

SEDIMENTOLOGIE, DIAGENESE ET STRATIGRAPHIE DES BIOHERMES DE MARBRE ROUGE DE LA PARTIE SUPERIEURE DU FRASNIEN BELGE

*Compte-rendu de la session
extraordinaire des sociétés
géologiques belges les 14
et 15 septembre 1990.*

par

*Frédéric BOULVAIN (sédimentologie,
diagenèse)¹ & Marie COEN-AUBERT
(biostratigraphie)²*

TABLE DES MATIERES

Résumé
Abstract

1. Introduction
2. Biostratigraphie
3. Aperçu sédimentologique et diagenétique
 - 3.1. Modèles de monticules
 - 3.1.1. Les monticules du type "Les Bulants"
 - 3.1.2. Les monticules du type "Les Wayons-Hautmont"
 - 3.1.3. Les monticules du type "Saint-Rémy"
 - 3.2. Corrélations séquentielles
 - 3.3. Interprétation des paléo- environnements

- 3.3.1. Origine de la pigmentation rouge de certains faciès
- 3.3.2. Analyse de la microflore
- 3.3.3. Interprétation en termes de paléoenvironnements des faciès biohermaux et extra-biohermaux
- 3.3.4. Paléobathymétrie
- 3.3.5. Les faciès au bord nord du Synclinorium de Dinant et aux bords sud et nord-est du Synclinorium de Namur
- 3.4. Paléogéographie et établissement d'une courbe de variation eustatique pour la partie supérieure du Frasnien
- 3.5. Evolution post-sédimentaire
4. Description des affleurements visités
 - 4.1. Carrière de Beauchâteau à Senzeille
 - 4.2. Carrière des Bulants à Neuville
 - 4.3. Coupe de la tranchée du chemin de fer Philippeville-Mariembourg, près de Neuville
 - 4.4. Carrière des Croisettes à Vodecée
 - 4.5. Carrière du Tienne à l'Gatte à Philippeville
 - 4.6. Carrière Rochefontaine à Franchimont
 - 4.7. Coupe de la tranchée d'accès sud à la carrière du Lion, à Frasnes

¹ Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université Libre de Bruxelles, Avenue F.D. Roosevelt 50 - B-1050 Bruxelles.

² Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Département de Paléontologie, Rue Vautier 29 - B-1040 Bruxelles.

- 4.8. Carrière du Hautmont à Vodelée
- 4.9. Carrière Saint-Rémy à Rochefort
- 4.10. Coupe de Huccorgne

Remerciements
Bibliographie

RESUME

Ce travail présente brièvement une vision globale de la géologie des monticules micritiques "F2j" de la partie supérieure du Frasnien de la Belgique. Il aborde successivement la stratigraphie et la sédimentologie des édifices, l'évolution paléogéographique du bassin de sédimentation en relation avec les mécanismes eustatiques et l'évolution diagénétique des monticules et de leur encaissant. On décrit en détail une sélection de coupes de monticules et des faciès stratigraphiquement équivalents des zones internes de la rampe carbonatée frasnienne.

ABSTRACT

A global view of the geology of "F2j" mud mounds from the upper part of the Belgian Frasnian is briefly presented. The paper deals successively with the stratigraphy and the sedimentology of the mounds and the paleogeographic evolution of the Frasnian ramp in relation with eustatism. Diagenetic evolution of buildups and enclosing rocks is also considered. A selection of sections from mound, peri-mound and off-mound environments is described in detail.

MOTS CLES

Dévonien, Frasnien Belgique, biohermes, sédimentologie des carbonates, diagenèse stratigraphie.

KEY WORDS

Devonian, Frasnian Belgium, mudmounds, carbonate sedimentology, diagenesis stratigraphy.

1. INTRODUCTION

La session extraordinaire des Sociétés géologiques belges, organisée par la Société belge de Géologie et le Groupe de contact F.N.R.S. de sédimentologie les 14 et 15 septembre 1990 avait pour but de présenter une vision

globale de l'histoire géologique des monticules micritiques "F2j" (biohermes de marbre rouge) du Frasnien de la Belgique. Divers thèmes ont été abordés, parmi lesquels la morphologie et l'anatomie des monticules, l'origine de la boue micritique et de son pigment ferrugineux, les corrélations entre monticules et sédiments stratifiés, déposés au bord nord du Synclinorium de Dinant et dans le Synclinorium de Namur, l'interprétation des paléo- environnements, l'évolution paléogéographique du bassin de sédimentation en relation avec les mécanismes de subsidence, de sédimentation et d'eustatisme et enfin l'évolution diagénétique des monticules micritiques.

Après un rappel biostratigraphique et avant d'aborder la description des affleurements visités lors de l'excursion, chacun de ces thèmes sera traité brièvement, en essayant de dégager les apports récents (Boulvain, 1990) à une étude entamée déjà depuis plus d'un siècle (cf. revues historiques de Gosselet, 1888, p. 13-24 ; Harroy, 1910, p. 330-331 ; Mailleux, 1926, p. 86-95 ; Tourneur, 1981).

2. BIOSTRATIGRAPHIE

La stratigraphie basée sur les rugueux massifs (fig. 1) a été mise au point par Coen, Coen-Aubert & Cornet (1977) et Coen-Aubert (1982). Trois associations de rugueux massifs ou cénozones, indépendantes du faciès, caractérisent en effet la partie supérieure du Frasnien où se développent les lentilles de marbre rouge. Dans la première association (faune 1) domine *Frechastraea carinata* Scrutton, 1968 associé au conodonte *Ancyrognathus triangularis triangularis* Youngquist, 1945. La faune du second assemblage (faune 2) plus variée se dégage progressivement du premier et se compose de *Frechastraea pentagona micrastraea* (Penecke, 1904), *F. limitata* (Milne-Edwards & Haime, 1851), *Phillipsastrea ananas ananas* (Goldfuss, 1826) et parfois de *P. macrommata* (Roemer, 1855). Dès que cette faune est bien individualisée, elle est associée au conodonte *Ancyrognathus asymmetricus* (Ulrich & Bassler, 1926). Quant au troisième assemblage (faune 3) toujours accompagné d'*A. asymmetricus*, il est caractérisé par l'occurrence de *Frechastraea pentagona pentagona* (Goldfuss, 1826), *Phillipsastrea ananas veserensis* Coen-Aubert, 1974 et *Iowaphyllum rhenanum* (Schlüter, 1880) as-

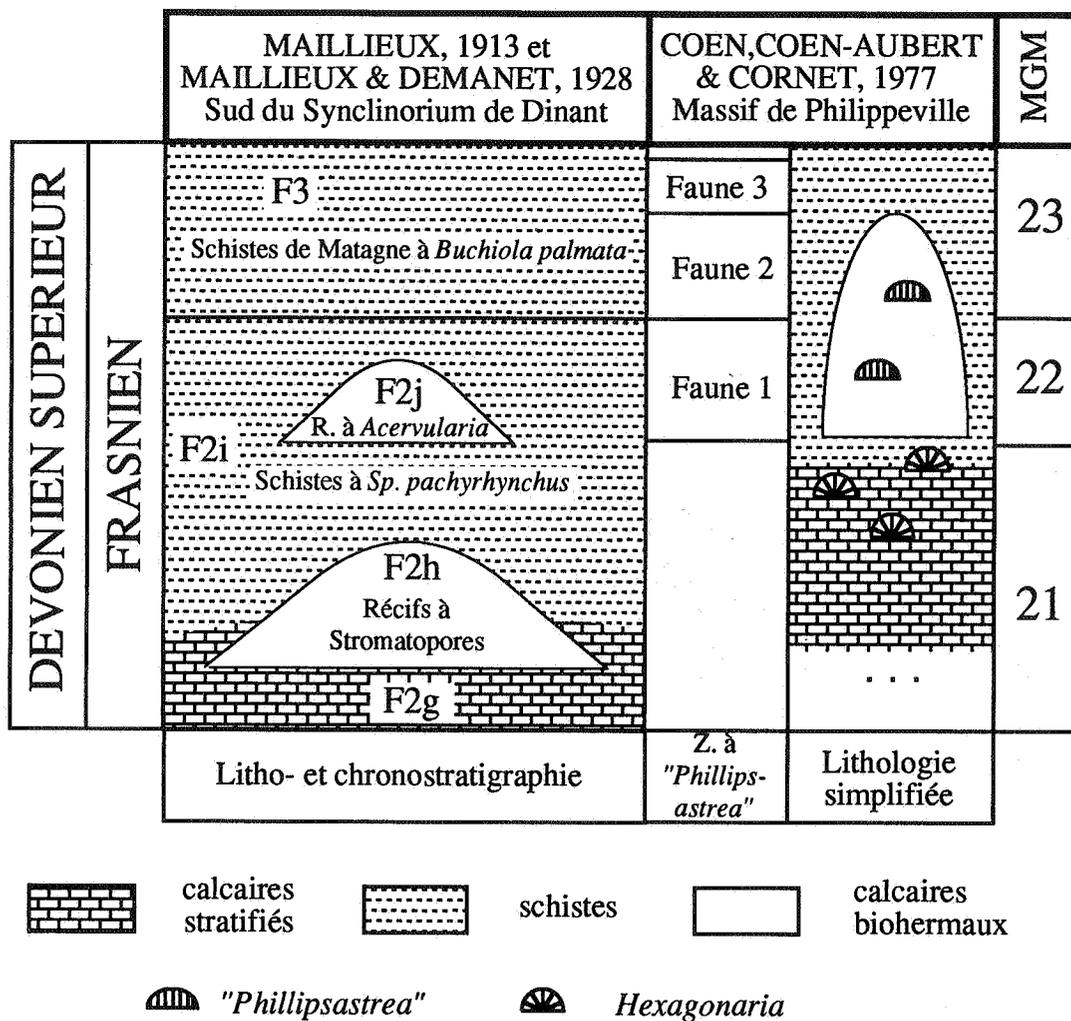


Figure 1 : comparaison entre l'échelle stratigraphique de Maillieux & Demanet (1928) et la zonation proposée par Coen, Coen-Aubert & Cornet (1977).

sociés à *I. mutabile* Tsien, 1978, *Frechastraea kaisini* (Tsien, 1978), *F. pentagona minima* (Rozkowska, 1953) et *Phillipsastrea hennahi falsa* Coen-Aubert, 1987.

D'après leur contenu en coraux et conodontes, les biohermes de marbre rouge sont d'âges très variés. Ainsi, le petit édifice à *Stromatactis* du Fort Condé à Givet se développe entièrement en association avec *Ancyrognathus triangularis triangularis* comme l'a montré l'étude de Tourneur (1982). D'après Coen, Coen-Aubert & Cornet (1977), le bioherme de la carrière des Bulants à Neuville (fig. 2) entame son développement au niveau d'apparition d'*A. triangularis triangularis* et de *Frechastraea carinata* et le termine dès lors qu'on observe la première occurrence d'*Ancyrognathus asymmetricus* et

une faune 2 bien individualisée. Toujours d'après les mêmes auteurs, le bioherme du Petit-Mont à Vodelée démarre en même temps que celui des Bulants, mais contient dans sa partie supérieure *Ancyrognathus asymmetricus*, *Frechastraea pentagona micrastraea* et *Phillipsastrea ananas ananas*. Le long de la bordure orientale du Synclinorium de Dinant, la faune 2 caractérise uniquement les lentilles de marbre rouge des environs de Barvaux-sur-Ourthe, Durbuy et Sy où ont été trouvés l'un ou l'autre *Ancyrognathus asymmetricus*. Au sommet du bioherme du Hautmont à Vodelée apparaissent plusieurs taxons de la faune 3. Enfin, d'après Biron *et al* (1983), les lentilles de marbre rouge de Rance renferment *Frechastraea pentagona minima* et *Phillipsastrea hennahi ranciae* Coen-Aubert,

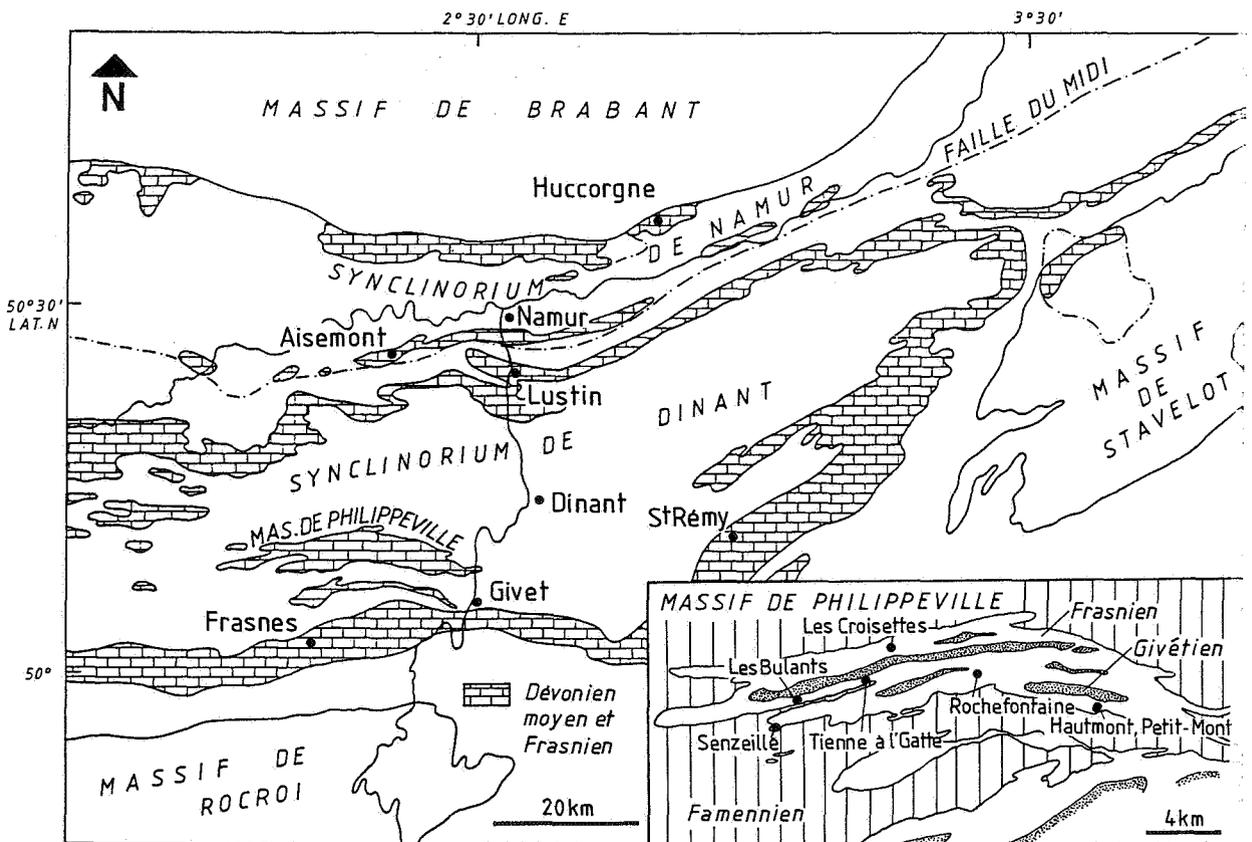


Figure 2 : localisation des biohermes de marbre rouge et des coupes visitées au cours de l'excursion.

1987 juste en-dessous de couches datées de la base du Famennien par conodontes.

3. APERCU SEDIMENTOLOGIQUE ET DIAGENETIQUE

3.1. MODELES DE MONTICULES

Neuf lithofaciès (S1 à S9), auxquels correspondent vingt-neuf microfaciès (tabl. 1), ont été définis sur base de l'étude sédimentologique détaillée d'une dizaine d'édifices bien exposés dans le Massif de Philippeville et au bord sud du Synclinerium de Dinant (fig. 2) (Boulvain, 1990). Au bord nord du Synclinerium de Dinant et dans le Synclinerium de Namur, douze microfaciès se répartissent en six lithofaciès (N1 à N6, tabl. 2), dans les sédiments stratigraphiquement équivalents aux monticules.

Grâce au nombre élevé de coupes et à la qualité des affleurements, la répartition des faciès dans les monticules a pu être reconstituée de manière très détaillée. Cette reconstitution permet de mettre en évidence

plusieurs types de biohermes de marbre rouge qui diffèrent par leur géométrie, leur contenu paléontologique et l'architecture de leurs faciès. Trois modèles ont été développés : les monticules du type "Les Bulants" et "Les Wayons-Hautmont" dans le Massif de Philippeville et du type "Saint-Rémy" au bord sud du Synclinerium de Dinant (fig. 2).

3.1.1. Les monticules du type "Les Bulants"

Ces monticules en forme de lentille aplatie ont une puissance de 30 à 40 mètres et quelques centaines de mètres de diamètre. Ils se sont édifiés au sein de schistes nodulaires et de calcaires argileux à brachiopodes, éponges, coraux, crinoïdes (S2) qui s'enrichissent en éponges à leur proximité. Ces édifices ne possèdent qu'un relief modéré et de faibles pentes périphériques et s'indentent fortement dans les sédiments péri-biohermaux. La différenciation des lithofaciès est uniquement verticale et de leur base vers leur sommet, on observe en gros la séquence des lithofaciès suivants (fig. 3) :

- calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) (Pl. Ia) ; parfois,

calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3) ;

- calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis*, stromatopores (S5) auxquels s'ajoutent, en zone centrale de l'édifice, des "nébuloïdes" (pl. Ic) : structures d'épaisseur décimétrique à métrique et d'extension latérale métrique à plurimétrique, constituées de brachiopodes, crinoïdes et coraux cimentés par de la calcite fibreuse. Les microfaciès correspondants sont surtout des wackestones à petits *Stromatactis*, péloïdes, spicules, crinoïdes, fénestelles (pl. Ib) ;

- calcaires gris à *fenestrae* stromatactoïdes (structures à base plane et sommet digité, cimentées par de la sparite granulaire, à la différence des *Stromatactis* qui sont cimentés par de la sparite fibreuse), tabulés branchus, brachiopodes (S7) (l'un des microfaciès

composant ce lithofaciès est illustré Pl. Id). L'établissement de ce lithofaciès correspond aussi à une forte augmentation de l'extension horizontale des édifices.

Les monticules du type "Les Bulants" sont surmontés de schistes fins, dans lesquels les monticules du type "Les Wayons-Hautmont" commencent ou continuent leur développement.

3.1.2. Les monticules du type "Les Wayons-Hautmont"

Ces monticules forment des dômes de 60 à 80 mètres de puissance et environ 200 mètres de diamètre. Ils sont environnés dès leur niveau inférieur ou moyen de schistes fins (S1) et sont peu indentés avec leur encaissant. Ces édifices développent un relief et des pentes périphériques d'inclinaison atteignant par endroit 30°. C'est ce relief qui est responsable

LITHOFACIES	REPRESENTATION GRAPHIQUE DU MICROFACIES					
	1 segment	2 segments	3 segments	4 segments	5 segments	6 segments
S1 Schistes à faune appauvrie	sch. à lamell., brach., biocl.	sch. bioturbés	sch. laminaires			
S2 Sch. et calc. à brach., sp., cor., crinoïdes,...	<u>M</u> à spicules	<u>W</u> , <u>P</u> à biocl., coraux, sp.	<u>F</u> , <u>C</u> à coraux lamellaires	<u>M</u> bioturbés		
S3 Calc. à <i>Stromatactis</i> , spicules d'éponges	<u>M</u> à <i>Str-is</i> , spicules	<u>M</u> à <i>Str-is</i> , sp. bioclastes	<u>W</u> à biocl., spicules			
S4 Calc. à <i>Str-is</i> , coraux, crinoïdes	<u>W</u> à <i>Str-is</i> , sp., crin., coraux	<u>W</u> à biocl. (crin.,...)				
S5 Calc. à coraux, crin., brach., fen., str-pores		<u>C</u> à crin., pél., cor., str-pores	<u>P</u> , <u>G</u> , <u>R</u> à biocl., crin., fén., pél.	<u>W</u> , <u>F</u> à crin., coraux, biocl.	<u>W</u> à <i>Str-is</i> , crin., fén., pél.	<u>W</u> à <i>Str-is</i> , spicules, pél.
S6 Calc. à brach., crin. = "nébuloïdes"	<u>G</u> à brach., pél. crinoïdes					
S7 Calc. à fen., tabulés branchus, brach.	<u>G</u> à pél., girv. <i>Sphaeroc</i> ,....	<u>W</u> à pél., fen. tabulés branch.				
S8 Calc. à coraux, str-pores, thromb., tapis laminaires	<u>P</u> , <u>G</u> , <u>R</u> bréch. à coraux, ...	<u>Bi</u> à tapis laminaires, coraux,....	<u>Bi</u> à péloïdes, thrombolites	<u>Ba</u> à <i>Renalcis</i> , <i>Palaeomicr.</i>		
S9 Calc. à crinoïdes	<u>R</u> , <u>G</u> bréch. à crin., biocl.	<u>G</u> à crin., pél., biocl. class.	<u>R</u> à crin., fén., biocl.	<u>R</u> à fén., crin., brach.,... pél.	<u>G</u> à pél., biocl. classement.	

Ba = bafflestone, Bi = bindstone, C = coverstone, F = floatstone, G = grainstone, M = mudstone, P = packstone, R = rudstone, W = wackestone. Calc. = calcaire, Sch. = schistes.

biocl. = bioclastes, brach. = brachiopodes, branch. = branchus, bréch. = bréchique, class. = classement, cor. = coraux, crin. = crinoïdes, fén. = fénestelles, fen. = fenestrae, girv. = girvanelles, lamell. = lamellibranches, *Palaeomicr.* = *Palaeomicrocodium*, pél. = péloïdes, *Ren.* = *Renalcis*, *Sphaeroc.* = *Sphaerocodium*, sp. = spicules, *Str-is* = *Stromatactis*, str-pores = stromatopores, thromb. = thrombolite

Tableau 1 : présentation synthétique des lithofaciès et microfaciès des coupes du Massif de Philippeville et du bord sud du Synclinorium de Dinant, avec leur représentation graphique.

LITHOFACIES	REPRESENTATION GRAPHIQUE DU MICROFACIES		
	1 segment	2 segments	3 segments
N1 Schistes et siltites argileuses	siltites	schistes silteux à bioclastes	schistes silteux bioturbés
N2 Calcaires argileux à brachiopodes, crinoïdes, bioclastes, etc...	<u>P</u> bioclastiques à brachiopodes et lamellibranches	<u>W</u> argileux à brachiopodes	<u>M</u> argilo-silteux
N3 Calcaires à oncolithes coraux, lamellib., brach., stromatopores	<u>P</u> et <u>G</u> à oncolithes et péloïdes	<u>W</u> bioclastiques à péloïdes, coraux, brachiopodes, etc...	
N4 Calcaires bioturbés	<u>P</u> à péloïdes et bioclastes	<u>W</u> et <u>P</u> à péloïdes, issinelles, bioclastes	
N5 Calcaires laminaires	<u>W</u> laminaires à péloïdes et bioclastes		
N6 "Loférites"	<u>G</u> à péloïdes et <i>fenestrae</i> irrégulières		

G = grainstone, M = mudstone, P = packstone, W = wackestone.
brach. = brachiopodes, lamellib. = lamellibranches.

Tableau 2 : présentation synthétique des lithofaciès et microfaciès des coupes du bord nord du Synclinorium de Dinant et du Synclinorium de Namur, avec leur représentation graphique.

d'une différenciation sédimentologique horizontale qui se superpose à la différenciation verticale. Il est également à l'origine de la formation de "talus bioclastiques" embryonnaires (calcaires crinoïdiques S9). De la base vers le sommet des monticules, on observe la séquence des lithofaciès suivants (fig. 3) :

- calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3). Au centre des édifices dominant les mudstones à *Stromatactis* (pl. IIa) ;

- calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) ;

- calcaires roses et rouges à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis*, stromatopores (S5) avec, en zone centrale des édifices, des "nébuloïdes". Les microfaciès sont représentés par des wackestones à petits *Stromatactis*, péloïdes, spicules, crinoïdes, fénestelles auxquels s'ajoutent, en zone centrale des monticules, des coverstones à crinoïdes, péloïdes, coraux, stromatopores et des rudstones bioclastiques. En milieu péri-biohermal

apparaissent des calcaires crinoïdiques (S9) interstratifiés avec les schistes fins ; les crinoïdes semblent avoir colonisé la zone de rupture de pente entre fond marin et pentes biohermales, formant par l'accumulation de leurs ossicules désarticulés une couronne bioclastique autour des édifices ;

- au niveau supérieur des biohermes, en zone centrale, des calcaires gris massifs à coraux, stromatopores et tapis laminaires (S8) (pl. Ie) auxquels s'ajoutent en situation plus abritée, des calcaires gris à *fenestrae* stromatactoïdes, tabulés branchus, brachiopodes (S7) ; en périphérie, des calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis*, stromatopores (S5), contenant par endroits de petits édifices thrombolitiques à *Renalcis* et *Palaeomicrocodium* (pl. If) ; plus loin, en direction du milieu péri-biohermal apparaissent à ce niveau des calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4). Ce lithofaciès prograde au-dessus des schistes fins à bancs crinoïdiques péri-biohermaux et marque une nette augmentation du diamètre des édifices ;

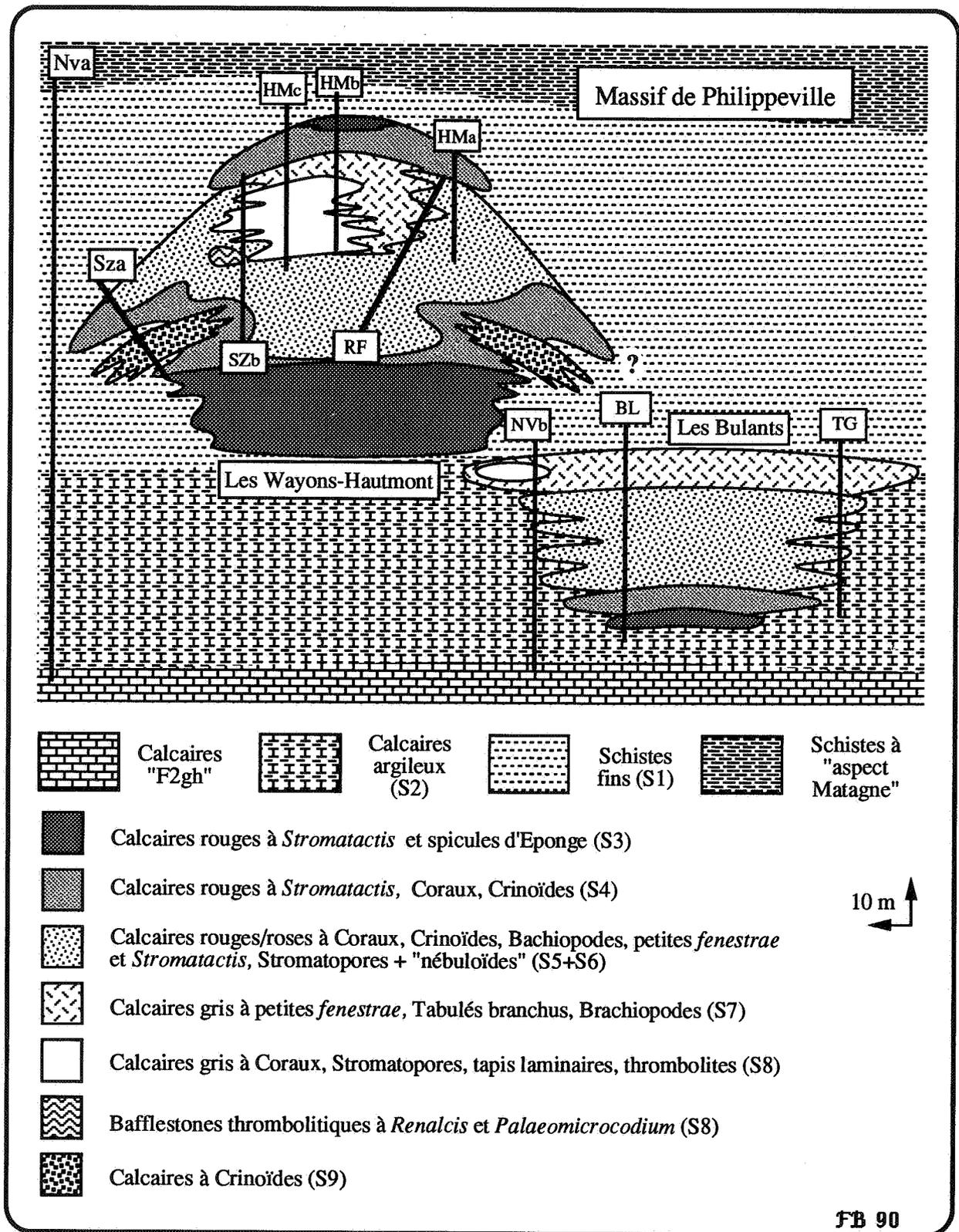


Figure 3 : modèles des monticules micritiques du Massif de Philippeville avec la position des coupes (NV : Neuville, SZ : Beauchâteau, HM : Hautmont, RF : Rochefontaine, BL : Les Bulants, TG : Tienne à l'Gatte).

