

LES CALCAIRES LAMINAIRES DU GIVETIEN SUPERIEUR DU BORD SUD DU BASSIN DE DINANT (BELGIQUE, FRANCE) : TEMOINS D'UNE EVOLUTION PALEOCLIMATIQUE¹

par

Frédéric BOULVAIN² et Alain PREAT^{2,3}

(8 figures, 2 tableaux et 1 planche)

RESUME.- Les calcaires laminaires, abondants dans la Formation de Fromelennes (Givétien Supérieur du bord Sud du Bassin de Dinant) représentent des dépôts subtidaux à supratidaux. L'analyse sédimentologique permet de définir six microfaciès, chacun caractérisant un environnement particulier au sein d'un complexe «tidal» structuré. La sédimentation est sous le contrôle de tapis algaires piégeant les sédiments lors d'inondations de la plaine littorale. Une comparaison de ces sédiments avec les sédiments algo-laminaires actuels des régions tropicales permet de proposer un modèle paléogéographique et paléoclimatique pour la sédimentation littorale. La comparaison des modèles obtenus pour le Givétien Inférieur (Préat & Boulvain, 1986) et pour le Givétien Supérieur (ce travail) met en évidence une nette évolution du climat, allant du tropical humide au tropical sec.

ABSTRACT.- Laminar limestones, abundant in the Fromelennes Formation (Upper Givetian, Dinant Basin) are subtidal to supratidal deposits. Sedimentological analysis enables recognition of six microfacies, each of them characteristic of different environments in an extensive tidal flat complex. The sedimentation is controlled by the binding role of algal mats during flooding of the tidal flat. A comparison of these carbonates with Recent algo-laminar tropical sediments allows proposal of a paleogeographic and paleoclimatic model. A comparison of the Lower (Préat & Boulvain, 1986) and the Upper Givetian models shows an evolution from a rainy tropical to a dry climate.

1.- INTRODUCTION

Dans une publication précédente, Préat & Boulvain (1986) ont montré que les calcaires algo-laminaires du Givétien Inférieur du bord Sud du Bassin de Dinant (Formation de Trois-Fontaines)(1) étaient d'excellents témoins paléoclimatiques et paléogéographiques.

En comparant ces dépôts aux sédiments actuels de même type couvrant les zones de battement des marées des régions tropicales, ces auteurs ont montré la grande similitude existant entre les laminites du Givétien Inférieur et les sédiments algolaminaires de l'île d'Andros (Bahamas). Cette étroite parenté permet de mettre en lumière les principaux mécanismes à l'origine de la sédimentation laminaire du Givétien Inférieur, et de supposer l'existence à cette époque d'un climat tropical humide.

Aldersons (1981) et Préat (1984) ont également observé, mais cette fois dans le Givétien Supérieur (Formation de Fromelennes), de nombreux calcaires laminaires (coupes de Nismes, Dourbes, Beauraing et du Sourd'Ave).

Le but du présent travail est de comparer ces laminites à celles précédemment décrites dans le Givétien Inférieur (Préat & Boulvain, 1986), de proposer un modèle paléogéographique des complexes tidaux du Givétien Supérieur au bord Sud du Bassin de Dinant et de préciser l'évolution climatique au cours du Givétien.

¹ Communication présentée et manuscrit déposé le 2 décembre 1986.

² Laboratoires Associés de Géologie-Pétrologie-Géochronologie, Université Libre de Bruxelles, 50, av. F.-D. Roosevelt, B-1050 Bruxelles, Belgique.

³ Adresse actuelle : Fina Petroleos de Angola, c.o. Mme Dardenne, Petrofina, 52, rue de l'Industrie, B-1040 Bruxelles, Belgique.

(1) Errera et al., 1972.

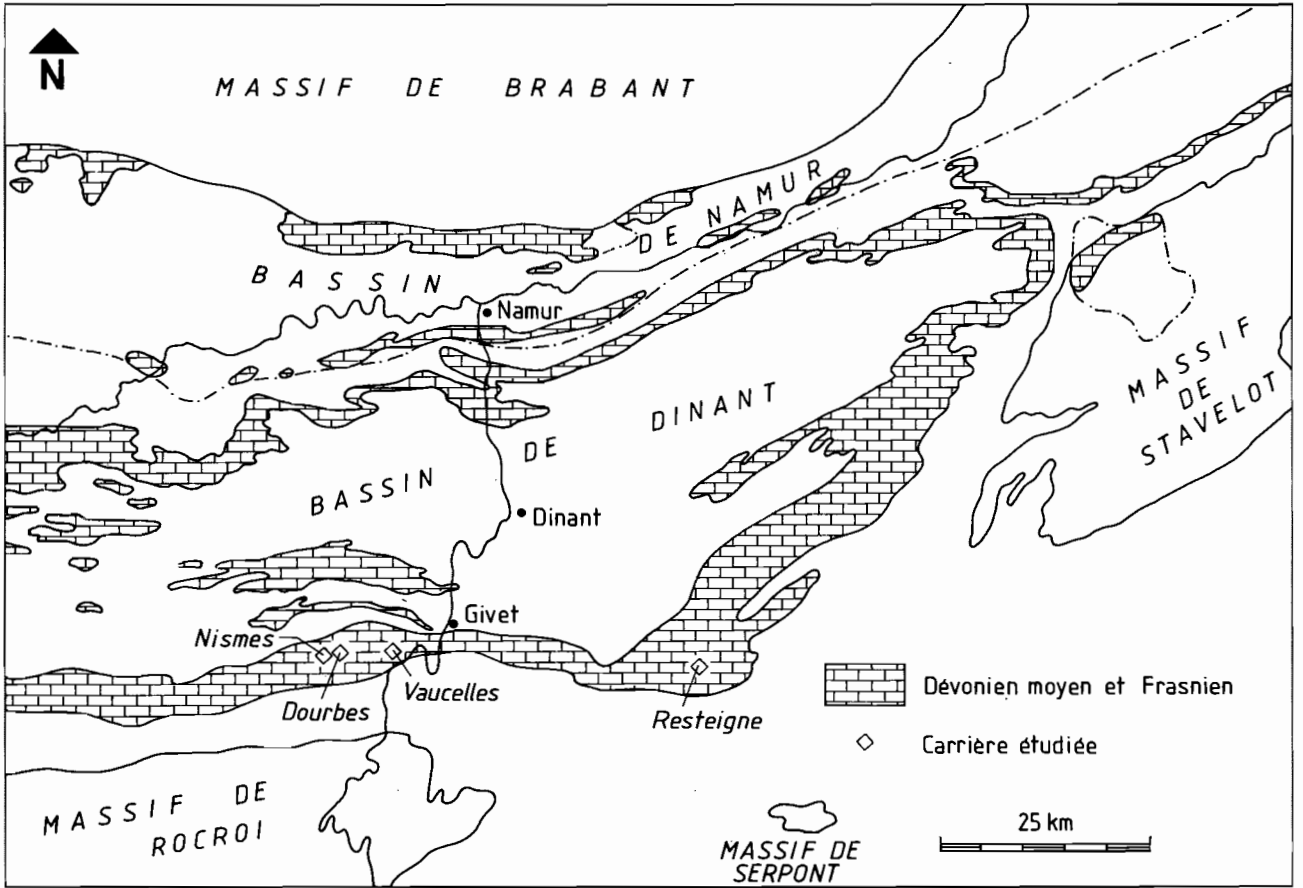


FIG. 1.- carte géologique sommaire du Sud de la Belgique.

