

## **Microfaciès et modèle sédimentaire du Carbonifère marin (Serpukhovien-Moscovien inférieur) du bassin de Béchar (Sahara septentrional, Algérie)**

**Amina SEBBAR\*, Alain PREAT\*\*, Ahmed NEDJARI\*\*\* et Bernard MAMET\*\*\*\*\***

\*Université de Boumerdès, Département de Géologie,  
*Avenue de l'Indépendance, Boumerdès 35000, Algérie.*

\*\*Université Libre de Bruxelles, Département des Sciences de la Terre et de  
l'Environnement, *C.P. 160/02, 50, avenue F.D. Roosevelt, Bruxelles B-1050, Belgique.*

\*\*\*Université des Sciences et Technologie Houari Boumèdiène,  
Institut des Sciences de la Terre, *B.P. n°32 El Alia Bab Ezzouar, Alger 16110, Algérie.*

\*\*\*\*Université de Montréal, Département de Géologie,  
*B.P. 6128 Montréal H3C 3J7, Canada.*

**Résumé** - Une étude sédimentologique de la série carbonifère (Serpukhovien-Moscovien inférieur) du bassin de Béchar permet de reconnaître une séquence de 14 microfaciès allant du domaine marin sous la zone d'action des vagues au milieu supratidal. Elle s'inscrit dans une rampe sédimentaire mixte, grés-marno-calcaire.

**Mots-clés** - Microfaciès - Rampe mixte - Carbonifère - Modèle - Béchar - Algérie.

### **Microfacies and sedimentary model, marine Carboniferous (Serpukhovian-Lower Moscovian), Bechar basin (northern Sahara, Algeria)**

**Abstract** - A Carboniferous (Serpukhovian-Lower Moscovian) sedimentary model, Bechar basin, enables to characterize, in a sand-marl-limestone ramp, 14 microfacies ranging from open marine below wave action to supratidal.

**Key words** - Microfacies - Mixed ramp - Carboniferous - Model - Bechar - Algeria.

## I - INTRODUCTION

L'étude sédimentologique de la série carbonifère marine (Serpukhovien-Moscovien inférieur) est insuffisante, essentiellement en ce qui concerne les ensembles carbonatés. Cet article présente une description détaillée des microfaciès sur l'analyse de 24 carottes de deux sondages Nek 2, Nek 3, (fig. 1), implantés par la Sonatrach (1970, 1971) dans la partie orientale du bassin de Béchar (= sous-bassin de Béchar-Mézarif, voir Sebbar et Ait Ouali, 1996). Dans une précédente publication (Sebbar et Ait Ouali, 1996) certains microfaciès et paléoenvironnements sont reconnus.

Il est alors proposé:

- de compléter les premières observations en mettant en évidence les faciès de tempestites, fréquents dans les sédiments peu profonds qui caractérisent le secteur, appuyées par des illustrations significatives,
- de corréliser les microfaciès reconnus avec ceux identifiés par M. Legrand-Blain dans la plate-forme saharienne (1985), et par A. Madi (1994), P. Bourque *et al.*, (1995), A. Madi *et al.*, (1996) dans le bassin de Béchar,
- de proposer un modèle sédimentologique.

Le choix de ces sondages est motivé par un échantillonnage systématique (effectué tous les 20/50cm), la bonne conservation des carottes (certaines ont été rééchantillonnées) ainsi que par leur richesse microfaunistique et microflorelistique.

Nous avons déjà pour ce même bassin décrit en détail la microflore algale (Sebbar et Mamet, 1996, 1999), établi la biozonation par Foraminifères (Mamet *et al.*, 1995; Sebbar, 1996, 1998) et dans ces articles fixé le contexte stratigraphique. Le lecteur trouvera dans ces études la description de ce cadre. L'analyse cyclostratigraphique et la dynamique des bioconstructions de la série namurienne (Serpukhovien-Bash-

kirien) feront ultérieurement l'objet d'une deuxième publication.

## II - MICROFACIES ET PALEOENVIRONNEMENTS

Quatorze familles majeures de microfaciès se dégagent de l'observation en lames minces de la série Serpukhovien-Moscovien inférieur (...). Elles sont décrites depuis les milieux de mer ouverte situés sous la zone d'action des tempêtes jusqu'au domaine supratidal. Les sédiments montrent une forte influence des événements de tempêtes bien visibles à l'examen microscopique nommées MFCB microfaciès du Carbonifère du bassin de Béchar.

Les microfaciès reconnus sont également corrélés avec ceux définis par:

- Legrand-Blain (1985): 14 types de microfaciès sont décrits, appelés «G.B.C.S.» (Gisements à Brachiopodes du Carbonifère saharien), à partir des constituants et textures. Leur ordre (GBCS 1 à GBCS 14) va des microfaciès les plus finement conservés aux dépôts remaniés livrant des coquilles brisées et roulées.

- A. Madi (1994), P. Bourque *et al.*, (1995) et A. Madi *et al.*, (1996): une séquence de 8 microfaciès viséens est établie (de A à H), à partir des données de terrain, des caractères texturaux et paléontologiques. Elle est déduite de l'architecture des formations à bioconstructions d'Ioucha, Kébir et Oubeur. L'évolution verticale des faciès traduit une diminution de la bathymétrie.

**Microfaciès de milieu marin ouvert situé sous la zone d'action des tempêtes**

### *Microfaciès 1 (MFCB 1)* (non figuré)

*Description:* marnes silteuses, bioturbées. La fraction biogène est rare (2 %) représentée par de petits fragments d'Echinodermes, Bryozoaires, Foraminifères et Mollusques. La biotur-

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)

