

Bull. Soc. belge de Géologie	T. 89	fasc. 2	pp. 71-102	Bruxelles 1980
Bull. Belg. Ver. voor Geologie	T. 89	deel 2	blz.71-102	Brussel 1980

LES REGIMES RECIFEAUX DEVONIENS EN ARDENNE

par H. H. Tsien (*)

RESUME. - De la répétition des mouvements épirogéniques résulte l'alternance de phases terrigènes et de phases calcaires. Six types de récifs sont reconnus sur la base de leur morphologie et de leur situation paléogéographique dans des phases calcaires. Si on prend les organismes qui se trouvent dans les récifs en considérations, 11 types de récifs sont alors reconnus. Ce sont les récifs-barrières (R1), le "patch-reef" (R2), les complexes biohermaux (R3A, R3B), les biostromes (R4,1; R4,2; R4,3; R4,4), les "Mud mounds" (R5A, R5B) et les récifs frangeants (R6). La plupart de ces récifs (R1, R2, R3 et R4) se sont développés pendant des phases relativement stables (tectoniquement calmes). D'autres (R5 et R6) se sont développés pendant des phases transgressives. Les particularités écologiques et les flexibilités des divers organismes aux conditions de milieux sont sommairement analysées.

Mots-clés : récifs (types, naissance, développement, terminaison) Dévonien - Belgique - Ardenne. Paléoécologie, Stromatoporoides, Tabulés, Rugueux, Stromatocystis, Algues.

INTRODUCTION.

Le terrain dévonien en Ardenne est une des régions classiques de référence. Les régions types du Couvinien, du Givetien, du Frasnien et du Famennien se trouvent dans le synclinorium de Dinant, l'un des rares bassins qui montre de façon complète l'adaptation des phénomènes récifaux, les variations écologiques des organismes constructeurs et l'évolution des coraux.

Le phénomène récifal débute, en Ardenne, au Couvinien et se poursuit jusqu'au Frasnien Supérieur, avec des phases d'interruption qui sont liées aux mouvements épirogéniques du bassin de sédimentation. Le phénomène est à la fois complexe et complet. La plupart des récifs se sont développés pendant des phases relativement stables (tectoniquement calmes). D'autres récifs de type différent se sont développés pendant la phase transgressive.

STRATIGRAPHIE.

La stratigraphie utilisée est basée sur le schéma proposé par H. H. TSIEN (1972 - 1975 - 1977a - 1977b - 1979).

(*) Laboratoire de Paléontologie, Université Catholique de Louvain, Institut Géologique, place Louis Pasteur, 3 - B 1348 Louvain la Neuve.

Tableau 1 - Stratigraphie du Dévonien moyen et du Frasnien de la Belgique.

Chronostratigraphie proposée		Biostratigraphie			Lithostratigraphie						
Séries	Etagé sous-étage chronozone	ZONE A CORAUX		ZONE A CONODONTES (A H. Moursiell 1972 & P. Blatnyck 1971)	BASSIN DE DINANT			BASSIN DE NAMUR			
				m	S	Massif de Philippeville	N	S	N		
Dévonien Supérieur	Frasnien (Fr)	Supérieur (Fr2)	Acrozone de <i>Phyllasastrea micrommata</i>	P. Micrommata P. Sirenia P. Naron L. Bazarium	Upper Gigas sensu lato	23	Schistes de Malagne	Schistes de Laneffe	Schistes de Laneffe	Formation de Franc-Waret	
				Acrozone de <i>P. goldfussi</i>	P. Ananas P. Macconnata L. Mutabile	A. triangularis sensu lato	22	Formation de Neuville <i>Lentille Bioherm</i>	Formation de Neuville <i>Lentille Bioherm</i>	Formation d'Aisemont	Formation de Franc-Waret
		Inférieur (Fr1)	Acme d' <i>Hexagonaria davidsoni</i> & <i>Tabulophyllum macconnelli</i>	H. Heag. D. Davisoni H. Darwin H. Marnini H. Lecontei H. Salsatoris H. Mae Tabul. Macconnelli D. Goldfussi D. Rugosum	Upper Asymmetric	21	Membre de Boussu-en-Fagne Lion	Formation de Thy-le-Bauduin	Formation de La Marlagne	Formation de La Marlagne	Formation de Rhisnes
				Acme de <i>Disphyllum goldfussi</i> & <i>Macgeea</i>	D. Goldfussi D. Rugosum D. Hostessae D. Grabau Macgeea Richardsoni H. Duba H. Marnini	Middle Asymmetric (A. gigas)	20	Membre de l'Arche Membre de Chalou	Formation de Gougnies	Formation de Gougnies	Formation de Malpas
		Inférieur (Fr1)	Acme de <i>Disphyllum goldfussi</i> & <i>Macgeea</i>	D. Goldfussi D. Rugosum D. Hostessae D. Grabau Macgeea Richardsoni H. Duba H. Marnini	Lower Asymmetric	19	Formation de Daily	Formation de Daily	Formation de Gourdinne	Formation de Gourdinne	Formation de Bossière
	18					Zones des Monsires	Formation de Daily	Formation de Gourdinne	Formation de Gourdinne	Formation de Bossière	
	17					(Lower most Asymmetric)	Formation de Fromelennes	Formation de Gerpennes	Formation du Roux	Formation de Mazzy	
	Dévonien Moyen	Givetien (Gi)	Supérieur (Gi3)	Acrozone de <i>D. virgatum</i>	D. Virgatum	(Lower most Asymmetric)	16	Formation de Fromelennes	Formation de Gerpennes	Formation du Roux	Formation de Mazzy
					Acrozone de <i>Temnophyllum</i>	H. Karsini Temnophyllum	Varcus (1962)	15	Membre de Mont d'Hairs	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont
			Moyen (Gi2)	de <i>Temnophyllum</i>	H. Quadrigemina H. Hypocretentormis H. Arctica H. Günski	Icriodus	14	Membre de Terre d'Hairs	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	Formation d'Alvaux
de <i>Temnophyllum</i>					Temnophyllum D. Givini Spongophyllum Strophophyllum Dohmophyllum	obliquimarginatus	13	Membre de d'Hotton <i>Lentille rictata</i>	Tailfer	Tailfer	Formation de Nèvreumont
Acme d' <i>Acanthophyllum</i>					Grypophyllum Strophophyllum Dohmophyllum Acanthophyllum	Spathognathodus bidentatus Kockelianus	12	Formation d'Hanonet	Formation de Claminforge	Formation de Claminforge	Formation de Rouillon
Couviniens (Co)		Supérieur (Co3)	Acrozone de <i>Mesophyllum dubium</i>	Acanthophyllum Mesophyllum	Polygnatus angustipennatus	10	Formation de Jemette	Formation de Rouillon	Formation de Rouillon	Formation de Nèvreumont	
				Cystiphyllodes Pseudofongi Mesophyllum Praetorgum Strophophyllum Acrogyllodes S. Implicatum Disphyllum Couviniens	Corniger zone	9	Formation de Couvin	Formation de Rouillon	Formation de Rouillon	Formation de Nèvreumont	
		Moyen (Co2)	de <i>Mesophyllum dubium</i>	Cystiphyllodes Hermystyphylum Perseptatum Tabulophyllum Firmatum	Corniger zone	8	Formation de Bure	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	
				Acme de <i>C. conedum</i>	Cystiphyllodes Hermystyphylum Perseptatum Tabulophyllum Firmatum	Corniger zone	7	Formation de Bure	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont
				Acme de <i>C. conedum</i>	Cystiphyllodes Hermystyphylum Perseptatum Tabulophyllum Firmatum	Corniger zone	6	Formation de Bure	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont
Inférieur (Co1)	Acme de <i>C. conedum</i>	Cystiphyllodes Hermystyphylum Perseptatum Tabulophyllum Firmatum	Corniger zone	5	Formation de Bure	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont			
		Cystiphyllodes Hermystyphylum Perseptatum Tabulophyllum Firmatum	Corniger zone	4	Formation de Bure	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont	Formation de Nèvreumont			

H.H. TSIEN, 1980

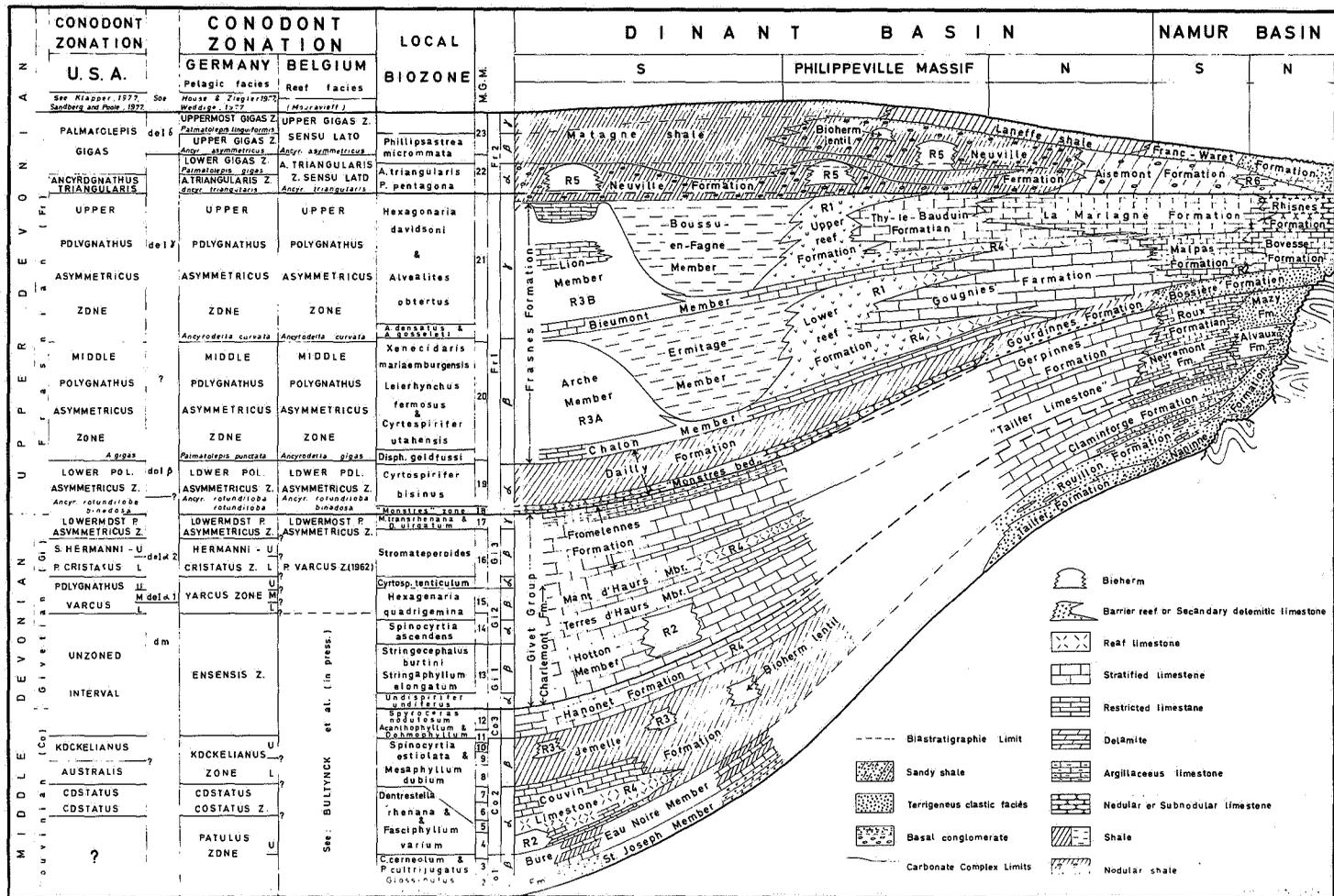


Fig. 1 - Figure montrant les relations stratigraphiques entre les différents faciès sédimentaires et les corrélations stratigraphiques entre la séquence dévonienne belge et des autres localités en Allemagne et aux U. S. A.

Le tableau 1 résume ce travail.

La figure 1 montre les relations stratigraphiques entre les divers faciès sédimentaires, et les corrélations stratigraphiques entre la séquence dévonienne belge et les autres localités en Allemagne et aux U. S. A.

LOCALISATION ET STRUCTURE REGIONALE DU BASSIN DE SEDIMENTATION EN ARDENNE.

LOCALISATION DU BASSIN.

Le Dévonien de l'Ardenne fait partie de la bordure septentrionale du géosynclinal hercynien Ouest-Européen vers son extrémité occidentale. Il a été déformé avec sa couverture carbonifère par l'orogénèse hercynienne et repose en discordance sur un socle cambro-silurien plissé par l'orogénèse calédonienne dans quatre bassins : Campine-Namur-Dinant-Neufchâteau.