Tableau 1.- Comparaison des types de sédiments littoraux entre Givétien Inférieur et Supérieur.
M = mudstone, W = wackestone, P = packstone, G = grainstone, R = rudstone, F = floatstone.
Les Algues sont représentées par des A, les péloïdes par des points et les lithoclastes par des triangles.

	1	2	3	4	5	6
GIVÉTIEN INF	M-P à lamination alternante à péloïdes et Dasycladales. 	M-P/G à lamin. complexe à péloïdes, Dasyclad., lithoclastes fentes dessicc. 		W bioturbé à Dasyclad., Codiacées, Ostracodes, Gastéropodes, péloïdes fentes dessicc. 	G/P à péloïdes, Algues, lithoclastes, Gastéropodes, Pélécytopodes Ostracodes. 	G/P à grands péloïdes, Algues, Crinoïdes, Coraux, Bryozoaires Gastéropodes svt fragmentés.
GIVÉTIEN SUP	M à lamination répétitive souvent dolomitique. 	M-P/G à lamin. alternante à péloïdes, qq Ostracodes. fentes dessicc. 	W/M à Fenestrae ; lamin. répétitive onduluse, texture thrombolitique. qq Ostracodes. 	M/W bioturbé à Ostr. péloïdes, Umbelles. fentes dessicc. 	G/P à péloïdes, Ostr., Pélécytopodes, Gastéropodes, Amphipores, lithoclastes. 	R/F à Stromatopores et Coraux, svt fragmentés.

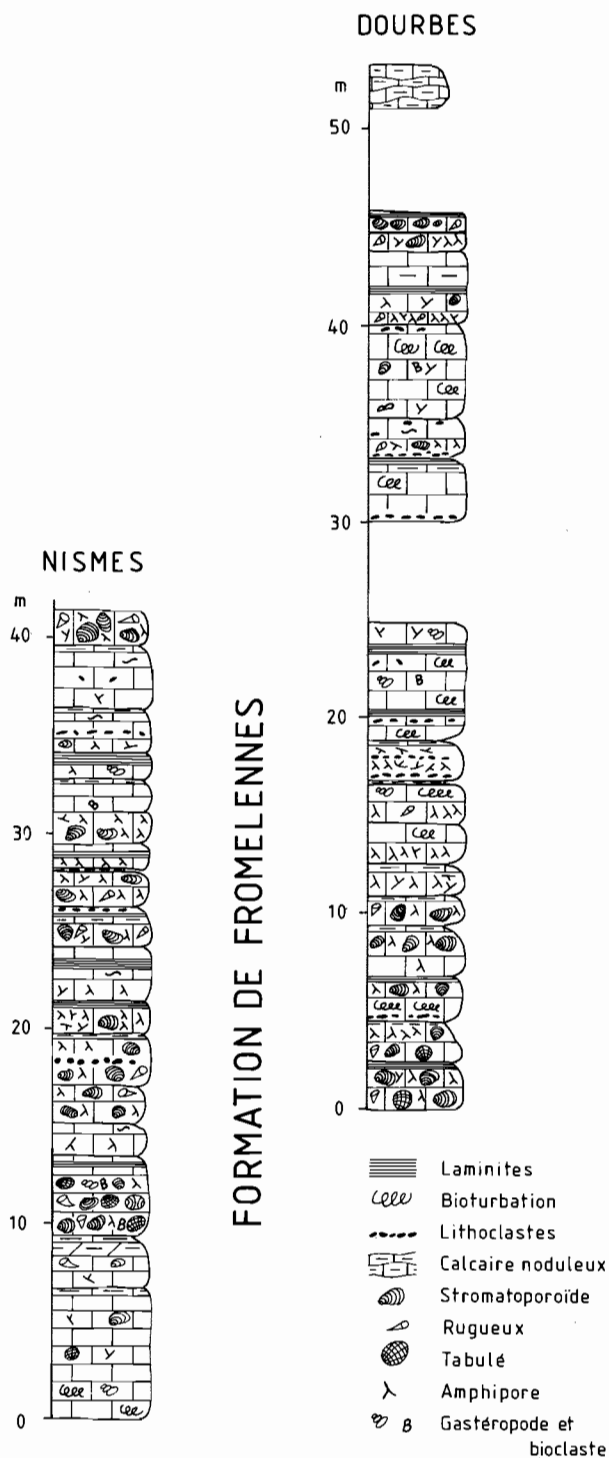


FIG. 2.- log schématique des coupes de Nismes («Les Abannets»; coord. RGE 1951 : 50° 4' 35" N - 4° 33' 26" E) et de Doorbes («La Haute Roche»; 50° 5' 19" N - 4° 36' 2" E).

2.- DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE

2.1.- GENERALITES

Les coupes de Nismes et Doorbes (figs 1 et 2) ont été choisies pour leurs bonnes conditions d'affleurement. Un levé de type «banc par banc» y a

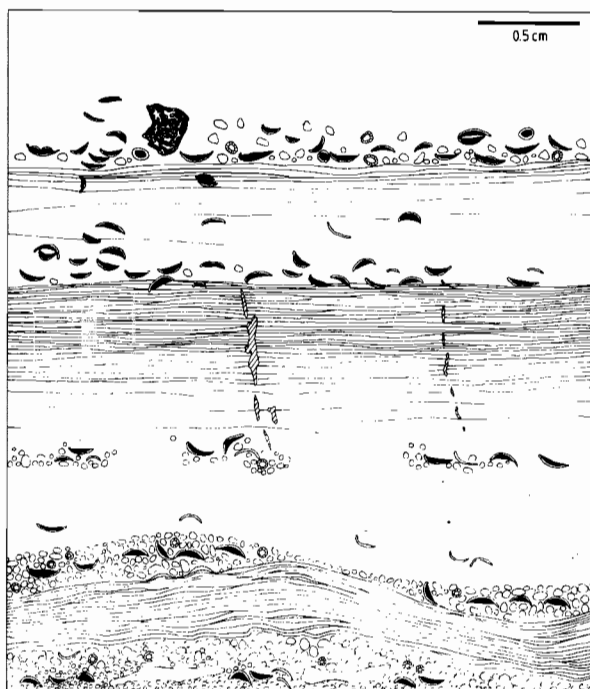


FIG. 3.- Lame N156.

