



MINISTÈRE DES  
AFFAIRES ÉCONOMIQUES

ADMINISTRATION DE LA  
QUALITÉ ET DE LA SÉCURITÉ

MINISTERIE VAN  
ECONOMISCHE ZAKEN

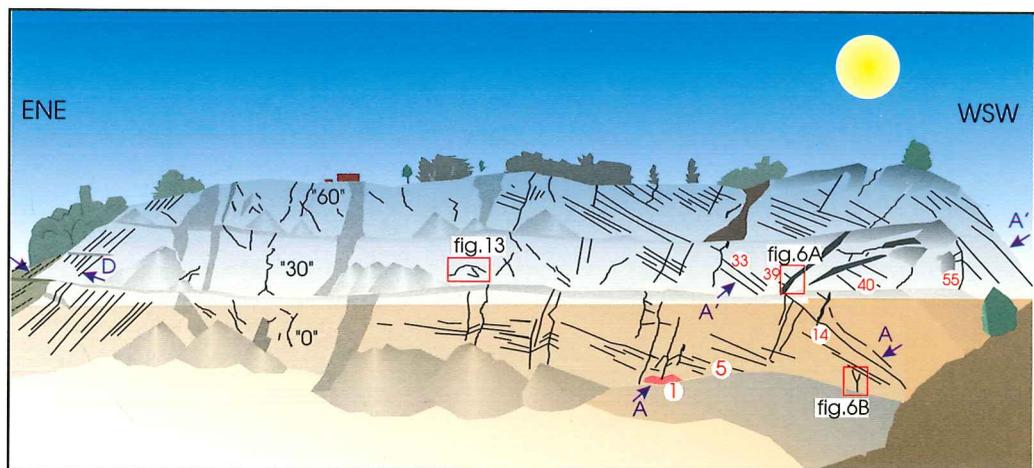
BESTUUR  
KWALITEIT EN VEILIGHEID

GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM  
PROFESSIONAL PAPER  
1997/3 - N.285

SERVICE GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE  
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST

# LE MONTICULE FRASNIEN DE LA CARRIÈRE DU NORD A FRASNES (BELGIQUE) : SEDIMENTOLOGIE, STRATIGRAPHIE SEQUENTIELLE ET CORAUX

Frédéric BOULVAIN & Marie COEN-AUBERT



Rue Jenner 13 - 1000 Bruxelles  
Jennerstraat 13 - 1000 Brussel

ISSN 0378-0902

**MINISTERE DES  
AFFAIRES ECONOMIQUES**

ADMINISTRATION DE LA  
QUALITE ET DE LA SECURITE  
SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE

**MINISTERIE VAN  
ECONOMISCHE ZAKEN**

BESTUUR  
KWALITEIT EN VEILIGHEID  
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST

GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM\*  
PROFESSIONAL PAPER 1997/3, N. 285, 45 p, 17 text-fig.

**LE MONTICULE FRASNIEN DE LA CARRIERE  
DU NORD A FRASNES (BELGIQUE) :  
SEDIMENTOLOGIE, STRATIGRAPHIE SEQUENTIELLE  
ET CORAUX ©**

par

Frédéric BOULVAIN<sup>1</sup> & Marie COEN-AUBERT<sup>2</sup>

1997

Comité éditorial : L. Dejonghe, P. Laga, R. Paepe  
Service Géologique de Belgique  
Rue Jenner, 13 - 1000 Bruxelles

Redactieraad: L. Dejonghe, P. Laga, R. Paepe  
Belgische Geologische Dienst  
Jennerstraat 13, 1000 Brussel

\* « The Geological Survey of Belgium cannot be held responsible for the accuracy of the contents, the opinions given and the statements made in the articles published in this series, the responsibility resting with the authors ».

1. Service géologique de Belgique, 13 rue Jenner B-1000 Bruxelles.  
Adresse actuelle: Laboratoires associés de Géologie-Pétrologie-Géochimie,  
B20, Université de Liège, B-4000 Sart Tilman Liège.
2. Département de Paléontologie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique,  
29 rue Vautier B-1000 Bruxelles.

Editeur responsable:	Roland PAEPE rue Jenner 13 1000 Bruxelles
Dépôt légal:	D 1997/0880/7
Verantwoordelijke uitgever:	Roland PAEPE Jennerstraat 13 1000 Brussel
Wettelijk depot:	D 1997/0880/7

## RESUME.

La carrière du Nord à Frasnes, où affleure une bioconstruction appartenant au Membre du Lion, est décrite en détail. L'étude sédimentologique permet de définir trois nouveaux lithofaciès complétant la gamme des faciès des monticules frasniens. Le modèle élaboré est interprété en termes de paléoenvironnements et intégré à une reconstitution séquentielle de la partie moyenne et supérieure du Frasnien. Ce schéma montre que le développement du bioherme couvre les épisodes transgressif, de haut niveau marin et de bordure de plate-forme, avec ennoyage de l'édifice au cours de l'épisode transgressif suivant. Des corrélations séquentielles, étayées par la distribution des rugueux, indiquent que la majeure partie du monticule de la carrière du Nord s'est formée avant le dépôt du biostrome de la Formation de Philippeville. *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart, 1988 et *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979) récoltés pour la première fois en Belgique sont décrits dans ce travail.

**MOTS-CLES:** Frasnien, Belgique, monticules micritiques, faciès, rugueux, paléoenvironnements, stratigraphie séquentielle.

## ABSTRACT

**The Frasnian mound from the Carrière du Nord near Frasnes (Belgium): sedimentology, sequence stratigraphy and corals.** The Nord quarry near Frasnes, a bioconstruction from the Lion Member is carefully described. The sedimentological study allows the definition of three new facies, completing the scale of facies from Belgian Frasnian mud mounds. The proposed model is interpreted in terms of palaeoenvironments and is integrated in a sequential reconstruction of the middle and upper parts of the Frasnian. This scheme shows that bioherm's edification corresponds to the transgressive, highstand and shelf-margin system tracts and that the drowning of the mound is a result of a following transgression. Sequential correlations, supported by rugose corals distribution, indicate that the development of the major part of the bioherm precedes the deposition of the biostromal complex of the Philippeville Formation. *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart, 1988 and *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979) collected for the first time in Belgium are described herein.

**KEYWORDS:** Frasnian, Belgium, mud mounds, facies, rugose corals, palaeoenvironments, sequence stratigraphy.

# 1. INTRODUCTION

Bien que moins spectaculaires que les «récifs de marbre rouge» des Formations de Neuville, des Valisettes et du Moulin Liénaux, les biohermes de calcaire gris de la Formation des Grands Breux, qui constituent le Membre du Lion, frappent l'imagination par leurs vastes dimensions. Leur épaisseur, d'après la littérature, atteindrait deux cent mètres, pour un diamètre kilométrique. La figure 1 situe les monticules frasniens dans leur contexte stratigraphique.

Ces biohermes affleurent principalement au bord sud du Synclinorium de Dinant (Fig. 2). Maillieux (1913, p. 85 et 1914 p. 86) dresse la liste des plus connus: carrière du Cimetière à Boussu-en-Fagne, carrière du Nord ou du Mont des Carrières et carrière du Lion à Frasnes, récifs de Blaimont à Virelles, du Tienne du By à Dailly, de Mouriny, du Fourneau et du Tienne aux Pauquys à Nismes et enfin, de la Roche à l'Homme à Dourbes. Vers l'est, on connaît encore le bioherme exploité à la carrière de la Boverie à Rochefort.

Il nous a semblé intéressant d'établir, pour un de ces biohermes, un modèle sédimentologique, complété d'un inventaire des rugueux. Notre choix s'est porté sur le bioherme exploité à la carrière du Nord, à Frasnes, dont les conditions d'affleurement sont excellentes.

# 2. TRAVAUX ANTERIEURS

Dupont (1892, Fig. 1A) fournit une carte géologique à 1/50.000 de la région de Frasnes-Dourbes, distinguant plusieurs faciès calcaires («Calcaire stratifié noduleux, Calcaire massif à *Pachystroma*, Calcaire détritique et stratifié, Calcaire rouge à *Stromatactis*, Calcaire gris). On trouve dans le même travail une brève description de la Carrière du Nord précisant les relations géométriques des différents faciès. Nous y reviendrons par après. Une coupe schématique du bioherme de la carrière du Nord, figurée ensuite par Maillieux (1913, Fig. 9), souligne les relations de l'édifice avec son encaissant et met en évidence le pendage général des structures vers le NW. Le premier levé de détail est dû à Lecompte (1954, p. 166 et Fig. 3) qui distingue sur 70 m plusieurs unités relevant de sa «zone supérieure (...) à Stromatoporoides massifs prédominants avec formes lamellaires et branchues, Tabulés branchus et passées à Brachiopodes et Crinoïdes.» (p. 167). En 1960, le même auteur figure une coupe de la paroi ouest du bioherme, accompagnée d'une description faunistique (pp. 67-69 et Fig. 10). Plus récemment, Cornet (1976) décrit la même coupe (paroi ouest) affleurant à l'époque sur 80 m de puissance. Il y observe des calcaires massifs grossiers, riches en stromatopores tabulaires et irréguliers qui passent vers le sommet à une unité de calcaires à tabulés et stromatopores branchus.

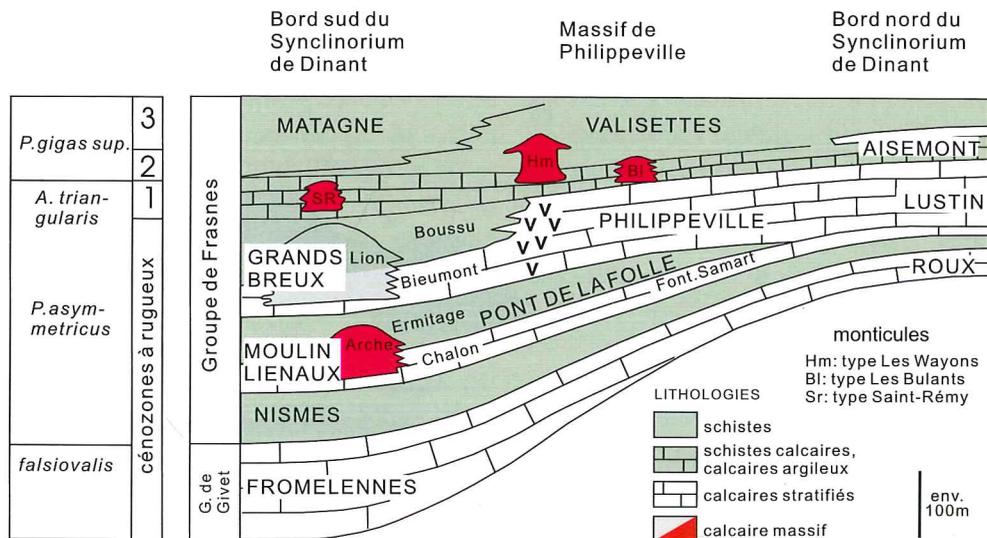


Figure 1. unités lithostratigraphiques du Frasnien de l'Ardenne.

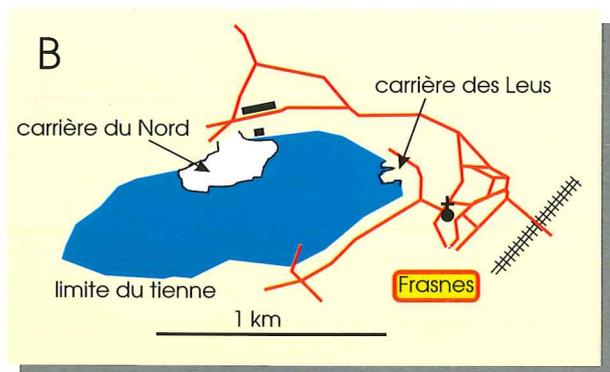
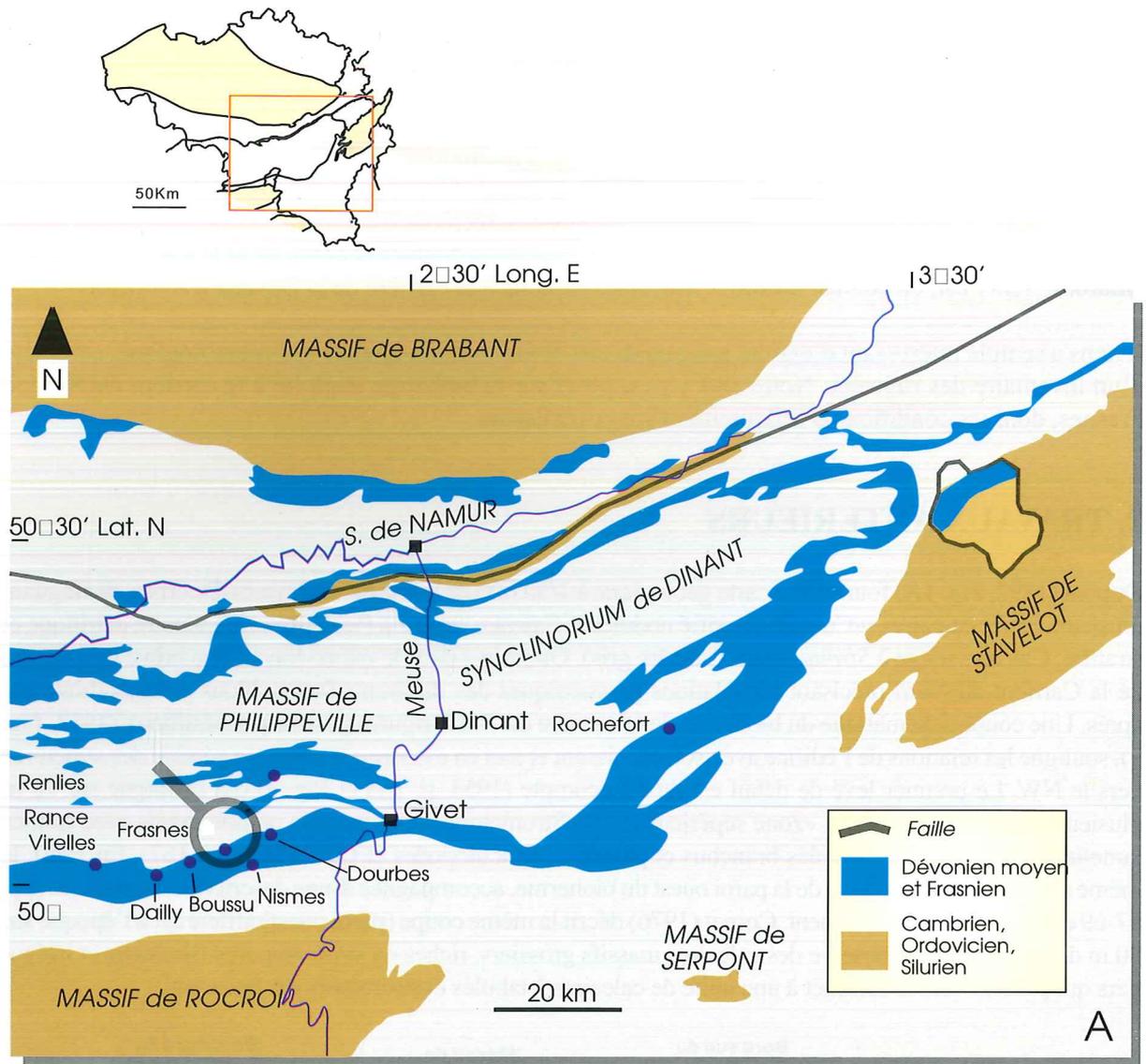


Figure 2. A: localisation des coupes citées dans le texte. B: situation de la carrière du Nord et de la carrière des Leus par rapport aux limites du tienne.

### 3. SITUATION GENERALE

Le bioherme est en position normale, avec un pendage nord de la surface basale estimé à une trentaine de degré. Un anticlinal relativement pincé à plongement ouest longe le front d'exploitation méridional de la carrière du Nord (Fig. 3) qui entame l'édifice sur trois niveaux (niveaux 0, 30 et 60, Fig. 3 et 4).

Les schistes (shales) du Membre de Boussu affleurent le long du chemin d'accès de la carrière (coupe C, Fig. 3). Le contact entre les schistes et le bioherme calcaire est visible dans ce chemin d'accès, ainsi qu'au niveau 30, sur la paroi orientale (coupe D, Fig. 3, 4 et Pl. 1: E) et le long d'un piton rocheux localisé au nord de la carrière (coupe B, Fig. 3).

Une coupe E a également été levée dans une carrière abandonnée située à 800 m à l'E de la carrière du Nord («carrière des Leus», Fig. 3). La petite carrière immédiatement au nord de la carrière des Leus recoupe pratiquement les mêmes bancs et n'a fait l'objet que de quelques mesures géométriques.

### 4. COLONNES LITHOLOGIQUES

#### 4.1. COUPE A

La coupe A (Fig. 5), la plus complète et la plus accessible compte tenu de l'exploitation, part du plancher de la carrière, au centre de la paroi sud et se poursuit au niveau 0 le long des parois sud et ouest, jusqu'à un joint argileux important (Fig. 3 et 4). La coupe reprend alors au niveau 30 (A') le long de la paroi occidentale et se poursuit jusqu'à l'extrémité de l'affleurement, le long de la terminaison septentrionale du tienne.

On observe d'abord environ 2,5 m de floatstones et wackestones rouge grisâtre (5R 4/2 de la Geological Society of America rock-color chart) à tabulés branchus, stromatopores lamellaires, crinoïdes et stromatactis (Pl. 1: A). Quelques rugueux massifs, fasciculés et solitaires sont également présents, ainsi que des Alvéolitides. On remarque en lame mince la présence d'encroûtements asymétriques de Girvanelles et *Sphaerocodium*. De 2,5 m à 6 m, la couleur des calcaires évolue vers le gris moyen (N5 et N6 G. S. A. rock-color chart), sans changement important de la texture et du contenu. On observe, à 1,5 m et 3 m de la base de la coupe (Fig. 5), deux fractures métriques subhorizontales dont le remplissage est formé principalement de boules pluricentimétriques de ciment fibreux à disposition rayonnante («spar balls» de Playford, 1984, Fig. 27 p. 207).

Entre 6 et 9 m, la stratification fortement ondulée délimite des masses calcaires métriques riches en zebra (Pl. 1: B). On observe ensuite, de 10 à 19 m, des packstones finement bioclastiques, riches en crinoïdes, tabulés branchus, brachiopodes et stromatopores bulbeux ou tabulaires (cf. Abott, 1973 p. 805). La microfaune s'enrichit en fenestelles accompagnées de péloïdes. Des stromatactis pluridécimétriques sont abondants à la base et au sommet de l'unité. On remarque aussi, vers 11 m, une passée de ciment fibreux de type nébuloïde (cf. Boulvain, 1993, p. 149). Entre 14 et 15 m, une fracture inclinée à remplissage complexe bioclastique et micritique recoupe la stratification.

L'unité suivante, de 19 à 22 m, est constituée de packstones à fenestrae stromatactoïdes millimétriques, crinoïdes, fenestelles, gastéropodes, brachiopodes, tabulés branchus. Une passée nébuloïde englobant des brachiopodes est visible au milieu de l'unité. De 22 m à 26 m s'ajoutent des stromatactis et des stromatopores lamellaires formant des coverstones.

