

MICROFACIES D'UNE LENTILLE BIOHERMALE A LA LIMITE EIFELIEN/GIVETIEN (WELLIN, BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT)

Bernard MAMET & Alain PREAT

(7 figures, 2 tableaux, 5 planches)

Université Libre de Bruxelles, Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Géologie-CP160/02, 50 av FD Roosevelt, Bruxelles B 1050 – Belgique e.mail: apreat@ulb.ac.be

RÉSUMÉ. Une lentille biohermale est associée aux couches de transition eiféliennes-givétiennes à Wellin (bord sud du bassin de Dinant). La lentille longue d'environ 200 m et épaisse de 45 m présente une partie centrale sous forme d'un framestone à Stromatopores et Coraux (30 m) et des flancs constitués de packstones à Udotéacées et de floatstones à Stromatopores et Brachiopodes. La sédimentologie, établie à partir de deux coupes distantes de 100 m, montre que ce bioherme s'inscrit dans une évolution régressive. Celle-ci est mise en évidence par la succession de 10 microfacies carbonatés (MF1-10, séquence standard) se succédant depuis des milieux marins francs à proximité de la zone d'action des tempêtes (MF1) jusqu'aux faciès lagunaires partiellement émergés (MF10). Le bioherme (framestone, MF7) est préservé grâce à une importante cimentation précoce de calcite isopaque. La composition des communautés d'organismes montre l'importance des Algues (prairies à Udotéacées) dans les flancs par rapport au cœur de l'édifice. L'ensemble biohermal s'est édifié sur une semelle crinoïdique (MF4) coiffant les faciès les plus ouverts (MF1-3). Ces derniers ont subi une diagenèse réductrice (sulfato-réduction) avec formation de pyrite 'filamenteuse' d'origine bactérienne probable. La comparaison des deux coupes permet des corrélations latérales indiquant que l'ensemble du bioherme (cœur et flancs) devait avoir une morphologie assez planaire de type 'bank'. La série étudiée est épaisse d'environ 70 m et passe de la limite de la zone dysphotique-euphotique dont la bathymétrie est estimée ici à une vingtaine de mètres jusqu'à l'émergence. Le mécanisme de subsidence est donc beaucoup plus important ici que l'eustatisme. Une nouvelle Algue verte udotéacée, *Vignella nilsii* n.gen., n.sp. est décrite.

MOTS-CLES : Bioherme, Communautés dévoniennes, Eustatisme-subsidence.

ABSTRACT. A biohermal lens is described from the Eifelian-Givetian transition beds near Wellin (southern flank of the Dinant basin). The lens is about 200 m long and 45 m thick. It is composed of a central stromatopore-coral framestone (30 m) and of flanks of udoteacean packstone and stromatopore-brachiopod floatstone. The sedimentology based on two nearby sections indicate a regression. The log is based on the succession of 10 carbonate microfacies (MF1-10, standard sequence). The deepest microfacies (MF1) is open marine at the upper limit of the storm waves and the dysphototic-euphotic boundary. The shallower microfacies is partly emerged (lagoonal sediments, MF10). The framestone (MF7) is characterized by early isopachous cementation. Communities and fossil assemblages underline the important development of udoteacean meadows in the flanks while these algae play little or no role in the formation of the framestone. The bioherm covers a crinoidal sole (MF4), that is overlying the open marine facies (MF1-3). These show evidence of sulfate-reduction, with widespread bacterial (?) filamentous pyrite. Correlation between the two stratigraphic sections indicates that the architecture of the bioherm (central core and flanks) is planar ('bank »). The total thickness of the studied succession is about 70 m. They grade from dysphototic-euphotic boundary estimated here around 20 m deep to emersion. Thus subsidence is here much more important than the eustatic regression. A new green udoteacean alga is described : *Vignella nilsii* n.gen., n. sp.

KEYWORDS : Bioherm, Devonian communities, Eustatism-subsidence.

1. Introduction

L'étude sédimentologique des couches de transition eiféliennes-givétiennes (E-G) de la bordure sud du Condroz permet de suivre l'évolution d'un système de rampe mixte silicoclastique passant à une plate-forme carbonatée dominée par des faciès restreints riches en Algues (Boulvain *et al.*, 1994 ; Préat & Kasimi, 1995). Le nombre important de coupes met en évidence une sédimentation sous le contrôle de blocs basculés se succédant à l'échelle plurikilométrique (5 à 10 km) suivant les zones isopiques (Kasimi & Préat, 1996; Préat 2004).

Le passage d'un étage à l'autre (E-G) se marque sur le terrain par la présence assez constante d'un biostrome, d'épaisseur plurimétrique à pluridécamétrique, construit par les Stromatopores, les Coraux et les Algues. Ce biostrome, affleurant remarquablement dans l'ancienne carrière de Resteigne (Préat *et al.*, 1984) se suit de manière discontinue sur plus de 150 km de distance depuis Hotton à l'Est du bassin de Dinant (Kasimi 1993) jusqu'à Glageon à l'Ouest en Avesnois (Boulvain *et al.*, 1994). Cette unité qui s'inscrit dans l'évolution du remblaiement de la rampe eifélienne par progradations successives (accrétion littorale complète,

Préat, 2004) est surmontée par un niveau décimétrique (0,2 - 0,5m) de 'beachrock'. La sédimentation devient alors restreinte ou semi-restreinte. Ces conditions vont perdurer tout au long du Givétien en présentant un caractère cyclique accusé (Préat & Weis, 1994; Préat, 2004).

Le passage du système de rampe à celui de plateforme n'est pas synchrone à l'échelle du bassin : le système de rampe se maintient jusque dans la partie supérieure de la Formation de Trois-Fontaines (Givétien inférieur) dans la région de Couvin (Préat, 1989; 2004) et durant tout le Givétien en Avesnois (à Glageon, Boulvain *et al.*, 1994). Dans ces régions la sédimentation marine ouverte se poursuit durant le Givétien, alors que partout ailleurs règne la sédimentation lagunaire. Un contrôle structural synsédimentaire peut-être envisagé pour expliquer ces évolutions (Kasimi & Préat, 1996) et/ou une atténuation effective du rôle joué par la barrière récifale (Boulvain *et al.*, 1994). Cette hypothétique barrière qui s'étendrait de l'Angleterre à l'Ouest de l'Allemagne (Garland, 1997) n'affleure pas. Il lui correspond le premier 'niveau biostromal' (Tsien 1971; Pel, 1973; Préat *et al.*, 1984). Des constructions prémonitoires affleurent dans diverses régions du bassin de Dinant, comme par exemple la lentille récifale de Nismes au 'Fondry des Chiens' (Cornet, 1975). Bien que cet affleurement soit connu depuis longtemps, il n'a jamais fait l'objet d'analyse sédimentologique, le site étant protégé. Le 'récif' consiste en un framestone épais d'environ 65 m et presque uniquement constitué de *Stromatopores* massifs pluridécimétriques. Récemment (2002) une nouvelle lentille est apparue dans les couches E-G de Wellin suite à l'avancement des fronts de la carrière 'du Fonds des Vaux' au lieu dit 'Aux Vignes'. Le bioherme et ses flancs forment une unité longue d'environ 200 m et épaisse de 45 m. Deux coupes détaillées l'une dans la partie centrale, l'autre dans un des flancs ont été effectuées dans cette unité. La succession est continue et les levés ont été arrêtés au niveau du 'beachrock'. La carrière s'étendant sur deux fronts séparés d'environ 1,5 km, il est possible de voir que cette lentille est dans l'alignement d'autre(s) lentille(s) déjà entamées par l'exploitation. C'est la première fois qu'une lentille récifale complète en place est visible. C'est le produit du démantèlement de ces bioconstructions qui s'observe dans le 'premier biostrome'.

Le but de cet article est de décrire les paléoenvironnements de la lentille, et en particulier le rôle de la microflore algale, d'analyser les processus qui ont permis sa préservation, d'en préciser les variations latérales à l'échelle hectométrique.

2. Analyse sédimentologique et stratigraphique

2.1. Description des microfaciès (Figs 2a,b)

La localité de Wellin est située à 25 km à l'Est de Givet, localité-type du Givétien au bord sud du bassin de Dinant. La carrière active du Fonds des Vaux d'où provient notre matériel recoupe la N35 reliant la localité de Wellin et le lieu-dit Sourd d'Ave (carte topographique IGN au 1/25000 n°59/5-6 et au 1:10000 n°59/6). La

partie analysée correspond à l'extension Ouest de la carrière où la lentille affleurerait au Sud du front de taille (Fig. 1).

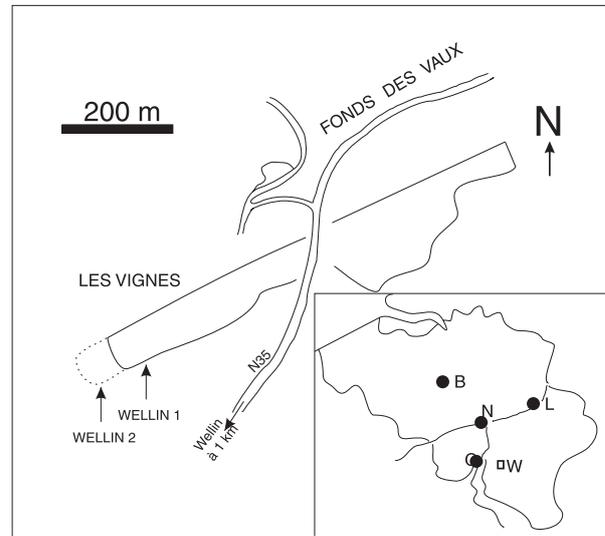


Figure 1 : Localisation géographique de la carrière du Fonds des Vaux et position des coupes étudiées. En ponctillé, extension de la carrière en 2005. Abreviations: B = Bruxelles, L = Liège, N = Namur, G = Givet, W = Wellin.

Figure 1 : Geographic location of the Fonds des Vaux quarry with position of the studied sections (Wellin1 and Wellin2). In dotted line, extension of the studied quarry in 2005. Abbreviations B = Brussels, L = Liège, N = Namur, G = Givet, W = Wellin.

Deux coupes (notées Wellin 1 et Wellin 2, Figs 2 et 3), séparées d'environ 100 m, ont été levées dans la lentille lorsqu'elle affleurerait en 2002. La coupe Wellin 1 concerne la partie plus massive de la lentille avec des *Stromatopores* massifs et pluridécimétriques très abondants, et correspond à un bioherme en place. La coupe de Wellin 2, d'épaisseur semblable, constitue les flancs de la construction et montre des *Stromatopores* remaniés et de très nombreux *Brachiopodes* dans une matrice plus dolomitique. Près de 360 échantillons ont été prélevés (banc par banc) systématiquement tout au long des 75 m et 63 m des deux coupes (respectivement Wellin 1 et 2). Leur analyse pétrographique met en évidence 10 familles majeures de microfaciès carbonatés. Ces familles ont été classées par ordre bathymétrique décroissant comme nous l'expliquerons plus loin dans le modèle sédimentaire (cf. 2.2). La succession des familles de 1 à 10 constitue la séquence standard de la série et se présente comme suit :

Milieux marins francs à la base ou dans la zone d'action des tempêtes

MICROFACIES 1 ou MF1 (Pl. 1, Figs 1-2): mudstones et wackestones argilo-silteux, bioturbés à bioclastes et microbioclastes d'Echinodermes (Crinoïdes et piquants d'Oursins) et *Brachiopodes* auxquels s'ajoutent quelques *Ostracodes*, *Trilobites* et *Tentaculidés*. Les *Crinoïdes* et *Brachiopodes* se présentent en minces niveaux, discontinus ou non, d'épaisseur millimétrique (0,5 à 2

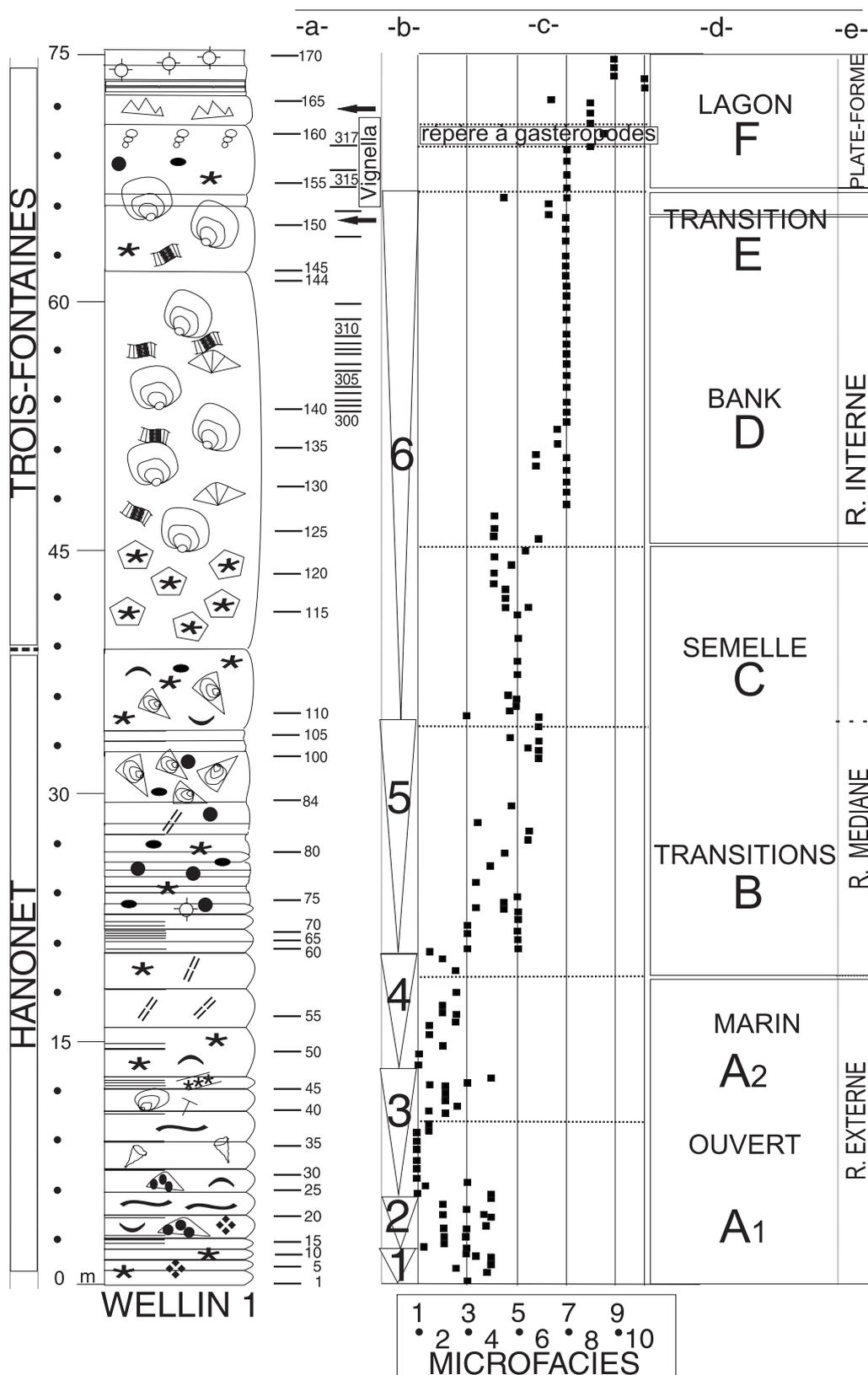


Figure 2 : Log stratigraphique de la coupe de Wellin 1 passant dans le cœur du bioherme (framestone). Colonne a = position des échantillons prélevés (pétrographie), Colonne b = ensembles de 6 paraséquences, Colonne c = séquence standard des microfaciès 1 à 10 (cf texte pour la description), Colonne d = environnements reconnus, Colonne e = système sédimentaire reconnu (R = Rampe). La position stratigraphique du nouveau genre *Vignella* est indiquée. Se reporter à la figure 4b pour la légende des symboles.

Figure 2 : Stratigraphic log of the Wellin 1 section that cuts through the bioherm core. Column a = position of the studied sample (petrography), Column b = observed six parasequences, Column c = standard sequence of microfacies 1 to 10 (see text for description), Column d = identified environments, Column e = sedimentary system (R = ramp). Stratigraphic position of the new genus *Vignella*. Symbols legend to be found in figure 4b.