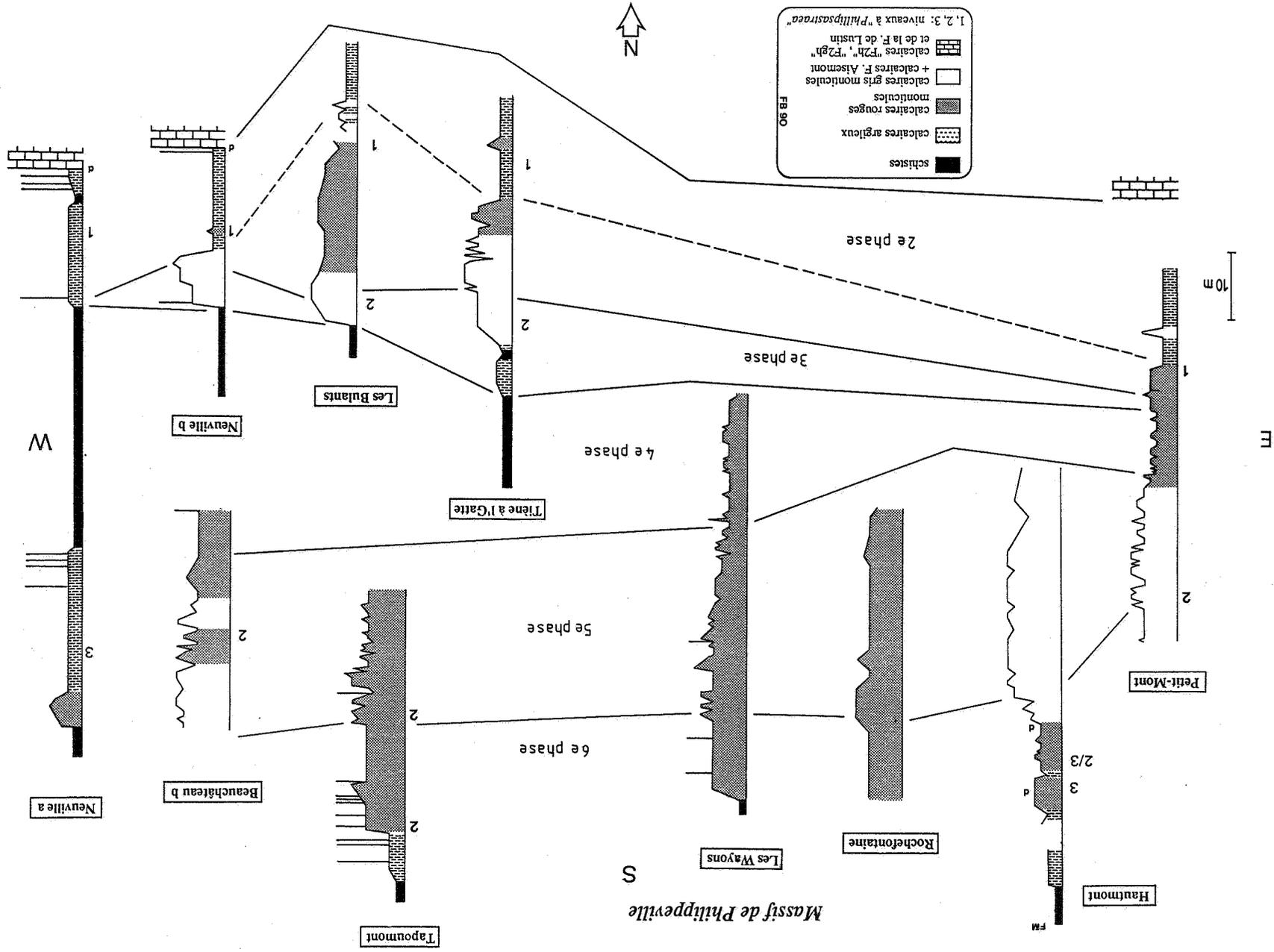


Figure 4 : corrélations séquentielles entre les coupes du Massif de Philippeville. Les coupes sont rangées d'est en ouest et du nord au sud. "FM" : faciès "Matagne" ; "d" : fond durci.

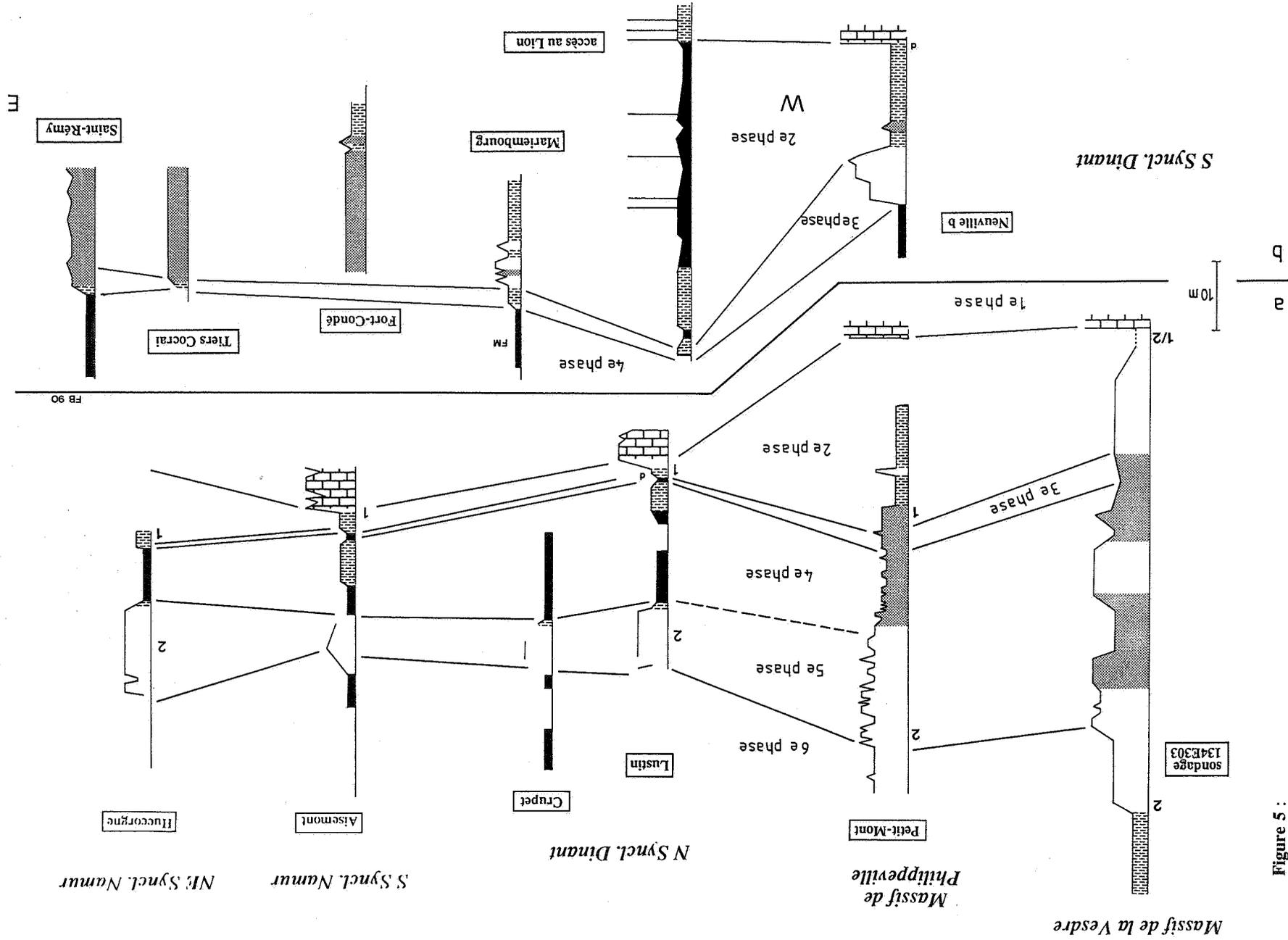


Figure 5 :

A : corrélations séquentielles entre la coupe de Petit-Mont, le sondage de Chaudfontaine et les coupes levées au bord nord du Synclinorium de Dinant et dans le Synclinorium de Namur.
 B : corrélations séquentielles entre la coupe B de Neuville et les coupes du bord sud du Synclinorium de Dinant, rangées d'ouest en est.

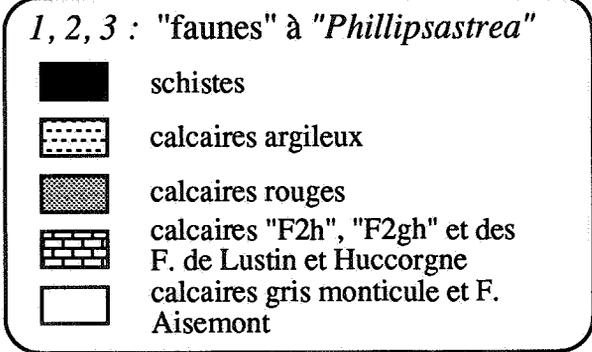
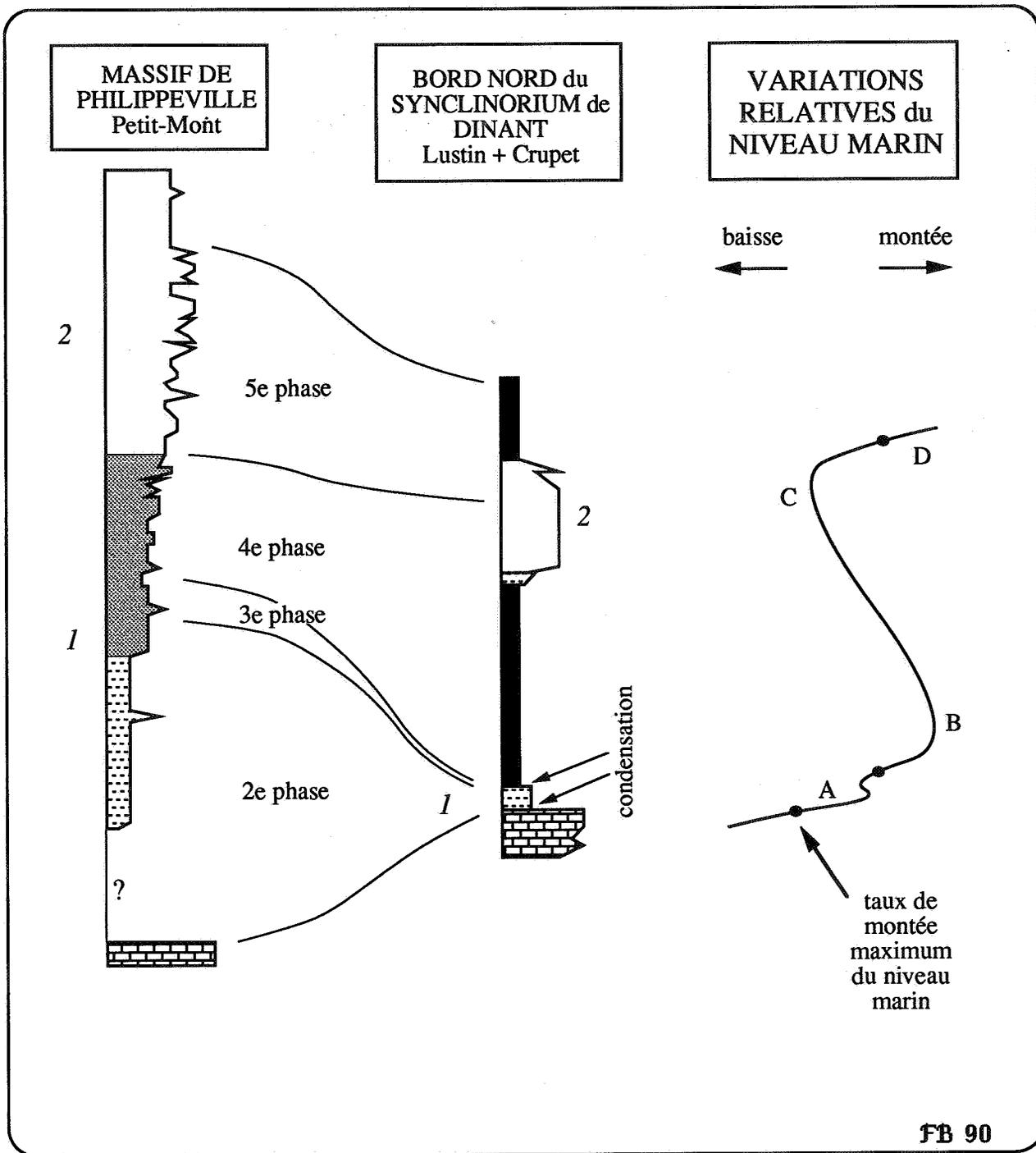


Figure 6 : courbe de variation relative du niveau marin pour la partie supérieure du Frasnien. La courbe est dessinée en fonction des coupes de Lustin et Crupet. Les corrélations séquentielles de ces coupes avec le bioherme de Petit-Mont sont également représentées. Les lettres A, B, C et D situent les blocs-diagrammes de la figure 7 sur la courbe de variation relative du niveau marin.

- des calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) et des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3) formant un capuchon en zone centrale des monticules.

Ces monticules sont toujours surmontés de schistes fins. Dans le cas du bioherme de Petit-Mont, à Vodelée (fig. 2), la base de l'édifice, constituée de calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4), est encaissée de calcaires argileux et est contemporaine des monticules du type "Les Bulants", tandis que les niveaux moyen et supérieur sont encaissés de schistes fins et du type "Les Wayons-Hautmont".

3.1.3. Les monticules du type "Saint-Rémy"

Ces monticules en forme de dôme de 20 à 40 mètres de puissance et de 100 à 200 mètres de diamètre se développent au bord sud du Synclinorium de Dinant et sont entourés de schistes fins. Ils ne montrent pratiquement pas de différenciation sédimentologique verticale et aucune différenciation horizontale. Ils sont constitués principalement de calcaire rouge à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) et de calcaire rouge à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3). La mauvaise qualité des coupes dans ce type d'édifice ne permet pas une reconstitution géométrique précise des relations avec l'encaissant.

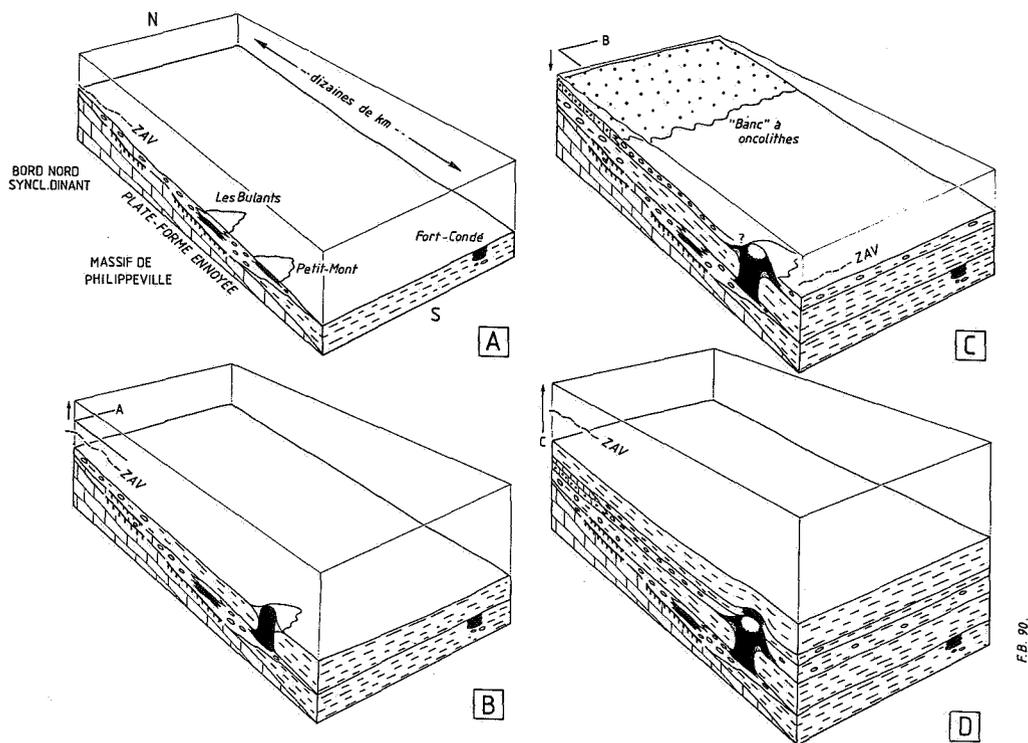


Figure 7 : reconstitution schématique de la rampe carbonatée de la partie supérieure du Frasnien dans une région couvrant le bord nord du Synclinorium de Dinant, le Massif de Philippeville et le bord sud du Synclinorium de Dinant. Les quatre époques choisies correspondent aux points A, B, C et D de la courbe de variation relative du niveau marin à la figure 6. "ZAV" : zone d'action des vagues.

3.2. CORRELATIONS SEQUENTIELLES

Après définition d'une séquence virtuelle locale, basée sur la succession des neuf lithofaciès (S1 à S9), des corrélations séquentielles et biostratigraphiques ont été réalisées entre les différents monticules du Massif de Philippeville, du bord sud du Synclinorium de Dinant (Boulvain & Coen-Aubert, 1989) et du Massif de la Vesdre (fig. 4 & 5). L'établissement d'une deuxième série virtuelle locale, pour les sédiments stratifiés du bord nord du Synclinorium de Dinant et du Synclinorium de Namur a permis d'étendre les corrélations séquentielles à l'ensemble du bassin de sédimentation (fig. 5). Ces corrélations tiennent compte du caractère dynamique de la réponse des monticules aux variations de leur environnement (Boulvain, 1990).

A l'échelle du Massif de Philippeville, les corrélations séquentielles montrent que les monticules du type "Les Wayons-Hautmont" ont continué à se développer après que les monticules du type "Les Bulants" et "Saint-Rémy" aient été enfouis sous des sédiments argileux.

L'analyse séquentielle sert également de base objective à une interprétation en terme de stratigraphie séquentielle (au sens de Vail *et al.*, 1977).

3.3. INTERPRETATION DES PALEOENVIRONNEMENTS

3.3.1. Origine de la pigmentation rouge de certains faciès biohermaux

L'hématite responsable de cette coloration s'observe essentiellement sous forme d'un pigment dispersé dans la matrice des calcaires à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3), des calcaires à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) et dans une moindre mesure des calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis*, stromatopores (S5). Elle se présente aussi dans les cavités sous l'aspect de microstromatolithes et formes associées (Mamet & Boulvain, 1988) et de filaments et coccoïdes (Boulvain, 1989b). Les filaments ont pu être formellement attribués aux ferrobactéries du groupe *Sphaerotilus-Leptothrix* (pl. Ig). Les coccoïdes pourraient quant à eux se rapprocher des

Siderocapsaceae. Ces deux types de microorganismes sont microaérophiles.

Des reliques de gaines bactériennes ont également été mises en évidence dans des zones peu néomorphiques de la matrice. La coloration rouge caractéristique de certains faciès biohermaux peut donc être attribuée à des communautés ferrobactériennes colonisant un environnement dysaérobique suite à une forte production locale de matière organique. La destruction des gaines bactériennes lors de la lithification est liée au néomorphisme de la micrite (Boulvain, 1989b) ; dans les cavités, la précipitation de sparite a fossilisé les microbes.

L'absence des ferrobactéries dans les faciès gris du niveau supérieur des monticules est liée à une diminution de la profondeur, responsable d'une augmentation de la turbulence qui est à l'origine d'une meilleure oxygénation.

3.3.2. Analyse de la microflore

L'étude systématique en lame mince a permis de décrire trois taxa nouveaux (Mamet & Boulvain, en préparation) : les genres *Trelonella*, *Radiosphaeroporella* et *Kleinbergella*. L'analyse de la microflore montre qu'à chaque lithofaciès des monticules correspond une algue ou une association d'algues dominantes : les calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) sont riches en *Kleinbergella* ; *Sphaerocodium* domine dans les calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *stromatactis*, stromatopores (S5) ; les calcaires gris à coraux, stromatopores, thrombolites, tapis laminaires (S8) du coeur des édifices sont caractérisés par d'abondantes *Renalcis* et enfin, les calcaires gris à *fenestrae*, tabulés branchus et brachiopodes (S7) sont riches en *Girvanella* et *Trelonella*. Cette séquence témoigne d'une diminution de la profondeur et d'une augmentation corrélative de l'éclairement.

3.3.3. Interprétation en termes de paléoenvironnement des faciès biohermaux et extra-biohermaux

La synthèse des données relatives aux faciès (proportion de la matrice, litage, nature des organismes, diversité biologique,...), à leur répartition, à celle des algues et des bactéries

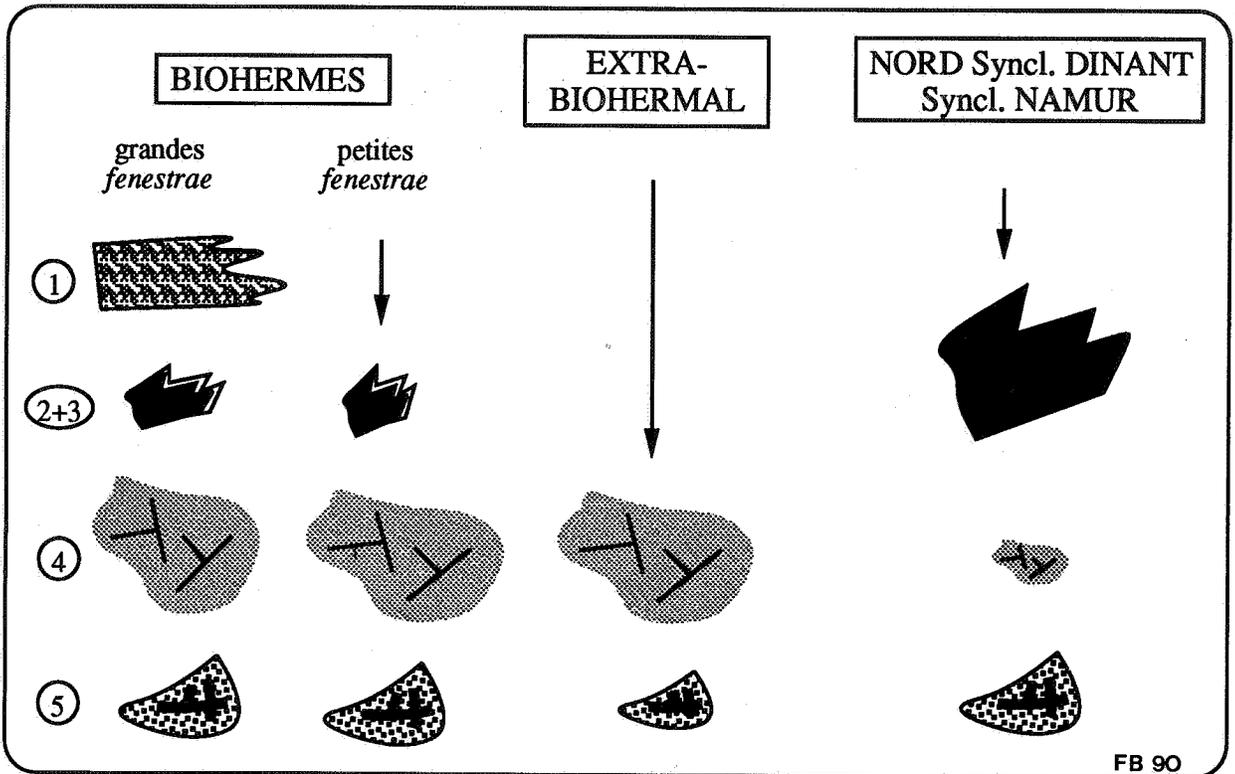


Figure 8 : schéma synthétique des séquences diagénétiques-types suivant la nature du corps sédimentaire. 1, 2+3, 4 et 5 : phases de cimentation. La taille des figurés des ciments est grossièrement proportionnelle à leur importance volumétrique au sein des cavités.

ferro-oxydantes, auxquelles s'ajoutent la comparaison de coupes corrélées, situées dans des contextes paléogéographiques différents permet de proposer une interprétation des faciès des monticules en termes de paléoenvironnement.