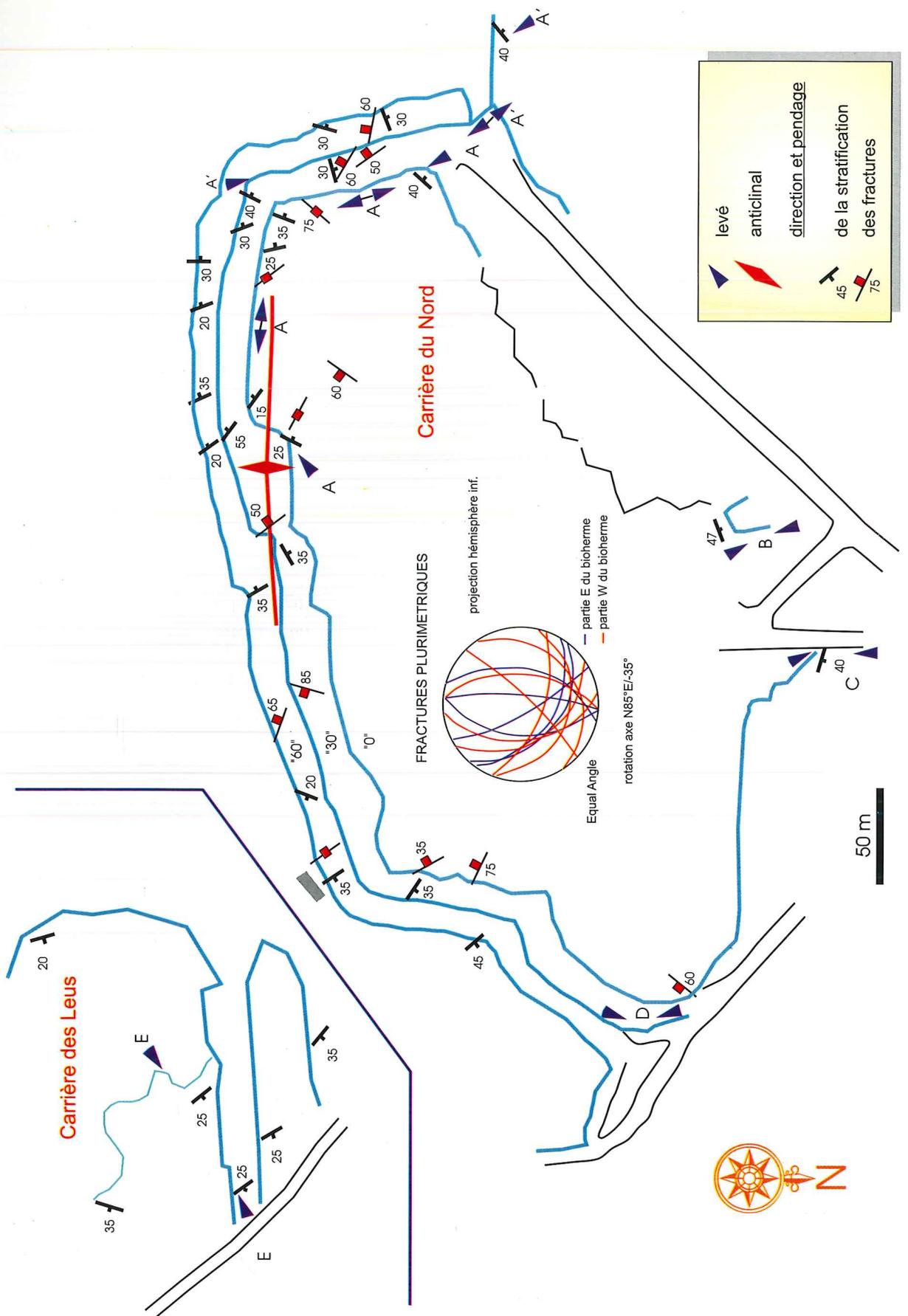


Figure 3. localisation des coupes et géométrie des surfaces de stratification et des dykes neptuniens. Au centre, projection stéréographique des dykes neptuniens, après annulation du pendage régional.

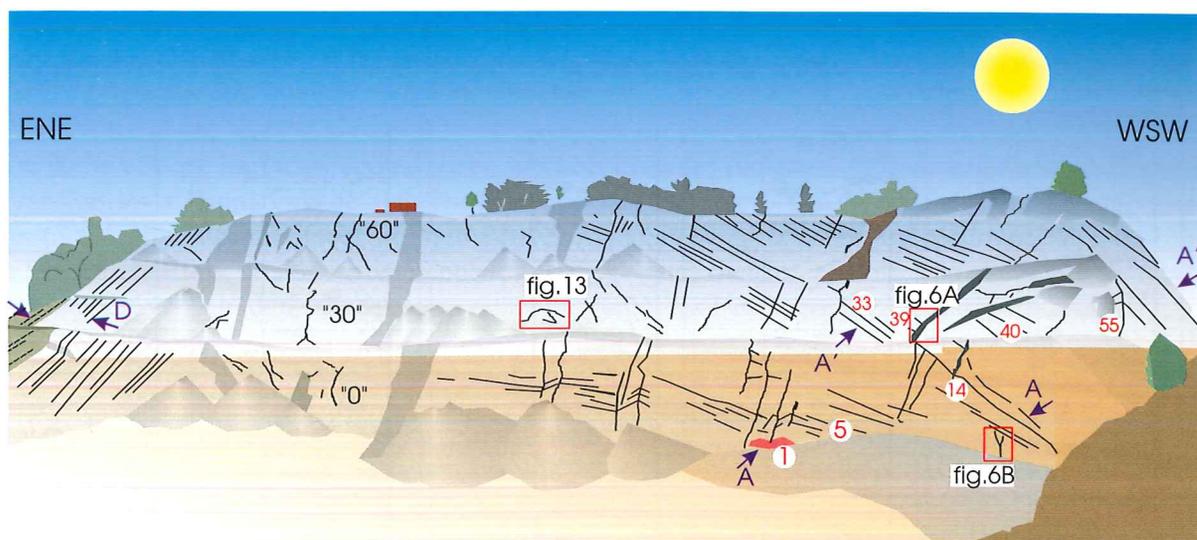


Figure 4. panorama général de la carrière du Nord et localisation des coupes et de quelques échantillons.

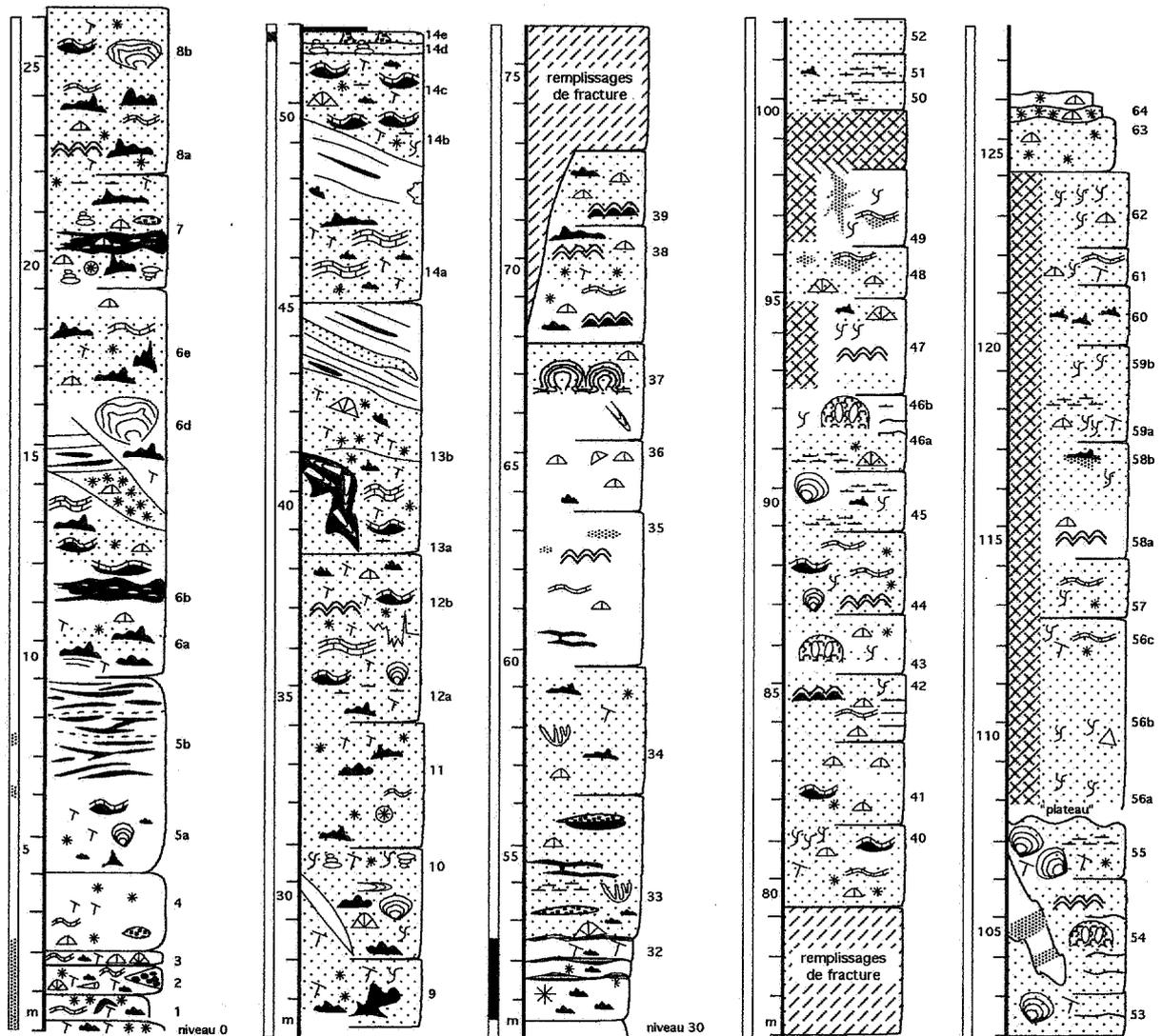
A partir de 26 m, la macrofaune s'enrichit de quelques stromatopores branchus et la microflore de calcisphères encore peu abondantes. Les encroûtements algaires et cryptalgaires ont tendance à être symétriques. De 26 m à 34 m, des grainstones riches en péloïdes dominent avec des stromatopores et des tabulés branchus, des crinoïdes, des brachiopodes, quelques gastéropodes et stromatactis décimétriques. De 34 à 41 m, ce sont à nouveau des wackestones, packstones et localement des coverstones à stromatopores tabulaires, sans changement notable de la communauté organique. On note à 40 m une spectaculaire fracture subverticale métrique, irrégulière, remplie d'orthocères et cimentée par de la calcite fibreuse. De 41 m à 49 m, le sédiment est parcouru de fractures inclinées à remplissage complexe, dont l'une est détaillée à la Fig. 6. On observe entre 45 et 47 m le sédiment primaire, riche en stromatopores tabulaires (50 x 10 cm), tabulés branchus et stromatactis (50 x 4 cm).

Le levé se termine au niveau 0 par 3 m de packstones, grainstones et localement coverstones (wackestones) bioclastiques à stromatopores lamellaires et tabulaires, tabulés branchus, crinoïdes, brachiopodes, péloïdes, fenestelles, stromatactis pluricentimétriques. On remarque que toutes les bordures des cavités (stromatactis, cavités «shelter», fenestrae) sont soulignées par un enduit noir d'épaisseur millimétrique. Les deux derniers bancs d'une trentaine de cm situés sous le joint argileux sont plus foncés et montrent pour le premier un remarquable enrichissement en *Nanicella* et cricoconarides et pour le second d'abondantes cavités centimétriques à remplissage grenu (bioturbation).

Le levé se poursuit au niveau 30, où la passée argileuse semble se subdiviser en deux joints plus minces. La stratification est très ondulante et les bancs, localement gris rosé, ont une épaisseur pluridécimétrique. Certains de ces bancs sont biseautés et des mesures géométriques révèlent une augmentation du pendage d'une dizaine de degré au-dessus des joints argileux. Ces quelques bancs sont des wackestones localement très riches en stromatactis pluricentimétriques (Pl. 1: C) avec quelques crinoïdes de grande taille, brachiopodes et tabulés branchus (*Egosiella*). De 52,5 m à 59,5 m, il s'agit à nouveau de packstones bioclastiques avec des tabulés branchus et tabulaires et des stromatactis. On remarque quelques rugueux massifs et fasciculés.

L'unité suivante, de 59,5 m à 73 m, marque une évolution du sédiment: le caractère bioclastique diminue au profit de structures cryptalgaires formant des bindstones. Localement (à 67 m), les tapis cryptalgaires, associés à des girvanelles, *Sphaerocodium*, stromatopores, donnent naissance à des constructions érigées d'une vingtaine de cm de haut, rappelant les stromatolithes «LLH» de Logan *et al.* (1964). Ces structures cryptalgaires ne sont accompagnées que de stromatopores laminaires et de brachiopodes sou-

CARRIÈRE DU NORD, COUPE A



	Séquence granodécroissante Orthocères		Rugueux massifs		S. branchus
	Oolithes		R. fasciculés		Brachiopodes
	Microbrèches		R. solitaires		Crinoïdes
	Zebra		Tabulés branchus		Gastéropodes
	Birds-eyes		T. massifs		Bafflest. à Renalcis
	Fenestra sous stromatopore		Stromatopores lamell.		Bindst. cryptalgair
			S. tabulaires		Bioturbation
			S. massifs		Stromatactis

	Shale		non observé
	calcaire fin		
	calcaire grenu		

	gris clair
	gris foncé
	rouge
	brunâtre

Figure 5. colonne lithologique de la coupe A, avec localisation des échantillons pétrographiques.

vent concentrés en poches. Un réseau de fractures important, schématisé à la figure 6A, interrompt le sédiment jusqu'à 79 m (Pl. 1: D); ensuite, jusqu'à 90 m, les bafflestones et bindstones cryptalgaires sont mêlés de passées plus grenues, riches en péloïdes.

De 90 m à 94 m, les faciès cryptalgaires alternent avec des rudstones et floatstones à stromatopores branchus. Avec l'apparition de ce faciès, la microflore s'enrichit fortement en calcisphères. Les derniers bancs accessibles au niveau 30 (de 94 m à 107,5 m) montrent, après une courte récurrence de floatstone à tabulés branchus, crinoïdes, brachiopodes avec quelques rugueux massifs, une alternance de faciès cryptalgaires et péloïdiques localement riches en Codiacées-Udotécées et stromatopores massifs.

Le levé se poursuit le long de la limite septentrionale du tienne où dominant des rudstones à stromatopores branchus dans un faciès microgrenu riche en péloïdes et calcisphères. La coupe se termine le long d'une surface de glissement par quelques bancs décimétriques de grainstone à crinoïdes.

#### 4.2. COUPE C

Le long du chemin d'accès à la Carrière du Nord, le Membre de Boussu-en-Fagne est quelque peu discontinu à la base et surmonte le bioherme du Membre du Lion après 0,35 m d'hiatus (Fig. 7). Il débute par de minces bancs de calcaire crinoïdique, entrecoupés de nombreux lits schisteux. Les coraux sont abondants jusque 2,9 m au-dessus du bioherme et sont représentés par des rugueux massifs et fasciculés, Thamnoporides, Alvéolitides lamellaires et branchus. Ensuite, les brachiopodes, dont de nombreux Atrypides, remplacent les coraux sur 3,3 m d'épaisseur. Plus haut, on observe 6,75 m de calcaire stratifié, fin, argileux, noduleux ou crinoïdique, qui est localement rougeâtre; toutefois, dans les premiers 1,5 m, on note encore une colonie de rugueux massif et plusieurs lits schisteux. La coupe se termine par 3,5 m de schistes d'abord en débris, puis fauchés et finalement en place; quelques minces lits de calcaire argileux et de nodules y sont présents.

#### 4.3. COUPE B

Les derniers bancs du bioherme ont pu être observés à la faveur d'un piton rocheux épargné au nord de la carrière (Fig. 7 & 8). Il s'agit de 10,5 m de calcaires gris moyen stratifiés en bancs pluridécimétriques à métriques, très riches en fenestrae millimétriques (birds-eyes) et stromatactis. Localement s'observent des concentrations de stromatopores branchus. La base du banc 111 montre des fenestrae très planes, de quelques mm d'épaisseur pour plusieurs dm de longueur. Des fissures verticales à ciment fibreux connectent ces structures. Il s'agit de «sheet cracks», fentes de dessiccation horizontales.

Le passage au Membre de Boussu-en-Fagne est abrupt avec des schistes brunâtres riches en brachiopodes, crinoïdes et coraux comprenant, après un unique banc de grainstone à oolithes, des bancs onduleux, pluricentimétriques de grainstone gris foncé à crinoïdes, brachiopodes, tabulés branchus, fenestelles. Les coraux sont présents jusque 6,2 m au-dessus du bioherme, mais sont particulièrement abondants dans les premiers 3,1 m; il s'agit de rugueux massifs, voire fasciculés et solitaires, Thamnoporides, Alvéolitides massifs et branchus. Ensuite, la phase riche en brachiopodes atteint 1,45 m d'épaisseur. Après 0,6 m d'hiatus, on observe 1 m de calcaire stratifié, argileux ou finement crinoïdique. Par rapport à la coupe C, la phase à coraux (cf. Coen-Aubert, 1994 p. 29) est proportionnellement plus développée dans la coupe B tandis que la phase à brachiopodes y est plus réduite. Au sommet de la coupe B, on atteint de justesse l'épisode de calcaire stratifié, signalé dans la coupe C.

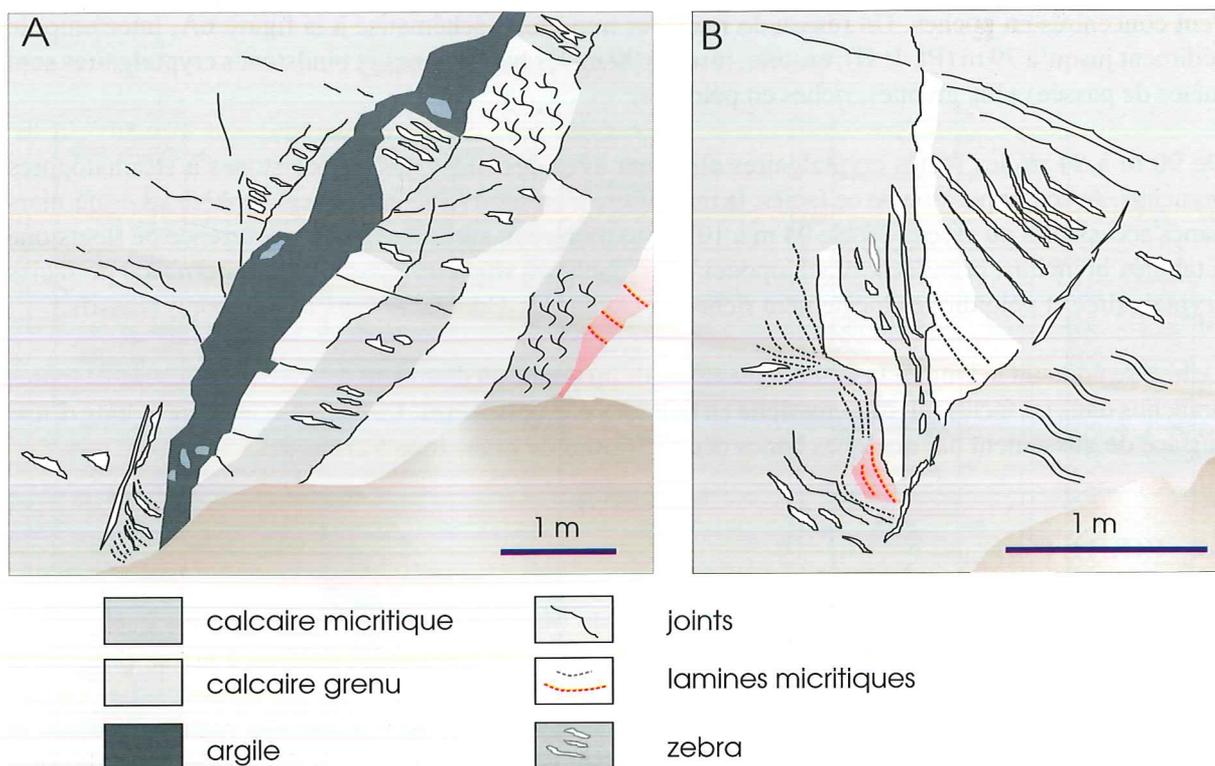


Figure 6. exemples de dykes neptuniens observés dans la carrière du Nord. Ces structures sont localisées à la Figure 4. Voir également la Pl. 1: D.

