

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DES CALCAIRES GIVETIENS A VAUCELLES (BORD SUD DU SYNCLINORIUM DE DINANT)¹

par

A. PREAT & F. BOULVAIN²

(5 figures et 1 tableau)

RESUME.- L'analyse sédimentologique détaillée des coupes de Vaucelles permet de définir une séquence standard composée de 12 microfaciès carbonatés (MF1 à MF12) caractérisant des milieux de dépôts comparables à ceux que l'on rencontre aujourd'hui dans les plates-formes carbonatées (Purser, 1980). L'essentiel de la sédimentation est conditionné par le jeu des chenaux de marée et de leurs divagations, par la rupture de cordons oolithiques et par le développement de platiers algaires.

L'analyse quantitative des microfaciès montre que ce sont les faciès lagunaires MF9 qui dominent nettement en représentant plus de 35 % de l'ensemble des sédiments. Ils s'apparentent aux environnements lagunaires situés en milieux protégés (Wilson, 1975) et sont assez comparables aux "tidal flat ponds" actuels décrits aux îles Andros par Hardie (1977).

Des corrélations séquostratigraphiques établies avec la coupe de référence du Groupe de Givet à Givet (Errera, Mamet & Sartenaer, 1972) permettent d'attribuer les coupes de Vaucelles à la Formation de Trois-Fontaines. Cette dernière présente cependant une réduction importante d'épaisseur des sédiments à Vaucelles par rapport à son équivalent à Givet et pourrait traduire la présence d'un haut-fond à Vaucelles.

ABSTRACT.- The detailed sedimentological study of the Vaucelles quarries has allowed the definition of a standard sequence of 12 carbonate microfacies (MF1 to MF12) comparable to those of recent carbonate platform environments (Purser, 1980). The sedimentation depends essentially on the migration of tidal channels, the destruction of oolitic bars and the development of algal mats.

A quantitative analysis of the microfacies shows that the "MF9" lagoonal facies are the most important since they make up more than 35 % of the studied profiles. They are very similar to the restricted marine lagoons of very shallow protected environments (Wilson, 1975), but it is also possible to compare with the recent tidal flat ponds described by Hardie (1977) from Andros Island in the Bahamas.

Correlation by sequential analysis with the reference section of the Givet Group at Givet (Errera, Mamet & Sartenaer, 1972) shows that the Vaucelles quarries correspond to the Trois-Fontaines Formation (lower Givetian). However, the succession at Vaucelles appears in considerably reduced thickness, which may be due to the presence of a submarine high in this area.

INTRODUCTION

Le lieu-dit "Montagne-la-Carrière", situé près du village de Vaucelles (fig. 1), au bord sud du Synclinorium de Dinant, doit son nom à quelques exploitations ouvertes dans le "Gva" ou "Calcaire de Givet à *Stringocephalus Burtini*" de la carte géologique au 40.000ème (planchette n° 183 de Sautour-Surice)

Ces carrières, abandonnées depuis plusieurs décennies, exposent des calcaires dont l'altération est

particulièrement propice à une description sédimentologique. Ils n'ont, à notre connaissance, jamais fait l'objet d'études détaillées.

¹ Manuscrit reçu le 24 octobre 1982, communication présentée le 16 novembre 1982.

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

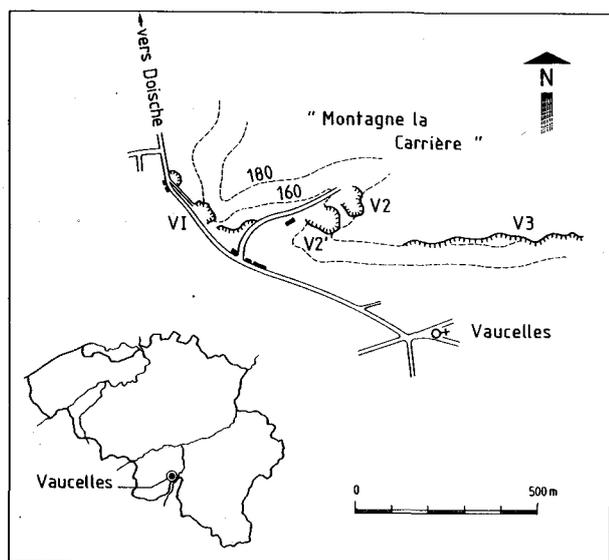


Figure 1

Localisation géographique des carrières de Vaucelles

Il nous a donc paru utile de préciser tout d'abord les relations stratigraphiques entre ces différentes carrières (coupes V1, V2, V2', V3 sur la fig. 1), puis d'en établir une description sédimentologique détaillée. A partir de ces données, des corrélations séquostratigraphiques établies avec la coupe de référence du Groupe de Givet à Givet (Errera, Mamet & Sartenaer, 1972) permettront d'attribuer les coupes de Vaucelles à la Formation de Trois-Fontaines.

METHODE DE TRAVAIL

Une centaine de mètres de couches (direction E-W, pendage 28-35°N) ont été étudiées banc par banc dont soixante-sept mètres avec prélèvement d'échantillons pétrographiques tous les vingt à trente centimètres.

L'analyse sédimentologique permet d'y définir douze microfaciès caractérisant des milieux de dépôt comparables à ceux que l'on rencontre aujourd'hui dans les plates-formes carbonatées (Purser, 1980). La succession de ces microfaciès définit une séquence standard et une courbe lithologique. L'analyse de cette dernière permet de retrouver les rythmes et les séquences sédimentaires décrits à Givet (Errera *et al.*, 1972).