Ainsi, les calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3) et les calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) se sont formés sous la zone d'action des vagues de tempête et sous la zone photique de la majorité des algues, dans un environnement déficitaire en oxygène (présence des bactéries

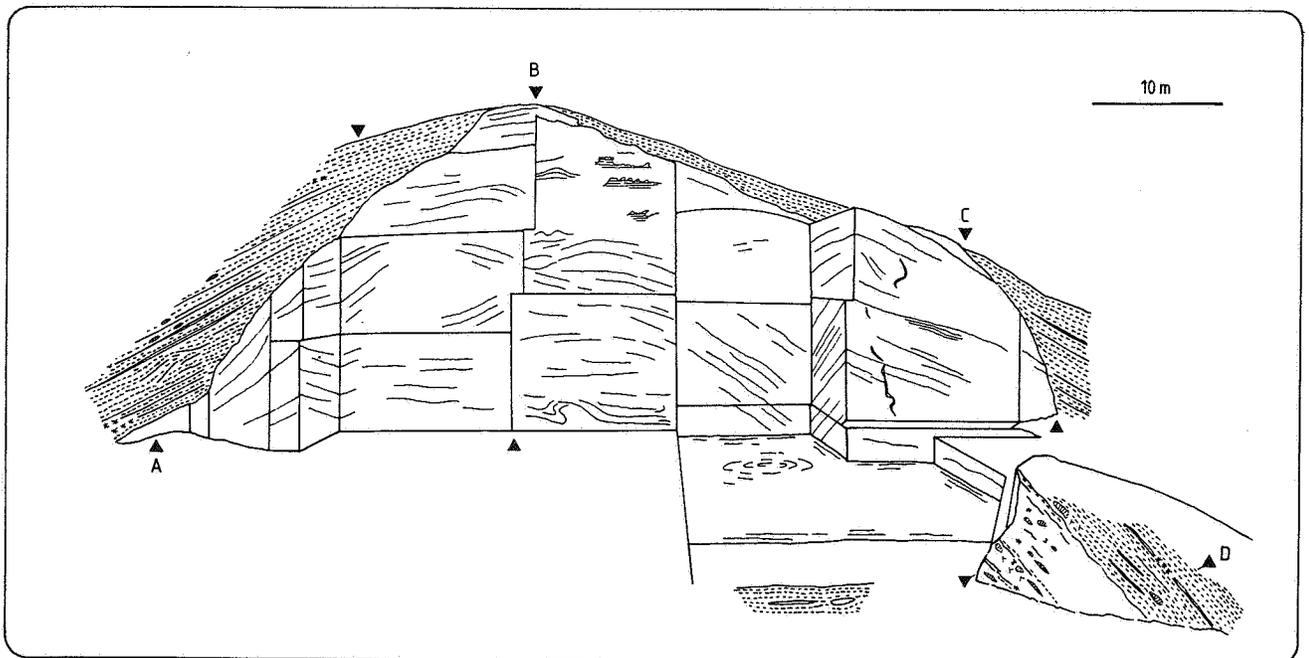


Figure 9 : carrière de Beauchâteau : localisation des coupes A, B, C et D.

ferro-oxydantes, absence d'endofaune, pauvreté de la communauté organique : Byers, 1977). Les *Stromatactis* y dominent une faune de faible diversité.

Ces structures énigmatiques sont liées à l'évolution dans un sédiment à l'état de gel (présence de bactéries et de grandes quantités de matière organique) de cavités résultant de la décomposition d'éponges (Bourque & Gignac, 1983). Les cavités se déplacent vers le haut dans le sédiment à la manière des fontis, par effondrements successifs de leur sommet et dépôt à leur base (Wallace, 1987). Suivant la teneur du sédiment en argiles et sa richesse en éléments figurés, on obtient des *fenestrae* de morphologie variée :

- petites et de faible extension verticale dans les faciès les plus riches en argiles ;
- à sommet digité, base plane (*Stromatactis* typique) et importante extension verticale et horizontale dans les sédiments pauvres en argiles et en éléments figurés (pl. IIa) ;
- à base plane et sommet limité par la base d'organismes lamellaires dans les sédiments où abondent les coraux lamellaires ;
- sous forme de "trains" de petits *Stromatactis* et *fenestrae* stromatactoïdes dans les sédiments riches en éléments figurés.

Les calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis*, stromatopores (S5), témoignent de la pénétration des monticules dans la zone d'action des vagues de tempête et dans la zone photique de la majorité des algues. La diversité de la communauté organique atteint une valeur proche de son maximum. Les "nébuloïdes" traduisent des augmentations temporaires de la turbulence du milieu et la concentration sélective de certains organismes, suivie d'une cimentation précoce. Pour les édifices possédant un certain relief (type "les Wayons-Hautmont"), l'apparition d'une zonation énergétique du milieu est à la base d'une différenciation sédimentologique horizontale, avec notamment la formation de faciès crinoïdiques de flanc.

Les calcaires gris à *fenestrae* stromatactoïdes, tabulés branchus, brachiopodes (S7) et les calcaires gris massifs à coraux, stromatopores et tapis laminaires (S8) se sont formés dans

un milieu soumis à une agitation continue quoique faible, près de la base de la zone d'action des vagues "normales" (formation d'encroûtements symétriques complexes, apparition de grainstones et formation de lithoclastes). On observe une certaine lithification synsédimentaire du lithofaciès S8 ainsi qu'une nette diminution de la diversité organique (évolution vers une situation de domination écologique, cf. Walker & Alberstadt, 1975). Cette modification de la communauté écologique coïncide avec l'apparition des tapis laminaires et des thrombolites, tous deux d'origine cryptalgale. La disparition des bactéries ferro-oxydantes témoigne d'une bonne oxygénation du milieu.

En dehors des monticules, les schistes noduleux et calcaires argileux à brachiopodes, éponges, coraux, crinoïdes (S2) qui encaissent les monticules du type "Les Bulants", témoignent d'un milieu situé sous la zone d'action des vagues "normales", tandis que les schistes fins non bioturbés qui entourent les monticules du type "Les Wayons-Hautmont" et "Saint-Rémy", traduisent un milieu anoxique, plus profond que le précédent.

3.3.4. Paléobathymétrie

Des valeurs indicatives de la profondeur de développement de certains faciès ont pu être avancées (Boulvain, 1990). Ainsi, les calcaires gris à petites *fenestrae*, tabulés branchus, brachiopodes (S7) témoignent du passage des édifices dans la zone d'action des vagues "normales".

Une certaine incertitude existe cependant sur la profondeur de cette zone, liée à des caractéristiques géométriques du bassin, aux paramètres climatiques, etc... Une valeur d'une trentaine de mètres de profondeur peut être utilisée comme base de calcul (Flügel, 1982, p. 464).

A partir de la bathymétrie de ces faciès gris, il est possible d'estimer la profondeur de développement des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponges (S3) en connaissant à la fois :

- l'épaisseur moyenne de sédiments "décompactés" séparant ces deux faciès (pour le lithofaciès S5 par exemple, le taux de compaction a pu être estimé à 1,5) ;

LEGENDE

LITHOLOGIES & COLORATIONS



calcaire avec "joint"
argileux et stylolithe



calcaire nodulaire, nodules
peu individualisés



calcaire nodulaire, nodules
bien individualisés



gris clair,
blanc



rose



verdâtre



orangé



rouge



brun



violacé



noir et
gris
foncé



schistes



grès



dolomie

STRUCTURE



mudstone



wackestone



packstone



grainstone



rudstone



bindstone

ORGANISMES & STRUCTURES SEDIMENTAIRES



Polypiers indéterminés



Tabulés branchus



Alveolites massifs



Rugueux solitaires



Thamnophyllum



Hexagonaria



"*Phillipsastraea*"



Hankaxis



Eponge



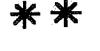
Stromatopores branchus



autres stromatopores



Brachiopodes



ossicules de crinoïdes



tiges de crinoïdes



Fenestelles



Receptaculites



Lamellibranches



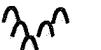
Gastéropodes



Tapis cryptalgaires,
oncolithe



Treilonella, *Litanaiia*



Renalcis



Stromatactis fenestrae



nébuloïdes



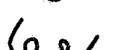
bioclastes



stratification entrecroisée



oolithes, pisolithes



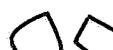
bioturbation



lamination



niveau cinéritique



brèche

PETROGRAPHIE

- rare
- abondance moyenne
- abondance forte

QUARTZ

- $\leq 50 \mu\text{m}$
- ◄ entre $50 \mu\text{m}$ et $100 \mu\text{m}$
- ◄ entre $100 \mu\text{m}$ et $200 \mu\text{m}$
- ◄ $\geq 200 \mu\text{m}$

TECTONIQUE



faille



fissures,
fractures

Figure 10 : légende générale des colonnes lithologiques.

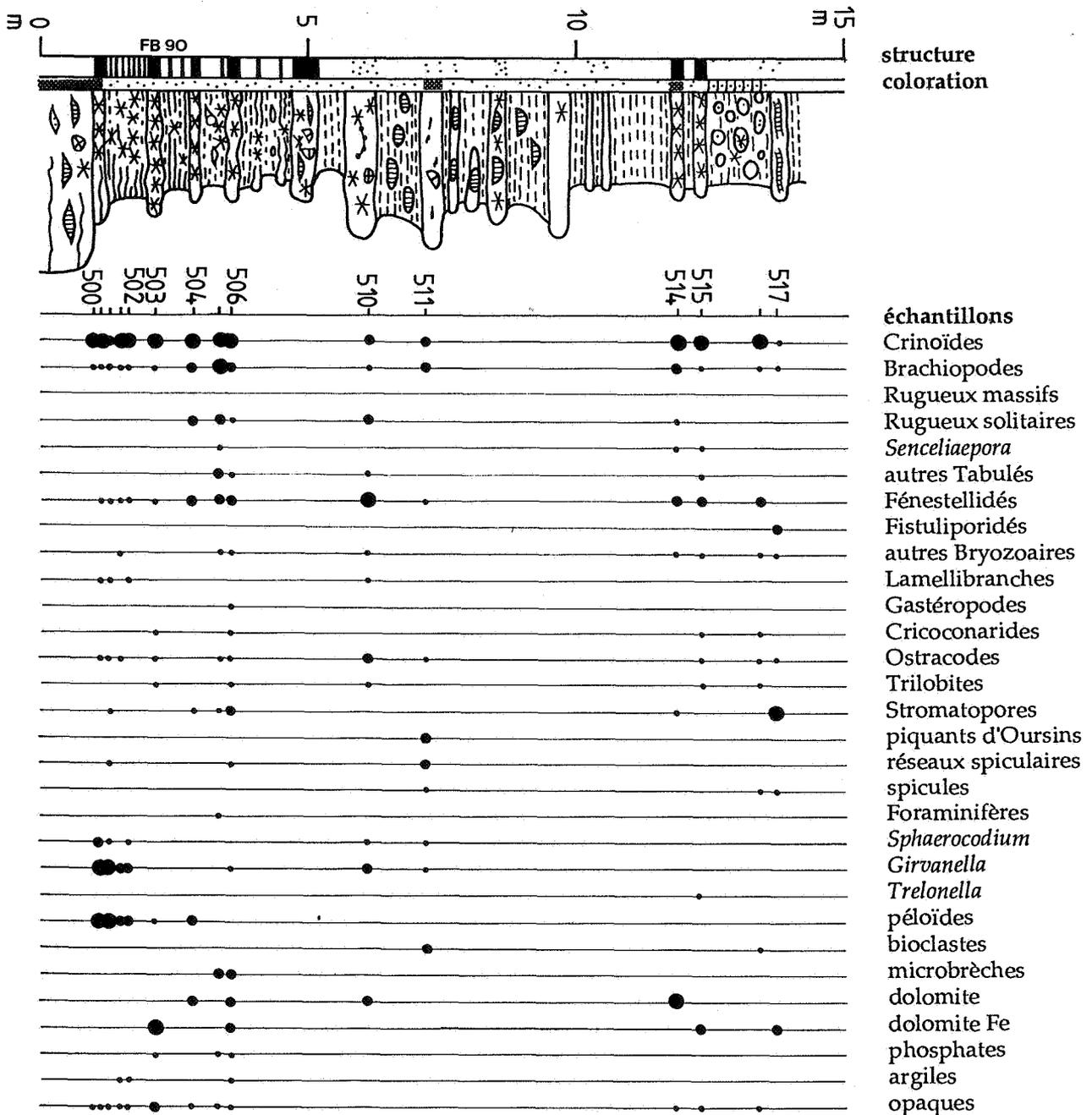


Figure 11 : bioherme de Beauchâteau : coupe A : colonne lithologique et données pétrographiques.

- l'amplitude des mouvements eustatiques, dont l'estimation peut être effectuée à la fois dans les zones plus internes de la rampe et au sein même des biohermes du type "Les Wayons-Hautmont", par mesure de l'ampleur de la progradation des faciès biohermaux sur les sédiments péribiohermaux plus profonds (Longman, 1981, p. 19 ; Boulvain, 1990).

Le calcul donne une valeur indicative d'un peu plus d'une centaine de mètres pour le développement des calcaires rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponges. Cette valeur correspond aux données de la littérature

pour des communautés à éponges dont les algues sont absentes (Byers, 1977, p. 8). La profondeur de la zone photique peut être estimée à environ 70 mètres, avec l'apparition des péloïdes, de *Sphaerocodium* et de *Renalcis*.

Ces valeurs de paléobathymétrie permettent également de supposer que le dépôt des schistes fins, en milieu dyaérobique, a eu lieu en environnement extra-biohermal à des profondeurs de l'ordre de la centaine de mètres. Ceci indique un certain confinement ou isolement du bassin de sédimentation qui peut se déduire également de la présence de faciès cryptalgaires au niveau supérieur des

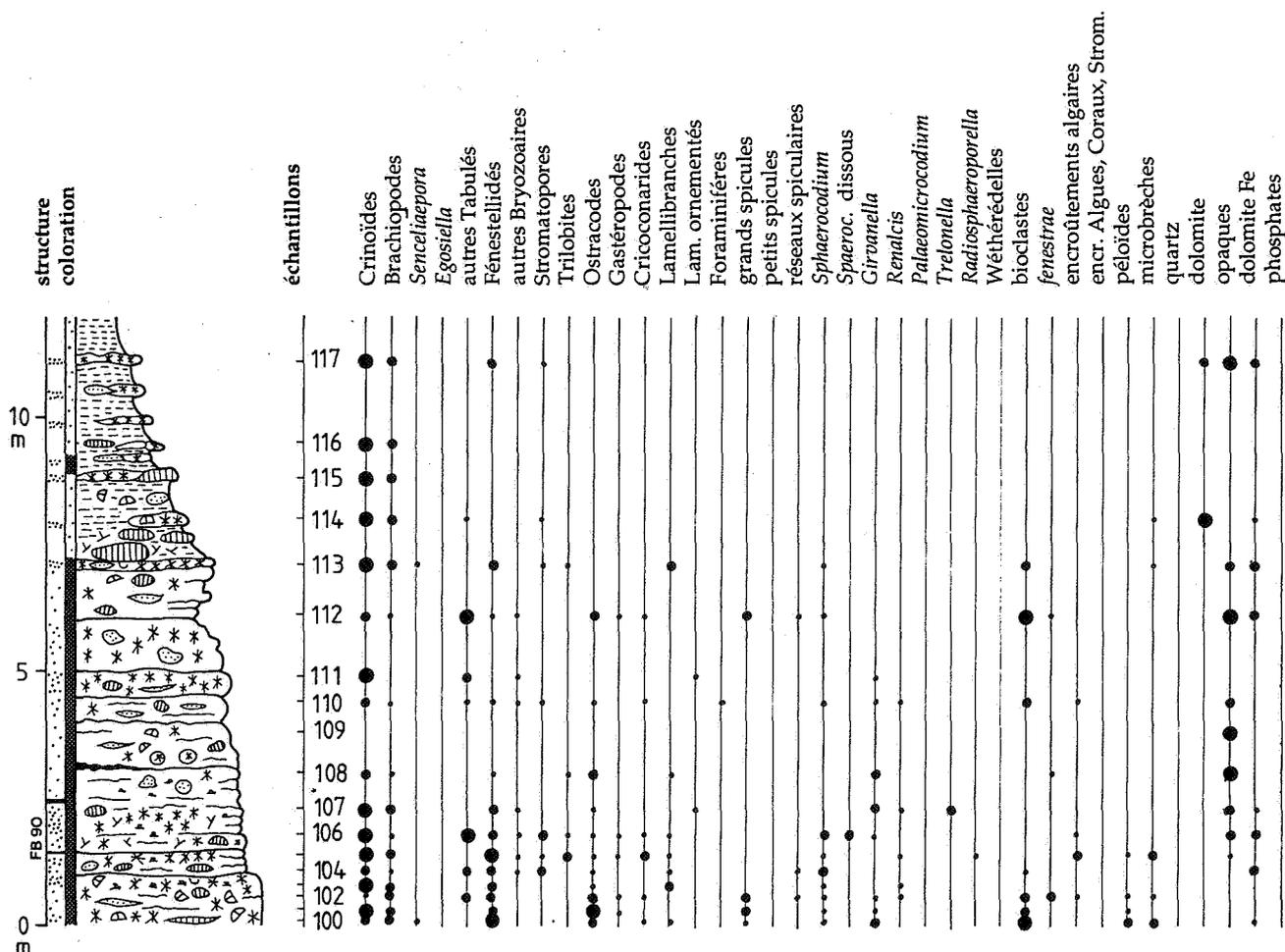


Figure 12 : bioherme de Beauchâteau : coupe D : colonne lithologique et données pétrographiques.

monticules et dans les zones internes de la rampe.

3.3.5. Les faciès au bord nord du Synclinorium de Dinant et aux bords sud et nord-est du Synclinorium de Namur

Une grande ressemblance de faciès et un parallélisme d'évolution caractérisent ces trois régions. On y observe dans la Formation d'Aisemont, au-dessus d'une unité argilo-calcaire formée sous la zone d'action des vagues "normales" (N1, N2), une unité calcaire riche en oncolithes, coraux, lamellibranches, brachiopodes, stromatopores (N3) (pl. IIc), mise en place sous forme de bancs dans la zone d'action des vagues "normales". Cette unité calcaire est elle-même surmontée de schistes.

L'intégration des données concernant les paléoenvironnements et leur évolution dans différentes zones du bassin de sédimentation permet de préciser l'évolution

paléogéographique de l'ensemble de la plate-forme à l'époque considérée.

3.4. PALEOGEOGRAPHIE ET ETABLISSEMENT D'UNE COURBE DE VARIATION EUSTATIQUE POUR LA PARTIE SUPERIEURE DU FRASNIEN

L'histoire sédimentaire des monticules micritiques commence avec l'ennoyage de la plate-forme carbonatée du Frasnien moyen à l'occasion d'une brusque élévation eustatique, appelée ici "1^e période d'élévation relative du niveau marin" (fig. 6 & 7). Cette hausse eustatique se marque notamment par le développement des fonds durcis au sommet du "F2gh" dans le Massif de Philippeville.

Le régime stable, "1^e période de stabilité du niveau marin", qui succède à cette hausse eustatique, voit l'installation d'une rampe mixte à sédimentation argilo-carbonatée où se développent les biohermes du type "Les

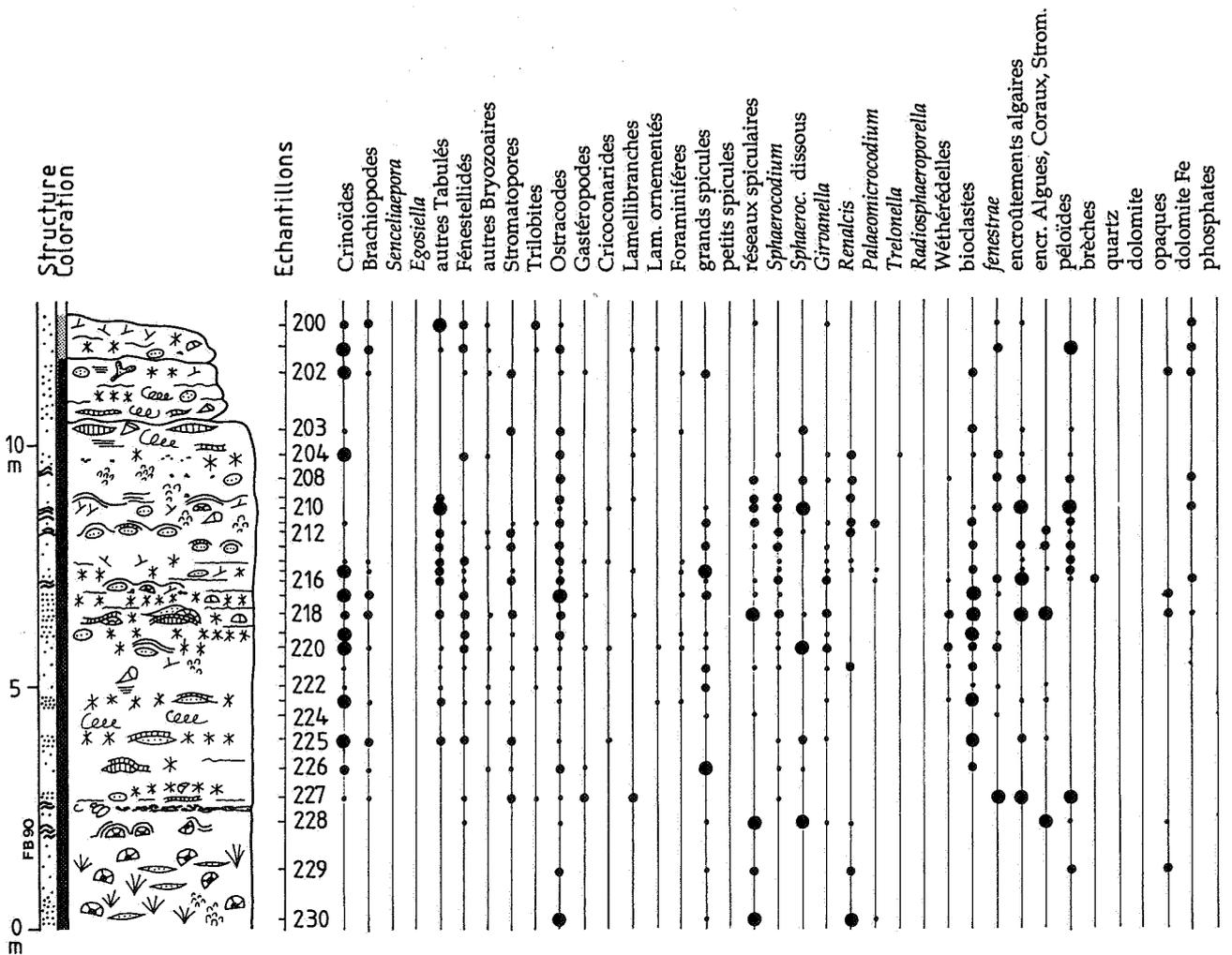


Figure 13 : bioherme de Beauchâteau : coupe C : colonne lithologique et données pétrographiques.

Bulants", environnés de calcaires argileux, dans le Massif de Philippeville et du type "Saint-Rémy", entourés de sédiments argileux, au bord sud du Synclinorium de Dinant.

Ces monticules disparaissent ensuite au cours de la "2^e période d'élévation du niveau marin" ; celle-ci coïncide avec un déplacement vers le nord des ceintures de faciès, l'apparition des schistes fins dans le Massif de Philippeville et le développement de fonds durcis au sommet des calcaires nodulaires par lesquels débute la Formation d'Aisemont (pl. Ih). Certains monticules du type "Les Wayons-Hautmont" (Petit-Mont à Vodelée) ont commencé leur développement durant la "première période stable", en même temps que les monticules du type "Les Bulants". Demeurés cependant à un stade d'évolution écologique moins avancé que ces derniers (suite à une profondeur de développement plus importante), ils vont continuer leur croissance durant la "2^e période d'élévation

du niveau marin", non sans subir une régression écologique (calcaires à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes surmontés de calcaires à *Stromatactis*).

Durant la "2^e période de stabilité relative du niveau marin", les biohermes du type "Les Wayons-Hautmont" se développent dans le Massif de Philippeville ; ils sont entourés de sédiments argileux. La nette différence de taux de sédimentation entre calcaires biohermaux et sédiments argileux extra-biohermaux est responsable du relief et des pentes périphériques des monticules de ce type.