#### 4.4. COUPE D

Cette coupe (Fig. 7 et Pl. 1: E) a été étudiée le long du chemin d'accès au niveau 30, dans la partie orientale de la Carrière du Nord qui fait l'objet d'une exploitation intensive. Le levé a débuté au niveau d'un calcaire grossier et souvent bioclastique, contenant notamment des débris de brachiopodes, qui à l'époque était en partie éboulé et couvert d'efflorescences de calcite.

Ensuite, le faciès change radicalement. On a tout d'abord 7,55 m de calcaire fin et souvent clair avec quelques stromatopores branchus à la base. Puis, le bioherme du Membre du Lion se termine par 8,75 m de calcaire fin et stratifié où l'on observe quelques niveaux à stromatactis ou fenestrae stromatactoïdes (loférites, Pl. 1: F) et localement des stromatopores massifs et branchus ainsi qu'une colonie de rugueux massif près de la base; signalons aussi que le calcaire peut être rougeâtre au sommet et qu'un lit bréchifié à matrice verdâtre existe à 2,2 m de ce dernier.

Après 0,1 m d'hiatus, le Membre de Boussu-en-Fagne est représenté par 3,3 m de schistes à lits et lentilles de calcaire argileux, souvent crinoïdique. Les coraux très abondants dans toute cette passée sont surtout des rugueux massifs et fasciculés, Thamnoporides et Alvéolitides branchus associés à quelques rugueux solitaires, Alvéolitides massifs et lamellaires; toutefois, les corallites isolés de *Peneckia szulczewskii* Rozkowska, 1979 disparaissent définitivement dans le dernier mètre.

#### 4.5. COUPE E

La coupe débute par quatre bancs situés au-dessus d'une surface de stratification très bosselée, dans la partie centrale de la carrière des Leus (Fig. 9). Elle se poursuit le long de la paroi septentrionale, après un hiatus de l'ordre de 1 m, jusqu'au chemin longeant les deux carrières. D'une manière générale, il s'agit

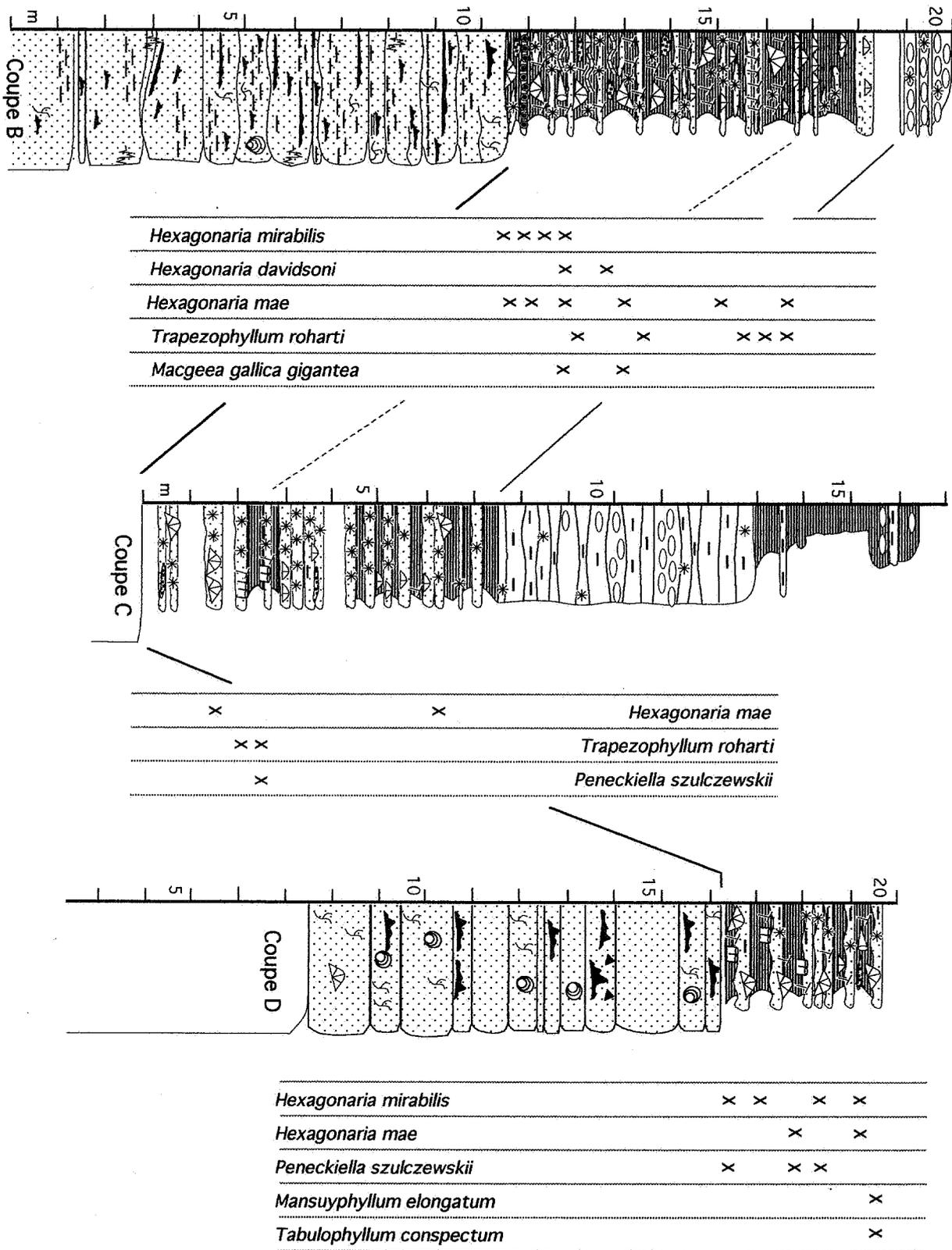


Figure 7. colonnes lithologiques et distribution des rugueux des coupes B, C, D.

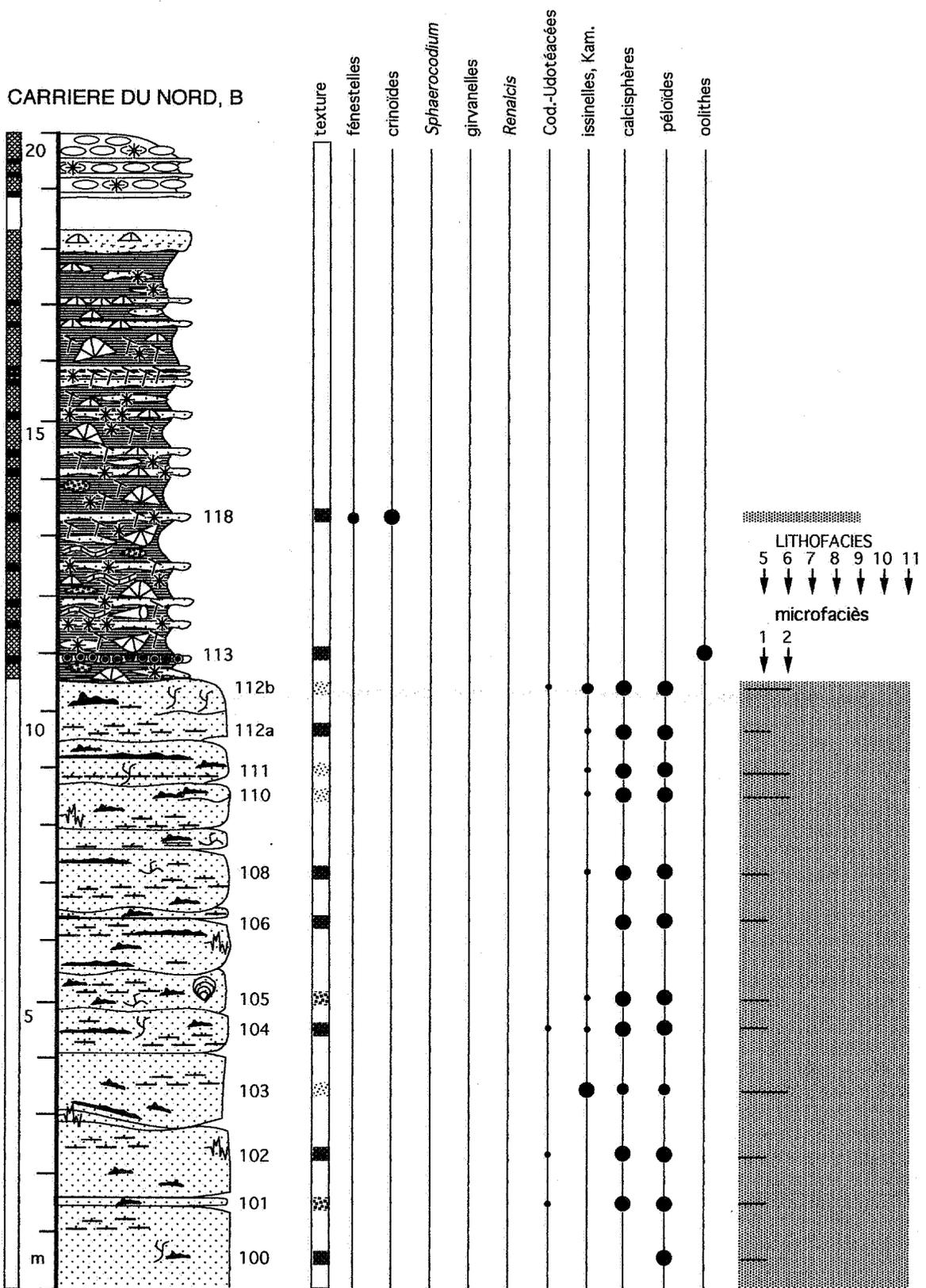


Figure 8. colonne lithologique, données pétrographiques et faciès de la coupe B.

de calcaires gris foncé brunâtre, relativement bien stratifiés en bancs métriques. Des joints ondulés peu épais et de faible extension horizontale se succèdent à intervalles décimétriques. Dans la partie supérieure de la coupe apparaissent quelques stylolithes fortement crénelés.

La surface bosselée est caractérisée par des protubérances lenticulaires de diamètre métrique et de hauteur pluridécimétrique. Il n'a pas été observé d'organismes constructeurs et l'origine de ces structures demeure énigmatique.

Le premier des quatre bancs signalés plus haut est riche en microbrèches millimétriques, dans une matrice finement bioclastique. Ce caractère bioclastique se maintient dans la totalité de la coupe, sans changement appréciable. Notons localement de rares débris macroscopiques: *Alveolites*, rugueux massifs, stromatopores branchus ou gastéropodes. La bioturbation déformative paraît assez intense.

Au microscope, l'impression de monotonie se confirme. Hormis le banc 200, il s'agit de grainstones et packstones généralement bien classés (grain moyen variant de 50 à 200  $\mu\text{m}$ ), riches en calcisphères, péloïdes, bioclastes (probablement des paléosiphonocladales). On observe également des crinoïdes et amphipores fortement dégradés, des intraclastes, des *Nanicella* et des ostracodes. Localement apparaissent des fenestelles, brachiopodes, *Renalcis* et cricoconarides. Les encroûtements sont absents.

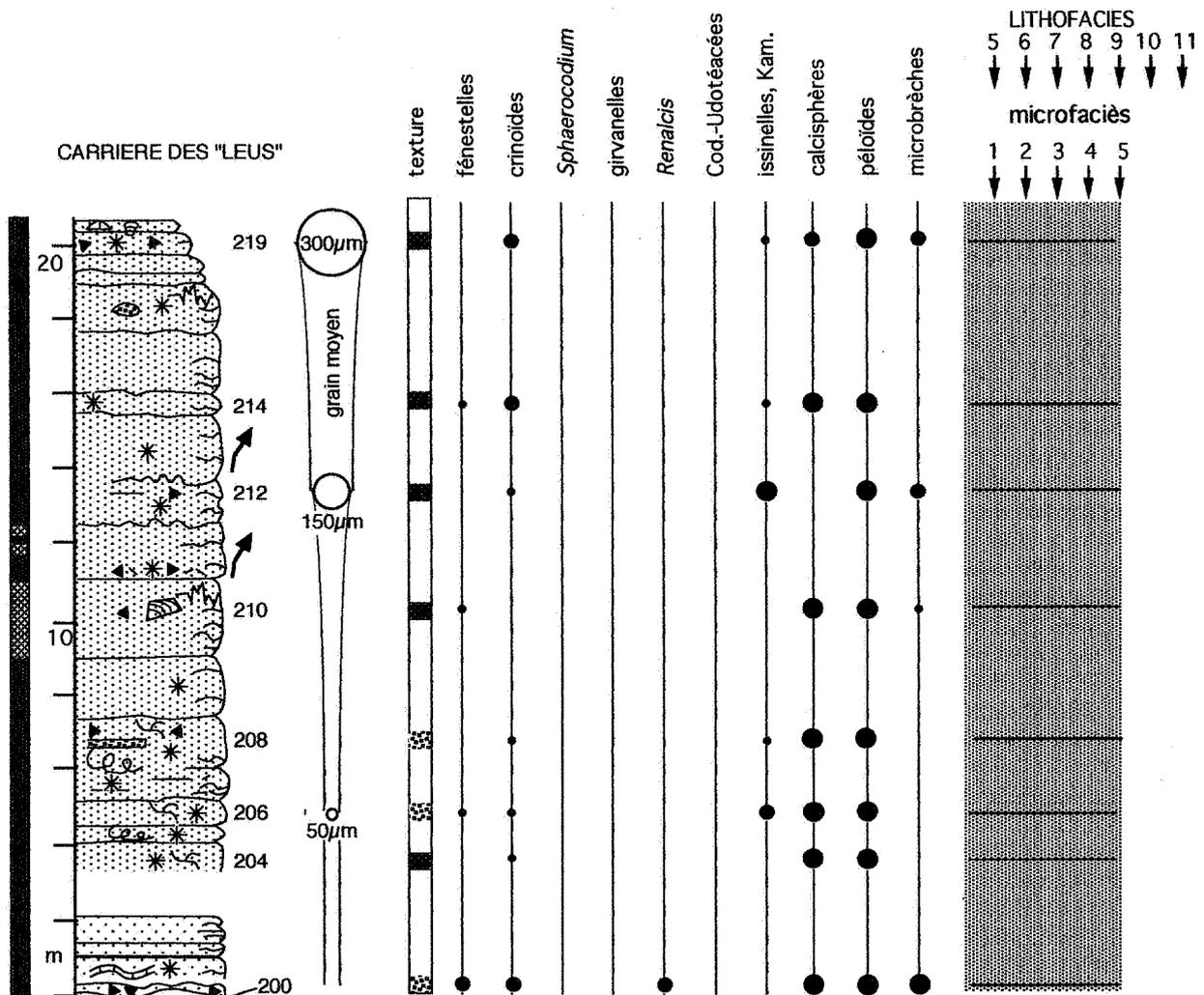


Figure 9. colonne lithologique, données pétrographiques et faciès de la coupe E.

## 5. LITHO- ET MICROFACIES

### 5.1. INTRODUCTION

Ce type de description a pour but une synthèse des observations, destinée d'abord à une analyse de la répartition des faciès au sein de l'édifice et ultérieurement à une interprétation des paléoenvironnements. Rappelons que pour respecter le principe de la gradation des échelles d'observation, chaque lithofaciès, regroupant les observations macroscopiques, est subdivisé en microfaciès sur base des observations pétrographiques (Fig. 10).

La similitude de certains des faciès du bioherme de la carrière du Nord avec les faciès des «récifs de marbre rouge» des Formations de Neuville et des Valisettes (Boulvain & Coen-Aubert, 1989, 1992; Boulvain, 1993) et du Membre de l'Arche (Boulvain & Herbosch, 1993) nous a amené à utiliser le même canevas de description sédimentologique (lithofaciès «S3» à «S9»), afin de faciliter des comparaisons ultérieures entre les divers édifices. Soulignons néanmoins que l'appellation «S6» utilisée ci-dessous est donnée à un nouveau lithofaciès, intermédiaire entre les calcaires roses à coraux, crinoïdes,

LITHOFACIES		microfaciès	
5	calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, fenestrae, stromatopores		wackestones, floatstones à coraux, fenestrae, crinoïdes
6	calcaires gris à stromatopores, brachiopodes, tabulés	coverstones à crinoïdes, péloïdes, bioclastes, coraux, stromatopores (1)	packstones, grainstones, rudstones à crinoïdes, fénestelles, péloïdes (2) wackestones, floatstones à crinoïdes, fénestelles, péloïdes, tabulés branchus (3)
7	calcaires gris à fenestrae mm, tabulés branchus, stromatopores		grainstones à péloïdes, <i>Renalcis</i> , Udotéacées (1) wackestones à péloïdes et fenestrae (2)
8	calcaires gris à stromatopores et structures cryptalgaires	bafflestones à thrombolites, <i>Renalcis</i> , <i>Palaeomicrocodium</i> (1) bindstones à tapis cryptalgaires, stromatopores, (2) <i>Renalcis</i> , <i>Sphaerocodium</i>	
10	calcaires à stromatopores branchus		rudstones, grainstones à stromatopores branchus, péloïdes, calcisphères (1) wackestones, packstones, floatstones à stromatopores branchus, péloïdes, fenestrae (2)
11	loférites à stromatactis et stromatopores branchus		grainstones et packstones à péloïdes, fenestrae, calcisphères (1) wackestones, floatstones à péloïdes, fenestrae, calcisphères (2)
9	calcaires bioclastiques et microbioclastiques		grainstones et packstones à crinoïdes (2) grainstones et packstones à calcisphères, bioclastes, péloïdes (5)

BOUNDSTONE    GRAINSTONE-PACKSTONE    WACKESTONE

Figure 10. lithofaciès et microfaciès des coupes de la carrière du Nord et des Leus.

brachiopodes, fenestrae, stromatopores (S5) et les calcaires gris à fenestrae millimétriques, tabulés branchus, stromatopores (S7) déjà définis. Le faciès à nébuloïdes des «récifs de marbre rouge» est considéré dans cette classification étendue comme un aspect particulier des calcaires roses à coraux, crinoïdes, brachiopodes, fenestrae, stromatopores (S5), comme déjà suggéré par Boulvain (1993, p. 149).

L'ordre de description des lithofaciès correspond à l'ordre de la séquence virtuelle; celui des microfaciès est basé sur la logique suivante: faciès de type boundstone (bindstone, bafflestone, coverstone), ensuite autres textures, du plus grossier au plus fin.

## **5.2. CALCAIRES ROSES, GROSSIEREMENT STRATIFIES A CORAUX, CRINOIDES, BRACHIOPODES, STROMATACTIS, FENESTRAE, STROMATOPORES (S5)**

Ce sont des floatstones à tabulés branchus, stromatopores lamellaires, crinoïdes, brachiopodes et stromatactis (Pl. 1: A). La macrofaune comprend également quelques tabulés massifs, rugueux solitaires, massifs et fasciculés. Notons la grande taille des ossicules de crinoïdes. Ce faciès est absolument identique à celui des «récifs de marbre rouge» (Boulvain & Coen-Aubert, 1992). En lame mince, il s'agit de:

- wackestones, floatstones à coraux, fenestrae, crinoïdes; les tabulés branchus sont relativement abondants. Les encroûtements algaires (girvanelles, *Sphaerocodium*) sont asymétriques et donnent probablement naissance par bioérosion à quelques péloïdes irréguliers. Coraux et crinoïdes sont accompagnés de brachiopodes, bioclastes, ostracodes, fenestelles et spicules d'éponges.