La micrite est représentée en blanc, la sparite est figurée par des hachures. Types 1' et 2'; des Ostracodes remaniés contenant une micrite riche en pyrite sont concentrés à plusieurs niveaux; on remarque également un fragment thrombolitique et des péloïdes, certains présentant un début d'oolithisation.

été réalisé, ainsi qu'un échantillonnage pétrographique en continu.

Plusieurs types de sédiment ont été identifiés comme dans la séquence laminaire de la Formation de Trois-Fontaines. Aucun n'est cependant totalement comparable aux types définis dans cette Formation (appelés «1», «2», «4», «5» et «6» in Prétat & Boulvain, 1986), mais la plupart d'entre eux semblent cependant traduire des environnements comparables (tabl. 1).

La succession des six nouveaux types de sédiments décrits ici (type «1'» à «6'») marque le passage d'un milieu protégé à un milieu de plus en plus soumis à l'influence marine.

2.2.- TYPE 1' (fig. 3)

Mudstones à lamination très fine (0,1 à 0,5 mm) et généralement plane. La lamination est du type «répétitif» (Monty, 1976), et se manifeste par des variations de teinte plutôt que de texture, ou par de fins films de matière organique. Les laminae individuelles ont une continuité latérale centimétrique, mais peuvent être interrompues par des traces de racines.

La bioturbation est rare et la faune pratiquement inexistante. Les fentes de dessiccation sont peu abondantes. Ce sédiment est souvent dolomitisé, et peut même, dans certains cas, montrer des traces de pédogenèse.

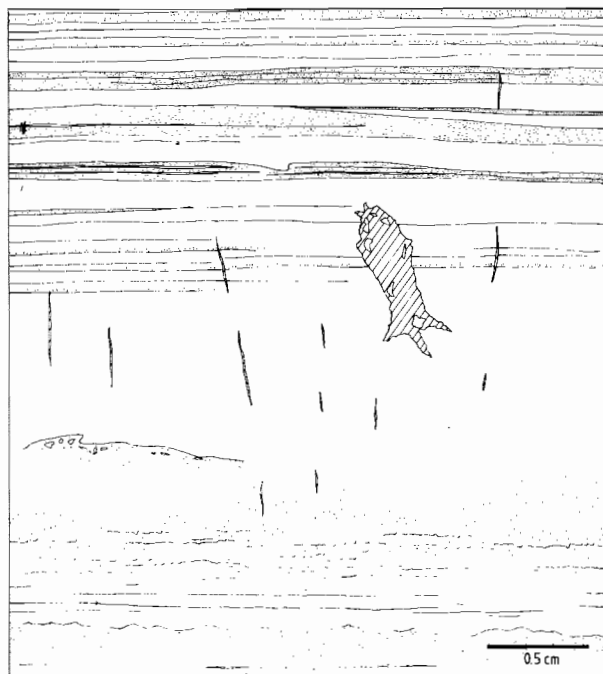


FIG. 4.- Lamé N168.

Les péloïdes sont figurés par des pointillés. Types 2' et 4' au centre du schéma; on peut remarquer quelques fentes de dessiccation, un terrier horizontal à remplissage péloïdique, ainsi qu'une structure énigmatique qui, compte tenu de son aspect symétrique, pourrait être le moulage d'un organisme à corps mou.

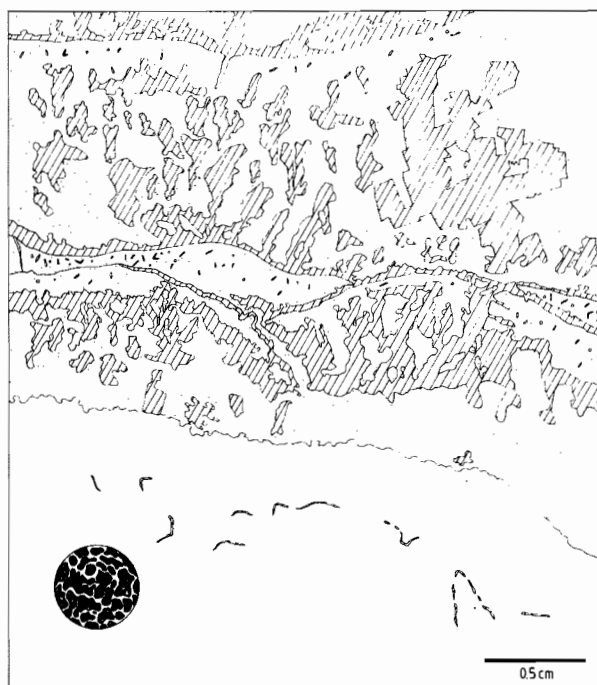


FIG. 5.- Lamé N111 - types 4' et 3'.

L'encart à gauche en bas est un agrandissement x20 de la structure thrombolitique figurée par des pointillés. Les petits cristaux visibles dans le tapis sont du quartz. On remarque quelques fentes de retrait dans la boue 4', bas du schéma. En haut à droite, on note la présence de pseudomorphes, probablement de cristaux d'évaporites.



FIG. 6.- Lamé N13.

Type 5' à copeaux de dessiccation et fragments de matre thrombolitique passant vers le haut de la lamé à des laminites à péloïdes 2'.

2.3.- TYPE 2' (figs 3, 4 et planche 1)

Alternance irrégulière de laminae de mudstone et de laminae de packstone ou de grainstone à péloïdes, formant des «doublets». La lamination résultante est d'aspect grossier avec des laminae de 0,5 à 2 mm d'épaisseur. Cette alternance passe parfois à une simple superposition de laminae de péloïdes de tailles différentes.

