

# ORIGINE MICROBIENNE DU PIGMENT FERRUGINEUX DES MONTICULES MICRITIQUES DU FRASNIEN DE L'ARDENNE<sup>1</sup>

par

Frédéric BOULVAIN<sup>2</sup>

(3 figures et 1 planche)

**RESUME.**- Des observations en lame mince permettent de démontrer l'origine microbienne du pigment ferrugineux, abondant dans certains microfaciès de monticules micritiques du Frasnien de l'Ardenne. Ces observations permettent également de préciser le comportement du pigment au cours de la diagenèse.

**ABSTRACT.**- Study of thin sections demonstrates the microbial origin of red iron oxide pigment, very abundant in some microfacies in Frasnian micritic mounds from Ardennes. It is also possible to specify the evolution of pigment during diagenesis.

## INTRODUCTION

Dès les premières descriptions des monticules micritiques de la partie supérieure du Frasnien moyen de l'Ardenne (appelés alors «récifs de marbre rouge») par Dupont (1882) et d'autres, l'origine du pigment ferrugineux de ces calcaires a suscité nombre de controverses. Présent dans la matrice à des teneurs allant jusqu'à plus de 5 % de  $Fe_2O_3$ , ce pigment est responsable des nuances de couleur du marbre, variant du gris au rouge foncé («griotte») en passant par le rose («royal»).

L'origine de ce pigment a été attribuée à des circulations d'eaux durant la diagenèse (Harroy, 1910) ou à des apports détritiques (Delhaye, 1908, 1932; Lecompte, 1936, 1956, 1958, 1959; Moniez, 1961; Reijers, 1985). L'argument principal avancé par les tenants de la seconde hypothèse est la corrélation positive entre teneur en fer et teneur en argiles. Récemment, Monty et coll. (1982) ont suggéré une origine microbienne à la fois pour la micrite et son pigment ferrugineux. Van Laer (1988) a depuis, illustré l'origine microbienne de certaines accrétions hématitiques de cavité (microstromatolithes qu'il assimile parfois à des «Renalcis»).

Le but de cette note est de démontrer l'origine microbienne (*Fungi* ou *Bacteria*) de l'ensemble du pigment ferrugineux et de montrer son comportement durant la diagenèse.

## APERÇU SEDIMENTOLOGIQUE

Trois niveaux stratigraphiques comportant des monticules micritiques se succèdent au sein du Frasnien moyen du bord sud du synclinorium de Dinant. Dans le Massif de Philippeville (fig. 1), les deux premiers niveaux de monticules micritiques sont remplacés par deux niveaux de calcaires biostromaux (voir Lecompte, 1959 par exemple).

La présente étude est consacrée aux monticules les plus jeunes, classiquement rangés dans le «F2j» (Maillieux & Demanet, 1928). Il s'agit dans le Massif de Philippeville, de constructions lenticulaires d'une soixantaine de mètres de puissance, isolées au sein d'un encaissant argilo-carbonaté.

Ces édifices ont commencé à se développer après une transgression marine (Tsien, 1980). Boulvain (1988) a récemment proposé un modèle sédimentologique des monticules micritiques du Massif de Philippeville (fig. 2). Ce modèle comprend dix microfaciès (MF) qui, dans l'ordre de la séquence virtuelle locale et en partant des milieux les plus profonds consistent en :

1. Manuscrit reçu en janvier 1989.

2. Boursier CEE, Laboratoire de Pétrologie Sédimentaire, Bât. 504, Université de Paris-XI, 91405 Orsay cedex, France et Laboratoires Associés de Géologie-Pétrologie-Géochronologie, Université Libre de Bruxelles, 50 av. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique.