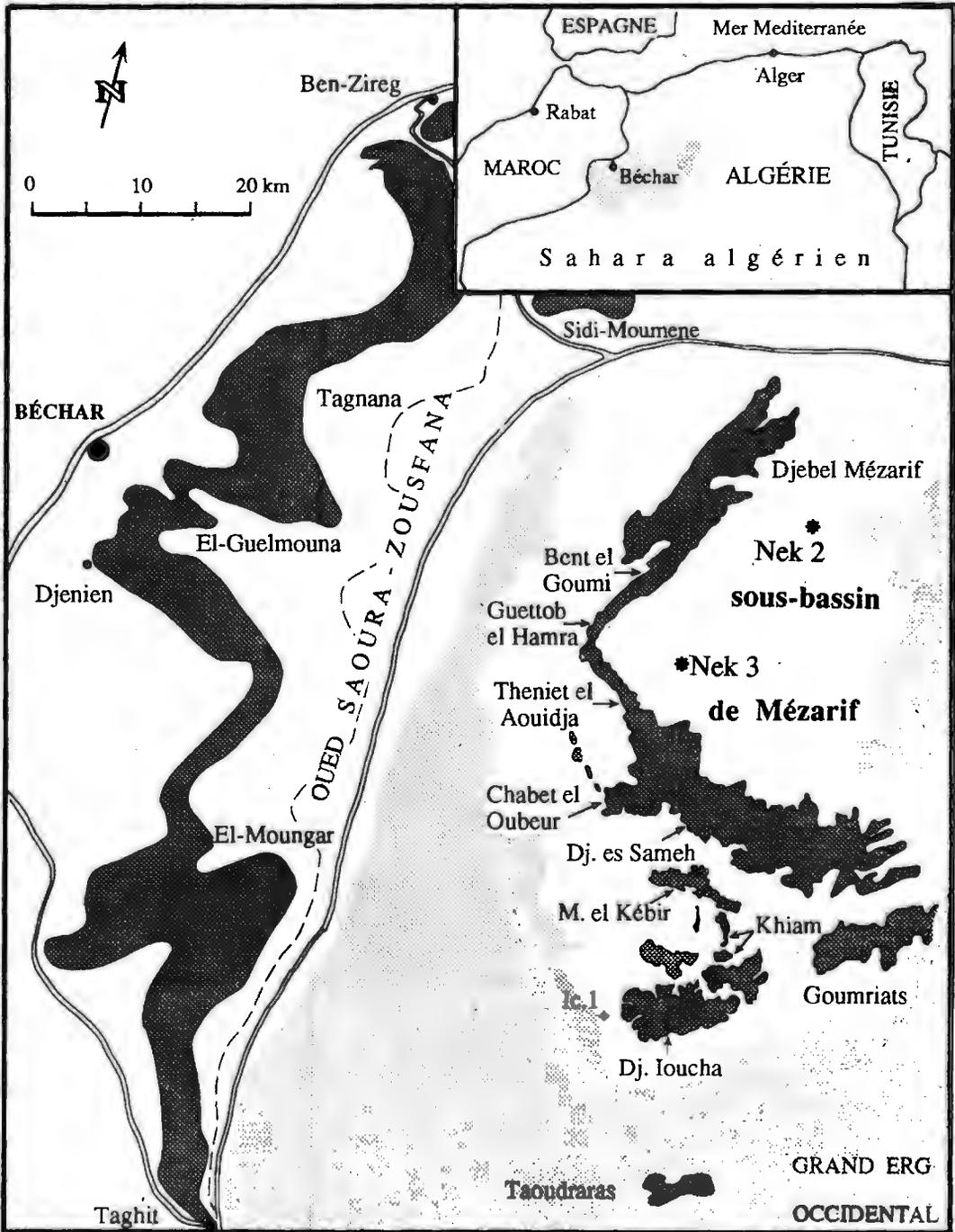


Fig. 1 - Situation géologique des sondages Nek 2 et Nek 3  
*Geologic situation of the Nek 2 and Nek 3 boreholes*

bation tend à dissiper les structures sédimentaires représentées par des laminations obliques soulignées par des oxydes de fer. Les éléments clastiques sont principalement des grains de quartz (20-30 %), petits ( $\leq 10\mu\text{m}$ ) et anguleux.

#### *Microfaciès 2 (MFCB 2)*

(Pl.1, fig.1)

**Description:** siltites dolomitiques, bioturbées, à bioclastes rares: Foraminifères et Echinodermes. Les grains de quartz anguleux sont associés à des feldspaths.

#### *Microfaciès 3 (MFCB 3)*

(Pl.1, fig.2-4)

**Description:** mudstones, wackestones, silto-gréseux, fortement bioturbés. La fraction biogène est rare, constituée de Foraminifères (Fusulinidés, Endothyridés), Brachiopodes, Ostracodes, Bryozoaires, Echinodermes et Algues rouges (Stachéines). Des terriers fermés à remplissage dolomitique, des grains de quartz anguleux (20-25%) associés à des feldspaths sont observés.

#### *Microfaciès 4 (MFCB 4)*

(non figuré)

**Description:** packstones, grainstones, silteux, bioturbés, à bioclastes divers (30 %) et de petite taille: Echinodermes, Foraminifères transportés (*Earlandia*, Endothyridés, Palaeotextulariidés, *Tetrataxis*, Lasiiodiscidés), Bryozoaires, Brachiopodes et Ostracodes. Les structures sédimentaires sont représentées par des laminations parallèles. Les microbrèches (1%) constituées de wackestones à bioclastes rares, présentent des éléments de différentes formes et des tailles qui varient entre 5mm et 1,5cm. Des grains micritisés (5%), des oxydes de fer et des stylolites, sont présents. La fraction clastique renferme des grains de quartz anguleux (10-40 %), de dimensions allant de 60 à 150  $\mu\text{m}$ , associés à des feldspaths et à de la muscovite.

#### *Interprétation de MFCB 1 à MFCB 4*

La présence d'une faune marine diversifiée et la fréquence des terriers plaident en faveur d'un milieu de mer ouverte turbide situé sous la zone d'action des tempêtes majeures et des vagues. La fréquence des figures de bioturbation liées à l'activité d'une importante endofaune traduit un taux de sédimentation faible (Howard, 1975). L'absence de la microflore algale dans les MFCB 1 et 2 indique que ces faciès sont situés sous la zone photique suite à une relative "grande" profondeur, ou à une forte turbidité. L'apparition d'Algues rouges dans le MFCB 3 permet d'identifier la base de la zone dysphotique.

Les sections des sondages Nek 2 et Nek 3 sont surtout carbonatées, les dépôts silicoclastiques (marnes silteuses, siltites) sont peu représentés.

Le faciès MFCB 3 semble proche du GBCS1 (Legrand-Blain, 1985): mudstones silto-ferrugineux à Brachiopodes,...

#### *Microfaciès de milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes*

#### *Microfaciès 5 (MFCB 5)*

(Pl.2, fig.1-2; Pl.3, fig. 1-3)

**Description:** wackestones, packstones, grainstones, dolomitiques, fortement bioturbés, à bioclastes variés (10-60 %). Les organismes, souvent silicifiés, micritisés, micro-perforés et parfois bien classés, sont constitués d'Echinodermes, Bryozoaires, Brachiopodes, Foraminifères transportés (rares) (Archaeodiscidés, *Tetrataxis*, Fusulinidés, Bisériamminidés, *Earlandia*, Endothyridés, Palaeotextulariidés, Lasiiodiscidés). La microflore algale est mieux représentée que précédemment, et renferme des fragments de *Fasciella*, *Aoujgalia*, *Pseudodonezella*, *Claracrusta*, Stachéines, *Rectangulina*, *Nostocites* et Algues rouges perforées. Les Ostracodes, Mollusques, Coraux, Trilobites et spicules de Spongiaires

s'observent sporadiquement. Des passées bioclastiques pseudolenticulaires épaisses ( $\geq 1$  cm) composées d'organismes de grande taille (Brachiopodes, Echinodermes), en stratifications obliques ou entrecroisées, sont parfois interstratifiées. Elles soulignent ainsi des variations granulométriques interrompant la monotonie de ce faciès.