Une baisse eustatique marquée est ensuite à l'origine d'une extension en direction du milieu extra-biohermal des faciès les plus profonds des monticules et également de l'apparition de faciès à tapis cryptalgaires dans leur zone centrale. Au cours de cette baisse eustatique, des bancs oncolithiques se mettent

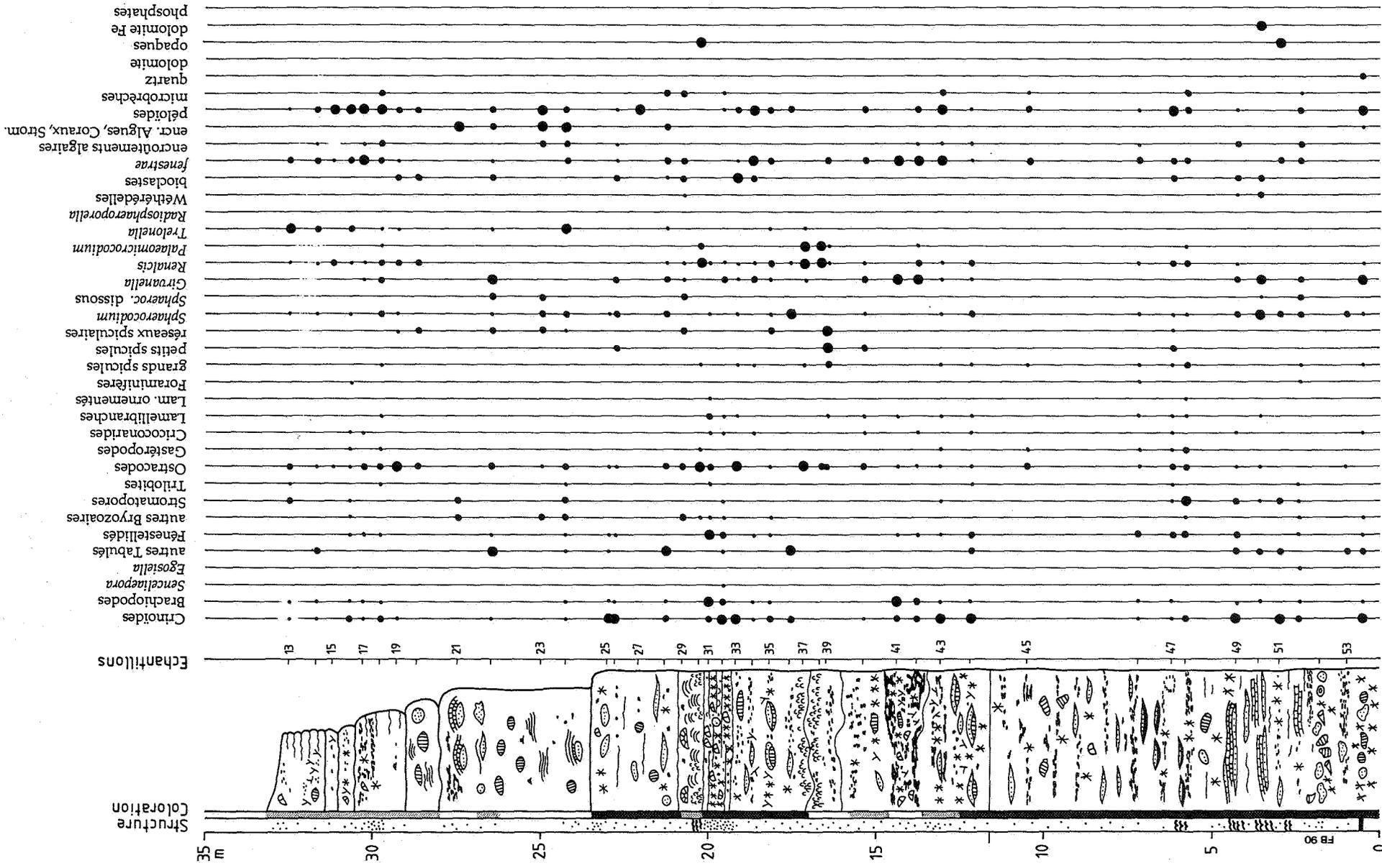


Figure 14 : bioherme de Beauchâteau : coupe B : colonne lithologique et données pétrographiques.

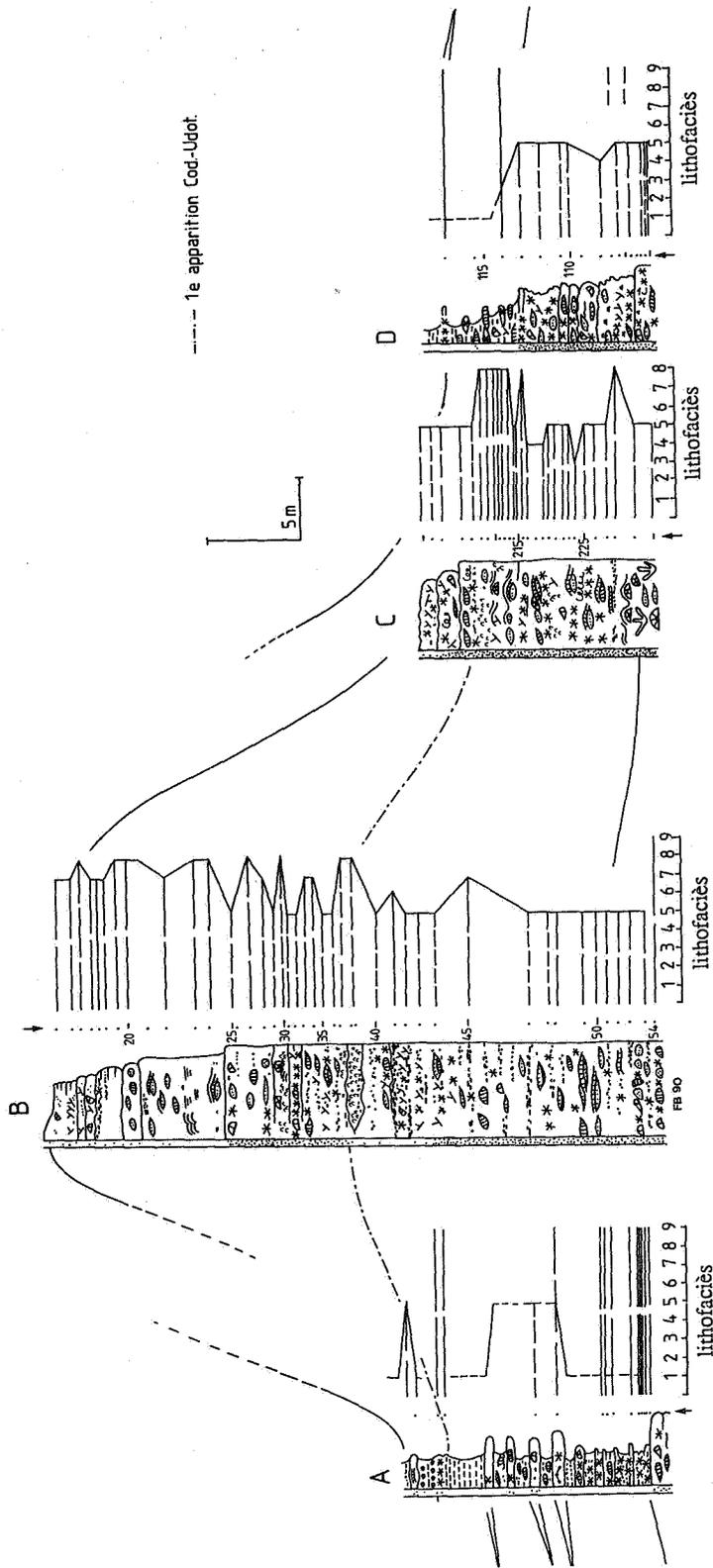


Figure 15 : colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes A, B, C, D de Beauchâteau et corrélations lithologiques. Les lithofaciès (S1 à S9) sont représentés par la longueur des segments de droite en regard de chaque échantillon, les microfaciès sont représentés par la division des segments de droite (cf. tableau 1). L'intensité du pigment ferrugineux est proportionnelle à la densité du pointillé des colonnes de gauche, situées à côté des colonnes lithologiques.

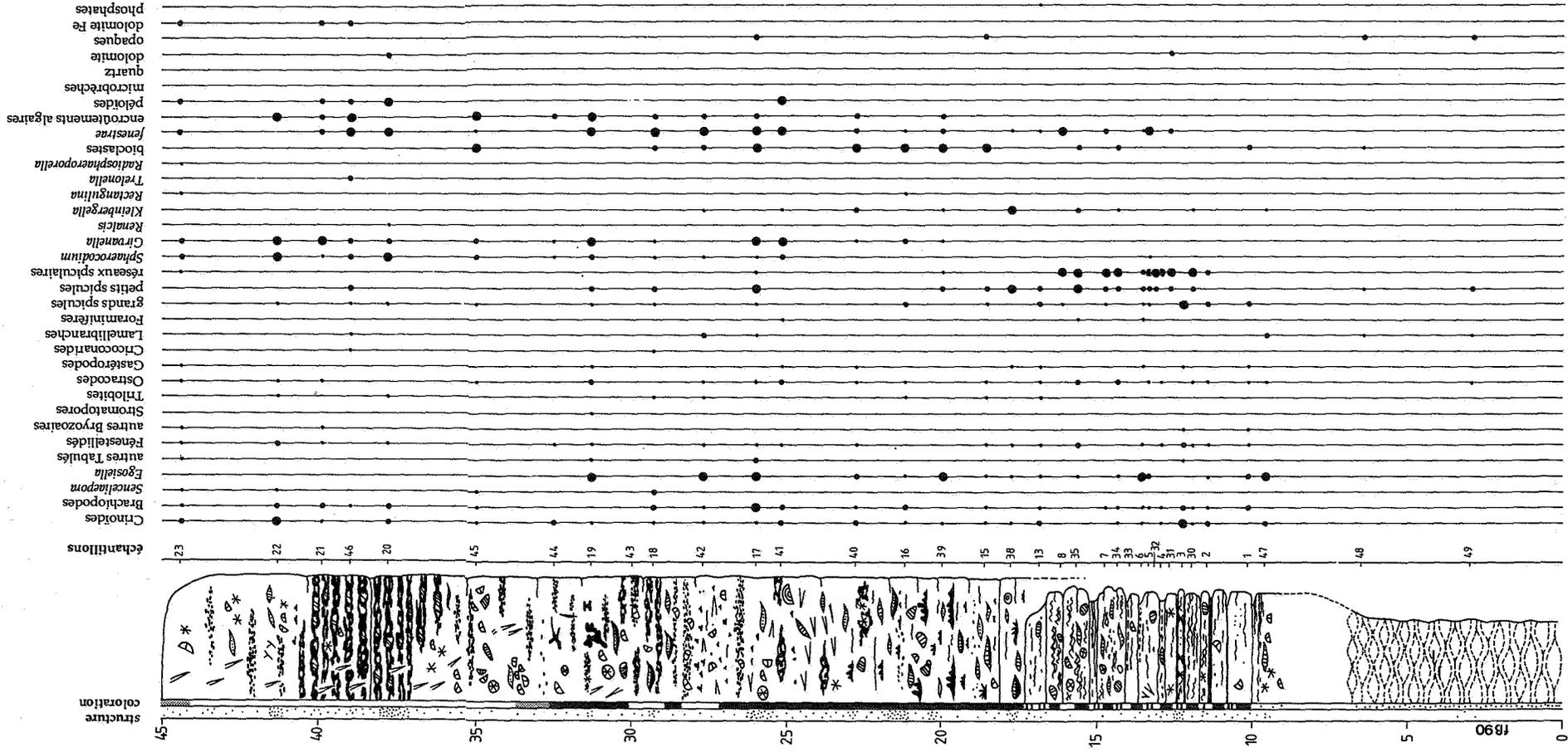
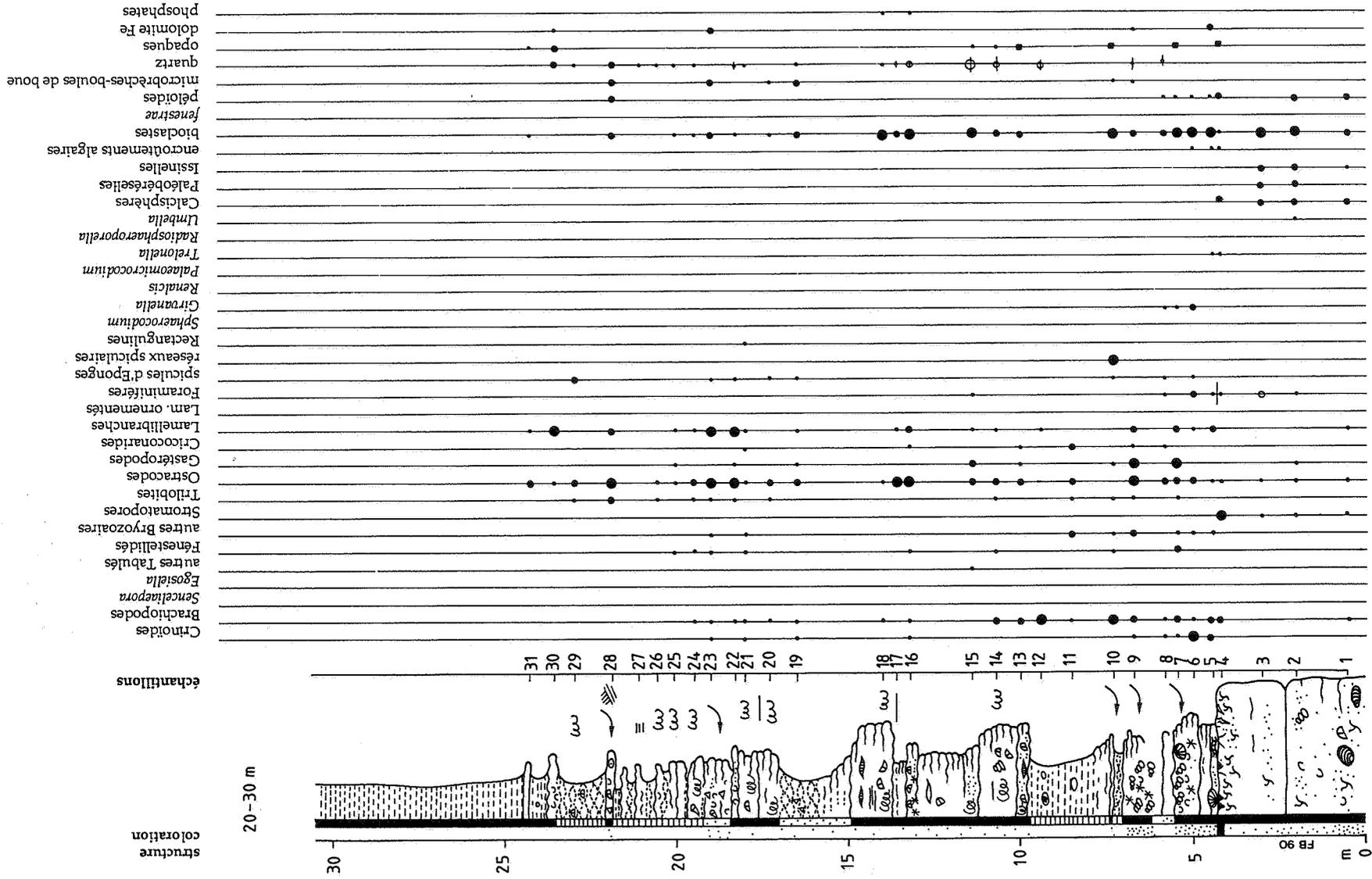


Figure 16 : bioherme des Bulants : colonne lithologique et données pétrographiques.



en place dans les zones plus internes de la rampe. Un certain confinement semble ainsi se manifester dans l'ensemble du bassin de sédimentation, confinement responsable de l'épanouissement des cyanobactéries et de la faible profondeur de la zone oxygénée à la fin du Frasnien.

Une hausse eustatique de grande ampleur, "3^e période d'élévation du niveau marin relatif", fait suite à la baisse eustatique précédente et est à l'origine de la récurrence des faciès rouges au sommet des monticules du type "Les Wayons-Hautmont", puis de leur disparition et enfin, de la généralisation de la sédimentation argileuse.

D'une manière générale, que ce soit dans le cas des monticules du type "Les Bulants" ou "Les Wayons-Hautmont", la succession écologique observée est liée à une diminution de la bathymétrie, à laquelle s'ajoute une structuration écologique correspondant à un degré croissant de maturité des communautés.

3.5. EVOLUTION POST-SEDIMENTAIRE

L'évolution diagénétique des monticules micritiques et des sédiments des zones plus internes de la rampe a fait l'objet d'une analyse détaillée, couplant études pétrographiques en lumière naturelle et en cathodoluminescence et analyses chimiques et isotopiques.

Une séquence diagénétique unique pour tous les biohermes de marbre rouge a été mise en évidence (Boulvain, 1989a). Cette séquence débute par une calcite fibreuse radiaxiale (1^e phase), suivie de calcite sparitique automorphe d'abord non luminescente (2^e phase), ensuite luminescente et riche en manganèse (3^e phase : MnO : moy. 1,2 %, var. 0,3 %, FeO non détecté ; 16 échantillons ³), suivie elle-même de calcite xénomorphe ferrifère à luminescence terne (4^e phase : MnO : moy. 0,02 %, var. 0,02 %, FeO : moy. 1 %, var. 0,01 % ; 13 échantillons) ; la séquence se termine par de la dolomite ferrifère baroque (5^e phase) (pl. IId).

La première phase, une calcite magnésienne d'origine marine a été rééquilibrée sous l'influence de fluides à composante météorique

(Boulvain, 1990), d'abord oxydants et responsables de la précipitation de la 2^e all phase, ensuite plus réducteurs (précipitation de la 3^e phase). La calcite ferrifère (4^e phase) et la dolomite baroque (5^e phase) ont été précipitées par des fluides connés, relativement chauds et nettement réducteurs.

Cette séquence n'est complète que dans les grandes *fenestrae* des monticules (fig. 8). Dans les *fenestrae* plus petites, la calcite radiaxiale disparaît et en milieu extra-biohermal, ne subsiste plus que la calcite ferrifère et la dolomite baroque. Dans les zones plus internes de la rampe, l'influence météorique plus forte est à l'origine d'une précipitation beaucoup plus importante de la 2^e phase oxydante, qui colmate la totalité de la porosité. La calcite ferrifère, abondante dans les monticules, n'apparaît dans les zones plus internes que dans les fractures.

Les 4^e et 5^e phases sont partout contemporaines du développement de réseaux de fractures et de phénomènes de pression-dissolution, à l'origine d'une part importante des carbonates précipités. Le néomorphisme et le rééquilibrage isotopique de la micrite sont contemporains de la précipitation de la 4^e phase ferrifère (Boulvain, 1990).

Les phases successives des séquences diagénétiques observées peuvent être replacées dans le cadre général de l'évolution post-sédimentaire de la rampe carbonatée. La 2^e phase, au cours de laquelle s'établit un aquifère météorique, peut être datée de la régression famennienne. Cet aquifère, mis sous pression sous les schistes du Frasnien supérieur et saturé en carbonate dans ses zones supérieures, est responsable de la précipitation en abondance de calcite non luminescente dans les calcaires de la Formation d'Aisemont, au bord nord de l'aire de sédimentation. Dans les monticules, en position distale par rapport à l'aquifère, ne précipite qu'une frange de calcite non luminescente, volumétriquement mineure. Par la suite, une transgression marine (vraisemblablement la transgression carbonifère), en diminuant l'aire de recharge en eaux météoriques de l'aquifère, aurait provoqué son confinement (précipitation de la 3^e phase luminescente), puis l'arrêt de la cimentation dans les monticules.

³ analyses microsonde effectuées au C.A.M.S.T. de l'Université Catholique de Louvain

Enfin, la 4^e phase, typique d'une diagenèse d'enfouissement, est probablement précipitée dès le Carbonifère moyen (Boulvain, 1990).

4. DESCRIPTION DES AFFLEUREMENTS VISITES

4.1. CARRIERE DE BEAUCHATEAU A SENZEILLE (carte IGNB 57/3-4, coord. Lambert X : 158,305 ; Y : 94,335)

4.1.1. Description des coupes et points principaux abordés lors de l'excursion

La fig. 9 donne la position relative des coupes A (fig. 11), B (fig. 14), C (fig. 13) et D (fig. 12) levées dans le bioherme. Cet édifice du type "Les Wayons-Hautmont" est en position subhorizontale et est entamé dans ses niveaux moyen et supérieur.

La fig. 15 donne la répartition des faciès dans les quatre coupes, ainsi qu'une corrélation entre les coupes A, B et C, basée sur l'apparition de communautés algaires à *Trelonella*. Ces algues sont en place dans les coupes B et C et sous forme de débris dans la coupe A, au sein de coulées crinoïdiques couvrant le flanc du monticule.

La coupe A (figs. 11 & 15) est située sur le flanc du bioherme et recoupe, immédiatement à son contact, des grainstones crinoïdiques en bancs décimétriques (S9). Ces bancs, qui séparent des joints schisteux, ont en général une surface supérieure plane et une surface inférieure irrégulièrement ondulée. Des épaisissements visibles par endroit exposent des colonies coralliennes en place. Les crinoïdes sont également abondants dans les schistes, sous forme de tiges de plusieurs ossicules accolés. Leur orientation est constante et pointe vers une zone située à 20 m en retrait du panneau scié central. Plus haut, les schistes s'appauvrissent en crinoïdes. Seuls quelques minces bancs calcaires matérialisent encore la stratification ; leur allure permet de déceler de petites failles. Vers 7 m (comptés à partir du bas de la coupe auquel on attribue une cote 0) apparaissent des bancs de calcaire argileux rouge contenant des rugueux massifs tabulaires, surmontés à leur tour de schistes fins et de schistes à nodules calcaires de quelques centimètres. Entre les schistes fins et les schistes noduleux, un banc

de 20 cm contient des fragments de *Trelonella*.

La coupe D est également située en périphérie du monticule et débute par des packstones et wackestones argileux rouges à "*Phillipsastrea*", *Alveolites*, *Thamnopora*, crinoïdes, fénestelles et diverses algues (S5). Vers le haut, ces faciès s'enrichissent en crinoïdes aux dépens des coraux, puis passent à des schistes à crinoïdes et coraux. Cette coupe est très semblable à la coupe A, mais n'a pas été rafraîchie par sciage. Le sommet du bioherme, situé ici à la cote 7 m est surmonté, tout comme en A par des schistes à crinoïdes. Il n'y a donc pas ici d'arguments suffisants pour différencier nettement les deux coupes et opposer une "zone abritée" (coupe A) à une "zone exposée" (coupe D), comme indiqué par Cornet (1976, p. 187), Coen *et al.* (1977, p. 330) et Monty & Van Laer (1988, p. 172).

La base de la coupe B (fig. 14) illustre particulièrement bien l'alternance de coverstones à crinoïdes, péloïdes, coraux, stromatopores, de rudstones bioclastiques et de wackestones à petits *Stromatactis*, péloïdes, spicules, crinoïdes, fénestelles (S5) typique de la zone centrale du niveau moyen de ce type de bioherme. Dans la partie supérieure de la coupe B apparaissent ensuite de petits édifices thrombolitiques métriques gris à *Renalcis* et *Palaeomicrocodium* (S8) (pl. If) entourés du faciès S5 rose et stratifié ; cette disposition particulière des deux lithofaciès a été interprétée erronément par Van Laer (1988, p. 384-390) et Monty & Van Laer (1988, p. 173), comme des remplissages de cavités (parties stratifiées rouges) entre des zones lithifiées (parties massives grises). Les édifices thrombolitiques sont périphériques au coeur principal de marbre gris, actuellement disparu par exploitation. Enfin, au sommet de la coupe dominant les wackestones à péloïdes, petites *fenestrae* et tabulés branchus contenant d'abondantes *Trelonella* (pl. Id).

Le bioherme de Beauchâteau permet en particulier de bien observer, dans la coupe A, la progradation du faciès des calcaires rouges à coraux, crinoïdes, brachiopodes,.... (S5) sur les schistes (S1) entremêlés de coulées crinoïdiques (S9), à la faveur de la baisse eustatique clôturant la "2^e période de stabilité relative du niveau marin".

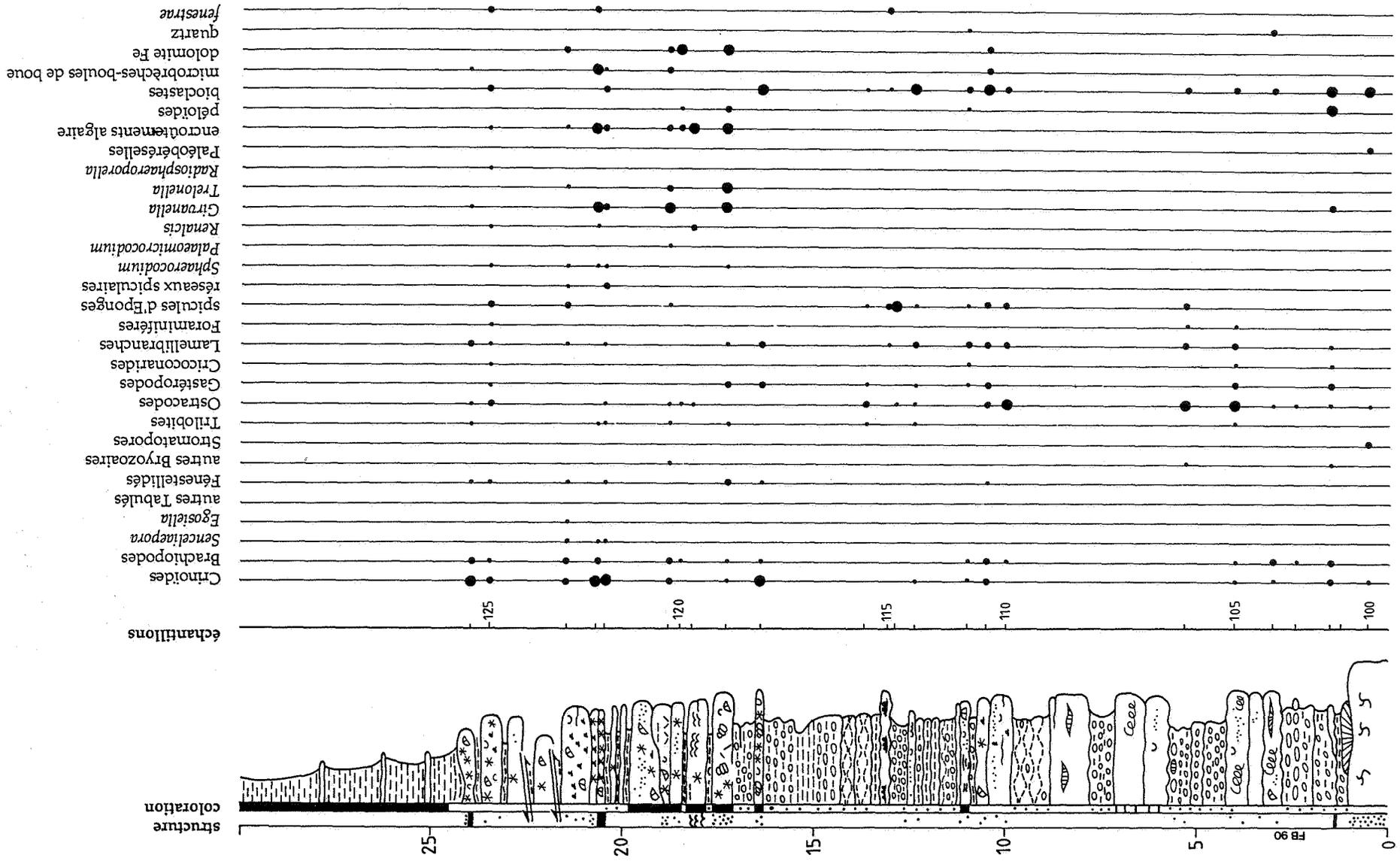


Figure 18 : tranchée du chemin de fer Philippeville-Mariembourg, près de Neuville : coupe B : colonne lithologique et données pétrographiques.