La taille des péloïdes est assez constante au sein d'une même lamine «sableuse», mais varie considérablement de lamine à lamine (de 100 μ à 2 mm); la forme des péloïdes est irrégulière et leur micrite présente de nombreuses inhomogénéités. La microflore est pauvre : quelques nodules de Codiacées; les Dasycladacées sont absentes. La microfaune, essentiellement composée d'Ostracodes, est rare; quelques passées bien stratifiées concentrant des dizaines d'individus sont présentes. Ces organismes montrent parfois des signes de remaniement. La bioturbation est rare, les fentes de dessiccation sont courantes.

2.4.- TYPE 3' (fig. 5)

Wackestones ou mudstones à *fenestrae*, à lamination onduleuse et grossière (centimétrique). La texture de la micrite est grumeleuse, thrombolitique (Aitken, 1967).

Les *fenestrae* sont des vides de forme irrégulière, allongés verticalement, de taille millimétrique à centimétrique. Ils sont cimentés par de la calcite sparitique en cristaux millimétriques. On observe une polarité dans la forme des *fenestrae* avec des

planchers subhorizontaux et des sommets très digités, arborescents.

Les laminae thrombolitiques passent souvent verticalement à des sables péloïdiques à gros fragments thrombolitiques remaniés et roulés (de quelques mm à 1 ou 2 cm).

La faune est rare : quelques Ostracodes, quelques débris d'Amphipores ou de Pélécy-podes. Les Dasycladacées sont absentes.

2.5.- TYPE 4' (figs 4 et 5)

Mudstones, plus rarement wackestones bioturbés à faune et flore très restreintes. On rencontre sporadiquement quelques Ostracodes, Pélécy-podes et Umbelles; des péloïdes sont dispersés dans la micrite. La bioturbation se manifeste surtout par des terriers ouverts à remplissage péloïdique et cimentation. Les fentes de dessiccation sont fréquentes.

2.6.- TYPE 5' (fig. 6)

Grainstones ou packstones à péloïdes (de 100 μm à 2 mm), bioclastes d'Ostracodes, de Pélécy-podes et de Gastéropodes. Des débris d'Amphipores, groupés en passées, sont fréquents. La bioturbation est occasionnelle.

Les lithoclastes (sédiments consolidés de types 1', 2', 3' et 4') parfois pluricentimétriques sont fréquents. Il s'agit, étant donné leur forme plane et allongée, de fragments provenant de polygones de dessiccation.

2.7.- TYPE 6'

Ce sédiment comprend l'ensemble des rudstones et des floatstones à Stromatopores et Rugueux, qui constituent près de 50 % des sédiments de la Formation de Fromelennes au bord Sud du Bassin de Dinant. Ils correspondent au remaniement pratiquement sur place de colonies d'organismes qui se sont développés à la faveur de faibles ouvertures dans un milieu lagunaire sub-restreint à restreint (Préat, 1984).

3.- INTERPRETATION

L'origine cryptalgale des calcaires laminaires de la Formation de Fromelennes apparaît rapidement à l'examen microscopique; outre de nombreux filaments algaires, on peut observer des ensembles de laminae à texture thrombolitique. Cet aspect particulier de la micrite, déjà noté par Kendall & Skipwith (1968), Monty (1976), Pratt (1979), Bauld *et al.* (1980), résulte de la croissance rapide de platiers algaires en milieu à taux d'exposition faible (zone subtidale et partie inférieure de la zone intertidale).

3.1.- DEPOTS CRYPTALGAIRES ACTUELS

Les sédiments cryptalgaires actuels sont étroitement limités aux zones de battement des marées des plate-formes carbonatées tropicales. Parmi ces dernières, celles des Bahamas, du Golfe Persique, de la Baie des Requins et de la Floride, particulièrement bien étudiées, nous fournissent de nombreuses données écologiques et sédimentologiques.

Ces régions se différencient surtout par leur régime pluviométrique, certaines étant plutôt pluvieuses (Bahamas, Floride), d'autres plutôt arides (Golfe Persique, Baie des Requins). Cette différence se traduit principalement par une zonation écologique caractéristique des tapis algaires au sein du complexe «tidal», qui entraîne à son tour une différenciation morphologique des mattes algaires (tabl. 2).

En effet, sur les plaines littorales des régions où règne un climat tropical sec (Golfe Persique, Baie des Requins), les eaux marines littorales subissent une forte évaporation. Ces eaux, très salées, ne permettent ni le développement des Algues Vertes (une source potentielle de matériel sableux), ni celui d'une faune benthique à

Tableau 2.- Caractérisation sommaire des stromatolithes de l'île d'Andros, de la Baie des Requins et du Golfe Persique; la classification utilisée est celle de Logan *et al.*, (1964), modifiée par Aitken (1967) de façon à y intégrer les formes planes (P); LLH = laterally-linked hemispheroidal, SH = stacked hemispheroidal. D'après les travaux de e.a. Logan (1961), Monty (1965), Shinn *et al.* (1969), Davies (1970), Shinn (1973a, b), Gebelein (1976), Hoffman (1976), Monty & Hardie (1976), Playford & Cockbain (1976), Ginsburg *et al.* (1977), Hardie & Garrett (1977a, b) et PURSER (1980, 1983).

	MORPHOLOGIE	REPARTITION	CLIMAT	MICROFLORE	"FINES"
GOLFE PERSIQUE	surtout P	surtout intertid.	aride évaporites	réduite Algues bleu-vertes	pell., débris Moll. et Foram.
BAIE DES REQUINS	P, LLH, SH suivant \neq agitation	intertid.-subtid.	aride évaporites	réduite Algues bl.-v.	pell., débris Moll. et Foram.
ILE D'ANDROS	surtout P	intertid. sup. surtout supratid.	semi-aride pluviosité saisonnière	diversifiée Algues bl.-v. + Algues vertes	surtout pell. et débris algaires (Dasycladales)

organismes brouteurs. Les tapis algaires se développent dans les zones inter- et subtidale, à l'abri de la prédation. Leur extension est limitée en zone supratidale, où la cristallisation de minéraux évaporitiques détruit les tissus végétaux.

Par contre, dans les régions tropicales à forte pluviosité (Bahamas, Floride), les eaux météoriques diluent les eaux marines soumises à l'évaporation, et en tempèrent la salinité. Des Algues Vertes se développent et fournissent une part du matériel sableux incorporé dans les laminites. Une faune diversifiée d'organismes brouteurs se développe également et détruit les tapis algaires. Seuls ceux situés dans la partie supérieure de la zone intertidale ou dans la zone supratidale échappent à leur action de prédation.