* Manocalcimètre Elf-Aquitaine. Brevet S.N.P.A.

DEFINITION ET DESCRIPTION DES MICROFACIÈS

Sous forme condensée, nous donnons successivement pour chaque microfaciès ("MF") :

- son nom ;
- sa description (les organismes étant cités par ordre d'abondance relative décroissante) ;
- sa teneur moyenne en dolomite et/ou insolubles déterminée par manocalcimétrie* ;
- son interprétation en terme de paléoenvironnement ;
- son correspondant éventuel dans la séquence idéalisée des vingt-quatre microfaciès standards ("SMF") définis par Wilson (1975) ;
- le terme lithologique qui lui correspond dans la série virtuelle locale établie à Givet par Errera *et al.* (1972).

L'ordre de description des microfaciès définit la séquence standard des coupes étudiées et marque le passage d'un milieu marin franc à un milieu supracotidal de plus en plus restreint.

MF1 : Wackestones ou mudstones argileux non bioturbés, à fines coquilles (principalement Gastéropodes), articles de Crinoïdes, fragments de Trilobites ou parfois de Bryozoaires, occasionnellement quelques Dasycladacées remaniées. La matrice est une micrite très fine.

Contenu en insolubles supérieur à 10 °/o.

Milieu marin franc situé sous la zone d'action des vagues. L'abondance et le parfait état de conservation d'organismes vivant en milieu ouvert, la teneur importante en insolubles, l'absence d'encroûtement de Cyanophycées témoignent d'un milieu ouvert, d'une agitation faible, et d'un taux de sédimentation assez élevé. On devrait s'attendre à trouver quelques Rhodophytes dans pareil environnement. Celles-ci sont toutefois absentes ou très rares dans toute la série étudiée.

SMF-8 : "whole fossils wackestone, shelf facies open circulation".

Terme B : calcaires noduleux et calcaires calcschisteux.

MF2 : Wackestones ou packstones à Brachiopodes souvent encroûtés par *Bevoastria* Garwood, 1931, Crinoïdes, débris de Trilobites, de Gastéropodes et parfois de Bryozoaires. La matrice micritique contient des fragments d'Algues (*Issinella* Reitlinger, 1954 ; *Proninella* Reitlinger, 1971). La bioturbation intense est à l'origine de l'homogénéisation du sédiment. Contenu en insolubles souvent proche de 8 °/o.

Milieu ouvert peu profond. Les coquilles de Brachiopodes parfois brisées, les fragments altérés de Crinoïdes et les encroûtements algaires continus (Cyanophytes, Codiacées) témoignent d'une agitation modérée responsable d'un certain transport. La bioturbation intense et la présence d'encroûtements algaires continus indiquent un faible taux de sédimentation. Les fragments de Dasycladacées sont vraisemblablement importés.

SMF-9 : "bioclastic wackestone, shelf facies, open circulation".

Terme C : calcaires impurs, grenus, à Encrines et Stromatopores lamellaires.

MF3 : Packstones recristallisés à péloïdes (Purser, 1980), Issinelles, Stromatopores lamellaires, Crinoïdes, Coraux (Rugueux et Tabulés). On rencontre sporadiquement quelques Calcisphères, *Parathuramina* Souleimanov, 1945, *Bisphaera* Birina, 1948, *Kamaena* Antropov, 1967, et des fragments de coquilles.

Milieu d'avant-récif, peu profond et modérément agité, ainsi qu'en témoigne notamment la présence de Stromatopores lamellaires (Tsien, 1980).

Terme C : calcaires impurs, grenus, à Encrines et Stromatopores lamellaires.

MF4 : Boundstones à Stromatopores globulaires, parfois digités ou encroûtants et Coraux.

Contenu en insolubles inférieur à 2 %.

Nappe récifale formée par l'accumulation sur place de Stromatopores et de Coraux en milieu turbulent de faible profondeur, à l'abri de tout apport terrigène.

SMF-7a : "in situ organic growth of massive and robust forms".

Terme D : calcaires massifs à Stromatopores constructeurs.

MF5 : Rudstones (Embry & Klovan, 1971) à débris de Stromatopores de Coraux (dont principalement *Thamnopora*, *Alveolites* et *Trachypora*) de Brachiopodes et occasionnellement de Bryozoaires. Le ciment carbonaté fait parfois place à une matrice argileuse.

Milieu péri-récifal agité, à sédimentation dominée par l'apport de matériaux provenant d'une nappe récifale ou d'un récif (MF4).

SMF-6 : "reef rudstone, coarse gravel of biogenic pieces derived from reef top or reef flank organisms".

Terme E : calcaires fortement remaniés, biosparites, lumachelles.

MF6 : Floatstones (Embry & Klovan, 1971) à débris remaniés d'origine récifale (principalement

Coraux et Stromatopores). La matrice micritique, souvent péloïdique, est parfois légèrement recristallisée en microspar et contient d'abondants organismes : Issinelles, Kamaenidés, Proninelles, Codiacées, Porostromates, Pélécytopodes, fragments d'Ostracodes, Gastéropodes à coquilles épaisses, *Bisphaera*, Parathuraminidés. Les débris d'origine récifale et les Gastéropodes sont fréquemment encroûtés ("enveloppe micritique" Bathurst, 1966), les Algues sont bien conservées.

Milieu d'arrière-récif en contact occasionnel avec le milieu marin franc, agitation et taux de sédimentation moyen à faible, permettant le développement d'enveloppes micritiques.

SMF-5 : "Floatstone reef flank facies composed mainly of organic debris from organisms inhabiting reef top of flank".