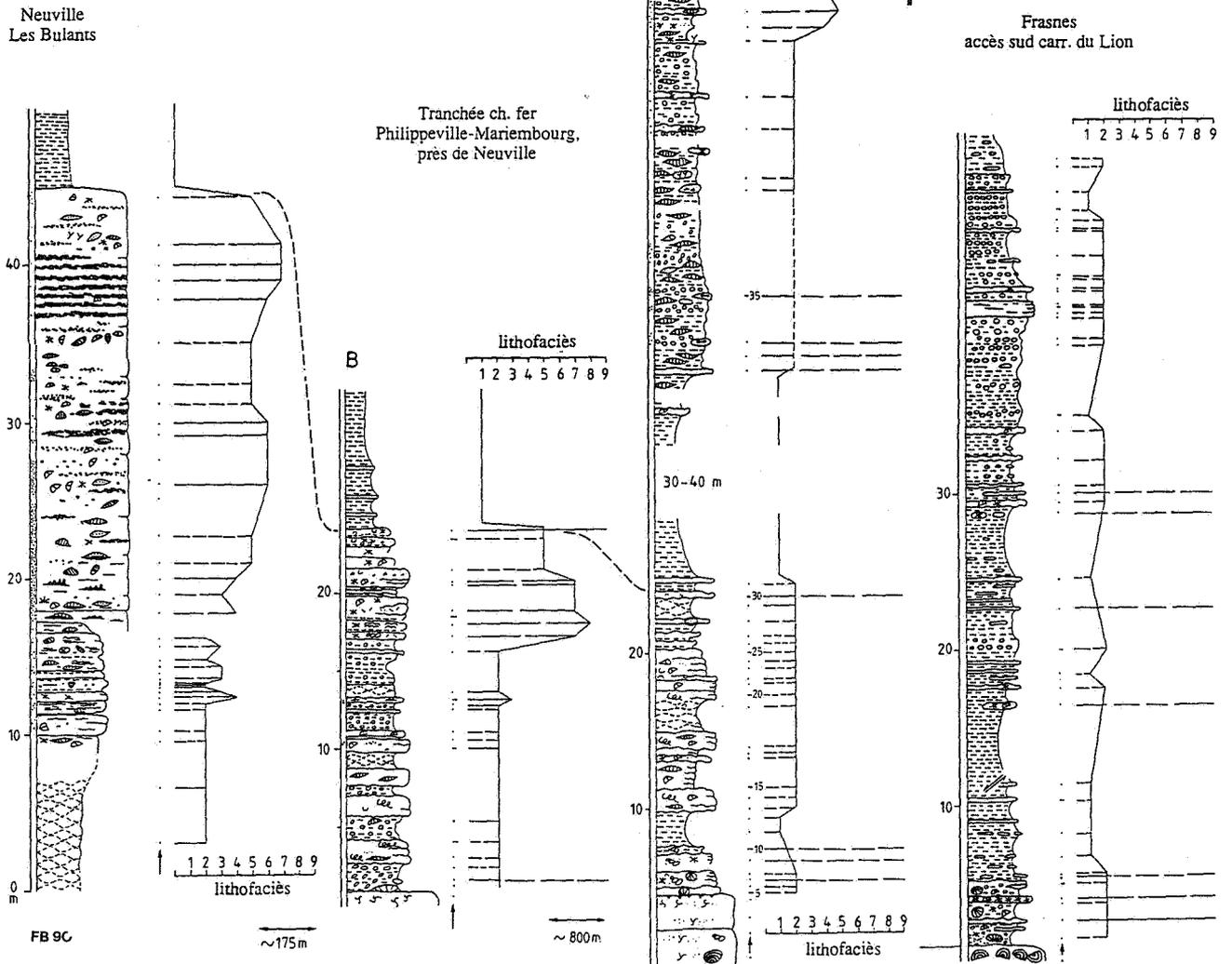


Figure 19 : colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes des Bulants, de la tranchée de chemin de fer de Neuville (A et B) et de la tranchée d'accès sud à la carrière du Lion à Frasnes.

4.1.2. Biostratigraphie

Dans toute la lentille de marbre rouge, les rugueux massifs sont représentés par de nombreux *Frechastraea pentagona micrastraea* et *Phillipsastrea ananas ananas* accompagnés de quelques *P. macrommata* et *Frechastraea limitata*. On observe aussi des colonies fasciculées de *Thamnophyllum hollardi* Coen-Aubert, 1982 ainsi que des polypiers solitaires de *Macgeea gallica pauciseptata* Coen-Aubert, 1982 et de *Tabulophyllum implicatum* Tsien, 1977. Il s'agit typiquement de la faune 2 quoiqu'une grosse colonie de *Iowaphyllum rhenanum* ait

été recueillie dans la partie grise du sommet. Toutefois, *Ancyrognathus asymmetricus* n'a été signalé formellement par Tourneur (1982) et Sandberg, Dreesen & Ziegler (*in* Bultynck *et al.*, 1988) que dans la partie supérieure du bioherme.

La faune 2 caractérise également les calcaires stratifiés à crinoïdes, exposés à la partie inférieure de la coupe A (fig. 11). Au-dessus, les schistes et les calcaires noduleux, rouges ou verts, contiennent des coraux de la faune 3 ; ce sont surtout des colonies de *Frechastraea pentagona pentagona* et accessoirement de *Frechastraea pentagona minima*,

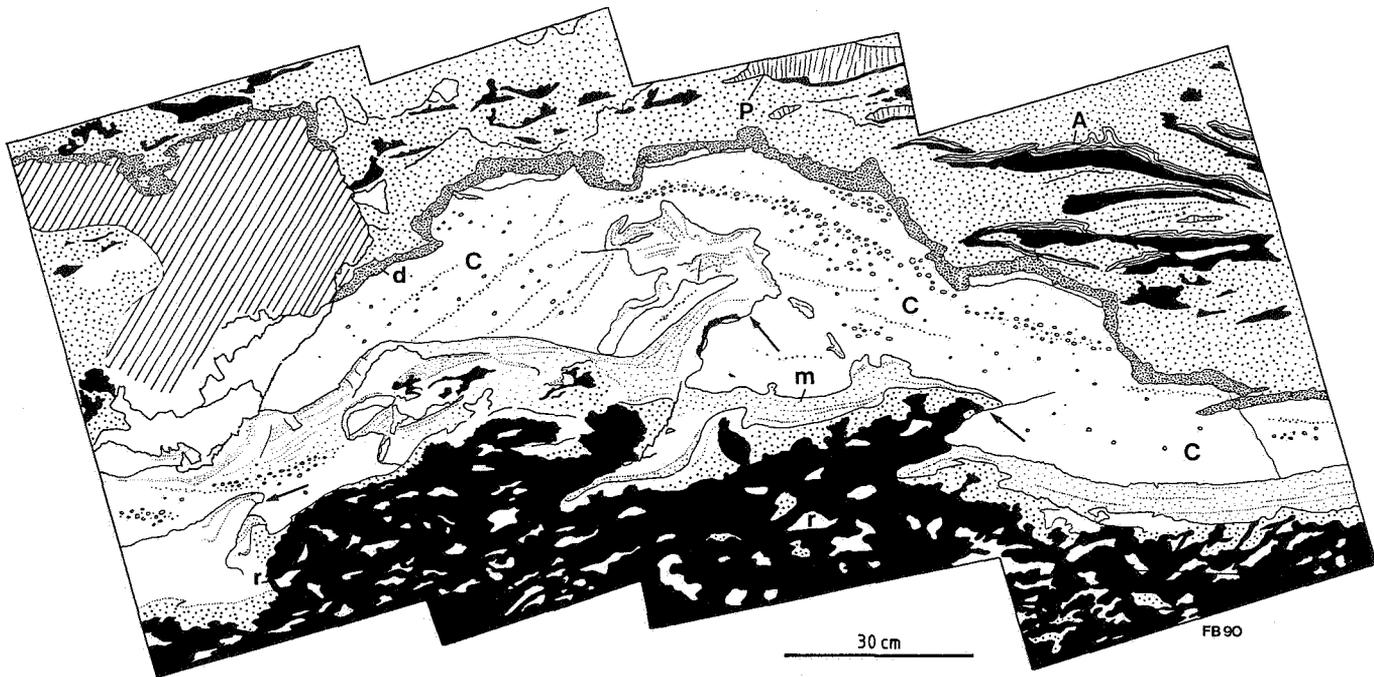


Figure 20 : sill neptunien dans les calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux, crinoïdes (S4). Remarquer les petites failles inverses (flèches) témoignant de compressions latérales, responsables de l'ouverture du sill. L'essentiel des sédiments internes consiste en crinoïdes, fréquemment granoclassés ("C") et en concrétions fibreuses réniformes ("r"); on observe aussi des sédiments internes microsparitiques ("m") et un pseudospar rosé contenant des structures dendritiques centripètes ("d"). En noir, la sparite fibreuse; en pointillés, la matrice; "A"; *Alveolites*; "P": "*Phillipsastrea*". La zone hachurée n'est pas détaillée. Bloc, carrière des Croisettes.

Phillipsastrea hennahi falsa, *Iowaphyllum rhenanum* et *I. mutabile*.

4.2. CARRIERE DES BULANTS A NEUVILLE (carte IGNB 57/3-4, coord. Lambert X : 159,775 ; Y : 95,625)

4.2.1. Description de la coupe et points principaux abordés lors de l'excursion

Ce monticule, type des édifices "Les Bulants", est en position subverticale et permet l'examen des niveaux inférieur, moyen et supérieur du bioherme, en zone relativement périphérique. Les figures 16 et 19 donnent les observations pétrographiques et la répartition des faciès en regard de la colonne lithologique.

Au niveau inférieur du bioherme, les calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux et crinoïdes (S4) sont nettement interdigités de calcaires argileux verdâtres à brachiopodes, spicules d'éponges, coraux et crinoïdes (S2), à l'inverse des biohermes du type "Les Wayons-Hautmont". Aucune différenciation horizontale n'apparaît dans le monticule des Bulants, suite à la faible valeur des pentes périphériques. On n'y observe de même aucune coulée crinoïdique de flanc.

Certains *Stromatactis* du lithofaciès S4 ont pu être attribués à des éponges lamellaires (pl. Ia). Des formes de transition entre ces éponges et des *Stromatactis* classiques ont été également observées, illustrant le processus de dégradation par effet de fontis de la morphologie originale des cavités.

Brièvement, la coupe (fig. 16) montre, après une dizaine de mètres de wackestones argileux à brachiopodes (S2), 7 m d'une alternance de wackestones rouges à rugueux massifs et solitaires, crinoïdes et encroûtements de *Kleinbergella* (S4) et de wackestones gris verdâtre à brachiopodes, éponges et *Egosiella*. A partir de la cote 18 m, les wackestones rouges s'enrichissent en *Stromatactis* et s'appauvrissent relativement en crinoïdes; quelques packstones bioclastiques font leur apparition. Les rugueux massifs tabulaires et subsphériques restent assez abondants. De la cote 26 m à la cote 33 m, les *Stromatactis* décimétriques disparaissent au profit de réseaux de *Stromatactis* centimétriques en échelons, groupés en passées; les *Kleinbergella* sont remplacées par des *Sphaerocodium* et girvanelles (S5). Enfin, de la cote 33 m au sommet de la coupe, le calcaire prend une

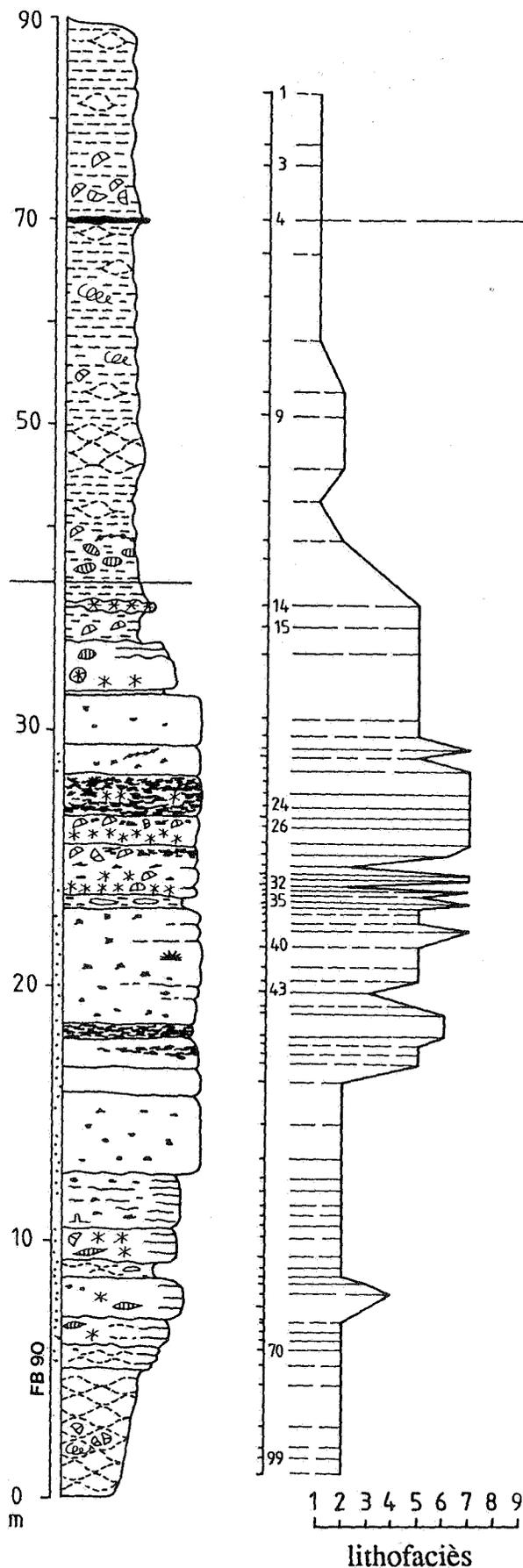


Figure 21 : colonne lithologique, lithofaciès et microfaciès de la coupe de Tienne à l'Gatte.

teinte grise et devient riche en passées de brachiopodes et crinoïdes englobés dans un ciment fibreux (nébuloïdes) (S6) et en tabulés branchus, brachiopodes et *Trelonella* (S7).

4.2.2. Biostratigraphie

Frechastraea carinata a été observé dès la base du bioherme, sur une hauteur de 16,5 m. Toutefois, *Phillipsastrea ananas ananas* et *Frechastraea pentagona micrastraea* se rencontrent déjà à 12 mètres de la base du monticule. Seule cette seconde sous-espèce a été récoltée dans les dix derniers mètres de l'édifice où apparaît *Ancyrognathus asymmetricus*. La répartition des rugueux massifs dans cette lentille de marbre rouge d'une trentaine de mètres de puissance a été figurée par Coen-Aubert (1982).

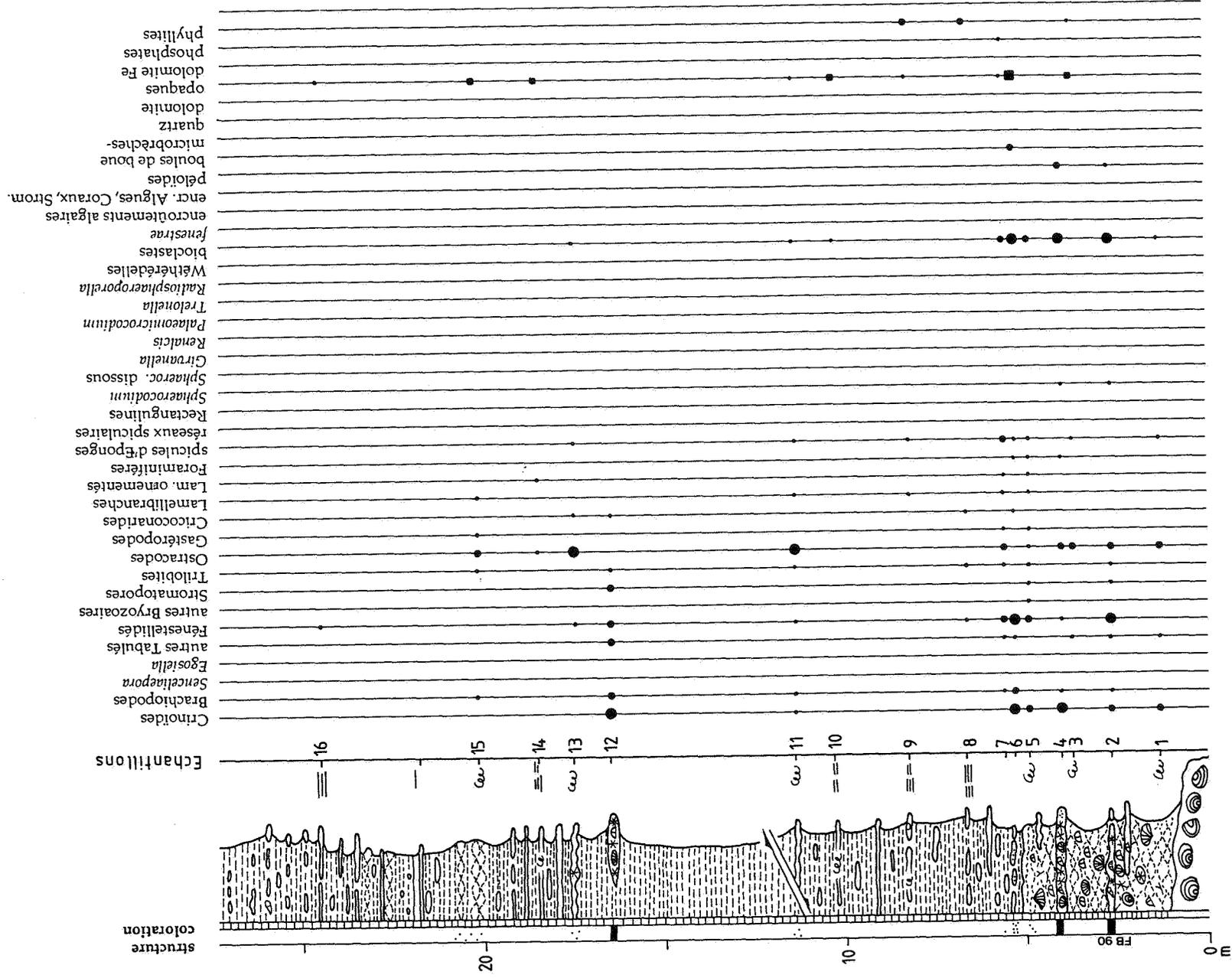
4.3. COUPE DE LA TRANCHEE DU CHEMIN DE FER PHILIPPEVILLE-MARIEMBOURG, PRES DE NEUVILLE (carte IGNB 57/3-4, coord. Lambert coupe A : X : 159,125 ; Y : 94,850 ; coord. Lambert coupe B : X : 159,750 ; Y : 95,600)

4.3.1. Description des coupes et points principaux abordés lors de l'excursion

Deux coupes ont été levées ; l'une est située le long du nouveau tronçon de la ligne de chemin de fer Philippeville-Mariembourg (A, fig. 17) et débute à 1120 m au sud-ouest du pont de Neuville Nord ; l'autre (B, fig. 18) est située le long du tracé ordinaire, dans un virage, à environ 250 m au sud du même pont (localisation pl. I in Bouckaert et al., 1970).

Ces deux coupes permettent d'étudier l'environnement péri-biohermal d'un monticule du type "Les Bulants" et ce à la fois en situation proche (coupe B) et plus éloignée (coupe A).

La coupe A (fig. 17 & 19) commence, au coeur d'un petit anticlinal surbaissé, par des wackestones et packstones massifs en gros bancs à stromatopores, bioclastes, calcisphères, issinelles et paléobéréselles et se poursuit en direction du nord-est. Ces calcaires sont attribués au "F2h" (Coen & Coen-Aubert, 1976, p. 2). Ils sont surmontés d'un fond durci, témoignage ici de la hausse eustatique, responsable de l'ennoyage de la plate-forme médio-frasnienne. On observe



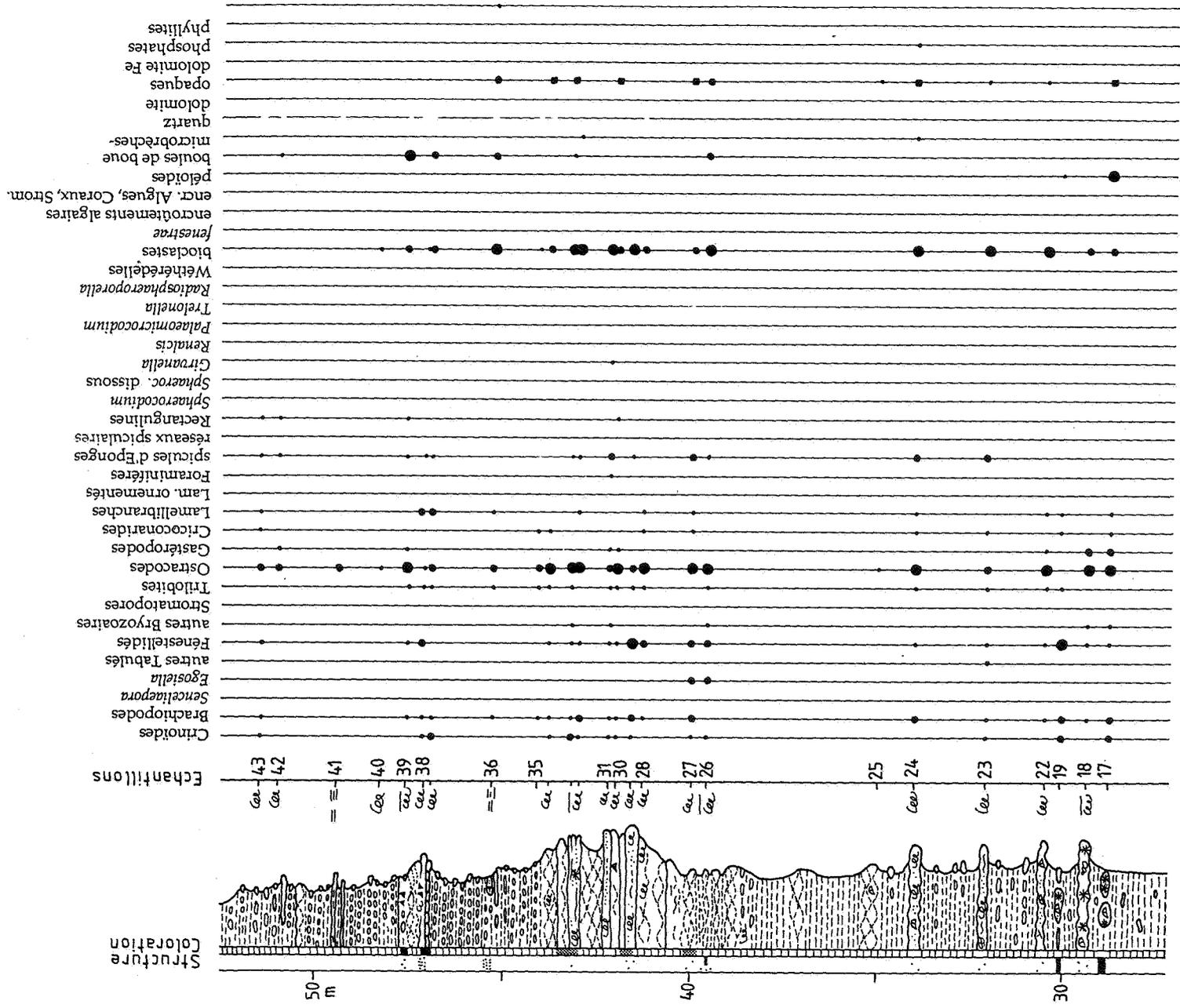


Figure 22 : coupe de la tranchée d'accès au bioherme "F2h" du Lion, Frasnés : colonne lithologique et données pétrographiques.

ensuite une alternance de packstones argileux à crinoïdes, brachiopodes, bioclastes, fénestelles, spicules d'éponges, rugueux massifs, gastéropodes et lamellibranches, de wackestones argileux bioclastiques avec quelques rugueux massifs et de schistes contenant quelques nodules calcaires. Cet ensemble de calcaires argileux et de schistes noduleux, représentant le fond continu de la sédimentation péri-biohermale durant la "1^{re} période de stabilité relative du niveau marin", est surmonté par des schistes fins, avec à la base quelques petits bancs calcaires. Ces schistes surmontent également le bioherme des Bulants et témoignent de la reprise de la sédimentation après la "2^e hausse eustatique". Leur épaisseur exacte est difficile à mesurer du fait d'une torsion des couches. Elle est estimée selon les auteurs à 43 m (Bouckaert *et al.*, 1970, p. 7), environ 40 m (Coen & Coen-Aubert, 1976, p. 3) ou environ 50 m (Coen, 1977, fig. 3, p. 28). Au-dessus de ces schistes fins apparaît un ensemble de schistes noduleux à bancs calcaires d'une trentaine de mètres d'épaisseur. Dans la moitié inférieure, ces schistes contiennent un grand nombre de rugueux massifs tabulaires et possèdent une couleur verdâtre lorsqu'ils sont peu noduleux et rougeâtre lorsqu'ils contiennent de nombreux petits nodules calcaires. Les bancs calcaires décimétriques, qui s'intercalent irrégulièrement, sont des grainstones bioclastiques, riches en fénestelles, ostracodes et microbrèches. Dans la moitié supérieure, la répartition des nodules et la coloration deviennent plus mêlées, tandis qu'apparaissent des bancs calcaires à crinoïdes, à coraux et à spicules d'éponges. Ces schistes noduleux ont été mis en place suite à la baisse eustatique qui clôtura la "2^e période de stabilité relative du niveau marin" et qui a vu la progradation en direction du milieu péri-biohermal de certains faciès des monticules du type "Les Wayons-Hautmont". Ils sont entremêlés de coulées bioclastiques, provenant peut-être d'un monticule de ce type, actuellement non visible, mais signalé dans la littérature (Coen, 1977, p. 29). Finalement, après 1 à 2 m de schistes noduleux brunâtres, on observe des schistes fins.