Les microperforations fréquentes chez les Crinoïdes sont souvent remplies de micrite. Les grains d'oxydes de fer et de phosphates ( $< 1$  %), occupent les zoécies des Bryozoaires. Le sédiment renferme également des microbrèches (2-5%) à éléments subanguleux à subarrondis, de taille variant entre 1 mm et 2 cm. Elles sont constituées de sédiment finement dolomitique à bioclastes rares (spicules, Echinodermes et microtubules probablement d'origine algaire). Des encroûtements asymétriques autour des Echinodermes et des microbrèches, d'Algues rouges (*Fasciella* associée à *Aoujgalia*), d'Incertae sedis (*Claracrusta*, *Asphaltina*) et de Bryozoaires, amorcent parfois des oncolithes ( $< 1$  %) polynucléiques, à cortex souvent sombre dolomitique. Leur taille varie entre 7 mm et 1 cm.

Des grains micritisés (2-5%), des oolites ( $\leq 10$ %) sont également observés. Les phénomènes de bioturbation se traduisent par des terriers remplis de dolopackstones à «shell hash» (= microbioclastes de spicules, Echinodermes, Bryozoaires, Algues rouges) et microbrèches.

Localement ce sédiment renferme des bindstones/bafflestones à Echinodermes, Bryozoaires, spicules et Algues rouges (Nek 3, éch. 561 m, 567 m).

Les microperforations, l'importance des microbrèches et des encroûtements, l'enrichissement en oxydes et la fréquence des terriers, constituent les principales caractéristiques de ce microfaciès.

La matrice est variée: micrite/dolomicrite, microsparite ou péloïdique à spicules.

La dissolution affecte occasionnellement certaines microbrèches et la matrice. Elle se traduit par de grandes cavités.

### Interprétation

La présence et la conservation de fossiles délicats (Bryozoaires) suggèrent un environnement profond et calme, situé sous la zone d'action des vagues. Ce sédiment représente le remaniement de plusieurs faciès:

- les débris de bioclastes sont allochtones comme en témoigne leur état d'altération (micritisation, fragmentation et perforations),
- le remplissage des terriers et les microbrèches proviennent du démantèlement du bindstone (probablement par dissolution) suivi d'un remaniement et d'un encroûtement. Cette fragmentation est à l'origine de l'aspect péloïdique de la matrice.

La texture pseudolenticulaire ou pseudonodulaire des niveaux fossilifères résulte des processus de bioturbation et de pression-dissolution (Wanless, 1979).

Les passées bioclastiques épaisses à organismes de grande taille traduisent la présence de tempestites proximales (Aigner, 1985). Des tempestites distales seraient également formées.

Leurs chances de conservation sont pratiquement nulles, liées à la granulométrie fine des éléments et à l'importance de la bioturbation. Seules les tempestites proximales demeurent identifiables. La distribution granulométrique hétérogène des bioclastes traduit des conditions temporaires de forte énergie liées vraisemblablement à l'action des tempêtes. L'énergie est cependant modérée à forte.

L'asymétrie des encroûtements témoigne d'une stabilisation des grains. Si l'agitation était

temporaire, elle permettrait des rotations des grains encroûtés et serait à l'origine des oncolithes symétriques.

La proportion importante des Echinodermes suggère la proximité de prairies de Crinoïdes. Les microbioperforations remplies d'oxydes indiquent une exposition prolongée en offshore, une agitation faible avant un remaniement par les courants de tempêtes, suivie de périodes d'encroûtement.

L'enrichissement en terriers correspond à un taux de sédimentation lent. Enfin, la diagenèse se manifeste par la formation de cavités (moldiques) de dissolution liées vraisemblablement à la minéralogie aragonitique des fossiles (Algues, Coraux, Mollusques) et par la recristallisation de la micrite en un fin microspar.

La présence d'Algues vertes permet de situer ce sédiment dans la zone euphotique.

Le faciès MFCB 5 est équivalent au:

- GBCS 2 (Legrand-Blain, 1985): mudstones-wackestones à Brachiopodes associés à des Coraux (rares), Bryozoaires, Echinodermes et Algues. Les Foraminifères et les Mollusques sont rares ou absents,
- GBCS 3 (Legrand-Blain, 1985): mudstones-wackestones dolomitiques avec les mêmes composants que GBCS 2.

**Microfaciès de milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues**

#### *Microfaciès 6 (MFCB 6)*

wackestones, packstones et grainstones dolomitiques à bioclastes variés. Selon la proportion relative des principaux organismes, trois lithotypes peuvent être distingués:

- MFCB 6a à Echinodermes et spicules de Spongiaires,
- MFCB 6b à Echinodermes et Bryozoaires,
- MFCB 6c à Echinodermes, Foraminifères et Algues.

#### *MFCB 6a (Pl.4, fig.1)*

Description: dolowackestones, dolopackstones, bioturbés, à bioclastes (25-65 %) de petite taille, silicifiés, perforés, partiellement dissous, à Echinodermes et spicules, associés à des Foraminifères (Endothyridés, *Bradyina*, Archæodiscidés, *Earlandia*, *Tetrataxis*, Palæotextuariidés, Fusulinidés, Bisériamminidés, *Valvulinella*) Algues rouges recristallisées (*Fasciella* abondantes, Stachéines, Algues rouges perforées), rares Bryozoaires, Brachiopodes et Ostracodes.

Les microbrèches sont rares (<1%) de forme anguleuse à subarrondie. Leurs dimensions varient entre 3 et 7mm. Elles sont constituées de binds-tones à spicules, Bryozoaires et Echinodermes, et encroûtées par *Claracrusta*. Présence de phosphates, de grains micritisés ( $\leq 10\%$ ), d'oxydes de fer localisés dans les zoécies de Bryozoaires et de joints stylolitiques ferrifères. Les terriers sont remplis de dolopackstones à «shell hash» (petits bioclastes de Foraminifères (Archæodiscidés), Echinodermes et Bryozoaires). Le sédiment présente des laminations obliques. La matrice est une dolomicrite à spicules qui tend à une microsparite.

#### *Interprétation*

Les bioclastes altérés sont remaniés, issus des tempestites proximales. La silicification des bioclastes est liée à la présence de spicules.