Terme E : calcaires fortement remaniés, biosparites, lumachelles.

MF7 : Grainstones à péloïdes ou à lumps (Illing, 1954) parfois disposés en stratification oblique ou entrecroisée, contenant des Pélécytopodes souvent encroûtés, des Issinelles, des fragments de Gastéropodes, des "mud-coated-grains", des Calcisphères, des Algues, quelques Brachiopodes et Crinoïdes. La taille des péloïdes est homogène (environ 200 μ m).

Malgré le développement important de ciment sparitique drusique, des vestiges de ciment en frange isopaque sont conservés autour de plusieurs grains et traduisent des phénomènes de cimentation précoce en milieu marin peu profond (Bricker, 1971 ; Longman, 1980 ; Purser, 1980).

L'origine des péloïdes est diverse : pellets fécaux (Annélides, Mollusques, Arthropodes), grains carbonatés micritisés à micritisation centripète par microperforations répétées d'algues endolithiques ou centrifuge par précipitation de calcite micritique sur des filaments algaires exolithiques (Kobluk & Risk, 1977), pelotes de Codiacées roulées.

Contenu en insolubles généralement inférieur à 5 %.

Milieu à circulation d'eau assez restreinte, modérément agité, "dunes" ou "bancs de sable" intralagunaires. Ce type de sédiment s'observe aujourd'hui en milieu intercotidal où il constitue des levées de dimension limitée à une centaine de mètres et hautes d'une vingtaine de centimètres (Hardie, 1977).

SMF-16 et SMF-17 : "peloidal grainstone and grapestone pelsparite, restricted marine shoals".

Terme E : calcaires fortement remaniés, biosparites, calcaires oolithiques et chondrolithiques.

MF8 : Packstones ou floatstones à Gastéropodes et "mud-coated-grains", à péloïdes, Pélécy-podes, nodules de Codiacées et Porostromates, Dasycladacées, Paléobéréselles, Parathuramminidés et *Bisphaera*. La matrice micritique est parfois recristallisées en micro-spar. Malgré leur coquille épaisse, les Gastéropodes sont souvent brisés. De telles concentrations de coquilles peuvent se former à l'intervention des courants littoraux ou de marée en milieu très peu profond (Legall & Larssonneur, 1972).

Terme E : calcaires fortement remaniés, biosparites, calcaires oolithiques et chondrolithiques.

MF9a : Wackestones à Calcisphères, avec accessoirement quelques *Bisphaera*, Ostracodes, Kamaenidés, Proninelles et Pélécy-podes.

MF9b : Wackestones à Kamaenidés, Issinelles, Ostracodes, Calcisphères, *Bisphaera*, tous parfaitement conservés et péloïdes.

MF9c : Wackestones algaires identiques au MF9b, mais contenant en plus de nombreux Pélécy-podes bien conservés, parfois perforés et à concavité fréquemment tournée vers le haut.

MF9d : Wackestones à fins débris algaires, à fragments d'Ostracodes ; présence de Calcisphères, de *Bisphaera*, de Pélécy-podes et de péloïdes.

MF9e : Wackestones à Issinelles et quelques Kamaenidés, Proninelles, Ostracodes, Calcisphères et *Bisphaera*.

Tous les MF9 ont une matrice micritique particulièrement dense sans aucune trace de recristallisation en dehors des zones bioturbées. Les terriers tous subverticaux sont abondants et contiennent fréquemment de petits endoclastes. Ces terriers sont également dolomités. Ils devaient abriter des suspensivores (Legall & Larssonneur, 1972 ; Reineck & Singh, 1980). Les structures géopétales dans les coquilles ("sédiments internes") sont également présentes.

Contenu en dolomite généralement inférieur à 3 ‰. Environnements lagunaires en milieu protégé assez comparables à ceux des "tidal flats ponds" actuels (Hardie, 1977), agitation et bathymétrie faibles (micro-perforations profondes et perpendiculaires à la surface des coquilles, Budd & Perkins, 1980, terriers subverticaux), variation de la salinité, de la température et de l'insolation (faune très peu diversifiée et terriers subverticaux, Rhoads, 1975).

SMF-19 : "laminated to bioturbated pelleted lime

mudstone-wackestone, restricted marine shelf lagoons, protected environment".

Terme F : calcaire à "birdseyes".

MF10 : Packstones à Issinelles et péloïdes, occasionnellement quelques Kamaenidés, Proninelles, *Bisphaera* et Parathuramminidés. Les Issinelles sont souvent fortement recristallisées et le microfaciès prend alors l'aspect d'un grainstone à péloïdes.

Contenu en dolomite souvent proche de 6 ‰.

Milieu intercotidal très peu profond : accumulation dans les fonds des chenaux de marées (Reineck & Singh, 1973) ou en lentilles formées par les courants littoraux remaniant des bafflestones à Issinelles.

MF11 : Wackestones ou packstones à faunes et flores lagunaires (comparable aux MF9 et MF10) contenant d'abondants lithoclastes. Ceux-ci représentent des copeaux de dessiccation formés pendant des phases d'émersion. Ils sont entraînés à la suite d'inondations périodiques dans des chenaux d'écoulement à sables bioclastiques (MF10) auxquels ils peuvent se mélanger - à moins qu'ils ne se déposent plus loin dans des mares intercotidales.

SMF-24 : "intraformational limestone pebble conglomerate".

MF12 : Packstones laminaires à péloïdes (100 µm) et fins débris (20 µm). La lamination, presque plane et bien visible macroscopiquement est formée par l'alternance sub-millimétrique de niveaux plus grossiers parfois granoclassés et de niveaux fins de micrite pure. La bioturbation y est occasionnelle, les fentes et polygones de dessiccations sont courants.