La coupe B (fig. 18 & 19) est située approximativement à 870 m de la coupe A au nord-est. Elle n'est éloignée que d'environ 175 m de la coupe du bioherme des Bulants. Van Winkel (1964, p. 67) a d'ailleurs attribué les quelques passées de calcaire rougeâtre de

la coupe à des extensions latérales de ce monticule.

La coupe commence au sommet des packstones à paléobéréselles, bioclastes et stromatopores branchus attribués au "F2h" (Van Winkel, 1964, p. 62). La direction des couches est E-W avec un pendage de 80°S. On observe d'abord 9 m de schistes noduleux alternant avec des wackestones argileux à crinoïdes, brachiopodes, gastéropodes et lamellibranches. Par endroit, quelques péloïdes et girvanelles sont présents. De nombreuses colonies pluridécimétriques d'*Hexagonaria* sont en position de vie jusqu'à la cote 5 m. Aux environs de cette cote, les "*Phillipsastrea*" (faune 1) prennent le relais (Coen, 1977, p. 29).

De la cote 10 m à la cote 16 m, les quelques bancs de wackestones et mudstones présents dans les schistes noduleux prennent une teinte rougeâtre et contiennent des bioclastes, spicules d'éponges et *Stromatactis*. A partir de la cote 16 m jusqu'à la cote 20,5 m, les bancs calcaires deviennent épais, seulement séparés par quelques joints argileux centimétriques. On y observe des packstones à girvanelles, *Trelonella* et quelques crinoïdes (S7) et même, à la cote 18 m, un banc de bindstone à tapis cryptalgaires, *Renalcis* et encroûtements algaires divers (S8), représentant l'extension maximale des faciès du niveau supérieur du bioherme des Bulants. Tous ces calcaires ont une couleur sombre. Les wackestones (plus rarement packstones) qui surmontent cette unité, sont à nouveau riches en crinoïdes, brachiopodes, spicules d'éponges, et lamellibranches ; quelques *Stromatactis* centimétriques y sont visibles. A partir de la cote 24 m, apparaissent des schistes fins, contenant encore vers la base quelques petits bancs calcaires centimétriques.

4.3.2. Biostratigraphie

Dans les deux coupes, de nombreuses colonies d'*Hexagonaria davidsoni* (Milne-Edwards & Haime, 1851) et *H. mae* Tsien, 1978 se rencontrent dans les cinq à six premiers mètres des calcaires noduleux et schistes qui surmontent le biostrome "F2h" ; *Ancyrognathus triangularis euglypheus* Stauffer, 1938 est présent à la base de cet ensemble, dans la nouvelle tranchée. Dans l'ancienne tranchée, quelques *Frechastraea cf. phillipsastraeiformis* (Moenke, 1954) sont associés aux derniers *Hexagonaria* ; ensuite, les

premiers *Frechastraea carinata* apparaissent à peu près en même temps que le conodonte *Ancyrognathus triangularis triangularis*. Dans la nouvelle tranchée, Mouravieff (1974) signale déjà l'occurrence d'*Ancyrognathus asymmetricus* 17,5 m au-dessus du biostrome "F2h", soit peu en-dessous de la base des schistes fins. Au-dessus de ces derniers, les 34 mètres de schistes et calcaires noduleux, rouges ou verts contiennent de nombreux représentants de la faune 3 dont la répartition a été figurée par Coen-Aubert (1982). *Iowaphyllum rhenanum* en particulier est très abondant dans toute l'unité où il est accompagné dès la base de *Frechastraea pentagona pentagona* et de *Phillipsastrea ananas veserensis*. Plus haut, apparaissent d'abord *P. hennahi falsa*, puis *Frechastraea pentagona minima*. Ces deux sous-espèces subsistent seules au sommet de ces calcaires noduleux où elles sont toujours associées à de petits *Iowaphyllum*. Notons encore la présence dans l'unité de quelques colonies de *Frechastraea kaisini* et polypiers solitaires d'*Hankaxis mirabilis* (Rozkowska, 1979).

4.4. CARRIERE DES CROISSETTES A VODECEE (carte IGNB 58 1/2, coord. Lambert X : 164,125 ; Y : 98,150)

4.4.1. Points principaux abordés lors de l'excursion

La carrière, actuellement inondée, ne permet pas d'étude systématique. La présence sur le chantier de nombreux blocs sciés dans des remplissages de cavité (sills, fig. 20 et dykes neptuniens provenant du niveau inférieur d'un monticule du type "Les Wayons-Hautmont") permet une chronologie relative et une typologie des sédiments internes. On observe successivement :

- des masses réniformes de ciment fibreux, de taille décimétrique, dans une matrice microsparitique ou dans une sparite granulaire ;
- du microspar à pseudospar laminaire, souvent à coloration rouge ou rose, contenant quelques bioclastes ou fossiles. La taille des cavités permet la présence dans le sédiment de petits lamellibranches, brachiopodes, ostracodes, voire orthocères, souvent groupés en passées. Ce microspar laminaire semble dans un cas au moins

("griotte" supérieure de Hautmont), pouvoir se disposer le long des épontes d'une fissure verticale ;

- des tapis cryptalgaires à structure grumeleuse, souvent laminaires (lamination alternante de microspar, péloïdes et pseudospar) ;
- des péloïdes à contour irrégulier et des microbrèches. Ces éléments figurés de 0,2 à 1 mm sont souvent hématitisés ;
- un pseudospar rosé à structures micritiques dendritiques qui rappellent le genre *Frutexitis*. Ce sédiment se dispose au toit des cavités avec une croissance nettement centripète ;
- des microstromatolithes ferro-oxydants (Mamet & Boulvain, 1988) recouverts par un sédiment interne microsparitique (sills) ou cimentés par du ciment fibreux (dykes) ;
- un sable crinoïdique (grainstones à crinoïdes), montrant des laminations centimétriques irrégulières ;
- des argiles laminaires rouges.

4.4.2 Chronologie des remplissages, discussion

- pour une raison géométrique évidente, il n'est pas étonnant de constater que les sills neptuniens renferment plus souvent des sédiments internes que les dykes et que ces derniers sont plus souvent cimentés que les sills ;
- la nature des sédiments internes témoigne d'une fissuration synsédimentaire, contemporaine de l'édification des monticules ; il peut s'agir de sable bioclastique par exemple, équivalent du lithofaciès des calcaires gris stratifiés à crinoïdes (S9) ou de microspar à tabulés branchus dans une fissure verticale du Hautmont, provenant d'une couche déposée moins d'un mètre plus haut ;
- le sable crinoïdique semble être l'un des sédiments internes les plus tardifs, suivi des argiles rougeâtres ; les concrétions fibreuses réniformes sont précoces et précèdent tout autre type de remplissage. Les microstromatolithes ferro-oxydants, même cimentés par de la calcite fibreuse, semblent

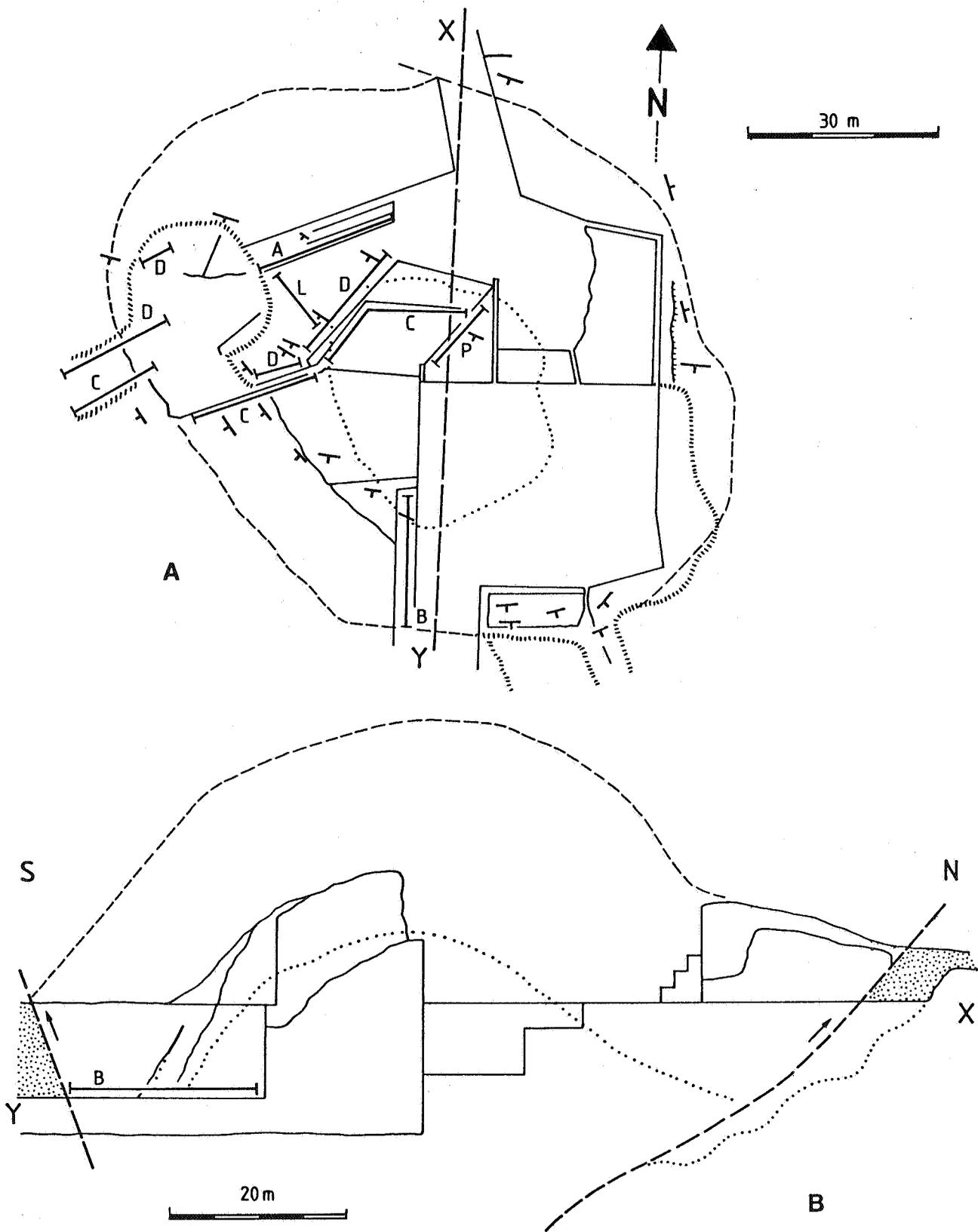


Figure 23 : carrière du Hautmont : (a) : plan général, directions, pendages et localisation des coupes A, B, C, D, L et P ; (b) : coupe de la carrière selon X-Y et localisation de la coupe B. D'après Mouravieff & Tsien (1983), modifié.

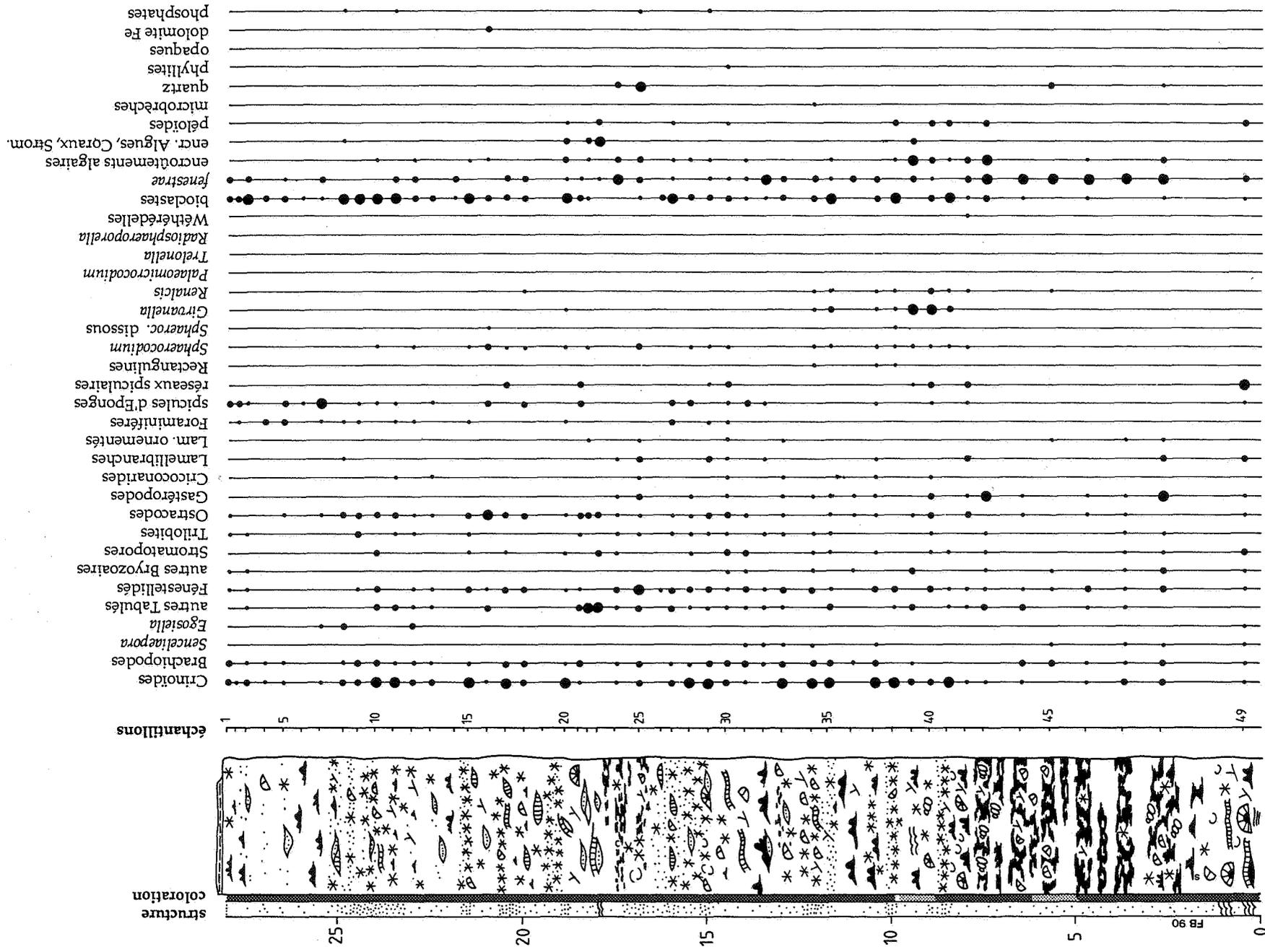


Figure 24 : colonne lithologique et données pétrographiques de la coupe A de Hautmont.

être des structures précoces puisqu'ils peuvent être surmontés de microspar à tabulés branchus, contemporain de la fin de l'édification biohermale.

4.5. CARRIERE DU TIENNE A L'GATTE A PHILIPPEVILLE (carte IGNB 58 1/2, coord. Lambert : X : 163,650 ; Y : 96,625)

4.5.1. Points principaux abordés lors de l'excursion

Cette carrière (subverticale de direction E-W ; le sommet de l'édifice est au sud) a été très peu étudiée malgré le grand intérêt de sa situation : elle entame un monticule du type "Les Bulants" sur sa périphérie, depuis sa base jusqu'à son sommet en contact anormal avec des schistes fins.

Une coupe a été levée et échantillonnée le long de la paroi ouest, non sciée, accessible en canot (fig. 21). Cette paroi, la plus éloignée du coeur de l'édifice, montre d'épaisses interdigitations de calcaires argileux péri-biohermaux (lithofaciès S2). L'autre paroi, située à une cinquantaine de mètres à l'est, est sciée et présente la même succession que la coupe des Bulants avec des wackestones rouges à *Stromatactis* et coraux (S4) à la base et dans la partie moyenne et des wackestones gris (S7) vers le sommet.

4.5.2. Biostratigraphie

Frechastraea carinata a été récolté près de la base de la lentille de marbre rouge et *Phillipsastrea ananas ananas* près de son sommet.

4.6. CARRIERE ROCHEFONTAINE A FRANCHIMONT (carte IGNB 58/1-2, coord. Lambert X : 169,450 ; Y : 96,925)

La carrière, exploitée jusqu'à très récemment par la Société Comarble, recoupe sur plus de 40 mètres d'épaisseur un édifice du type "Les Wayons-Hautmont" (donc contemporain de ceux-ci) en position inclinée (direction WNW-ESE, pendage 60° N).

Sur le site de la carrière se trouve également une scierie qui fournit en quantité plaques et blocs sciés, utiles pour un examen approfondi de certains faciès.

4.7. COUPE DE LA TRANCHEE D'ACCES SUD A LA CARRIERE DU LION, A FRASNES (carte IGNB 57/7-8, coord. Lambert X : 160,200 ; Y : 84,550)

4.7.1. Description de la coupe et points principaux abordés lors de l'excursion

La coupe (fig. 19 & 22) débute contre le flanc ouest du bioherme "F2h" du Lion et se poursuit le long de la tranchée d'accès sud, en direction du NNW (direction approximativement NE-SW, pendage environ 45°N). Les 4 premiers mètres de schistes noduleux (42 % de calcite, 58 % d'insolubles) sont très riches en *Hexagonaria*, parfois retournées, crinoïdes et bioclastes. Il s'y ajoute quelques brachiopodes, tabulés branchus et fénestelles. Le passage à des schistes fins à nodules calcaires décimétriques nettement individualisés et bancs calcaires de quelques centimètres d'épaisseur est brutal. Ces schistes fins (6 à 8 % de calcite) se poursuivent à peu près jusqu'à la cote 37 m. Plusieurs types de bancs et nodules calcaires s'y rencontrent : certains sont constitués de micrite pure et d'origine diagénétique ; d'autres sont des grainstones à fénestelles, crinoïdes, brachiopodes, gastéropodes et bioclastes. Ces bancs ont parfois un sommet plan et une base onduleuse ; beaucoup montrent des variations latérales d'épaisseur. A la cote 22,5 m, un banc décimétrique possède une lamination en "auges et mamelons" ("hummocky cross stratification"). Ces bancs de grainstone bioclastique sont des tempestites, mises en place suite à des augmentations temporaires de la turbulence.

A partir de la cote 37 m, les schistes se chargent plus fortement en nodules calcaires centimétriques mal individualisés et deviennent plus calcaires (10 % de calcite) ; on remarque même des bancs de mudstone rougeâtre à crinoïdes, brachiopodes, fénestelles, bioclastes et spicules d'éponges (cotes 40 m à 44 m). Ces calcaires argileux possèdent la même séquence diagénétique que les monticules micritiques du type "Les Bulants", dont ils sont par ailleurs contemporains. Ensuite, jusqu'à la cote 50,5 m, ces bancs calcaires sont remplacés par de petits nodules centimétriques grisâtres dans du schiste verdâtre. A partir de la cote 50,5 m jusqu'à la fin de l'affleurement, on retrouve

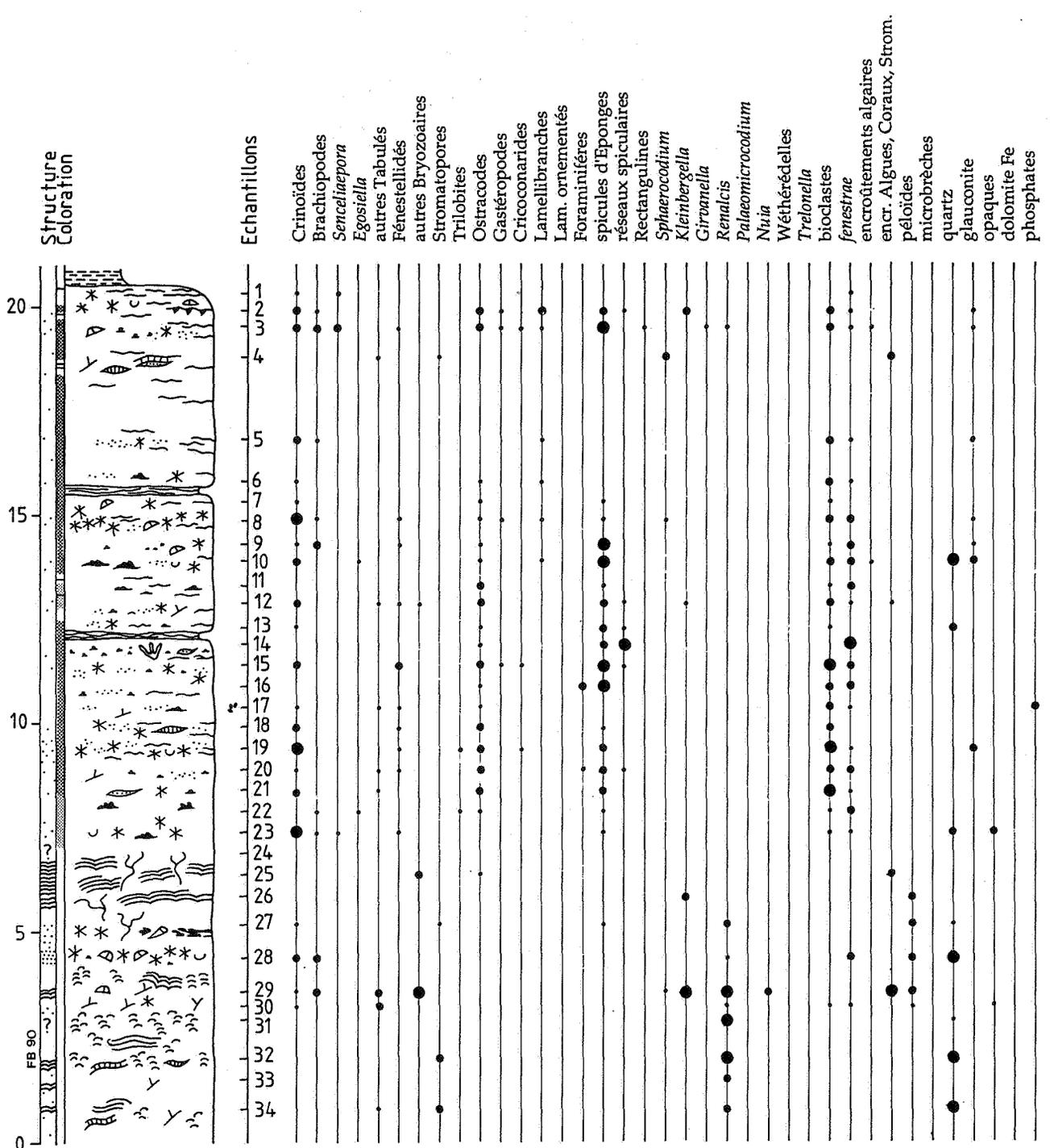


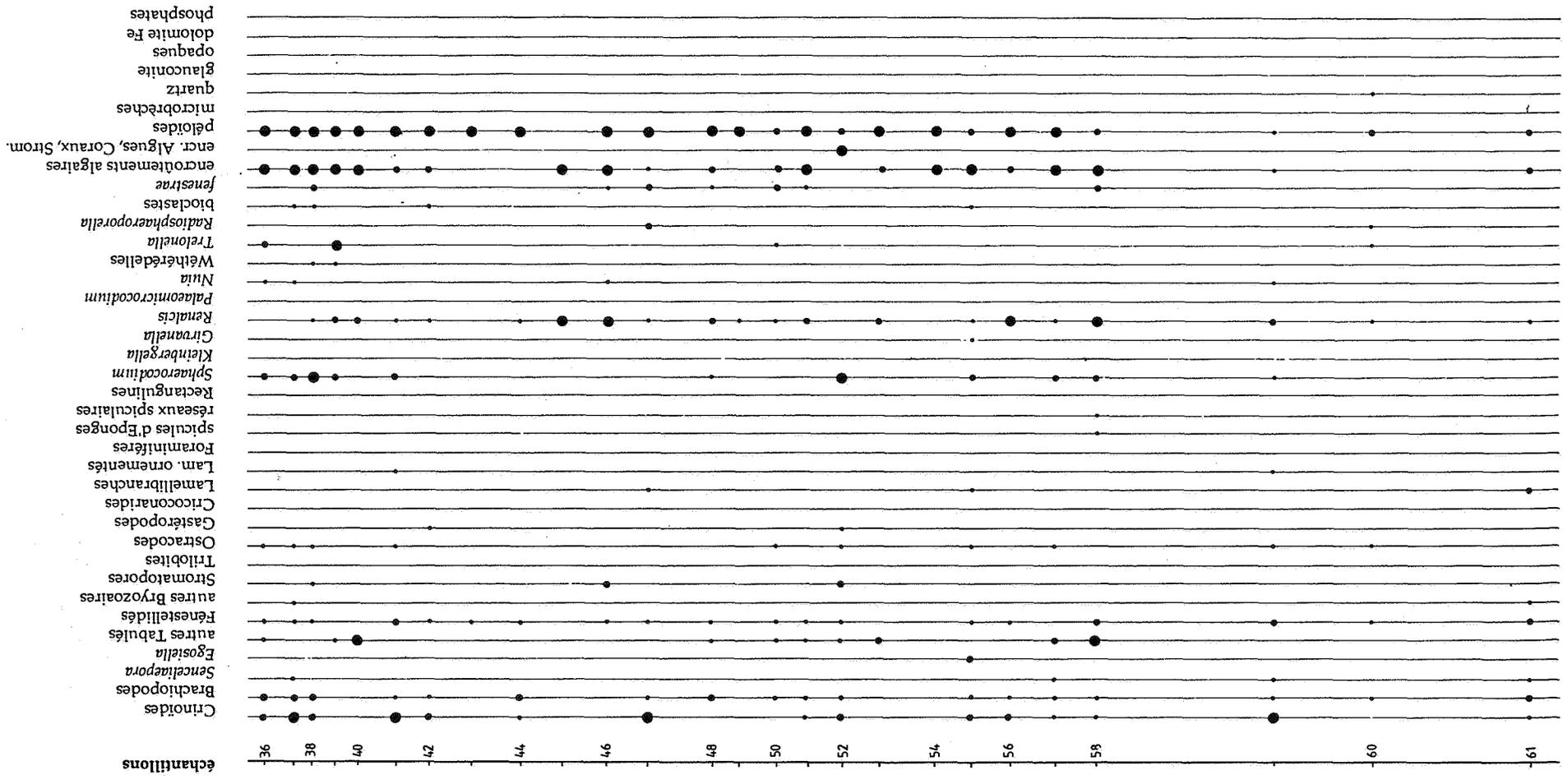
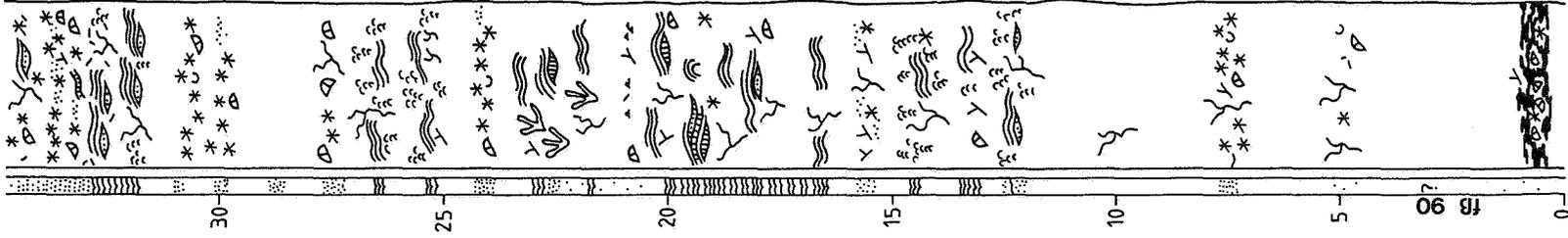
Figure 25 : colonne lithologique et données pétrographiques de la coupe B de Hautmont.

des schistes fins à nodules décimétriques bien individualisés.