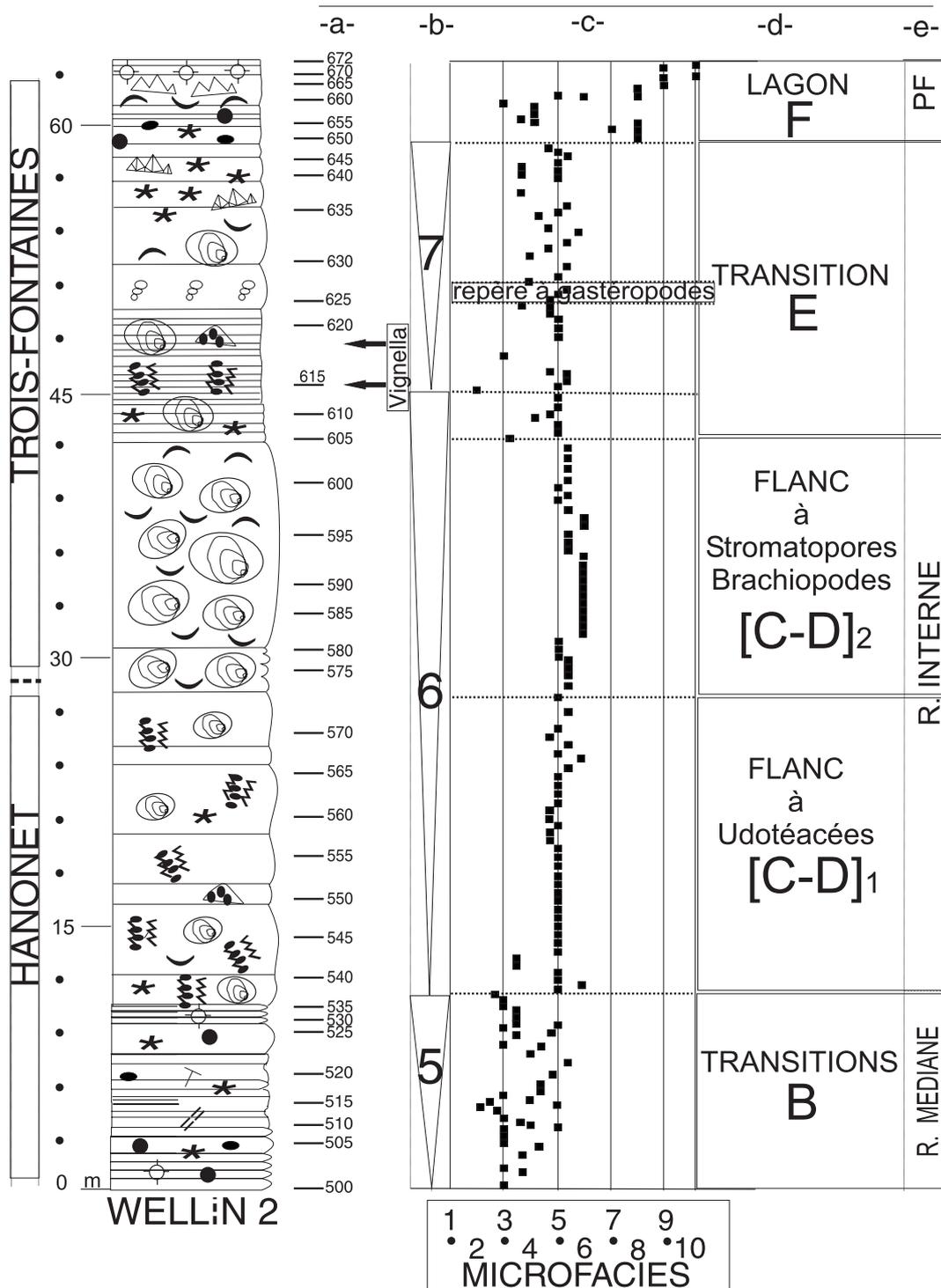


Figure 3 : Log stratigraphique de la coupe de Wellin 2 passant par les flancs associés au bioherme. Colonne a = position des échantillons prélevés (pétrographie), Colonne b = ensembles de 3 parasequences, Colonne c = séquence standard des microfaciès 1 à 10 (cf texte pour la description), Colonne d = environnements reconnus, Colonne e = système sédimentaire reconnu (R = Rampe, PF = Plate-forme). Position stratigraphique du nouveau genre *Vignella*. Se reporter à la figure 4b pour la légende des symboles.

Figure 3 : Stratigraphic log of the Wellin 2 section that cuts through the bioherm flanks. Column a = position of the studied sample (petrography), Column b = observed six parasequences, Column c = standard sequence of microfacies 1 to 10 (see text for description), Column d = identified environments, Column e = sedimentary system (R = ramp, PF = platform). Stratigraphic position of the new genus *Vignella*. Symbols legend to be found in figure 4b.

mm, Pl. 1, Fig. 3). Les Crinoïdes, de taille assez hétérogène, sont fréquemment altérés (micritisation de type 'piccotis' ou 'pitting'). La matrice micritique est riche en minces filaments irréguliers et coccoïdes submicroniques pyriteux (pyritosphères) (Pl. 5, Figs 13-19). Cette très fine pyrite s'observe également dans les plaques d'Echinodermes, dans les structures foliées des Brachiopodes ou en remplissage des zoécies des Bryozoaires. La pression-dissolution est fort marquée et accompagnée de dolomite en petits cristaux hypidiotopiques ou par des concentrations de pyrite sous forme diffuse entre les (micro)bioclastes ou les cristaux de micrite. Une caractéristique de ce microfaciès (et des microfaciès 2 et 3 décrits ci-dessous) est la présence de grains micritiques et de microbioclastes 'noircis' ('grains noirs' de 50 à 600 μm) corrodés par de la pyrite en amas irréguliers (voir 2.2. diagenèse).

MICROFACIÈS 2 ou MF2 (Pl. 1, Fig. 4): wackestones et packstones, légèrement argilo-silteux, bioturbés avec les bioclastes précédemment rapportés auxquels s'ajoutent des Tabulés, des Bryozoaires, des Girvanelles, *Sphaerocodium*, et de rares fragments de Stromatopores. Les bioclastes s'observent en minces niveaux lenticulaires. Il s'y ajoute des péloïdes irréguliers et de nombreux grains encroûtés (micritisation 'cryptalgair'). Les piquants d'Oursins deviennent abondants. Les pyritosphères et les grains noircis sont toujours bien représentés. Les processus de pression-dissolution produisent une structure pseudonodulaire développée autour des lentilles bioclastiques. Une variété de ce faciès (et du suivant) est la présence occasionnelle d'abondants *Coenites* (Tabulé) dans la partie basale de la coupe de Wellin 1. Il en résulte des coverstones typiques de la partie supérieure de la Formation de Hanonet du bord sud du bassin de Dinant (Boulvain *et al.*, 1994 ; Préat & Kasimi, 1995).

MICROFACIÈS 3 ou MF3 (Pl. 1, Figs 5-6): faux grainstones (packstones recristallisés), parfois bioturbés, à bioclastes de même type que précédemment auxquels s'ajoutent quelques fragments d'Udotéacées, des Wagonelles, des Vermiporelles et Solénoporacées mélangés à des Calcisphères, *Bisphaera* et *Cribrosphaeroides*. Les Paléosiphonocladales (surtout les Issinelles) deviennent abondantes. Les grains micritisés et les péloïdes sont plus abondants, les Girvanelles et les *Sphaerocodium* s'observent régulièrement en fragments ou en encroûtements des bioclastes (Stromatopores et Coraux). Les bioclastes, mieux classés et micritisés se présentent en niveaux plus épais (plurimillimétriques jusqu'à 1 cm) de packstones et grainstones parfois en légère stratification oblique. Les *Coenites* (cf. MF2) parfois abondants sont entiers (coverstones) ou en grands fragments (packstones). Les lamines granoclassées sont plus épaisses et parfois discontinues, lorsqu'elles sont perturbées par les figures de bioturbation. La matrice micritique est parfois recristallisée en un fin microspar homogène et/ou un microspar 'en grosses fibres' (ou 'en glaive' *sensu* Boulvain, 1993) perpendiculaires aux plus grands bioclastes des niveaux laminaires. Les grains 'noircis' et la pyrite sont toujours bien représentés de même que les processus de pression -dissolution.

Milieux marins francs à proximité ou dans la zone d'action des vagues (flanc récifal)

MICROFACIÈS 4 ou MF4 (Pl. 1 Figs 7, 8): packstones et grainstones laminaires à Crinoïdes et péloïdes (=encrinites). La stratification est oblique et entrecroisée. Les laminations, parfois d'épaisseur centimétrique, présentent de faibles variations de granulométrie se traduisant par des discontinuités. Les bioclastes subanguleux à subarrondis sont bien classés et consistent en Brachiopodes, Bryozoaires, Lamellibranches, Ostracodes et plus grands fragments de Stromatopores et de Coraux. Les Algues (Girvanelles, *Sphaerocodium*, Paléosiphonocladales, Udotéacées, ces dernières étant semblables à celles décrites dans l'Eifélien de Belgique par Mamet & Préat, 1994) sont présentes sous forme de fins débris mal conservés. Les grains noircis et la pyrite sont en nette diminution, la pyrite est observée dans la matrice des packstones sous forme de framboïdes submicroniques ou dans les joints stylolithiques. La cimentation des grainstones est bien développée sous forme de calcite syntaxiale.

MICROFACIÈS 5 ou MF5 (Pl. 2, Figs 1, 2): Il s'agit d'un des faciès le mieux représenté dans la série (cf. Figs 2 et 3). Par rapport aux microfaciès précédents, il y a une forte augmentation de la taille des grains avec une apparition massive de fragments de Stromatopores, de Coraux et d'Udotéacées (*Wagonella enigmatica*, Pl. 2, Fig. 1, et Mamet & Préat, 1994). Suivant les associations des organismes trois variétés ou lithotypes majeurs sont reconnus :

MF5a : grainstones, floatstones et rudstones laminaires à débris centimétriques à pluricentimétriques de Stromatopores et Coraux (Tabulés et Rugueux) auxquels s'associent des bioclastes de Brachiopodes, Bryozoaires, Echinodermes et des grains micritisés, péloïdes et lumps. Les débris des organismes constructeurs sont micritisés, parfois intensément bioérodés et corrodés. Les organismes présentent des encroûtements mutuels, parfois repris par des Cyanophycées avec formation d'oncoïdes ('cyanolithes'). La plupart des débris sont subarrondis, mais des fragments anguleux et moins micritisés sont aussi observés. Les Algues sont assez mal conservées (Udotéacées, Girvanelles, chaînes de *Sphaerocodium*). Les lamines sont obliques, de fortes valeurs angulaires (10 à 20°) et entrecroisées, avec variations granulométriques des éléments constitutifs entre lamines successives. Les figures de bioturbation sont absentes et la pression-dissolution se marque par des stylolithes francs. De grands cristaux idiotopiques de dolomite blanche sont présents.

MF5b : packstones, grainstones à fragments abondants d'Udotéacées (*Pseudopalaeoporella lummatonensis* (Pl. 4, Figs 21-24), *Pseudopalaeoporella cfr filosa* Pl. 4, Fig. 25), *Paralitanaita baileuxensis* (Pl. 4, Figs 19-20), *Nigrella chantaliae*) accompagnés de quelques *Wagonella enigmatica* (Pl. 2, Fig. 1 ; Pl. 4, Figs 13-17), auxquels s'ajoutent des bioclastes variés (Stromatopores, Coraux, Brachiopodes, Lamellibranches, Crinoïdes, Ostracodes), des grains micritisés, péloïdes et lumps. Les Udotéacées sont identiques à celles rapportées dans l'Eifélien de Belgique (Mamet & Préat, 1994). Les bioclastes sont assez bien classés et présentent des

laminations obliques inframillimétriques ou plus épaisses (jusqu'à 2 cm) à granuloclasement normal. Des fragments de Girvanelles, de Paléosiphonocladales, des *Bisphaera*, *Uslonia*, Calcisphères, *Wetheredella*, *Renalcis* et *Couvinianella* sont occasionnellement observés. La matrice est bioturbée et les laminations sont alors détruites.

MF5c: packstones et grainstones laminaires à Brachiopodes (dont des Stringocéphales) auxquels s'associent des Mollusques (Lamellibranches et Gastéropodes), Ostracodes et Tabulés. Les fossiles sont presque entiers et disposés en laminations planes parallèles légèrement obliques. Les variations de granulométrie sont fréquentes et le classement des grains est variable, de bon à assez mauvais. Ce faciès est facilement identifiable sur le terrain, car il forme des lumachelles épaisses d'une dizaine de centimètres à un mètre et s'observe dans la partie supérieure des deux coupes (Figs 2, 3 et 6).

MICROFACIES 6 ou MF6 (Pl. 2, Figs 3-6): packstones, floatstones et bafflestones laminaires à Tabulés, Rugueux, Stromatopores et Brachiopodes ponctués. Des Bryozoaires, Mollusques, Ostracodes, Crinoïdes et quelques Serpulidés et Algues rouges (*Pseudosolenopora*, *Poncetellina* ?) sont également observés. La pyrite sous forme framboïdale dans la matrice ou dans les 'grains noirs' ré-apparaît dans ce faciès (cfr MF1-3). Les grains micritisés sont moins abondants que précédemment à l'inverse des encroûtements mutuels entre les organismes constructeurs. Les fragments de ces derniers sont assez anguleux et centimétriques à pluricentimétriques. Les Tabulés (*Aulopora*) se présentent en buissons pluricentimétriques (bafflestones).

Milieux marins francs dans la zone d'action des vagues ('bank' récifal)

MICROFACIES 7 ou MF7 (Pl. 2, Figs 7, 8 ; Pl. 3, Figs 1, 2): rudstones et framestones à Stromatopores et Coraux (Tabulés et Rugueux) dominants et souvent jointifs. Les autres organismes, nettement subordonnés, sont représentés par des Crinoïdes micritisés, des Brachiopodes, des Bryozoaires, quelques Algues (très rares Paléoporelles, Litanaiées et *Bevocastrina*, Pl. 2, Fig. 7) et spicules d'Eponges. Ces bioclastes sont souvent corrodés. Les Stromatopores, particulièrement abondants, sont massifs, de taille décimétrique, parfois micritisés ou faiblement perforés. Dans ce cas, il y a formation de petites cavités irrégulières soit sparitisées, soit remplies de péloïdes et grains micritisés. Un ciment fibreux épais (jusqu'à 600 μm), isopaque, parfois légèrement asymétrique, est bien développé dans les framestones. Il remplit la quasi totalité de l'espace poreux intergranulaire. Ce ciment est semblable à celui décrit dans des boundstones permien du Nouveau Mexique, aux Etats-Unis (Noé, 2003). Dans les rudstones, il s'y associe un ciment calcitique drusique et syntaxial autour des Echinodermes. Ces ciments marins sont non-luminescents en cathodoluminescence. De rares zones luminescentes et ternes s'observent dans les ciments vadoses de remplissage ultime des plus grandes cavités intergranulaires. Les rudstones présentent parfois une stratification entrecroisée assez frustrée. Le

microfaciès 7 est uniquement observé dans la coupe Wellin 1.

Milieux semi-restreints et restreints lagunaires

MICROFACIES 8 ou MF8 (Pl. 3, Figs 3, 4): packstone et grainstone 'laminaires' à péloïdes, lumps, 'key vugs' et fenestrae laminoïdes (lofrites). Les bioclastes de Coraux (Tabulés), Stromatopores, Crinoïdes sont présents, de même que les Calcisphères et les Algues (*Issinella*, *Wagonella*, *Trochiliscus*, *Aphralysia*, *Ortonella*, *Bevocastrina*, voir Pl. 2, Fig. 7 et Pl. 5, Figs 1-2). Les Gastéropodes sont épisodiquement abondants et forment de minces lumachelles. La lamination est accentuée par des cavités stromatactoïdes de type 'umbrella' de longueur centimétrique (1 à 2 cm) et d'épaisseur millimétrique (1 à 1,5 mm). Quelques pseudomorphes de sulfates s'observent dans des cavités protégées. Les lamines présentent une stratification oblique ou entrecroisée mal définie et contiennent des microbrèches arrondies de taille subcentimétrique. Ces microbrèches sont constituées de packstones-grainstones péloïdiques de même type que les sédiments des lofrites.

MICROFACIES 9 ou MF9 (Pl. 3, Figs 5, 6): wackestone à Ostracodes, Calcisphères (principalement *Calcisphaera* et *Parathurammina*), Cyanophycées et *Bevocastrina*. Les spicules d'Eponges sont fréquents et associés aux tapis de Cyanophycées. Les Calcisphères sont très abondantes et rappellent le 'microfaciès 9' (ou 'calcisphérite') des milieux restreints du Givétien franco-belge (Préat & Mamet, 1989) ou du Viséen de l'Avesnois (Mamet & Préat, 2005). De plus, la microflore est bien représentée par des Issinelles, Kamaénidés, Proninelles, Labyrinthoconidés et Umbelles. Les fenestrae ou 'birdseyes' sont irréguliers et dolomités. La matrice est péloïdique et renferme de la pyrite sous forme de framboïdes submicroniques. La pression-dissolution est à l'origine de stylolithes bitumineux. Quelques pseudomorphes d'après les cristaux sulfatés sont observés.

MICROFACIES 10 ou MF10 (Pl. 3, Figs 7, 8): bindstones laminaires à tapis cryptalgaires assez semblables aux microfaciès 10 du Viséen de l'Avesnois (Mamet & Préat, 2005) et aux microfaciès 11 du Givétien franco-belge (Préat & Mamet, 1989). Quelques Algues vertes (Codiacées nodulaires, Kamaénidés) et spicules d'Eponges calcaires sont présents.

2.2. Diagenèse oxydante et sulfato-réductrice

Les deux éléments les plus marquants de la diagenèse concernent les ciments calcitiques isopaques et fibreux des rudstones-framestones du MF7 (Pl. 2, Figs 7, 8 ; Pl. 3, Figs 1, 2) et la pyrite des microfaciès 1, 2 et 3 (Pl. 5, Figs 13-20). Les ciments fibreux du MF7 sont intergranulaires, parfois intragranulaires ('boîte micritique' -fragment de Mollusque dissout à contour micritique régulier rempli par du sédiment et du ciment vadosé-, Pl. 2, Fig. 8) et les faciès qui les contiennent ne présentent pas d'indices importants de compaction mécanique. L'analyse en cathodoluminescence a montré

qu'ils sont toujours non-luminescents. Seuls les remplissages ultimes des plus grands pores contiennent de minces lisérés luminescents, parfois même ternes. Ces ciments fibreux sont donc précoces et ont rapidement occlus la porosité initiale. Leur non-luminescence suggère une diagenèse en milieu oxydant (Machel, 2000).

La pyrite est souvent abondante dans les microfaciès 1, 2 et 3 et peut y atteindre 10 en volume. Elle se présente de plusieurs manières, finement disséminée dans la matrice sous forme de framboïdes, coccoïdes, pyritosphères d'environ 5 μm de diamètre, en amas variés (10 à 30 μm) ou en filaments, de diamètres voisins d'une dizaine de microns et longs d'une centaine de microns. Ces filaments, rectilignes ou courbes, sont parfois dichotomiques et peuvent constituer des buissons (Pl. 5, Figs 14-20) ou des réseaux enchevêtrés dans la matrice. Ces différentes formes de pyrite s'observent aussi bien dans la matrice que dans les remplissages micritiques intragranulaires à savoir : dans les zoécies de Bryozoaires, dans le stéréome des Echinodermes, dans les trabécules des Coraux, dans les punctae des Brachiopodes (Pl. 2, Figs 5, 6 ; Pl. 5, Fig. 13), entre les prismes de la muraille des Lamellibranches, dans les petites cavités irrégulières de dissolution (bioérosion) des Stromatopores, dans le remplissage de la médulla des Algues (Paléosiphonocladales) et enfin sous forme d'encroûtements et de micritisation des grains. Dans ces deux derniers cas, les grains noircissent et deviennent parfois complètement opaques. Ils constituent un caractère diagnostique des microfaciès 1, 2 et 3. Des pseudomorphes de cristaux sulfatés sont associés à des filaments pyriteux sur lesquels ils ont poussé (Pl. 5, Fig. 16). De tels filaments sont également associés à des cavités de dissolution très irrégulières remplies de petits cristaux de dolomite idiotopique claire entre lesquels s'observent la pyrite. Les microfaciès 1 à 3 sont peu bioturbés. Enfin, lorsque les processus de pression-dissolution sont marqués, la pyrite se retrouve concentrée en amas allongés dans les joints stylothiques

La pyrite est donc associée à des microenvironnements, soit de manière assez homogène entre les cristaux de micrite, soit de manière plus ponctuelle à l'intérieur de cavités liées ou non à des bioperforations. Elle est aussi associée à des cavités de dissolution contenant des minéraux sulfatés ou dolomitiques isolés de la matrice micritique.