Les unités tectoniques hercyniennes majeures surimposées sur le substratum calédonien sont, du Nord au Sud :

1. Synclinal de la Campine.
2. Anticlinal du Brabant.
3. Bassin synclinal de Namur.
4. Bande silurienne du Condroz.
5. Bassins synclinaux de Dinant et prolongement de la Vesdre.
6. Massifs de Rocroi, Serpont, Stavelot.
7. Bassin synclinal éodévonien de Neufchâteau.

La série dévonienne moyenne et frasnienne affleure tout le long des bords nord et sud du Bassin de Dinant, le long du bord sud du massif de la Vesdre, dans le massif de Philippeville et le long des bordures nord et sud du bassin de Namur (Fig. 2).

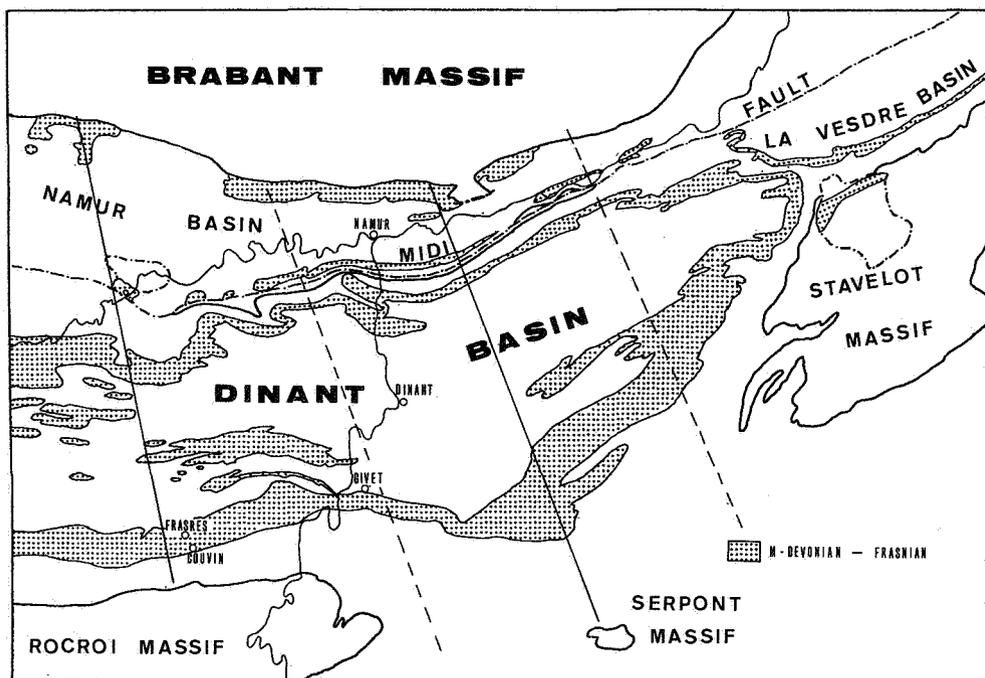


Fig. 2 - Localisation et structure régionale des bassins dévoniens en Ardenne.

- Sketch map of southern Belgium showing the geographic setting and the tectonic subdivisions of the Middle Devonian and Frasnian.

STRUCTURE ET EVOLUTION DES BASSINS.

- Les dépôts de sédiments de ces quatre bassins montrent la structure et l'évolution épirogénique des bassins et les étapes de la transgression de plus en plus tardive du Sud au Nord :
1. Début : Gédinnien inférieur dans le bassin synclinal de Neufchâteau et le bord Sud du bassin de Dinant.
 2. Bord Nord du bassin de Dinant : Gédinnien supérieur en Belgique, Prégédinnien en Artois (Fosse transversale).
 3. Stabilisation jusqu'à l'Emsien.
 4. Emsien supérieur : réveil tectonique; Poudingue de Burnot, Soulèvement de Stavelot.
 5. Installation du régime récifal autour de Rocroi (Iles de Rocroi), jusqu'au début du Givetien.
 6. Développement des faciès sublagunaires (avec récifs ou non) et lagunaires au Givetien moyen et transgression jusque dans le bassin de Campine et dans le bassin de la mer du Nord (TSIEN, 1977).
 7. Réveil tectonique et soulèvement local du Brabant, en légère régression (Formation de Mazy).
 8. Transgression jusque dans le bassin de Campine, au début du Frasnien.
 9. Epanouissement du régime récifal pendant les phases relativement stables - Fr1 β et γ .
 10. Régime récifal pendant la phase transgressive - Fr2 α et β
 11. Soulèvement local du Brabant - Fr2 γ , fin des régimes récifaux.

DISTRIBUTION DES FACIES ET DEVELOPPEMENT DES RECIFS EN ARDENNE.

De la répétition des mouvements épirogéniques résulte l'alternance de phases terrigènes et de phases calcaires; celles-ci correspondant aux périodes relativement stables (tectoniquement calmes et au développement des récifs).

Des récifs d'un type différent ont pu se développer pendant les phases transgressives, pour autant que la subsidence ne soit pas trop rapide. L'alternance de phases terrigènes et de phases relativement calmes ne seront pas nécessairement identique dans deux régions voisines. Cependant, l'apparition du régime récifal durant la phase relativement stable dépend des conditions paléogéographiques de l'époque car l'ensemble des conditions doit être favorable au développement des organismes constructeurs (TSIEN, 1975).

La reconstitution paléogéographique détaillée et la distribution des faciès récifaux du Dévonien moyen et du Frasnien en Belgique peuvent nous aider à comprendre la genèse des récifs anciens (TSIEN, 1977).

LES VARIATIONS LITHOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES LATERALES.

Les faciès lithologiques et les associations fauniques varient sur le shelf et dans le bassin conformément aux variations de milieux qui sont déterminées par l'interférence des facteurs divers : profondeur, agitation, turbidité, morphologie du fond de la mer, subsidence, développement des récifs-barrières, salinité, etc... Les coupes schématiques idéales de variations de faciès développés pendant la phase relativement stable et la phase transgressive en sont des exemples (Fig. 3-4).

PENDANT LA PHASE RELATIVEMENT STABLE (Fig. 3).

- Sur shelf : biostromes
- Dans le bassin : bioherms

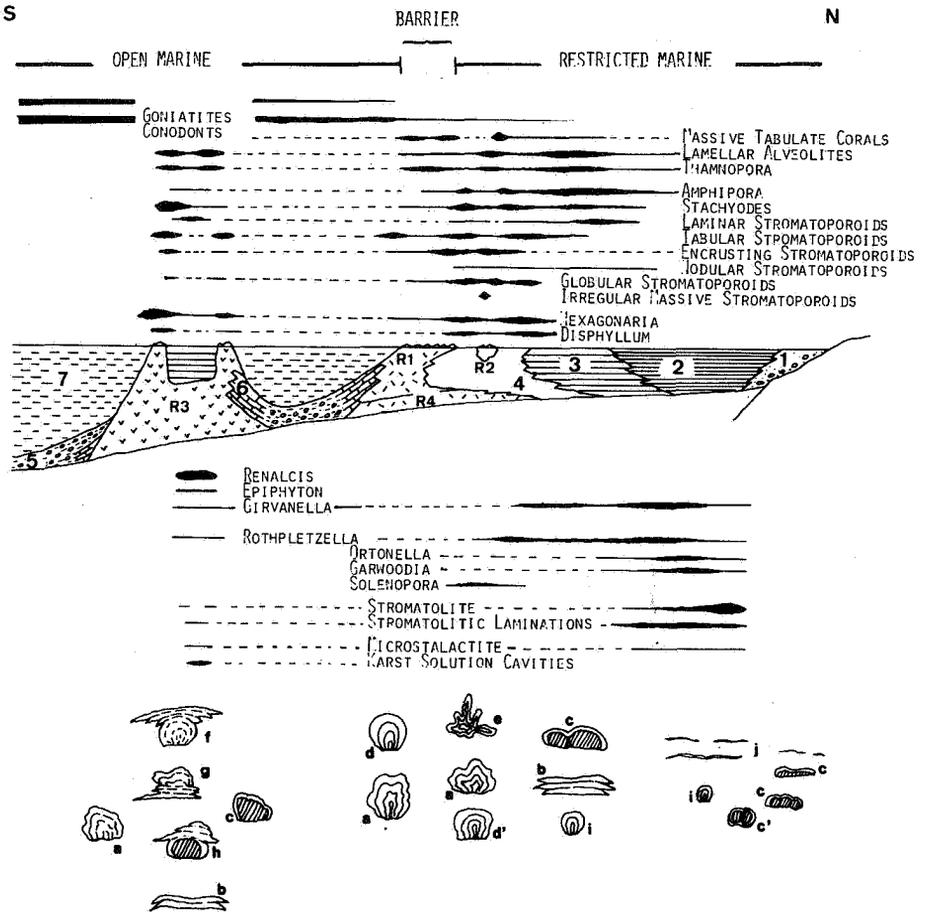


Fig. 3

- Modèle simplifié d'un complexe récifal développé pendant une phase relativement stable et la distribution des faunes et des flores et leurs adaptations écologiques dans le complexe récifal.

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. faciès littoral, très localisé; | 4. faciès subrécifal; |
| 2. faciès lagunaire; | 5. schistes noduleux; |
| 3. faciès sublagunaire; | 6. "talus"; |
| 7. schistes azoïques postérieurs au développement des récifs; | |
| a. formes massives; | f. formes a + b; |
| b. formes lamellaires épaisses; | g. formes b + a; |
| c. forme encroûtante; | h. formes c + b; |
| d. forme globulaire; | i. forme nodulaire; |
| e. forme massive digitée; | j. formes lamellaires minces. |

S

N

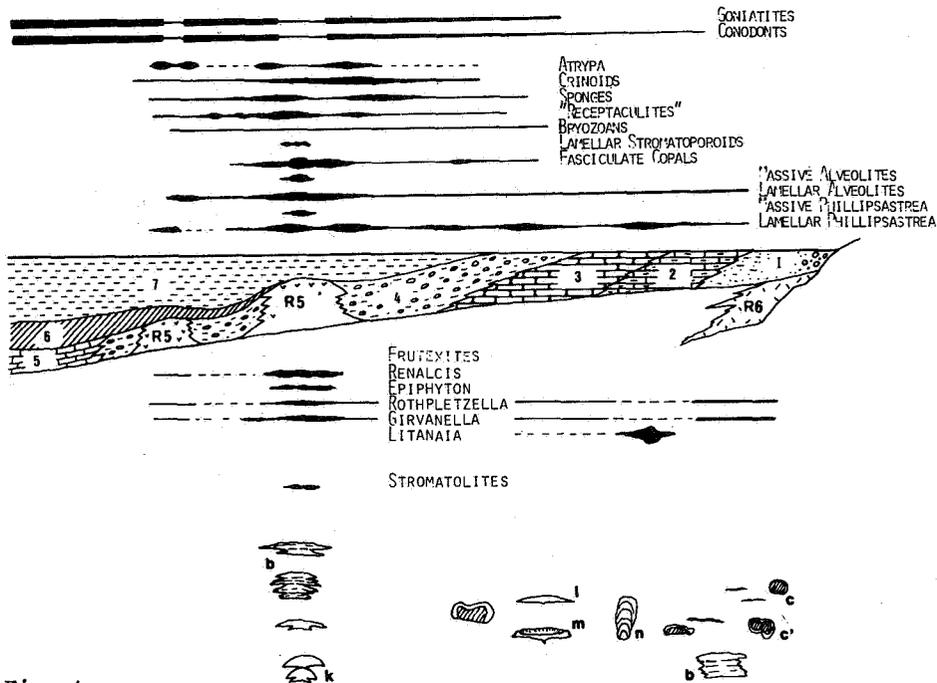


Fig. 4

- Modèle simplifié d'un complexe récifal développé pendant une phase transgressive et la distribution des faunes et des flores et leurs adaptations écologiques dans le complexe récifal.

1. faciès littoral;
2. calcaires argileux;
3. calcaires noduleux;
4. schistes noduleux;
5. calcaires pélagiques;
6. schistes pélagiques;
7. schistes;

k. forme montrant des évaginations aux bords latéraux dans les milieux périodiquement boueux;

- l. en forme de disque;
- m. en forme de microatoll;
- n. en forme de colonne.

- Simplified model of a reef complex developed during a transgressive phase and environmental distribution of the organisms and their ecological adaptations.

Installation et épanouissement du régime récifal durant l'époque Fr. 1 seront pris en exemple.