4.7.2. Biostratigraphie

Hexagonaria mirabilis Moenke, 1954 est abondant au sommet du bioherme "F2h" ainsi que dans les schistes noduleux à coraux qui le surmontent dans la tranchée méridionale ; dans cette dernière unité, il est accompagné de *Macgeea gallica gallica* Lang & Smith,

1935. Dans la partie inférieure des schistes sus-jacents subsistent encore l'une ou l'autre colonie d'*Hexagonaria mirabilis* tandis que le premier *H. mae* n'a été observé qu'à 16 m de leur sommet. Les conodontes de cette section ont été étudiés en détail par Mouravieff (1974) qui a récolté de nombreux *Ancyrognathus triangularis euglypheus*, déterminé à l'époque comme *Ancyrognathus n. sp.*, dans les schistes noduleux à coraux et les schistes fins qui recouvrent le bioherme



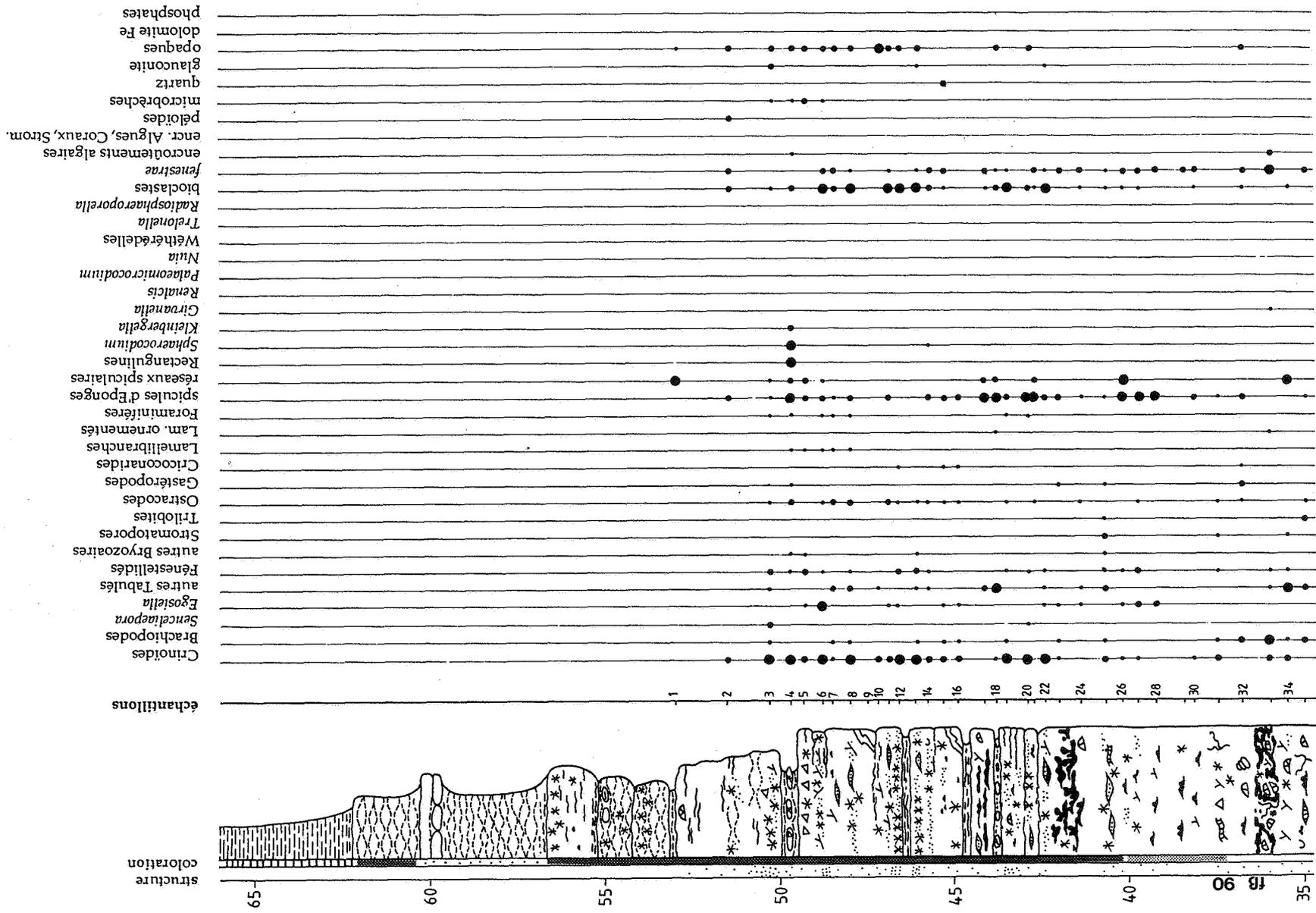


Figure 26 : colonne lithologique et données pétrographique de la coupe C de Hautmont.

"F2h". Dans les calcaires noduleux qui terminent la coupe, le même auteur a observé les premiers *Ancyrognathus triangularis triangularis* peu au-dessus de leur base (banc 150 d'après Mouravieff, 1982, p. 116, pl. 5, fig. 14).

La même succession est également bien exposée dans les tranchées médiane et septentrionale d'accès à la carrière du Lion. On remarque que l'épaisseur des schistes noduleux à coraux et des schistes fins qui surmontent le bioherme "F2h", diminue considérablement vers le nord, en direction du coeur du monticule. Des corrélations très précises peuvent en effet être réalisées d'une tranchée à l'autre sur base des bancs calcaires qui s'individualisent dans la partie supérieure des schistes tandis que les calcaires noduleux sus-jacents restent identiques à eux-mêmes. *Hexagonaria mae* est dès lors déjà présent au contact du bioherme "F2h", dans la tranchée médiane où il est associé à de nombreux *H. mirabilis*.

Finalement, dans la petite carrière entaillant le versant au NE de la carrière du Lion, l'épaisseur des schistes et calcaires argileux ou crinoïdiques, séparant le sommet du bioherme "F2h" d'un faciès latéral à un bioherme "F2j", n'est plus que de 9 m. Les coraux sont très abondants sur presque toute la hauteur de ces schistes ; ils y sont représentés notamment par *Hexagonaria mae*, *H. mirabilis*, *H. davidsoni*, *Macgeea gallica gallica* et *M. gallica gigantea* Brice & Rohart, 1974.

4.8. CARRIERE DU HAUTMONT A VODELEE (carte IGNB 58/1-2, coord. Lambert X : 175,200 ; Y : 95,000)

4.8.1. Description des coupes et points principaux abordés lors de l'excursion

Cette carrière, actuellement en exploitation par la SA "Carrières de Sprimont", est l'une des seules où subsiste du marbre gris (lithofaciès S8). Elle a été étudiée par Paul Dumon qui en donne des coupes précises (1957, principalement). Le bioherme, type des édifices "Les Wayons-Hautmont", est en position subhorizontale pour la partie affleurant actuellement (fig. 23). Le contact avec les schistes encaissants est en général tectonique, sauf dans la tranchée d'accès ouest.

Stratigraphiquement au-dessus du marbre gris (S8), on observe quelques mètres de calcaires rouges à coraux et *Stromatactis* (S4 ou "griotte supérieure") qui passent progressivement, dans la tranchée d'accès ouest, à des schistes rougeâtres à bancs calcaires puis à des schistes fins.

Six coupes dans l'édifice ont été levées et échantillonnées, cinq perpendiculairement à la stratification (A, fig. 24 ; B, fig. 25 ; C, fig. 26 ; D, fig. 28 et P, fig. 27) et une latéralement au sein d'un même ensemble de bancs (L, non figurée). Toutes les coupes peuvent être raccordées lithostratigraphiquement et dans le cas des coupes C, D et B, à 90°, également par calage par rapport à deux joints de stratification épais (fig. 28).

Les coupes B, C et D partent du coeur du bioherme pour aboutir dans les schistes fins qui surmontent l'édifice. Elles recourent respectivement 32 m, 18 m et 7 m de bindstones et packstones gris à *Renalcis*, *Sphaerocodium*, rugueux massifs subsphériques ou bulbeux, stromatopores lamellaires, tabulés branchus, péloïdes et tapis laminaires cryptalgaires (S8). Au-dessus du marbre gris, le passage à la "griotte" est assez progressif, avec des wackestones roses à coraux, crinoïdes et brachiopodes (S5) sur 2 à 5 m. Ensuite, avec l'apparition des *Stromatactis*, des crinoïdes en grand nombre et des spicules d'éponges (S4), on constate la disparition progressive des algues, des encroûtements et des péloïdes. La "griotte" est très argileuse, avec plusieurs joints centimétriques de grande extension latérale.

Les coupes C et D montrent vers la base de la "griotte" une passée de *Stromatactis* pluridécimétriques organisés en réseau. Quelques mètres plus haut apparaissent des masses allongées de ciment fibreux que surmontent invariablement des *Alveolites* lamellaires, formant voûte au-dessus des cavités et limitant leur déplacement vers le haut dans le sédiment. Le passage de la "griotte" aux schistes fins est tectonique dans le cas de la coupe B, par l'intermédiaire de 12 m de schistes noduleux à bancs calcaires pour les coupes C et D. Dans les trois cas, la "griotte" est surmontée d'un fond durci, marquant une accentuation de la 3^e hausse eustatique. Malgré la proximité des coupes C et D (environ 10 m à ce niveau), le découpage en

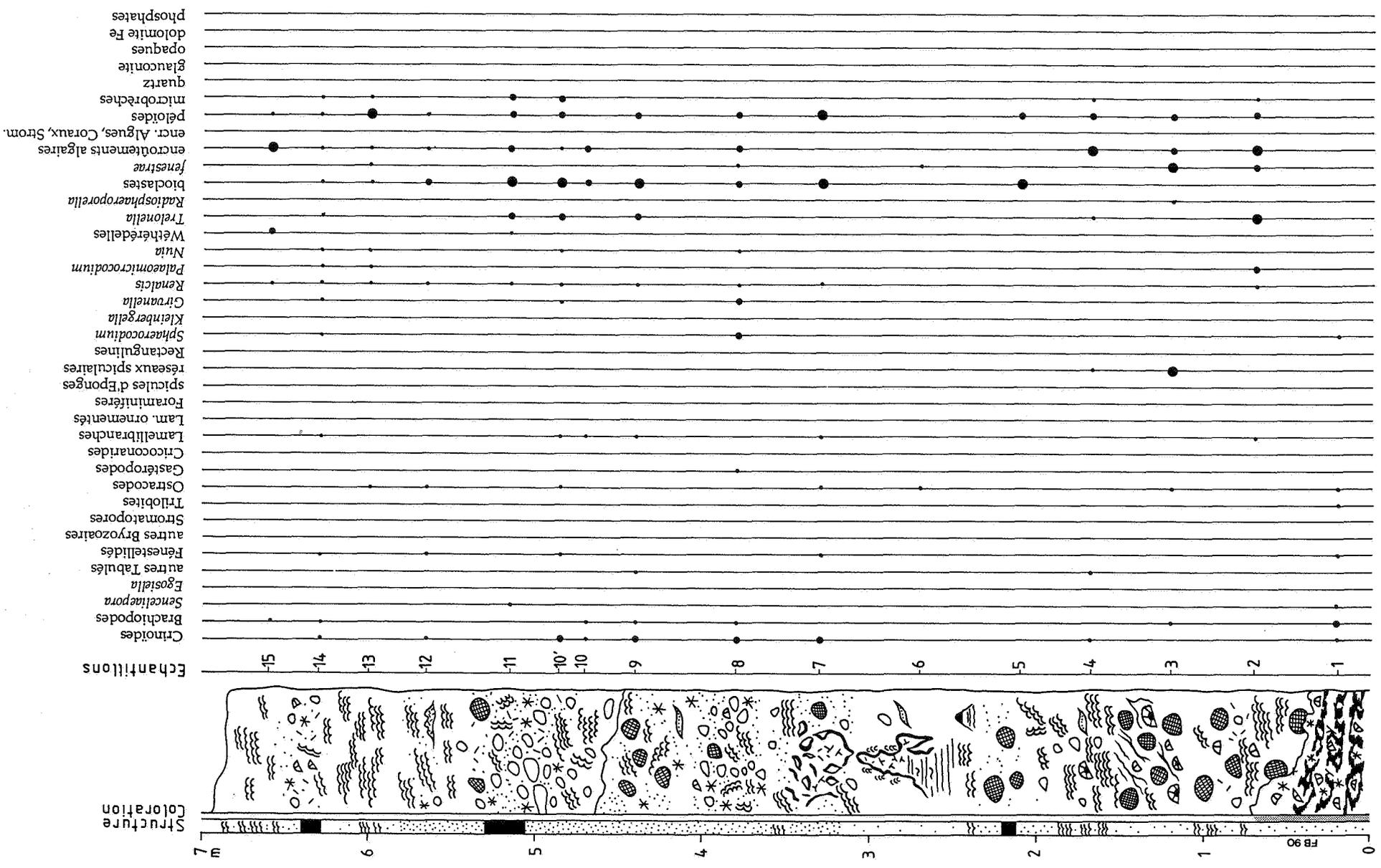


Figure 27 : colonne lithologique et données pétrographiques de la coupe P de Hautmont.

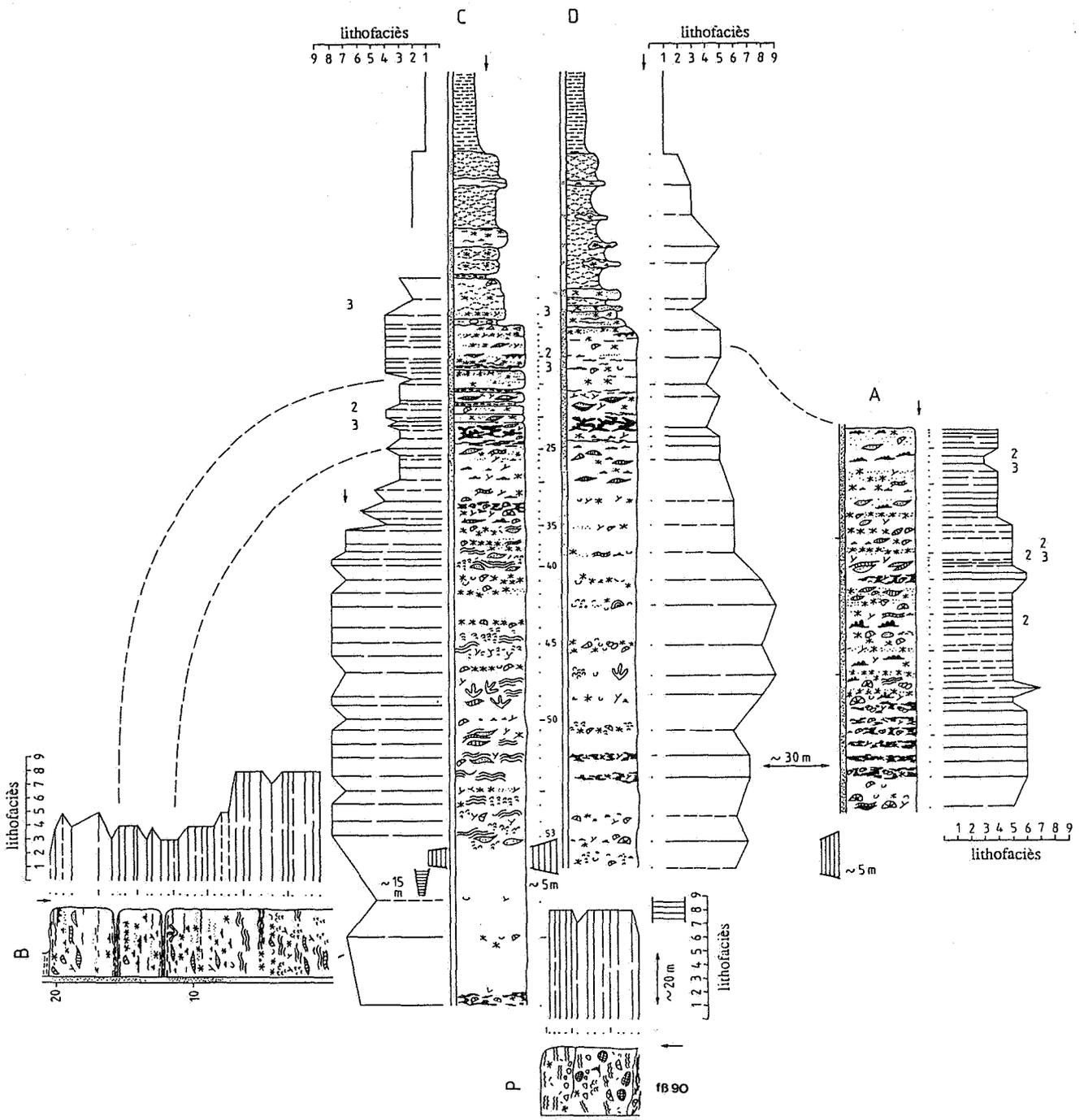


Figure 28 : colonnes lithologiques, lithofaciès et microfaciès des coupes A, B, C, D et P de Hautmont et corrélation lithologiques.

bancs dans la partie schisteuse est variable. Les bancs calcaires contiennent quelques crinoïdes et brachiopodes et sont généralement riches en spicules d'éponges.

La coupe A est située à une dizaine de mètres de la coupe D, en position plus périphérique. Le sommet de la coupe est en contact tectonique avec les schistes nodulaires et permet un calage avec les coupes B, C et D. On remarque l'absence de calcaires gris. Il

s'agit ici uniquement de wackestones et packstones rouges à coraux, crinoïdes, *Stromatactis*, brachiopodes (S5). En partant de la base de la coupe, on observe d'abord 8 m de wackestones à "nébuloïdes" englobant des brachiopodes (S6), puis environ 13 m de packstones et wackestones à crinoïdes, brachiopodes, *Alveolites* et "*Phillipsastrea*", tabulaires, *Thamnopora* branchus, stromatopores lamellaires, avec par endroit

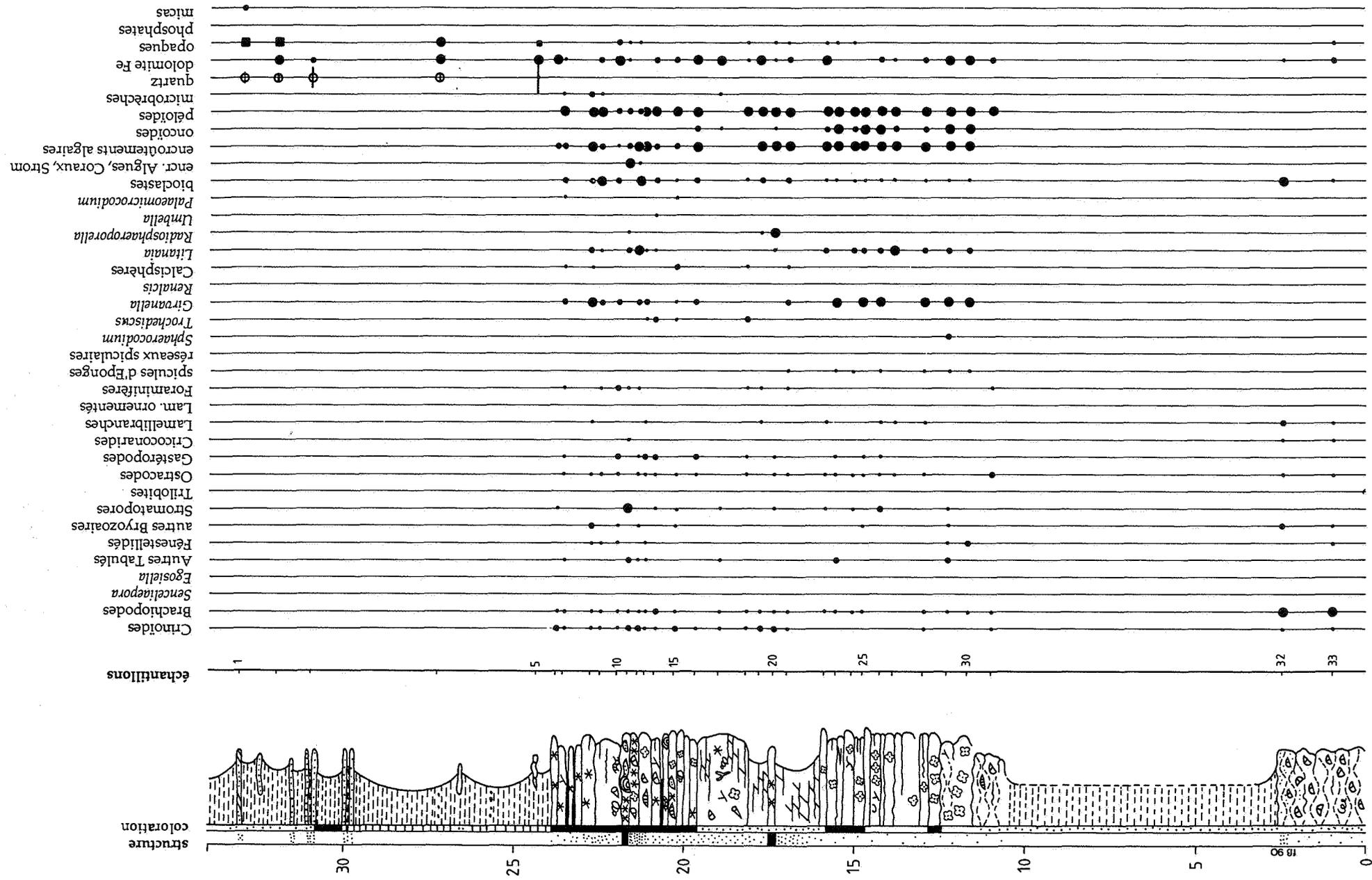


Figure 29 : coupe de Huccorgne : colonne lithologique et données pétrographiques.

des spicules d'éponges (S5). Les *Stromatactis* sont assez abondants dans la première moitié de cet ensemble. Ensuite, de la cote 21 m à la cote 25 m, avec la disparition des *Sphaerocodium* s'affirme le caractère bioclastique, riche en crinoïdes et enfin, de la cote 25 m à la fin de la coupe, réapparaissent les *Stromatactis* et les spicules d'éponges. Ces 3 mètres de wackestone à *Stromatactis* sont comparables à la "griotte supérieure" des coupes B, C et D.

La coupe L a été levée, au sein d'un même niveau, entre les coupes A et D, sur la surface horizontale sciée. Elle débute au niveau de l'échantillon 21 de la coupe D. On passe du marbre gris (S8) à des packstones rouges bioclastiques à *Alveolites*, rugueux massifs tabulaires, *Stromatactis*, crinoïdes et spicules d'éponges (S4) par l'intermédiaire de wackestones rosés à *Thamnopora*, brachiopodes et *Alveolites* nodulaires. La transition s'effectue sur une quinzaine de mètres et souligne bien l'existence d'une différenciation sédimentologique horizontale aux niveaux moyen et supérieur des monticules du type "Les Wayons-Hautmont", liée à l'existence d'un relief important.

Enfin, la coupe P recoupe 6 m de marbre gris (S8) qui surmontent un peu moins de 1 m de wackestones rosés à "nébuloïdes". Le passage entre ce faciès et le marbre gris est brutal, par l'intermédiaire d'une surface irrégulière de nature énigmatique. Le marbre gris montre une succession de bindstones, wackestones et packstones à tapis laminaires, *Hankaxis mirabilis*, péloïdes, encroûtements algaires (*Sphaerocodium*, girvanelles) bioclastes, avec plusieurs niveaux bréchifiés (pl. IIb), où apparaissent des crinoïdes.