## **5.3. CALCAIRES GRIS MASSIFS A GROSSIEREMENT STRATIFIES, A STROMATOPORES, STROMATACTIS, FENESTRAE, BRACHIOPODES, CORAUX TABLES (S6)**

Le caractère massif de ce lithofaciès est affirmé avec de rares joints argileux ou stylolithiques délimitant des bancs plurimétriques à décamétriques. La texture du sédiment est variable, généralement finement grenue. La macrofaune comprend surtout des brachiopodes, des crinoïdes, des stromatopores, généralement tabulaires ou massifs, parfois de dimension métrique, et des tabulés branchus. Localement s'y ajoutent quelques rugueux solitaires, fasciculés et massifs, des tabulés tabulaires et massifs et des gastéropodes. Les fenestrae sont abondantes, sous la forme de stromatactis décimétriques à pluridécimétriques (Pl. 1: C), de fenestrae stromatactoïdes plus petites (Boulvain, 1993 p. 125), de zebra (Pl. 1: B), de nébuloïdes (Boulvain, 1993 p. 149) et de cavités cimentées sous les organismes lamellaires. Ce lithofaciès comprend les microfaciès suivants:

- coverstones (packstones, wackestones) à crinoïdes, péloïdes, bioclastes, coraux, stromatopores (S6/1): le sédiment, stabilisé mécaniquement par des stromatopores et plus rarement par des Alvéolitides, comprend typiquement des crinoïdes, tabulés branchus, péloïdes (fragments d'encroûtements algaires) et bioclastes. Accessoirement s'observent des brachiopodes, des ostracodes, des lamellibranches et des fenestelles. De rares Paléosiphonocladales, fragments de tapis cryptalgaires et stromatopores branchus sont présents localement. Des bioperforations affectent la plupart des stromatopores et les encroûtements de *Sphaerocodium* et girvanelles sont bien développés, quoique asymétriques;

- packstones, grainstones, rudstones bioclastiques à crinoïdes, fenestelles, péloïdes (S6/2): il s'agit d'un empilement de corpuscules (0,1 à 0,5 mm en moyenne) en équilibre mécanique, avec une matrice microsparitique infiltrée, délimitant fréquemment de petites fenestrae stromatactoïdes en relais. Les corpuscules sont les mêmes que ceux du microfaciès précédent et comprennent surtout des crinoïdes,

péloïdes, fenestelles, bioclastes, brachiopodes et tabulés branchus. S'y ajoutent quelques ostracodes et gastéropodes et de rares cricoconarides, *Renalcis*, *Nuia*, rectangulines, Paléosiphonocladales et stromatopores branchus. Les encroûtements, principalement asymétriques, sont le fait de *Sphaerocodium* et girvanelles;

- wackestones, floatstones bioclastiques à crinoïdes, fenestelles, péloïdes, tabulés branchus (S6/3, Pl. 2: A): ce sédiment, avec une texture différente, comprend les mêmes corpuscules que les packstones décrits ci-dessus. On remarque simplement une diminution de la fréquence des encroûtements. Les stromatactis et zebra sont particulièrement développés.

#### **5.4. CALCAIRES GRIS MASSIFS A GROSSIEREMENT STRATIFIES, A FENESTRAE MILLIMETRIQUES, TABULES BRANCHUS, STROMATOPORES (S7)**

Ce faciès se révèle surtout par son assemblage caractéristique comprenant des Codiacées-Udotéacées et se distingue des calcaires gris à stromatopores branchus (S10, voir ci-dessous) par l'abondance moindre de ces organismes. Il comprend les microfaciès suivants:

- grainstones à péloïdes, *Renalcis*, Codiacées-Udotéacées (S7/1): ce sédiment comprend essentiellement ces éléments auxquels s'ajoutent des crinoïdes, tabulés branchus, ostracodes et stromatopores (branchus et massifs). Les encroûtements sont très développés, symétriques et formés par des *Sphaerocodium* et des girvanelles. Occasionnellement s'observent des trilobites et des raies de Radiosphaeroporelles (Mamet & Boulvain, 1992). Les fragments de Codiacées-Udotéacées sont dissous et cimentés par une sparite granulaire;
- wackestones (packstones) à péloïdes et fenestrae stromatactoïdes (S7/2): les abondantes fenestrae stromatactoïdes sont millimétriques. Les péloïdes, très nombreux, sont accompagnés suivant le cas de crinoïdes, de tabulés branchus, de brachiopodes, de bioclastes ou de lamellibranches. S'observent également quelques stromatopores branchus, calcisphères, ostracodes, Radiosphaeroporelles, *Renalcis* et Codiacées-Udotéacées. Les encroûtements, abondants et symétriques, sont surtout constitués de *Sphaerocodium*.

#### **5.5. CALCAIRES GRIS MASSIFS A STROMATOPORES ET STRUCTURES CRYPTALGAIRES (S8)**

Ce lithofaciès se distingue par la présence de structures cryptalgaires, sous la forme d'encroûtements, de tapis laminaires, de colonnes et de thrombolites décimétriques à pluridécimétriques, formant des bindstones et des bafflestones. A ces éléments s'ajoutent des stromatopores tabulaires et lamellaires, des brachiopodes et des crinoïdes. L'abondance des *Renalcis* est souvent telle qu'ils apparaissent macroscopiquement sous la forme de petites taches micritiques blanches. Les microfaciès observés sont proches des équivalents des «récifs de marbre rouge» et consistent en:

- bafflestones à thrombolites, *Renalcis*, *Palaeomicrocodium* (S8/1, Pl. 2: B): les thrombolites consistent en colonnes verticales irrégulières, formées de péloïdes de 30 à 100 µm, à contour diffus, dispersés dans un pseudospar jaunâtre. Ces structures piègent un sédiment plus grenu, souvent riche en péloïdes, stromatopores branchus et calcisphères (S10, ci-dessous). Au sein des thrombolites s'observent d'abondants *Renalcis* et *Palaeomicrocodium*. La structure péloïdique évoquée ci-dessus correspond à la «structure grumeleuse» de Cayeux (1935, p. 271: «...elle montre de tout petits éléments calcaires, à pâte extrêmement fine, se détachant en gris sombre, de forme générale globuleuse ou irrégulière, dont les contours ne sont jamais franchement arrêtés et sans différenciation d'aucune sorte. Ces matériaux,

dont la microstructure est invariablement cryptocristalline, sont plongés dans une gangue de calcite incolore et grenue.»);

- bindstones à tapis laminaires, stromatopores, *Renalcis*, *Sphaerocodium* (S8/2): les tapis laminaires consistent en une succession à l'échelle millimétrique de lamines à structure grumeleuse. Ces tapis, associés à des *Sphaerocodium*, encroûtent les organismes en délimitant des cavités de croissance à remplissage sparitique. Les organismes présents sont surtout des stromatopores, mais on trouve aussi fréquemment des *Renalcis*, des crinoïdes, des brachiopodes, des bioclastes, des calcisphères et des gastéropodes. Plus rares sont les Codiacées-Udotéacées, les tabulés branchus, les ostracodes, les lamellibranches, les cricoconarides et les fenestelles.

## 5.6. CALCAIRES GRIS GRENUS, GROSSIEREMENT STRATIFIES, A STROMATOPORES BRANCHUS (S10)

Ce faciès ne possède aucun équivalent dans les «récifs de marbre rouge». Il se caractérise par l'aspect finement grenu du sédiment et l'abondance des stromatopores branchus et des fenestrae submillimétriques («birds-eyes»). Les stromatopores forment fréquemment des rudstones parfois granoclassés avec une lamination grossière; localement, cette lamination est entrecroisée. Accessoirement, on observe aussi des stromatopores lamellaires et massifs, des tabulés branchus, des crinoïdes, des gastéropodes et quelques stromatactis décimétriques. Ce faciès comprend les microfaciès suivants:

- rudstones, grainstones à stromatopores branchus, péloïdes, calcisphères (S10/1, Pl. 2: C): ces grainstones possèdent un ciment sparitique fibreux ou granulaire. Les éléments déjà cités, toujours abondants, sont accompagnés de *Renalcis*, de Codiacées-Udotéacées, crinoïdes, gastéropodes, tabulés branchus, bioclastes, ostracodes. Plus rarement apparaissent quelques fenestelles, lamellibranches, stromatactis, trilobites, raies de Radiosphaeroporelles et frondilines. Les encroûtements, très abondants, sont riches en *Sphaerocodium* et lamines cryptalgaires. La micritisation est très importante;
- wackestones, packstones, floatstones, coverstones à stromatopores branchus, péloïdes, fenestrae stromatactoïdes (S10/2): ce microfaciès est caractérisé par la même communauté organique que le précédent, avec une matrice plus abondante, de nature micro- à pseudosparitique. Les fenestrae stromatactoïdes, abondantes, résultent probablement de l'infiltration irrégulière du sédiment fin entre les corpuscules.

## 5.7. LOFERITES A STROMATACTIS ET STROMATOPORES BRANCHUS (S11)

Il s'agit de calcaires gris stratifiés en bancs pluridécimétriques à métriques, très riches en fenestrae (Pl. 1: F): stromatactis centimétriques à pluridécimétriques, fenestrae stromatactoïdes millimétriques à plurimillimétriques, souvent alignés suivant la stratification. Localement s'observent des structures de dessiccation. La macrofaune est relativement peu abondante, avec quelques stromatopores branchus. En lame mince, il s'agit de:

- grainstones et packstones à péloïdes, fenestrae, calcisphères (S11/1, Pl. 2: D): les fenestrae les plus grandes (stromatactis) sont cimentées par de la calcite fibreuse, avec dans certains cas (N110) une première génération de ciment surmontée par des sédiments internes. Ces sédiments internes sont laminaires et localement rougeâtres. Quelques gastéropodes, ostracodes, paléosiphonocladales, lumps et fragments dissous de Codiacées-Udotéacées s'ajoutent aux corpuscules principaux;
- wackestones, floatstones à péloïdes, fenestrae, calcisphères, paléosiphonocladales (S11/2); ce microfaciès ne diffère du précédent que par une texture plus lâche et une abondance plus grande des proninelles, issinelles, paléobéréselles et kamaenides.

## 5.8. CALCAIRES STRATIFIES BIOCLASTIQUES ET MICROBIOCLASTIQUES (S9)

Un faciès rappelant les calcaires à crinoïdes (coulées bioclastiques, «S9/1 à S9/4», Boulvain & Coen-Aubert, 1992, Tab. 1) observés fréquemment dans les «récifs de marbre rouge» est décrit ci-dessous. Il est relativement peu fréquent, sauf dans les schistes du Membre de Boussu-en-Fagne (Fig. 7). Il s'agit de:

- grainstones et packstones à crinoïdes (S9/2): les ossicules de crinoïdes sont accompagnés de fragments de fenestelles, de brachiopodes, de péloïdes, de coraux et de stromatopores. On observe sporadiquement quelques gastéropodes, cricoconarides, pelotes de girvanelles et *Sphaerocodium*, ostracodes et *Nanicella*.

Les bancs métriques gris brunâtres de la carrière des Leus sont tous constitués de grainstones et packstones à calcisphères, bioclastes et péloïdes, avec également des microbrèches (Pl. 2: F), des *Nanicella*, des crinoïdes, de rares stromatopores branchus et fenestelles (S9/5, cf. Boulvain, 1993 p. 158).

Enfin, rappelons l'occurrence d'un grainstone à oolithes surmontant le bioherme dans la coupe du piton rocheux (coupe B, Fig. 7, banc 113; Pl. 2: E). Ce grainstone comprend uniquement des oolithes de 600 µm de diamètre moyen dont le nucleus est formé d'un bioclaste (fréquemment des lamellibranches). Accessoirement s'observent quelques microbrèches micritiques riches en aiguilles de quartz de néoformation.

## 6. GEOMETRIE DU BIOHERME ET REPARTITION DES FACIES

Le report des mesures de direction et pendage de la stratification (Fig. 3) indique, même après annulation du pendage régional, que la carrière du Nord entame le bioherme sur son flanc septentrional. Le pendage résiduel des couches est en effet de l'ordre de la dizaine de degrés vers le nord. Il s'agit évidemment d'un pendage post-compaction et les mesures effectuées sur des géopètes à cimentation précoce (calcite fibreuse) indiquent des valeurs moindres, de l'ordre de quelques degrés seulement.

Il est cependant difficile de déterminer par des critères géométriques si le front d'exploitation a atteint ou dépassé le coeur de l'édifice, suite à la présence d'un anticlinal (cf. ci-dessus). Examinons donc la répartition des faciès en gardant à l'esprit les réserves imposées par le caractère local des observations.

La base de la coupe A et la partie centrale du front de taille au niveau «30» montrent quelques mètres de calcaire rouge identique au lithofaciès «S5» formant la plus grande partie du niveau moyen des monticules micritiques du Massif de Philippeville (Fig. 11). Leur présence à deux niveaux d'exploitation peut s'expliquer par le plongement ouest de la structure anticlinale. En l'absence de forage, il n'est malheureusement pas possible de connaître l'extension verticale de ce lithofaciès: correspond-il à la base des biohermes ou ne représente-t-il qu'un accident dans le développement des édifices? Remarquons que Dupont (1892, p. 179) note déjà: «...on a ouvert depuis peu d'années une carrière importante, dite *Carrière du Nord* (...) le Récif des Carrières s'y montre constitué par un revêtement de calcaire gris à *Pachystroma* d'une épaisseur d'une trentaine de mètres vers le milieu de la pente et s'amincissant jusqu'à 4 ou 5 mètres au sommet du massif. Ce calcaire gris recouvre un amas de calcaire rouge qui forme le noyau du récif et dans lequel on remarque une association de *Stromatactis* et *Pachystroma* souvent de plus d'un mètre de longueur.» Il n'existe plus trace actuellement du niveau rouge signalé par Dupont, probablement disparu par exploitation; son absence de continuité tend à favoriser notre seconde hypothèse.

Une part considérable du bioherme est ensuite constituée des calcaires gris à stromatopores, stromatactis, fenestrae, brachiopodes, tabulés (S6), sans qu'il soit possible d'y distinguer une évolution dans la répartition des microfaciès (Fig. 11). Cette masse énorme correspond à la «zone supérieure (...) à



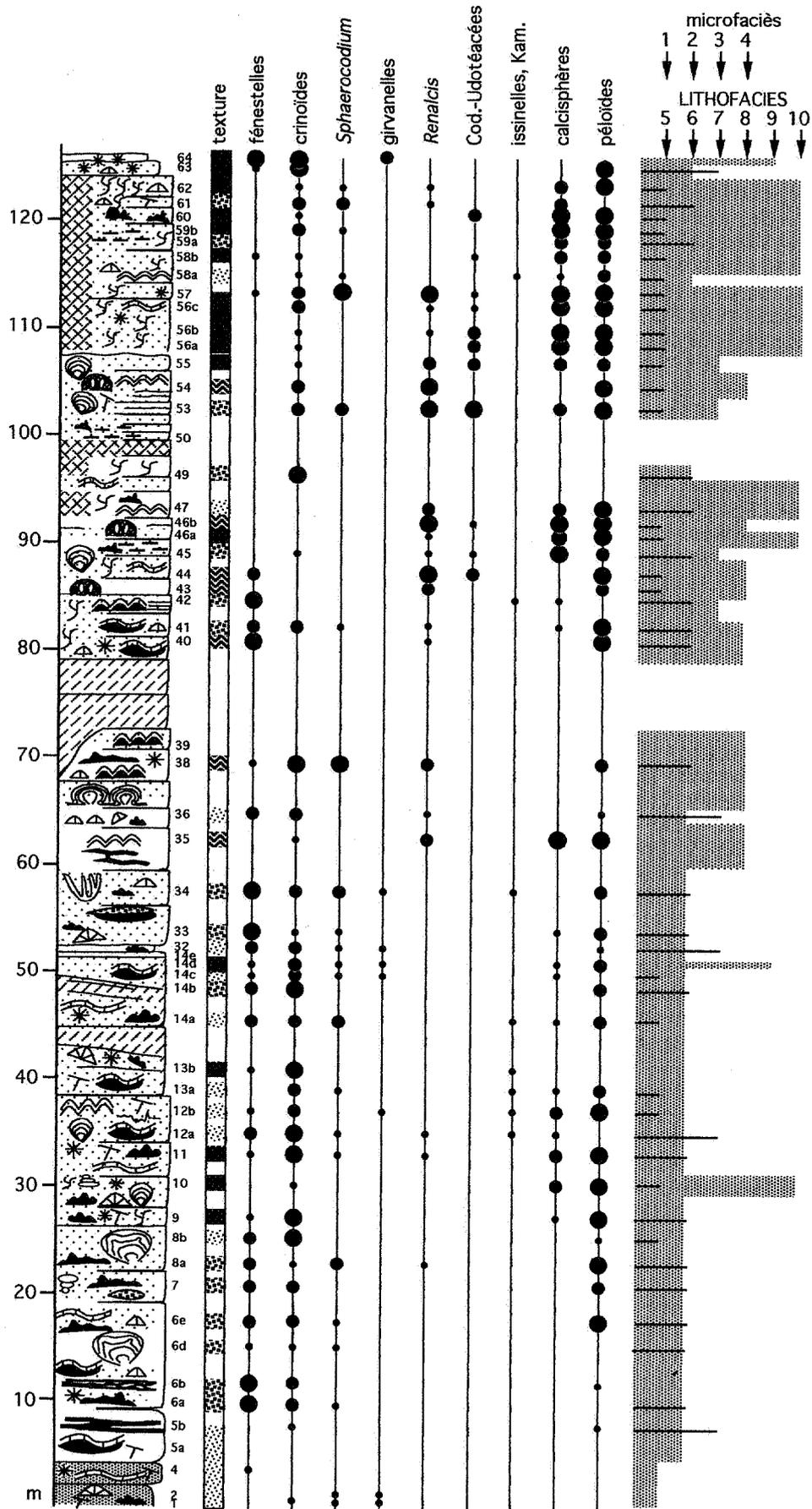


Figure 12. colonne lithologique, données pétrographiques et faciès de la coupe A.

Stromatoporoïdes massifs prédominants avec formes lamellaires et branchues, Tabulés branchus et passées à Brachiopodes et Crinoïdes» de Lecompte (1954 p. 167). Dans la partie occidentale du bioherme, ce lithofaciès est surmonté par une trentaine de mètres de faciès cryptalgaires (S8) et algaires (S7). Ces faciès ne semblent toutefois pas représentés vers l'est (Fig. 11). L'extension latérale des faciès algaires et cryptalgaires paraît donc limitée. C'était également le cas des «récifs de marbre rouge» où ces faciès formaient le coeur des monticules.

Le lithofaciès suivant, les calcaires gris à stromatopores branchus (S10), sont bien représentés dans la partie supérieure du bioherme, sans variation latérale à l'échelle de la carrière. Les rudstones et grainstones l'emportent partout sur les faciès plus fins. La répartition des loférites (S11) est par contre beaucoup plus intéressante, puisque leur épaisseur, nulle à l'ouest, croît progressivement et semble atteindre un maximum à l'extrémité est de la carrière (Fig. 11). Il faut cependant se garder d'interpréter trop rapidement cette variation en terme d'extension est-ouest d'un corps sédimentaire puisque la structure entière pourrait être affectée d'un plongement ouest. Cette variation peut alors également s'interpréter comme la conséquence d'une extension limitée le long des pentes de l'édifice (les loférites s'étendant en aval des calcaires à stromatopores branchus).

## 7. LES FRACTURES ET LES ZEBRA

Les fractures à remplissage synsédimentaire sont relativement fréquentes dans la carrière du Nord. Il s'agit principalement de «dykes neptuniens», fractures grossièrement perpendiculaires à la stratification. Un «sill neptunien» particulièrement spectaculaire apparaît cependant vers le centre de la carrière, aux niveaux 0 et 30 (Fig. 13). Son orientation, pratiquement parallèle à la stratification, pourrait faire croire à un joint argileux. Un examen attentif montre toutefois que cette structure recoupe certains niveaux repères. Il semble probable que ce sill se raccorde géométriquement aux dykes à remplissage argileux de la paroi W dont l'un est figuré (Fig. 6A et Pl. 1: D). La figure 3 montre quant à elle la répartition et les caractéristiques géométriques des dykes neptuniens les plus visibles.