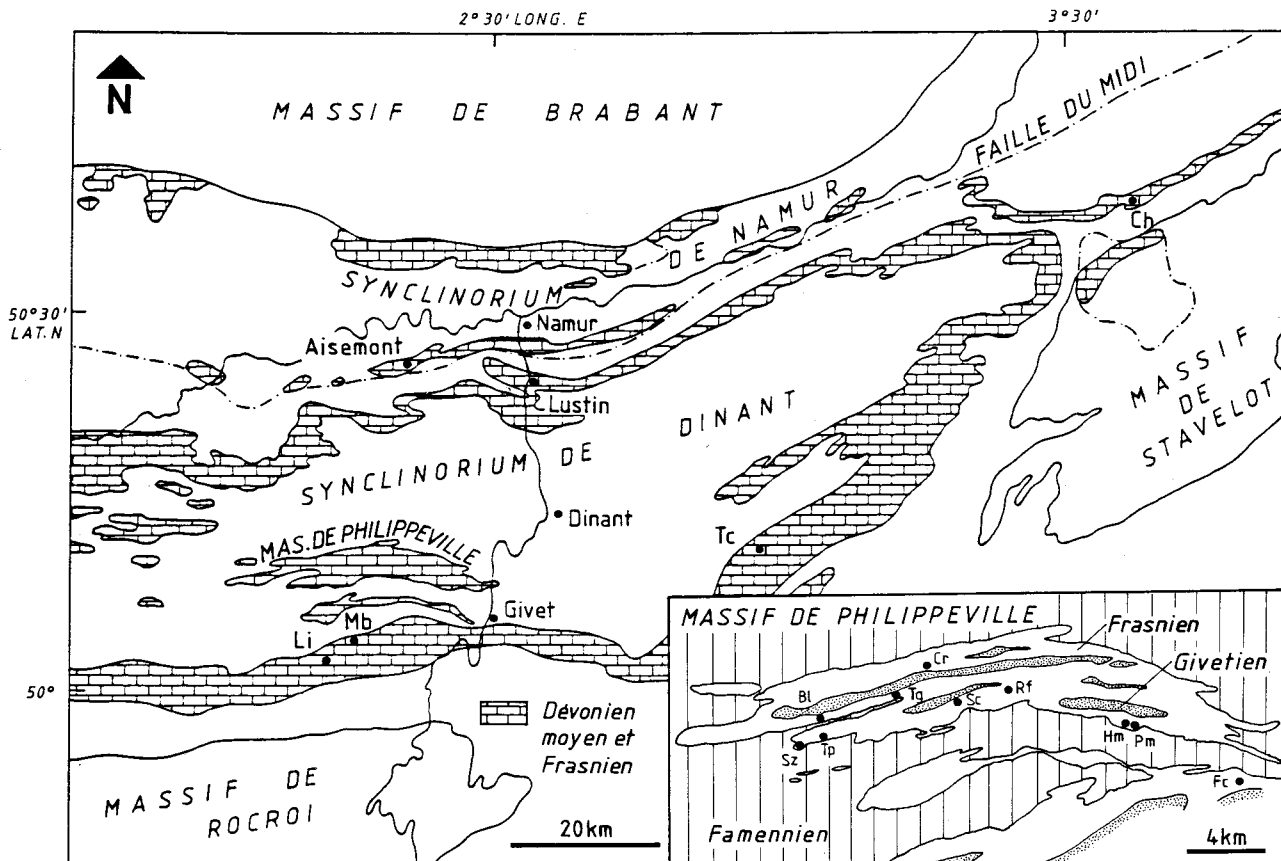


Fig. 1.- carte géologique sommaire des affleurements de Dévonien Moyen et Frasnien dans le Sud de la Belgique. Monticules micritiques «F2j» étudiés : Li: carrière du Lion; Mb: chemin de fer de Mariembourg; Tc: carr. du Tiers Cocrai; Ch: sondage de Chaudfontaine; Sz: carr. de Beauchâteau; Bl: carr. des Bulants; Tp: carr. de Tapoumont; Tg: carr. de Tiène à l'Gatte; Cr: carr. des Croisettes; Sc: carr. des Wayons; Rf: carr. de Rochefontaine; Hm: carr. de Hautmont; Pm: carr. du Petit-Mont et Fc: affleurement du Fort-Condé.