Le contexte général des microfaciès 1, 2 et 3 est celui d'une sédimentation d'une boue argilo-carbonatée en domaine marin. Les filaments pyriteux, dichotomiques ou non, sont de diamètres faibles (le plus fin observé est 3 μm) et suggèrent des bactéries sulfato-réductrices (et sulfo-oxydantes, voir ci-dessous) de type '*Desulfonema*' (diamètres voisins de 2 μm , Stainier *et al.*, 1985 ; Testke *et al.*, 1998). Elles se sont développées à proximité de l'interface eau-sédiment dans des milieux anoxiques en utilisant la matière organique. La formation de pyrite qui en résulte est connue dans des environnements anoxiques actuels et liée à l'activité de bactéries chemotrophes ou phototrophes (Munn, 2004). Une seconde caractéristique importante observée dans ces faciès est la présence de pseudomorphes de cristaux sulfatés associés à des filaments. De tels filaments peuvent s'apparenter à des bactéries chemolithotrophes sulfo-oxydantes (du groupe

des Protéobactéries actuelles) de type '*Beggiatoa*' (Fenchel & Finlay, 1995 ; Krekeler *et al.*, 1998) qui utilisent les composés soufrés pour leur métabolisme conduisant à la formation de sulfates (Munn, 2004). Lors des changements des paramètres rédox et du pH à l'échelle de ces microenvironnements (Botrell & Raiswell, 2000), les sulfates peuvent être dissous (Kasten & Jorgensen, 2000 ; Jorgensen & Nelson, 2004) et sont à l'origine des cavités de dissolution observées dans nos échantillons.

En l'absence d'identification taxonomique formelle des filaments bactériens pyriteux et pyritosphères associés, leur présence dans les faciès 1 à 3 témoigne de l'intense colonisation de la zone proche de l'interface eau-sédiment par les microbes. Le résultat final de cette activité se marque par le noircissement et/ou la dissolution des grains (biocorrosion et biodissolution) et par la formation de cristaux sulfatés (et dolomitiques ?) à l'origine de cavités irrégulières dans la micrite.

2.3. Interprétation des microfaciès et modèle sédimentaire

La séquence standard des 10 microfaciès montre le passage des milieux marins francs (MF1-3) aux milieux restreints (MF8-10) (Fig. 4). Une lentille biohermale (MF7) et ses flancs (MF4-6) situés dans des environnements d'assez forte énergie. La bioconstruction a pu rapidement constituer une barrière rigide suite au développement d'une cimentation marine précoce. Par après, les milieux lagunaires probablement associés à la barrière hypothétique mentionnée dans l'introduction se développeront durant une grande partie du Givétien.

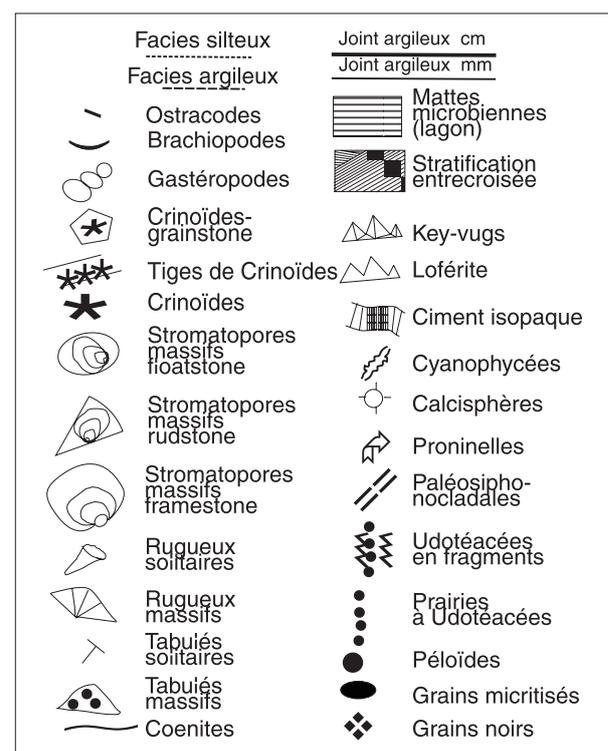


Figure 4b : Légende des figures - legend of figures.

MICROFACIES		DESCRIPTION	INTERPRETATION		
10		bindstone à mattes crypt-algaires (Cyanophytes) dolomite-dessiccation	SUBTIDAL	Z EUPHOTIQUE	PLATIER ALGAIRES
9		wackestone à Ostracodes, Calcisphères abondantes, Proninelles et Labyrinthoceras			LAGON RESTREINT
8		packstone-grainstone à péloïdes fenestrae (lofélite) et 'key-vugs'			LAGON SEMI-RESTREINT
7		framestone à Stromatopores, Coraux et cimentation fibreuse			BARRIERE CIMENTEE
6		floatstone-bafflestone laminaire à Tabulés, Stromatopores et abondants Brachiopodes			BARRIERE DEMANTELEE
5		-grainstone-rudstone laminaire Stromatopores et Coraux -packstone à Udoteacées			FLANCS
4		grainstone laminaire à Crinoïdes et péloïdes			SEMELLE
3		packstone à Crinoïdes, grains micritisés, péloïdes et Paléobèreselles +Tp			AVANT-BARRIERE
2		wackestone-packstone Crinoïdes, Oursins, Coraux (Girvanella, Sphaerocodium) +Ti			MER OUVERTE
1		mudstone-wackestone argilo-silteux grains noircis, Tentaculidés +Td			ZAT

Figure 4a : Séquence de 10 microfaciès à Wellin. ZAT = zone d'action des tempêtes, ZAV = zone d'action des vagues de beaux-temps. Z DYSPPH = zone dysphotique et limite entre Z dysphotique et Z euphotique. La régression passe d'un milieu subtidal à intertidal et finalement supratidal. Tp = tempestite proximale, Ti = tempestite intermédiaire, Td = tempestite distale (se reporter au texte). Légende des symboles voir Fig. 4b.

Figure 4a : Succession of 10 microfacies observed at Wellin. ZAT is the normal storm wave base. ZAV is the normal or fair-weather wave base, Z DYSPPH = dysphotic zone. Tp = proximal tempestite, Ti = intermediate tempestite, Td = distal tempestite (see text). Symbols legend to be found in figure 4b.

Les caractéristiques majeures du système sédimentaire sont établies à partir de l'interprétation des microfaciès, dont les éléments les plus importants sont repris ci-dessous :

Les microfaciès 1, 2 et 3 représentent le domaine marin le plus ouvert: les bioclastes sont variés, dominés par les Echinodermes, les Brachiopodes et les Bryozoaires. La microflore algale (Paléosiphonocladales) est assez bien représentée dès le MF2, mais les Cyanophycées (*Girvanella*, Pl. 5, Fig. 12) le sont moins. Le milieu est assez calme comme l'indique la matrice micritique légèrement argileuse (MF1-2). Les processus de décantation sont la règle. Les bioclastes présentent des indices de transport (altération en piccotis, disposition en laminations obliques, granuloclasses) et ne sont donc pas en place. L'épaisseur des laminations, encore

reconnaissables malgré l'intensité de la bioturbation, suggère des tempestites distales pour les plus minces ou intermédiaires et proximales pour les autres (*sensu* Aigner, 1985). Ces tempestites sont assez semblables à celles décrites dans le Carbonifère d'Algérie (Sebbar *et al.*, 2000), de France et de Belgique (Mamet & Préat, 2003). La microflore algale, peu remaniée, indique la zone euphotique (Mamet, 1991) pour les microfaciès 2 et 3 où abondent les Paléosiphonocladales. Le milieu est donc situé à proximité de la base de la zone d'action des tempêtes (ZAT) pour le MF1, juste au-dessus pour le MF2 et dans cette zone pour le MF3 comme l'indiquent les tempestites les plus épaisses et les granuloclasses. De tels niveaux de tempestites sont communs dans les couches de transition E-G du bassin de Dinant (Préat & Kasimi, 1995). Par contre, c'est la première fois qu'autant

de grains 'noircis' par une fine pyrite micronique sont observés. Cette pyrite est probablement liée à une diagenèse précoce post-sédimentaire en milieu anoxique dès les premières phases d'enfouissement du sédiment (Mamet & Prétat, 2004). Des filaments pyriteux semblables à ceux décrits ici ont été illustrés au niveau de la limite D-C dans des faciès semblables du bord nord-oriental du bassin de Dinant (Casier *et al.*, 2005) et dans des faciès beaucoup plus profonds (hémipélagiques) en Montagne Noire (Casier *et al.*, 2001);

Les microfaciès 4, 5 et 6 représentent des environnements d'énergie modérée à forte, dans la zone d'action des vagues comme l'indiquent les stratifications obliques ou entrecroisées, les discontinuités érosives et le bon classement des grains. La cimentation syntaxiale développée dans les encrinites du microfaciès 4 a contribué à stabiliser le fond en formant un substrat rapidement lithifié. La 'semelle crinoïdique' ainsi constituée a pu être colonisée par les larves des principaux constructeurs qui ont édifié un bioherme (MF7) totalisant quelques dizaines de mètres de puissance. Cette lentille devait être entourée de prairies à Udotéacées dont la destruction a alimenté les flancs (flanc visible de la coupe Wellin 2). Le flanc étudié s'est constitué en deux phases majeures d'accrétion : sa partie inférieure est constituée d'un mélange de fragments d'Udotéacées et

de Stromatopores (MF5), sa partie supérieure voit la colonisation du milieu par les Brachiopodes, ces derniers se développant au milieu des Stromatopores (MF6). L'analyse des épaisseurs des faciès entre les deux coupes (Wellin 1 et 2) séparées d'une centaine de mètres montre, non seulement que le remplissage des flancs suivait l'édification de la lentille, mais également que le passage aux milieux semi-restreints et restreints a été quasi instantané au-dessus du récif avec présence de loférites dans la coupe de Wellin 1 passant aux 'key-vugs' dans la coupe de Wellin 2. Ces derniers appartiennent à des sédiments contenant des microbrèches de loférites ;

Le microfaciès 7 représente l'édification d'une charpente proprement dite. Les Stromatopores y sont dominants et souvent jointifs. Le bioherme a pu se maintenir en place sur près d'une trentaine de mètres de puissance grâce à une cimentation fibreuse marine. L'édifice s'est constitué à partir d'un substrat encrinitique stabilisé par cimentation syntaxiale. Une première phase d'édification récifale a probablement avorté comme en témoigne les quelques rudstones à Stromatopores situés sous la semelle crinoïdique (coupe Wellin 1, de 30 à 36 m);

Les microfaciès 8 à 10 correspondent à un changement faunique et floristique majeur : les Ostracodes, Calcisphères, Codiacées nodulaires et

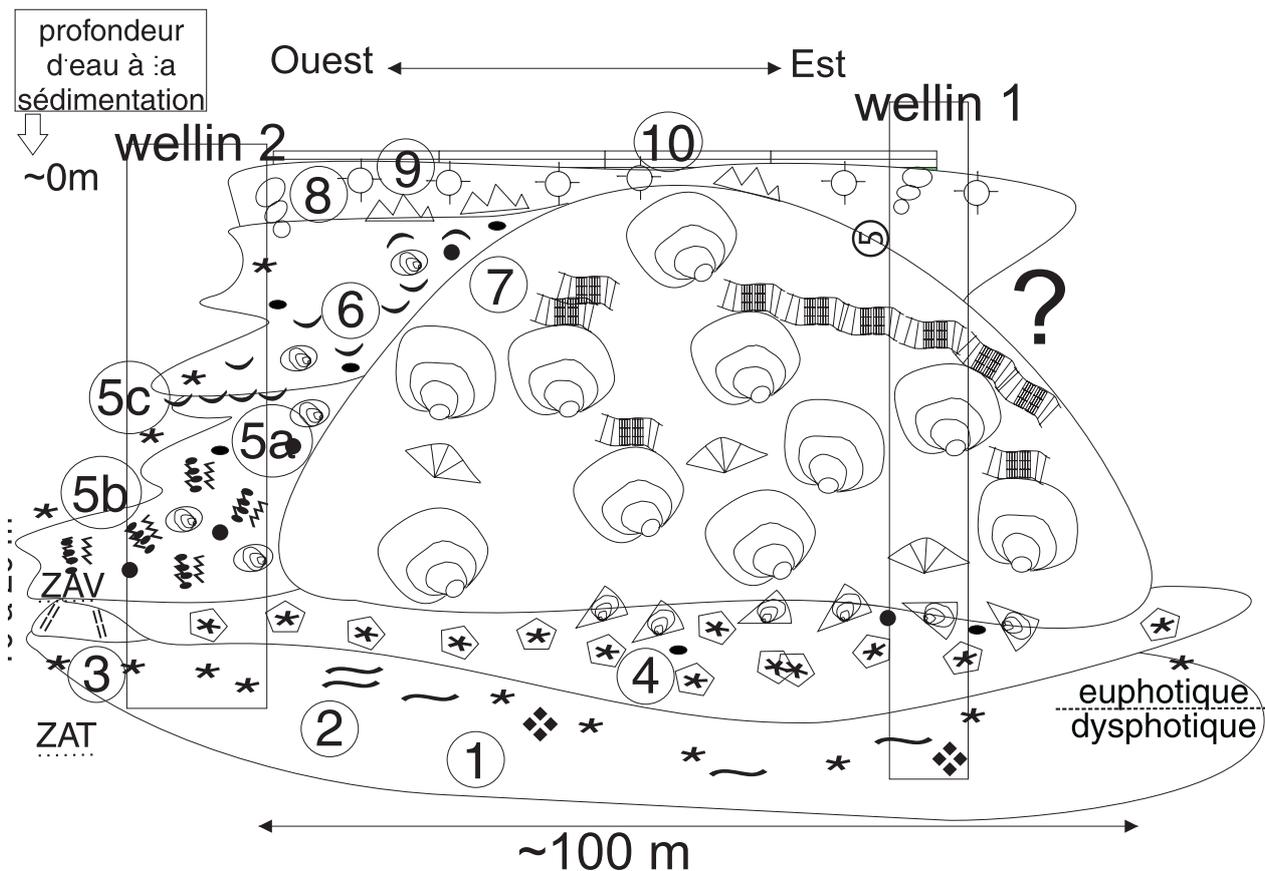


Figure 5 : Modèle sédimentaire de la lentille biohermale. Position des deux coupes, Wellin 1 passant par le cœur, Wellin 2 passant par les flancs. ZAT = zone d'action des tempêtes, ZAV = zone d'action des vagues de beau-temps. Les chiffres circlés sont les 10 microfaciès de la figure 4a. Pour le détail des microfaciès 5, se reporter au texte. Le sommet de la coupe Wellin 1 étant mal exposé est indiqué par un point d'interrogation. Se reporter à la figure 4b pour la légende des symboles.

Figure 5 : Sedimentary model of the biohermal lens. Position of the two sections, Wellin 1 cutting through the core of the lens, Wellin 2 through the flanks. ZAV is the normal fair-weather wave base. Circled numbers are the 10 microfacies of figure 4a. Microfacies 5 are detailed in the text. The top of Wellin 1 being poorly is indicated by a question mark. Symbols legend to be found in figure 4b.

Cyanophycées deviennent prépondérants. Ils s'observent au-dessus de la lentille et de ses flancs. Les organismes du milieu marin ouvert ne s'observent plus qu'exceptionnellement dans le MF8 dans de minces niveaux à la faveur de périodes de plus forte énergie (marées ou houles exceptionnelles). Le milieu restreint est typique des faciès lagunaires de la Formation de Trois-Fontaines du bord sud du bassin de Dinant (Préat & Mamet, 1989). Quelques rares cristaux d'évaporites précipitent dans des cavités protégées.

Le modèle sédimentaire (Fig. 5) est celui d'une rampe mixte silico-carbonatée évoluant en une plateforme carbonatée. Cette transition est bien connue dans le bassin de Dinant (Kasimi & Préat, 1996) où cette transition est diachronique (Préat, 2004). Cette évolution régressive dans l'ensemble du bassin franco-belge montre le passage des environnements marins ouverts francs (Formation de Hanonet) aux milieux restreints proches de l'émersion (base de la Formation de Trois-Fontaines). La succession des faciès à Wellin permet de subdiviser la rampe en trois parties (externe, médiane et interne), la bioconstruction se mettant en place dans la partie interne. Il est important de souligner que cette lentille, qui faisait partie d'un système de lentilles à Wellin, ne se poursuit pas latéralement. A Resteigne, situé à seulement 5 km à l'Est, il lui correspond un niveau biostromal ('premier biostrome' *sensu* Préat *et al.*, 1984) constitué de floatstones et rudstones de démantèlement d'édifices bioconstruits. Ces épisodes de démantèlement sont entrecoupés de périodes plus calmes favorables au développement de buissons de Tabulés (Tourneur, 1985) ou de 'phylloïdes' (*Resteignella*, Mamet & Préat, 1983). Il est probable que les édifices récifaux situés à Resteigne n'ont pas été cimentés comme

à Wellin et ont été remaniés sur place.

3. Logs stratigraphiques et découpage en niveaux

Les deux coupes (Wellin 1 et 2, Figs 2 et 3) peuvent se subdiviser en une succession de 6 niveaux sédimentologiques caractérisés par des faciès et des associations particulières de micro- et macroorganismes.

