forme dissymétrique des

bioconstructions) et la faible abondance des organismes piègeurs de sédiments. La fixation du fer semble également être un phénomène localisé à la bioconstruction, puisqu'on n'en observe pas dans les faciès péri-biohermaux. Ces observations viennent à l'appui de celles de Monty et coll. (1982), Dreesen et coll. (1985) et Lees & Miller (1985), et semblent accréditer une origine du fer et peut-être de la micrite par précipitation microorganique. L'extraction du fer de la phase aqueuse et sa précipitation par des microorganismes est un phénomène très répandu dans la nature (voir par exemple son rôle dans la formation des oolithes ferrugineuses, Dahanayake & Krumbein, 1986) et est étudiée depuis fort longtemps (Harder, 1919). Nous avons pu observer dans des remplissages de fissures synsédimentaires du bioherme des Croisettes (Vodecée), des filaments bactériens matérialisés par des oxydes et hydroxydes de fer (fig. 9 a et b)

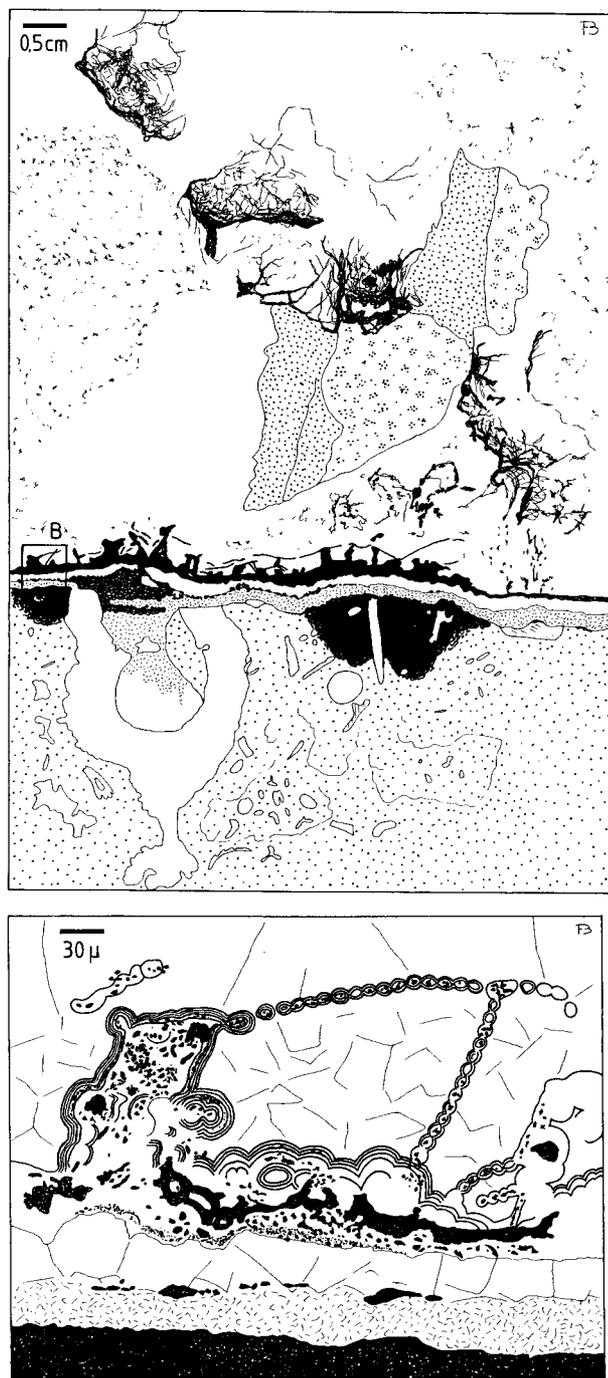


Figure 9.- lame mince ULB CR 1 (Vodécée, bloc scié). Remplissage de fissure, lumière transmise; la micrite est représentée par un pointillé, le ciment est blanc et les opaques sont noirs. Remarquer les nombreux filaments et les encroûtements complexes sur les parois. B. détail de A, lumière réfléchie, immersion d'huile; en noir, hématite, avec une structure concrétionnée, hydroxydes de fer.

et dans des dissolutions de calcaires biohermaux, les mêmes filaments complètement dissociés par la bioturbation.