Les Stromatolithes érigés se développent surtout dans les eaux agitées (Logan *et al.*, 1964) des zones inter- à subtidales. Pour que ces zones soient colonisables par les tapis algaires, il faut que l'hypersalinité de l'eau inhibe le développement des organismes brouteurs, et donc que le climat soit sec et le confinement suffisant. La morphologie des stromatolithes, partiellement liée à l'agitation de l'eau est donc également sous la dépendance du climat.

3.2.- LES LAMINITES CRYPTALGAIRES DU GIVÉTIEN SUPÉRIEUR

3.2.1.- Généralités

Si les dépôts littoraux du Givétien Inférieur pouvaient être assez directement comparés aux dépôts actuels de l'île d'Andros, les calcaires laminaires et dépôts associés du Givétien Supérieur, malgré certains caractères «mixtes», semblent plutôt apparentés aux dépôts littoraux du Golfe Persique.

On peut en effet constater (comparer avec les tableaux 1 et 2) :

- la présence, quoique rare, de minéraux ou de pseudomorphes de minéraux évaporitiques dans le Givétien Supérieur (Préat & Rouchy, 1986);

- un net appauvrissement de la faune et de la flore par rapport au Givétien Inférieur (climat tropical humide), ce qui pourrait refléter une sécheresse croissante du climat;

- la dolomitisation nettement plus fréquente que dans le Givétien Inférieur; il ne s'agit pas d'un argument probant par lui-même, mais il renforce l'hypothèse d'un changement des conditions générales de la sédimentation et de la diagenèse au cours du Givétien;

- l'apparition des sédiments à *fenestrae* et structure thrombolitique est également un argument jouant dans le sens d'une évolution des conditions écologiques au cours du Givétien.

3.2.2.- Interprétation

L'option retenue ici est d'esquisser la paléogéographie du milieu littoral givétien supérieur en insistant, dans une optique évolutive, sur les différences qui sont apparues par rapport au Givétien Inférieur, et en gardant à l'esprit que «...no two tidal flat deposits, ancient or modern are quite alike...» (Hardie, 1977).

3.2.2.1.- Type 1'

Les laminites de type 1' correspondent aux laminites de type 1 du Givétien Inférieur, avec un apport sédimentaire moins important. Il s'agit de levées, bordant des dépressions ou mares (fig. 7). Les traces de pédogenèse, assez fréquentes, témoignent de l'exposition subaérienne.

3.2.2.2.- Type 3'

Les sédiments de type 3', sans équivalents dans le Givétien Inférieur, sont assez courants dans les dépôts littoraux du Givétien Supérieur. On trouve ce type de sédiment à *fenestrae* actuellement aux Bahamas et dans le Golfe Persique, mais leur signification est différente :

- à Andros, ces sédiments à *fenestrae* occupent la zone intermédiaire entre les arrières-levées et les mares en zone intertidale supérieure. Ils sont appelés par Hardie & Ginsburg «Crinkled Fenestral Lamination» (CFL), et sont typiques de ce qu'on pourrait appeler un «marais algaire à *Scytonema*»;

- dans le Golfe Persique, un sédiment d'aspect assez comparable existe dans la partie inférieure de la zone intertidale : ce sont des platiers algaires très grossièrement laminaire, à *fenestrae* et micrite «grumeleuse», produite par l'Algue *Enthophysalis* («cinder mat», Kendall & Skipwith, 1968 ou «pustular mat», Kinsman & Park, 1976).

Quoiqu'il en soit, ce type de sédiment est dans les deux cas intermédiaire entre les laminites planes (type 1') et la boue bioturbée (type 4'), et les Algues qui participent à son élaboration exigent une humidité assez importante, c'est-à-dire un taux d'exposition moyen (de 35 à 80 % à Andros, par exemple).

L'aspect général «thrombolitique», est dû à une croissance algaire rapide par rapport aux apports sédimentaires, croissance qui est favorisée par l'humidité importante.

Si l'on suppose que les tempêtes contribuent, comme au Givétien Inférieur, à l'accrétion littorale par des apports de sédiments subtidaux remaniés, on peut dire que les platiers algaires 3' ont «le temps», grâce à leur croissance rapide, de construire des laminae épaisses avant d'être ensablés.

Les nombreux *fenestrae* visibles dans ce sédiment (fig. 5) ont pour origine, compte tenu de leur forme, soit la décomposition de tissu algaire (ce seraient

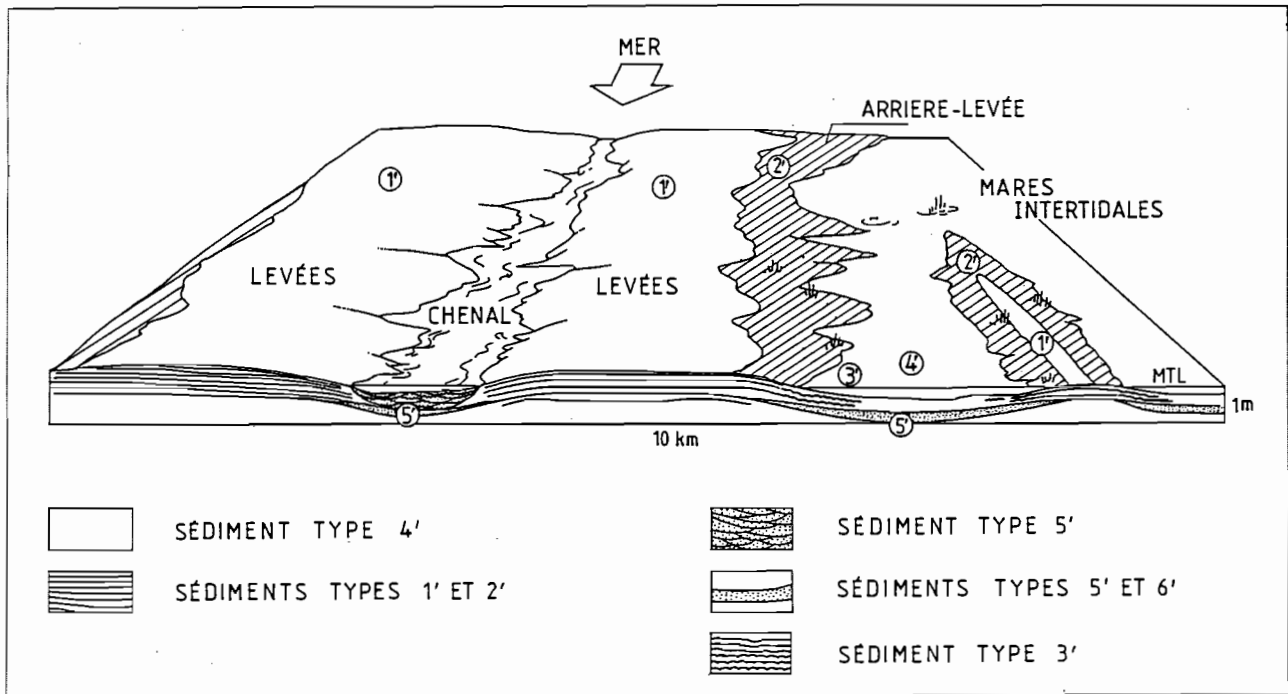


FIG. 7.- Schéma paléogéographique des dépôts littoraux du Givétien Supérieur. MTL = niveau moyen des mers.