#### *MFCB 6b (Pl.4, fig. 2-3)*

Description: packstones, grainstones, bioturbés, à bioclastes (30-60%) parfois recristallisés, perforés, caractérisés par l'abondance d'Echinodermes de différente taille, de Bryozoaires,

associés à des Brachiopodes, de petits Foraminifères (Archaediscidés, Bisériamminidés, *Bradyina*, Fusulinidés, Endothyridés, Lasiodiscidés, Palaeotextulariidés, *Valvulinella*, *Earlandia*, *Tetrataxis*). La microflore est composée de Stachéines, d'Algues rouges perforées, de *Nostocites*, d'abondantes *Fasciella*, de Palaeobéréselles, associée à des Ostracodes, de spicules et de rares Mollusques et Trilobites. Les fragments de Crinoïdes sont mal classés. Des encroûtements asymétriques des organismes (Echinodermes, Bryozoaires, Foraminifères, Brachiopodes) par les Bryozoaires ou par les Algues (Stachéines mal conservées, *Clara-crusta*, *Fasciella*) ébauchent des oncolithes plurimillimétriques.

L'abondance, la forme, la taille et la nature des microbrèches sont similaires à celles signalées dans le MFCB 6a, avec également des stylolites ferruginisés, grains micritisés (1-15%), oxydes de fer dans les zoécies, phosphates (1%) et localement des oolithes radiaires (1-10%) à nucléus et formes variés. Notons enfin la présence de niveaux centimétriques de packstones à grands fragments d'Echinodermes, Bryozoaires et Brachiopodes. Dans ces niveaux les Crinoïdes présentent une disposition en stratifications obliques.

La matrice est microsparitique avec une forte dissolution des bioclastes. Les grainstones crinoïdiques présentent une cimentation syntaxique.

#### Interprétation

L'abondance, la grande taille, l'état fragmenté des Echinodermes et des Bryozoaires indiquent une forte énergie, un milieu proche de la zone d'action des vagues. Les passées bioclastiques épaisses indiquent les tempestites proximales (Aigner, 1985). Les variations granulométriques sont principalement liées aux variations d'énergie, mais également à la bioturbation, et

elles empêchent de bien distinguer les laminations.

Ce microfaciès est proche du:

- GBCS 11 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones à Echinodermes et Bryozoaires,
- faciès C (Madi, 1994, Bourque *et al.*, 1995; Madi *et al.*, 1996): wackestones-packstones à débris de toute taille de Crinoïdes, fragments de Bryozoaires, avec accessoirement des Brachiopodes, spicules de Spongiaires, Ostracodes, Trilobites, Coraux, Foraminifères (Endothyridés) et Algues rouges (*Ungdarella*, *Fasciella*, *Epistacheoides*),
- faciès D (Madi, 1994; Bourque *et al.*, 1995; Madi *et al.*, 1996): wackestones-packstones à Crinoïdes, Bryozoaires et intraclastes dans une boue riche en spicules. Présence accessoire de Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites, Ostracodes, Coraux, Foraminifères et Algues,
- faciès F (Madi, 1994; Bourque *et al.*, 1995; Madi *et al.*, 1996): packstones-grainstones à Crinoïdes de grande taille, Bryozoaires, Algues vertes (*Issinella*, *Exvotarissella*), rouges (Stachéines et *Fasciella*), Foraminifères, avec accessoirement des bioclastes micritisés: Gastéropodes, Coraux, Ostracodes, Bivalves, Brachiopodes et Trilobites.

#### MFCB 6c (Pl.5, fig.1-2)

**Description:** wackestones, packstones, grainstones, encrinites, dolomitiques, bioturbés. Les bioclastes (40-70%) sont disposés en laminations obliques ou entrecroisées, relativement bien classés, parfois micritisés, dominés par de grands Echinodermes perforés présentant une distribution bimodale. Les Foraminifères sont rares (1-4%) et composés d'Archaediscidés, *Tetrataxis*, Fusulinidés, *Bradyina*, *Earlandia*, Endothyridés, Lasiodiscidés, Bisériamminidés, *Valvulinella* et Palaeotextulariidés. La microflore algale riche et diversifiée est représentée par les Stachéines, *Fasciella* abondante,

*Ungdarella*, Palaeobéréselles, Algues rouges perforées, *Parakamaena*, *Pseudodonezella*, *Eovelebitella* et *Paraepimastopora*. Ils sont associés à des Bryozoaires rares, Brachiopodes, Mollusques, spicules, Ostracodes.

Les microbrèches rares (<1%) anguleuses à subarrondies sont constituées de dolopackstones à «shell hash» (voir MFCB 6a, MFCB 6b) associées occasionnellement à des débris de taille moyenne d'Echinodermes, Bryozoaires ou Brachiopodes. Des phosphates ( $\leq 1\%$ ), des oolithes radiaires (<1%) et des grains micritisés (5%) sont observés. Les oxydes de fer se situent dans les perforations des bioclastes, les zoécies de Bryozoaires et se concentrent le long des stylolites. Dans les encrinites de nombreux contacts suturés séparent les Echinodermes et l'altération différentielle confère à l'ensemble une allure vaguement stratifiée, plus ou moins onduleuse ("stylonodules").

### Interprétation

Ce microfaciès se situe dans la zone d'action des tempêtes comme en témoigne la fragmentation et l'abondance des Echinodermes. Leur distribution bimodale est liée à la variation d'énergie ou à l'action des tempêtes. La fréquence des phénomènes de bioturbation efface parfois les laminations.

La présence ou l'absence des Foraminifères semble être en relation avec la granulométrie et donc avec l'énergie du milieu. Les packstones-grainstones fins renferment ces microfossiles. Cependant, ils sont absents, expulsés des sédiments encore plus fins.

L'interpénétration des organismes et la fréquence des stylolites liée à l'importance des phénomènes de pression-dissolution, observées dans les encrinites indiquent des conditions d'enfouissement assez fortes. L'abondance des Echinodermes reflète la nature monogénique et

la proximité de l'aire d'alimentation du faciès. L'association des Crinoïdes, spicules, Bryozoaires, Foraminifères, Algues, traduit le brassage de plusieurs biocénoses du milieu marin ouvert. Elle alimente ce sédiment qui devait se composer d'une part de dépôts riches en spicules, de fonds à Bryozoaires, de prairies de Crinoïdes, et d'autre part de bancs à Algues associées aux Foraminifères.

### Microfaciès de milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues de beau temps.

#### Microfaciès 7 (MFCB 7)

Packstones, grainstones à bioclastes variés. Selon la proportion relative des principaux organismes deux lithotypes peuvent être distingués:

- MFCB 7a à Echinodermes, Coraux, Brachiopodes, Foraminifères, Algues et spicules,
- MFCB 7b à Foraminifères et Algues.

#### MFCB 7a (Pl.6, fig.1-3)

*Description:* packstones, rudstones, bioturbés, à Echinodermes micritisés, perforés, associés à de grands fragments de Coraux (Tabulés, Tétracoralliaires), Brachiopodes, Foraminifères (Fusulinidés, Palaeotextulariidés, Endothyridés, *Tetrataxis*, grandes *Bradyina*), Algues rouges (*Ungdarella*), Algues vertes (*Donezella*, *Pseudodonezella*, *Epimastoporella*, *Beresella*) et des spicules de Spongiaires.