4.8.2. Biostratigraphie

Dans le coeur de marbre gris ont été récoltés plusieurs polypiers très fragmentaires d'*Hankaxis mirabilis* associés à quelques *Frechastraea pentagona micrastraea*. De nombreuses colonies de ce taxon et de *Phillipsastrea ananas ananas* caractérisent le lithofaciès S5 exposé dans la coupe A. Dans

la "griotte supérieure" ont été échantillonnés dans la coupe C et à l'ouest de la coupe B :

- l'une ou l'autre colonie de *Frechastraea pentagona micrastraea* ;
- des formes intermédiaires entre cette sous-espèce et *Frechastraea pentagona pentagona*, voire *F. pentagona minima* ;
- des éléments typiques de la faune 3 représentée par *Frechastraea pentagona pentagona*, *F. pentagona minima* et *Phillipsastrea ananas veserensis*.

On observe donc à ce niveau le passage de la faune 2 à la faune 3. Dans les schistes rouges à bancs calcaires qui surmontent le bioherme dans la coupe C, subsistent quelques minces colonies de *Frechastraea pentagona minima*.

4.9. CARRIERE SAINT-REMY A ROCHEFORT (carte IGNB 59/3-4, coord. Lambert : X : 211,625 ; Y : 97,775)

4.9.1. Points principaux abordés lors de l'excursion

Cette carrière, ouverte dans un monticule qui représente le type des monticules "Saint-Rémy", expose plusieurs dizaines de mètres de mudstones rouges à *Stromatactis* (S3), souvent groupés en passées. La plupart des édifices qui se sont développés au bord sud du Synclinorium de Dinant pendant la "1^e période de stabilité relative du niveau marin", sont ainsi constitués. Situés plus au sud et en milieu plus profond que les monticules du type "Les Bulants" qui leur sont contemporains, ils n'ont pas connu la même évolution écologique et sont demeurés durant tout leur développement sous la zone photique, dans un milieu microaérophile (présence de bactéries ferro-oxydantes, pauvreté de la communauté organique, absence de fousseurs). La communauté organique comprend donc uniquement des éponges (à l'origine des *Stromatactis*) et des bactéries ferro-oxydantes et carbonatogènes. Ces monticules ont disparu lors de la "1^e période de hausse relative du niveau marin".

4.10. COUPE DE HUCCORGNE (carte IGNB 41/5-6, coord Lambert X : 207,350 ; Y : 139,825)

4.10.1. Stratigraphie et description de la coupe

Points 8 et 12 de Lacroix (1972) et Coen-Aubert & Lacroix (1985). Direction E-W, pendage 10 à 20°S.

La coupe (figs. 29 & 30), expose la Formation d'Aisemont et est située à l'est du village de

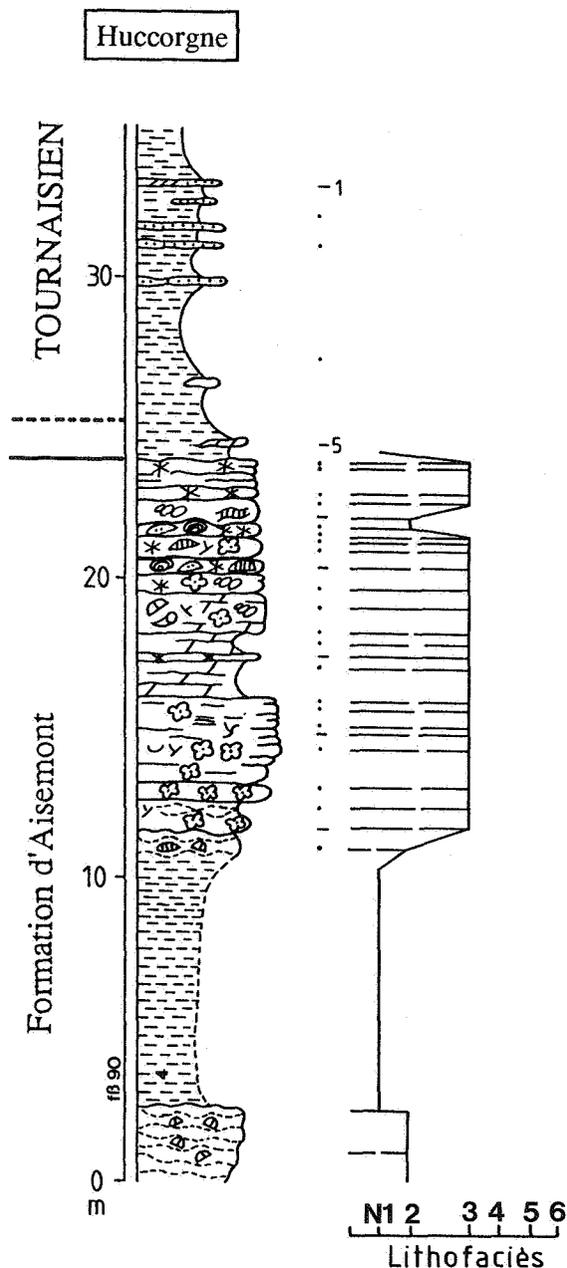


Figure 30 : colonne lithologique, lithofaciés et microfaciés de la coupe de Huccorgne, au bord nord-est du Synclinorium de Namur.

Huccorgne, le long du talus de la route qui monte vers l'autoroute de Wallonie (chemin du château de Famelette).

Plusieurs mètres de schistes nodulaires à brachiopodes (N2) affleurent au nord, le long de la bretelle d'accès à l'autoroute. Coen-Aubert & Lacroix (1985, p. 121) y signalent *Frechastraea carinata* (faune 1). Ces sédiments sont contemporains de l'édification des biohermes du type "Les Bulants". 8 m d'hiatus avec des affleurements discontinus de schistes brunâtres (N1) séparent cette unité de la suivante, formée de 1 m de wackestones argileux à péloïdes, brachiopodes, quelques rugueux massifs que surmontent 4,5 m de wackestones gris à gris foncé à oncoïdes pluri-millimétriques, péloïdes, girvanelles, *Litanaia* et localement rugueux massifs (N3) (*Frechastraea limitata* et *Phillipsastrea ananas ananas*, faune 2 : Coen-Aubert & Lacroix, *ibid.*), tabulés et stromatopores branchus. Ensuite, 2 m de dolomie brunâtre, pulvérulente, riche également en encroûtements algaires et péloïdes précèdent 1,5 m de packstones dolomitiques à oncoïdes, péloïdes, quelques brachiopodes, rugueux, tabulés branchus et crinoïdes. Les 4 m de packstones gris foncé qui surmontent ces dolomies, sont encore riches en péloïdes, encroûtements de girvanelles et *Litanaia*, mais leur caractère est plus bioclastique et il s'y ajoute des crinoïdes, des brachiopodes, des rugueux massifs (*P. ananas ananas* notamment, *ibid.*) et des *Alveolites* subsphériques, des stromatopores bulbeux ou lamellaires, des gastéropodes et quelques rugueux solitaires (*Macgeea gallica pauciseptata*, *ibid.*). Les deux derniers mètres sont moins riches en macrofaune. Ces calcaires à oncoïdes, disposés sous forme de bancs ou "shoals" dans les zones internes de la rampe carbonatée, représentent la réponse à la baisse eustatique qui clôture la "2^e période de stabilité relative du niveau marin". Plus au sud, dans le Massif de Philippeville, cette période était caractérisée par la formation des coeurs de "marbre gris" des monticules du type "Les Wayons-Hautmont" et par l'extension des calcaires rouges à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis* des biohermes vers le milieu péri-biohermal.

Ces calcaires sont surmontés de 11 m de schistes verdâtres à brunâtres, contenant des bancs gréseux dont certains montrent des structures pédogénétiques. Un échantillon prélevé par Streeel (1977, p. 399) à un peu

moins de 1 m au-dessus de l'unité calcaire a été daté par spores de l'Hastarien inférieur (Tournaisien).

A propos des corrélations entre la Formation d'Aisemont et les biohermes de marbre rouge du Massif de Philippeville, il est intéressant de signaler que dans la coupe de Lambermont située dans le Massif de la Vesdre et revue par Sandberg, Dreesen & Ziegler (*in* Bultynck *et al.*, 1988, p. 76), l'unité calcaire, visible au coeur de l'anticlinal et attribué avec doute par ces auteurs à la Formation de Lustin, appartient en réalité au sommet de la Formation d'Aisemont tout comme les 5 m de calcaires sus-jacents.

Frechastraea pentagona micrastraea et *Macgeea gallica pauciseptata* sont en effet présents dans ces bancs. Dans cette même coupe de Lambermont, on observe dès lors, au-dessus de la Formation d'Aisemont, d'abord 8 m de schistes verts, puis 10 m de calcaires noduleux, rouges ou verts, contenant à la base de nombreux *Frechastraea pentagona pentagona* et *Iowaphyllum rhenanum* ; d'un point de vue litho- et biostratigraphique, cette dernière unité est identique aux 34 m de schistes et calcaires noduleux qui affleurent dans la nouvelle tranchée du chemin de fer à Neuville, comme cela a été souligné notamment par Coen-Aubert (1982, p. 14).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Messieurs L. Hance, A. Herbosch et R. Swennen dont les remarques ont contribué à améliorer la qualité du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- BIRON, J.P., COEN-AUBERT, M., DREESEN, R., DUCARME, B., GROESSENS, E. & TOURNEUR, F., 1983 - Le Trou de Versailles ou Carrière à Roc de Rance. *Bull. Soc. belge Géol.*, **92**: 317-336.
- BOUCKAERT, J., MOURAVIEFF, N. & BLYSKOWSKA, E., 1970 - Déviation de la ligne 132. Description géologique du raccord de Neuville. *Serv. Géol. Belgique, Prof. Paper*, **8**, 11 p.
- BOULVAIN, F., 1989a - Observations sur la cimentation des biohermes de "marbre rouge" du Frasnien franco-belge. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **112/1**: 137-149.
- BOULVAIN, F., 1989b - Origine microbienne du pigment ferrugineux des monticules micritiques du Frasnien de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **112/1**: 79-86.
- BOULVAIN, F., 1990 - Sédimentologie et diagenèse des monticules micritiques frasnien "F2j" de Belgique. *Thèse de Doctorat Sc.*, Université libre de Bruxelles, 535 p. (non publié)
- BOULVAIN, F. & COEN-AUBERT, M., 1989 - Modèle sédimentologique des monticules micritiques de la partie supérieure du Frasnien du Massif de Philippeville et corrélations séquentielles avec le bord nord du Synclitorium de Dinant (Belgique). *C.R. Acad. Sc. Paris*, **309/2** : 81-87.
- BOURQUE, P.A. & GIGNAC, H., 1983 - Sponge-constructed stromatactis mud mounds, Silurian of Gaspé, Québec. *J. Sedim. petrol.*, **53/2**: 521-532.
- BULTYNCK, P., DREESEN, R., GROESSENS, E., STRUVE, W., WEDDIGE, K., WERNER, R. & ZIEGLER, W., 1988 - Field Trip A (22-24 July 1988), Ardennes (Belgium) and Eifel Hills (Federal Republic of Germany). *Cour. Forsch. Senckenberg*, **102**: 7-85.
- BYERS, C.W., 1977 - Biofacies patterns in euxinic basins : a general model - *In* : H.E. Cook & P. Enos (Eds) : Deep-water carbonate environments, *S.E.P.M. Sp. Publ.*, **25**: 5-17.
- COEN, M., 1977 - Le Givetien et le Frasnien dans le contournement routier de Philippeville. Comparaison avec la coupe de Neuville. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **100**: 23-30.
- COEN, M. & COEN-AUBERT, M., 1976 - Conodontes et coraux de la partie supérieure du Frasnien dans la tranchée du chemin de fer de Neuville (Massif de Philippeville, Belgique). *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belgique*, **50/8**, 7 p.
- COEN, M., COEN-AUBERT, M. & CORNET, P., 1977 - Distribution et extension stratigraphique des récifs à "*Phillipsastrea*" 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. Sci. nat. Belgique, Sc. Terre*, **54/6**: 1-65.
- COEN-AUBERT, M. & LACROIX, D., 1985 - Le Frasnien dans la partie orientale du bord nord du Synclinorium de Namur. *Bull. Soc. belge Géol.*, **94/2**: 117-128.
- CORNET, P., 1976 - Morphogenèse, caractères écologiques et distribution des Stromatoporoïdes dévoniens au bord sud du Bassin de Dinant (Belgique). Thèse Doctorat Sciences, Université Catholique de Louvain, 195 p., non publié.
- DUMON, P., 1957 - Note sur les marbres rouges en Belgique. *Publ. Ass. Ing. Fac. Polytechn. Mons*, **3**: 1-41.
- FLÜGEL, E., 1982 - Microfacies analysis of limestones. Springer Verlag, 633 p.
- GOSSELET, J., 1888 - L'Ardenne. *Mém. servir expl. carte géol. France*, Baudry & Cie, Paris, 881 p.
- HARROY, J., 1910 - Les masses de calcaire construit et leurs relations avec les schistes qui les environnent. Contribution à l'étude du Frasnien. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **37**: 315-333.
- LACROIX, D., 1972 - Contribution à l'étude stratigraphique et paléoécologique du Mésodévonien et du Frasnien du Synclinorium de Namur. Thèse de Doctorat U.C.L., 228 p., non publiée.
- LONGMAN, M.W., 1981 - A process approach to recognizing facies of reef complexes. In : D.F. Toomey (Ed.) : European fossil reef models, *S.E.P.M. Sp. Publ.*, **30**: 9-40.
- MAILLIEUX, E., 1913 - Nouvelles observations sur le Frasnien et en particulier sur les paléorécifs de la plaine des Fagnes. *Bull. Soc. belge Géol.*, **27**: 67-104.
- MAILLIEUX, E., 1926 - Contribution à l'étude du "Massif" de Philippeville. *Bull. Soc. belge Géol.*, **36**: 86-112.
- MAILLIEUX, E. & DEMANET, F., 1928 - L'échelle stratigraphique des terrains primaires de la Belgique. *Bull. Soc. belge Géol.*, **38**: 124-131.
- MAMET, B. & BOULVAIN, F., 1988 - Remplissages bactériens de cavités biohermales frasnienne. *Bull. Soc. belge Géol.*, **97/1**: 63-76.
- MONTY, C.L.V. & VAN LAER, P., 1988 - The Upper Devonian mud mounds from the south western Dinant Synclinorium. In : 9th IAS Eur. Reg. Meeting Sedim. excursion guidebook (A. Herbosch Ed.), 157-176.
- MOURAVIEFF, A.N., 1974 - Excursion F. In : J. Bouckaert & M. Streeel (Eds) : Guidebook of the International Symposium on Belgian micropaleontological limits from Emsian to Visean, Namur Sept. 1st to 10th 1974. *Serv. Géol. Belgique*, 13 p.
- MOURAVIEFF, A.N., 1982 - Conodont stratigraphic scheme of the Frasnian of the Ardennes. In : F. Bigey, D. Brice, P. Bultynck, M. Coen, M. Coen-Aubert, J. Drot, L. Jacobs, F. Lethiers, S. Loboziak, B. Mistiaen, A.N. Mouravieff, F. Paris, P. Sartenaer, M. Streeel & D. Vachard : Papers on the Frasnian-Givetian boundary. *Geol. Survey Belgium*, 101-118.
- MOURAVIEFF, A.N. & TSIEN, H.H., 1983 - Paleoecology of Devonian reefs and reef builders of Ardennes (Belgium). Exc. 8B, *1st Int. Cong. Paleoecology*, 31 p.
- STREEEL, M., 1977 - Corrélations palynologiques dans le Tournaisien du Synclinorium de Namur. *Bull. Soc. belge Géol.*, **82**: 397-415.
- TOURNEUR, F., 1981 - L'étude des "récifs rouges F2j" en Belgique (jusqu'en 1970). *Bull. Soc. belge Géol.*, **90/3**: 157-173.
- TOURNEUR, F., 1982 - Conodontes de trois "récifs de marbre rouge F2j". Stratigraphie et écologie. *Bull. Soc. belge Géol.*, **91/2**: 91-102.
- VAIL, P.R., MITCHUM, R.M., Jr. & THOMPSON, S., III, 1977 - Seismic

- stratigraphy and global changes of sea level, part 3 : relative changes of sea level from coastal onlap. *In* : C.E. Payton (Ed.) : Seismic stratigraphy, application to hydrocarbon exploration. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, **26**: 63-81.
- VAN LAER, P., 1988 - Nature et origine des mud mounds pré-cénozoïques, avec exemples du Frasnien belge et canadien, du Waulsortien d'Irlande, du Jurassique d'Espagne et du Crétacé du SE de la France. Thèse Doct. Sc., Université de Liège, 547 p., non publié.
- VAN WINKEL, E., 1964 - Contribution à l'étude écologique du Frasnien Moyen dans le Bassin de Dinant et au bord Sud du Bassin de Namur. Thèse de Doct. Sc., Univ. Catholique Louvain, 147 p., non publiée.
- WALKER, K.R. & ALBERSTADT, L., 1975 - Ecological succession as an aspect of structure in fossil communities. *Paleobiology*, **1**: 238-257.
- WALLACE, M.W., 1987 - The role of internal erosion and sedimentation in the formation of *Stromatactis* mudstones and associated lithologies. *J. Sedim. Petrol.*, **57/4**: 695-700.
- Manuscrit reçu le 5 décembre 1990 et accepté pour publication le 21 mars 1991.

PLANCHE I

a : réseau spiculaire et *fenestrae* stromatactoïdes (centre de la photo) surmontés d'un *Stromatactis*, cimenté par de la calcite radiaxiale. La cavité à l'origine du *Stromatactis* résulte de la migration dans le sédiment du vide laissé par la disparition de l'éponge (effet de fontis).
Lame mince HMC 17, négatif ; coupe C de Hautmont, fig. 26.

b : grainstone bréchique à fragments de tapis cryptalgaires et encroûtements de *Sphaerocodium* (S8).
Lame mince HMP 11, lumière analysée, niveau supérieur du bioherme de Hautmont, coupe P, fig. 27.

c : grainstone dolomitisé à oncoïdes et péloïdes. La dolomite ferrifère ("phase 5" de la séquence diagénétique) se localise principalement dans les oncoïdes. Lame mince LU 29, lumière analysée. Unité calcaire de la Formation d'Aisemont, Lustin.

d : séquence diagénétique type dans un *Stromatactis* en cathodoluminescence.

"1" : calcite radiaxiale (phase 1) ;

"2" : calcite automorphe non luminescente (phase 2) ;

"3" : bordure luminescente de la calcite automorphes (phase 3), avec début de stabilisation par la phase suivante ;

"4" : calcite xénomorphe à luminescence plus terne (phase 4). Lame mince CD 29, bioherme de Fort-Condé, Givet.

Planche I

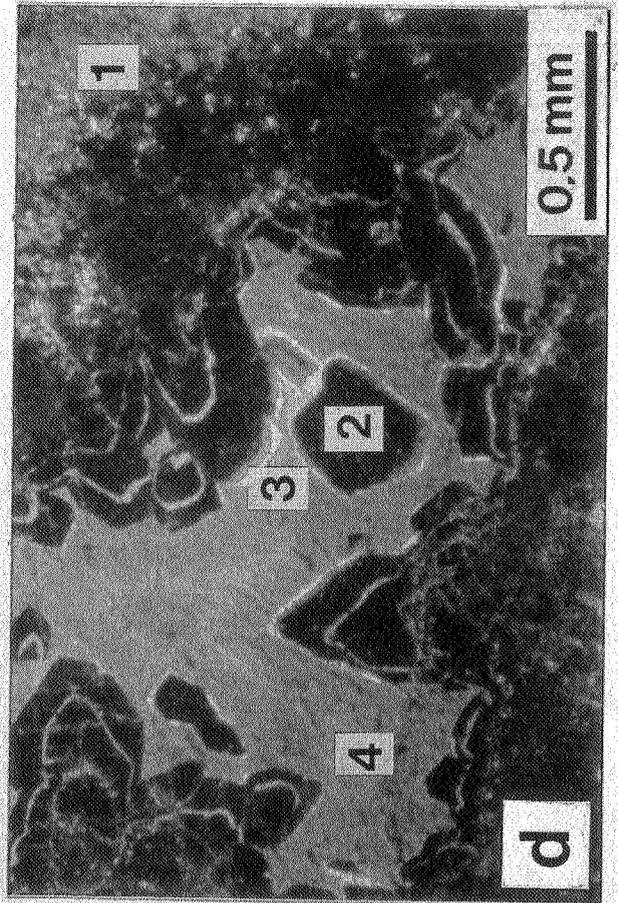
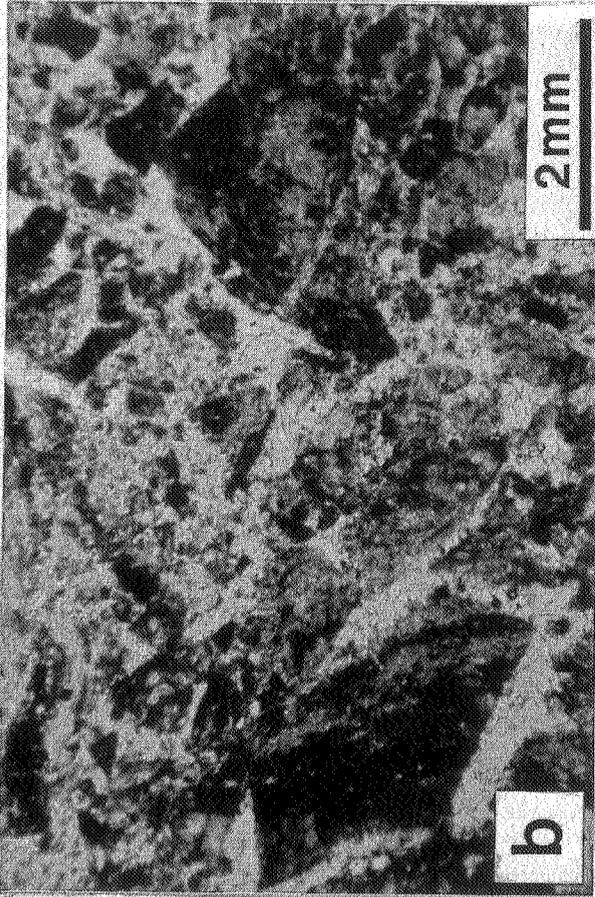
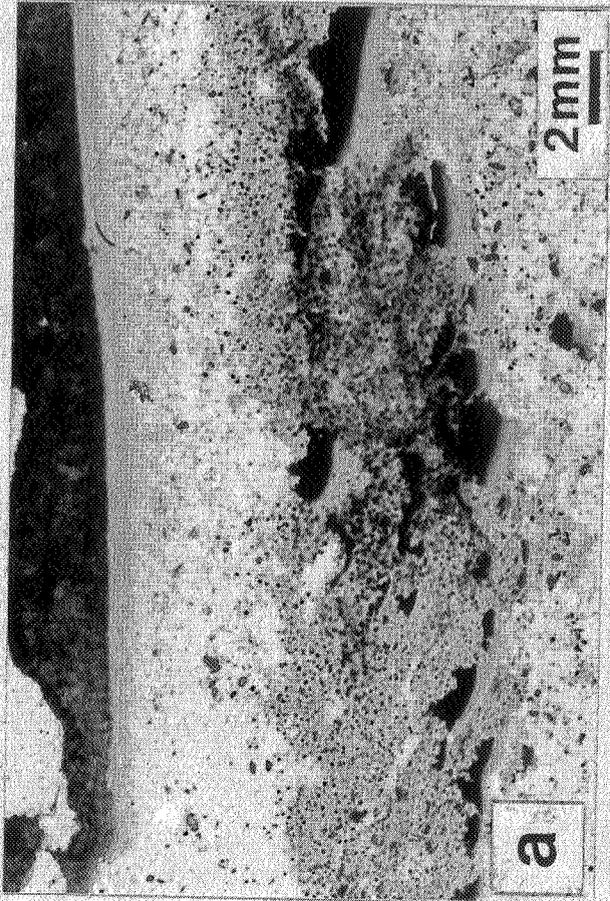


PLANCHE II

a : *Stromatactis* régulier - éponge lamellaire dans des calcaires rouges à *Stromatactis*, coraux, crinoïdes (S4). La calcite fibreuse est grise, la calcite granulaire blanche et la dolomite ferrifère orangée. Carrière des Bulants, niveau inférieur du bioherme, cote 18 m de la coupe fig. 16. Chaque graduation du crayon vaut 1 cm.

b : wackestone à *fenestrae*, crinoïdes, péloïdes, bioclastes (S5). Remarquer la forme irrégulière de la *fenestra*, liée à l'hétérogénéité du sédiment. lame mince TP 44, lumière analysée ; bioherme de Tapoumont, Neuville.

c : passée "nébuloïde" grise riche en petits brachiopodes (centre de la photo) dans des calcaires rouges à coraux, crinoïdes, brachiopodes, petits *Stromatactis* et stromatopores (S5). Sous le "nébuloïde", on remarque des trains de petits *Stromatactis* en relais. Carrière des Bulants, niveau moyen, cote 29 m de la coupe fig. 16. Chaque graduation du crayon vaut 1 cm.

d : packstone à bioclastes de *Trelonella* et petites *fenestrae* irrégulières (S7). lame mince SZ 22, lumière analysée ; Beauchâteau, coupe B, fig. 14.

e : bindstone à tapis grumeleux, bioclastes de coraux, *Sphaerocodium* (S8). Remarquer le fort néomorphisme de la micrite, caractéristique du lithofaciès. lame mince HML 1, lumière analysée ; bioherme du Hautmont.

f : bafflestone à *Renalcis* (noir), thrombolite ("t"), *Palaeomicrocodium* ("P"), ostracodes ("O") (S8). lame mince SZ 38, lumière analysée ; Beauchâteau, coupe B, fig. 14. Le bas de la lame est exceptionnellement à gauche.

g : bactéries ferro-oxydantes frasniennes : gaines hématitisées de bactéries du groupe *Sphaerotilus-Leptothrix* et coccoïdes, fossilisés dans une sparite granulaire. lame mince polie, immersion d'huile, lumière analysée ; échantillon RFX, Rochefontaine, niveau moyen du bioherme.

h : perforations (flèches) affectant un wackestone-packstone argileux à brachiopodes et bioclastes (N2). Base de la Formation d'Aisemont. lame mince LU 9, lumière analysée ; Lustin.

Planche II