Au cours des périodes de phase relativement stable, dans une mer peu profonde et chaude, sur une plate-forme relativement stable, comme ce fut le cas au bord sud du bassin de Dinant et du massif de Philippeville durant l'époque Fr. 1, les organismes peuvent construire des récifs très étendus, et former une véritable nappe récifale que l'on appelle biostrome (R4.). Vers la fin du développement de ce récif étendu, la croissance aidant, les organismes finissent pas se localiser en bordure du biostrome, au large, où ils forment une barrière récifale (R1.). La barrière récifale, s'édifiant en bordure du biostrome, isole à certains moments les eaux de la plate-forme de la haute mer; à d'autres moments, par le jeu combiné de la subsidence du fond de la mer, du climat de la région, de la sédimentation à l'intérieur de la barrière récifale, les échanges avec les eaux recouvrant la plate-forme sont plus prononcés. Ce phénomène d'ouverture et de fermeture alternées influence la composition des sédiments de la plate-forme. Aux périodes de fermeture correspond le dépôt de calcaires fins, argileux et pauvres en organismes, tandis qu'au cours des périodes d'ouverture, ce sont les biostromes qui s'édifient. Etant donné qu'au cours du temps, on assiste à des fermetures et des ouvertures alternées de plate-forme, on comprend qu'en conséquence les deux types de formations calcaires se superposent, également en alternance.

D'autre part, dans la partie sud du Bassin de Dinant, où le fond de la mer s'enfonçait plus rapidement que sur la plate-forme, les récifs ne se développent qu'à certains endroits propices; les organismes luttent contre l'enfoncement et édifient des récifs en forme de dôme que l'on appelle bioherme de type complexe biohermal (R3.). Ces types de récifs sont contrôlés par la vitesse de croissance des organismes et la vitesse de la subsidence.

PENDANT LA PHASE TRANSGRESSIVE (Fig. 4).

Au Frasnien Supérieur, la mer transgressait vers le nord. Le fond de la mer s'abaissait lentement avec la transgression. C'est dans ces conditions, accompagnées par une lente décantation de la boue argileuse, que se développent les récifs en forme de dôme. Les constructeurs de ces récifs, dans ce cas, sont composés d'organismes tolérant les eaux boueuses et propices à la zone en dessous de la zone de vague : les coraux rugueux, les coraux tabulés, les crinoïdes, les algues et les "stromatactis". Ces derniers, structures d'origine mal connue, forment par endroit des accumulations considérables et leur rôle constructeur ne fait donc pas de doute. Tous ces organismes sont plus aptes à piéger et à fixer les sédiments; ils forment des monticules boueux que l'on appelle bioherm de type "Mud mound", récif boueux en forme de dôme.

TYPES DE RECIFS DEVONIENS EN ARDENNE.

Un récif doit remplir les trois conditions suivantes :

1. Une masse construite sur place par des organismes,
2. Avoir le relief originel,
3. Posséder une rigidité et une résistance aux vagues.

Six différents types de récifs sont reconnus sur la base de leur morphologie et de leur situation paléogéographique (TSIEN, 1975-1977). Si on prend les organismes qui se trouvent dans les récifs en considération, 11 types de récifs sont alors reconnus dans les complexes récifaux dévoniens en Belgique. Ce sont les récifs-barrières (R1), le "Patch-reef" (R2), les complexes biohermaux (R3A, R3B), les biostromes (R4,1; R4,2; R4,3; R4,4), les "Mud-Mounds" (R5A; R5B), et les récifs frangeants (R6). La plupart de ces récifs (R1, R2, R3 et R4) se sont développés pendant des phases relativement stables (tectoniquement calmes). D'autres (R5 et R6) se sont développés pendant des phases transgressives (Tabl. 2).

A. PENDANT LA PHASE RELATIVEMENT STABLE

I. SUR LA PLATE-FORME STABLE

1. Biostrome (R4.1, R4.2, R4.3, R4.4) : récifs étendus, nappe récifale
2. Patch reef (R2) : Bioherm développé en arrière de la Barrière.

II. EN BORDURE DE LA PLATE-FORME

3. Barrière récifale (R1)

III. DANS UN BASSIN

4. Complexes biohermaux (R3A, R3B)
 - a. Type Récif de l'Arche (R3A) : variation verticale
 - b. Type Récif du Lion (R3B) : variation horizontale

B. PENDANT LA PHASE TRANSGRESSIVE

IV. DANS UN BASSIN

5. Mud mounds (R5A, R5B)
 - a. Type Récif des Croisettes (R5A) : coraux lamellaires et algues
 - b. Type Récif de Beauchâteau (R5B) : coraux branchus et algues

V. FRANGEANT UN CONTINENT

6. Récifs frangeants (R6)

DESCRIPTION DES RECIFS.

1. Récif-barrière (R1)

Vers la fin du développement des biostromes, la croissance aidant, les organismes finissent par se localiser en bordure du biostrome, au large, où ils forment une barrière récifale. Exemple : carrière de dolomie à Villers-le-Gambon. (LECOMPTE, 1964, TSIEN, 1979, 1977). Frlp (Fig. 5).

La carrière a ouvert son exploitation sous la surface du sol dans un faciès récifal entièrement dolomitisé. Sur une épaisseur de 60 m environ à partir de la limite Sud de la carrière, celle-ci exploite une dolomie massive de couleur claire. La dolomie est grenue grossière. Les rhomboédres de dolomie atteignent une taille de 2 à 4 mm. Au-dessus, sur une quarantaine de mètres, la dolomie, toujours grossière mais de couleur foncée, est stratifiée. Viennent ensuite, sur environ 20 m de puissance, des bancs de calcaire gris foncé dolomitique à stromatoporoides massifs, stromatopores branchus et *Hexagonaria*. Dans la partie massive du récif se reconnaît encore de temps en temps les formes de stromatoporoides massifs, stromatoporoides lamellaires et d'*Hexagonaria* entièrement dolomitisés. La partie supérieure, dans la dolomie grise foncée stratifiée, contient des stromatoporoides massifs, lamellaires et branchus et des *Hexagonaria* toujours entièrement dolomitisés. C'est seulement au sommet, dans les bancs de calcaires dolomitiques que les faunes coralliennes sont encore identifiables (TSIEN, 1975).

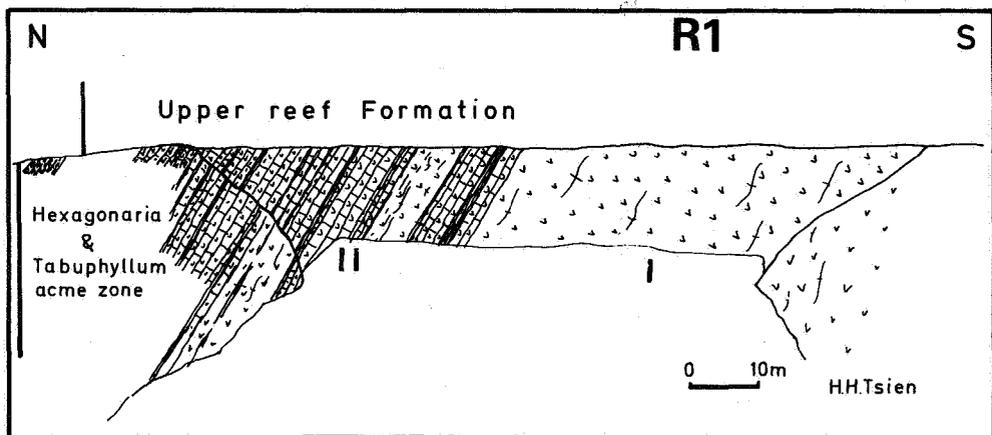


Fig. 5 - Carrière de dolomie à Villers-le-Gambon, Frlp.

I. Dolomie de couleur foncée; II. Dolomie de couleur claire.

2. "Patch-reef" (R2)

Récif en forme de dôme développé dans des conditions localement favorables de la plate-forme en arrière de la barrière. Exemple : Fondry des Chiens, Nismes (TSIEN, 1974, 1977; TSIEN et al. 1980).

De bas en haut, la coupe montre la séquence suivante

(Fig. 6) :

1. + 30 m. (Fig. 6, I) : calcaires crinoïdiques stratifiés. Les fragments de crinoïdes sont mal classés. Les tiges de crinoïdes sont grosses et peuvent atteindre un diamètre supérieur à 6 mm. Les microfaciès révèlent des packstones et grainstones à crinoïdes. Les stromatoporoides encroûtants et lamellaires sont présents mais peu nombreux. L'ensemble des calcaires crinoïdiques est une lentille crinoïdique formée mécaniquement par l'accumulation des débris de crinoïdes.

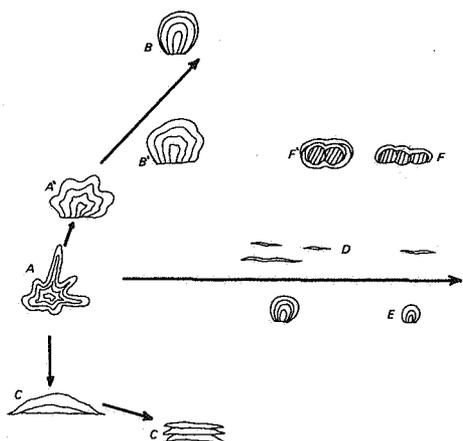


Fig. 7 - Figure montrant l'adaptation écologique et les variations structurales de stromatoporoïdes.

- Figure summarizing effect increasing terrigenous materials (A to B), increasing depth and decreasing turbulence (A to C) and increasing salinity and decreasing water circulation (A to D or E) on growth form of stromatoporoïdes. F : During the slow sedimentation period, organic debris was partially exposed for a long period of time on the soft sea bottom, and encrusting forms of F type were able to develop.

3. Complexes biohermaux (R3A, R3B)

Récifs lenticulaires de dimensions variables développés dans un bassin subsident contemporain des biostromes (R4) qui se formaient sur la plate-forme relativement stable.

I. Type R3A : variation verticale.

Exemple : Récif de l'Arche (LECOMPTE, 1960, 1964, MOURAVIEFF, 1970, TSIEN, 1974, 1975, 1977).

Le substratum du récif est formé par des colonies de *Disphyllum* et d'*Alveolites* sur 5 m d'épaisseur. L'accumulation locale de *Disphyllum* et d'*Alveolites* suscite un relief topographique au fond de la mer. Le récif de type R3A s'est construit sur ce relief formé par l'accumulation des organismes in situ.

La section de la carrière de l'Arche montre la succession suivante (Fig. 8) :

- La partie initiale du récif est constituée d'une lentille de calcaires argileux foncés de + 2 m d'épaisseur composée de grandes colonies de *Disphyllum*. Ceux-ci formés dans un milieu assez turbide. L'ensemble de lentille est un "bafflestone" de *Disphyllum*. La croissance du récif est légèrement plus rapide que la subsidence.
- La partie inférieure du récif (environ 32 m) est constituée de calcaires roses à rouges - faune essentiellement corallienne (*Alveolites* lamellaires) comprenant aussi des algues et des stromatolites, auxquels sont associés des stromatoporoïdes en très fines lamelles. Cette partie du bioherme est du type "Mud mound" (récif boueux en dôme). Elle se compose, macroscopiquement de Boundstone d'*Alveolites* et des algues ainsi que de Bafflestones de *Disphyllum*; microscopiquement de mudstones et de wackestones avec par endroit des packstones et de grainstones à crinoïdes.

Arche quarry (R3A)

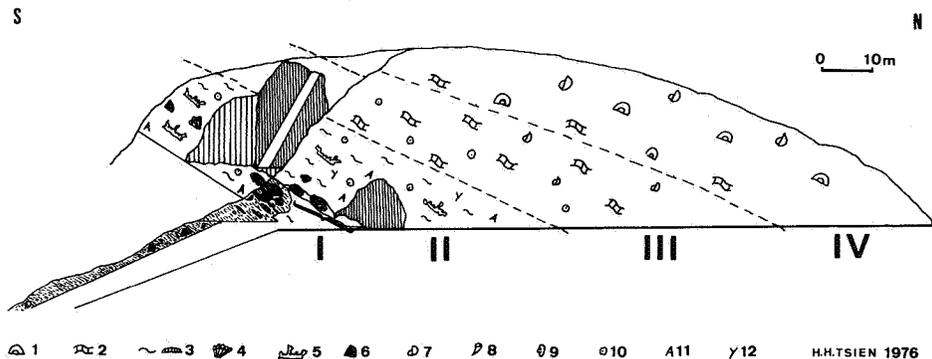


Fig. 8 - Coupe de la carrière de l'Arche, Frasnien inférieur, Frasnes-lez-Couvin.

- I. partie basale; II. partie inférieure; III. partie moyenne; IV. partie supérieure; 1. stromatoporoïdes massifs; 2. stromatoporoïdes lamellaires épais; 3. *Alveolites* lamellaires; 4. *Disphyllum*; 5. stromatactis; 6. *Receptaculites*; 7. Brachiopodes; 8. *Macgeea*; 9. Ostracodes; 10. Crinoïdes; 11. Algues; 12. *Thamnopora*.