Contenu en insolubles souvent supérieur à 9 ‰.

Milieu supracotidal ; il s'agit de dépôts d'extension horizontale moyenne (corrélations lithostratigraphiques possibles à l'échelle de la soixantaine de kilomètres, Mamet, 1964 ; Hardie, 1977), formés lors d'inondations sporadiques d'une vaste plaine littorale. La lamination est surtout préservée dans les milieux supracotidaux pratiquement dépourvus d'animaux fouisseurs. L'évaporation de l'eau interstitielle conduit à la formation de fentes et de polygones de dessiccation (le plus souvent de 8 à 10 cm de côté) dont certains fragments ou copeaux sont entraînés par le mouvement des courants de marées et se mélangent à d'autres sédiments (MF11). Ces polygones de dessiccation sont souvent modifiés par des traces d'Annélides ou de Gastéropodes laissées à la surface du sédiment (Kues & Sierers, 1977) de même que par toute inhomogénéité interne (Metz, 1980). La salinité, la granulométrie du

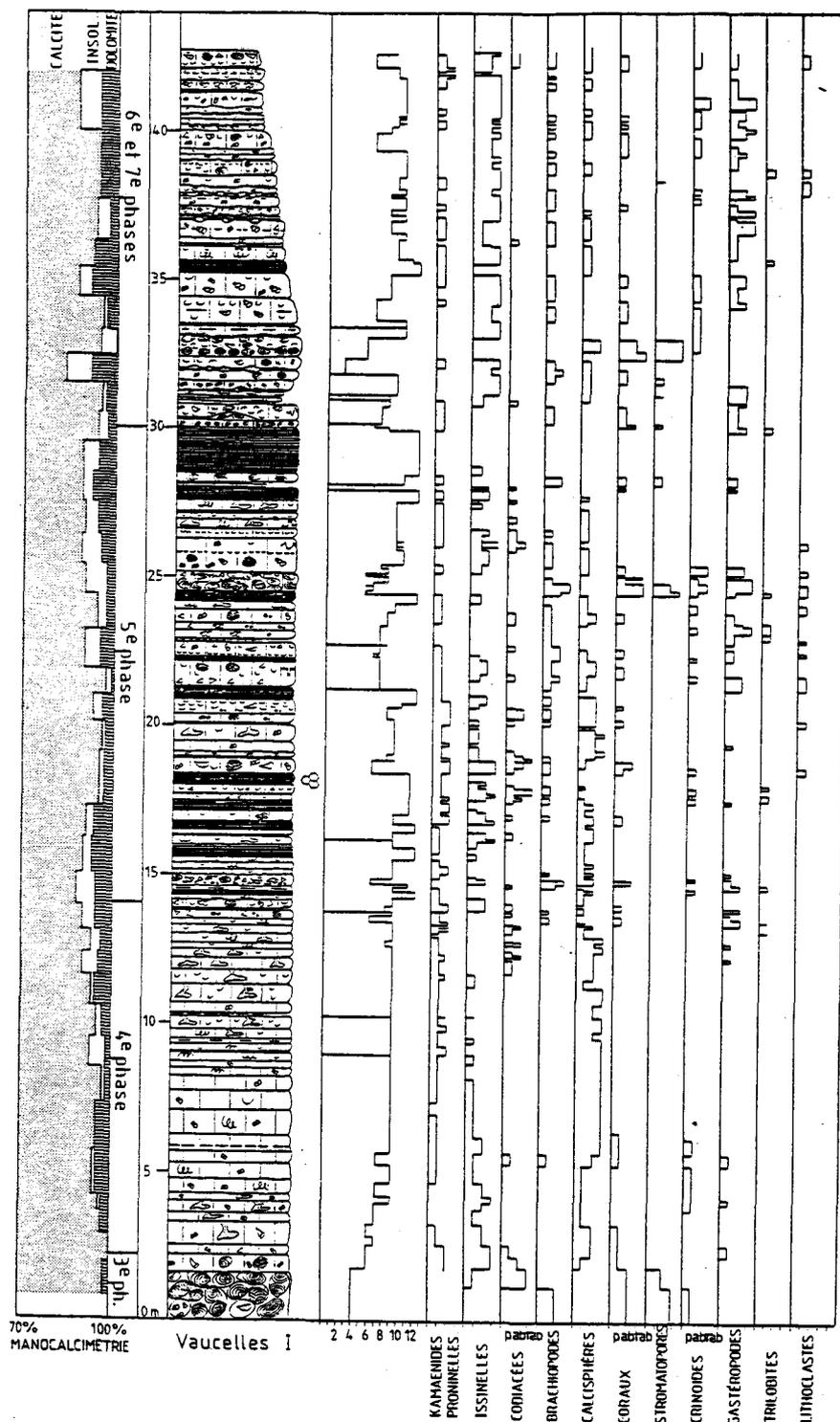


Figure 2

Coupe lithologique et analyse sédimentologique de la principale carrière de Vaucelles (V1).
Explications dans le texte.

sédiment, l'épaisseur de ses laminae et son temps d'exposition en milieu aérien constituent également des paramètres importants contrôlant la formation de ces polygones de dessiccation (Baria, 1977).

Terme F : calcaires à "birdseyes" et loférites.

DESCRIPTION DE LA COUPE PRINCIPALE DE VAUCELLES (VI, fig. 2)

Sur près de quarante-trois mètres, la coupe VI (fig. 2) constitue une suite continue de sédiments qui permet de suivre l'évolution des paléoenvironnements dans le temps.