Les Crinoïdes qui représentent l'élément dominant sont disposés en stratifications entrecroisées et montrent des variations granulométriques. Les laminations sont parfois masquées par la bioturbation. De nombreuses cavités de dissolution, des grains et des microbrèches micritisés sont également rencontrés. Des laminations épaisses ( $\geq 1$  cm) de wackestones à bioclastes variés (grands fragments de Brachiopodes,...) sont

présentes. Notons enfin que des encroûtements algaires constituent parfois des manchons concoidiques autour des Tabulés, Algues et Foraminifères. La matrice est riche en micropsar calcitique.

### MFCB 7b (Pl.7, fig.1-5)

**Description:** packstones, grainstones microsparitiques, fortement bioturbés, à bioclastes de microfossiles (Fusulinidés, *Tuberitina*, *Bradyina*, Palaeotextulariidés, petits Archaediscidés, Endothyridés, Lasiodiscidés), Algues (*Anthracoporellopsis*, *Ungdarella*, *Archaeolithophyllum*, *Donezella* abondante, *Uraloporella*, *Claracrusta*, *Beresella*, Stachéines, *Pseudodonezella*), associés à des spicules, Trilobites, Coraux et Gastéropodes. Certains organismes sont encroûtés par *Claracrusta* amorçant des oncolithes (<1%). Les bioclastes se présentent parfois sous forme de laminations obliques ou entrecroisées. Des grains micritisés, des microbrèches et des oolithes micritiques (<1%) sont présents. La matière organique et la pyrite, sont souvent associées, concentrées dans les stylolites.

Ce microfaciès est caractérisé par la dissolution qui se traduit par des cavités plurimillimétriques et par des stylolites importants donnant un aspect bréchifié à la roche (éch. 1201,5m, Nek 2). D'autres échantillons de ce sondage montrent même le contact entre des microfaciès différents:

- éch. 1235,35 m: contact entre un wackestone/packstone à *Ungdarella*, Foraminifères et un mudstone/wackestone à copeaux de dessiccation et fenestrae. La limite est soulignée par un hardground matérialisé par une croûte composée de microspar,

- éch. 1191 m: contact entre les microfaciès 7a et MFCB 7b,

- éch. 1154,5 m: contact entre un wackestone/packstone à Foraminifères, *Ungdarella* et une micrite algaire à nombreux fenestrae laminoïdes (loférites).

La matrice est constituée d'un microspar dolomitique.

### Interprétation de MFCB 7a et MFCB 7b

Les sédiments qui sont à l'origine des rudstones sont démantelés par les agents physiques (vagues, tempêtes) ou météoriques dont l'activité est grandement facilitée par les agents de la bioérosion (organismes perforants, Spongiaires) et micritisants. Lors d'arrêts des phases de démantèlement, le substrat constitué de fragments de Coraux et d'Echinodermes peut servir de point d'ancrage à de nouvelles communautés dominées par les Foraminifères et les Algues. La microflore élabore des trames continues s'insinuant entre les fragments et stabilise le sédiment par cimentation. L'aspect bréchifié, noduleux est lié aux phénomènes de pression-dissolution (Wanless, 1979) et à ceux de la bioturbation. La dissolution est vraisemblablement en relation avec la nature aragonitique des Algues qui par l'action des eaux météoriques se dissolvent rapidement. L'abondance des terriers et des Echinodermes observés dans le microfaciès précédent MFCB 6 et des autres bioclastes (Algues...) témoigne respectivement d'un taux de sédimentation faible et la proximité des prairies de Crinoïdes. Les variations granulométriques traduisent l'action des tempestites proximales.

Le microfaciès MFCB 7b est probablement équivalent au GBGS 9 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones à Foraminifères et Algues.

### Microfaciès 8 (MFCB 8)

Packstones, grainstones, boundstones à Algues. Selon la proportion relative des groupes algaires, trois lithotypes peuvent être définis:

- MFCB 8a à *Ungdarella*
- MFCB 8b à *Fasciella*
- MFCB 8c à *Donezella* (Algue verte)

### MFCB 8a (Pl. 8, fig. 1-3)

**Description:** packstones, grainstones, bafflestones, rudstones, fortement bioturbés, à bioclastes oolithisés (50%) dominés par l'Algue rouge *Ungdarella*. Elle se présente sous forme de thalles subcylindriques, allongés, ramifiés, dichotomes, localement dissous ou dolomitiques, associée à une autre microflore composée de *Komia*, *Fasciella*, Stachéines, Algues rouges perforées, *Pseudodonezella*, *Epimastoporella* et *Paraepimastopora*. Des Foraminifères (Endothyridés, Archaediscidés, *Loeblichia*, *Tetrataxis*, Fusulinidés, *Bradyina*, Lasiodiscidés), et des fragments d'Echinodermes et de Bryozoaires sont présents. De rares Mollusques, Ostracodes et Coraux sont occasionnellement observés. Des niveaux constitués de grands débris d'Echinodermes, Bryozoaires, *Ungdarella*, disposés en stratifications entrecroisées, alternent avec des passées riches en Foraminifères encroûtés, oolithisés, associés à des *Ungdarella* de petite taille.

Des oncolithes, des cavités de dissolution (fenestras), des terriers, des grains micritisés (1-3%) et des stylolites, sont présents.

Le ciment syntaxial est bien développé, associé à un ciment en ménisque. La matrice est micritique, péloïdique, localement riche en spicules.

### MFCB 8b (non figuré)

**Description:** packstones, bindstones à bioclastes (40%) caractérisés par l'Algue rouge encroûtante *Fasciella*, associée à *Claracrusta*, Algues rouges perforées, *Donezella*, des Foraminifères

(Lasiodiscidés, *Earlandia*, Archaediscidés, Fusulinidés, *Bradyina*), des Ostracodes, des Echinodermes, des Bryozoaires et quelques spicules. Ce faciès correspond à l'encroûtement important de plusieurs éléments dispersés. Des stylolites, péloïdes (1%), microbrèches (1%) et de nombreuses cavités de dissolution sont également présents.

Les grains sont liés par une matrice micritique parfois dolomitique.

### MFCB 8c (Pl. 9, fig. 1)

**Description:** packstones, bafflestones, fortement bioturbés, riches en fragments d'Algue verte *Donezella* (50-70%). C'est une Algue tubulaire, branchue, associée à *Beresella*, *Masloviopodium*, Algues rouges perforées. Les Foraminifères sont représentés par *Bradyina* (abondant), Fusulinidés, Palaeotextulariidés, Endothyridés et Lasiodiscidés. Des Echinodermes, Bryozoaires, Mollusques, Ostracodes et Coraux sont observés. Présence de petites microbrèches et de stylolites concentrés dans les joints argileux. L'échantillon 1321 m du sondage Nek 2 montre le contact entre les microfaciès MFCB 8c et MFCB 6c. La matrice est riche en microspar.