Les colonies de *Disphyllum* (coraux branchus) sont parfois brisées et retournées. La plupart des tiges de *Disphyllum* et de *Thamnopora* sont encroûtées par quelques éléments lamellaires de stromatoporoïdes ou quelques filaments d'algues (*Rothpletzella*). Dans cette partie, les calcaires sont des Bafflestones. Les colonies d'*Alveolites* sont souvent lamellaires parfois encroûtantes. En association des algues, des Stromatactis et des Bryozoaires, elles forment la plus grande partie de cette zone du récif. L'ensemble des calcaires est macroscopiquement composé de boundstones. Les matrices sont des calcaires organoclastiques (essentiellement wackestones, parfois packstones). Par endroit, dans les matrices, ces calcaires organoclastiques sont distinctement grano-classés, avec de grands fragments de crinoïdes ou de *Thamnopora* à la base et de petits fragments ou mudstones avec des *Alveolites* lamellaires et des *Rothpletzella* et/ou bryozoaires encroûtants au sommet de chaque séquence. L'ensemble des calcaires organoclastiques à l'origine partiellement fixés par des *Alveolites* et des algues se cimente ensuite par les micrites. La présence de micrite, d'algues encroûtantes, d'*Alveolites* lamellaires et de bryozoaires indique un milieu calme. Les coraux branchus indiquent les milieux modérément agités. Cependant, le matériel squelettique brisé suggère des conditions très agitées. Le granoclassement des fragments organiques suggèrent un milieu de suspension turbide de courte durée engendré par une tempête. Le dépôt est subit dans plusieurs milieux différents et s'est probablement produit largement dans un milieu calme, en-dessous de la zone d'action des vagues, avec des incursions occasionnelles dans la zone d'action des vagues.

Les colonies lamellaires d'*Alveolites suborbicularis* deviennent irrégulières et très grandes au sommet de cette partie inférieure du récif.

La croissance du récif égale la somme des effets de la croissance des organismes augmentée de l'accumulation des boues, croissance qui, au total, égale ou est légèrement plus grande que la subsidence.

- C. La partie moyenne est constituée de calcaire gris contenant des brachiopodes associés à des stromatoporoides lamellaires et tabulaires. La croissance du récif est plus rapide que la subsidence.
- D. La partie supérieure est caractérisée par des stromatopores massifs associés à des brachiopodes (*Gypidula*, *Atrypa*) en concentrations localisées. La croissance du récif est plus rapide que la subsidence. Les organismes se développent dans la zone d'agitation des vagues, et atteignent parfois la surface de la mer. La vie des récifs de ce type est interrompue par une accélération brutale de la sédimentation terrigène (claystones). La source des matériaux terrigènes se trouve probablement au sud.

II. Type R3B : variation horizontale.

Exemple : Récif du Lion (LECOMPTE, 1960, MOURAVIEFF, 1970, 1974, TSIEN, 1974, 1975, 1977).

Les récifs de ce type reposent sur des calcaires argileux stratifiés sur un relief formé soit organiquement par l'accumulation des *Hexagonaria*, coraux branchus et stromatoporoides soit sédimentologiquement par les compactations différentielles entre les récifs et les schistes du niveau précédent. En effet, dans beaucoup d'endroits, les récifs de trois niveaux du Frasnien sont superposés (Fig. 9).

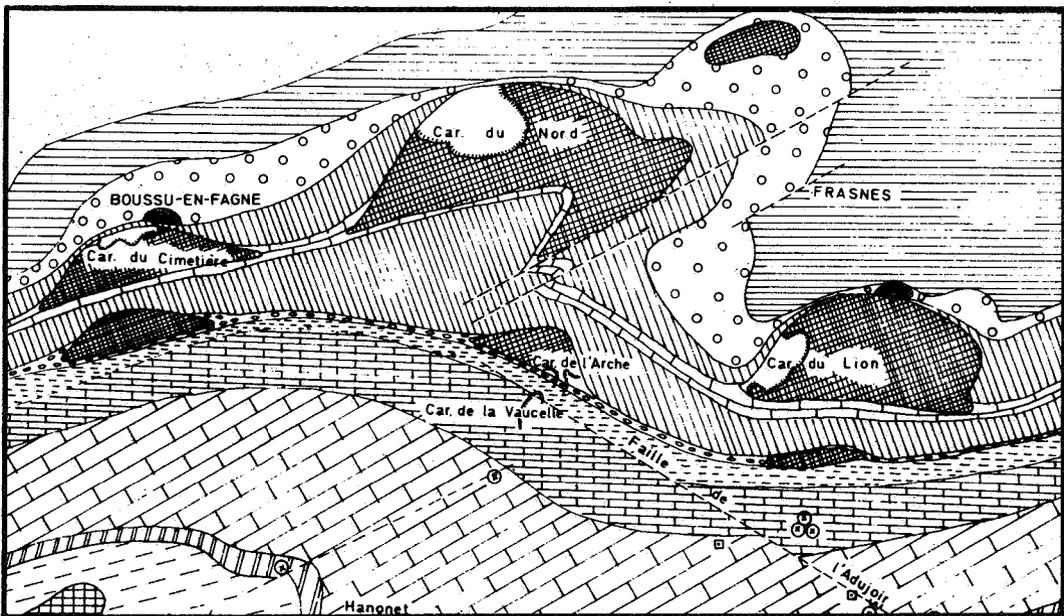
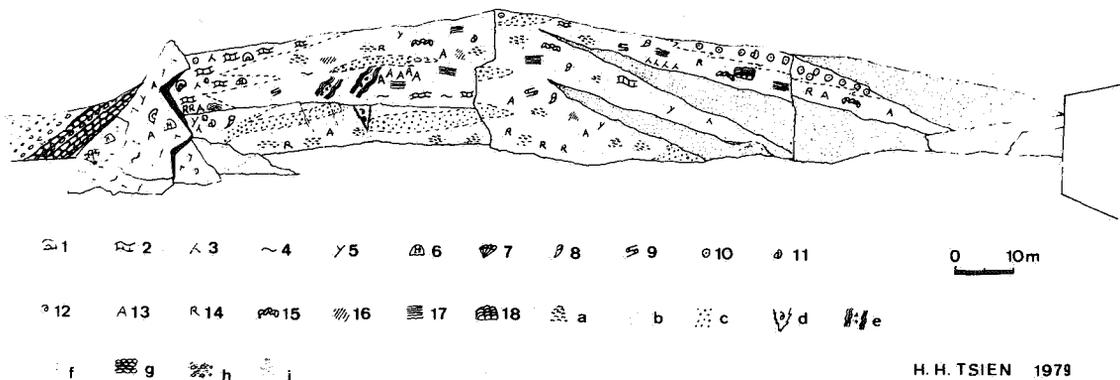


Fig. 9 - Carte géologique de la région de Frasnien. Dans beaucoup d'endroits, les récifs de trois niveaux du Frasnien sont superposés.

Ce type de récif n'est pas entièrement construit par des stromatopores massifs et des coraux comme on aurait pu le supposer. L'association des organismes diffère d'un endroit à l'autre du récif. Dans la carrière du Lion (Fig. 10) on ne voit qu'une partie du récif. La carrière du Nord à l'ouest de la carrière du Lion et la carrière Lhoist à Rochefort montrent l'autre partie du récif de ce type. Les calcaires du récif sont assez purs (peut atteindre 90% de CaCo_3); les stromatoporoides et les coraux sont plus abondants à la périphérie du récif; les algues, les structures "en oeil d'oiseau" et les stromatolites dominent dans la partie centrale du récif. Ceci indiquerait que le récif du Lion était probablement un atoll.

Les stromatoporoides massifs associés avec les stromatoporoides lamellaires ne sont fréquents que dans la partie ouest du



H. H. TSIEN 1979

Fig. 10 - Carrière du Lion, Frasnien inférieur. Frasnés-lez-Couvin.

1. Stromatoporoïdes massifs; 2. Stromatoporoïdes lamellaires;
3. Stromatoporoïdes branchus; 4. *Alveolites*; 5. Coraux tabulés branchus;
6. *Hexagonaria*; 7. Coraux rugueux branchus; 8. Rugueux solitaires;
9. Bryozoaires; 10. Crinoïdes; 11. Brachiopodes; 12. Nautiloïdes;
13. Algues; 14. *Renalcis*; 15. *Rothpletzella*; 16. "ooze" alguaire;
17. Laminations stromatolithiques; 18. Stromatolithes; a. "fenestral fabrics"; b. micrite; c. calcarénite; d. nautiloïdes dans des cavités karstiques; e. cavités de dissolution karstique; f. dépôts de pente (talus); g. calcaire nodulaire; h. schistes nodulaires; i. schistes.

récif au fond nord de la carrière. Dans cette partie, les *stromatoporoïdes* montrent leurs adaptations écologiques dans des milieux différents (Fig. 11). Dans la partie ouest du récif, au contact des schistes, sur 2 à 3 m d'épaisseur les calcaires contiennent de nombreux *Stachyodes*. Les *Stachyodes* sont généralement brisés, parfois en position de vie. Les tiges de *Stachyodes* sont encroûtées par des *Stromatactis* encroûtants (TSIEN, 1971) et puis soudés par plusieurs générations de sparite. Par endroit, les tiges sont orientées par les courants, avec des interpénétrations de *Stylolithes*. L'ensemble des calcaires forme un "Bafflestone" (?) de *Stachyodes*. Dans la partie est de la carrière, au sommet, le calcaire est bourré de crinoïdes à tiges très grandes (+ 6 mm), avec brachiopodes et tabulés branchus abondants.

Les algues sont très abondantes dans le lagon du récif. *Rothpletzella straelenii* est très répandue dans ce type de récif. Elle se rencontre dans plusieurs types d'environnement mais elle présente chaque fois une adaptation différente. Tantôt elle forme dans le lagon du récif, des tapis épais sur le fond de la mer; tantôt elle se présente sous forme d'incrustations en épibiose avec des Coraux, des bryozoaires et des stromatoporoïdes (Pl. 1 - photo 1). Ce dernier cas existe également dans les "mud mounds" (R5). *Epiphyton* et gen. nov. 2 (TSIEN, 1979, p. 114) forme des masses importantes sur le fond de la mer aux endroits protégés. Elles se rencontrent parfois dans des cavités du récif. Dans certains cas, on peut les observer se développant de haut en bas dans une cavité (Pl. 1 - photo 2). *Girvanella* et gen. nov. 4 (TSIEN, 1979) sont également abondantes dans le lagon. Elles sont communément brisées et mélangées dans les micrites.

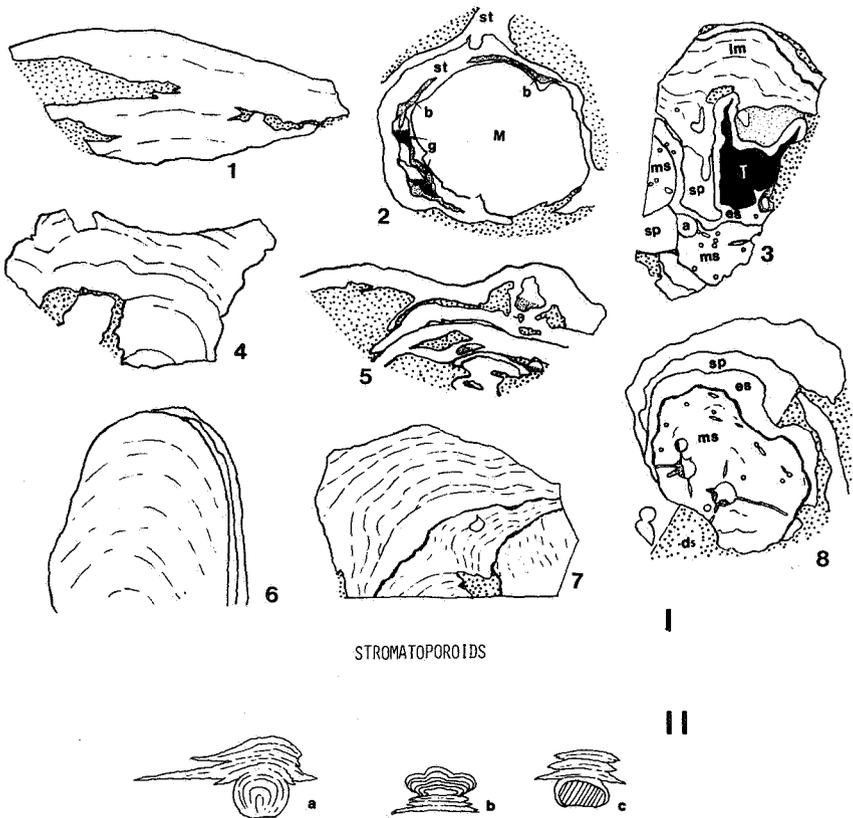


Fig. 11 - Figures montrant le polymorphisme et les changements de milieu révélés par les adaptations écologiques des stromatoporoides.