NISMES (FORMATION DE FROMELENNES)

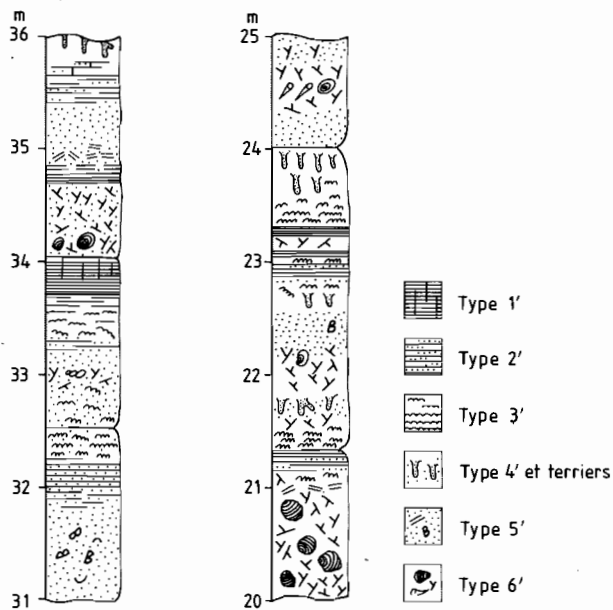


FIG. 8.- Log schématique de deux séquences littorales à Nismes.

des *fenestrae* de «moulage», Mamet, 1976), soit des vides créés à l'intérieur des tapis par des phénomènes de reprise de croissance interne (Monty, 1976).

L'existence de ces *fenestrae* implique une cimentation précoce, qui les préserve de la compaction (Shinn, 1983).

3.2.2.3.- Type 2'

Les platiers algaires de type 3' croissent donc en milieu relativement exposé, et sont soumis au remaniement. On peut voir là l'origine d'une bonne part des péloïdes des laminites de type 2'; en effet, beaucoup de ces péloïdes ont une forme irrégulière et une texture thrombolitique. Les fragments de platier algaire, détachés par l'action des vagues ou des courants tidaux, sont roulés et déposés, souvent avec un certain classement, sous forme de laminites de type 2'.

Les passées laminaires 2', fréquemment intercalées dans les laminites fines 1' traduiraient ainsi des augmentations passagères de l'énergie du milieu, par exemple lors d'inondations causées par des «tempêtes».

3.2.2.4.- Type 4'

Les sédiments de type 4' sont l'équivalent, avec une faune très appauvrie, des sédiments givétiens inférieurs de type 4. Il s'agit de dépôts de mare bioturbés, en zone intertidale inférieure ou subtidale. Comme dans le Givétien Inférieur, ces mares peuvent jouer le rôle de piège à sédiments, et être recouvertes, lors d'inondations successives du complexe tidal, de sables à péloïdes, de lithoclastes et de débris de tapis de type 3'.

La faune et la flore sont composées d'Ostracodes et de quelques Umbelles, caractéristiques de milieux protégés, où les conditions de vie sont précaires (Mamet, 1970; Wray, 1977, 1979). L'absence de tapis algaires, détruits par bioturbation, permet le développement de structures de

dessiccation lors d'émersions épisodiques (la cohésion plus grande du sédiment dans les zones colonisées par les tapis algaires inhibe au contraire le développement de telles structures).

3.2.2.5.- Type 5'

Les sédiments de type 5' sont, comme les sédiments 5 de la Formation de Trois-Fontaines, des passées sableuses épandues en milieu littoral, résultant du remaniement par les tempêtes de dépôts subtidaux et intertidaux. On constate effectivement un mélange de sédiments intertidaux (péloïdes algaires) et subtidaux (débris de Gastéropodes; ceux-ci ne colonisent pas la zone intertidale, à cause de son caractère trop restreint).

Certaines séquences régressives à stratifications entrecroisées pourraient également correspondre à des dépôts mis en place par migration de chenaux de marée (Shinn, 1983).

3.2.2.6.- Type 6'

Il s'agit de dépôts subtidaux, éventuellement remaniés par l'action des vagues ou des courants. La présence, dans la Formation de Fromelennes, de nombreux rudstones peu épais à organismes constructeurs remaniés témoigne de l'existence de constructions récifales abondantes, mais peu développée («patch - reefs»), soumises à des remaniements fréquents.

3.2.3.- Description et interprétation des séquences laminaires

Les coupes de Nismes et Dourbes (fig. 2) couvrent l'ensemble de la Formation de Fromelennes; les calcaires laminaires y apparaissent à de nombreuses reprises, cloturant de petites séquences régressives de 1^e et 2^e ordre (Préat, 1984). Cette répartition dispersée contraste fortement avec la répartition des laminites dans la Formation de Trois-Fontaines. Dans cette dernière, en effet (Préat & Boulvain, 1986), les laminites sont à ce point restreintes au sommet d'une séquence (fin de la 5^e séquence définie par Errera *et al.*, 1972), qu'elles peuvent servir de repère stratigraphique au bord Sud du Bassin de Dinant.

Cette dualité de répartition traduit une opposition dans la dynamique de la plateforme au Givétien Inférieur et Supérieur. Au cours de ce dernier, la productivité carbonatée étant constamment en équilibre avec la subsidence (Préat, 1984), de très faibles variations de l'un ou l'autre de ces deux paramètres peuvent se traduire par des variations relativement marquées du type de dépôt.

Deux séquences à calcaires laminaires, choisies pour la variété des environnements représentés sont détaillées à la figure 8.

On peut observer successivement par exemple:

- de 31 à 32,3 m : des sédiments péloïdo-bioclastiques subtidaux évoluant par progradation littorale à des dépôts de levée;

- de 32,3 à 33,2 : ces sédiments sont surmontés de dépôts péloïdo-bioclastiques d'abord à fragments de platier algaire thrombolitique, puis s'enrichissant progressivement en coquilles et Amphipores. Cette passée est due à une augmentation temporaire de l'énergie du milieu.