Il semblerait donc - et c'est notre voie de recherche - que, dans les faciès les plus riches en

oxydes de fer, une part importante de la biomasse ait été constituée par des organismes précipitant le fer sous forme oxydée, probablement à partir d'eaux à caractère plus ou moins réducteur, organismes qui auraient disparu lors du passage du biohermes dans des zones plus oxygénées, caractérisées par des faciès gris.

CONCLUSION

L'étude sédimentologique du bioherme de Tapoumont, considérée comme un travail préliminaire, devra être complétée par l'étude détaillée d'autres biohermes, qui seule élargira l'inventaire des microfaciès tout en précisant leur interprétation.

La comparaison entre biohermes stratigraphiquement équivalents devrait permettre de distinguer les phénomènes induits par la croissance de la bioconstruction et son influence sur le milieu local, de ceux, plus généraux, qui ont affecté tout le bassin de sédimentation.

Cette étude a permis de mettre en évidence douze microfaciès biohermaux, trois microfaciès péri-biohermaux et un microfaciès post-biohermal. Les microfaciès biohermaux, très diversifiés, témoignent de conditions de sédimentation variées (croissance de tapis microorganiques, de tapis algaires, types pétrographiques variant des mudstones aux grainstones) et ont pu être classés suivant une logique simple, celle de l'augmentation de l'énergie du milieu et de la lumière disponible. Les microfaciès biohermaux à tapis microorganiques paraissent échapper à cette logique et doivent leur développement à d'autres variations des conditions du milieu. Ces variations, probablement sensibles à l'échelle locale, induisent des passages latéraux entre microfaciès.

Plusieurs types de *fenestrae* ont été recensés; si leur phase de cimentation doit être attribuée à un phénomène commun aux différents types, la formation de la cavité semble due à des processus différents. Une origine microorganique est proposée pour un des types de cavité.

La géométrie actuelle du bioherme est essentiellement un effet de la compaction différentielle des faciès de flanc par rapport aux faciès centraux de l'édifice, ce qui a eu comme conséquence une forte augmentation des pentes latérales.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Messieurs Herbosch, Mamet, Monteyne et Plaziat pour la lecture critique du manuscrit et les fructueuses