Niveau A (A1 et A2) ou 'marin ouvert', coupe de Wellin 1 de 0 à 22 m : d'abord (niveau 1a, jusqu'à 7m) faciès de mer ouverte dans le domaine de rampe externe. Mudstones-packstones bioclastiques à grains pyritisés, *Tentaculites* remaniés, grands mélanges d'apports. Ce niveau représente les faciès les plus profonds de la coupe (base de la ZAT), ensuite (niveau A2, jusqu'à 22 m) platiers remaniés de Paléobéreselles naines (Issinelles minuscules, *Issinella sainsii*, *Issinella devonica* (Pl. 5, Figs 3-5), *Kamaena tatarstanica*, *Kamaena delicata*, *Vasicekia*) et rares *Bisphaera*;

Niveau B ou 'transitions', coupe de Wellin 1 de 22 à 34 m, Wellin 2 de 0 à 11. A Wellin 1, faciès à *Bisphaera* avec quelques Solénopores, Pseudopaléoporelles, rares Udotéacées, et faciès à lumps, *Parathuraminna*, *Uslonia*, rares Girvanelles et *Nanicella*. Notons que les Foraminifères sont très rares dans tous les faciès. A Wellin 2, prairies à Udotéacées avec abondants débris de *Pseudopalaeoporella lummatonensis*, *Pseudopalaeoporella cfr filosa*, *Palaeomicrocodium devonicum* (Pl. 4, Fig. 12), *Paralitanania baileuxensis*, *Nigrella chantaliae*, *Wagonella enigmatica*, *Sphaerocodium*, *Bisphaera*,

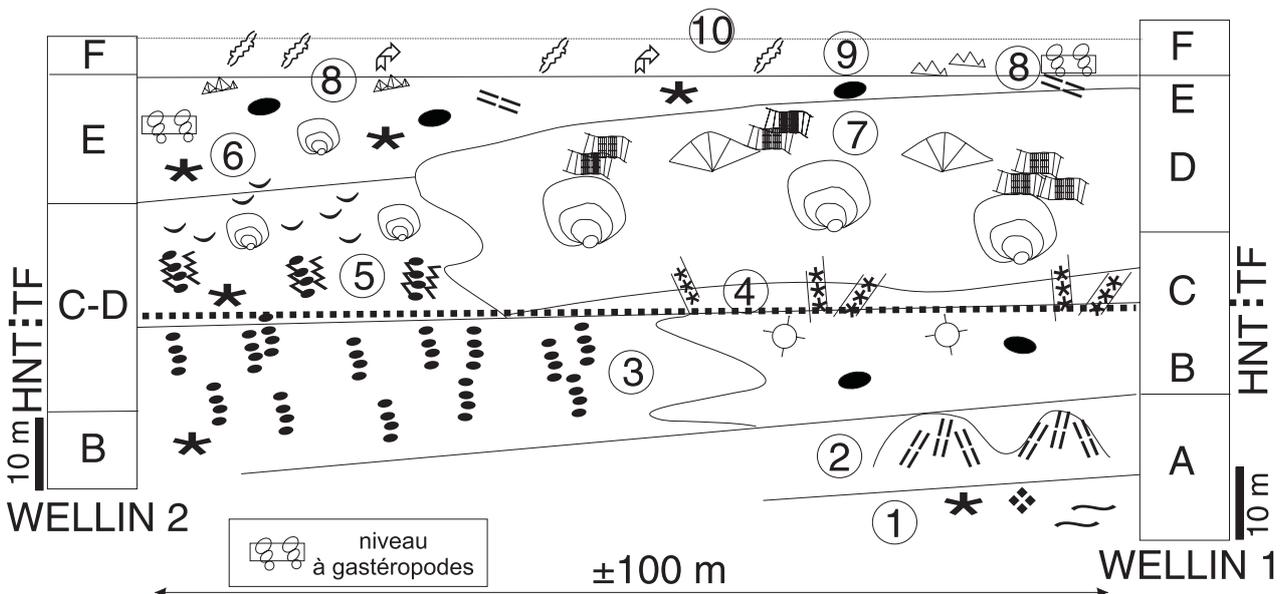


Figure 6 : Diagramme de corrélation lithostratigraphique des deux coupes. Les lettres majuscules correspondent aux environnements mentionnés aux figures 2 et 3. Les chiffres cirés sont les 10 microfaciès de la figure 4a. Abréviations : HNT = Formation de Hanonet, TF = Formation de Trois-Fontaines. La limite entre ces deux formations est placée arbitrairement à la base de la semelle et de ses faciès latéraux. Se reporter à la figure 4b pour la légende des symboles.

Figure 6 : Lithostratigraphic correlation of the two sections. Block letters correspond to environments mentioned in figures 2 and 3. Circled numbers are the 10 microfacies of figure 4a. HNT = Hanonet Formation, TF = Trois-Fontaines Formation. The limit between the two formations is arbitrarily placed at the base of the sole and its lateral equivalents. Symbols legend to be found in figure 4b.

Uslonia, Calcisphères. Rares *Renalcis* et rares Girvanelles. Le niveau B correspond aux environnements de rampe médiane et renferment surtout des packstones et des grainstones;

Niveau C ou 'semelle' à Wellin 1, de 34 à 39 m : 'semelle crinoïdique' ou 'sables et graviers (grainstones et rudstones) de bioclastes, de microbrèches, de fragments de Coraux et Stromatopores. Les Crinoïdes sont dominants. Ce niveau n'a pas d'équivalent latéral strict à Wellin 2 (voir ci-dessous et Figs 3 et 6). La semelle constituée de packstones et grainstones, à éléments (péloïdes et Crinoïdes) bien classés marque le début de la rampe interne affectée par la ZAV (stratifications obliques et entrecroisées);

Niveau D ou 'bank' à Wellin 1, de 45 à 62 m : lentille biohermale proprement dite ou framestones à Stromatopores massifs et Coraux (Tabulés surtout) cimentés par une calcite marine en palissades formant des couches isopaques à contacts polygonaux. Des microcavités remplies de bioclastes d'Echinodermes et de lumps sont parfois présentes entre les constructeurs. Il n'y a pas d'encroûtements algaires (*Sphaerocodium*) et les Paléoporelles sont très rares. L'édifice s'est construit en domaine de rampe interne dans la ZAV, les constructeurs présentent de nombreuses relations d'encroûtements mutuels;

Niveau [C-D]₁ et [C-D]₂ ou 'flancs à Wellin 2, de 11 à 42 m : les flancs de la lentille (ou du 'bank') montrent la succession de prairies à Udotéacées [C-D]₁ et de vasières à Brachiopodes ponctués [C-D]₂. Les flancs à Udotéacées renferment d'abondants débris ou thalles complets de *Pseudopalaeoporella lummatonensis*, *Pseudopalaeoporella filosa*, *Paralitanaia*, *Nigrella chantaliae*, *Wagonella enigmatica* (Pl. 4, Figs 13-17), des Solénopores (*Solenopora*, *Pseudosolenopora* –Pl. 5, Figs 6-7), des Girvanelles et de petits amas de *Wetheredella* et *Sphaerocodium*. Les flancs à Brachiopodes et Stromatopores [C-D]₂ contiennent quelques Serpules, Algues rouges (*Pseudosolenopora*) et *Poncetellina*?. Les Udotéacées sont rares (surtout *Pseudopalaeoporella lummatonensis*). Les flancs, en partie alimentés par l'édifice du niveau 4, sont constitués par le démantèlement sur place des prairies et communautés benthiques qui s'y développaient. L'absence de cimentation importante, d'encroûtements algaires importants et l'action des vagues a permis un démantèlement rapide;

Niveau E ou 'transition' à Wellin 1, de 62 à 67m ; et à Wellin 2 de 42 à 57 m : faciès de transition progressive des environnements péri-récifaux vers les milieux lagunaires qui leur sont postérieurs. Les premiers consistent en packstones-floatstones à bioclastes et microbioclastes fortement dissous ('blister dissolution') de Brachiopodes, Mollusques, Bryozoaires et Coraux auxquels s'ajoutent une microflore riche en Issinelles, *Kamaena* (Pl. 5, Fig. 8) et de gros encroûtements d'*Aphralysia carbonaria* et de *Bevocastria*. Des niveaux riches en Udotéacées (*Pseudopalaeoporella lummatonensis*, *Pseudopalaeoporella filosa*, *Nigrella chantaliae*, Lanciculées, *Vermiporella*, *Trochiliscus*, *Vignella* n. gen.) sont présents à la base de cet intervalle. Les faciès semi-restreints consistent en wackestones, parfois packstones, à *Wetheredella*, *Bisphaera*, Calcisphères, rares *Sphaerocodium* (Pl. 5, Figs 9-10) et

Issinelles mélangés à quelques fragments d'Echinodermes, de Brachiopodes et de Mollusques. Les premiers fenestrae apparaissent avec ces faciès de même que les premiers 'key-vugs' dans les grainstones. En particulier, un niveau constitué d'une lofélite à Gastéropodes et *Wagonella enigmatica* est facilement identifiable sur le terrain (Figs 2, 3 et 6). Il souligne l'importance des processus de progradation conduisant déjà à l'échelle latérale d'une centaine de mètres à d'importantes variations d'épaisseur ;

Niveau F ou 'lagon' à Wellin 1, de 67 m au sommet de la coupe, à Wellin 2, de 57 m au sommet de la coupe : Loférites à Calcisphères, Proninelles, *Labyrinthoonus clausmuelleri* (Pl. 4, Fig. 18), Umbelles, *Bevocastria* et birdseyes dolomités. Le domaine lagunaire s'installe sur une plate-forme carbonatée givétienne qui sera envoyée au Frasnien (Préat & Mamet, 1989 ; Préat, 2004).

4. Analyse séquentielle

4.1. Evolution générale

Les figures 2 et 3 synthétisent les données de terrain, enregistrent l'évolution de la sédimentation et donnent une interprétation en terme de paléoenvironnements. En l'absence de données biostratigraphiques fiables (Préat & Tourneur, 1991), le passage de la Formation de Hanonet à la Formation de Trois-Fontaines est placé ici conventionnellement à la base de la lentille biohermale, considérée comme un équivalent du 'premier biostrome'. C'est cette limite qui est cartographiée sur la nouvelle carte géologique de Wallonie, Olloy/sur/Viroin-Treignes 58/5-6, 1/25000è (Dumoulin & Coen, 2005). La coupe de Wellin 1 montre la succession de 6 domaines principaux ou niveau (cf. section 3) depuis les milieux marins ouverts francs sous la ZAT (A1 et A2, Fig. 1) ou à proximité de la ZAV (B et C) à l'édifice récifal sensu stricto (D). Le milieu devient ensuite semi-restreint (E) et passe au lagon restreint (F). Ce passage marque aussi la transition d'un système de rampe mixte à une plate-forme carbonatée restreinte. La succession des environnements dans la coupe de Wellin 2 montre que cette dernière est caractéristique des flancs de la lentille : l'édifice récifal et sa semelle crinoïdique sont remplacés par des environnements de prairies à Udotéacées ([C-D]₁) associés à des Stromatopores et Brachiopodes ([C-D]₂). La succession générale est la même que celle observée dans la coupe de Wellin 1. La corrélation entre les deux coupes est établie facilement sur base des faciès et du contenu en organismes de la lentille (Fig. 6).

4.2. 'Cyclicité' (5^{ème} et 4^{ème} ordres) et stratonomie

D'un point de vue stratonomique, les deux coupes présentent une succession de 'paraséquences' de 5^{ème} ordre ou 'séquences' amalgamées métriques à pluridécamétriques, strato- et granocroissantes. Une limite de cycle à la plus petite échelle qui soit, c'est-à-dire à l'échelle des 'paraséquences élémentaires de 5^{ème} ordre' (Van Wagoner *et al.*, 1987; Vail *et al.*, 1991) est placée conventionnellement à chaque ouverture marine observée. Ces ouvertures ont valeur de petites surfaces

de transgression et se marquent dans l'évolution des environnements 'par à un retour à gauche' des microfaciès dans la séquence standard (Figs 2 et 3). L'évolution reportée ci-dessus ne concerne que le système de rampe mixte, la sédimentation lagunaire de la plate-forme givétienne ayant déjà fait l'objet d'une synthèse (Préat & Mamet, 1989; Préat, 2004). Les séquences élémentaires sont bien définies dans la coupe de Wellin 1 où elles sont notées de 1 à 6 (Fig. 2). La correspondance avec celles de Wellin 2 est établie sur base des variations latérales des principaux paléoenvironnements. La corrélation des faciès de ces deux coupes montre que les variations d'épaisseur de ces 'séquences' sont déjà importantes à l'échelle latérale d'une centaine de mètres (cf. par exemple le 'niveau à Gastéropodes' des Figs 2, 3 et 6).

Les paraséquences élémentaires de 5^{ème} ordre observées dans le système de rampe se ramènent à deux types:

- environnements marins ouverts et de transition : les paraséquences sont métriques à décimétriques et traduisent une diminution relative du niveau marin depuis les milieux ouverts dysphotiques calmes situés juste sous la ZAV (MF1) jusqu'aux milieux ouverts d'énergie modérée situés à proximité immédiate des flancs de la lentille (MF5) et de la ZAV. Les 5 paraséquences se regroupent facilement en un ensemble strato- et granocroissant de paraséquences (4^{ème} ordre) indiquant également des processus de progradation sensu stricto. A plus petite échelle, les paraséquences élémentaires présentent des évolutions mineures irrégulières traduisant des variations du degré d'énergie. La base de la coupe de Wellin 2 ne contient aucun faciès de mer ouverte franche et est équivalente à la paraséquence 5 de la coupe de Wellin 1. La fluctuation d'énergie y est très semblable comme le suggère les variations de la courbe lithologique dans des faciès identiques (Fig. 3). Deux paraséquences de même type (n° 7 et 8) assurent la transition 'récif'-lagon dans la coupe de Wellin 2,

- environnements marins ouverts récifaux ('bank' et flancs) : les paraséquences élémentaires 6 des deux coupes sont des 'monoséquences' centrées sur les microfaciès 5 et 6. Le milieu est marin ouvert de forte énergie, les organismes étant en place et peu altérés lorsqu'ils ont été rapidement cimentés ou sont partiellement détruits et remaniés dans le cas contraire. Ils sont alors mélangés aux communautés (Udotéacées et Brachiopodes) occupant les flancs. Cette 'séquence 6' représente l'accumulation des bioconstructeurs dans un domaine peu profond de forte énergie (ZAV). Par son épaisseur et sa granocroissance, cette séquence amplifie les processus de progradation caractéristiques du premier ensemble de paraséquences sous-jacent. La passage au milieu lagunaires est direct dans la coupe de Wellin 1 où la lentille était précocement cimentée, alors qu'il lui correspond une zone de transition dans la coupe de Wellin 2 présentant des flancs moins indurés.

Enfin le milieu devient rapidement restreint et les 'beachrocks' et loférités traduisent le passage à la sédimentation lagunaire typique de la plate-forme givétienne.

4.3. Cortèges sédimentaires (3^{ème} ordre)

La courbe lithologique indique une diminution relative et continue du niveau marin depuis les faciès ouverts les plus profonds de la Formation de Hanonet, situés juste sous la base de la ZAT 'moyenne' (une à deux dizaines de mètres de profondeur) jusqu'aux faciès intertidaux et supratidaux ('beachrocks' et loférités) de la Formation de Trois-Fontaines (tendance à l'émersion). Cette évolution suggère qu'un prisme de bas niveau marin se met en place au Givétien inférieur. Les faciès remaniés des flancs soulignent cette évolution régressive au cours de laquelle un étalement des faciès latéraux a lieu et comble continuellement l'espace d'accommodation disponible. Il en résulte une géométrie 'tabulaire' où l'épaisseur des flancs est égale à celle de la lentille proprement dite. L'absence de niveaux importants de microbrèches, de conglomérats, de 'ciments' remaniés ou de diagenèse vadose suggère que la baisse eustatique n'a pas été pas brutale.

5. Paléocéologie

5.1. Assemblages de communautés dans le complexe biohermal

Plusieurs classifications de bioconstructions ont récemment été proposées, notamment par Riding (1990, 2000, 2004), Gerhard (1991), James & Bourque (1992), Flügel (1994) et Kershaw (1994). La lentille récifale de Wellin se rattache aux 'skeletal cement reefs' définis par Riding (1990). Ces récifs sont situés à proximité de la bordure de plate-forme et présentent une zonation verticale et horizontale bien tranchée. L'examen des relations latérales des différentes unités de la bioconstruction permet de reconstituer les différentes communautés (Fagerstrom, 1987; Noé, 2003). En suivant une présentation semblable à celle de Noé (2003), les différentes communautés de Wellin sont résumées aux tableaux 1a et 1b.

5.2. Moteur de la sédimentation

L'analyse paléocéologique a montré que la transition entre les zones dysphotique et euphotique se place au niveau des microfaciès 1 et 2. Pour rappel le maximum de profondeur connu actuellement pour la zone euphotique est d'environ 35 m aux tropiques (Budd & Perkins, 1980; Perry & MacDonald, 2002). Cette profondeur maximale, correspondant à la limite de filtration d'une partie de la lumière ne permet pas la photosynthèse, cette dernière devenant déjà fort limitée dès 10 à 20 m (Vogel *et al.*, 2000; Perry & MacDonald, 2002). Celle-ci exige un minimum de flux de lumière qui permet la prolifération des cyanobactéries (De Wit *et al.*, 2004). Cette valeur maximale (de 35 m) diminue rapidement vers les hautes et les basses latitudes (zone équatoriale dans le dernier cas). De plus pour une même latitude cette profondeur diminue fortement en fonction du degré de turbidité lié à la présence d'argiles ou de matière organique.

La lentille biohermale de Wellin renferme de nombreuses Algues vertes (capables de produire du carbonate de Ca) et des cyanobactéries (tableau 1b). Ces

<u>SEMELLE</u>	<u>CONSTRUCTION</u>	<u>FLANCS</u>	<u>SEMI-LAGON/ LAGON</u>
STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS			
Sphinctozoaires			
Filtration, rares	non observé	Filtration, présents	Filtration, abondants
Bryozoaires			
Encroûtements, Construction, présents	non observé	Encroûtements, Filtration, abondants	non observé
Trilobites			
Occupation+bioturbation, présents	non observé	Occupation+Bioturbation, présents	non observé
Serpules			
non observé	non observé	Encroûtement, présent	non observé
Crinoïdes			
Filtration+Production de grains, très abondants	Grains, présents	Filtration, abondants	non observé
Brachiopodes			
Occupation, rares	Occupation, rares	Occupation, abondants	Occupation, très rares
Mollusques			
Occupation, rares	non observé	Occupation, abondants	Occupation, présents
Ostracodes			
Occupation, présents	non observé	Occupation, présents	Occupation, Filtration abondants
Foraminifères			
non observé	non observé	Occupation, très rares	non observé
Coraux			
Occupation, rares	Occupation+Construction, abondants	Occupation, abondants	non observé
Stromatopores			
non observé	Construction+Encroûtement très abondants	Encroûtements, abondants	non observé

Tableau 1a : Composition des communautés du complexe biohermal et de sa couverture lagunaire (organismes non algaires).
 Table 1a : Community structures of the biohermal complex and its lagoonal cover (non algal organisms).