I. Adaptations écologiques des stromatoporoides.

1. Forme lamellaire épaisse avec des invaginations aux bords indiquant l'augmentation périodique de la vitesse des sédimentations.
2. *Mesophyllum* (M) (*Rugosa*) encroûté par bryozoaires (b) et stromatoporoides (st).
3. *Tabullophyllum* (T) (*Rugosa*), stromatoporoides massifs (ms), algues (a) encroûtés d'abord par stromatoporoides encroûtants (es) puis fixé en l'ensemble par des formes lamellaires (lm), ensuite cimentés par les sparites (sp) et les micrites. Un tel exemple indique différents stades de développement des formes dans des milieux différents.
4. Forme lamellaire épaisse dérivé d'une forme massive.
5. Formes lamellaires fusionnées ensemble.
6. L'encroûtement s'effectue sur un côté d'une forme massive.
7. Formes lamellaires épaisses attaquées par des algues.
8. Formes massive attaquée d'abord par des fousseurs et des algues, puis roulée plusieurs fois et ensuite encroûtée plusieurs fois par des stromatoporoides encroûtants.

II. Changements de milieu révélés par les formes des stromatoporoides.

Forme massive : eaux agitées, formes encroûtantes : milieux calmes à sédimentation lente ou nulle. Forme lamellaire épaisse avec des invaginations : milieux calmes, augmentation périodique de la vitesse des sédimentations.

- a. La partie massive des stromatoporoides a débuté en eaux claires et agitées; la partie lamellaire épaisse avec des invaginations suggère un milieu calme avec l'augmentation périodique de la vitesse des sédimentations.
- b. Forme lamellaire avec des invaginations puis forme massive.
- c. Forme encroûtante puis forme lamellaire.

Des fissures d'inégale importance, contemporaines de la formation du récif, affectent celui-ci à différents endroits. Elles ont souvent été remplies de calcite concrétionnée ou de micrites zonaires d'origine probablement algaire. Au centre de la carrière, on observe une poche triangulaire remplie d'orthocères. On a trouvé de rares cimentations microstalactitiques (Pl. 1 - Fig. 4) dans le lagon du récif du Nord (carrière du Nord).

Les litho- et bio-facies du centre du récif confirment donc un milieu peu profond (voir émergé) et restreint de type lagoon.

Dans le calcaire massif du récif viennent s'indenter trois talus qui s'épaississent sur le flanc du récif et qui sont constitués de matériaux désagrégés du récif mélangés avec des organismes autochtones. Ils montrent une variation granulométrique de haut en bas des talus. Ils ont vraisemblablement été constitués au cours de trois phases de ralentissement de la subsidence (périodes stables), durant lesquelles le récif se serait élevé assez haut atteignant parfois la surface de la mer pour former un véritable atoll.

Les schistes azoïques interrécifaux sont postérieurs au développement du récif. La source des matériaux terrigènes se trouve probablement au sud. L'accélération de sédimentation terrigène dans la mer étouffe par conséquent ces récifs.

4. Biostromes (R4, 1; R4, 2; R4, 3; R4, 4)

Récif étendu, nappe récifale.

4 types de biostromes (R4, 1, R4, 2, R4, 3 et R4, 4) sont reconnus (TSIEN, 1977, 1979) :

I. Biostrome formé par l'accumulation sur place des stromatoporoïdes massifs et globuleux (R4,1).

Exemple : coupe du chemin de fer à Neuville (TSIEN, 1975).

On y rencontre des calcaires frasniens de faciès sublagunaire, de faciès lagunaire et occasionnellement de faciès récifal de type R4,1. Quatre litho- et bio- faciès sont présents.

- A. Des mudstones à laminations algaires parallèles et des mudstones à "fenestral fabrics".
- B. Des bancs de calcaire gris, principalement mudstones ou wackestones.
- C. Des wackestones à *Amphipora* ou des packstones à *Amphipora*.
- D. Des biostromes à stromatoporoïdes massifs.

Les quatre litho- et bio- faciès se rencontrent généralement dans des cycles complets ou incomplets. Le lithofaciès A se rencontre, en règle générale, au sommet de la séquence. Le terme D se trouve à la base ou au commencement de la séquence. Le cycle reflète une fermeture progressive à partir d'une mer ouverte.

II. Biostrome formé par les colonies de *Disphyllum* in situ (R4, 2).

Exemple : Biostrome à *Disphyllum* à Lustin (Pl. 1, Fig. 3).

Deux différents types de couches à *Disphyllum* se rencontrent en Belgique :

- A. Les colonies in situ de *Disphyllum* de forme buissonnante forment généralement des lentilles étendues. Les colonies sont soudées et cimentées soit par micrite, soit par sparite. Parfois la matrice contient des wackestones ou des schistes argileux.
- B. Les *Disphyllum* détritiques, érodés et redistribués forment des bancs homogènes très étendus. Le terme A forme des biostromes à *Disphyllum*. L'ensemble des biostromes forme un bafflestone. Le terme B suggère généralement des dépôts de tempête.

III. Biostrome formé par les débris d'*Hexagonaria* et/ou de stromatoporoïdes massifs qui sont stabilisés par des stromatoporoïdes lamellaires (R4,3).

Exemple : coupe de Tailfer (LECOMPTE, 1960, 1964, VAN WINKEL, 1964, TSIEN et al., 1973, TSIEN, 1974, 1975, 1977).

Fig. 12 - Variations écologiques chez I. *Alveolites*, II. *Phillipstrastrea* et III. *stromatactis*.

Dans beaucoup de cas, leurs formes sont comparables.

I, 5; II, 1, 2 et III, 1, 4 : formes lamellaires fusionnées.

I, 2 : En forme de colonne.

I, 3 : Formes lamellaires roulées et encroûtées plusieurs fois par des algues. Les flèches indiquent le haut de l'ensemble aux différents stades.

I, 4, 6, 7; II, 3, 4, 5, 7; III, 1, 2, 6, 7 :

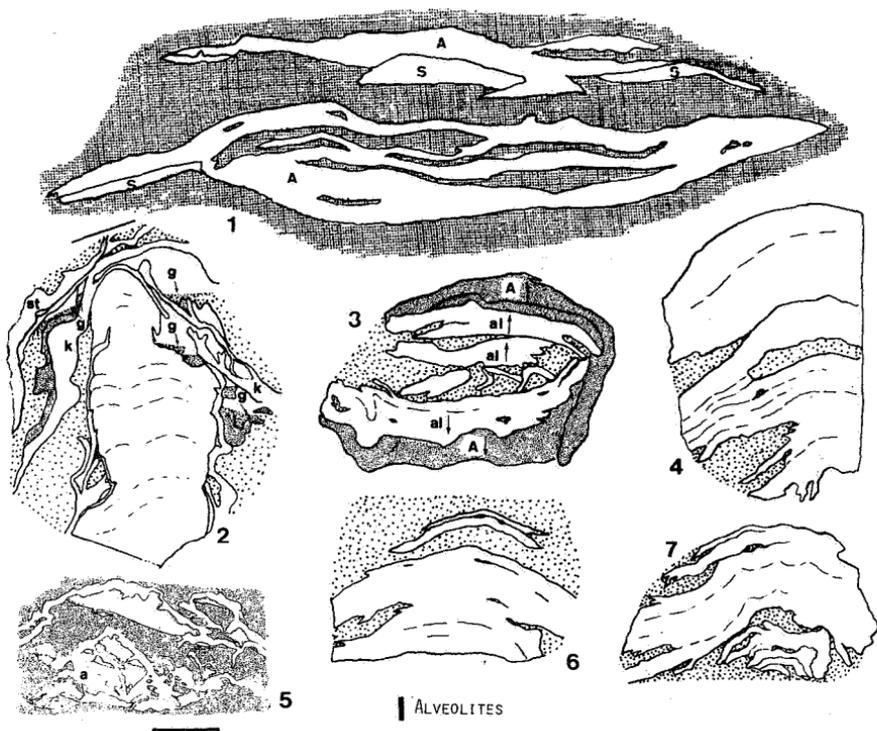
Formes lamellaires avec des invaginations aux bords indiquant l'augmentation périodique de la vitesse de la sédimentation.

II, 6, 8; III, 5, 6 : Formes montrant le phénomène d'auto-nettoyage.

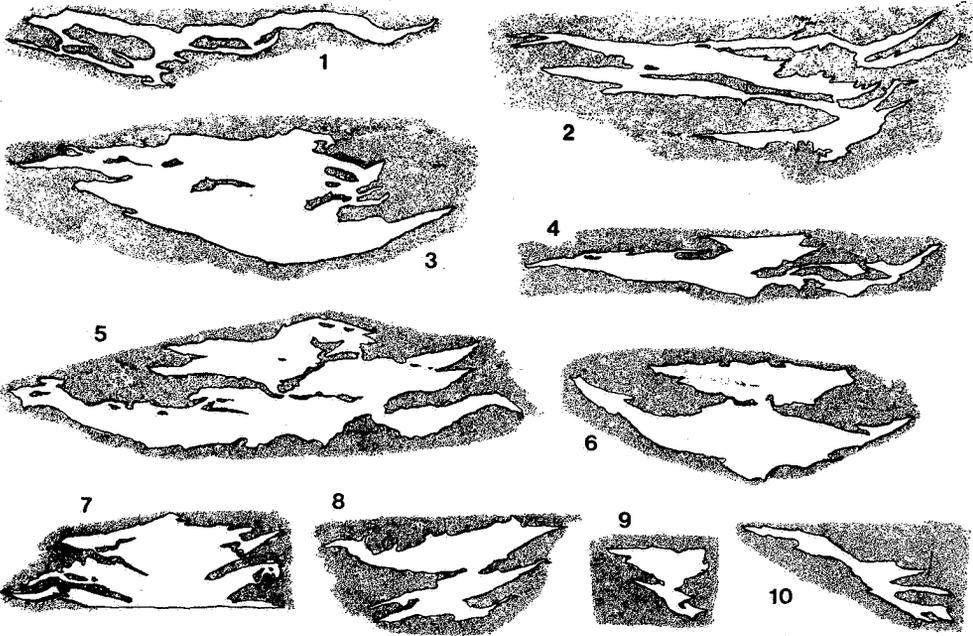
I, 7; II, 3, 9, 10 : Formes indiquant probablement la présence des courants.

III, 3, 7 : *Alveolites* et *Phillipsastrea* encroûtés par des stromatactis.

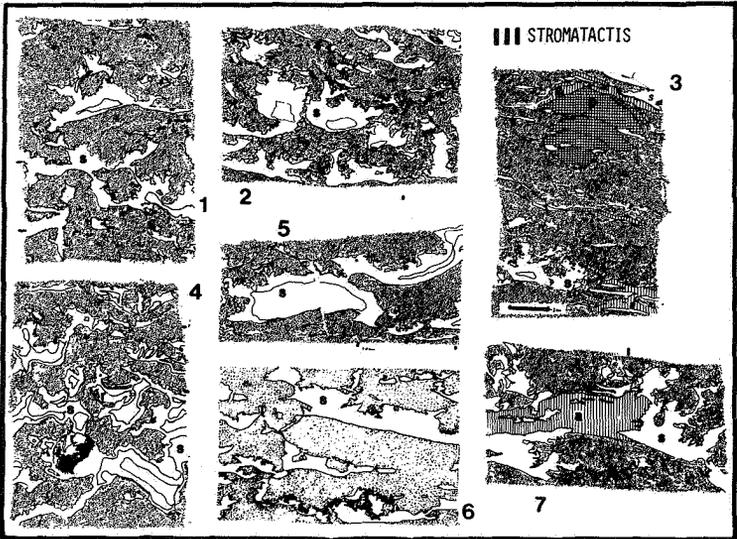
- Ecological variation of I. *Alveolites*, II. *Phillipsastrea* and III. *stromatactis*. In many cases, their forms are comparable.



|| PHILLIPSASTREA



||| STROMATACTIS



L'accumulation mécanique des débris de *Hexagonaria* et/ou de stromatoporoides sont fixés et stabilisés par des stromatoporoides lamellaires et ensuite soudés par des ciments divers. Dans ce cas, la présidence des stromatoporoides lamellaires peut former des boundstones.

IV. Biostrome formé par les débris de coraux et/ou de stromatoporoides massifs qui sont fixés et soudés par des organismes encroûtants (R4.4).

Exemple : coupe de Laneffe.

Les biostromes R4, 3 et R4, 4 ont probablement subi des conditions écologiques variées :

- a) en milieu modérément agité en ce qui concerne les coraux et les stromatoporoides massifs;
- b) en milieu très agité en ce qui concerne les coraux et les stromatoporoides brisés;
- c) en milieu calme comme l'indique les stromatoporoides lamellaires;
- d) en milieu modérément agité comme le suggère l'encroûtement de fragments organiques par des stromatoporoides (eau claire) et par des algues (eau boueuse).