Une projection stéréographique des fractures plurimétriques montre, après annulation par rotation du pendage régional, un pendage moyen résiduel d'une quarantaine de degrés vers le sud. Compte tenu de la localisation de la carrière dans la partie septentrionale de l'édifice, ceci suggère une ouverture des fractures liée à des phénomènes de glissement le long des flancs à pente nord du bioherme (cf. Playford, 1984, p. 203).

L'étude macroscopique des remplissages de fractures montre une évidente ressemblance avec les équivalents des «récifs de marbre rouge» (Boulvain, 1993 pp. 159-169). La complexité du remplissage croît avec l'ouverture de la fracture et, si les plus minces (cm-dm) ne montrent souvent que quelques lamines de sédiment micritique, les plus larges sont colmatées par une succession complexe de sédiments internes. La séquence la plus complète semble être la suivante: ciment fibreux et micrite ou microspar laminaire avec ou sans zebra (le sédiment est fréquemment teinté de rouge, indiquant la présence de bactéries ferro-oxydantes); packstones, grainstones et rudstones à crinoïdes, stromatopores branchus, orthocères; argiles noires, contenant quelquefois des rugueux, brachiopodes et crinoïdes (Fig. 13). Remarquons que les sédiments internes grenus sont monospécifiques: nous n'avons jamais observé la coexistence de crinoïdes et de stromatopores branchus, par exemple. Ceci peut s'expliquer en considérant une ouverture polyphasée des fractures: le remplissage micritique précoce se produit alors que la faible ouverture maintient un milieu microaérophile et ne laisse filtrer que les sédiments les plus fins, une nouvelle fracturation plus importante permet l'arrivée de sédiments grenus datant de la fin de l'édification du monticule (stromatopores branchus, puis crinoïdes) et enfin, une dernière ouverture piège des argiles noires contemporaines de son envasement définitif.

Il nous faut encore aborder le problème des zebra observés vers la base de la coupe A (Pl. 1: B). Il s'agit de structures de longueur métrique et d'épaisseur centimétrique à base et sommet plans, possédant fréquemment des sédiments internes et cimentées par de la calcite fibreuse. Les sédiments internes incluent ici des organismes marins qui témoignent de l'origine synsédimentaire de la cavité. L'hypothèse génétique de Schwarzacher (1961, p. 1494) d'ouverture du sédiment à l'état plastique sous l'effet de poussées latérales semble s'appliquer sans difficulté ici, puisque ces zebra s'observent dans des zones bouleversées, où des lentilles de sédiments semblent avoir glissé les unes sur les autres. Un mécanisme semblable peut être invoqué pour expliquer l'origine des zebra des sédiments internes micritiques.

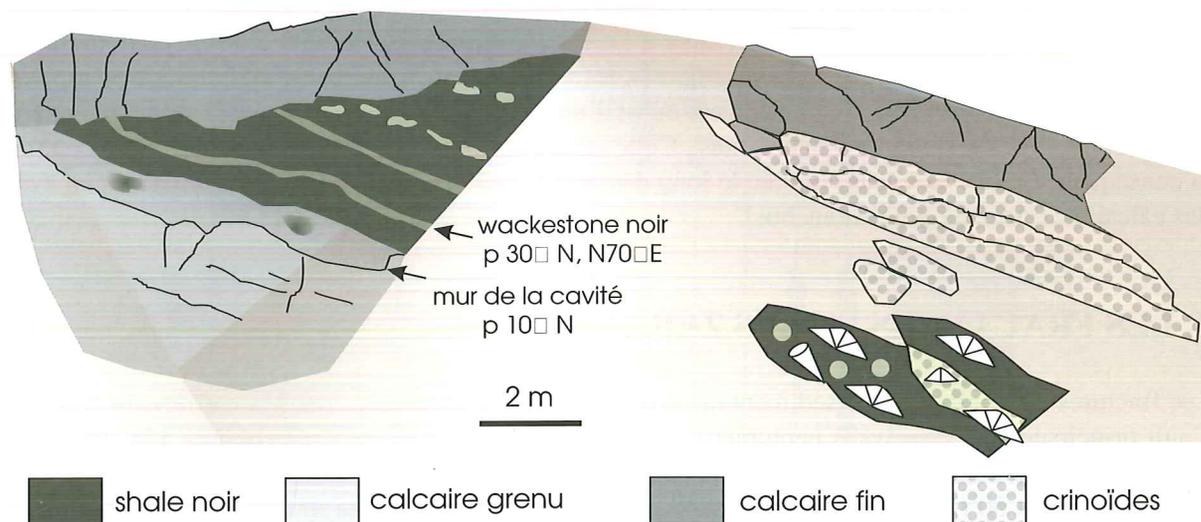


Figure 13. exemple de sill neptunien observé dans la carrière du Nord. Cette structure est localisée à la Figure 4.

## 8. INTERPRETATION SEDIMENTOLOGIQUE DES FACIES

Les calcaires rouges à coraux, crinoïdes, brachiopodes, stromatactis, stromatopores (S5), quoique mal représentés dans le bioherme étudié, forment une part importante des «récifs de marbre rouge». La présence d'une communauté à éponges, coraux, bryozoaires, crinoïdes et bactéries ferro-oxydantes avec encroûtements asymétriques d'algues bleu-vertes permet de déduire un milieu de formation situé sous la zone d'action des vagues, dans la zone photique (des algues bleu-vertes) et à tendance microaérophile (Boulvain, 1993 p. 284-285). Une reconstitution paléobathymétrique assignait à ces dépôts une profondeur de formation de l'ordre de 70 m (Boulvain, 1993 p. 323).

Hormis la présence de stromatopores massifs et la disparition des bactéries ferro-oxydantes, les calcaires gris à stromatopores, stromatactis, fenestrae, brachiopodes, tabulés (S6) montrent une communauté organique proche de celle du lithofaciès précédent. La présence de faciès plus grenus, de nébuloïdes et de rudstones bioclastiques semble toutefois indiquer un passage dans la zone d'action des vagues de tempête dont l'agitation permettait une meilleure oxygénation des eaux (trop élevée pour les bactéries ferro-oxydantes). Ce lithofaciès est relativement commun dans les biohermes paléozoïques. On l'observe par exemple dans certains biohermes siluriens de Gotland (Riding, 1981 p. 60), au coeur de biohermes siluriens de l'Indiana (Indiana University Paleontology Seminar, 1980, p. 122), au niveau moyen (phase de diversification) de monticules du Dévonien inférieur à moyen (Méndez-Bedia *et al.*, 1994 p. 171) et du Dévonien supérieur (Van Loevezijn, 1987) des Monts Cantabriques, etc... associé à des environnements de type marin ouvert, dans ou à proximité de la zone d'action des vagues.

Nous ne reviendrons que brièvement sur les deux lithofaciès suivants: les calcaires gris massifs à grossièrement stratifiés, à fenestrae millimétriques, tabulés branchus, stromatopores (S7) et les calcaires gris massifs à stromatopores et structures cryptalgaires (S8) dont l'interprétation est discutée en détail à

propos des «récifs de marbre rouge» (Boulvain, 1993 pp. 287-291). Soulignons simplement l'apparition dans le premier de ces faciès des algues vertes (Dasycladacées et Codiacées-Udotéacées) et l'abondance des encroûtements symétriques, témoignant d'une bathymétrie relativement faible. Flügel (1982 p. 464) évalue à une trentaine de mètres la profondeur de ce type de communauté à grande diversité écologique, croissant dans la zone d'action des vagues et la zone photique des algues vertes. Le développement des faciès à bindstones et bafflestones cryptalgaires (S8) marque l'apogée de l'évolution écologique des monticules (phase de domination au sens de Walker & Alberstadt, 1975 pp. 242-243) et l'effet permanent de la turbulence. De même, nous renvoyons à Boulvain (1993, p. 295) pour l'interprétation des packstones et grainstones à crinoïdes et bioclastes (S9). Ces coulées bioclastiques sont issues du remaniement d'ossicules de crinoïdes colonisant les flancs du monticule.

Les calcaires à stromatopores branchus (S10) ne sont plus à proprement parler des faciès récifaux. Classiquement (Playford, 1984 p. 194, voir ci-dessous), ce faciès est interprété comme caractérisant des environnements d'arrière-barrière en milieu relativement retreint, mais soumis à l'action des vagues. La présence sporadique de fenestelles, crinoïdes et trilobites traduit encore de relatives ouvertures du milieu.

La littérature mentionne rarement des loférites (S11) en contexte biohermal. Rappelons (Fischer, 1964 p. 124) que les loférites caractérisent principalement des milieux intertidaux, soumis à des émergences périodiques. Rappelons également que dans un travail récent, Boulvain *et al.* (1994) ont identifié dans la Formation de Philippeville à Merlemont, des cycles du type «shallowing upward» clôturés par des loférites. Ces sédiments caractérisaient un milieu d'immédiate arrière-barrière. De même, Playford (1984, p. 194) décrit des loférites en environnement d'arrière-barrière dans le «Pillara limestone»: «these deposits consist largely of stromatoporoid biostromes (dominated by *Amphipora*), with interbedded or interfingering coral biostromes, fenestral limestone, peloid calcarenite, oolite (...)».

Le cas des calcaires bioclastiques de la carrière des Leus est plus difficile à interpréter: on y observe en effet une proportion importante d'éléments à caractère restreint (calcisphères, péloïdes, paléosiphonocladales), accompagnés sporadiquement de fenestelles, crinoïdes, brachiopodes, cricoconarides indiquant un milieu ouvert. Le bon classement de ces sédiments témoigne d'un mécanisme de dépôt relativement énergétique.

Harris (1994) montre que des grainstones à péloïdes et calcisphères déposés sur les flancs de l'édifice du Latemar (Trias, Dolomites) sont des coulées bioclastiques remaniant des sédiments issus du «lagon» intérieur du récif. Ces sédiments sont mêlés à des unités de calcaire nodulaire témoignant d'arrêts de sédimentation (1994, p. 138). Dans notre cas, il n'apparaît pas d'unité intercalaire à caractère profond, mais le mélange de sédiments d'origine variée, la position de la coupe en bordure de l'édifice et la présence de microbrèches sont des arguments suffisants pour retenir également cette interprétation. L'augmentation générale de la granulométrie des sédiments, mise en évidence dans la coupe de la carrière des Leus (Fig. 9), est vraisemblablement liée à la progradation de l'édifice. Dans cette hypothèse et en tenant compte d'un granoclassement horizontal, les coulées recoupées au sommet de la coupe seraient plus proximales que celles de la base.

## 9. MODELISATION

L'ensemble de ces observations permet de proposer un modèle schématique du bioherme (Fig. 14), bien documenté pour sa partie septentrionale. L'étude d'autres édifices du même type devrait permettre de compléter et d'affiner cette reconstitution. Les lignes isopiques de la plate-forme frasnienne étant orientées grossièrement E-W avec les zones les plus internes affleurant au nord, cette partie de l'édifice correspondrait à l'arrière du monticule; la présence des faciès d'arrière-barrière (S10, S11) corrobore cette hypothèse.

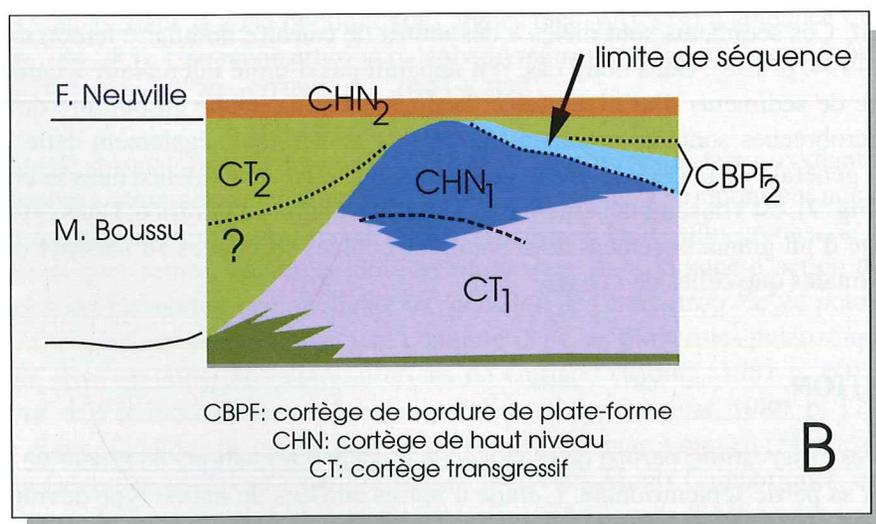
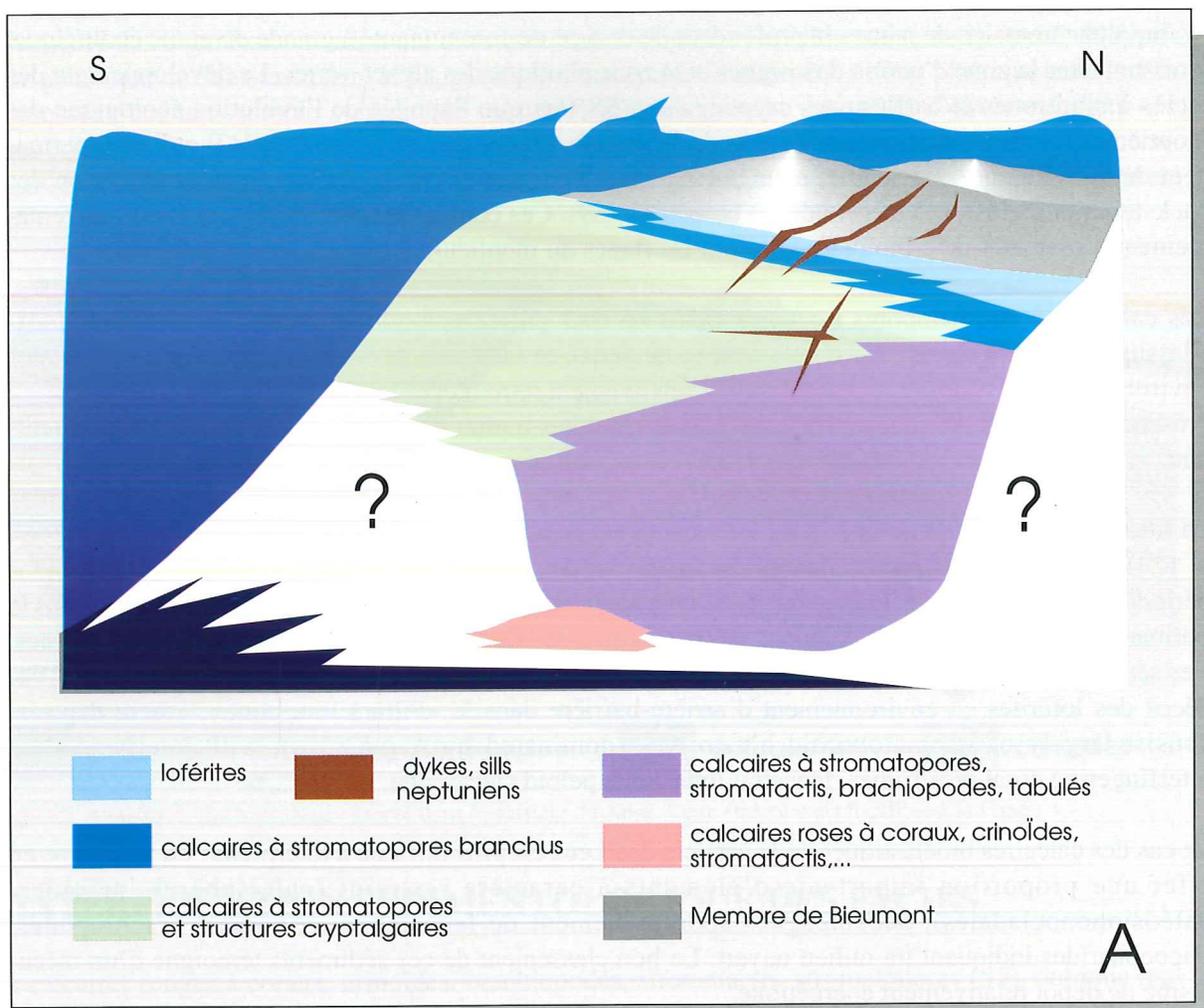


Figure 14. modèle sédimentologique du bioherme de la carrière du Nord (A) et interprétation séquentielle (B).

Le modèle montre un coeur formé principalement par des faciès cryptalgaires (S8), progradant sur les calcaires à stromatopores, stromatactis, fenestrae, brachiopodes, tabulés (S6). C'est le cas de nombreux autres monticules paléozoïques (Shaver & Sunderman, 1989 p. 944; James & Bourque, 1992) et c'était également l'opinion de Cornet (1976, p. 173) qui suggérait que les faciès micritiques de la carrière du Lion représenteraient la partie centrale de ce type d'édifice, tandis que les faciès plus bioclastiques et plus riches en stromatopores, visibles à la carrière du Nord, en caractériseraient la bordure. Les relations géométriques à grande échelle de ces deux lithofaciès sont loin d'être élucidées à l'heure actuelle. Soulignons aussi que cette succession représente, au point de vue de la structuration des communautés écologiques, une phase de diversification à laquelle succède une phase de domination (James & Bourque, 1992 p. 336).

Les deux lithofaciès précédents sont surmontés par des unités progradantes de calcaires à stromatopores branchus (S10) et de loférites (S11), témoignant de l'apparition de conditions relativement restreintes. Ces faciès de type arrière-récif impliquaient peut-être une morphologie en atoll, comme suggéré par Tsien (1980, p. 84) pour le monticule du Lion. Le schéma proposé n'écarte pas cette possibilité souvent évoquée pour des complexes de type récifal (Harris, 1994).

Puisque la majeure partie du monticule s'est développée dans la zone d'action des vagues, le modèle montre un édifice asymétrique suivant la direction N-S, conséquence des vents dominants et de la houle (Indiana University Paleontology Seminar, 1976 p. 447), avec développement de faciès de type lagunaire en situation relativement protégée («back-reef»). Il paraît probable que cette situation induise également une asymétrie dans la morphologie du monticule: les flancs au vent étant plus abrupts que les flancs sous le vent (pendage mesuré de l'ordre de quelques degrés). L'extension E-W relativement limitée des affleurements (limites du tienne) semble par contre écarter l'hypothèse de la formation de «mud ridges» (Wendt *et al.*, 1993) allongées suivant les lignes isopiques.

## 10. IMPLICATIONS EUSTATIQUES ET STRATIGRAPHIE SEQUENTIELLE

A l'échelle métrique à décamétrique, aucune séquence sédimentaire n'apparaît clairement dans la bioconstruction. Il est possible que ce phénomène soit une conséquence de la localisation paléogéographique du bioherme: la plate-forme externe enregistre un nombre moins important de séquences d'ordre élevé (5e, 6e ordres) que les zones internes (Jolet & Philip, 1994). Il est possible également que la nature même de la sédimentation, à dominante organique, atténue les effets des variations des paramètres océaniques par de continus réajustements écologiques (mécanismes de rétrocontrôle). Rien ne prouve cependant que des phénomènes générateurs de séquences d'ordre élevé aient été actifs au cours du Frasnien. En milieu péribiohermal, par contre, les coulées bioclastiques de la carrière des Leus montrent des séquences métriques granocroissantes. La succession de ces séquences n'est le reflet que de phénomènes physiques de perte de stabilité des sédiments sur les flancs de la bioconstruction et n'enregistre vraisemblablement pas de variations des paramètres océaniques.