- mudstones et wackestones argileux gris-verts à éponges, représentant la sédimentation infra- et péri-biohermale (MF1);

- mudstones rouges à *Stromatactis* et spicules d'éponge (MF3) qui s'enrichissent progressivement au fur et à mesure de la croissance des édifices d'abord en coraux (MF4), ensuite en crinoïdes et péloïdes algaires (MF5);

- wackestones bioclastiques rouges, déposés sur les flancs des lentilles (MF2);

- wackestones et packstones rouges et roses à *fenestrae* irrégulières, représentant des reliques de tapis micro-organiques (Boulvain et coll., 1987), nombreux péloïdes algaires, brachiopodes et coraux (MF6); ces faciès sont typiques du coeur des biohermes;

- bindstones et coverstones (*sensu* Tsien, 1981) roses à gris algaires et cryptalgaires, à coraux, éponges *Renalcis*, *Palaeomicrocodium* et stromatopores, typiques des zones moyennes et supérieures des édifices (MF7);

- wackestones et packstones gris à péloïdes, encroûtements algaires et Codiacées-Udotécées, caractéristiques du sommet des édifices (MF8);

- grainstones à crinoïdes et bioclastes, mis en place sur les flancs des édifices, sous forme de coulées sableuses interstratifiées dans la sédimentation argileuse péri-biohermale (MF9);

- remplissages de cavités (MF10).

Cette séquence locale témoigne d'une diminution de profondeur, due d'abord à l'accrétion biohermale (MF 1,3,4,5,6), ensuite à une régression marine à l'échelle du bassin (MF 7,8), enregistrée également dans les zones les plus internes de la plate-forme. Certains monticules micritiques montrent à leur sommet une récurrence des faciès rouges avant leur envasement par des schistes à faune appauvrie (faciès «Matagne»), qui correspondent à une nouvelle transgression.

## ORIGINE MICROBIENNE DU PIGMENT FERRUGINEUX

L'étude sédimentologique montre clairement à la fois la liaison entre la couleur (teneur en fer) et le type de microfaciès (Boulvain et coll., *op. cit.*) et la corrélation positive entre profondeur du milieu de