- de 33,2 à 34,1 m : on assiste à l'installation d'un système mares-levées, débutant par quelques laminae bioturbées, surmontées de tapis algaires thrombolitiques partiellement remaniés, suivis de laminites de levées, de plus en plus fines et affectées par la dessiccation. Il s'agit d'une séquence régressive «idéale»;

- de 34,1 à 34,7 m : ces dépôts de levée sont interrompus par des rudstones à Amphipores brisés et couchés. Il s'agit probablement d'un épandage en milieu tidal de débris de ces organismes, remaniés à la suite d'une augmentation de l'énergie du milieu;

- de 34,7 à 34,9 m : dépôts de levées, surmontés d'une accumulation de petits copeaux de dessiccation.

3.2.4.- Implications paléogéographiques

On constate donc une évolution des conditions de la sédimentation et de la diagenèse précoce en milieu littoral au cours du Givétien.

Le complexe tidal de climat tropical humide du Givétien Inférieur évolue vers un complexe tidal de climat plus sec, avec un appauvrissement de la faune et de la flore et une dolomitisation précoce plus accentuée.

Cette évolution, déjà sensible dès le Givétien Moyen (Formation du Mont d'Haus), pourrait aussi être attribuée à un confinement local plus marqué dans la région étudiée, mais l'examen de laminites de coupes distantes de plusieurs dizaines de km (Beauraing - Nismes) montre que les types de sédiment reconnus à Nismes et Dourbes ont une extension régionale, et que les tendances observées ont donc une cause plus générale.

Le climat plus sec et la salinité plus élevée ont comme conséquence un déplacement vers le milieu marin des zones colonisables par les tapis algaires : la faune, très appauvrie, n'a plus l'action destructrice qu'elle avait eu au Givétien Inférieur, et les platiers peuvent s'étendre vers la zone subtidale (tapis de type 3').

Ceci rend possible l'évaluation du degré d'agitation des eaux; en effet, des platiers algaires soumis à l'action prolongée des vagues et des courants de

marée ont tendance à développer des formes érigées du type SH (stacked hemispheroidal), tandis que des platiers se développant dans des conditions calmes adoptent une morphologie plane (Logan *et al.*, 1964; Playford, comm. pers.). On peut supposer que les platiers à structure thrombolitique (3') se sont développés en zone intertidale. On constate que leur morphologie est de type P (planar), rarement du type LLH-S (laterally-linked hemispheroidal, spaced), avec des dômes ne dépassant pas 3 cm. On peut donc en inférer que l'agitation des eaux littorales devait être très réduite dans cette région du Bassin de Dinant au cours du Givétien Supérieur.

Dans le même ordre d'idées, on peut constater que les séquences laminaires régressives non oscillantes, dont l'épaisseur peut être utilisée comme approximation du marnage (Kinsman & Park, 1976; Préat & Boulvain, 1986), ne dépassent pas une quarantaine de cm. Après correction pour la compaction (Shinn & Robbin, 1983; Préat & Boulvain, 1986), on obtiendrait des valeurs de marnage de l'ordre de 0,8 m, ce qui est proche des valeurs obtenues pour le Givétien Inférieur.

4.- CONCLUSIONS

Au bord Sud du Bassin de Dinant et durant tout le Givétien, le milieu littoral est caractérisé par le développement de vastes complexes marécageux à laminites algaires. De nombreux sous-environnements y sont juxtaposés, reflétant des taux d'exposition variés en milieu aérien.

Une revue de la littérature consacrée à l'écologie des platiers algaires actuels permet de dégager certaines relations entre les facteurs de l'environnement et les caractéristiques lithologiques du sédiment :

- le degré de confinement des eaux littorales et l'aridité du climat se déduisent de la répartition zonale des platiers algaires et de la nature des bioclastes;

- le degré d'agitation des eaux se déduit, dans certains cas, de la morphologie des platiers algaires.

Une comparaison entre les laminites algaires du Givétien Inférieur et les divers sédiments algolaminaires des régions tropicales souligne l'étroite parenté des laminites du Givétien Inférieur et des Bahamas. Cette relation renforce l'hypothèse de l'existence d'un climat tropical humide à cette époque (Préat & Boulvain, 1986).

Les laminites algaires du Givétien Supérieur, très abondantes dans la Formation de Fromelennes, reflètent quant à elles une évolution des

complexes «tidaux» en réponse à une aridité croissante du climat. Cette évolution se marque par un appauvrissement de la diversité de la flore et de la faune, accompagné par un déplacement vers le milieu subtidal des tapis algaires.

La compréhension des répercussions écologiques de cette évolution climatique permet de modifier en conséquence le modèle de complexe «tidal» proposé pour le Givétien Inférieur, afin qu'il rende compte de l'écologie et des modalités de la sédimentation littorale au Givétien Supérieur. Ce sont donc des variations écologiques qui permettent d'opposer les contextes paléogéographiques du Givétien Inférieur et du Givétien Supérieur. L'interprétation de ces paramètres écologiques permet d'établir l'évolution paléoclimatique, et finalement d'appréhender les mécanismes qui contrôlent la sédimentation carbonatée non seulement à l'échelle locale (celle du complexe tidal), mais également à l'échelle régionale (celle de la plateforme).

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Messieurs Herbosch, Plaziat et Purser, qui ont suivi l'élaboration de ce travail, ainsi que Monsieur Mamet qui a relu le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- AITKEN, J.D., 1967.- Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites, with illustrations from the Cambrian and Ordovician of Southwestern Alberta. *J. Sed. Petrology*, 37 (4) : 1163-1178.
- ALDERSONS, F., 1981.- Sédimentologie et géochimie de la Formation de Fromelennes (Givétien) à Nismes et à Dourbes (bord Sud du Bassin de Dinant). *Mém. de licence ULB* (non publié), 111 p.
- BAULD, R., BURNE, V., CHAMBERS, L.A., FERGUSON, J. & SKYRING, G.W., 1980.- Sedimentological and geobiological studies of intertidal cyanobacterial mats in N-E Spencer Gulf, S. Australia. *In* : Biogeochemistry of ancient and modern environments, éd. P.A. Trudinger, M.R. Walter et B.J. Ralph, Springer, 723 p.
- DAVIES, G.R., 1970.- Algal laminated sediments, Gladstone Embayment, Shark Bay, Western Australia. *In* : Carbonate sedimentation and environments, Shark Bay, Western Australia, éd. B.W. Logan, G.R. Davies, J.F. Read et D.E. Cebulski, *AAPG Mem.*, 13 : 169-205.
- 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.
- GEBELEIN, C.D., 1976.- Open marine subtidal and intertidal stromatolites (Florida, The Bahamas and Bermuda). *In* : Stromatolites, éd. M.R. Walter, *Developments in sedimentology*, 20, Elsevier : 381-388.
- GINSBURG, R.N., HARDIE, L.A., BRICKER, O.P., GARRETT, P. & WANLESS, H.R., 1977.- Exposure index : a quantitative approach to defining position within the tidal zone. *In* : Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of Northwest Andros Island, Bahamas, éd. L.A. Hardie. *The John Hopkins University Press* : 177-183.