La description pétrographique et l'évolution séquentielle sont présentées en un certain nombre d'ensembles qui apparaissent immédiatement lors du levé de terrain.

La coupe débute au premier banc massif, à 100 m au NW du pylone n° 0805/13, situé du côté droit de la sortie du village de Vaucelles, le long de la route reliant Vaucelles à Doische.

Les épaisseurs ont été mesurées à partir de ce premier banc massif auquel nous avons arbitrairement attribué la cote zéro.

De 0 à 2,2 mètres : biostrome à nombreux Stromatopores globulaires et digités de taille moyenne décimétrique, à Coraux (surtout Tabulés), parfois encroûtés par des Stromatopores lamellaires, à Crinoïdes et Brachiopodes. Il s'agit du MF4, calcaire très pur, sans dolomite et sans détritiques. De nombreux sthyloolithes très serrés et de grande amplitude (2 à 3 cm) traduisent également le caractère très carbonaté de ce faciès.

Ce biostrome, ici peu remanié, témoigne probablement de la présence proche de complexes récifaux développés sur de grandes distances (ce biostrome se retrouve en même position stratigraphique sur près d'une centaine de kilomètres le long du bord sud du bassin de Dinant depuis au moins Baileux (obs. pers.) jusqu'à Hotton (Pel, 1975).

De 2,2 à 13,0 m : on assiste à l'installation d'abord hésitante (alternance de grainstones à péloïdes MF7 et de mudstones et wackestones algaires MF9), puis franche du lagon en milieu subcotidal. Celui-ci est caractérisé par une microfaune et une microflore réduites dominées par les Parathuramminidés (MF9a) auxquelles s'associent de rares Kamaenidés et Proninelles. La présence importante de pyrite sous forme de petits cubes millimétriques traduit également le caracté-

rière confiné du milieu. La stratification bien marquée est soulignée par des joints calcschisteux centimétriques.

De 13,0 à 30,0 m : on passe de façon répétée d'un milieu lagunaire (MF9b) à un milieu beaucoup plus agité, en contact avec la mer ouverte (apparition sporadique des Brachiopodes, des Crinoïdes, des Coraux et des Issinelles MF6) ou au contraire à un milieu supracotidal caractérisé par des laminites (MF12). Ces caractères dénotent une diminution de la stabilité de la plate-forme carbonatée. Plus en détail, nous avons : de 13,0 à 18,4 m, une alternance décimétrique de calcaires lagunaires à Algues, Calcisphères et terriers (MF9b), et de laminites (MF12) montrant parfois des polygones de dessiccation. Cette alternance suit immédiatement une lumachelle à Coraux et Brachiopodes épaisse d'environ trente centimètres. Dans l'ensemble, la stratification est bien marquée, soulignée par des joints plans.

De 18,4 à 30,0 m, les lumachelles deviennent plus fréquentes et les laminites contiennent des lithosclastes et galets mous (0,2 - 1 cm) occasionnellement encroûtés (MF11). Des grainstones à péloïdes sont également présents (MF7) et contiennent des Brachiopodes et quelques Crinoïdes fortement altérés.

A la cote 25,0 m, s'observe un rudstone à Stromatopores, Coraux (Rugueux et Tabulés dont *Trachypora* et *Favosites*), Crinoïdes altérés et Gastéropodes (MF5). La stratification est toujours nette mais les bancs deviennent plus épais (30 à 50 cm). L'ensemble de ces caractères traduit l'ouverture progressive d'un milieu protégé à faible vitesse de sédimentation à un milieu soumis aux influences marines par l'intermédiaire de systèmes de chenaux de marée divagants.

De 30,0 à 43,0 m : la stratification et les joints deviennent ondulants, des nodules calcaires décimétriques sont mêlés aux joints calcschisteux. Les bancs calcaires présentent également un aspect nodulaire (pression-dissolution dans des calcaires impurs, Wanless, 1979). Il s'agit essentiellement de rudstones à Stromatopores, de wackestones à bioclastes ou à Issinelles, de grainstones à péloïdes (de 30,0 à 33,0 m) auxquels succèdent des lumachelles à Gastéropodes et des wackestones noduleux à Crinoïdes, Brachiopodes et Issinelles (qui dominent la microflore). La stratification très confuse rend presque impossible le découpage en bancs. Ces caractères montrent qu'après un retour à un milieu plus turbulent correspondant sans doute au démantèlement sur place d'un calcaire bioconstruit accumulé près de la zone d'action des marées, le milieu redevient calme et franchement marin. Les particules terrigènes sont abondantes et la turbidité des eaux rendait difficile le développement du benthos.

**REPRESENTATION QUANTITATIVE
DES MICROFACIÈS (Fig. 3)**

L'épaisseur cumulée de chaque microfaciès est exprimée en pourcent de l'épaisseur totale (soit 43 mètres) de la série stratigraphique de la carrière VI de Vaucelles. La figure 3 laisse apparaître la nette prédominance des faciès lagunaires sur les faciès récifaux ou péri-récifaux.

L'éventail des microfaciès se limite ainsi à la partie supérieure de la plate-forme. Des recherches menées parallèlement à Olloy-sur-Viroin montrent toutefois que, pour la Formation de Trois-Fontaines, cette observation ne peut être généralisée. Ces microfaciès relativement peu différenciés doivent, en conséquence, présenter latéralement de nombreuses imbrications dont il faut tenir compte lors de l'analyse séquentielle.