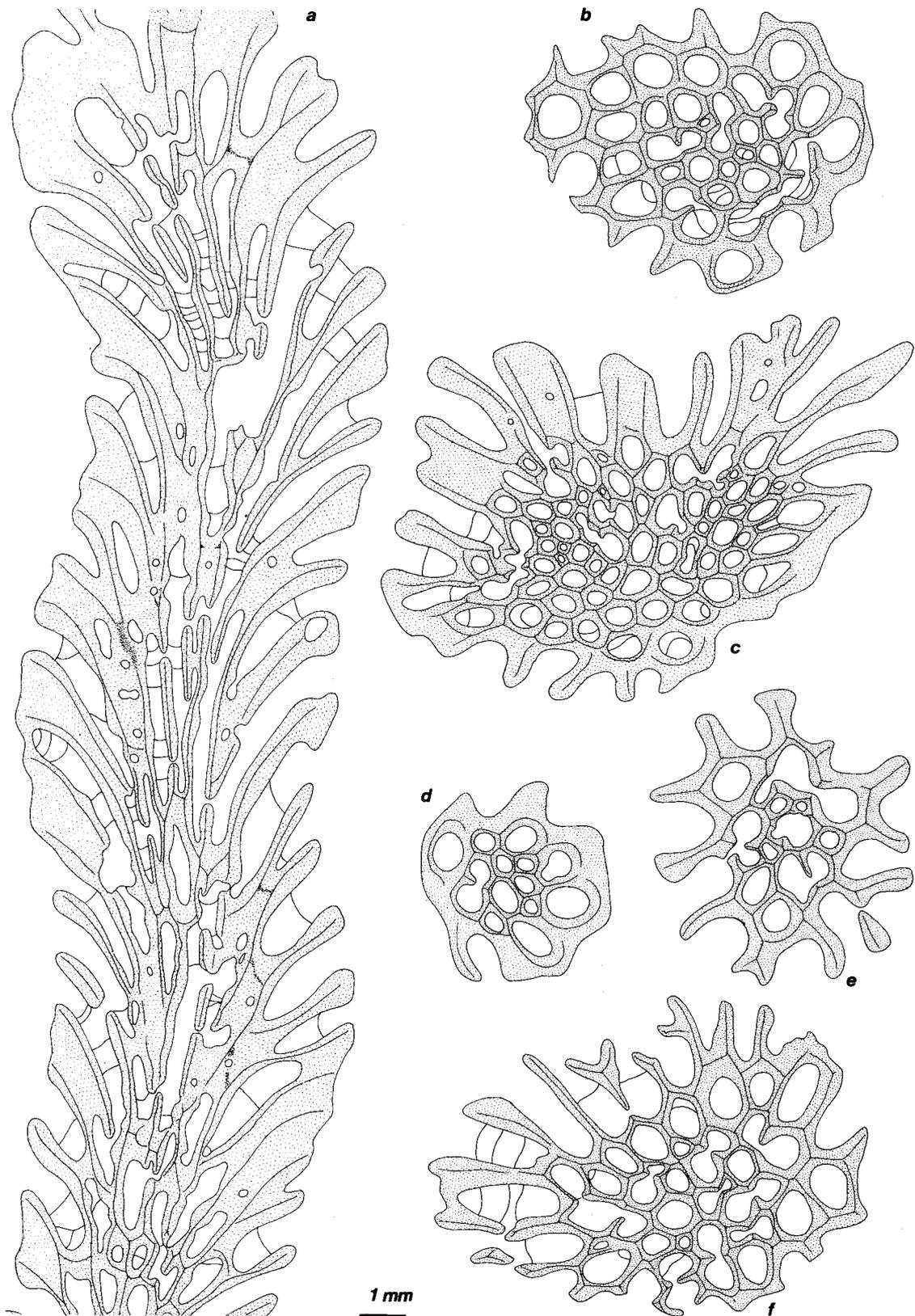


Figure 10.- *Thamnopora micropora* Lecompte, 1939.

a) section longitudinale d'une branche non bifurquée, aux calices obliques (l.m. UCL 17892); b) section transversale, aux polypières subgax (l.m. UCL 15051); c) section transversale d'une branche bifurquée; nombreux petits polypières dus à la gemmation intense; large couronne de polypières obliques en périphérie (l.m. UCL 17888); d) section transversale d'une jeune branche; les caractères sont comparables à ceux des spécimens de Rance, figurés par F. Tourneur *in* Biron et coll. (1983, p. 324, fig. 6) (l.m. UCL 15058); e) section transversale d'un rameau aux polypières très inégaux (l.m. UCL 17065); f) section transversale d'une branche à la périphérie mal conservée (l.m. UCL 17071). Les spécimens des figures a-d proviennent du bioherme et ceux des figures e et f des faciès latéraux.