## MASSIF DE PHILIPPEVILLE

### Modèle de monticule micritique (3<sup>e</sup> niv.)

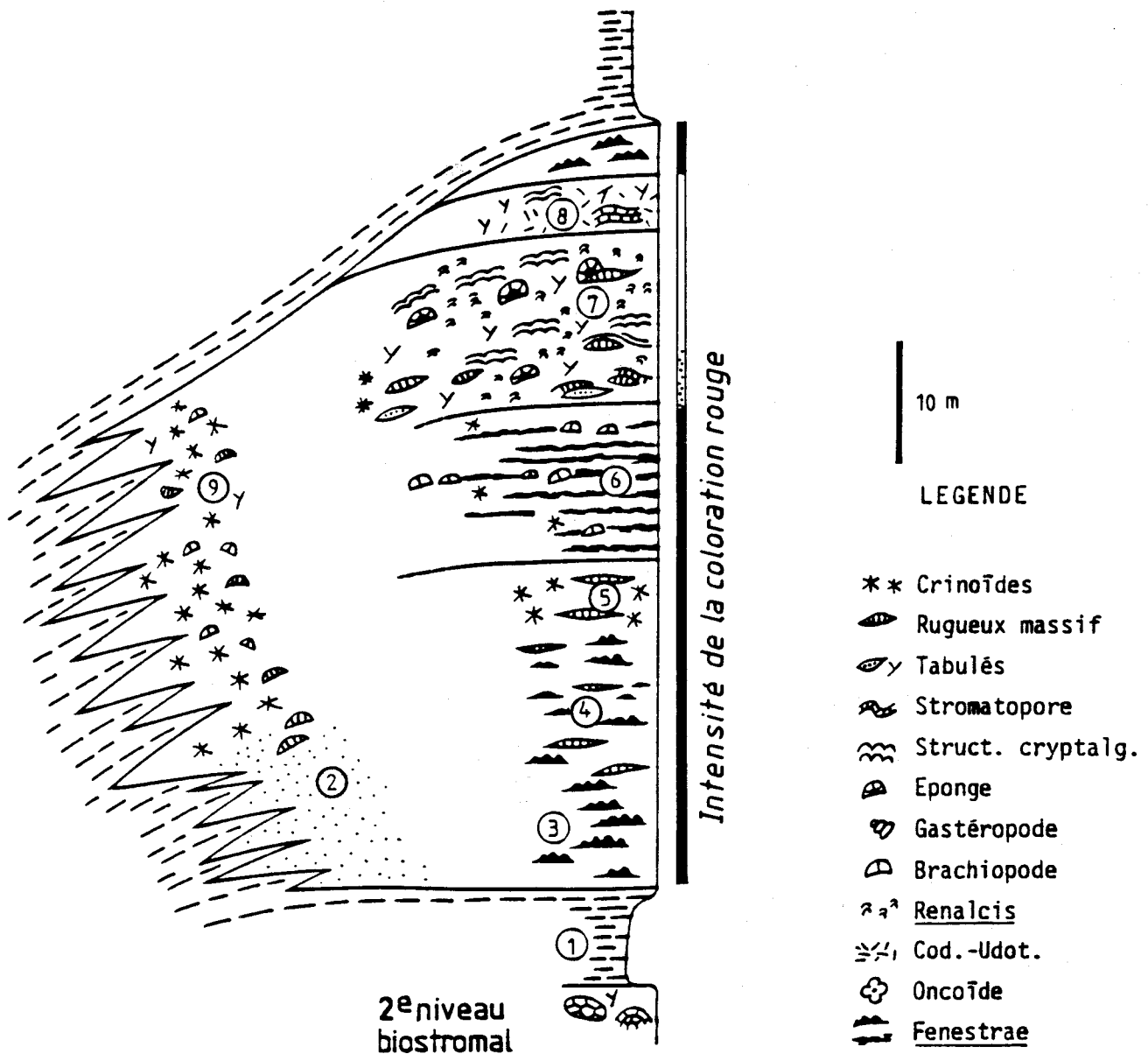


Fig. 2.- modèle de monticule micritique de la partie supérieure du Frasnien dans le Massif de Philippeville. Les numéros cirés correspondent aux microfaciès (voir texte).

dépôt et teneur en pigment ferrugineux et argiles. La récurrence des faciès rouges sommitaux est à cet égard très instructive.

L'examen en lame mince de remplissages de cavité à la coloration rouge particulièrement intense (fig. 3) montre l'organisation du pigment en un feutrage lâche (Pl. 1 : A), cimenté par de la calcite radiaxiale et de la sparite. A plus fort grossissement (Pl. 1 : B et C), on voit apparaître un réseau de filaments non dichotomes de 1 à 3  $\mu\text{m}$  de diamètre pour plusieurs dizaines de  $\mu\text{m}$  de

longueur. Ces filaments sont accompagnés de sphères de 5 à 10  $\mu\text{m}$  de diamètre. Tous ces éléments sont constitués d'hématite. Ces morphologies sont typiques de micro-organismes ferro-oxydants filamenteux et coccoïdes, tels ceux illustrés par exemple par Harder (1919) ou très récemment par Karl et coll. (1988) dans la nature actuelle (bactéries), ou par Dahanayake & Krumbein (1986) dans l'Ancien (*Fungi*).

Au microscope électronique à balayage, sur des échantillons cassés ou polis et ayant subi une