Le tableau 1 présente les "épaisseurs moyennes" des douze microfaciès. Cette notion, à ne pas confondre avec l'épaisseur des bancs par microfaciès, est définie comme l'épaisseur moyenne de dépôt comprise entre deux changements de microfaciès. Cette épaisseur moyenne est un reflet de la stabilité des différents environnements. Il n'est pas étonnant de cons-

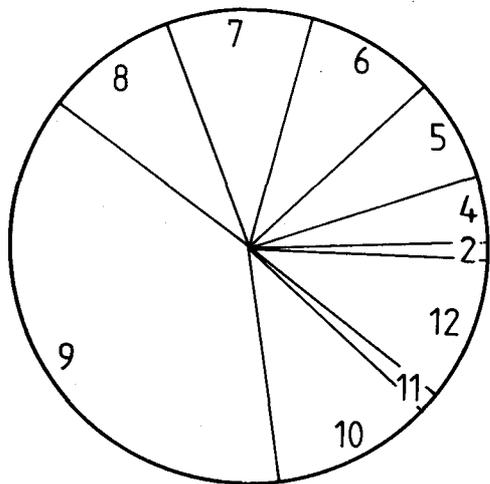


Figure 3

Répartition quantitative des microfaciès (épaisseur cumulée par rapport à l'épaisseur totale de la coupe principale V1 de Vaucelles).

Se reporter également au Tableau 1.

Tableau 1
Épaisseurs cumulées et épaisseurs moyennes des microfaciès de la coupe principale V1 de Vaucelles.

MICROFACIÈS	ÉPAISSEURS CUMULÉES (en % de l'épaisseur totale)	ÉPAISSEURS MOYENNES (en mètres)
MF 1	—	—
MF 2	1.2	—
MF 3	—	—
MF 4	4.5	—
MF 5	7	0.6
MF 6	8.5	0.3
MF 7	9	0.3
MF 8	9	0.2
MF 9	37.5	0.7
MF 10	10	0.4
MF 11	1.1	0.2
MF 12	12	0.4

tater que les faciès lagunaires, traduisant des conditions très calmes du milieu, présentent la plus grande stabilité. Il faut également noter la stabilité presque comparable des faciès de démantèlement récifaux, ceux-ci traduisant, au contraire, des conditions de plus forte énergie.

Les alternances entre ces deux milieux à vitesse de sédimentation très différentes vont déterminer l'évolution des séquences majeures dans l'ensemble de la plate-forme carbonatée. La plus grande instabilité des autres microfaciès témoigne de l'évolution de séquences mineures, celles-ci traduisant d'autres phénomènes tels que le jeu des chenaux et leurs divagations, la rupture de cordons oolithiques, le développement de platiers algaires.

MANOCALCIMETRIE (fig. 4)

La teneur en insolubles d'un calcaire est un reflet des caractéristiques du milieu où il s'est déposé (Flügel, 1968). Sa teneur éventuelle en dolomite peut apporter des renseignements sur son environnement de diagenèse et sur ses caractéristiques physiques (porosité, résistance aux pressions dirigées).

La figure 4 présente le résultat d'analyses manocalcimétriques effectuées sur près de 120 échantillons

représentatifs de l'ensemble des douze microfaciès (excepté le MF11, peu représenté dans la série). Les teneurs moyennes en dolomite et en insolubles sont exprimées par rapport à la séquence standard.

Les deux termes extrêmes de la séquence standard, les microfaciès 1 et 12 contiennent le plus d'insolubles, contrairement aux grainstones MF4 et MF7. La turbulence du milieu de sédimentation influence la teneur en insolubles des calcaires.

Le comportement de la dolomite paraît lié dans la plupart des cas à la teneur en insolubles : ce peut être le résultat de phénomènes de pression-dissolution (l'ampleur de ce phénomène dépend de la teneur en argiles ; l'apparition de dolomite est liée au lessivage de la calcite magnésienne, Wanless, 1979).

Les MF1, MF9 et MF12 font exception à ce schéma par leur contenu relativement faible en dolomite. Ces trois microfaciès sont caractérisés par la densité de leur matrice micritique traduisant ainsi l'absence de tout phénomène de recristallisation. Leur faible porosité a probablement inhibé les phénomènes de pression-dissolution.

Ces observations nous permettent de mettre en évidence deux caractéristiques importantes des calcaires étudiés : la teneur en insolubles est fonction de la turbulence du milieu de sédimentation : la présence de dolomite est liée principalement aux phénomènes de pression-dissolution.

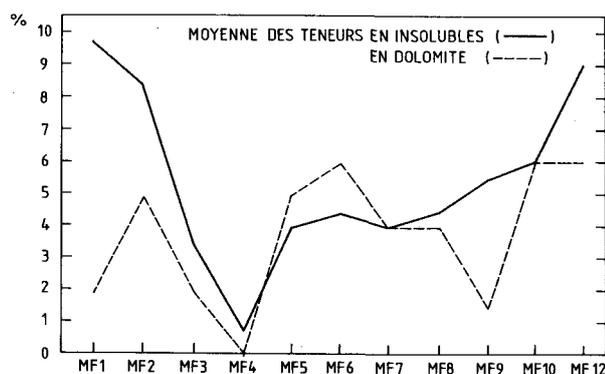


Figure 4

Moyenne des teneurs en insolubles et en dolomites des différents microfaciès composant la séquence standard. Coupe principale V1 de Vaucelles. (Analyse manocalcimétrique à volume constant).

ANALYSE SEQUOSTRATIGRAPHIQUE

La séquence standard des microfaciès définie dans ce travail permet de tracer la courbe lithologique de la coupe V1 et son découpage en phases (fig. 2). Celles-ci ont pu ensuite être assez facilement corrélées avec leurs homologues définies à Givet (Errera *et al.*, 1972).