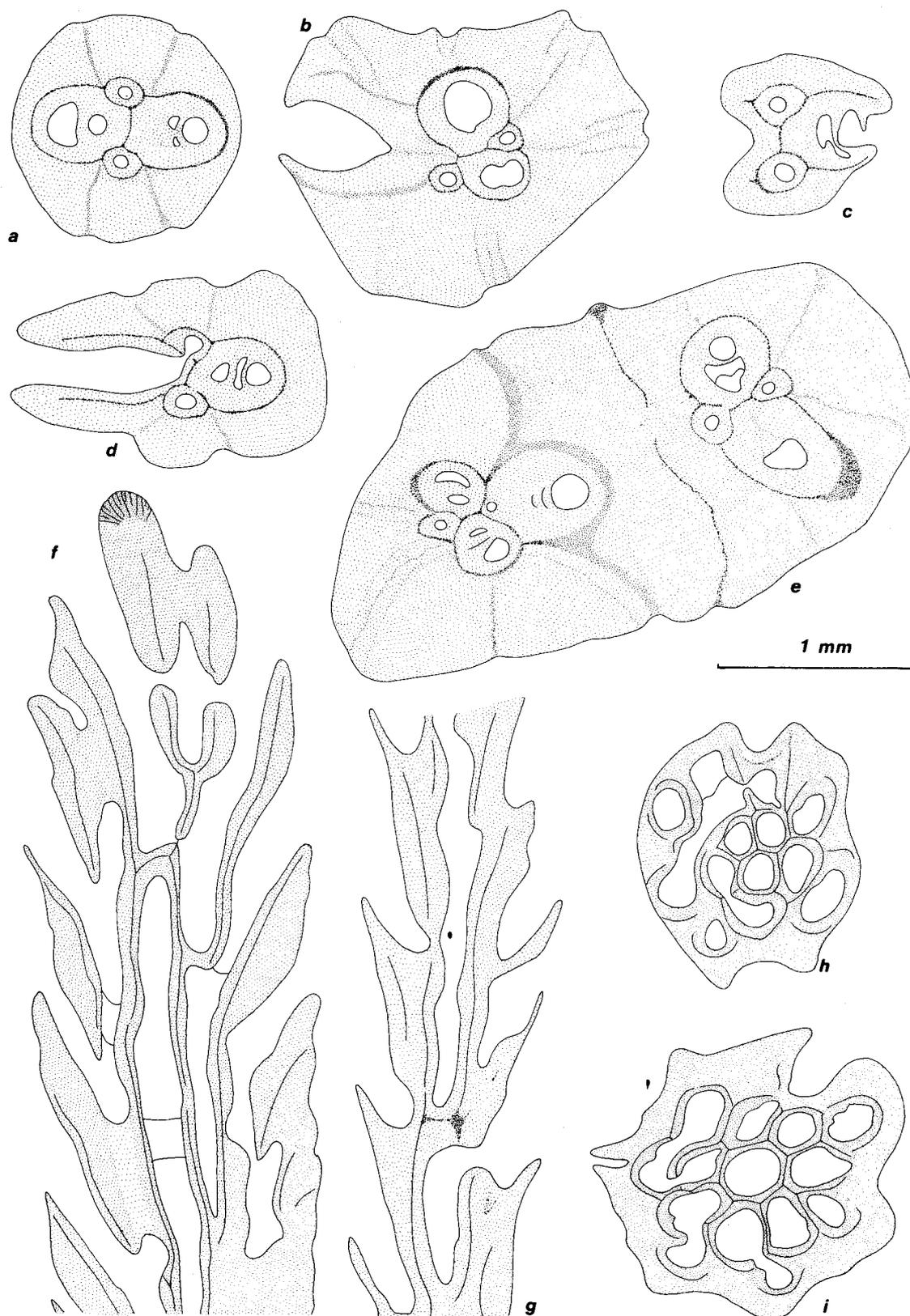


Figure 11.- a-e : *Senceliaepora tenuiramosa* Lafuste et Tourneur.

a) section transversale à quatre polypières, présentant l'aspect typique de l'espèce (l.m. UCL 17892); b) section transversale à cinq polypières; remarquer les encoches du profil externe du rameau (l.m. UCL 17282); c) section transversale d'une partie immature; la couronne périphérique épaissie est peu développée, mais les fortes squamules sont particulièrement nettes (l.m. UCL 17894); d) section transversale à quatre polypières; remarquer le pore mural qui unit un petit polypière à un grand (l.m. UCL 17284); e) section transversale d'une branche en voie de bifurcation; les manchons périphériques sont nettement développés; remarquer la disposition opposée des polypières dans les deux noyaux des futurs rameaux (l.m. UCL 17894).

f-i : *Egosiella gracilis* (Lecompte 1939).

f) section longitudinale dans l'extrémité d'une branche; remarquer les calices fort obliques et la rareté des planchers; au sommet, un *Sphaerocodium* (l.m. UCL 15058); g) section longitudinale légèrement excentrée; la disposition en épi des calices est particulièrement typique (l.m. UCL 15058); h) section transversale à la périphérie abîmée (l.m. UCL 15056); i) section transversale à la périphérie épaissie et bien conservée (l.m. UCL 15058).

discussions auxquelles elle a donné lieu, Monsieur Casier pour les renseignements qu'il leur a communiqués ainsi que Monsieur Abraham, Président du C.A. de la S.A. Carrières Gauthier-Wincqz pour leur avoir autorisé l'accès à la carrière de Tapoumont.