5. Mud mounds (R5A, R5B)

Récifs boueux en forme de dôme.

Les mud mounds se sont construits sur un relief local formé par l'accumulation des *Phillipsastrea* et *Alveolites*.

I. Type R5A

Exemple : carrière des Croisettes, Vodecée (LECOMPTE, 1964, TSIEN, 1977, 1979; TSIEN, MOURAVIEFF et MOUNTJOY, 1980).

Le récif est en forme de dôme avec un contact faillé avec des schistes environnants. Certains contacts montrent des "slickensides" et suggèrent un glissement entre les schistes et le récif. Aux bords supérieurs et latéraux de ce récif, on observe plusieurs étapes de remplissage géopétal, avec des inclinaisons différentes, dans les cavités des éponges (Pl. 1, photo 5) et les autres cavités. Ceci suggère que les flancs du mud-mound ont changé d'inclinaison pendant le dépôt et que certaines des cavités adjacentes furent remplies après le changement d'inclinaison. Ceci peut aussi être montré par la forme et la direction de croissance du *Phillipsastrea* à proximité du remplissage géopétal dans des éponges (Pl. 1, photo 6).

Faune et flore sont communes dans la plus grande partie des mud-mounds frasniens, et sont constitués pour une grande partie de *Alveolites*, *Phillipsastrea*, *Stromatactis*, éponges, *Rothpletzella*, *Girvanella*, *Frutaxites* et *Epiphyton*. La partie principale du récif a été exploitée en carrière. Mais cette carrière fournit encore d'excellents matériaux d'étude de la paléocologie et de la distribution des algues et des coraux, de même que des *stromatactis*, matériaux constitués par les grands blocs stockés à l'entrée de la carrière.

Frutaxites et une algue (nov. gen 1) se rencontrent dans des cavités du récif et se caractérisent par un dépôt d'oxyde de fer, lequel suggère que ces algues pourraient être hétérotrophiques ou partiellement hétérotrophiques (TSIEN, 1979). Dans certains cas, on peut les observer se développant à partir des deux côtés d'une cavité (Pl. 1, photo 7). Le dépôt de calcites concrétionnées aux parois des cavités indique que ce phénomène pourrait être paléokarst.

Les *stromatactis* forment une grande partie du récif et montrent des variétés de forme qui pourraient être écologiques. A la base de la zone à *Stromatactis*, ces derniers sont lamellaires, minces et régulièrement lités (Pl. 2, photo 5); ils apparaissent en petits fleurages irréguliers dans la partie inférieure

de la zone (pl. 2, photos 3 et 4). Ils deviennent des fleurages irréguliers de grande taille dans la partie moyenne (Pl. 2, photo 2). A la partie supérieure, ils redeviennent des fleurages irréguliers de petite taille. Leur forme est comparable à celle des stromatopores, des coraux tabulés (spécialement *Alveolites*) et *Phillipsastrea* (Fig. 12).

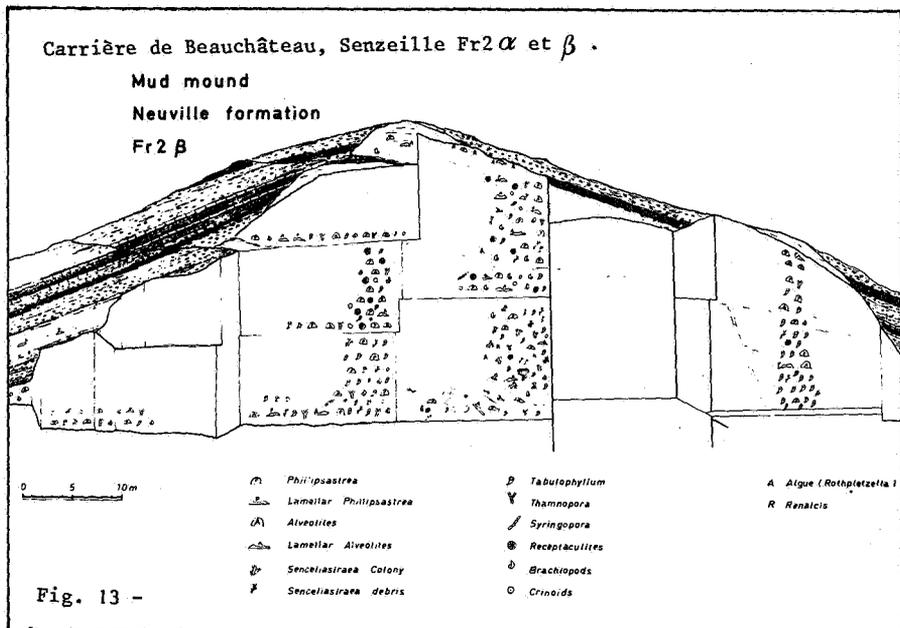
La présence de micrite, d'algues encroûtantes, d'*Alveolites* lamellaires, de *Phillipsastrea* et de bryozoaires, indique un milieu calme. Cependant, le matériel squelettique brisé suggère des conditions plutôt agitées. Le dépôt s'est donc probablement produit largement en-dessous de la zone d'action des vagues, avec des incursions occasionnelles dans la zone d'action des vagues. Le phénomène karstique dont l'origine est toujours inconnue indique au moins l'arrêt occasionnel de la croissance du récif.

La subsidence plus rapide a mis fin à la vie du récif.

II. Type SRB

Exemple : carrière de Beauchâteau, Senzeilles.

Le mud mound de Beauchâteau est en forme de dôme (Fig. 13). Les bafflestones et les boundstones du mud-mound s'interdigitent avec les schistes encaissants. Cette interdigitation est surtout visible dans la partie supérieure du récif et mieux observée dans la carrière abandonnée de Neuville. Les glissements se sont apparemment produits le long du contact entre le récif et les schistes encaissants. Mais on pense que ces glissements se sont produits très tôt et sont dus, pour le moins partiellement à la compaction différentielle. La partie inférieure du récif se compose principalement de bafflestones et de boundstones. Les matrices sont essentiellement constituées par des mudstones et des wackestones, avec parfois des poches et des paquets de packtones ou de grainstones à crinoïdes. Les colonies coralliennes branchues sont souvent brisées et retournées. On y trouve aussi régulièrement des colonies de *Phillipsastrea* et d'*Alveolites* en grande taille (voir globuleuse) très épaisse. Une déformation du sédiment à l'état mou, probablement causée par du slumping s'observe dans le bas de la partie centrale au fond de la carrière. On rencontre *Renalcis* dans la boue calcaire parmi les colonies coralliennes branchues. La présence des coraux branchus peut



avoir formé des zones protégées où la boue calcaire s'est accumulée et probablement était emmenée par le courant soit produite in situ et était partiellement stabilisée par *Renalcis*. Dans ce cas, la présence des coraux branchus et des *Renalcis* peut former les bafflestones. Beaucoup d'*Alveolites* et de *Phillipsastrea* étaient enterrés par du sédiment boueux et c'est seulement la partie la plus haute de l'animal qui pouvait écartier les sédiments en un effet auto-nettoyant et, par conséquent, pouvait continuer à survivre (Fig. 12, II 6, II 8, III 5, pl. 2, photo 6). *Rothpletzella* se présente sous forme d'in-crustations en épibiose avec des stromatoporoïdes lamellaires, des *Alveolites* et des Bryozoaires (Pl. 1, ph. 1). *Renalcis* est limitée dans les mudstones.

La partie supérieure du récif est cependant différente. Elle est constituée principalement de mudstones et de wackestones. La faune et la flore, pour la plus grande partie, consiste en algues (principalement *Renalcis*), en *Phillipsastrea* lamellaires et en *Alveolites*. Il n'y a pas de coraux branchus.

Les formes globuleuses changent en formes lamellaires du bas vers le haut du récif suggétant augmentation de la profondeur.

Finalement le mud mound fut mort asphyxié par la subsidence. Ceci peut aussi être démontré par le contact avec les schistes fins, noirs de la Formation de Matagne.

ADAPTATION ECOLOGIQUE DE L'HABITUS SQUELETTIQUE DES FAUNES ET DES FLORES RECIFALES DU MILIEU.

Le polymorphisme et les variations structurales se manifestent chez les organismes. La même espèce peut avoir des formes et des structures très différentes dans les milieux différents. On observe dans les formations de complexe récifal, des changements brusques des conditions de milieu, qui marquent profondément de leur empreinte sur la structure et la morphologie des organismes. D'autre part, des espèces différentes peuvent présenter des formes externes semblables dans les mêmes conditions de milieu. Les caractères morphologiques et structureux ont donc une signification importante.

Mais, dans les études des paléoenvironnements, le problème de définir les unités paléocéologiques est extrêmement difficile. Il est pratiquement impossible de reconstituer une communauté dans son intégralité. On ne peut définir les communautés que physiquement ou quantitativement. Par conséquent, on ne peut étudier les communautés que par l'analyse des assemblages. Mais l'assemblage des organismes n'est pas nécessairement une communauté d'organismes. Très souvent, ce qui s'observe n'est qu'une simple association de restes d'organismes qui, dans bien des cas, proviennent des environnements différents et même parfois d'époques différentes. L'interprétation des associations d'organismes requiert donc la plus grande prudence. Une biocénose, du moins lorsqu'elle peut être reconnue est plus facile à interpréter qu'une thanatocénose. En présence d'une thanatocénose, il faut d'abord essayer de déchiffrer la taphonomie des restes d'organismes. Il faut essayer de reconstituer le milieu de sédimentation et puis de retrouver l'origine et de retracer l'histoire de chaque organisme constitutif de l'association et ceci par l'analyse et l'interprétation de ses particularités écologiques. Il importe donc de connaître très sommairement la flexibilité des divers organismes aux conditions de milieux (TSIEN, 1968, 1971, 1974).

1. LES STROMATOPOROÏDES (TSIEN, 1971, 1974).

Constructeurs par excellence, très sensibles à la turbidité et à la salinité (Fig. 7 et 11).

Formes encroûtantes.

Durant la période de sédimentation lente ou nulle, les débris d'organismes furent exposés sur le fond de la mer et les organismes encroûtants pouvaient se développer. Les fragments partiellement encroûtés indiquent un milieu calme, un fond mou (Fig. 7 F), tandis que les fragments entièrement encroûtés suggèrent un fond dur, régulièrement agité par les oscillations des courants (Fig. 7 F').

Généralement, la présence des formes encroûtantes indique une sédimentation lente ou nulle.

Formes branchues.

I. Groupe *Stachyodes* : eaux claires légèrement agitées, développées à la bordure du shelf, ou à la périphérie du complexe biohermal contre du vent, colonies souvent brisées et redéposées dans le lagoon ou l'arrière récif.

II. Groupe *Amphipora* : résistant à la salinité, A. milieu originel : peu profond, milieu très calme. B. Milieu de dépôt (TSIEN, 1979) : a. *Amphipora* grainstones et packstones : agités; b. *Amphipora* wackestones et mudstones : calme. *Amphipora* forme des "Rasen" sur le shelf.

2. LES TABULES (TSIEN, 1971, 1974).

Grande tolérance à la boue, d'où le rôle déterminant dans l'apparition des récifs. Plus dans les bioherms que dans les biostromes et plus dans les bioherms de l'eau boueuse (type mud mound) que dans les bioherms de l'eau pure (type récif du Lion).

- Au Couvinien :

Favosites et *Heliolites* Hémisphériques ou globulaires en milieu turbide et agité; *Favosites* tubéreux en milieu boueux.

Favosites nodulaires : haute salinité.

Héliolites hémisphérique ou globulaires en milieu récifal.

Coenites lamellaires minces : calme et haute salinité.

- Au Givetien :

Disparition progressive des *Favosites* et *Heliolites*.

Accroissement des *Thamnopora* et *Scoliopora*.

- Au Frasien :

Alveolites (prédominance), *Cladopora*, *Thamnopora* et *Scoliopora*.

Alveolites massifs en forme de colonne : eau pure et agitée.

Forme lamellaire : récif du type mud mound.

Alveolites tubéreux : milieu boueux pérorécifal (Fig. 17)

Les Tabulés massifs montrent souvent des évaginations ou des interdigitations aux bords latéraux dans les milieux boueux. Ces évaginations se marquent aussi à la surface du polypier par des gibbosités très nettes. Elles se marquent aussi très clairement en section longitudinale par des interdigitations latérales ou des joints argileux bien alignés. Ces phénomènes montrent que les Tabulés s'accroissent très lentement ou cessent de croître lorsque les eaux sont trop boueuses et qu'ils s'accroissent plus vite lorsque les eaux sont claires.