Ces phases se répartissent comme suit à V1 : phase 3, de 0 à 22 m : milieu récifal ; phase 4, de 2 à 13 m : plate-forme stable, lagon à Calcisphères ; phase 5, de 13 à 30 m : plate-forme instable (ouverture) à laminites et lumachelles ; phases 6 et 7 : de 30 à 43 m : plate-forme instable en milieu marin plus ouvert, calcaires noduleux.

La succession de ces phases traduit le passage d'un milieu récifal à un milieu lagunaire, puis l'installation progressive d'un régime plus instable en milieu plus ouvert.

Les phases 3 et 4 constituent une séquence positive complexe, la phase 5 une séquence relativement monotone et les phases 6 et 7 une grande séquence négative. Cette évolution séquentielle s'inscrit dans le cadre d'une biséquence positive-négative caractéristique de la Formation de Trois-Fontaines (Errera *et al.*, 1972).

La figure 5 montre également une réduction importante d'épaisseur des sédiments à Vaucelles par rapport aux dépôts équivalents à Givet (Formation de Trois-Fontaines à Givet : 128,4 m, Errera *et al.*, 1972).

CORRELATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES

(fig. 5)

Des corrélations lithostratigraphiques ont permis de situer les coupes V2, V2' et V3 par rapport à V1.

La figure 5 laisse clairement apparaître qu'à l'échelle de la centaine de mètres, les variations latérales de faciès sont déjà sensibles.

CONCLUSIONS

La séquence standard des microfaciès définie dans ce travail permet de tracer la courbe lithologique de la coupe principale de Vaucelles et son découpage en phases.

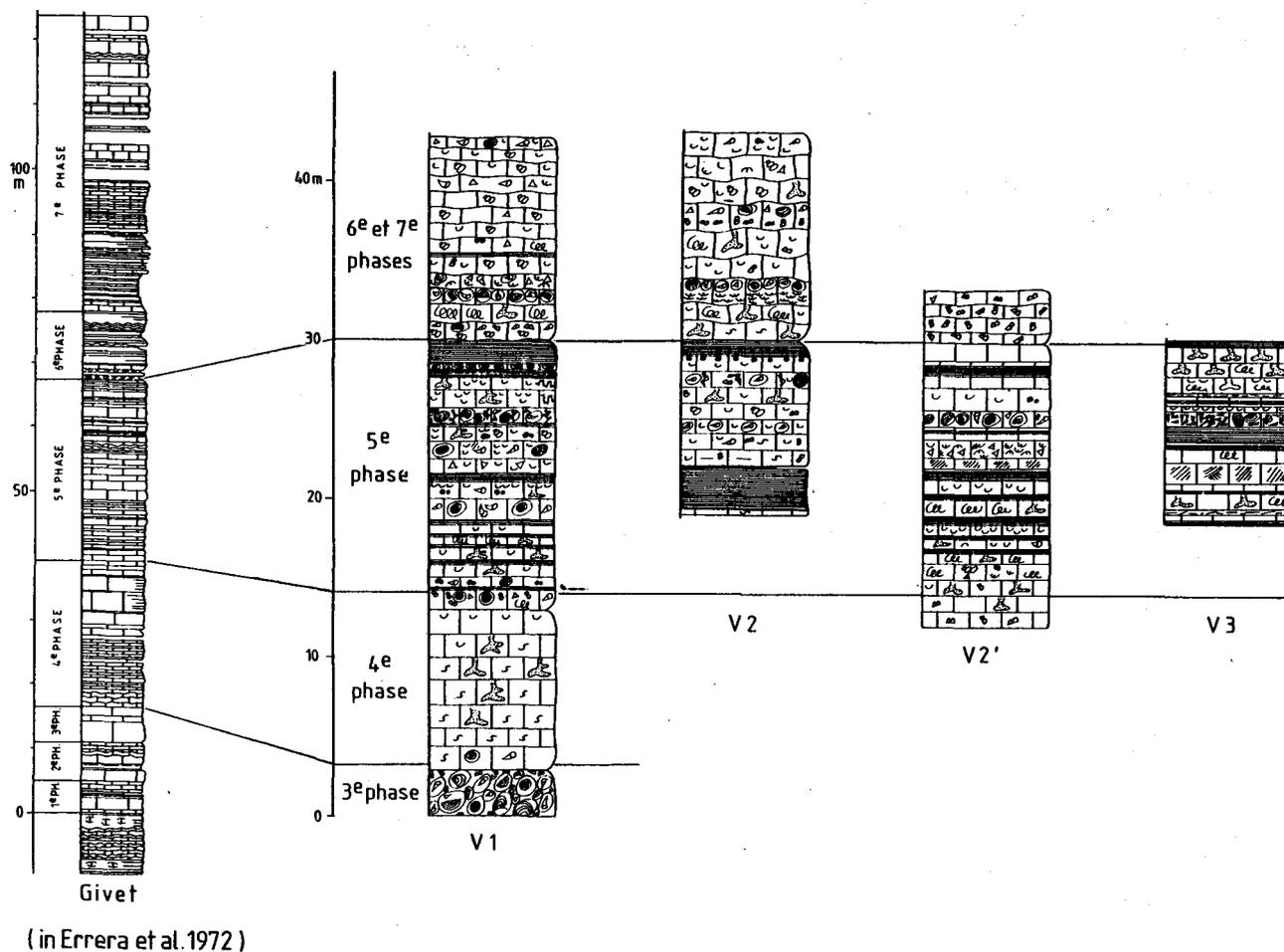


Figure 5.- Comparaison des coupes de Vaucelles et de la coupe du Mont d'Hairs à Givet.