BIBLIOGRAPHIE

- BATHURST, R.G.C., 1959.- The cavernous structure of some Mississippian *Stromatactis* reefs in Lancashire, England. *J. of Geology*, 67: 506-521.
- BAYET, 1899.- Notes Archives Service Géologique de Belgique, planchette 182 E (Senzeille).
- BIRENHEIDE, R., 1985.- Chaetetida und Tabulate Korallen des Devon. Leitfossilien begründet von G. Gürich, 2, völlig neu bearbeitet Auflage. n°3, Gebrüder Bornträger, Berlin-Stuttgart.
- BIRON, J.P., COEN-AUBERT, M., DREESEN, R., DUCARME, B., GROESSENS, E. & TOURNEUR, F., 1983.- Le Trou de Versaille ou Carrière à Roc de Rance. *Bull. Soc. belge Géol.*, 92 (4): 317-336.
- BOURQUE, P.-A. & GIGNAC, H., 1983.- Sponge-constructed mud mounds, Silurian of Gaspé, Québec. *J. of Sedimentary Petrology*, 53 (2): 521-532.
- COEN, M., COEN-AUBERT, M. & CORNET, P., 1977.- Distribution et extension stratigraphique des récifs à «*Phillipsastraea*» dans le Frasnien de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XCVI (4): 325-331.
- COEN-AUBERT, M., 1982.- Rugueux solitaires du Frasnien de la Belgique. *Bull. Inst. r. Sc. Nat. Belgique*, 54 (6) Sc. de la Terre, 65 p.
- DAHANAYAKE, K. & KRUMBEIN W.E. (1986).- Microbial structures in oolitic iron formations. *Mineral. Deposita*, 21: 85-94.
- DEVANEY, K.A., WILKINSON, B.H. & VAN DER VOO, R., 1986.- Deposition and compaction of carbonate clinothems: the Silurian Pipe Creek Junior complex of east-central Indiana. *Geol. Soc. of America Bull.*, 97: 1367-1381.
- DREESEN, R., BLESS, M.J.M., CONIL, R., FLAJS, G. & LASCHET, C., 1985.- Depositional environment, palaeoecology and diagenetic history of the «Marbre rouge à Crinoïdes de Baelen» (Late Upper Devonian, Verviers Synclinorium, Eastern Belgium). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 108: 311-359.
- DUMON, P., DUBRUL, L. & FOURMARIER, P., 1954.- Le Frasnien. In: P. Fourmarier (éd) «Prodrome d'une description géologique de la Belgique», *Soc. géol. Belgique*, 826 p.
- DUPONT, E., 1881.- Sur l'origine des calcaires dévoniens de la Belgique. *Bull. Acad. r. Sc. Lettres et B. Arts Belgique*, 3e série II (9-10): 264-280.
- GOLDFUSS, A., 1826.- *Petrefacta Germaniae*, 252 p.
- GROESSENS, E., 1984.- Ornamental and building stones from Belgium. *Stone Industries*, juin 1984: 29-35.
- HALL, J., 1851.- New Genera of fossil Corals from the Report by James Hall on the Paleontology of New York. *Am. J. Sci.*, (II), XI: 398-401.
- HARDER, E.C., 1919.- Iron-depositing bacteria and their geologic relations. *U.S. Geological Survey, Prof. Paper* 113, 89 p.
- HECKEL, P.H., 1972.- Possible inorganic origin for *Stromatactis* in calcilutite mounds in the Tully Limestone, Devonian of New York. *J. of Sedimentary Petrology*, 42 (1): 7-18.
- KENDALL, A.C., 1977.- Fascicular-optic calcite: a replacement of bundled acicular carbonate cements. *J. of Sedimentary Petrology*, 47 (3): 1056-1062.
- KOBLUK, E.R., 1981.- Earliest cavity-dwelling organisms (coelobionts), Lower Cambrian Poleta Formation, Nevada. *Can. J. Earth Sc.*, 18: 669-679.
- LAFUSTE, J. & TOURNEUR, F., 1988.- *Dendropora* Michelin, 1846 et le nouveau genre dendroporimorphe *Senceliaepora* du Givétien et du Frasnien de la Belgique. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris (sous presse).