Dans une coupe longitudinale, chez certains Tabulés, l'écartement des planchers varie souvent suivant des zones régulières superposées montrant les accroissements périodiques. Ces accroissements périodiques sont regardés comme influencés par la température et interprétés comme un phénomène saisonnier.

3. LES RUGUEUX (TSIEN, 1968a, 1968b, 1969, 1970, 1971, 1974, 1977, TSIEN in LECOMPTE, 1970, pp. 46-47, fig. 10-15).

Coloniaux : rôle constructeur moins important que les Tabulés plus abondants dans phases argileuses ou calcaires très argileux. Les variations des caractères morphologiques peuvent fréquemment révéler des conditions de milieu différent et même un changement de milieu (Fig. 14, 15 et 17). D'une manière générale, les

les coraux massifs de milieu ouvert et relativement profond, sont en forme de disque ou en forme de calotte à surface lisse; le calice est peu profond avec une large plateforme caliculaire et un petit rebord autour de la fosse caliculaire. Les coraux massifs de milieu fermé et peu profond, sont en forme d'hémisphère ou en forme massive irrégulière; les calices sont en forme d'entonnoir assez profond. La forme est plus grande, plus épaisse, irrégulière dans le milieu récifal (Fig. 14).

Solitaires : sur un fond boueux ou marneux, les formes étaient libres, souvent simplement posées sur le fond et légèrement enfoncées dans celui-ci. Dans ce cas, les polypiers ne montrent pas la trace d'une fixation (Fig. 16).

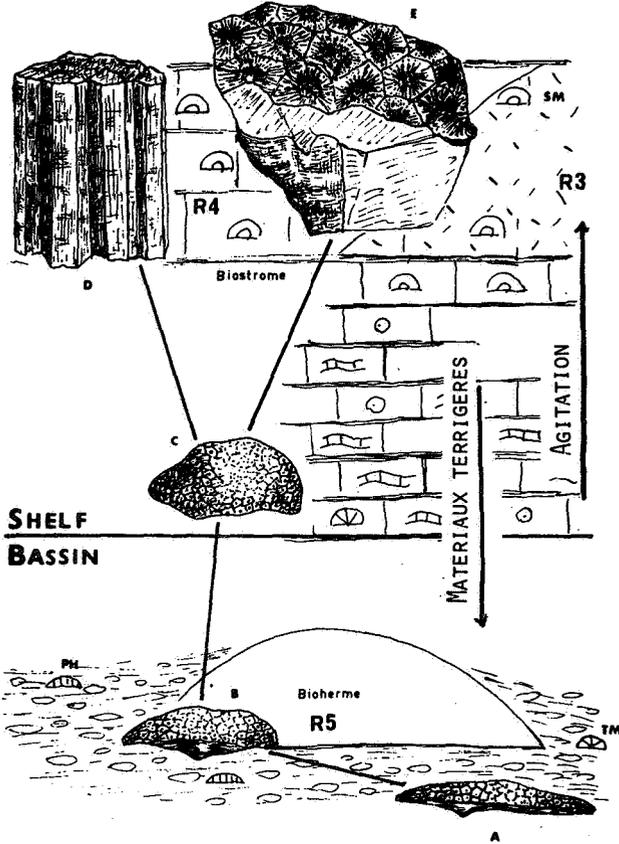


Fig. 14 - Variations écologiques de forme chez *Hexagonaria* et *Phillipsastrea*. *Hexagonaria* et *Phillipsastrea* dans le bassin sont plus petit, en forme de disque (dans les schistes nodulaires) ou en forme de calotte (dans les bioherms), tandis que, sur le shelf, elles sont plus larges en forme d'hémisphère ou en forme massive irrégulière.

4. LES STROMATACTIS.

Les Stromatactis existent toujours dans les mêmes zones écologiques. Ils forment par endroit des accumulations importantes (40% et plus du volume total de la roche) et se distribuent en zonation écologique dans les mud mounds (pl. 2, photos 1 - 5). Tous ces Stromatactis sont aptes à piéger et à fixer les sédiments pour former des boundstones à Stromatactis. Leur rôle constructeur ne fait, donc pas de doute. Ils encroûtent souvent les organismes (TSIEN, 1971) et parfois, ils sont encroûtés par des organismes (*Phillipsastrea*, *Rothpletzella*) (pl. 2, photo 6) ou associés aux *Alveolites*

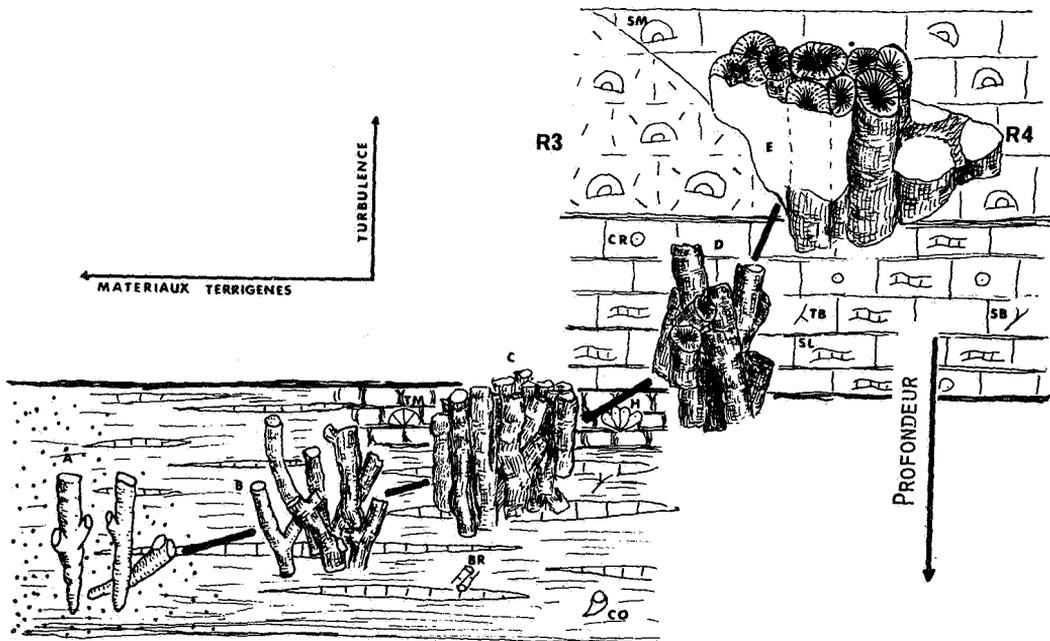


Fig. 15 - Formes écologiques de *Disphyllum goldfussi*.

Disphyllum goldfussi se rencontre dans les schistes aussi bien du bassin que du shelf, mais leurs formes externes sont très différentes.

- Different ecological forms of *Disphyllum goldfussi*.

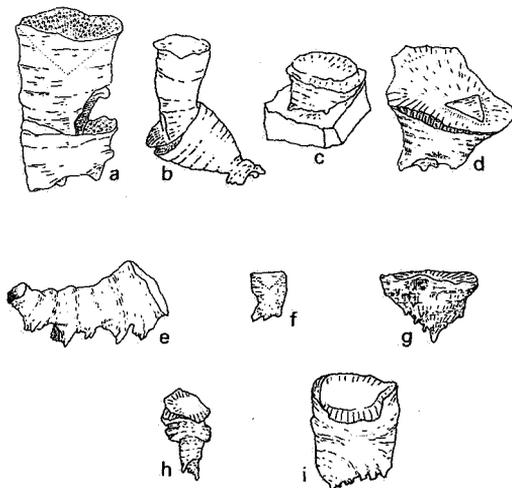


Fig. 16 - Les coraux montrent des traces de fixation sur un substratum dur.

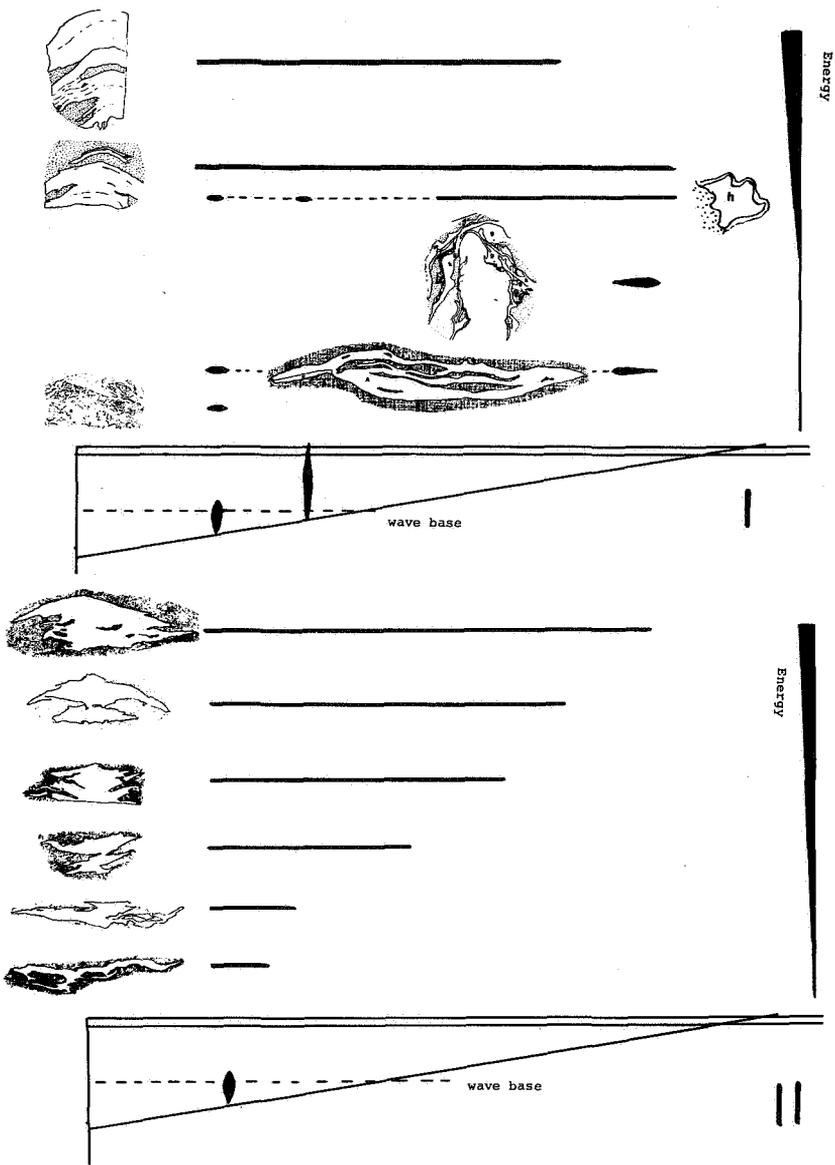


Fig. 17 - L'adaptation écologique de *Phillipsastrea* (II) et d'*Alveolites* (I) dans le Bassin de Dinant-Namur en fonction de profondeur et d'énergie.

(dans la partie inférieure du récif de l'Arche), aux *Phillipsastrea* et *Alveolites*, aux *Receptaculites*, et aux Spongiaires (pl. 2, photos 7 et 8) etc... Encore, leur forme est comparable à celle des stromatoporoïdes et des coraux (Figs 11 - 12).

L'origine de ces organismes est donc organogène et probablement algaires.

REMERCIEMENTS.

Ce travail a été facilité par l'appui financier du Fonds National de la Recherche Scientifique (crédit aux chercheurs).

Je tiens à remercier Mme J. WILLE-DECLOEDT, MM. Ph. BERTRAND, G. HERMANS et F. WIERINCKX dont la collaboration technique m'a été particulièrement précieuse.

BIBLIOGRAPHIE.