<u>SEMELLE</u>	<u>CONSTRUCTION</u>	<u>FLANCS</u>	<u>SEMI-LAGON/ LAGON</u>
STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS			
Cyanobactéries			
Encroûtements Micritisation, rares	Encroûtements, Micritisation, rares	Encroûtements et Grains, abondants	Tapis, Encroûtements, Micritisation, très abondants
Pseudodontacées			
Encroûtements, rares	non observé	Encroûtements, abondants	Encroûtements, abondants
Udotacées			
Encroûtements et Grains, rares	rares	Encroûtements et Grains, très abondants	Grains, présents
Dasycladacées			
non observé	non observé	Grains, rares	non observé
Calciphères			
Flotteurs (kystes), rares	Flotteurs (kystes), très rares	Flotteurs (kystes), présents	Flotteurs (kystes), très abondants
Solénoporacées			
Occupation, rares	non observé	Occupation, rares	non observé
Sphaerocodiées			
Occupation, rares	non observé	Occupation, rares à présents	non observé

Tableau 1b : Composition des communautés algaires du complexe biohermal et de sa couverture lagunaire (organismes algaires).
 Table 1b : Algal community structures of the biohermal complex and its lagoonal cover (algal organisms).

Algues ne peuvent donc proliférer et produire de manière importante par photosynthèse des carbonates au-delà d'une vingtaine de mètres de profondeur, bathymétrie qui correspond à la base de la lentille où elles sont déjà abondantes. L'ensemble de la série caractérisant le complexe biohermal est épais d'environ 90 m et a enregistré une compaction assez forte des faciès encadrant le cœur même du bioherme : les microfaciès 1 à 5 qui appartiennent au domaine marin ouvert et aux zones de transition présentent de forts indices de pression-dissolution de la matrice micritique suggérant une importante réduction de l'épaisseur originelle. Seule la partie construite (framestone) de la lentille ne présente pas d'indices de compaction mécanique ou chimique prononcés suite à une cimentation précoce.

L'évolution de la sédimentation est régressive et un 'paléo-zéro' bathymétrique est atteint à la cote de 70 m au-dessus du framestone dans la coupe de Wellin 1. La profondeur du milieu reste très faible ensuite et les laminites cryptalgaires traduisent des environnements supratidaux marquant le passage au domaine lagunaire qui persiste durant tout le Givétien (Préat & Mamet, 1989). La coupe de Wellin 1, dans le cœur du bioherme, montre que la série est actuellement épaisse d'au moins 70 m, probablement originellement plus en raison de la compaction des microfaciès 1 à 5. La régression n'a pas dû excéder 20 m au maximum en prenant cette valeur comme profondeur probable de la zone euphotique et du flux de lumière. La sédimentation qui correspond à cette évolution est donc environ 4 fois plus importante indiquant un contrôle majeur de la subsidence sur la sédimentation. L'eustatisme ne peut donc être le moteur unique de la sédimentation ce qui pourrait expliquer les difficultés de corrélation de cette série au voisinage de la transition Eifélien-Givétien dans l'ensemble du bassin de Dinant (Kasimi & Préat, 1996). Cette évolution du niveau marin s'inscrit dans un cadre plus général de baisse eustatique à la transition E-G des bassins de Dinant et d'Avesnes (Boulvain *et al.*, 1994, Kasimi & Préat, 1996 ; Préat, 2004).

6. Taxonomie

Nous nous limiterons ici à une description d'une nouvelle Algue. L'essentiel de la microflore a déjà été illustré dans Mamet & Préat (1992, 1994).

Algues vertes
Dasycladales
Vignella n. gen.
Planche 4, Figs 1-10

Derivatio nominis : Du lieu-dit 'Aux Vignes', d'où provient le matériel-type.

Type du genre : *Vignella nilsii*, monotypique, illustrée à la planche 4, Figs 1-10, holotype Fig. 7.

Description : Une dasycladale verticillée importante composée d'une succession d'articles grossièrement cylindriques à sphériques. Médulla importante occupant la moitié du thalle. Cortex radialement perforé par un nombre élevé de branches. Elles débutent par un pédoncule court, suivi par un vestibule ovale, puis une succession dichotomique de branches tertiaires et quaternaires avec constriction et replis. Un épiderme final est parfois présent (Pl. 4, Fig. 7).

Comparaison : En section axiale, *Vignella* rappelle

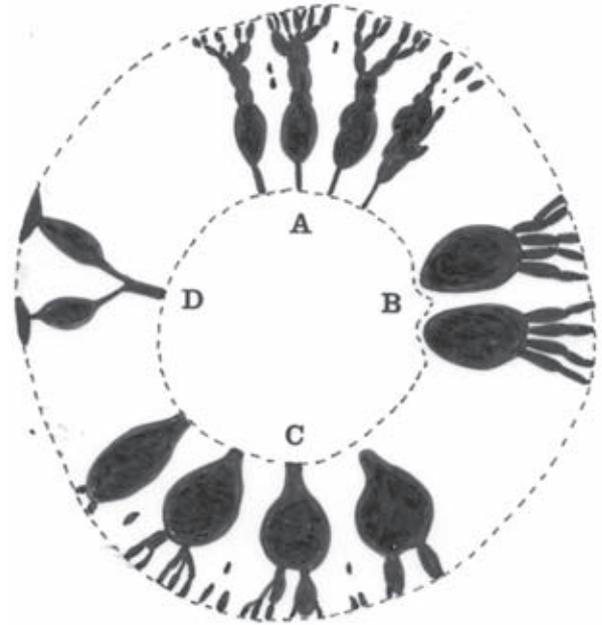


Figure 7 : Comparaison entre les genres A. *Vignella* n. gen. (Dévonien), B. *Scribroporella* Spriesterbach 1931 (Dévonien), C. *Hoeegenites* Nitecki et Spjeldnaes 1989 (Ordovicien) et D. *Ligeripora* Vachard 1993 (Dévonien). Les échelles ne sont pas respectées.

Figure 7 : Comparison between the four genera A. *Vignella* n. gen. (Devonian), B. *Scribroporella* Spriesterbach 1931 (Devonian), C. *Hoeegenites* Nitecki and Spjeldnaes 1989 (Ordovician) and D. *Ligeripora* Vachard 1993 (Devonian). Scales are not respected.

Hoeegenites Nitecki et Spjeldnaes 1989. Elle en diffère par l'existence de verticilles et par la complication de la dichotomie des 3^e et 4^e ordres (voir Fig. 7). Pour mémoire, comparez également à *Scribroporella* Spriesterbach 1931 qui est voisine des formes ordoviciennes et *Ligeripora* Vachard, 1993. *Remarque* : Le thalle est souvent complètement dissout et préservé sous forme d'un anneau de calcite avec des fantômes de pores radiaires (voir Pl. 4, Figs 9-10).

Position stratigraphique : Actuellement restreint à la base de la Formation de Trois-Fontaines, dans la zone de transition entre la rampe interne et la plate-forme. Partie supérieure de la zone euphotique.

Vignella nilsii n. sp.
Planche 4, Figs 1-10

Derivatio nominis : De Nils Préat, qui a aidé les auteurs de cet article dans la collecte des échantillons.

Type de l'espèce : Planche 4, figure 7.

Description : Dasycladale composée d'une succession de verticilles de diamètre décroissant (2 à 4 millimètres). La médulla importante atteint le millimètre, tout comme le cortex. Ce dernier est perforé par de nombreuses branches radiaires au nombre de 25 à 35 en section axiale. Ces branches sont divisées en deux parties égales. Un vestibule ovale et pédonculé dont la longueur peut aller jusqu'à 500-600 μm . Il est suivi par des branches dichotomiques tertiaires et quaternaires, irrégulières, avec gonflements et rétrécissements. Leur diamètre va en décroissant, mais atteint encore 40 μm en périphérie.

Position stratigraphique : Voir le genre.

7. Conclusions

Ce travail décrit la sédimentologie du passage E-G à Wellin marqué par le développement d'un système de lentilles biohermales bien organisées. La bioconstruction de Wellin s'inscrit dans le cadre d'une sédimentation contrôlée par le jeu de blocs basculés (Kasimi & Préat, 1996) d'extension pluri-kilométrique. La lentille biohermale composée de Stromatopores et Coraux massifs se développe lors d'une baisse eustatique se superposant à la subsidence locale, avec un étalement par progradation des faciès latéraux (prairies à Udotéacées associées à des Brachiopodes) et la progradation des faciès récifaux rapidement cimentés. Dans ces conditions la productivité biologique était importante et les faciès qui en ont résulté présentaient un important potentiel de préservation dès les premières phases de dépôt. La cathodoluminescence montre que les ciments d'enfouissement ('luminescents' ou 'ternes') sont peu représentés. Les cavités et la porosité intergranulaire sont remplies de ciments non-luminescents très réguliers sans phases importantes de troncature ou de dissolution. Les variations de faciès et d'épaisseur sont déjà sensibles à l'échelle (latérale) de la centaine de mètres, mais l'enveloppe du corps sédimentaire formé de l'empilement des paraséquences est relativement tabulaire. Ce corps, à l'échelle locale, est constitué d'un relais de plusieurs lentilles exposées sur près de 2 km entre les deux fronts d'exploitation de la carrière. A une échelle un peu plus grande, la situation change, puisque la lentille de Wellin n'est plus présente dans l'ancienne carrière de Resteigne,affleurement le plus proche de Wellin (Préat & Mamet, 1989). Ici, aucun ciment précoce n'a été mis en évidence et les organismes constructeurs (semblables à ceux de Wellin) n'ont pu édifier une lentille importante. Il en résulte un biostrome formé pour l'essentiel de floatstones. La présence ou non de lentilles cimentées pourrait souligner des positions particulières de la sédimentation récifale dans un jeu de blocs basculés différentiel. La présence à Wellin d'une 'Formation X' (Coen-Aubert, 1991) pourrait également souligner cette tectonique synsédimentaire différentielle.

Les flancs sont constitués d'accumulations d'Udotéacées et autres Algues formant des prairies autour de l'édifice construit dans les parties non cimentées. Pour rappel, la transition E-Gest accompagnée de plusieurs niveaux de lentilles ou 'biohermes': ces niveaux n'ont apparemment pu constituer des barres suffisamment continues pour la sédimentation restreinte avant le sommet de la Formation de Hanonet.

8. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Sabine Blockmans et Virginie Dumoulin (Université de Bruxelles) pour leur participation à ce travail dans le cadre du levé de la carte géologique de la Wallonie, M. B. Van Vlodorp, Directeur de la Carrière du Fonds des Vaux pour les facilités accordées sur le site et son intérêt pour la géologie des couches exploitées. Nos remerciements s'adressent également à M. Aretz (U. zu Köln) et F. Boulvain (U. de Liège) pour les remarques constructives. Cette recherche

a été supportée par le projet FRFC n° 2-4501-02 du Fonds National de la Recherche Scientifique Belge .

9. Références

- AIGNER, T., 1985. Storm depositional systems. *Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York* : 174p.
- ANTROPOV, I.A., 1967. Devonian and Lower Carboniferous (Tournaisian) algae of the central part of the Russian Platform. In : Zhuze A.P. (Ed.), *Fossil algae of the USSR*, Akad. Nauk., SSSR, Sibirshoe Otdel, Insitut Geol. Geofiziki : 118-125.
- BERCHENKO, O.I., 1981. Tournaisian calcareous algae from the Donbass. *Akad. Nauk, Ukrainshoe SSR, Insitut Geologicheskii Nauk, Naukova Dumaka* : 71p.
- BOTTRELL S.H. & RAISWELL R., 2000. Sulphur isotopes and microbial sulphur cycling in sediments. In Riding, R.E. & Awramik, S.M. (Eds.), *Microbial Sediments*, Springer : 96-104.
- BOULVAIN, F., 1993. Sédimentologie et diagenèse des monticules micritiques 'F2j' du Frasnien de l'Ardenne. *Professional paper, Service Géologique de Belgique*, 260 : 427 p.
- BOULVAIN, F., COEN-AUBERT, M., MANSY, J.L., PROUST J.N. & TOURNEUR, F., 1994. Le Givétien en Avesnois (Nord de la France) : paléoenvironnements et implications paléogéographiques. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 103 : 171-203.
- BUDD, D.A., & PERKINS, R.D., 1980. Bathymetric zonation and paleoecological significance of microborings in Puerto Rican shelf and slope sediments. *J. Sed. Petrol.*, 50 : 881-904.
- CASIER, J.G., LETHIERS, F. & PREAT, A., 2001. Ostracods and rock facies associated with the Devonian-Carboniferous boundary series in the Puech de la Suque section, Montagne Noire, France. *Bull. Inst. roy. Sci. Nat. Belgique, Sci. de la Terre*, 71:31-52
- CASIER, J.G., LEBON, A., MAMET, B. & PREAT, A., 2005. Ostracods and lithofacies close to the Devonian-Carboniferous boundary in the Chanxhe and Rivage sections, northeastern part of the Dinant basin, Belgium. *Bull. Inst. roy. Sci. Nat. Belgique, Sci. de la Terre*, 75 : 95-126.
- COEN-AUBERT, M., 1991. Formation X. In : Bultynck *et al.*, 1991, *Les Formations du Dévonien Moyen de la Belgique. Mémoires Explicatifs Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, 30 : 41-44.
- CORNET, P., 1975. Morphogenèse, caractères écologiques et distribution des Stromatoporoides dévoniens au bord sud du Bassin de Dinant (Belgique). *Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, inédit* : 195 p.
- DE WIT, R., PRINGAULT, O. & CAMOIN, G., 2004. Target theory of the photosynthesis applied on benthic colony-forming cyanobacteria (south-west lagoon, New Caledonia). In : *Microbialite and microbial communities in sedimentary systems*, Workshop, Paris, 6-9 September. Camoin, G. & Gautret, P. (Eds.), *Public. ASF, Paris*, 46 : 39.
- DUMOULIN, V. & COEN M., 2005. Carte géologique de Wallonie, Olloy/sur/Viroin-Treignes 58/5-6, 1/25000^{ème} et sa notice explicative. *Ministère de la région Wallonne*.

- ELIOTT, G.F., 1961. A new British Devonian Alga, *Palaeoporella lummatonensis* and the Brachiopod evidence of the Age of the Lummaton Shell-Bed. *Proceedings Geological Assoc.*, 72/2 :251-260.
- FENCHEL, T. & FINLAY, B.L. 1995. Ecology and Evolution in Anoxic Worlds. *Oxford Series in Ecology and Evolution*, Oxford University Press : 276p.
- FAGERSTROM, J.A., 1987. The evolution of reef communities. *New York, J. Wiley* : 600p.
- FLÜGEL, E., 1994. Pangean shelf carbonates : Controls and paleoclimatic significance of Permian and Triassic reefs. In : Klein G. de Vries (Eds.), *Pangea : paleoclimate, tectonics, and sedimentation during accretion, zenith and breakup of a supercontinent*. *Geol. Soc. Am. , Sp. Paper*, 288 : 247-266.
- GARLAND, J., 1997. Middle to Upper Devonian (Givetian and Frasnian) shallow-water carbonates of Western Europe. Facies and cyclicity. *Unpubl. PhD thesis, University of Durham* : 282 p.
- GERHARD, L.C., 1991. Reef modeling : progress in simulation of carbonate environments. In Franseen, E.K., Watney, W.L., Kendall, & C.G. & Ross, W. (Eds), *Sedimentary modeling computers simulations and methods for improved parameter definition*. *Bull. Kansas Geol. Survey*, 233 : 645-357.
- JAMES, N.P. & BOURQUE, P.A., 1992. Reefs and mounds. In Walker, R.G. & James N.P. (Eds.), *Facies Models. Response to sea level change*. *Geol. Assoc. of Canada, Geoscience Canada*, 19 : 323-347.
- JORGENSEN, B.B. & NELSON, D.C., 2004. Sulfide oxidation in marine sediments : Geochemistry meets microbiology. *Geol. Soc. of America, Spec. Paper*, 379 : 63-81.
- KERSHAW S., 1994. Classification and geological significance of biostromes. *Facies*, 31 : 81-92.
- KASIMI, R., 1993. Sédimentologie et cyclostratigraphie des couches de transition Eifélien-Givétien au bord sud du Bassin de Dinant (Belgique, France). *Thèse de doctorat Université de Bruxelles (inédit)* : 272p.
- KASIMI, R. & PREAT, A., 1996. Sédimentation de rampe mixte silico-carbonatée des couches de transition eiféliennes-givéliennes franco-belges. Deuxième partie: Cyclostratigraphie et paléostraturation. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 20/1 : 61-90
- KASTEN, S. & JORGENSEN, B.B., 2000. Sulfate reduction in marine sediments. In : Schulz, H.D. & Zabel M. (Eds.), *Marine Geochemistry*, Springer Verlag : 263-281.
- KREKELER, D., TESTKE, A. & CYPIONKA, H. 1998. Strategies of sulfate-reducing bacteria to escape oxygen stress in a cyanobacterial mat. *FEMS Microbiol. Ecology*, 25: 89-96.
- LANGER, W., 1979. Neue karbonatische Microproblematika aus dem westdeutschen Devon. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 12 : 723-733.
- MACHEL, H.G., 2000. Application of cathodoluminescence to carbonate diagenesis. In Pagel, M., Barbin, V., Blanc, P. & Ohnenstetter, D. (Eds.), *Cathodoluminescence in Geosciences*, Springer : 271-301.
- MAMET, B., 1991. Carboniferous Calcareous Algae. In *Calcareous Algae and Stromatolites*, Riding, R. (Ed.), Springer-Verlag : 370-451.
- MAMET, B. & PREAT, A., 1983. *Resteignella resteignensis*, une Phylloïde nouvelle du Givétien de la Belgique. *Bull. Soc. belge Géologie*, 92/4 : 293-300.
- MAMET, B. & PREAT, A., 1985. Sur quelques Algues vertes nouvelles du Givétien de la Belgique. *Revue de Micropaléontologie*, 28/1 : 67-74.
- MAMET, B. & PREAT, A., 1992. Algues du Dévonien Moyen de Wellin (Synclinorium de Dinant, Belgique). *Revue de Micropaléontologie*, 35/1 : 53-75.
- MAMET, B. & PREAT, A., 1994. Algues calcaires de l'Eifélien inférieur (Calcaire de Couvin, Synclinorium de Dinant). *Revue de Micropaléontologie*, 37/2 : 135-159.
- MAMET, B. & PREAT, A., 2003. Sur les difficultés d'interprétation des hiatus stratigraphiques (Exemple tiré de la transition dévono-carbonifère, bassin de Dinant). *Geologica Belgica*, 6/1, : 49-65.
- MAMET, B. & PREAT, A., 2004. Morphologies minérales (hématite, pyrite, dolomite) attribuables à l'action microbienne. In : *Microbialite and microbial communities in sedimentary systems*, Workshop, Paris, 6-9 September. Camoin, G. & Gautret, P. (Eds.), *Public. ASF, Paris* : 46, 71.
- MAMET, B. & PREAT, A., 2005. Sédimentologie de la série viséenne d'Avesnes-sur-Helpe (Avesnois, Nord de la France) *Geologica Belgica*, 8/1-2 :91-107.
- MAMET, B. & ROUX, A., 1983. Algues dévono-carbonifères de l'Australie. *Revue de Micropaléontologie*, 26/2 : 63-130.
- MAMET, B. & PREAT, A. & LEHMAMI, M., 1999. Algues calcaires marines du Dévonien marocain (Meseta). *Revue de Micropaléontologie*, 42/4 : 301-314.
- MUNN, C.B., 2004. Marine Microbiology, Ecology and Applications. *Bios Scientific Publ., London and New York* : 282p.
- NICHOLSON, H.A. & ETHERIDGE, R.Jr., 1878. A monograph of the Silurian fossils of the Girvan district, Ayrshire, vol. 1, part 1, Edingburgh and London.
- NITECKI M.M. & SPJELDNAES, N., 1989. A new Ordovician tubular 'alga' from Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 69/2 : 95-102.
- NOE, S., 2003. Spätstadium einer sterbenden Karbonatplattform : Schelfrand -und Aubenschelf-Entwicklung der Tansill-Formation (Permian Reef Complex, New Mexico, USA). *Kölner Forum, Geol. Inst. Universität zu Koln*, 11 : 254p.
- PEL, J., 1973. Etude sédimentologique et stratigraphique du Givétien du Synclinorium de Dinant, de Givet à Liège. *Thèse de doctorat, Université de Liège, inédit*.
- PERRY, C.T. & MACDONALD, A., 2002. Impacts of light penetration on the bathymetry of reef microboring communities. Implications for the developement of microendolithic trace assemblages. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 186/1-2 : 101-113.
- PREAT, A., 1989. Sedimentology, facies and depositional environment of the Hanonet (Upper Eifelian) and Trois-Fontaines (Lower Givetian) Formations in Couvin area (Dinant Basin, Belgium). *Bull. Soc. belge Géol.*, 98/2 :149-154
- PREAT, A., 2004. Le Paléozoïque franco-belge : un exemple de la difficulté de l'estimation temporelle des cycles et séries. In : Préat *et al.* (Eds), *Ecole d'Eté : Carbonates récifaux et de plate-forme*, 28 juin-8 juillet, Grenoble, Assoc. Sédim. France : 45 : 1-23.