L'interprétation sédimentologique permet de supposer, pour la base de la coupe A, une paléobathymétrie de l'ordre de 70 m. Il faut une soixantaine de mètres de sédiments compactés subhorizontaux pour enregistrer une évolution de faciès (passage de S6 à S8). Nous devons en conséquence supposer une hausse continue du niveau marin pour maintenir les conditions initiales durant toute la phase de diversification. Il s'agit donc d'un régime de type «keep-up», suivant l'expression de Neumann & Macintyre (1985), le taux d'accrétion de l'édifice égalant le taux d'élévation du niveau marin relatif (James & Bourque, 1992 p. 338). Il est probable que l'apparition des faciès cryptalgaires (S8) et des faciès lagunaires (S10, S11) soit liée à une stabilisation du niveau marin, suivie d'une baisse modérée. Le retour à un régime transgressif est certainement à l'origine de l'enneigement du monticule et du dépôt des schistes du Membre de Boussu-en-Fagne.

En termes de stratigraphie séquentielle, cela revient à dire que la phase de diversification (S6) fait partie d'un cortège transgressif aggradant, que le développement et la progradation des faciès cryptalgaires a lieu pendant une période de haut niveau marin relatif et que l'apparition des faciès lagunaires correspond à un cortège de bordure de plate-forme mis en place à la faveur d'une baisse modérée du niveau marin (James & Bourque, 1992). La limite entre ces deux dernières unités correspond donc à une base de séquence au sens de Van Wagoner *et al.* (1988). L'absence de séquences d'ordre élevé (nous pensons aux paraséquences), pour les diverses raisons évoquées plus haut, ne semble en effet pas avoir eu d'incidence sur l'existence de séquences d'ordre inférieur (3e ordre), suite au découplage des mécanismes de contrôle à haute et basse fréquence (voir à ce sujet l'excellente réflexion de S. Ferry, 1991).

Les relations entre les corps sédimentaires constituant le bioherme et les unités déposées dans les zones internes de la plate-forme (partie ouest du Massif de Philippeville, Boulvain *et al.*, 1994) sont suggérées aux figures 15 et 16. La corrélation principale est évidemment celle de la base de séquence identifiée récemment entre les deux parties de la Formation de Philippeville, dans la coupe de la N5 à Philippeville et dans la coupe de Merlemont nord (Boulvain *et al.*, 1994). On y observe en effet clairement des calcaires bioclastiques en séquences aggradantes, déposés en milieu ouvert, surmontés de séquences progradantes d'arrière-récif. L'identification des cortèges transgressif et de bordure de plate-forme s'impose ensuite d'elle-même. Remarquons qu'en conséquence, la plus grande partie du monticule de la carrière du Nord (S5 à S8) s'est développée avant que ne se dépose le biostrome de la Formation de Philippeville (Fig. 15).

## 11. RUGUEUX

### 11.1. DISTRIBUTION DES ESPECES OBSERVEES

Dans le marbre rouge, situé à la base de la Carrière du Nord (Fig. 17), on observe surtout des colonies massives d'*Hexagonaria mirabilis* Moenke, 1954 et des colonies fasciculées de *Peneckiella duponti* Coen-Aubert, 1995. Les rugueux solitaires, moins fréquents et habituellement fragmentaires, sont représentés par *Tabulophyllum conspectum* Tsien, 1977, *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979) et *Macgeea* sp. Un spécimen de *Scruttonia balconi* Coen-Aubert, 1980 a également été repéré au niveau 0 d'exploitation de la carrière. La faune la plus riche et la plus variée se trouve au sommet du marbre rouge, exposé au niveau 30.

Dans le sill neptunien (Fig. 13), recoupant un peu obliquement la passée de marbre rouge aux niveaux 0 et 30, des colonies de rugueux fasciculés et d'*Hexagonaria mirabilis* sont présentes dans un calcaire argileux noir, très crinoïdique, où elles sont accompagnées de nombreux polypiers solitaires, souvent fossilisés à l'état entier; il s'agit surtout de *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart, 1988 et plus rarement d'*Aristophyllum irenae* Rozkowska, 1979.

Au-dessus du marbre rouge, les rugueux se rencontrent principalement dans la partie inférieure des calcaires gris qui constituent l'essentiel du bioherme de la Carrière du Nord à Frasnes. On y retrouve à plusieurs niveaux *Hexagonaria mirabilis* et parfois aussi *Tabulophyllum conspectum*; les rugueux fasciculés, plus sporadiques et plus diversifiés, sont représentés par *Peneckiella fascicularis* (Soshkina, 1939), *P. isylica* (Bulvanker, 1958) et *Disphyllum* sp. Par ailleurs, des fragments d'*Hexagonaria mirabilis* et de *Scruttonia focantiensis* (Tsien, 1978) ont été trouvés dans la Carrière des Leus.

A la base du Membre de Boussu-en-Fagne (Fig. 7), les accumulations de coraux qui surmontent le bioherme du Membre du Lion à la Carrière du Nord, contiennent surtout des colonies massives d'*Hexagonaria mirabilis* et *H. mae* Tsien, 1978; mais on y observe aussi *H. davidsoni* (Milne-Edwards & Haime, 1851), *Trapezophyllum roharti* Coen-Aubert, 1994, *Peneckiella szulczewskii* Rozkowska, 1979, *Macgeea gallica gigantea* Brice & Rohart, 1974, *Tabulophyllum conspectum* et *Mansuyphyllum elongatum*.

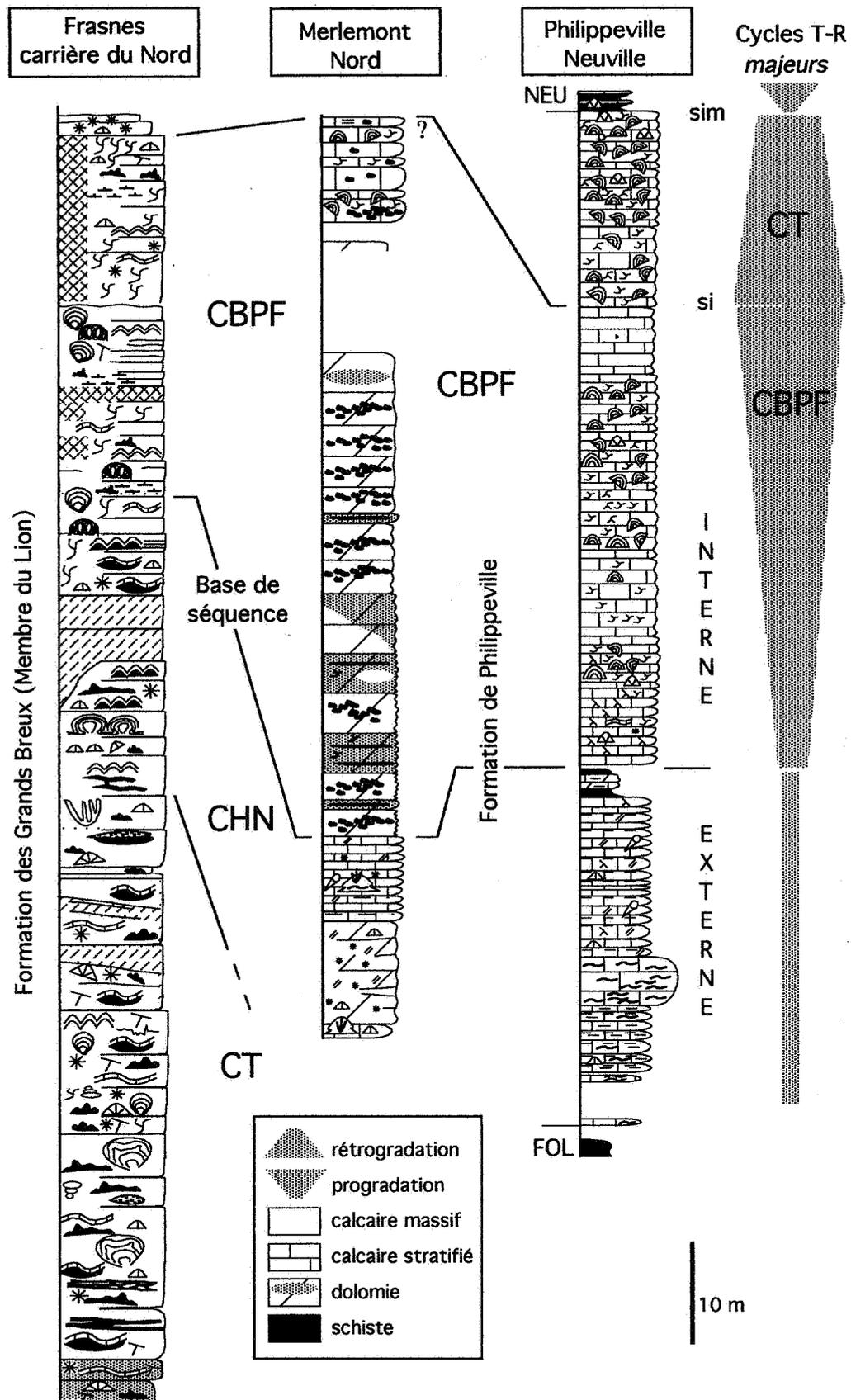


Figure 15. corrélations et interprétation séquentielle de la coupe A de la carrière du Nord ainsi que des coupes de Merlemont et de Philippeville-Neuville (d'après Boulvain *et al.*, 1994, modifié). CT: cortège transgressif; CHN: cortège de haut niveau; CBPF: cortège de bordure de plate-forme; si: surface d'inondation; sim: surface d'inondation maximum.

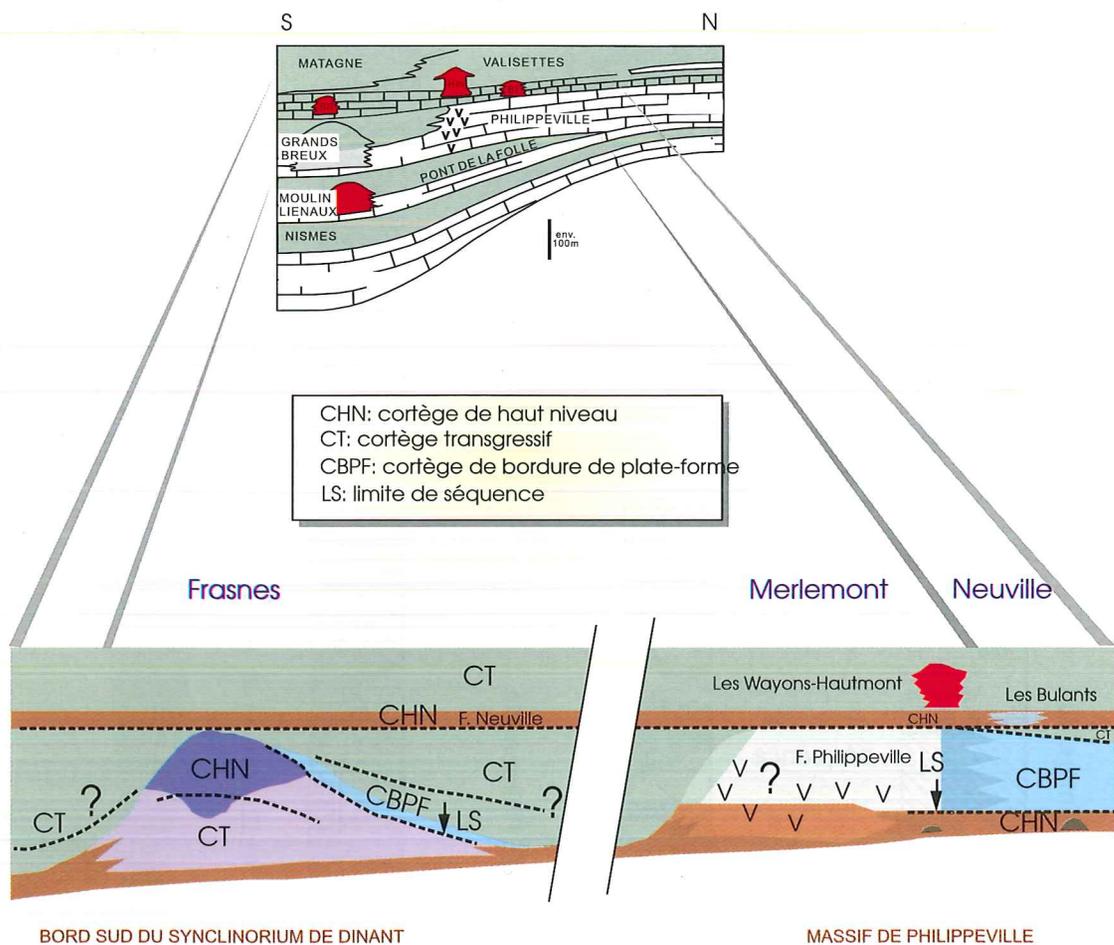


Figure 16. interprétation en termes de cortèges sédimentaires de la partie moyenne et supérieure du Frasnien au bord sud du Synclinorium de Dinant et dans l'ouest du massif de Philippeville.

## 11.2. PALEONTOLOGIE SYSTEMATIQUE

Comme *Tabulophyllum sylvaticum* et *Mansuyphyllum elongatum* n'avaient pas encore été signalés en Ardenne, il nous a paru intéressant d'en présenter l'étude systématique.

Famille Endophyllidae Torley, 1933

Genre *Tabulophyllum* Fenton & Fenton, 1924

Espèce-type *Tabulophyllum rectum* Fenton & Fenton, 1924 par désignation originale.

**Diagnose:** Rugueux solitaires. Septes de deux ordres, non carénés, plus ou moins dilatés dans le dissépimentarium et pouvant être interrompus à la périphérie par des dissépiments lonsdaléoïdes. Septes majeurs atteignant l'axe du polypier ou laissant un espace vide au centre du tabularium. Septes mineurs de longueur variable. Dissépimentarium composé de plusieurs rangées de grands dissépiments allongés verticalement. Tabularium large, formé de planchers complets ou habituellement incomplets avec une partie axiale, horizontale ou plano-convexe.

*Tabulophyllum sylvaticum* ROHART, 1988 (Pl. 3, Fig. A-E)

v 1988 *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart: 244, Pl. 29, Fig. 4, 5.

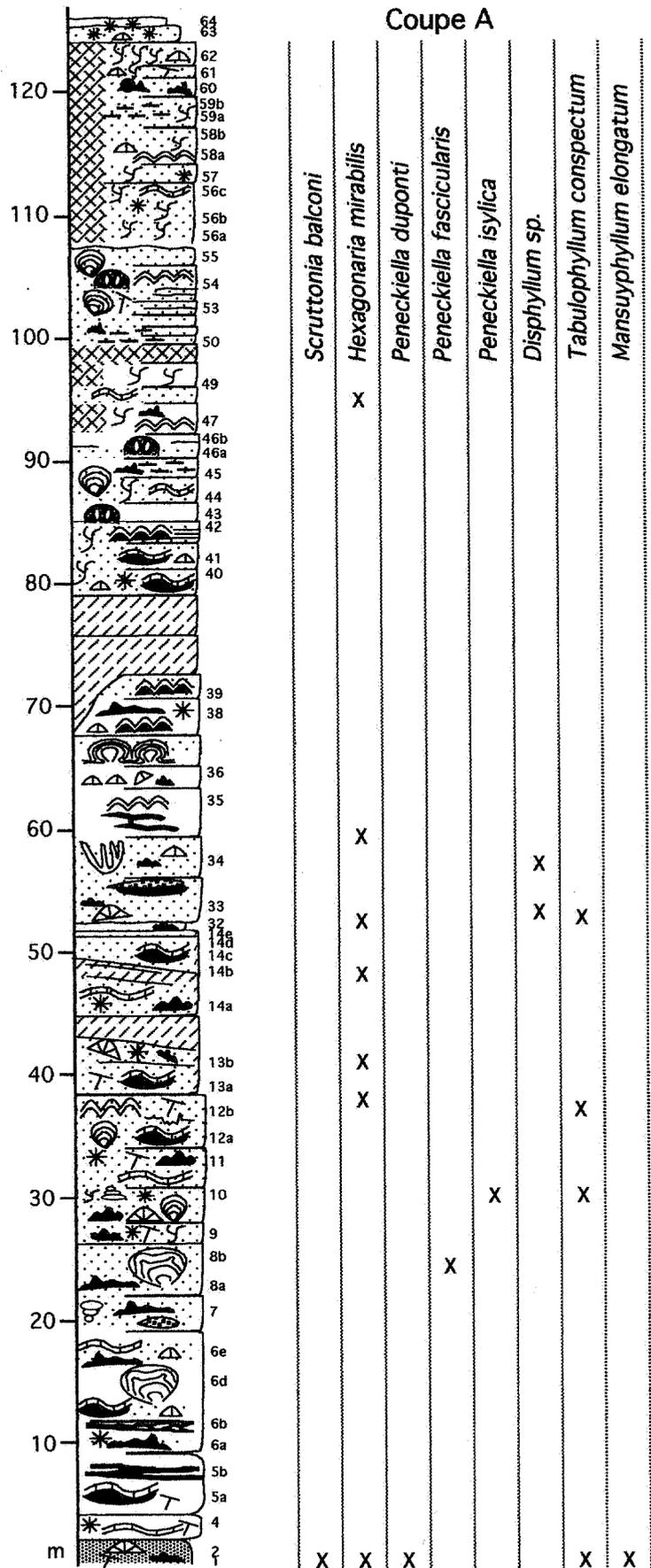


Figure 17. distribution des rugueux dans la coupe A de la carrière du Nord.

**Holotype:** Pl. 29, fig. 5 in Rohart (1988). Spécimen GFCL 4523 conservé au Département de Géologie de la Faculté Libre des Sciences à Lille en France. Carrière du Bois de Beaulieu à Ferques, Boulonnais, France. Terme a du Membre du Bois, Formation de Ferques, partie moyenne du Frasnien.

**Matériel et gisements:** Vingt-sept polypiers dans lesquels 48 lames minces ont été confectionnées. Nos récoltes: Couvin MC-36-B700, B702, B703, B704, B705, B709, B788, B789, B790, B792, B793, B794, B796, B797, B798, B799, B802, B803, B804, B806, B807, B808, B809, B811, B813, B815 et B816 provenant de la Carrière du Nord à Frasnès.

**Répartition géographique et stratigraphique:** L'espèce n'a été trouvée que dans le sill neptunien recoupant obliquement la passée de marbre rouge située à la base de la Carrière du Nord à Frasnès; ce gisement est ouvert dans le Membre du Lion de la Formation des Grands Breux.

En dehors de la Belgique, *Tabulophyllum sylvaticum* n'est connu que dans le Frasnien du Boulonnais en France; il y a été récolté dans le Membre du Bois qui est la seconde subdivision de la Formation de Ferques et y est associé notamment à de nombreux représentants d'*Hexagonaria mirabilis*.

**Diagnose:** Une espèce de *Tabulophyllum* dont les polypiers possèdent 56 à 66 septes pour un diamètre variant de 13 mm à 25 mm. Septes minces à faiblement dilatés dans le dissépimentarium, souvent séparés de la paroi par des dissépiments lonsdaléoides. Septes mineurs longs.

**Description:** Ce sont des polypiers cylindriques ou cétratoïdes, voire trochoïdes ou coniques, qui sont souvent fragmentaires et dont la hauteur varie de 1,5 cm à 7,5 cm. Des stries longitudinales sont visibles dans plusieurs spécimens. La paroi n'est conservée que localement; dans de rares cas, elle est renforcée par un épaissement triangulaire des septes. Parfois aussi, on observe un mince encroûtement de stromatopore lamellaire ou éventuellement d'Auloporide.

Les septes non carénés sont fréquemment discontinus à la périphérie où existent de grands dissépiments lonsdaléoides. Ils sont faiblement dilatés dans le dissépimentarium et s'amincissent dans le tabularium ou peu au-delà de leur entrée dans celui-ci; mais, ils peuvent également être minces ou peu épaissis sur toute leur longueur.