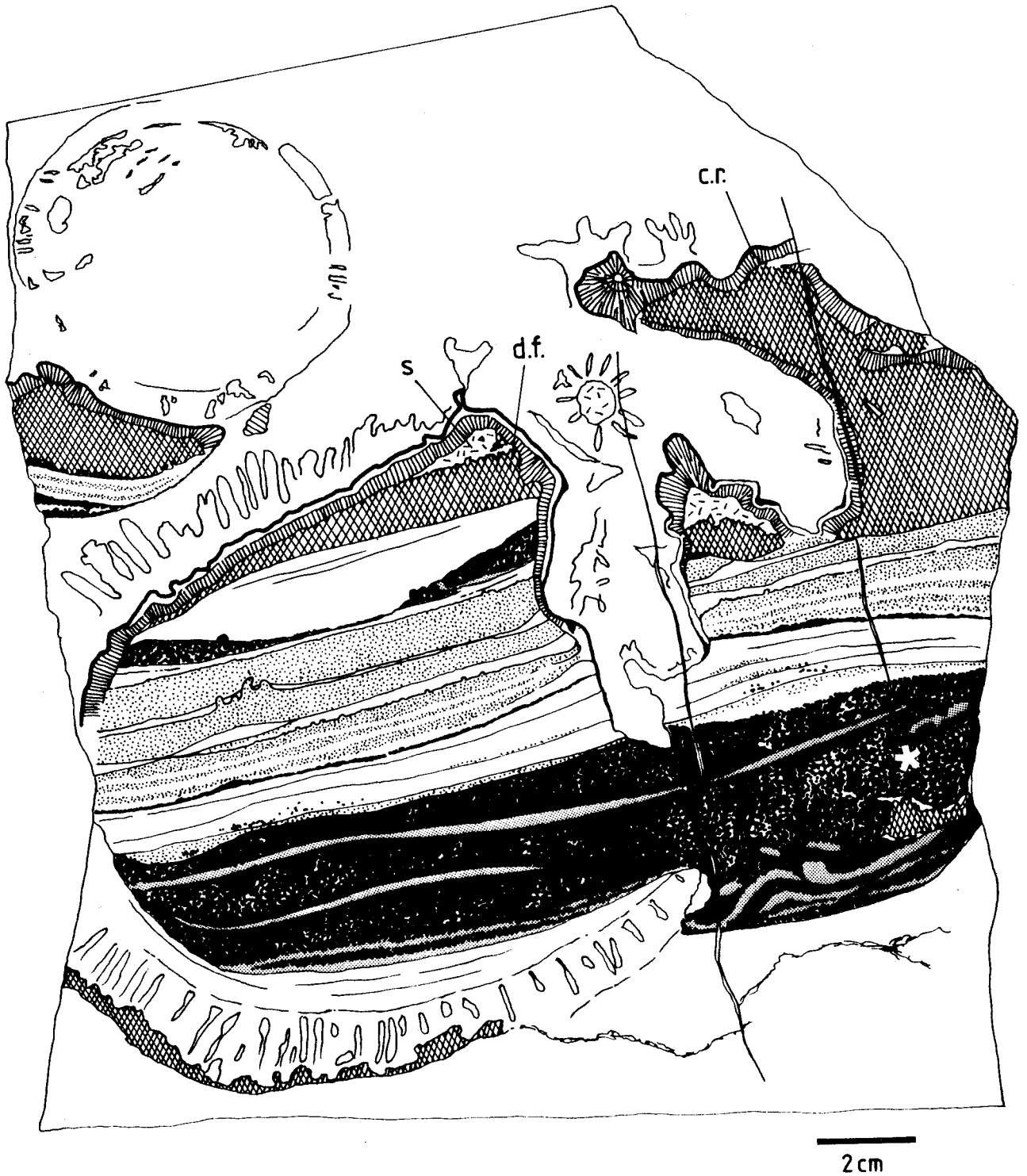


Fig. 3.- Bloc scié provenant de la carrière de Rochefontaine (Franchimont) :

éponge à remplissage complexe; en blanc : micrite rose, en pointillé fin : tapis algaire à péloïdes, en pointillé grossier : tapis à péloïdes et feutrage hématitique microbien; s: sparite, d.f.: dolomite ferrifère; c.r.: calcite radiaxiale. L'astérisque blanc situe la lame mince RFX (Pl. 1 : A,B,C).

attaque acide ménagée, ne s'observent plus que des arrangements lâches de paillettes d'hématite sans structure filamenteuse ou coccoïde. Cette structure, bien visible en lame mince, disparaît lors de l'attaque acide, par dissolution du support calcitique qui maintenait sa cohésion.

Dans certaines cavités métriques des monticules, les micro-organismes peuvent participer à l'édification de voiles ou de microstromatolithes colonnaires de quelques millimètres de hauteur (illustrés par Mamet & Boulvain, 1988).