- PREAT, A. & KASIMI, R., 1995. Sédimentation de rampe mixte silico-carbonatée des couches de transition eiféliennes-givétiennes franco-belges. Première partie: microfaciès et modèle sédimentaire. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 19/2 :329-375.
- PREAT, A. & MAMET, B., 1989. Sédimentation de la plate-forme carbonatée givétienne franco-belge. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine*, 13/1 : 47-86.
- PREAT A & TOURNEUR F., 1991. Formations d'Hanonet, de Trois-Fontaines, des Terres d'Hours et du Mont d'Hours. In: P. Bultynck, M. Coen-Aubert, L. Dejonghe, J. Godefroid, L. Hance, D. Lacroix, A. Préat, P. Stainier, Ph. Steemans, M. Streeel & F. Tourneur: Les Formations du Dévonien Moyen de la Belgique. Commission Nationale de Stratigraphie du Dévonien Ministère des Affaires Economiques, Administration des Mines. Mémoire pour l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique, 30 : 45-59.
- PREAT, A., & WEIS, D., 1994. Variations du niveau marin dans le Dévonien carbonaté de Belgique: approches sédimentologique et séquentielle (première partie). *Bull. Soc. géol. France*, 165,5 : 469-483.
- PREAT, A., COEN-AUBERT, M., MAMET, B. & TOURNEUR, F., 1984. Sédimentologie et paléoécologie de trois niveaux récifaux du Givétien Inférieur de Resteigne (bord sud du Bassin de Dinant, Belgique). *Bull. Soc. belge Géol.*, 93/1-2 :227-240.
- REITLINGER, E.A., 1954. Devonian Foraminifera from some sections of the eastern part of the Russian Platform. *Vnigni, Paleont. Sbornik* 1 : 52-81
- RIDING, R., 1990. Organic reef communities. *13th International Sedimentological Congress, Abstracts, Nottingham* : p.458.
- RIDING, R., 2000. Microbial carbonates : the geological record of calcified bacteria-algal mats and biofilms. *Sedimentology* 47 (supplement 1) : 179-214.
- RIDING, R., 2004. Structure and composition of organic reefs and carbonates mud mounds : concepts and categories. *Earth Sci. Reviews*, 58 : 163-231.
- ROTHPLETZ, A., 1908. Über Algen und Hydrozoen im Silur von Gotland und Oesel. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademien Handlingar*, 43/5 : 1-23.
- SANDBERGER, G., 1849. Eine neue Polypengattung Sycidium aus der Eifel. *N. Jb. Mineral. Geognos.*, Stuttgart : 671-672.
- SEBBAR, A., PREAT, A. & MAMET, B., 2000. Microfaciès et biozonation de la rampe mixte carbonifère du bassin de Tindouf, Algérie. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 22/2 : 203-239.
- STAINIER, R.Y., INGRAHAM, J.L., WHEELIS, M.L. & PAINTER, P.R., 1985. General Microbiology. *Mac Millan*, 5th ed. : 689p.
- TESTKE, A., RAMSING N.B., HABICHT, K., FUKUI, M., KUYER, J., JORGENSEN, B.B. & COHEN, Y., 1998. Sulfate-reducing bacteria and their activities in cyanobacterial mats of Solar Lake (Sinai, Egypt). *Appl. Envir. Microbiol.*, 64/8 : 2943-2951.
- TOURNEUR, F., 1985. Contribution à l'étude des Tabulés du Dévonien moyen de la Belgique. Systématique et Stratigraphie. *Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, inédit* : 568 p.
- TSIEN, H.H., 1971. The Middle and Upper Devonian Reef Complexes of Belgium. *Petroleum Geology of Taiwan*, 8 : 119-173.
- VACHARD, D., 1993. Algues, Pseudo-Algues et microfaciès carbonatés du Dévonien du Domaine Ligérien. *Palaeontographica*, B 229, 53-113.
- VAIL, P.R., AUDEMARD, F., BOWMAN, S.A., EISNER, P.N. & PEREZ-CRUZ, C., 1991. The Stratigraphic signatures of tectonics, eustacy and sedimentology. -An overview. In Einsele G, Ricken W. & Seilacher A (Eds), *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer Verlag, Berlin : 617-659.
- VAN WAGONER, J.C., MITCHUM, R.M. Jr, POSAMENTIER, H.W. & VAIL, P.R., 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part II : the key definitions of sequence stratigraphy. In : Atlas of Seismic Stratigraphy 1 (Ed. Bally A.W.), *American Association of Petroleum Geologists, Studies Geology, Tulsa*, 27 : 11-14.
- VOGEL, K, BALOG, S.J., BUNDSCHUH, M., GETKIDIS, M., KRUTCHINNA, J., RADTKE, G., 2000. Bathymetric studies in fossil reefs, with microendoliths as paleoecological indicators. *Profil*, 16 : 181-191.
- WOOD, A., 1948. Sphaerocodium, a misinterpreted fossil from the Wenlock Limestone. *Proc. Geol. Assoc., London*, 59 : 9-22.

Planche 1-Plate 1

Faciès à évolution diagenétique réductrice (sulfato-réduction) (MF1-3)

Diagenesis in facies reduced sediments (sulfate reduction) (MF1-3)

Figure 1 : Wackestone argilo-silteux à microbioclastes corrodés très mal classés avec deux minces niveaux de wackestone et packstone (ce dernier à l'extrême sommet de la photo) provenant d'une tempestite distale. Ech W52, ph.ulb 2532, microfaciès 1, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Argillaceous silty microbioclastic wackestone. The microbioclasts are poorly sorted and strongly corroded. They constitute two thin wackestone and packstone (this latter at the top of the photo) levels indicating a distal tempestite. Sample W52, ph. ulb 2532, microfacies 1, Hanonet Formation, scale bar = 390 μm .*

Figure 2 : Wackestone bioclastique à Echinodermes, Mollusques et spicules. La partie mal classée témoigne d'une tempestite. Ech W742, ph.ulb 2904, microfaciès 1, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Bioclastic wackestone with echinoderms and spicules. The poorly sorted level indicates a tempestite. Sample W742, ph. ulb 2904, microfacies 1, Hanonet Formation, scale bar = 950 μm .*

Figure 3 : Packstone en voie de recristallisation (microspar et faux-ciment) à lentille bioclastique de Bryozoaires, Brachiopodes, Echinodermes altérés (pitting), Coraux, Gastéropodes et Lamellibranches. Présence de grains noirs (pyrite) et de quelques péloïdes irréguliers (coin supérieur droit). Les bioclastes sont mal classés et corrodés par un liseré pyriteux. Ech W12, ph.ulb 2507, microfaciès 1, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Recrystallized (microspar and 'false cement') packstone with a bioclastic lens containing bryozoans, brachiopods, echinoderms and pelecypods. A few dark grains (pyrite) and irregular peloids (upper right corner) are present. The bioclasts are poorly sorted and corroded by a thin pyrite envelope. Sample W12, ph. ulb 2507, microfacies 1, Hanonet Formation, scale bar = 950 μm .*

Figure 4 : Coupe axiale de Tentaculite dans un faux grainstone. Présence de grains noirs et d'Echinodermes dispersés. Nombreux fins filaments pyriteux (probablement d'origine bactérienne) recoupant les cristaux de calcite. Ech W6, ph.ulb 2492, microfaciès 2, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Axial section of a tentaculid in a false grainstone with dark grains and dispersed echinoderms. Numerous thin pyritic filaments of probable bacterial origin. The filaments cut through the calcite crystals. Sample W6, ph. ulb 2492, microfacies 2, Hanonet Formation, scale bar = 390 μm .*

Figure 5 : Grainstone à Echinodermes, Bryozoaires et Mollusques. Les grains, relativement bien classés, sont parfois micritisés. La matrice est partiellement recristallisée en fin microspar dolomitique. Présence de péloïdes et de grains noirs pyritisés. Ech W18, ph.ulb 2512, microfaciès 3, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Echinoderm, bryozoan and mollusk grainstone. The bioclasts are relatively well-sorted and sometimes micritized. The matrix is partly recrystallized in a fine grained dolomitic microspar. Presence of peloids and pyritized dark grains. Sample W18, ph. ulb 2512, microfacies 3, Hanonet Formation, scale bar = 950 μm .*

Figure 6 : Faux grainstone (packstone recristallisé) à grains micritisés et grains noirs pyritisés. Les bioclastes sont assez bien classés et consistent en Echinodermes, Bryozoaires et petits Mollusques. Le ciment est syntaxial lorsque les grains ne sont pas micritisés. Ech W3, ph. ulb 2485, microfaciès 3, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 950 μm . *False grainstone (recrystallized packstone) with micritized and pyritized dark grains. The grains are not micritized and embedded in syntaxial cement. Sample W3, ph. ulb 2485, microfacies 3, Hanonet Formation, scale bar = 950 μm .*

Faciès à évolution diagenétique oxydante (milieux aérobiques) (MF4, 5, 6 et 7)

Diagenetic facies in oxidizing conditions (aerobic environments) (MF4, 5, 6 and 7)

Figures 7-: Grainstone à Echinodermes, grains micritisés et péloïdes. La cimentation syntaxiale très développée est post-micritisation et stabilise le substrat. Ech W119, ph.ulb 2563, microfaciès 4, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Echinodermal grainstone with micritized grains and peloids. The well developed syntaxial cementation is post micritization and stabilizes the substrate. Sample W119, ph. ulb 2563, microfacies 4, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 390 μm .*

Figures 8-: Grainstone mal classé à bioclastes d'Echinodermes, de Mollusques et de Bryozoaires. Micritisation très variable, péloïdes irréguliers et lumps. La cimentation est hétérogène et composée de microspar, de faux-ciment (faux grainstone) et de calcite syntaxiale. Ech W625, ph.ulb 2820, microfaciès 4, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Poorly sorted bioclastic grainstone with echinoderms, mollusks and bryozoans. Heterogeneous micritization in a facies containing irregular peloids and lumps. Cementation is heterogeneous and composed of microspar, false cement (false grainstone) and syntaxial calcite. Sample W625, ph. ulb 2820, microfacies 4, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 950 μm .*

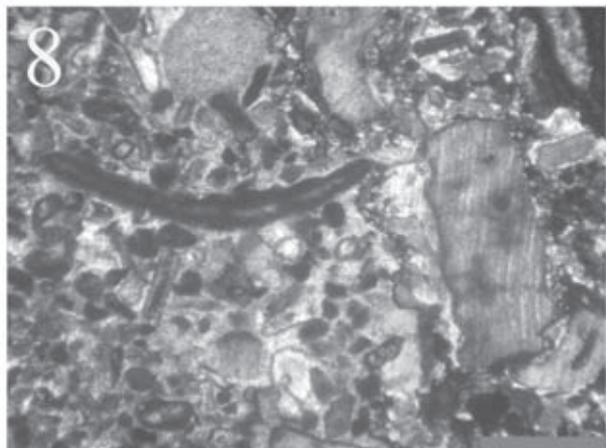
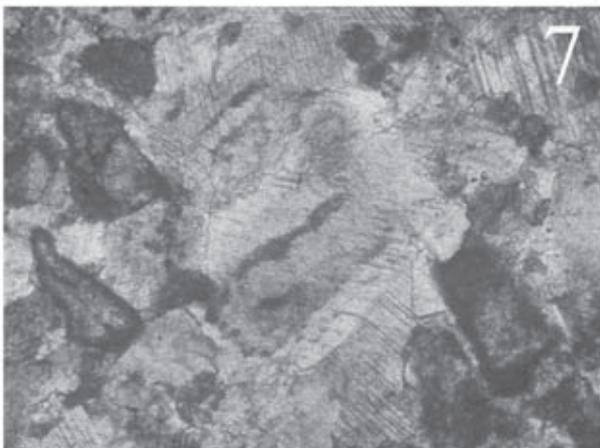
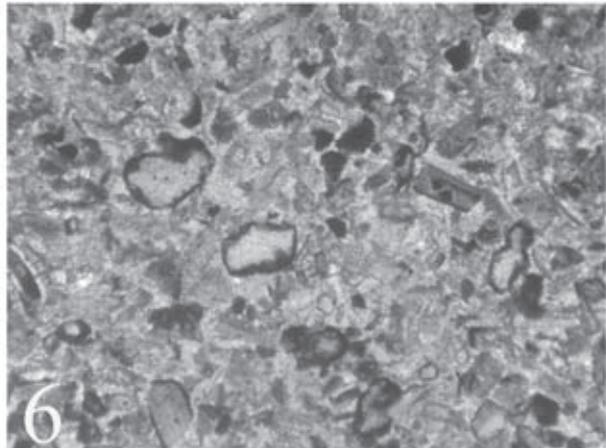
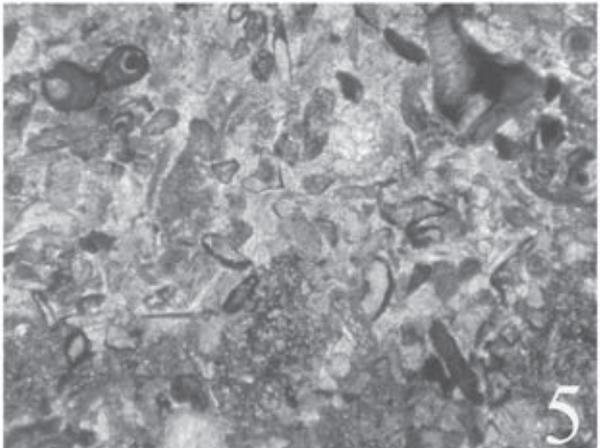
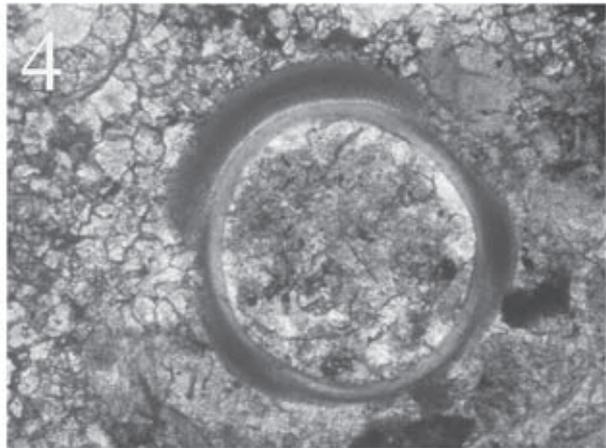
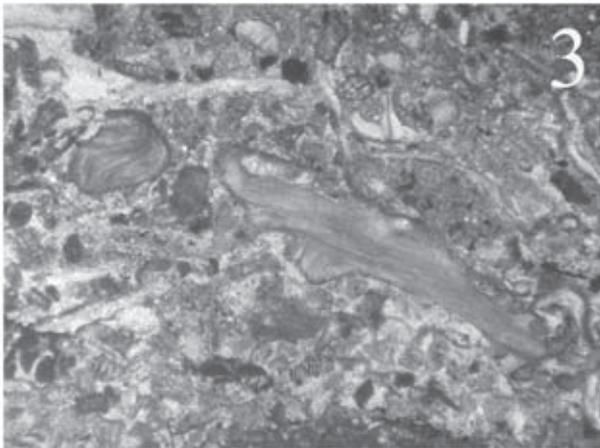
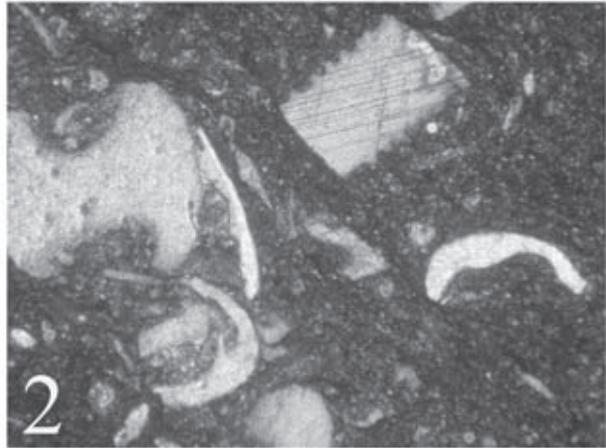
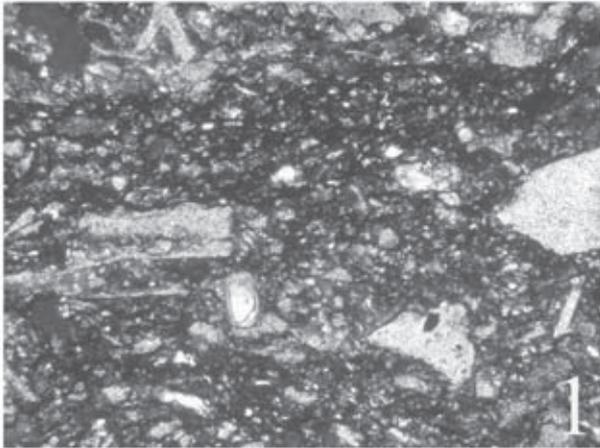