### Interprétation

L'augmentation et la diversité des bioclastes (Algues principalement), la disposition entrecroisée des organismes situent le faciès MFCB 8 dans un environnement marin à proximité des bancs d'Algues rouges (*Ungdarella*, *Fasciella*) et vertes (*Donezella*) déposés dans des eaux peu profondes ouvertes et dans la zone d'action des vagues. L'abondance de ces trois taxa algaires et leur accumulation sont à mettre en relation avec le démantèlement sur place de petits édifices (bindstones à *Fasciella*, bafflestones à *Ungdarella*, bafflestones à *Donezella*). La nature des organismes et leur bon état de préservation

indiquent un milieu marin franc soumis à une agitation modérée. L'agitation est temporairement ralentie, comme en témoignent l'intense bioturbation et les encroûtements, caractéristiques d'un taux de sédimentation généralement faible.

Les grands fragments de bioclastes observés dans certaines passées traduisent l'action des courants de tempêtes.

Le sédiment MFCB 8c est équivalent aux :

- faciès GBCS 8 (Legrand-Blain, 1985): bafflestones algaires (*Donezellides*, *Calcifolium*, *Fasciella*).
- faciès G (Madi, 1994; Bourque *et al.*, 1995; Madi *et al.*, 1996): grainstones à Crinoïdes et Algues vertes (*Koninckopora* abondante, *Issinella*, *Exvotarissella*), rouges (*Fasciella* abondante, Stachéines) et Foraminifères (*Endothyridae*).

### **Microfaciès 9 (MFCB 9)** (Pl. 9, fig. 2-3)

**Description:** packstones, grainstones, rudstones, bioturbés, à oncolithes et bioclastes variés (30-40%) subarrondis, micritisés, encroûtés, oolithisés. Il s'agit d'Echinodermes, Bryozoaires, Algues (Stachéines, *Fasciella*, *Archaeolithophyllum*, *Claracrusta*, *Girvanella*, *Ungdarella*, *Palaeoberesella*, *Epimastopora*, *Paraepimastopora*, *Anchicodium*, petites *Donezella*, *Atractyliopsis*), Foraminifères (*Archaeodiscidés*, *Tetrataxis*, *Earlandia*, *Endothyridés*, *Palaeotextulariidés*, *Fusulinidés*, *Lasiodiscidés*), Brachiopodes, Gastéropodes, Coraux, Ostracodes et spicules. Ces organismes présentent occasionnellement des variations granulométriques et sont disposés en stratifications entrecroisées.

Les oncolithes sont asymétriques, ovoïdes ou aplatis, de taille plurimillimétrique parfois centimétrique, polynucléiques et polyphasés.

Leurs nucléi se composent d'Echinodermes perforés, de Bryozoaires, spicules, Brachiopodes, Foraminifères, Algues (*Donezella*, Stachéines). Le cortex de couleur sombre renferme des Algues rouges (*Fasciella*) associées à *Claracrusta*, *Bevocastris*, *Aphralysia* et des fenestrae filiformes. Présence de péloïdes (5-10%), oolithes arrondies radiaires (2-5%), et de terriers. Le «shell hash» est bien représenté. De "grandes" cavités de dissolution sont observées, les microcavernes sparitiques rencontrées dans les grainstones correspondent à des «keyvugs». Les microbrèches ( $\leq 10\%$ ) de forme anguleuse à subarrondie, de taille variée (8 mm à 1cm), sont constituées de packstones à «shell hash» (spicules en majorité dissous, Pl. 9, fig. 3), microtubules ? algaires, Calcisphères, petits débris d'Echinodermes, Bryozoaires, Foraminifères et Ostracodes). Les stylolites sont soulignés par des liserés ferrugineux et siliceux. Le ciment syntaxial est bien développé. La matrice est micritique, péloïdique, localement microsparitique. La dissolution est importante, elle affecte les bioclastes (Algues, Mollusques), certaines oolithes et partiellement la matrice.

### *Interprétation*

La matrice micritique, péloïdique, et la bonne conservation des oncoïdes asymétriques traduisent un milieu calme. Cependant la proportion, parfois importante, d'Echinodermes perforés, de bioclastes micritisés roulés disposés en stratifications entrecroisées, de microbrèches, d'encroûtements discontinus oncoïdiques soulignent des phases d'agitation remaniant les oncoïdes et les autres grains.

La forme des oncoïdes polyphasés traduit un régime intermittent de forte énergie. L'asymétrie des encroûtements témoigne d'une stabilisation des grains. Le démantèlement des manchons oncoïdiques et des éléments micritisés alimente une grande partie des péloïdes irréguliers. La forme et la composition des microbrèches de ce micro-

faciès (MFCB 9) sont comparables à celles rencontrées dans les MFCB 5 et MFCB 6. Il s'agit probablement de dépôt mis en place à la faveur d'énergie soudaine (tempêtes) pouvant en partie éroder le substrat qui est alors incorporé dans le sédiment sous forme de microbrèches. L'ensemble des grains (spicules, Foraminifères, Ostracodes, Bryozoaires, Echinodermes), constituant ces intraclastes est stabilisé par une trame irrégulière algale ou bactérienne à structure tubulaire reconnaissable quand la conservation le permet. La fragmentation de ce feutrage a lieu sur place lors des processus de dissolution et conduit à la formation de microbrèches de différentes dimensions, baignant dans une matrice microsparitique.

Ce sédiment est proche du:

- GBCS 6 (Legrand-Blain, 1985): wackestones-packstones à oncolithes complexes et bioclastes variés, brisés, micritisés (Brachiopodes, Bryozoaires, Echinodermes, Algues et Coraux).

- ? GBCS 10 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones à bioclastes variés, micritisés, roulés, disposés parfois en stratifications entrecroisées.

- ? GBCS 13 (Legrand-Blain, 1985): accumulation de fragments de coquilles brisées de Brachiopodes roulés, usés, micritisés, associés à de rares débris de Bryozoaires, Ostracodes, Echinodermes et Foraminifères.

- en partie proche du faciès E (Madi, 1994; Bourque *et al.*, 1995; Madi *et al.*, 1996): frames-tones à Coraux infiltrés de wackestones à oncolithes algales (*Fasciella*, *Ungdarella*, Stachéines, *Aphralysia*), Foraminifères (Endothyridés), Crinoïdes, Bryozoaires, Brachiopodes et Coraux.

- type n°3 (Wagner et Van der Togt, 1973): caractérisé par de grandes oncolithes à Algues rouges décrites dans les milieux lagunaires actuels du Golfe Persique.