- LECOMPTE, M., 1933.- Le genre *Alveolites* dans le Dévonien moyen et supérieur de l'Ardenne. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belg.*, 55: 1-50.
- LECOMPTE, M., 1939.- Les Tabulés du Dévonien moyen et supérieur du bord Sud du Bassin de Dinant. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belg.*, 90, 230 p.
- LEES, A. & MILLER, J., 1985.- Facies variations in Waulsortian buildups, Part 2, Mid-Dinantian buildups from Europe and N. America. *Geol. J.*, 20: 159-180.
- MAILLEUX, E., 1921.- Notes Archives Service Géologique de Belgique, planchette 182 E (Senzeille).
- MAILLEUX, E. & DEMANET, F., 1928.- L'échelle stratigraphique des terrains primaires de la Belgique. *Bull. Soc. belge Géol.*, 38: 124-131.
- MAMET, B. & BOULVAIN, F., 1987.- Remplissages bactériens de cavités biohermales frasniennes. *Bull. Soc. belge Géol.*, sous presse.
- MAURIN, A.-F., CAMOIN, G. & BERNET-ROLLANDE, O., 1984.- Interface mats and endostromatolites from a Barremian-Aptian (Urgonian) mud-mound. Cefalù (Sicily). (Abstract). *5th IAS Eur. Reg. Meeting of Sedimentology*, Marseille: 274-275.
- MENDEZ-BEDIA, I. & SOTO, F., 1984.- Paleocological succession in a Devonian organic buildup (Moniello Fm., Cantabrian Mountains, NW Spain). *Geobios, Mém., Sp.*, 8: 151-157.
- MILNE-EDWARDS, H. & HAIME, J., 1851.- Monographie des polypiers fossiles des terrains paléozoïques. *Arch. Mus. Nat. Paris*, V, 502 p.
- MONTY, C.L.V., 1982a.- Cavity or fissure dwelling stromatolites (endostromatolites) from Belgian Devonian mud-mounds (extended abstract). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 105: 343-344.
- MONTY, C.L.V., 1982b.- Microbial spars. (Abstract). *11th Int. Congress on Sedimentology IAS*, Hamilton: 26.
- MONTY, C.L.V., 1984.- Mud-mounds: geology and palaeoecology. in «Géologie et Paléoécologie des Récifs», Geister et Herb (eds), 3e cycle romand en Sc. de la Terre: 23.1-23.8.
- MONTY, C.L.V., BERNET-ROLLANDE, M.C. & MAURIN, A.F., 1982.- Re-interpretation of the Frasnian classical «reefs» of the southern Ardennes, Belgium. (Extended abstract). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 105: 339-341.
- PENECKE, K.A., 1904.- Das Sammelergebnis Dr Franz Schaffer's aus dem Oberdevon von Hadschin im Antitaurus. *Jbh. Kais.-Kön. Geol. Reichs.*, LIII (1): 141-152.
- PRATT, B.R., 1982.- Stromatolitic framework of carbonate mud-mounds. *J. of Sedimentary Petrology*, 52 (4): 1203-1227.
- SCHORR, M., 1984.- Distribution of microfacies and chemofacies in Lower Tithonian algal-sponge mud mounds of the Swabian Alp, South Germany. *5th IAS Eur. Reg. Meeting of Sedimentology*, Marseille: 401.
- TOURNEUR, F., 1982.- Conodontes de trois «récifs de marbre rouge F2j». Stratigraphie et écologie. *Bull. Soc. belge Géol.*, 91 (2): 91-102.
- VAN LAER, P. & MONTY, C.L.V., 1984.- The cementation of mud-mound cavities by microbial spars. (Abstract). *5th IAS Eur. Reg. Meeting of Sedimentology*, Marseille: 446-447.
- WANLESS, H.R., 1979.- Limestone response to stress - Pressure solution and dolomitization. *J. of Sedimentary Petrology*, 49: 437-462.
- WILSON, J.L., 1975.- Carbonate facies in geologic history. Springer Verlag, 471 p.