Planche 2- Plate 2

Figure 1 : Lentille de grainstone dans un packstone à Echinodermes, Brachiopodes, péloïdes, lumps et grains micritisés. Le grainstone est souligné par la présence de deux fragments de *Wagonella enigmatica* Mamet et Préat, 1992. Il ne s'agit pas de deux espèces différentes, mais bien de sections basale et proximale d'un même thalle. Flanc à Udotéacées. Ech W77, ph.ulb 3039, microfaciès 5, Formation de Hanonet, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Grainstone lens in a packstone with brachiopods, peloids, lumps and micritized grains. The grainstone is highlighted by the presence of two fragments of Wagonella enigmatica Mamet and Préat, 1992. They do not belong to two different species but actually represent (basal and proximal sections of a same thallus. Udoteacean Flank. Sample W77, ph. ulb 3039, microfacies 5, Hanonet Formation, scale bar = 390 μm .*

Figure 2 : Rudstone à grands fragments de Stromatopores, Tabulés et petits débris (Bryozoaires et Mollusques). Dolomitisation partielle et cimentation syntaxiale autour des bioclastes d'Echinodermes. Flanc à Stromatopores et Brachiopodes . Ech W124, ph.ulb 2575, microfaciès 5, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Rudstone with large stromatopore and coral (Tabulata) fragments mixed with small bioclasts (bryozoans and mollusks). Incomplete dolomitization and syntaxial cementation on the echinodermal plates. Stromatopore and brachiopod Flank. Sample W124, ph. ulb 2575, microfacies 5, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 950 μm .*

Figures 3 : Floatstone à Bryozoaires, Echinodermes et péloïdes. Les zoécies sont partiellement perforées, dissoutes et micritisées (bactéries). Ech W140, ph.ulb 2597, microfaciès 6, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée respectivement par la barre 390 μm . *Bryozoan, echinodermal and peloidal floatstone. The zoecia are partly perforated, dissolved and micritized (bacteria). Sample W140, ph. ulb 2597, microfacies 6, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 390 μm .*

Figures 4, 5, 6: Floatstone à Brachiopodes ponctués et imponctués dans une matrice bioturbée recristallisée et dolomitisée. Infiltration bactérienne dans les punctae avec formation de pyrite. Ech W585, respectivement ph.ulb 2756, 2753, 2754, microfaciès 6, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par les barres, respectivement de 950 μm , 950 μm et 390 μm . *Floatstone with punctate and unpunctate brachiopods in a burrowed recrystallized and dolomitized matrix. Bacterial infiltration in the punctae with formation of pyrite. Sample W585, respectively ph. ulb 2756, 2753, 2754, microfacies 6, Trois-Fontaines Formation, scale bar = respectively 950 μm , 950 μm and 390 μm .*

Figure 7 : Fragment de Mollusque altéré recouvert par une couche de *Bevocastria fragilis* Berchenko 1981, suivie par une mince couche de ciment asymétrique avec ponts micritiques (flèches noires) . Quelques quartz bipyramidés, pseudomorphes d'origine évaporitique. Ech W159, ph.ulb 3005, microfaciès 7, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 155 μm . *Altered mollusk fragment covered by a layer of Bevocastria fragilis Berchenko 1981 followed by a thin layer of asymmetrical cement with micritic bridges (black arrows). A few evaporitic bipyramidal quartz pseudomorphs. Sample W159, ph. ulb 3005, microfacies 7, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 155 μm .*

Figures 8 : Framestone à Stromatopores, 'boîte micritique' (flèche noire isolée) et petits fragments bioclastiques. La micritisation est fort développée et les lisérés sombres sont probablement d'origine bactérienne. Cimentation marine en deux phases avec calcite fibreuse isopaque (riche en fer) suivie d'une cimentation drusique (claire). Le ciment isopaque corrode le Stromatopore (double flèches noires). La 'boîte micritique' est remplie par les deux phases de cimentation. Ech W144, ph.ulb 2938, microfaciès 7, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Stromatopore framestone with 'mud coated grain' ('micritic box', single black arrow) and small bioclasts. Micritization is well developed and the thin dark layers are probably of bacterial origin. Marine cementation in two phases with isopachous fibrous calcite (Fe-rich) followed by drusy calcite cementation (clear). The isopachous cement corrodes the stromatopore (double black arrows). The 'micritic box' is filled by two cementation phases. Sample W144, ph. ulb 2938, microfacies 7, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 950 μm .*

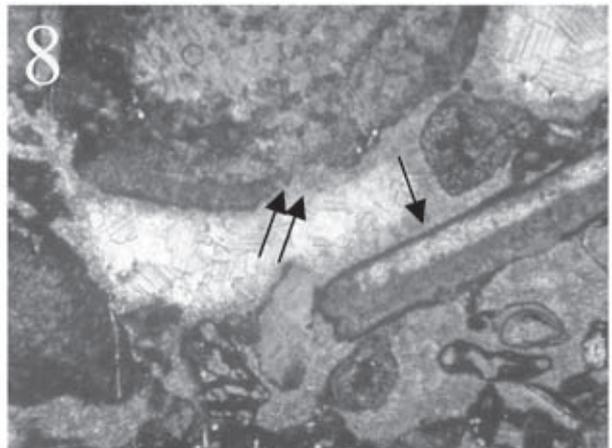
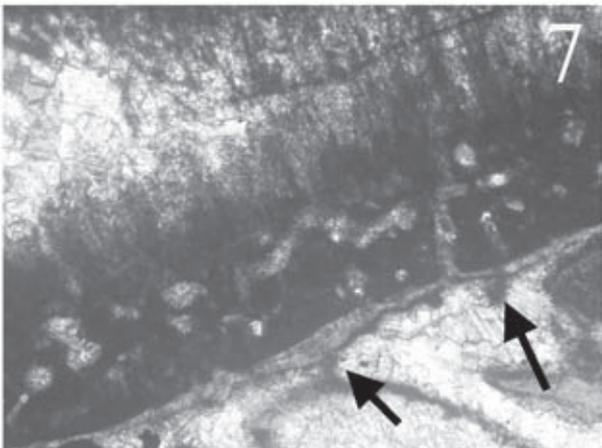
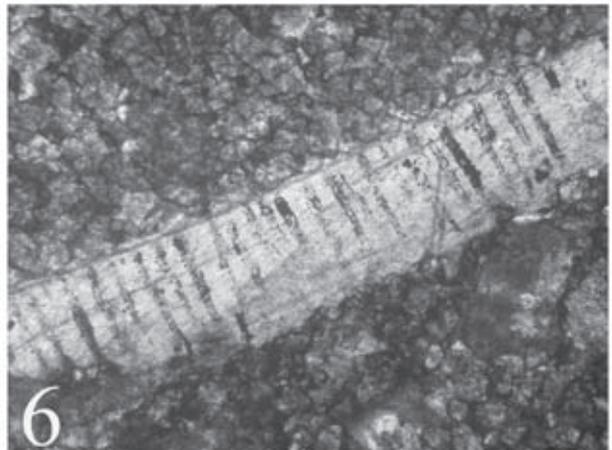
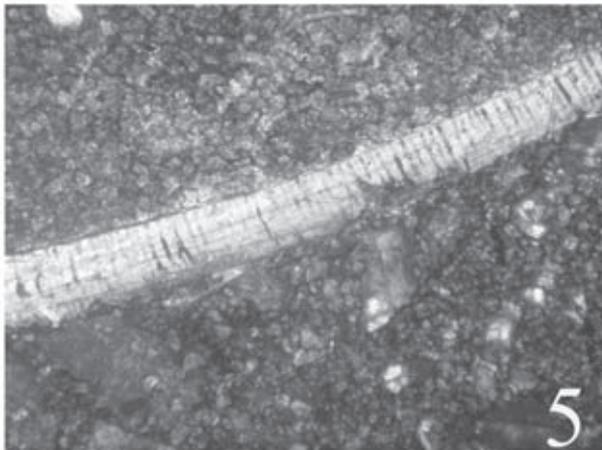
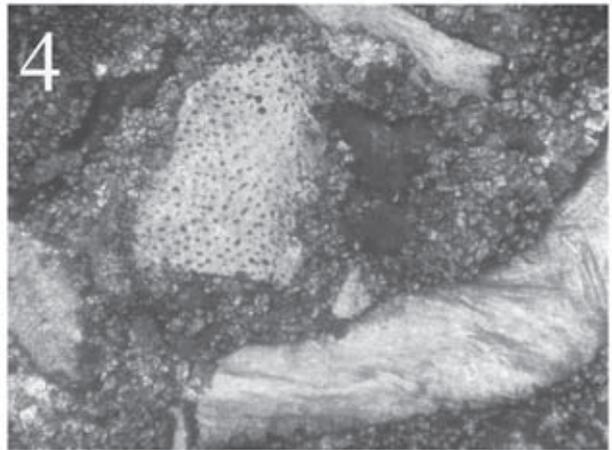
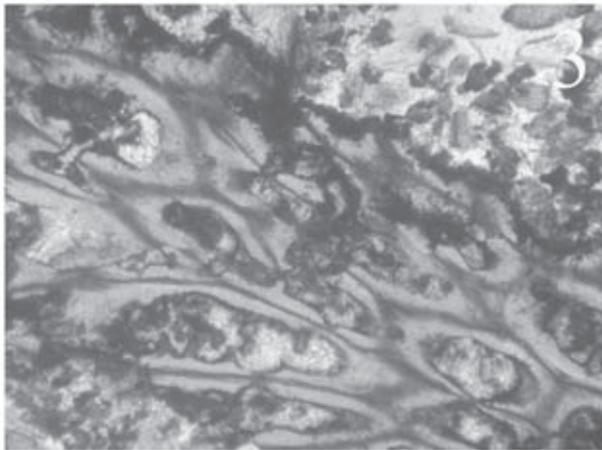
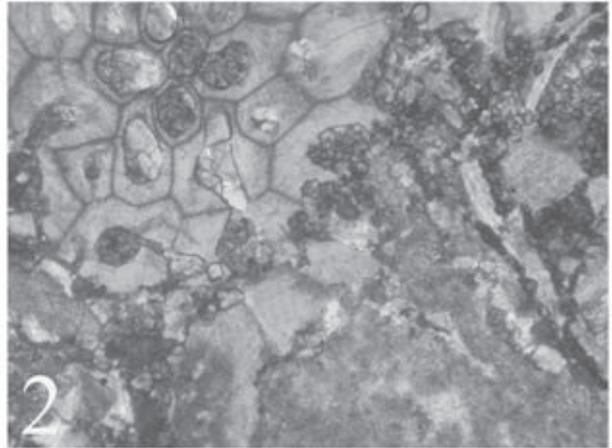
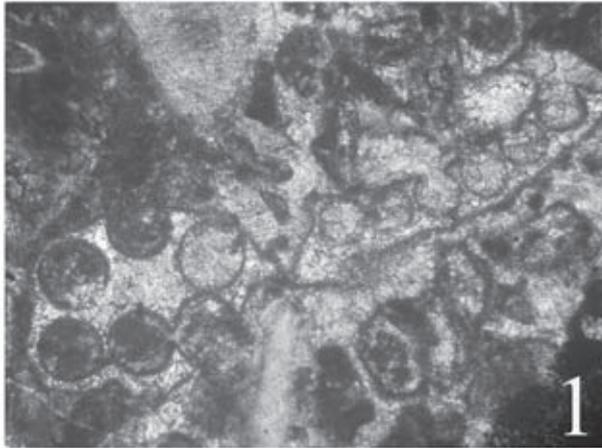


Planche 3- Plate 3

Figures 1, 2 : Framestone à Rugueux, Stromatopores et Brachiopodes. La micritisation corrode les Stromatopores et les Brachiopodes. Cimentation marine en deux phases comme Pl. 2, Fig. 8. Absence de cimentation vadose montrant que la porosité du framestone a rapidement été occluse. Ech W302, respectivement ph.ulb 2959 et 2960, microfaciès 7, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Framestone with Rugosa, stromatopores and brachiopods. The micritization corrodes the stromatopores and the brachiopods. Same marine cementation in two phases as in plate 2, figure 8. Absence of vadose cementation suggesting rapid occlusion of the framestone. Sample W302, respectively ph. ulb 2959 and 2960, microfacies 7, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 950 μm .*

Faciès progressivement restreints (MF4, 8, 9 et 10)

Progressively restricted facies (MF4, 8, 9 and 10)

Figure 3 : ‘Beach-rock’ originellement formé d’un sable de bioclastes à Lamellibranches, Stromatopores, Echinodermes, péloïdes et lumps. Nombreuses cavités très irrégulières de type key-vugs. Ech W163, ph.ulb 2620, microfaciès 8, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Beach-rock originally composed of pelecypod, stromatopore, echinoderm, peloid and lump bioclastic sand. Abundant irregular key-vugs cavities. Sample W163, ph. ulb 2620, microfacies 8, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 950 μm .*

Figure 4 : Loférite à péloïdes. Absence de bioclastes d’origine marine. C’est le faciès habituel des Codiacées nodulaires-Pseudodotéacées (non représentées ici). Ech W666, ph.ulb 2839, microfaciès 8, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 950 μm . *Peloidal loferite. Absence of marine bioclasts. This environment usually yields nodular codiaceans-pseudocodiaceans (not illustrated here). Sample W666, ph. ulb 2839, microfacies 8, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 950 μm .*

Figure 5 : Wackestone à matrice péloïdique (les péloïdes sont sous-estimés, car confondus avec la matrice micritique, à l’opposé de la Fig. 4). Présence de Calcisphères, de Wagonelles, et d’Ostracodes lagunaires. Ech W170, ph.ulb 2968, microfaciès 9, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Peloidal wackestone. The number of peloids is underestimated since they are masked in the micritic matrix, contrary to the case of Fig. 4. Presence of calcispheres, Wagonella algae and lagoonal ostracods. Sample W170, ph. ulb 2968, microfacies 9, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 390 μm .*

Figure 6 : Wackestone à matrice péloïdique (même sous-estimation que Fig. 5) à nombreuses Calcisphères et une grande carapace d’un Ostracode lagunaire (Leperdicopida). Birdseye et bioturbation. Ech W669, ph.ulb 2948, microfaciès 9, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Peloidal wackestone (underestimation as in Fig. 5) with abundant calcispheres and a large valve of a lagoonal ostracod (Leperdicopida). Birdseye and bioturbation. Sample W669, ph. ulb 2948, microfacies 9, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 390 μm .*

Figure 7 : Terrier partiellement rempli de sédiment dolomitique dans un wackestone péloïdique à Calcisphère. Birdseye asymétrique (probablement un moule de Pseudodotéacée, partie droite de la photo). Ech W170, ph.ulb 3081, microfaciès 10, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Burrow partly filled by a dolomitic sediment in a calcisphaerid peloidal wackestone. Asymmetrical birdseye (probably a pseudodoteacean mould, right part of the photo). Sample 170, ph. ulb 3081, microfacies 10, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 390 μm .*

Figure 8 : Mudstone avec fentes de dessiccation partiellement remplies de cristaux de dolomite idiotopique. Présence de Calcisphères, de fins Ostracodes et de pyrite. Ech W170, ph.ulb 3082, microfaciès 10, Formation de Trois-Fontaines, échelle donnée par la barre de 390 μm . *Mudstone with dessiccation cracks partly filled by thin idiotopic dolomite crystals. Presence of calcispheres, thin ostracods and pyrite. Sample 170, ph. ulb 3082, microfacies 10, Trois-Fontaines Formation, scale bar = 390 μm .*