### *Microfaciès 10 (MFCB 10)* (Pl. 10, fig. 1-2)

*Description:* packstones, grainstones, à péloïdes (15-20 %), microbrèches et bioclastes d'Echinodermes, Bryozoaires, Brachiopodes, Algues (Kamaénidés, *Paraepimastopora*, *Beresella*, Stachéines, *Pseudodonezella*, *Masloviporidium*, *Claracrusta*, *Epimastopora*, *Eovelebitella*, *Pseudoeovelebitella*, *Hortonella*, *Fasciella*, *Donezella* abondante), Foraminifères (Bisériamminidés, Archæodiscidés, Fusulinidés, *Bradyina*, Endothyridés, Palæotextulariidés, *Howchinia*, *Tetrataxis*), Calcsphères, spicules, Ostracodes et Trilobites. Ces organismes sont disposés en stratifications obliques ou entrecroisées.

Les Rhodophycées contribuent occasionnellement à former des oncoïdes. Des terriers remplis de sédiment micritique ou microsparitique, des fenestrac plurimillimétriques, des oolithes, des microtubules probablement d'origine algale observés dans certains péloïdes et des microbrèches anguleuses (10 %) plurimillimétriques à centimétriques sont rencontrées. Les stylolites sont parfois soulignés par de la silice amorphe. La matrice est microsparitique, péloïdique. Une dissolution importante affecte la matrice, les bioclastes et certaines oolithes.

### *Interprétation*

Les péloïdes résultent probablement de la dissolution des mattes algales du milieu semi-restreint, des faciès à buissons de *Donezella*, de Foraminifères et d'autres bioclastes. Les fenestrac sont liés à la dissolution de la matrice micritique et des organismes. Les Calcsphères et les Ostracodes indiquent un milieu très peu profond, protégé, calme. Les microbrèches et les oncoïdes traduisent de courtes périodes d'agitation du fond marin suivies de périodes d'accalmie, à faible taux de sédimentation. Ces phases d'agitation peuvent être liées à des

courants de tempêtes ramenant du large des organismes.

### Microfaciès des milieux intertidaux.

#### *Microfaciès 11 (MFCB 11)*

(Pl.11, fig.1-4; Pl.12, fig.1-5)

*Description:* packstones, grainstones oolithiques, bioturbés, à bioclastes variés (20-30 %) oolithisés: Foraminifères (Endothyridés, Bisériamminidés, Palaeotextulariidés, Archaeodiscidés, Fusulinidés), Algues (*Anthracoporellopsis*, *Paraepimastopora*, *Donezella* localement abondante, Stachéines, *Hortonella*, *Atractyliopsis*, *Berestovia*, *Asphaltina*, *Pseudodonezella*, Kamaénidés, *Masloviporidium*), Echinodermes, Bryozoaires et Gastéropodes.

Les oolithes radiaires (15-25%) de taille comprise entre 300µm et 4mm constituent l'essentiel du matériel. Elles sont le plus souvent sphériques à ovales, rarement allongées. Le nucléus est de nature bioclastique (Echinodermes, Foraminifères, Algues,...). De nombreux phénomènes de dissolution affectent les Algues et les oolithes, et se marquent par la présence de fines couches de calcite sparitique dans le cortex (pl.12, fig.4).

Sa périphérie est parfois soulignée par un liseré ferrugineux. Certaines oolithes sont micritisées, microsparitisées, regroupées en agrégats, eux-mêmes oolithisés (pl.12, fig.2).

Trois types d'oolithes sont présents:

- oolithes «normales» homogènes, bien conservées,
- oolithes présentant une distribution bimodale (ex: éch. 1261 m, sondage Nek 2, pl.11, fig.3-4; pl.12, fig.6),
- oolithes éclatées (pl.12, fig.5).

Les oolithes sont fréquemment disposées en stratifications entrecroisées. Des péloïdes à spicules dissous résultant pour la plupart de la

micritisation totale de certains bioclastes sont localement abondants (10-15 %). Des hardgrounds apparaissent dans les échantillons 1170,50m (pl.11, fig.1); 1170m; 1169,50m (pl.11, fig.2) du sondage Nek 2, soulignés par des croûtes ferrugineuses. Les microbrèches (≤10%) arrondies à subarrondies partiellement dissoutes de taille variée sont composées de packstone à oolithes ou de wackestone à Echinodermes et spicules. Elles sont associées à des oncolithes rares représentés par des fragments de Bryozoaires, d'Echinodermes, encroûtés.

Ce faciès laisse apparaître de "grandes" cavités de dissolution centimétriques attribuées à des fenestres remplies de calcite de type «keyvugs» (Esteban et Klappa, 1983). Des microbuissons bactériens s'observent sur certains débris de Brachiopodes.

Des laminations bioclastiques épaisses (5mm à 1cm) sont parfois interstratifiées et constituées de Crinoïdes de grande taille disposés en stratifications entrecroisées ou d'oolithes de petite taille associées à des péloïdes. Quelques stylolites discontinus soulignés par une matière organique noirâtre et des infiltrations micritiques sont présentes. Un faible pourcentage de grains de quartz anguleux est observé (<5%).

Les ciments de type météorique sont variés: ciments stalactitique, en ménisque, équant, lamellaire, appuyés par un ciment syntaxial.

La matrice est soit totalement péloïdique à spicules, soit totalement recristallisée en un fin microspar.

#### *Interprétation*

L'abondance des oolithes radiaires et des bioclastes témoigne de fortes énergies dans des milieux intertidaux peu profonds. D'un autre côté, l'influence de la mer ouverte, quoique limitée, est marquée par la présence de Brachiopodes et d'Echinodermes.

La dissolution des oolites, de la microflore algale et de la matrice est liée à leur minéralogie instable (aragonite). Elle est sans doute à mettre en relation avec les eaux météoriques, particulièrement agressives, sous un climat humide (Hird et Tucker, 1988). La distribution bimodale correspond à des infiltrations de petites oolites dans un sédiment à grandes oolites, elle est en relation avec la bioturbation et témoigne de la variabilité du degré d'agitation qui s'inscrit dans un contexte d'énergie élevée.

Le climat (variations de température), la compaction synsédimentaire et probablement la dessiccation semblent être les facteurs responsables de l'aspect éclaté des oolites.

Les niveaux bioclastiques épais interstratifiés traduisent l'influence des tempêtes ou de fortes marées. Les hardgrounds indiquent un taux de sédimentation très faible, l'importance de l'érosion par les courants de vagues comme en témoigne la présence des microbrèches (= résidus de hardground), du remaniement et des encroûtements.

Les fenestres, les intraclastes et la diagenèse météorique de type vadose renforcent l'idée d'un sédiment temporairement émergé (keyvugs).