Dans les mêmes conditions d'observation, dans les faciès rouges (MF1-6), l'examen de la matrice micritique ne révèle la plupart du temps que des traces diffuses d'oxydes de fer. Dans certaines zones, toutefois, apparaissent des reliques de filaments qui, à la lumière des observations effectuées sur les échantillons provenant de cavités, peuvent être rapportés à un feutrage de micro-organismes ferro-oxydants (Pl. 1 : D). Ce feutrage, conservé dans certaines cavités et scellé par de la sparite a été détruit dans la matrice par le néomorphisme de la micrite. L'intensité du néomorphisme conditionne le degré de préservation du feutrage microbien.

## CONCLUSION

On peut reconstituer l'histoire du pigment ferrugineux de la manière suivante :

- accréation, sous la zone photique, des sédiments constituant la base des monticules (MF2, 3) et développement dans le sédiment de communautés microbiennes ferro-oxydantes. Le sédiment, quoique riche en oxydes de fer bioprécipités contient parfois de la pyrite. Dans les cavités les plus importantes, les communautés microbiennes forment des feutrages de tubes et occasionnellement participent à l'érection de microstromatolithes. Début de la précipitation précoce du précurseur magnésien de la calcite radiaxiale;

- les zones moyennes et supérieures des monticules se développent dans la zone photique (MF4, 5, 6) et même, après une régression marine, dans la zone d'action des vagues (MF7, 8). On assiste à une disparition progressive de la communauté à micro-organismes ferro-oxydants, pour des raisons vraisemblablement liées à une meilleure oxygénation du milieu;

- récurrence des faciès rouges (MF 3,4,5), à la suite d'une transgression marine rapide; nouveau développement de micro-organismes ferro-oxydants; passage sous la zone photique;

- fin de l'accréation biohermale et dépôt de schistes pyriteux à faune appauvrie;

- enfouissement du bioherme; précipitation de plusieurs générations de calcite sparitique (Boulvain, 1989). Dans les cavités, ces ciments ont pour effet de sceller les communautés microbiennes et de les préserver d'une dégradation ultérieure. Au sein du sédiment, début des processus de néomorphisme de la micrite et destruction progressive du feutrage microbien. Les oxydes de fer sont totalement dispersés au sein du microspar, donnant leur couleur rouge aux calcaires des zones inférieures et tout à fait

supérieure des monticules micritiques. Seules des reliques de filaments demeureront sous forme de traînées éparses d'oxydes de fer.