Les septes majeurs se prolongent jusqu'au voisinage de l'axe du polypier ou laissent un espace vide, plus ou moins important au centre du tabularium. Leurs terminaisons axiales sont souvent tronçonnées; dans quelques échantillons, elles sont recourbées, affectées d'un vague vortex ou délimitent des pseudo-fossules. Les septes mineurs traversent tout ou éventuellement presque tout le dissépimentarium. Occasionnellement, ils sont contratingents, tronçonnés notamment à leurs terminaisons internes, voire pénètrent un peu dans le tabularium; plus rarement, ils sont absents ou représentés par quelques épines.

Le dissépimentarium se compose de 1 à 4, voire de 0 à 6 rangées de grands dissépiments allongés verticalement. Les planchers sont incomplets et comportent une large partie axiale, plano-convexe, qui est parfois aussi horizontale ou ondulée. Dans plusieurs polypiers, les planchers sont brisés ou recoupés d'épines et de tronçons de septes.

Le nombre de septes varie de 52 à 74. Le diamètre du polypier mesure entre 16 mm et 27 mm, voire entre 12 mm et 31 mm. Quant au diamètre du tabularium, il varie entre 7,5 mm et 23 mm, les valeurs comprises entre 10 et 18 mm étant les plus fréquentes.

**Discussion:** L'échantillonnage belge est comparable à celui de Rohart (1988) quoique ce dernier en diffère légèrement par des polypiers en moyenne un peu plus étroits et par la présence locale d'un dépôt interne de stéréoplasme. Comme l'a déjà souligné Rohart (1988, p. 245), *Tabulophyllum sylvaticum* est proche de *T. normale* (Walther, 1929) et ressemble fort aux spécimens frasnien des Monts Sainte-Croix

et des Monts Sudètes en Pologne rapportés notamment par Rozkowska (1979, p. 42) à *T. priscum* (Münster, 1840). Rappelons à ce propos que le matériel original de Münster (1840) a été récolté près de la limite Dévonien-Carbonifère en Franconie, Allemagne et a été attribué par Weyer (1994, p. 187) au genre *Hebukophyllum* Liao & Cai, 1987; tout récemment, l'espèce de Münster (1840) a été rapportée au genre *Conilophyllum* Poty & Boland, 1996 par Poty & Boland (1996, p. 205). Quant à *Tabulophyllum normale* dont le lectotype provenant du Frasnien du Harz en Allemagne a été examiné par Coen-Aubert (1982, p. 43), il se distingue de *T. sylvaticum* par des septes un peu moins nombreux et par des septes mineurs plus discontinus. Ces deux caractéristiques affectent également les spécimens de l'espèce qui ont été trouvés par Coen-Aubert (1982) au sommet de la Formation de Huccorgne à Lavoisier, au bord nord du Synclinorium de Namur.

Famille Disphyllidae Hill, 1939

Genre *Mansuyphyllum* Fontaine, 1961

Espèce-type *Cyathophyllum annamiticum* Mansuy, 1913 par désignation originale.

**Diagnose:** Rugueux solitaires. Septes de deux ordres, carénés ou non, plus ou moins dilatés dans le dissépimentarium et minces dans le tabularium. Pas d'épaississement stéréoplasmique contre la paroi ou dans le dissépimentarium. Septes majeurs relativement longs. Septes mineurs traversant tout le dissépimentarium. Dissépimentarium composé de plusieurs rangées de dissépiments globuleux, disposés en couches horizontales dans sa partie externe et inclinés dans sa partie interne. Planchers incomplets ou composés.

**Discussion:** Le genre *Mansuyphyllum* Fontaine, 1961 est provisoirement utilisé pour des Disphyllides solitaires, dépourvus de tout épaississement stéréoplasmique contre la paroi et dans le dissépimentarium. De telles stéréozones affectent notamment le genre *Temnophyllum* Walther, 1929 qui a comme espèce-type *T. latum* Walther, 1929 du Givetien du Sauerland en Allemagne. En fait, les spécimens décrits dans ce travail ont plusieurs caractères en commun avec le genre *Charactophyllum* Simpson, 1900 rediscuté récemment par McLean (1993, p. 109). Toutefois, il ne nous paraît pas possible d'utiliser ce taxon tant que le matériel type de son espèce-type *C. nanum* (Hall & Whitfield, 1873) du Frasnien de l'Iowa aux USA n'aura pas été revu par J.E. Sorauf comme annoncé par McLean (1993).

*Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979) (Pl. 3, Fig. F-K)

1979 *Temnophyllum elongatum* Rozkowska: 31, Pl. 4, Fig. 6.

**Holotype:** Pl.4, Fig. 6a, b in Rozkowska (1979). Spécimen TcI/28 conservé au Département de Géologie de l'Université de Poznan en Pologne. Partie inférieure de la petite carrière de Sobiekurow dans les Monts Sainte-Croix en Pologne. Partie inférieure ou moyenne du Frasnien.

**Matériel et gisements:** Douze polypiers dans lesquels 19 lames minces ont été confectionnées. Nos récoltes et celles de M. Coen: Couvin MC-36-B532, B678, B689 et B696 provenant de la Carrière du Nord à Frasnes; Couvin MC-1975-16-Y37 provenant de la tranchée médiane d'accès à la Carrière du Lion à Frasnes; Couvin MC-1980-13-Y54 provenant de la petite excavation située au nord-est de la Carrière du Lion à Frasnes; Senzeille MC-1974-14-A314 provenant de la nouvelle tranchée du chemin de fer à Neuville; Senzeille MC-1974-106-741D, 741F, 741H, 741I et 741J provenant de l'ancienne tranchée du chemin de fer à Neuville.

**Répartition géographique et stratigraphique:** A Frasnes, au bord sud du Synclinorium de Dinant, *Mansuyphyllum elongatum* a été observé dans le marbre rouge, qui caractérise la partie inférieure du bioherme du Membre du Lion exploité à la Carrière du Nord, ainsi que dans les accumulations de coraux situées au début du Membre de Boussu-en-Fagne; ces deux subdivisions appartiennent à la Formation

des Grands Breux. A Neuville, dans le Massif de Philippeville, l'espèce est présente d'une part au sommet de la Formation du Pont de la Folle et d'autre part à la base de la Formation de Neuville où elle est associée à *Hexagonaria mae*, *H. davidsoni*, *Aristophyllum irenae* et *Tabulophyllum conspectum*.

En dehors de la Belgique, *Mansuiphyllum elongatum* est connu uniquement dans le Frasnien des Monts Sainte-Croix en Pologne.

**Diagnose:** Une espèce de *Mansuiphyllum* dont les polypiers possèdent 52 à 64 septes pour un diamètre variant de 12 mm à 17 mm. Septes faiblement dilatés et carénés dans le dissépimentarium. Septes majeurs atteignant l'axe des polypiers ou laissant un espace vide au centre du tabularium.

**Description:** Ce sont de petits polypiers coniques ou trochoïdes, voire cératoïdes ou cylindriques, qui sont éventuellement fragmentaires et dont la hauteur varie de 1,6 cm à 3,5 cm. Des stries longitudinales et quelques bourrelets de croissance sont parfois observables. La paroi est mince et n'est conservée que localement.

Les septes sont dépourvus de carènes ou portent quelques carènes noueuses et épineuses. Ils sont faiblement dilatés dans le dissépimentarium et s'amincissent dans le tabularium ou peu au-delà de leur entrée dans celui-ci. Occasionnellement, ils s'épaississent davantage dans le dissépimentarium ou seulement dans sa partie interne; toutefois, des indices de stéréozone n'apparaissent que rarement en cet endroit ou à peu de distance de la paroi. Parfois encore, les septes sont plus épais dans le tabularium ou sont dilatés sur toute leur longueur.

Les septes majeurs atteignent l'axe du polypier ou laissent un espace vide, plus ou moins important au centre du tabularium; leurs terminaisons axiales peuvent être tronçonnées ou vaguement rhopaloïdes, voire s'unissent pour former des pseudo-fossules. Les septes mineurs traversent tout le dissépimentarium; occasionnellement, ils sont plus courts, contratingents, tronçonnés à leurs terminaisons internes ou pénètrent un peu dans le tabularium.

Le dissépimentarium se compose de 3 à 6 ou éventuellement de 2 à 7 rangées de petits dissépiments globuleux, disposés en couches horizontales dans sa partie externe et inclinés vers l'axe du polypier dans sa partie interne. Les planchers sont incomplets et s'anastomosent latéralement; parfois, leur partie axiale est plano-convexe.

Le nombre de septes varie de 50 à 74. Le diamètre des polypiers mesure entre 9,2 mm et 20 mm et celui du tabularium entre 6,2 mm et 10,5 mm, les valeurs comprises entre 7 mm et 8,5 mm étant les plus fréquentes.

**Discussion:** De *Temnophyllum elongatum*, Rozkowska (1979) n'a décrit et figuré que l'holotype caractérisé par des septes pratiquement dépourvus de carènes et peu dilatés dans le dissépimentarium ainsi que par des septes majeurs atteignant le centre du tabularium. Le matériel belge montre une plus large variabilité au niveau de ces trois paramètres; de ce fait, il ressemble également à certains polypiers du Frasnien de Pologne attribués par Rozkowska (1979) à d'autres espèces. Tel est le cas de *Ceratophyllum kielcense* Rozkowska, 1979 trouvé dans les Monts Sainte-Croix et dans la région de Cracovie, mais dont l'holotype possède nettement moins de septes que *Temnophyllum elongatum*. Tel est le cas aussi des spécimens de la région de Lublin rapportés par Rozkowska (1979, Pl. 5, Fig. 12-15) à *T. turbinatum* Hill, 1954, qui sont parfois un peu plus gros que ceux de *T. elongatum*. Quant au matériel de *T. turbinatum* provenant du Frasnien d'Australie occidentale étudié par Hill, (1954, p. 23) ainsi que par Hill & Jell (1970, p. 57), il est caractérisé par des septes davantage épaissis dans le dissépimentarium et est affecté localement d'une stéréozone dans la partie interne de ce dernier.

Par son aspect général, *T. elongatum* présente également des analogies avec certains taxons mésodévonien. Ainsi, *Cyathophyllum trochiforme* Lütke, 1990 du Givetien de l'Eifel en Allemagne et *Keriophyllum temeniophylloides* Wang, 1948 du Dévonien moyen du Yunnan en Chine s'en distinguent par une carination plus accusée; celle-ci est au contraire peu apparente chez *Charactophyllum lotzei* Altevogt, 1963 du sommet du Givetien dans les Asturies en Espagne.

### 11.3. BIOSTRATIGRAPHIE

Les occurrences de rugueux observées dans le Membre du Lion à la Carrière du Nord à Frasnes sont les mêmes, d'une part que celles du Membre de Bieumont, au bord sud du Synclinorium de Dinant et d'autre part que celles du sommet de la Formation du Pont de la Folle et de la partie inférieure de la Formation de Philippeville, dans le Massif de Philippeville. Dans la première entité en effet, Coen-Aubert (1996) a observé *Hexagonaria mirabilis*, *Scruttonia focantiensis*, *Peneckiella fascicularis* et *Tabulophyllum conspectum* dans le Membre de Bieumont recoupé à plusieurs reprises par le sondage de Focant. Par ailleurs, Coen-Aubert (1995, p. 39) a mentionné la présence de *Scruttonia balconi* non loin de la base du bioherme du Membre du Lion exploité à la Carrière de la Boverie à Rochefort. Cette espèce de même que *S. focantiensis*, *Hexagonaria mirabilis*, *Mansuyphyllum elongatum* et *Tabulophyllum conspectum* se rencontrent déjà au sommet des schistes de la Formation du Pont de la Folle, à Neuville et à Philippeville, dans le Massif de Philippeville. La même association existe au même niveau, dans plusieurs localités de l'Entre Sambre et Meuse comme Barbençon, Pry, Gourdinne, Lanefte et Somzée.

La faune de la Formation de Philippeville a été étudiée par Coen-Aubert (1977, fig. 2 et 1982, fig hors texte) à Pry, Gourdinne, Neuville et Philippeville. Dans le Massif de Philippeville, des informations complémentaires proviennent des sondages de Sautour décrits par Coen & Coen-Aubert (1976), de l'ancienne tranchée du chemin de fer située au sud de Villers-le-Gambon et de la Carrière de Merlemont Nord revue récemment par Boulvain *et al.* (1994). Dans les calcaires noirs en bancs minces qui caractérisent la partie inférieure de l'unité lithostratigraphique, on reconnaît couramment plusieurs espèces identifiées dans le bioherme de la Carrière du Nord à Frasnes; il s'agit d'*Hexagonaria mirabilis*, *Peneckiella fascicularis*, *P. isylica* et *Tabulophyllum conspectum*. Par contre, dans le complexe biostromal qui constitue la partie supérieure de la Formation de Philippeville, les rugueux sont surtout représentés par des colonies massives d'*Argutastrea konincki* (Roemer, 1855) et *A. lecomptei* (Tsien, 1978). Ces deux espèces n'ont pas encore été signalées dans la région de Frasnes; à la Carrière du Lion en particulier, Coen-Aubert (1994) a observé l'occurrence d'*Hexagonaria mirabilis* jusqu'au sommet du Membre du Lion. Les corrélations séquentielles, proposées entre la majeure partie des biohermes de ce niveau et la partie inférieure de la Formation de Philippeville, sont donc confirmées par l'étude des rugueux.

La faune du sill neptunien, recoupé à la base de la Carrière du Nord à Frasnes, est différente à cause de la présence d'*Aristophyllum irenae* et de *Tabulophyllum sylvaticum* associés toutefois à *Hexagonaria mirabilis*. *Aristophyllum irenae* a été signalé par Coen-Aubert (1994, p. 36) dans la partie supérieure du Membre de Boussu-en-Fagne tel qu'il est exposé dans la tranchée du chemin de fer située au sud de Frasnes, et à la base du stratotype de la Formation de Neuville où il accompagne notamment *Hexagonaria mae* et *H. davidsoni*. Quant à *Tabulophyllum sylvaticum*, il est connu dans le Frasnien du Boulonnais en France, assez bas dans la Formation de Ferques.

Les espèces identifiées à la base du Membre de Boussu-en-Fagne à la Carrière du Nord sont comparables à celles répertoriées par Coen-Aubert (1994) à la Carrière du Lion à Frasnes et à la Carrière du Cimetière à Boussu-en-Fagne où le contexte est identique.

## 12. ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LES «RECIFS DE MARBRE ROUGE»

Nous n'insisterons pas, dans l'état actuel de l'étude, sur la comparaison du bioherme de la carrière du Nord avec les «récifs de marbre rouge». Il est cependant tentant de dégager quelques pistes de réflexion. Rappelons avant tout le contexte relativement différent des deux épisodes biohermaux (Tsien, 1980, p. 78): période de calme eustatique relatif (hausse modérée, puis stabilisation) au cours du Frasnien moyen et succession de pulsations eustatiques rapides pour la partie supérieure de l'étage (Johnson *et al.*, 1985; Boulvain, 1993 p. 309). A ces contextes contrastés est d'ailleurs liée l'architecture différente de la plate-forme frasnienne au cours du temps: plate-forme avec barrière au Frasnien moyen et rampe homoclinale ensuite (Boulvain, 1993 p. 308).

L'échelle de variation des faciès est bien sûr limitée par la bathymétrie du début de l'édification des biohermes. Cette croissance commence sous la zone photique (lithofaciès S3 et S4) pour les monticules micritiques des Formations de Neuville et des Valisettes, dans la zone photique des algues bleu-vertes (lithofaciès S5) pour les monticules du Membre de l'Arche et du Lion. Hormis les faciès d'arrière-récif (S10, S11), une certaine ressemblance sédimentologique se dégage pourtant de la comparaison de tous ces édifices, suggérant également un contrôle de la succession des communautés organiques par la bathymétrie absolue (Boulvain & Herbosch, 1996).

Ce n'est pas le cas de la morphologie ni de la taille des biohermes. Ceci confirme un contrôle du régime eustatique sur la forme des édifices, par l'intermédiaire de la relation taux de variation du niveau marin-taux d'accrétion biohermal (Longman, 1981 p. 19; James & Bourque, 1992 p. 339; Boulvain, 1993 p. 317). Dans le cas des biohermes du Membre du Lion, la stabilité relative du niveau marin permet un accroissement considérable du diamètre des édifices (récif de type «keep-up»). Au contraire, dans le cas des «récifs de marbre rouge», les possibilités de développement des monticules sont tout entières tournées vers le «rattrapage» du niveau marin (récif de type «catch-up»), induisant une croissance à dominante verticale.

Au-delà de ces observations générales, remarquons aussi le rôle limité des bactéries ferro-oxydantes dans les biohermes du Membre du Lion. Une communauté écologique du type des calcaires à stromatopores, stromatactis, fenestras, brachiopodes, tabulés (S6) s'accompagne de bactéries ferro-oxydantes dans le cas des «récifs de marbre rouge», mais pas dans le cas des biohermes du Membre du Lion. Il s'agit peut-être là encore d'un écho des conditions eustatiques... Un régime transgressif favorise en effet l'existence d'eaux peu oxygénées à faible profondeur (Eder & Francke, 1982, p. 243).

## 13. CONCLUSIONS

L'étude d'un bioherme du Membre du Lion permet de compléter la gamme des faciès des monticules frasnien vers les milieux très peu profonds. Cette échelle s'étend maintenant depuis un environnement calme, aphotique et microaérophile, avec les calcaires rouges à stromatactis (S3) des monticules des Formations de Neuville et des Valisettes jusqu'à un milieu proche de l'émersion avec les loférites (S11) décrites dans le présent travail.

L'échelle de variation des faciès est limitée par la profondeur du début de l'édification des biohermes. Cette croissance commence dans la zone photique des algues bleu-vertes avec le lithofaciès S6 pour les monticules du Membre du Lion. Ensuite, la succession des communautés organiques semble contrôlée par la bathymétrie absolue. Le régime eustatique agit notamment sur la forme des édifices, par l'intermédiaire de la relation taux de variation du niveau marin-taux d'accrétion biohermal.

Ce travail montre également que le monticule de la carrière du Nord est une bioconstruction du type «keep-up, catch-up, give-up» intégrée dans une succession de cortèges transgressif aggradant, de haut niveau, de bordure de plate-forme et à nouveau transgressif. La limite entre ces deux derniers cortèges sédimentaires correspondant à une base de séquence, une corrélation est possible avec les sédiments des zones internes de la plate-forme. Cette corrélation, appuyée par la biostratigraphie, montre que l'essentiel du développement du monticule de la carrière du Nord s'est fait avant le dépôt du biostrome de la Formation de Philippeville. L'absence ou l'enregistrement déficient de séquences sédimentaires d'ordre élevé au cours de la période considérée ne semble pas avoir eu d'influence sur l'enregistrement des séquences d'ordre inférieur.

Enfin, il faut aussi insister sur le caractère relativement particulier des variations relatives du niveau marin au cours du Frasnien: même au cours d'un régime de baisse eustatique, l'espace disponible pour l'accumulation des sédiments («accomodation») reste important. De même, les élévations relatives du niveau marin semblent sévères et rapides. Nous pensons qu'il faut en déduire une forte composante de subsidence locale, accentuant les hausses et atténuant l'effet des baisses eustatiques.

## 14. REMERCIEMENTS

Nous avons le plaisir de remercier la Société Carmeuse et en particulier M. T. Le Men, directeur du siège, pour l'autorisation d'accéder à la carrière du Nord. Nos remerciements vont aussi à M. O. Swennen pour les divers renseignements mis à notre disposition et à M. J.C. Rohart pour l'examen des types de *Tabulophyllum sylvaticum*. Enfin, notre gratitude va également au Professeur A. Herbosch qui a accepté de relire une partie du manuscrit.