- HARDIE, L.A., 1977a.- Distinctive features of a rainy, low-energy, tropical carbonate tidal flats of Northwest Andros Island, Bahamas. éd. L.A. Hardie. *The John Hopkins University Press* : 177-183.
- HARDIE, L.A., 1977b.- A concluding note : sensitivity of the record. *In* : Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of Northwest Andros Island, Bahamas, éd. L.A. Hardie. *The John Hopkins University Press* : 188-189.
- HARDIE, L.A. & GARRETT, P., 1977a.- General environmental setting. *In* : Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of Northwest Andros Island, Bahamas, éd. L.A. Hardie. *The John Hopkins University Press* : 12-49.
- HARDIE, L.A. & GARRETT, P., 1977b.- Some miscellaneous implications and speculations. *In* : Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of Northwest Andros Island, Bahamas, éd. L.A. Hardie. *The John Hopkins University Press* : 184-187.
- HARDIE, L.A. & GINSBURG, R.N., 1977.- Layering : the origin and environmental significance of lamination and thin bedding. *In* : Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of Northwest Andros Island, Bahamas, éd. L.A. Hardie. *The John Hopkins University Press* : 50-124.
- HOFFMAN, P., 1976.- Stromatolite morphogenesis in Shark Bay, Western Australia. *In* : Stromatolites, éd. M.R. Walter. *Developments in sedimentology*, 20, Elsevier : 261-271.
- KENDALL, C.G. & SIR, P.A. d'E. SKIPWITH, 1968.- Recent algal mats of a Persian Gulf lagoon. *J. Sed. Petrology*, 38 (4) : 1040-1058.
- KINSMAN, D.J. & PARK, R.K., 1976.- Algal belt and coastal sabkha evolution, Trucial Coast, Persian Gulf. *In* : Stromatolites, éd. M.R. Walter. *Developments in sedimentology*, 20, Elsevier : 421-433.
- LOGAN, B.W., 1961.- Cryptozoon and associate stromatolites from the Recent, Shark Bay, Western Australia. *J. of Geology*, 69 : 517-533.
- LOGAN, B.W., REZAK, R. & GINSBURG, R.N., 1964.- Classification and environmental significance of algal stromatolites. *J. of Geology*, 72(1) : 68-83.
- MAMET, B., 1976.- An atlas of microfacies in Carboniferous Carbonates of the Canadian Cordillera. *Geol. Surv. Canada, Bull.* 255 : 131 p.
- MONTY, C.L.V., 1965.- Recent algal stromatolites in the Windwad lagoon, Andros Island, Bahamas. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 88(6) 269-276.
- MONTY, C.L.V., 1976.- The origin and development of cryptalgal fabrics. *In* : Stromatolites, éd. M.R. Walter. *Developments in sedimentology*, 20, Elsevier : 193-250.
- MONTY, C.L.V. & HARDIE, L.A., 1976.- The geological significance of the freshwater blue-green algal calcareous marsh. *In* : Stromatolites, éd. M.R. Walter. *Developments in sedimentology*, 20, Elsevier : 447-477.
- PLAYFORD, P.E. & COKBAIN, A.E., 1976.- Modern algal stromatolites at Hamelin Pool, a hypersaline barred basin in Shark Bay, Western Australia. *In* : Stromatolites, éd. M.R. Walter. *Developments in sedimentology*, 20, Elsevier : 389-411.
- PRATT, B.R., 1979.- Early cementation and lithification in intertidal cryptalgal structures, Boca Jewfish, Bonaire, Netherlands Antilles. *J. Sed. Petrology*, 49 (2) : 379-386.
- PREAT, A., 1984.- Etude lithostratigraphique et sédimentologique du Givétien Belge (Bassin de Dinant). *Thèse de Doctorat de l'ULB* (inédit) : 466 p.
- PREAT, A. & BOULVAIN, F., 1986.- Les calcaires laminaires du Givétien Inférieur du Bassin de Dinant : témoins paléogéographiques et paléoclimatiques. *Ann. Soc. Géol. Nord* (sous presse).
- PREAT, A. & ROUCHY, J.M., 1986.- Faciès préévaporitiques dans le Givétien des Bassins de Dinant et de Namur. *Bull. Soc. belge Géol.* 95 (2-3) : 177-189.
- PURSER, B.H., 1980, 1983.- Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents : *Technip, T. I et II* : 367 et 390 p.
- SHINN, E.A., 1973a.- Carbonate coastal accretion in an area of longshore transport, NE Qatar, Persian Gulf. *In* : The Persian Gulf. Holocene carbonate sedimentation and diagenese in a shallow epicontinental sea, éd. B.H. Purser, Springer : 471 p.
- SHINN, E.A., 1973b.- Recent intertidal and nearshore carbonate sedimentation around rock highs, E. Qatar, Persian Gulf. *In* : The Persian Gulf, éd. B.H. Purser, Springer : 471 p.
- SHIN, E.A., 1983.- Tidal Flat. *In* : Carbonate depositional environments, éd. P.A. Scholle, D.G. Bebout, C.H. Moore. *AAPG Mem.*, 33 : 708 p.
- SHINN, E.A., LLOYD, M.R. & GINSBURG, R.N., 1969.- Anatomy of a modern carbonate tidal-flat, Andros Island, Bahamas. *J. Sed. Petrology*, 39 (3) : 1202-1228.
- SHINN, E.A. & ROBBIN, D.M., 1983.- Mechanical and chemical compaction in fine-grained shallow-water limestones. *J. Sed. Petrology*, 53 (2) : 595-618.
- WRAY, J.L., 1977.- Calcareous Algae. *Developments in paleontology and stratigraphy*, 4, Elsevier Sc. Publ. Comp. : 185 p.
- WRAY, J.L., 1979.- Paleoenvironmental reconstructions using benthic calcareous algae. *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 3 (2) : 873-879.

PLANCHE 1

Type 2'; lame mince, négatif.