## REMERCIEMENTS

Ces recherches ont été rendues possibles grâce à une bourse sectorielle de la CEE. Mes plus vifs remerciements vont à Messieurs A. Herbosch et B.H. Purser qui ont bien voulu relire le manuscrit et y ont apporté des améliorations substantielles.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOULVAIN, F., 1988. Anatomy of a Frasnian mud mound, Beauchâteau quarry, Belgium (abstract). 9th. IAS Eur. Reg. Meet. Sedimentology, Leuven : 28-29.
- BOULVAIN, F., 1989. Observations sur la cimentation des cavités des biohermes de marbre rouge de la partie supérieure du Frasnien franco-belge. *Ann. Soc. géol. Belg.*, ss. presse.
- BOULVAIN, F., COEN-AUBERT, M. & TOURNEUR, F., 1987. Sédimentologie et Coraux du bioherme de marbre rouge frasnien («F2j») de Tapoumont (Massif de Philippeville, Belgique). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 110 : 225-240.
- DAHANAYAKE, K. & KRUMBEIN, W.E., 1986. Microbial structures in oolitic iron formations. *Mineral Deposita*, 21 : 85-94.
- DELHAYE, F., 1908. Etude de la formation des récifs de calcaire rouge à *Rhynchonella cuboides* (note préliminaire). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 35 : 243-253.
- DELHAYE, F., 1932. Les différences de faciès des récifs à «*Acervularia*» de la bande Fromelonne-Trélon et du Massif de Philippeville. *Bull. Soc. belge Géol.*, 42 : 86-94.
- DUPONT, E., 1882. Le terrain dévonien de l'Entre-Sambre-et-Meuse. Les îles coralliennes de Roly et de Philippeville. *Bull. Mus. roy. Sc. nat. Belg.*, 1 : 89-160.
- HARDER, E.C., 1919. Iron-depositing bacteria and their geologic relations. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, 113 : 89 p.
- HARROY, J., 1910. Les masses de calcaire construit et leurs relations avec les schistes qui les environnent. Contribution à l'étude du Frasnien. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 37 : M315-333.
- KARL, D.M., McMURTRY, G.M., MALAHOFF, A. & GARCIA, M.O., 1988. Loihi Seamount, Hawaii : a mid-plate volcano with a distinctive hydrothermal system. *Nature*, 335 : 532-535.
- LECOMPTE, M., 1936. Contribution à la connaissance des «récifs» du Frasnien de l'Ardenne : étude lithologique du récif exploité à la nouvelle carrière du Château Gaillard à Trélon (France). *Mém. Inst. Géol. U.C.L.*, 10 : 30-113.
- LECOMPTE, M., 1956. Quelques précisions sur le phénomène récifal dans le Dévonien de l'Ardenne et sur le rythme sédimentaire dans lequel il s'intègre. *Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, 32 : 39 p.
- LECOMPTE, M., 1958. Les récifs dévoniens de la Belgique. *Bull. Soc. Géol. France*, 7 : 1045-1068.
- LECOMPTE, M., 1959. Compte-rendu de la Session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie consacrée à l'étude du phénomène récifal dévonien dans la partie occidentale du Bassin de Dinant et du Bassin de Namur. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 83 : 134-153.
- MAILLIEUX, E. & DEMANET, F., 1928. L'échelle stratigraphique des terrains primaires de la Belgique. *Bull. Soc. belge Géol.*, 38 : 124-131.
- MAMET, B. & BOULVAIN, F., 1988. Remplissages bactériens de cavités biohermales frasnien. *Bull. Soc. belge Géol.*, 97 : 63-76.

MONIEZ, M., 1961. Contribution à l'étude du Frasnien de la région de Trélon. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 81 : 105-112.

MONTY, C.L.V., BERNET-ROLLANDE, M.C. & MAURIN, A.F., 1982. Re-interpretation of the Frasnian classical «reefs» of the southern Ardennes, Belgium (extended abstract). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 105 : 339-341.

REIJERS, T.J.A., 1984. Devonian carbonate facies patterns in the Dinant synclinorium, Belgium. *Geologie en Mijnbouw*, 16 : 19-29.

TSIEN, H.H., 1980. Les régimes récifaux dévoniens en Ardenne. *Bull. Soc. belge Géol.*, 89 : 71-102.

TSIEN, H.H., 1981. Ancient reefs and reef carbonates. *Proc. of the 4th Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 1 : 601-609.

VAN LAER, P., 1988. Nature et origine des mud mounds pré-cénozoïques, avec exemples du Frasnien belge et canadien, du Waulsortien d'Irlande, du Jurassique d'Espagne et du Crétacé du Sud-Est de la France. Thèse Doct. Sc., Université de Liège, non publié, 547 p.

## PLANCHE 1

- A. lame mince RFX, cavité due à une éponge dans MF6 (carrière de Rochefontaine, Franchimont), lumière analysée. Péloïdes et feutrage microbien hématitique dans de la calcite radiaxiale et de la sparite. Echelle : 1,5 mm.
- B. lame mince RFX, lumière analysée. Filaments et coccoïdes microbiens en hématite. Echelle : 100  $\mu\text{m}$ .
- C. lame mince RFX, lumière analysée, immersion d'huile. Filaments et coccoïdes microbiens en hématite dans de la calcite sparitique. Echelle : 50  $\mu\text{m}$ .
- D. lame mince CR1, MF5, matrice, zone dépourvue de sutures de pression-dissolution, carrière des Croisettes, Vodecée. Mêmes conditions d'observation que fig. C : microspar et reliques de filaments microbiens en hématite. Echelle : 50  $\mu\text{m}$ .