## 15. BIBLIOGRAPHIE

- ABBOTT, B.M., 1973. Terminology of Stromatoporoid shapes. *Journal of Paleontology*, 47, 4: 805-806.
- ALTEVOGT, G., 1963. Die oberdevonischen rugosen Korallen von der asturischen Küste (Cabo Penas, Nordspanien). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 117: 9-38.
- BOULVAIN, F., 1993. Sédimentologie et diagenèse des monticules micritiques «F2j» du Frasnien de l'Ardenne. *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 260: 427 p.
- 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 Synclinorium de Dinant (Belgique). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 309, II: 81-87.
- BOULVAIN, F. & COEN-AUBERT, M., 1992. Sédimentologie, diagenèse et stratigraphie des biohermes de marbre rouge de la partie supérieure du Frasnien belge. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 100: 3-55.
- BOULVAIN, F., COEN-AUBERT, M., DUMOULIN, V. & MARION, J.-M., 1994. La Formation de Philippeville à Merlemont: contexte structural, comparaison avec le stratotype et paléoenvironnements. *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 269: 29 p.
- BOULVAIN, F. & HERBOSCH, A., 1993. Sédimentologie et diagenèse des monticules micritiques «F2j» et «F2d» du Frasnien belge. *4e Congrès français de Sédimentologie, Lille. Livre des excursions*: 1-51.
- BOULVAIN, F. & HERBOSCH, A., 1996. Anatomie des monticules micritiques du Frasnien belge et contexte eustatique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167 (3): 391-398.
- CAYEUX, L., 1935. Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées (calcium et dolomies). *Masson*: 436 p.
- COEN, M. & COEN-AUBERT, M., 1976. Description et interprétation géologique de cinq sondages au flanc sud du Massif de Philippeville. *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 1975/10: 1-15.
- COEN-AUBERT, M., 1977. Distribution stratigraphique des Rugueux massifs du Givetien et du Frasnien de la Belgique. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 97: 49-56.
- COEN-AUBERT, M., 1982. Rugueux solitaires du Frasnien de la Belgique. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 54 (6): 1-65.
- COEN-AUBERT, M., 1994. Stratigraphie et systématique des Rugueux de la partie moyenne du Frasnien de Frasnies-lez-Couvin (Belgique). *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 64: 21-56.
- COEN-AUBERT, M., 1995. Espèces du genre *Peneckiella* Soshkina, 1939 dans le Frasnien de la Belgique. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 65: 35-49.
- COEN-AUBERT, M., 1996. Rugueux frasnien du sondage de Focant. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 117: 57-67.
- CORNET, P., 1976. Morphogenèse, caractères écologiques et distribution des Stromatoporoïdes dévoniens au bord sud du Bassin de Dinant (Belgique). *Thèse de Doctorat en Sciences, Université Catholique de Louvain*: 195 p., non publié.
- DUPONT, E., 1892. Les calcaires et schistes frasnien dans la région de Frasnies. *Bulletin de la Société belge de Géologie, Paléontologie, Hydrologie*, VI: 171-218.
- EDER, W. & FRANKE, W., 1982. Death of Devonian reefs. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 163, 2: 241-243.
- FERRY, S., 1991. Une alternative au modèle de stratigraphie séquentielle d'Exxon: la modulation tectono-climatique des cycles orbitaux. *Géologie alpine*, Mémoire hors-série 18, 47-99.
- FISCHER, A.G., 1964. The Lofers cyclothem on the Alpine Triassic. *Kansas Geological Survey Bulletin*, 169: 107-149.
- FLÜGEL, E., 1982. Microfacies analysis of limestones. *Springer Verlag*: 633 p.
- HARRIS, M.T., 1994. The foreslope and toe-of-slope facies of the Middle Triassic Latemar buildup (Dolomites, northern Italy). *Journal of Sedimentary Research*, B64, 2: 132-145.

- HILL, D., 1954. Coral faunas from the Silurian of New South Wales and the Devonian of Western Australia. *Bulletin, Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics*, 23: 1-51.
- HILL, D. & JELL, J.S., 1970. Devonian corals from the Canning Basin Western Australia. *Geological Survey of Western Australia, Bulletin*, 121: 1-158.
- INDIANA UNIVERSITY PALEONTOLOGY SEMINAR, 1976. Silurian reef complex, Rockford, Ohio: constitution, growth and significance. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 60, 3: 428-451.
- INDIANA UNIVERSITY PALEONTOLOGY SEMINAR, 1980. Stratigraphy, structure and zonation of large Silurian reef at Delphi, Indiana. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64, 1: 115-131.
- JAMES, N.P. & BOURQUE, P.A., 1992. Reefs and mounds. In Walker & James (eds.): Facies Models, Response to Sea-Level change. *Geological Association of Canada*: 323-347.
- JOHNSON, J.G., KLAPPER, G. & SANDBERG, C.A., 1985. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, 96: 567-587.
- JOLET, P. & PHILIP, J., 1994. Paraséquences de plate-forme mixte (carbonatée-siliciclastique). Le Turonien de Provence. Séance spécialisée ASF-SGF. résumés. *Publications de l'Association des Sédimentologues Français* n°21: 23-24.
- LECOMPTE, M., 1954. Quelques données relatives à la genèse et aux caractères écologiques des «récifs» du Frasnien de l'Ardenne. *Volume jubilaire Victor van Straelen*, I: 153-181.
- LECOMPTE, M., 1960. Compte rendu de la session extraordinaire de la Soc. géol. de Belgique et de la Soc. belge de Géol. consacrée à l'étude du phénomène récifal dévonien dans la partie occidentale du Bassin de Dinant et du Bassin de Namur. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, LXXXIII: 1-153.
- LOGAN, B.W., REZAK, R. & GINSBURG, R.N., 1964. Classification and environmental significance of algal stromatolites. *The Journal of Geology*, 72, 1: 68-83.
- LONGMAN, M.W., 1981. A process approach to recognizing facies of reef complexes. - In D.F. Toomey (éd.): European fossil reef models. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 30: 9-40.
- LÜTTE, B.P., 1990. Horn-und kegelförmige rugose Korallen aus dem Mittel-Devon der Eifel. *Senckenbergiana lethaea*, 70: 297-395.
- MAILLIEUX, E., 1913. Nouvelles observations sur le Frasnien et en particulier sur les paléorécifs de la plaine des Fagnes. *Bulletin de la Société belge de Géologie, Paléontologie, Hydrologie*, XXVII: 67-104.
- MAILLIEUX, E., 1914. Nouvelle contribution à l'étude des récifs coralligènes du Frasnien. *Bulletin de la Société belge de Géologie, Paléontologie, Hydrologie*, XXVIII: 82-93.
- MAMET, B. & BOULVAIN, F., 1992. Microflore des monticules micritiques frasnien «F2j» de Belgique. *Revue de Micropaléontologie*, 35, 4: 283-302.
- McLEAN, R.A., 1993. The Devonian rugose coral family Charactophyllidae Pedder. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 164: 109-118.
- MENDEZ-BEDIA, I., SOTO, F. & FERNANDEZ-MARTINEZ, E., 1994. Devonian reef types in the Cantabrian Mountains (NW Spain) and their faunal composition. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 172: 161-183.
- MÜNSTER, G., 1840. Die Versteinerungen des Uebergangskalkes mit Clymenien und Orthoceratiten von Oberfranken. *Beiträge zur Petrefacten-Kunde*, 3: 33-121.
- NEUMANN, A.C & MACINTYRE, I., 1985. Reef response to sea level rise: keep-up, catch-up or give-up. *Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress*, Tahiti, 3: 105-110.
- PLAYFORD, P.E., 1984. Platform-margin and marginal-slope relationships in Devonian Reef complexes of the Canning Basin. The Canning Basin, W.A. *Proceedings of the Geological Society of Australia & the Petroleum Exploration Society of Australia Symposium*, Perth, Australia: 190-214.
- POTY, E. & BOLAND, K., 1996. Révision des Tétracoralliaires caninomorphes de l'Hastarien (Tournaisien) belge. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 117: 201-225.
- RIDING, R., 1981. Composition, structure and environmental setting of Silurian bioherms and biostromes in northern Europe. - In D.F. Toomey (éd.): European fossil reef models. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 30: 41-84.

- ROHART, J. C., 1988. Rugueux givetiens et frasnien de Ferques (Boulonnais-France). In: Brice, D. (ed.), Le Dévonien de Ferques. Bas-Boulonnais (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, 7 : 231-297.
- ROZKOWSKA, M., 1979. Contribution to the Frasnian Tetracorals from Poland. *Palaeontologia Polonica*, 40: 3-56.
- SCHWARZACHER, W., 1961. Petrology and structure of some Lower Carboniferous reefs in Northwestern Ireland. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 45: 1481-1503.
- SHAVER, R.H. & SUNDERMAN, J.A., 1989. Silurian seascapes: water depth, clinothems, reef geometry and other motifs- A critical review of the Silurian reef model. *Geological Society of America Bulletin*, 101: 939-951.
- TSIEN, H.H., 1980. Les régimes récifaux dévoniens en Ardenne. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 89, 2: 71-102.
- VAN LOEVEZYN, G.B.S., 1987. Development and termination of the carbonate sedimentation on intracratonic Late Devonian platforms in the Cantabrian Mountains (Spain). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 138: 197-209.
- VAN WAGONER, J.C., POSAMENTIER, H.W., MITCHUM, R.M., VAIL, P.R., SARG, J.F., LOUITT, T.S. & HARDENBOL, J., 1988. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In C.W. Wilgus *et al.* (Eds): Sea level changes: an integrated approach. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 42: 39-45.
- WALKER, K.R. & ALBERSTADT, L., 1975. Ecological succession as an aspect of structure in fossil communities. *Paleobiology*, 1: 238-257.
- WANG, H.C., 1948. The Middle Devonian rugose corals of Eastern Yunnan. *Contributions from the Geological Institute, National University of Peking*, 33: 1-45.
- WENDT, J., BELKA, Z. & MOUSSINE-POUCHKINE, A. 1993. New architectures of deep-water carbonate buildups: evolution of mud-mounds into mud ridges (Middle Devonian, Algerian Sahara). *Geology*, 21: 723-726.
- WEYER, D., 1994. Korallen im Untertournai-Profil von Drewer (Rheinisches Schiefergebirge). *Geologie und Paläontologie Westfalen*, 29: 177-221.

# **PLANCHES**

## PLANCHE 1

Toutes les figures proviennent de la Carrière du Nord à Frasnes, Membre du Lion.

A: «marbre rouge», calcaire rose à coraux, crinoïdes, brachiopodes, stromatactis, fenestrae, stromatopores (S5) à la base de la coupe A, banc 1, niveau 0; échelle: 5 cm.

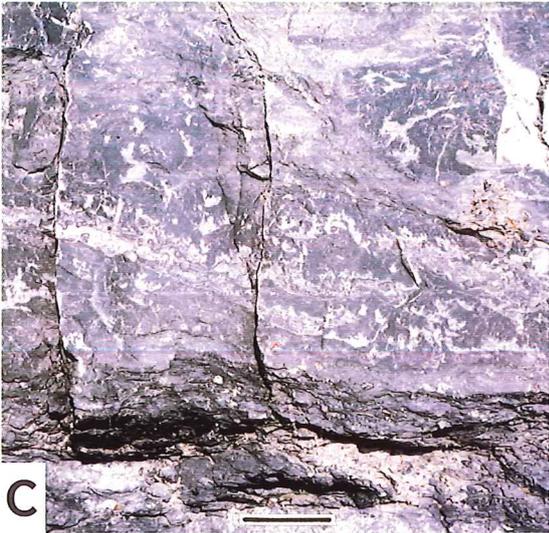
B: zebra dans des calcaires affectés par des glissements synsédimentaires (slump); coupe A, banc 5, niveau 0; le marteau en bas, à droite donne l'échelle.

C: calcaires gris à stromatopores, stromatactis, fenestrae, brachiopodes, tabulés (S6); coupe A, banc 31, niveau 30; échelle: 5 cm.

D: dyke sédimentaire à remplissage complexe. Le dernier remplissage est une argilite noire, bien visible au centre de la photo; le tireté souligne la stratification et sépare les bancs 38 et 39. Voir également l'interprétation de la structure à la fig. 6A; coupe A, niveau 30.

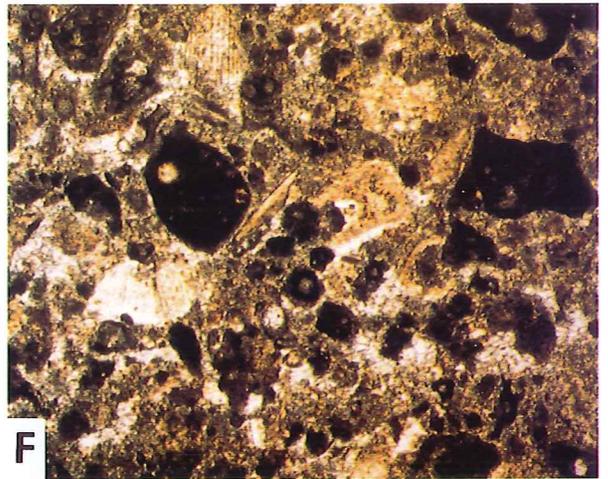
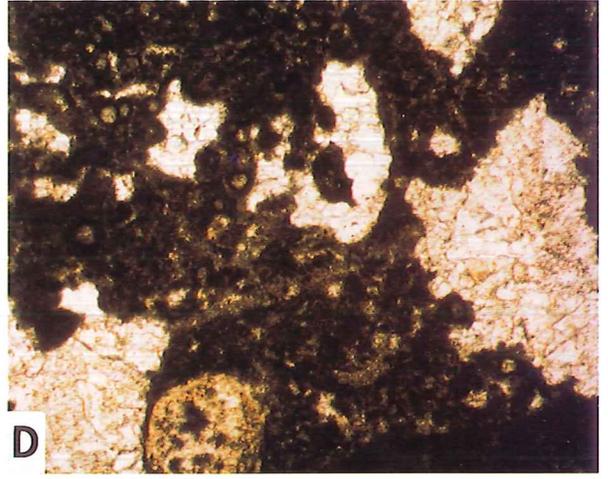
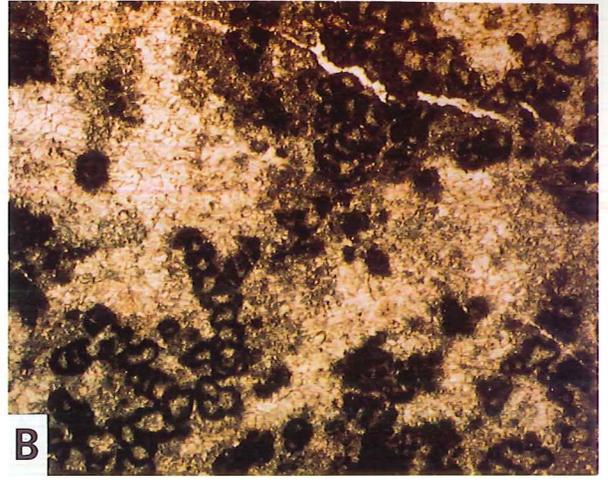
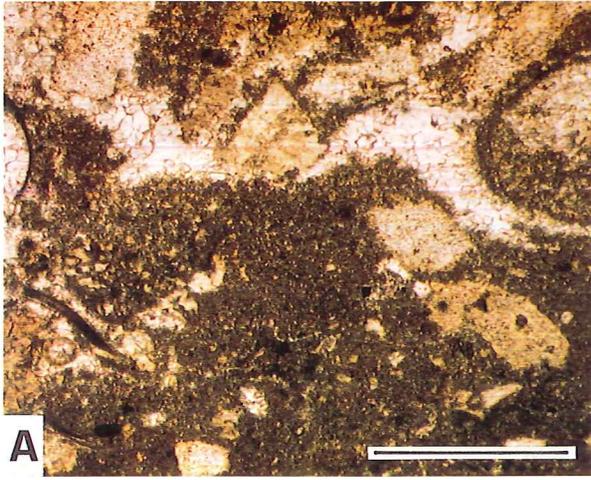
E: partie supérieure de la coupe D, loférites à stromatactis et stromatopores branchus. Le sommet du monticule, surmonté du Membre de Boussu-en-Fagne est visible au-dessus de M. Coen-Aubert.

F: loférites à stromatactis et stromatopores branchus (S11). Localisation à la photo E.



## PLANCHE 2

- A: calcaires gris à stromatopores, stromatactis, fenestrae, brachiopodes, tabulés (S6): wackestone à crinoïdes, fenestelles, péloïdes, tabulés branchus (S6/3). Remarquer la fenestra stromatactoïde dans la partie supérieure de la photo, dont l'extension verticale est limitée par différents corpuscules; lumière polarisée; coupe A, banc 63, niveau 30; échelle: 1 mm. Carrière du Nord à Frasnes, Membre du Lion.
- B: calcaires gris à stromatopores et structures cryptalgaires (S8): bafflestone à thrombolites et *Renalcis* (S8/1); lumière polarisée; coupe A, échantillon 46b, niveau 30; même échelle que A. Carrière du Nord à Frasnes, Membre du Lion.
- C: calcaires gris à stromatopores branchus (S10): rudstone à stromatopores branchus, péloïdes, calcisphères (S10/1); lumière polarisée; coupe A, échantillon 62, niveau 30; même échelle que A. Carrière du Nord à Frasnes, Membre du Lion.
- D: loférites à stromatactis et stromatopores branchus (S11): packstone à péloïdes, fenestrae, calcisphères (S11/1); lumière polarisée; coupe B, échantillon 101, niveau 0; même échelle que A. Carrière du Nord à Frasnes, Membre du Lion.
- E: grainstone à oolithes; lumière polarisée; coupe B, échantillon 113, niveau 0; même échelle que A. Carrière du Nord à Frasnes, Membre de Boussu-en-Fagne.
- F: calcaires bioclastiques et microbioclastiques (S9): grainstone et packstone à calcisphères, bioclastes, péloïdes, crinoïdes, microbrèches (S9/5); lumière polarisée; coupe E, échantillon 200; même échelle que A. Carrière des Leus à Frasnes, Membre de Bieumont.



### PLANCHE 3

Tous les spécimens sont représentés au grossissement x 3 et conservés dans les collections de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique à Bruxelles (IRScNB).

- A, B: *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart, 1988.  
IRScNB a10454. Couvin MC-36-B709 prélevé dans le sill neptunien recoupant la passée de marbre rouge au niveau 30 de la Carrière du Nord à Frasnes. Sections transversale et longitudinale.
- C: *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart, 1988.  
IRScNB a10455. Couvin MC-36-B790 prélevé dans le sill neptunien recoupant la passée de marbre rouge au niveau 0 de la Carrière du Nord à Frasnes. Section transversale.
- D, E: *Tabulophyllum sylvaticum* Rohart, 1988.  
IRScNB a10456. Couvin MC-36-B808 prélevé dans le sill neptunien recoupant la passée de marbre rouge au niveau 30 de la Carrière du Nord à Frasnes. Sections transversale et longitudinale.
- F: *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979).  
IRScNB a10457. Couvin MC-36-B696 prélevé dans la passée de marbre rouge au niveau 30 de la Carrière du Nord à Frasnes. Section transversale.
- G: *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979).  
IRScNB a10458. Couvin MC-1980-13-Y54 prélevé dans le Membre de Boussu-en-Fagne exposé dans la petite excavation située au nord-est de la Carrière du Lion à Frasnes. Section transversale.
- H, I: *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979).  
IRScNB a10459. Senzeille MC-1974-106-741D prélevé au sommet de la Formation du Pont de la Folle, dans l'ancienne tranchée du chemin de fer à Neuville. Sections transversale et longitudinale.
- J, K: *Mansuyphyllum elongatum* (Rozkowska, 1979).  
IRScNB a10460. Senzeille MC-1974-106-741I prélevé au sommet de la Formation du Pont de la Folle, dans l'ancienne tranchée du chemin de fer à Neuville. Sections transversale et longitudinale.