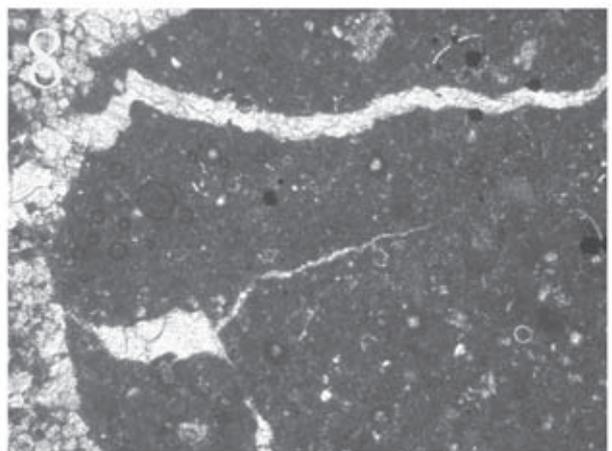
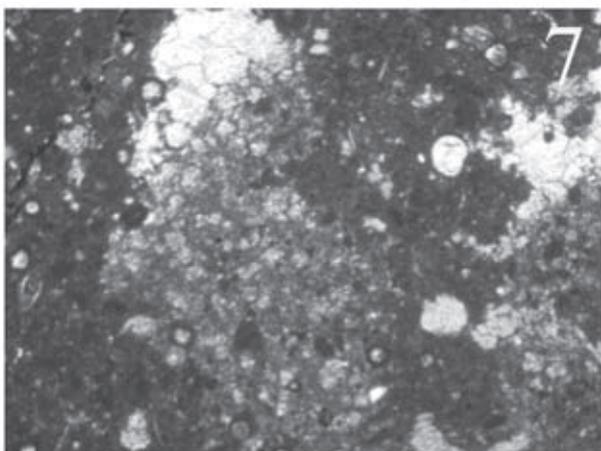
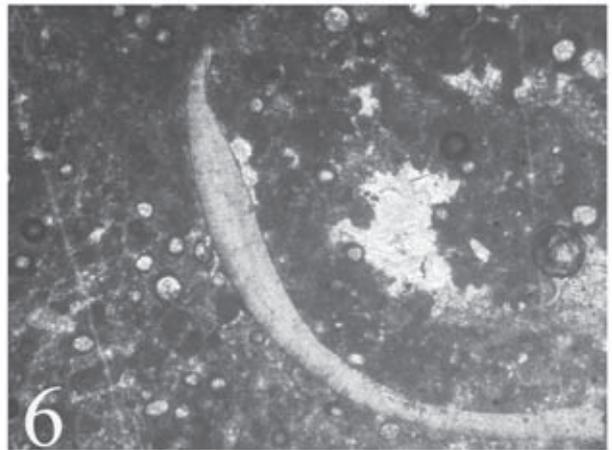
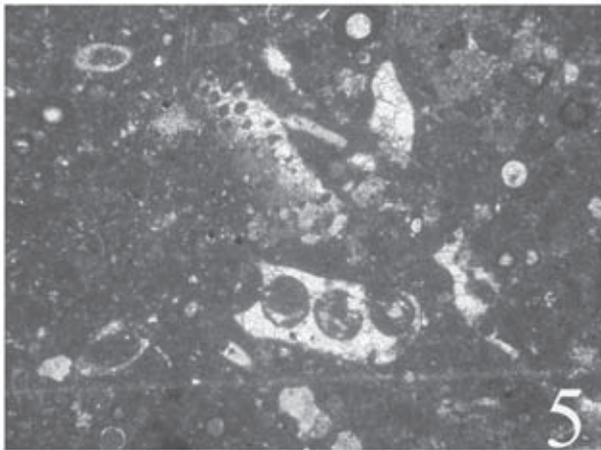
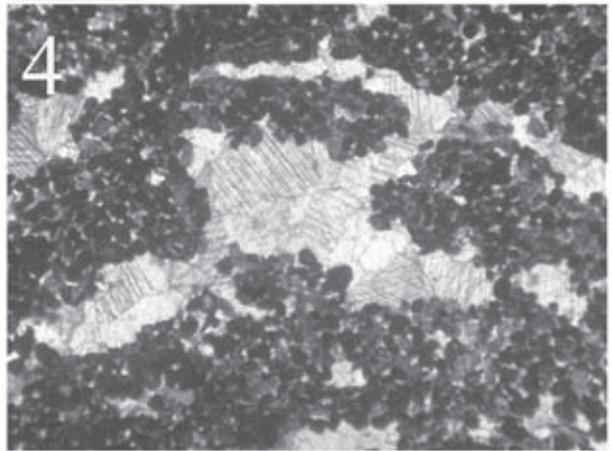
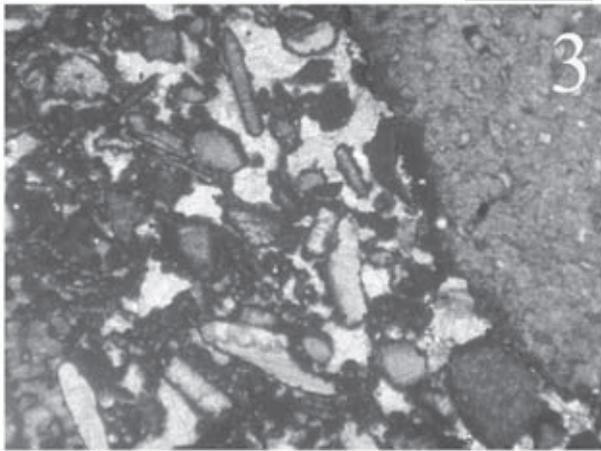
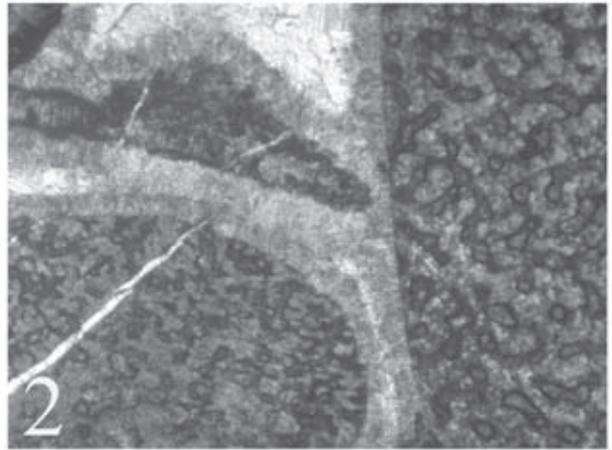
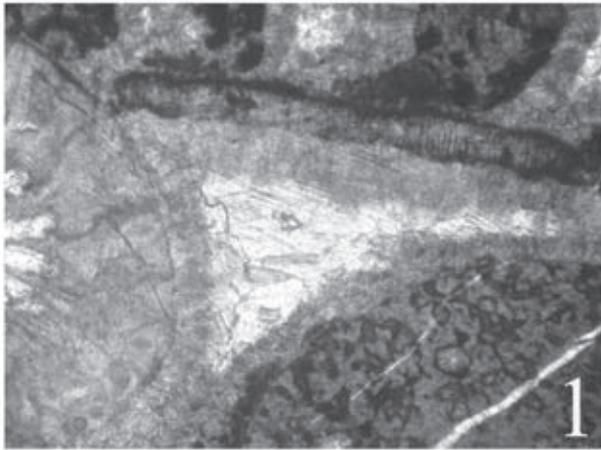


Planche 4- Plate 4

Nous indiquons dans l'ordre, le numéro du fichier ulb Préat, le numéro gravé sur la lame, le grossissement et la position stratigraphique.
We indicate in order, the number of the ulb Préat file, the n° engraved on the thin section, the magnification and the stratigraphic position.

Figs 1-8 *Vignella nilsii* n.gen, n. sp.

1. ph ulb 2808, W617, 11X, Wellin 2, Transition E, Trois-Fontaines ; 2. ph ulb 2798, W615, 11X, comme-as Fig. 1 ; 3. ph ulb 2850, W617, 11X, comme-as Fig. 1 ; 4. ph ulb 2876, W617E, 25X, comme-as Fig. 1 ; 5. ph ulb 2809, W617C, 11X, comme-as Fig. 1 ; 6. ph ulb 2796, W615, 11X, comme fig-as.1 ; 7. ph ulb 2856, W617, 25X, comme-as Fig. 1, Type du genre et de l'espèce. *Type of the genus and of the species* 8. ph ulb 2778, W615, 98X, agrandissement de la –*magnification of Fig. 6.*

Figs 9-10 *Vignella nilsii* n.gen, n. sp. dissoutes. Dissolution complète du thalle et remplacement par du ciment. Vague fantômes de branches radiaires. *Completely dissolved thallus which is replaced by cement. Vague ghosts of radial pores or branches.*

9. ph ulb 3009, W151, 62X, Wellin 1, Transition E, Trois-Fontaines, 10. ph ulb 2932, W164, 62X, Wellin 1, Lagon F-*Lagoon F*, Trois-Fontaines.

Fig. 11 *Scydium* aff. *S. reticulatum* Sandberger 1849.

11. ph ulb 2896, W615, 25X, comme-as fig 1

Fig. 12 *Palaeomicrocodium devonicum* Mamet et Roux 1983.

12. ph ulb 3052, W72, 63X, Wellin 1, Transition B, Hanonet

Figs 13-17 *Wagonella enigmatica* Mamet et Préat 1992.

13. ph ulb 2920, W308, 25X, Wellin 1, Bank D, Trois-Fontaines ; 14. ph ulb 2688, W515, 63X, Wellin 2, Transition B, Hanonet ; 15. ph ulb 2749, W171, 25X, Wellin 1, Lagon F-*Lagoon F*, Trois-Fontaines ; 16. ph ulb 3041, W77, 63X, Wellin 2, comme-as fig 14 ; 17. ph ulb 2969, W170, 63X, Wellin 1, comme-as fig 15.

Fig. 18 *Labyrinthoconus clausmuelleri* Langer 1979.

18. ph ulb 2643, W170, 63X, Wellin 1, comme-as fig 15.

Figs 19-20 *Paralitanaia baileuxensis* Mamet et Préat 1985.

19. ph ulb 3033, W77, Wellin 2, comme-as fig 14 ; 20. ph ulb 2739, W563, 25X, Wellin 2, Flanc à Udotéacées-*Udoteacean Flank* (C-D), Hanonet.

Figs 21-24 *Pseudopalaeoporella lummatonensis* (Elliott 1961).

21. ph ulb 2551-2552, W109, 25X, Wellin 1, Transition B, Hanonet ; 22. ph ulb 2940, W569, Wellin 2, Flanc à Udotéacées-*Udoteacean Flank*, comme-as Fig. 20 ; 24. ph ulb 2917-2918, W308, Wellin 1, Transition E, Trois-Fontaines.

Fig. 25 *Pseudopalaeoporella* cf. *P. filosa* Mamet et Préat 1994.

25. ph ulb 2729, W544, Wellin 2, Flanc à Udotéacées-*Udoteacean Flank*, comme-as Fig. 20

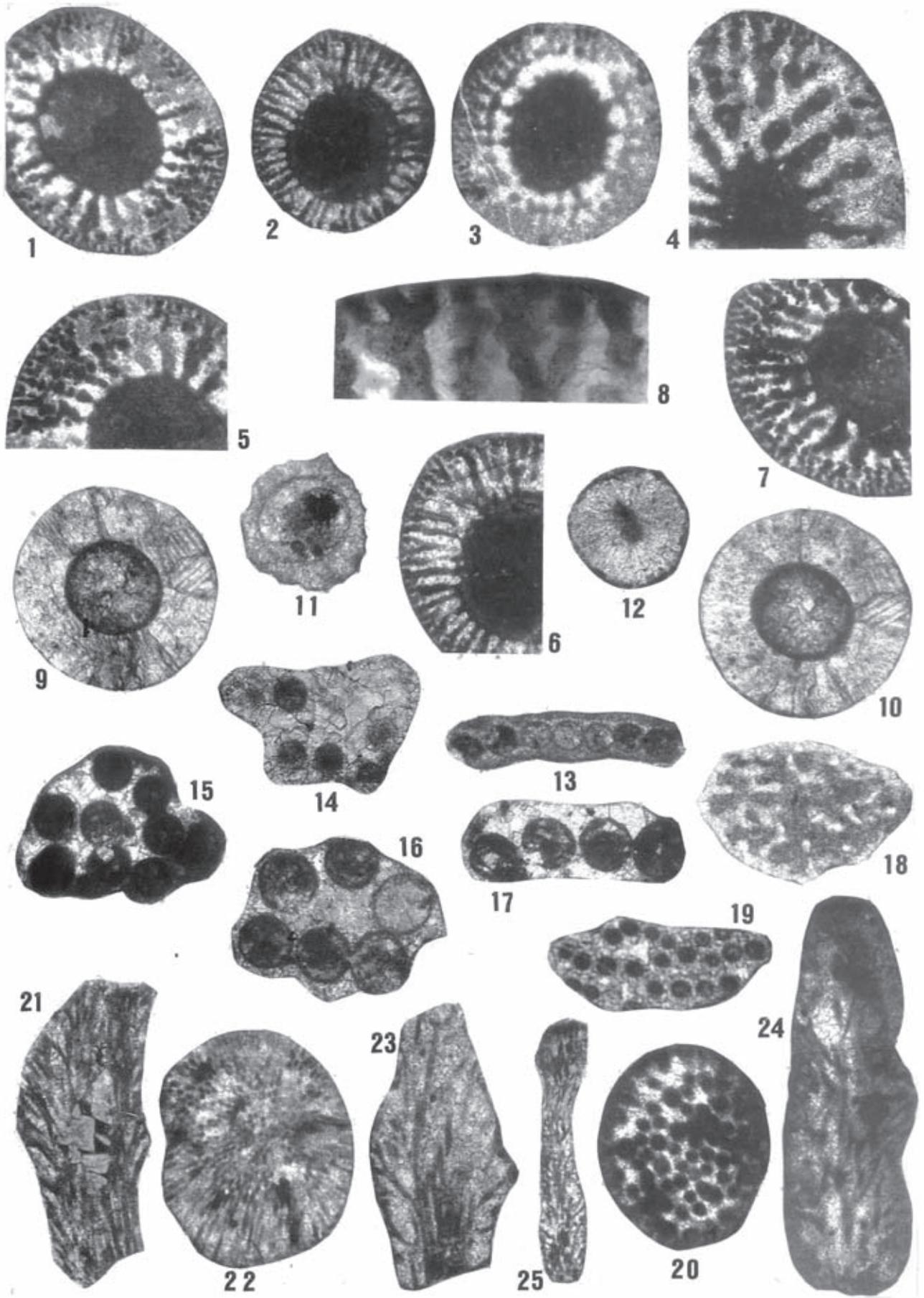


Planche 5- Plate 5

Figs 1-2 *Bevocastria fragilis* Berchenko 1981.

Cette Avrainvillaceae nodulaire est très semblable à *Bevocastria dichotoma* Istchenko 1985 et elles pourraient être synonymes. *This nodular Avrainvillaceae is very similar to Bevocastria dichotoma Istchenko 1985 and both could be synonymous.*

1. ph ulb 2992, W159, 63X, Wellin 1, Lagon F-*Lagoon F*, Trois-Fontaines ; 2. ph ulb 2764, W604, 10X, Wellin 2, Flanc à Stromatopores et Brachiopodes - *Stromatopore -brachiopod Flank* (C-D), Trois-Fontaines.

Figs 3-5 *Issinella devonica* Reitlinger 1954.

3. ph ulb 3074, W45, 98X, Wellin 1, Marin ouvert-*Open marine* A2, Hanonet ; 4. ph ulb 3073, W45, 98X, comme-as fig3 ; 5. ph ulb 3070, W45, 98X, comme-as fig3.

Figs 6-7 *Pseudosolenopora* sp.

6. ph ulb 2734, W545, 10X, Wellin 2, Flanc à Udotéacées-*Udoteacean Flank* (C-D), Hanonet ; 7. ph ulb 2769, W606, 10X, Wellin 2, Transition E, Trois-Fontaines.

Fig. 8 *Kamaena delicata* Antropov 1967.

8. ph ulb 3078, W47, 63X, Wellin 1, Marin ouvert-*Open marine* A2, Hanonet

Fig. 9 *Sphaerocodium gotlandicum* Rothpletz 1908 emend Wood 1948.

9. ph ulb 3051, W72, 63X, Wellin 1, Transition B, Hanonet. A l'opposé de l'habitus normalement encroûtant du genre, *Sphaerocodium* est ici sous forme de grains et de thalles isolés. *Contrary to the common encrusting habitus, Sphaerocodium is here as grains or isolated thalli.*

Fig. 10 *Sphaerocodium tortuosum* Mamet in Mamet et al., 1999.

10. ph ulb 3009b, W82, 25X, Wellin 1, comme-as Fig. 9

Fig. 11 Branches terminales d'un *Litanaia* (probablement *Paralitanaia*). *Terminal branches of a Litanaia -probably Paralitanaia*

11. ph ulb 3023, W82, 63X, Wellin 1, comme-as Fig. 9

Fig. 12 *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge 1878.

12. ph ulb 3057, W66, 63X, Wellin 1, Transition B, Hanonet

Diagenèse, réduction sulfatée, filaments et pyrite framboïdale. *Diagenesis, sulfate reduction, filamentous and framboidal pyrite.*

Fig. 13 Punctae dans Brachiopode ponctué envahis par la pyrite. *Pyrite filling a punctate brachiopod.*

13. ph ulb 2528, W29, 63X, Wellin 1, Marin ouvert-*Open marine* A1, Hanonet ; 14, 18, 19. Pyrite filamenteuse et sphérolitique. Les filaments peuvent descendre jusqu'à 3µm de diamètre encore que celui-ci a été élargi par recristallisation. *Filamentous and framboidal pyrite. Diameter are usually increased by recrystallization, but can be as small as 3µm.*

Figs 14, 18-19. Pyrite filamenteuse-*Filamentous pyrite.*

14. ph ulb 2789b, W614, X250, agrandissement de la -*magnification of Fig. 19* ; 18. ph ulb 2519, W19, X250, Wellin 1, Marin ouvert- *Open marine* A1, Hanonet ; 19. ph ulb 2789, W614, X93 Wellin 2, Transition E, Trois-Fontaines.

Fig. 15 Pseudomorphe de calcite d'après des cristaux de sulfates croissant sur des filaments pyriteux. *Calcite pseudomorph after original sulfate crystals growing on pyrite filaments.*

15. ph ulb 2723, W537, Wellin 2, Transition B, Hanonet

Fig. 16 Pyrite sphérolitique sur filaments pyritisés. *Spherulitic pyrite on pyrite filaments.*

16. ph ulb 2524, W28, 98X, Wellin 1, comme-as Fig. 18

Figs 17 et 20 Agglomérats de pyrite framboïdale sur des fantômes de filaments. *Framboidal pyrite clusters on filament ghosts.*

17. ph ulb 2790, W614, 250X, Wellin 2, Transition E, Trois-Fontaines, agrandissement de la -*magnification of Fig. 20* ; 20. ph ulb 2790, W614, 98X.