Ces dernières ont pu être corrélées avec leurs homologues définies à Givet (Errera *et al.*, 1972). Des corrélations lithostratigraphiques permettent de préciser les relations entre la coupe principale de Vaucelle (V1) et les autres coupes de Vaucelles.

L'ensemble de ces coupes est à rattacher à la Formation de Trois-Fontaines. Celle-ci présente cependant une réduction d'épaisseur assez importante par rapport à son équivalent à Givet et pourrait traduire la présence d'un haut-fond à Vaucelles.

L'utilisation des microfaciès détaillés permet de restituer avec beaucoup de précision les environnements de dépôts présents dans la région étudiée.

Il s'agit principalement de dépôts de plate-forme s'étageant des milieux lagunaires aux zones supracotiales. L'essentiel de la sédimentation, qui a lieu dans la partie supérieure et très peu profonde de la plate-forme, est conditionnée par le jeu des chenaux de marée et de leurs divagations, par la rupture de cordons oolithiques et par le développement de platiers algaires. Ce sont les faciès lagunaires "MF9" qui dominent très nettement ; l'analyse quantitative des microfaciès montre en effet qu'ils représentent plus de 35 % de l'ensemble des sédiments. Ils consistent principalement en wackestones bioturbés à Calcisphères, à Ostracodes et Pélécy-podes bien conservés auxquels viennent s'ajouter de nombreux *Bisphaera*. Ces dépôts qui s'apparentent aux environnements lagu-

naires situés en milieu protégé (Wilson, 1975) sont assez comparables aux "tidal flats ponds" actuels décrits aux îles Andros par Hardie (1977).

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement B. Mamet qui a suivi l'élaboration du travail.

BIBLIOGRAPHIE

- BARIA, R.L., 1977. Dessication features and the reconstruction of paleosalinities. *J. Sed. Petrol.* 47-2 : 908-914.
- BATHURST, R.G.C., 1966. Boring algae, micritic envelopes, and lithification of molluscan biosparites. *Geol. J.* 5-1 : 15-32.
- BRICKER, O.P., ed., 1971. Carbonate cements. John Hopkins Univ. Stud. Geol., 19, 376 p., Baltimore-London: John Hopkins.
- 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(3) : 881-903.
- EMBRY, A.F. & KLOVAN, J.E., 1971. A late Devonian reef tract on the northeastern Banks Island, Northwest Territories. *Can. Petrol. Geol. Bull.*, 19 : 730-781.
- ERRERA, M., MAMET, B. & SARTENAER, P., 1972. Le Calcaire de Givet et le Givétien à Givet. *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belg.*, 48(1) : 1-59.
- FLÜGEL, H.W., 1968. Some notes on the insoluble residues in limestones. In Müller G., Friedman G. (eds) : *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe.* 46-54, Berlin-Heidelberg-New York : Springer.
- HARDIE, L.A. ed., 1977. Sedimentation of the Modern Carbonate Tidal Flats of Northwest Andros Island, Bahamas. *John Hopkins Univ. Stud. Geol.* 22, 202 p. Baltimore.
- ILLING, L.V., 1954. Bahamas Calcareous sands. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 38 : 1-95.
- KUES, B.S. & SIERERS, C.T., 1977. Control of mudcrack patterns by the infaunal Bivalve *Pseudocyrena*. *J. Sed. Petrol.* 47(2) : 844-848.
- KOBLUK, D.R. & RISK, M.J., 1977. Calcification of exposed filaments of endolithic algae, micritic envelope formation and sediment production. *J. Sed. Petrol.* 47(2) : 517-528.
- LEGALL, J. & LARSONNEUR, C., 1972. Séquences et environnements sédimentaires dans la base du Veys (Manche). *Revue Géog. Phys. Géol. Dyn.*, XIV : 189-204.
- LONGMAN, M.W., 1980. Carbonate diagenetic textures from nearshore diagenetic environments. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 64(4) : 461-487.
- MAMET, B., 1964. Sédimentologie des faciès "marbres noirs" du Paléozoïque franco-belge. *Inst. R. Sci. Nat. Belg. Mem.* 151, 131 p.
- METZ, R., 1980. Control of mudcrack patterns by beetle larvae traces. *J. Sed. Petrol.* 60(3) : 841-842.
- PEL, J., 1973. Etude sédimentologique et stratigraphique du Givétien du Synclinalorium de Dinant, de Givet à Liège. Thèse de Doctorat en Sc. appliquées, 130 p., Université de Liège.
- PURSER, B.A., 1980. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. *Inst. Franç. Pétrol. Ed. Technip.*, 366 p.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B., 1980. *Depositional Sedimentary Environments.* Berlin-Heidelberg-New York : Springer-Verlag, 550 p.
- RHOADS, D.C., 1975. The paleoecological and environmental significance of trace fossils. In Frey, R.W. (ed.) : *The study of trace fossils - A Synthesis of Principles, Problems and Procedures in Ichnology.* 147-160, Berlin-Heidelberg-New York. Verlag.
- TSIEN, H.H., 1980. Les régimes récifaux dévoniens en Ardenne. *Bull. Soc. belge Geol.* 89(2) : 71-102.
- WANLESS, H.R., 1979. Limestone response to stress : pressure solution and dolomitization. *J. Sed. Petrol.* 49 : 437-462.
- WILSON, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history. Berlin-Heidelberg-New York : Verlag, 471 p.