- LECOMPTE, M. (1960) - Compte rendu de la Session Extraordinaire de la Soc. Géol. de Belgique. *Soc. Géol. de Belg.*, t. 83, 134 p.
- LECOMPTE, M. (1964) - VIe Congrès International de sédimentologie Hollande-Belgique, 1963. Excursions C-D. Trois volumes : *note préliminaire*, 27 p., *livret-guide*, 49 p. *figures* 33 pls.
- LECOMPTE, M. (1970) - Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen. *Geologica & Palaeontologica*, 4, pp. 25-71, Marburg.
- MOURAVIEFF, A. N. (1970) - Conodontes du Frasnien de la Belgique. Biostratigraphie et aspects écologiques. *Thèse de doctorat (inédiée)*. Univ. Cath. de Louvain, 141 p. Louvain.
- MOURAVIEFF, A. N. (1974) - Excursion F, in Bouckaert, J. & Streel, M. (éd.). *Guidebook, Intern. Symp. Belg. Micropaleont. Limits. Namur, Sept. 1974*.
- TSIEN, H. H. (1968a) - Contribution à l'étude des Disphyllidae (Rugosa) du Dévonien moyen et du Frasnien de la Belgique. Première partie. Caractères généraux et classification. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 91, pp. 445-474, figs 1-16, Liège.
- TSIEN, H. H. (1968b) - Distribution of Rugose corals in the Middle and Upper Devonian (Frasnian). Reef complex of Belgium. *Intern. Symp. Dev. Syst. 1967. Alberta Soc. Petrol. Geol.*, vol. 2, pp. 273-293, Calgary.
- TSIEN, H. H. (1969) - Contribution à l'étude des Rugosa du Couvinien dans la région de Couvin. *Mém. Inst. Géol. Univ. de Louvain*, T. XXV, p. 173, 52 pl. Louvain.
- TSIEN, H. H. (1971) - The Middle and Upper Devonian Reef-Complexes of Belgium. *Petroleum Geol. of Taiwan*, 9, pp. 119-173, Taipei.
- TSIEN, H. H. (1972) - Middle Devonian and Frasnian stratigraphy of Belgium. *Conseil Géol., Com. Nat. Strat., Doc. n°7*, pp. 25, Bruxelles.
- TSIEN, H. H. (1974) - Paleocology of Middle Devonian and Frasnian in Belgium. *Intern. Symp. Micropal. Namur. Namur, Pub. n°12*, pp. 1-53, Bruxelles.
- TSIEN, H. H. (1975) - Introduction to the Devonian reef development in Belgium. In : Conil et al. *Second Intern. Symp. Fossil corals and reefs, Guidebook Excursion C (Nord de la France et Belgique)*. Service Géologique de Belgique, pp. 3-43.

PLANCHE 1.

- Photo 1 - *Rothpletzella straelenii* se présente sous forme d'incrustations en épibiose avec des stromatoporoïdes.
- Successive encrustation of stromatoporoids by *Rothpletzella*.
- Photo 2 - Les algues se développant de haut en bas dans une cavité.
- Algae occur in a cavity and can be observed growth form upside down.
- Photo 3 - Biostrome à *Disphyllum goldfussi* (R4,2). Frasnien inférieur, Lustin. Noter que le diamètre de colonie peut atteindre plus ou moins 3,5 m.
- Biostrome formed of *Disphyllum* bush (R4,2).
- Photo 4 - Microstalacties, carrière du Nord. x 7.5
- Microstalactite found in a bioherm complex (R3B), North Quarry.
- Photo 5 - Figure montrant plusieurs étapes de remplissage géopétal dans les cavités des éponges. Carrière des Croisettes, Vodecée.
- Showing several stages of geopetal fillings with different inclinations in sponges and cavities. Croisettes Quarry, Vodecée.
- Photo 6 - Forme et direction de croissance d'un *Phillipsastrea* à proximité du remplissage géopétal de la photo 5.
- Showing the growth form and the growth direction of *Phillipsastrea* near by the geopetal fillings of photo 5.
- Photo 7 - *Frutexités* et nov. gen. 1 se rencontrent dans une cavité et on peut observer leur croissance qui débute des deux côtés de la cavité.
- *Frutexités* and new gen. 1 occur in a cavity and can be observed growing from both sides of the cavity.

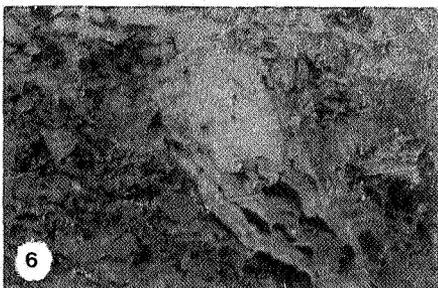
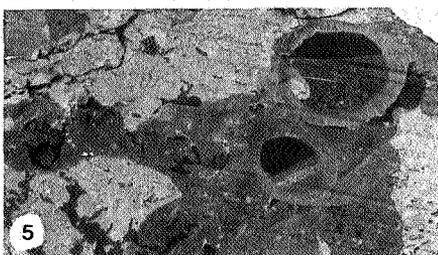
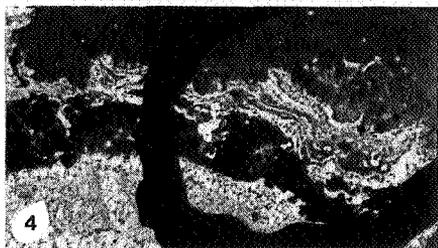
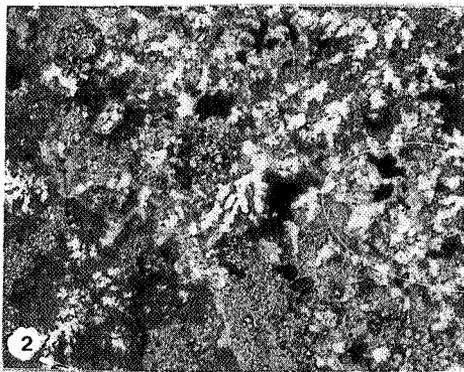
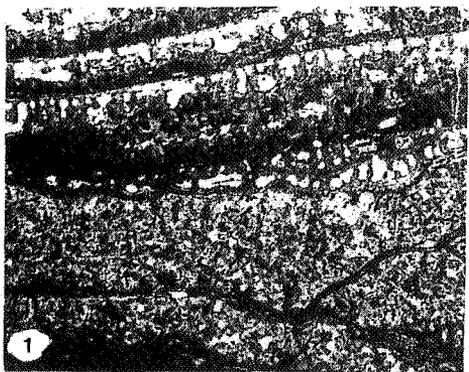
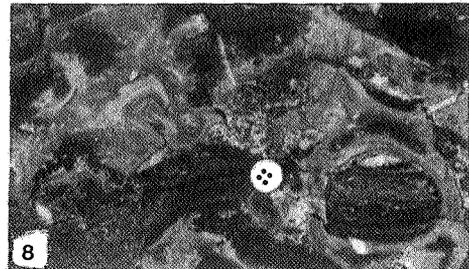
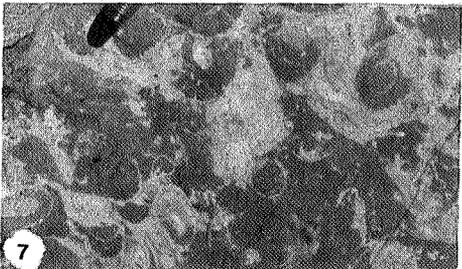
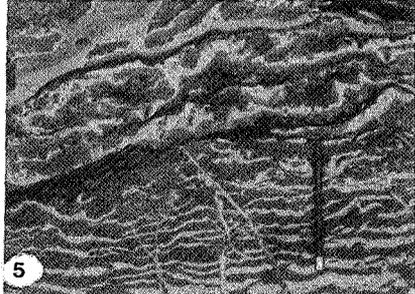
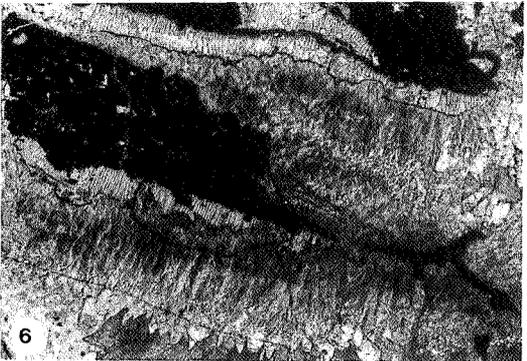
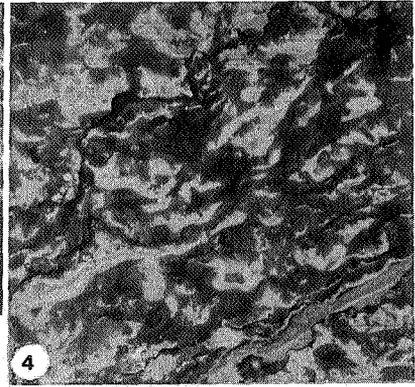
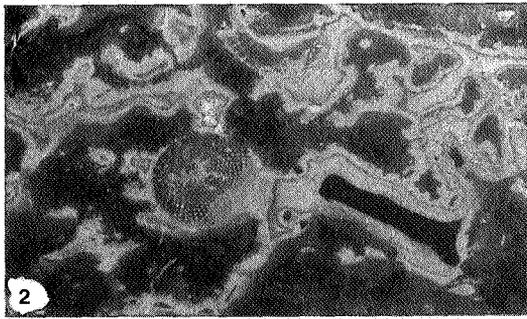
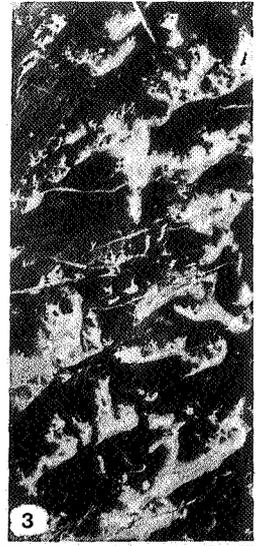
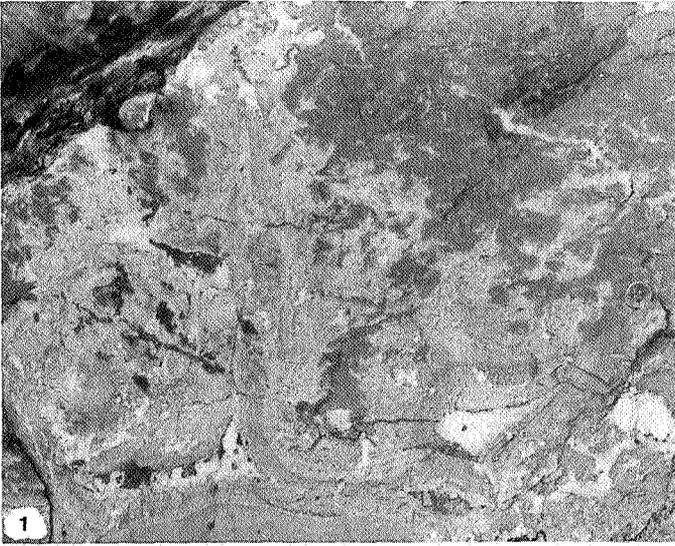


PLANCHE 2.

- Photo 1 - Stromatactis géant, Carrière des Croisettes. Vodecée.
- Very large stromatactis, Croisettes Quarry. Vodecée.

Photos

- 2-5 - Zone à Stromatactis.
2 - Stromatactis de la zone moyenne.
3 et 4 - Stromatactis de la zone inférieure.
5 - Stromatactis de la partie basale.
- Stromatactis zone.
2 - Stromatactis of middle part, large irregular flowers.
3 and 4 - Stromatactis of lower part, small rregular flowers.
5 - Stromatactis of basal part; they are lamellar, thin and regularly layered.
- Photo 6 - Stromatactis encroûtés par *Phillipsastrea* et *Rothpletzella* et montrant le phénomène d'auto-nettoyage.
- Stromatactis encrusted by *Phillipsastrea* and *Rothpletzella* showing also the phenomenon of auto-clearing during the life of Stromatactis.
- Photo 7 - Stromatactis et éponges. Carrière des Croisettes.
Stromatactis and sponges. Croisettes Quarry.
- Photo 8 - Stromatactis et *Receptaculites* et algues, Carrière des Croisettes.
- Stromatactis and *Receptaculites* and algae. Croisettes Quarry.



- TSIEN, H. H. (1977a) - Morphology and development of Devonian reefs and reef complexes in Belgium. *Proceed., Third Intern. Coral Reef Symp.* pp. 191-200.
- TSIEN, H. H. (1977b) - L'activité récifale au cours du Dévonien moyen et du Frasnien en Europe occidentale et ses particularités en Belgique. *Ann. Soc. Géol. du Nord T. XCVII, Séance Nov. 1976.* pp. 57-67. Lille.
- TSIEN, H. H. (1977c) - Rugosa massifs du Dévonien de la Belgique. *Mém. Inst. Géol., Univers. Cath. de Low., 29* - pp. 197-229.
- TSIEN, H. H. (1979) - Paleogeology of Algal-bearing facies in the Devonian (Couvinian to Frasnian) reef complexes of Belgium. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol., 27* (1979).
- TSIEN, H. H., DRICOT, E., MOURAVIEFF, A. N. & BOUCKAERT, J. (1973) - Le Frasnien de la coupe de Tailfer. *Serv. Géol. Belg., Prof. Paper, n° 11, Bruxelles*
- TSIEN, H. H., MOURAVIEFF, A. N. & MOUNTJOY, E. W. (1980) - Devonian Reefs in Belgium. *26e Congr. Géol. Paris, 1980. Livret-Guide. Excursion 140 c.*
- VAN WINKEL, E. (1964) - Contribution à l'étude écologique du Frasnien Moyen dans le Bassin de Dinant et au Bord Sud du Bassin de Namur. *Thèse de Doctorat (inéédite). Univ. Cath. de Louvain.*