En conclusion, ce faciès oolithique indique la zone euphotique et témoigne de la présence d'eaux saturées en carbonate de calcium, d'une agitation épisodique mais persistante nécessaire à la formation du cortex. Leur dissolution s'inscrit dans un cadre stratigraphique significatif, à la limite Serpukhovien/Bashkirien (=Mississippien/Pennsylvanien), elle se corrèle parfaitement avec la nature minéralogique aragonitique des mers carbonifères (Pennsylvanien) où la dissolution est importante (Sandberg, 1983; Wilkinson *et al.*, 1985), et caractérise le milieu de diagenèse météorique, la zone vadose, comme en témoignent les différentes configurations du ciment (Friedman *et al.*, 1974; James et Ginsburg, 1979; Purser, 1980). Notons enfin, quel'état dispersé (non jointif),

dissous, de ces oolites traduit une dissolution et une cimentation rapides ayant empêché les processus de compaction mécanique.

Ce calcaire oolithique est proche du:

- GBCS 14 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones oolithiques à stratifications obliques et bioclastes variés,

- faciès H (Madi, 1994; Bourque *et al.*, 1995; Madi *et al.*, 1996): grainstones à oolites et grains, enrobés avec des Foraminifères (abondance des Endothyridés), Algues vertes (*Kamaena*, *Palaeoberesella*, abondance de *Koninckopora* et *Kamaenella*), Algues rouges (*Fasciella*, Stachéines),

-type n°7 (Wagner et Van der Togt, 1973): grainstones oolithiques décrits dans les milieux lagunaires actuels très peu profonds (< 3m), de forte énergie, du Golfe Persique.

### Microfaciès des milieux supratidaux-intertidaux

#### *Microfaciès 12 (MFCB 12)*

Mudstones à grainstones caractérisés par l'abondance de la dessiccation, des microfenestres et des loférites.

- MFCB 12a à dessiccation et microfenestres.

- MFCB 12b à loférites

#### *MFCB 12a*

(Pl. 10, fig. 3 ; Pl.16, fig. 1-2)

*Description:* packstones microsparitiques, grainstones, fortement bioturbés, à Foraminifères transportés (grandes *Bradyina*, Fusulinidés, Bisériamminidés), péloïdes, Algues vertes (*Donezella* parfois recristallisées) et Calcisphères. Présence de microbrèches dolomitiques, de veinules de dessiccation et de nodules liés à la présence des stylolites. La dissolution de la trame

algair avec l'élargissement des tubes est à l'origine de fins fenestrac filiformes et irréguliers. La matrice est constituée de micrite localement recristallisée en un fin microspar dans les zones bioturbées où s'observent également de nombreux péloïdes.

### *Interprétation*

Les nodules, la bioturbation, constituent les facteurs diagénétiques les plus importants affectant le sédiment.

L'abondance de microfenestrac plaide en faveur d'un milieu supratidal à nombreuses expositions intermittentes (Préat, 1984) et intertidal (Inden et Moore, 1983). Enfin, la faible diversité de la microflore algair pourrait indiquer l'existence de milieux proches de l'émersion.

#### *MFCB 12b*

(Pl.13, fig.3-4; Pl.14, fig.1)

*Description:* il s'agit de loférites (Fischer, 1964) dispersées dans des mudstones-wackestones à bioclastes: Foraminifères (grandes *Bradyina*, petits Archæidiscidés, Endothyridés, Palæotextulariidés), Algues (*Donezella*, *Ungdarella*) et petits fragments d'Echinodermes. Ces structures correspondent à des fenestrac globuleux, irréguliers, de différentes tailles (souvent de dimensions centimétriques), formant des réseaux dans une matrice algair. Elles correspondent aux fenestrac laminaires (Grover et Read, 1978) et au type 10 attribué aux loférites dans la classification de Préat (1984).

L'échantillon 1154 m du sondage Nek 2 (pl.13, fig.4) montre des fenestrac qui présentent une texture alvéolaire caractéristique des faciès pédogénétiques (Esteban et Klappa, 1983).

L'échantillon 1153,50m du même sondage laisse apparaître (pl.13, fig.3, en partie) une succession de sédiments composés du microfaciès MFCB

7b (à Foraminifères et Algues), un hardground sur lequel se développe un bindstone à Algues (*Donezella*, *Ungdarella*), Foraminifères, Tabulés, Ostracodes, Echinodermes, spicules et un mudstone riches en loférites.

### *Interprétation*

Les loférites sont des fenestrac interprétés comme des cavités de dissolution météorique, elles sont liées à la dissolution de la matrice micritique. Ces structures se trouvent préférentiellement dans des environnements intertidaux et supratidaux (Flügel, 1982). La très faible diversité de la faune et de la microflore indique des milieux protégés où des événements pédogénétiques semblent s'installer.

### **Microfaciès des milieux supratidaux**

#### *Microfaciès 13 (MFCB 13)*

(Pl. 15, fig. 1-2)

*Description:* mudstones, dolomudstones, wackestones, silto-gréseux, siltites laminaires (éch. 1303,50m, sondage Nek 2), fortement bioturbés, à fentes de dessiccation et pseudomorphoses de gypse. Présence d'une proportion très faible de fins débris d'organismes altérés, remaniés, disposés en stratifications obliques, représentés par des Echinodermes, Mollusques, Foraminifères (Archæidiscidés, Fusulinidés, *Bradyina*, Palæotextulariidés), Algues (probablement des Stachéines associées à des *Donezella*) et des structures d'apparence «stromatolitique». Des cavités de dissolution remplies de dolomie, quelques oolithes remaniées à cortex oxydé et de nombreux nodules pédogénétiques plurimillimétriques à centimétriques, sont observés. Les stylolites sont importants (ex: éch. 1314m; 1314,5m; 1315m, sondage Nek 2) riches en matière organique (ex: éch. 1309,5m; 1309m, du même sondage) responsables de l'aspect bréchifié.

La matrice est entièrement dolomitique ou dolomicritique, riche en microspar.

### Interprétation

Ce faciès s'est déposé dans un milieu très peu profond, supratidal comme en témoigne la très faible diversité des organismes. L'eau marine présente dans le sédiment à marée basse (Preat et Mamet, 1989) est en relation avec des bancs algaires intertidaux constituant une source importante de matière organique. Ce sédiment est envahi par des sulfates suite à une forte évaporation (et à la dissolution). Celle-ci conduit à l'infiltration d'eau et à la dolomitisation des faciès infiltrés. La dolomitisation avec les sulfates, l'importance des phénomènes de pression-dissolution donnent cet aspect bréchifié, des craquelures de style pédogenèse. La roche ressemble alors à une brèche de dissolution (= «collapse breccia», ex: éch. 1315m, sondage Nek 2, pl.15, fig.1).

### Milieus continentaux

#### Microfaciès 14 (MFCB 14) (non figuré)

**Description:** marnes/argiles silteuses, vaguement litées, dépourvues de bioclastes. Les éléments clastiques sont représentés par des grains de quartz fins, de petite taille (200µm à 1mm), anguleux, associés à des passées riches en oxydes de fer. Ce faciès est très peu représenté dans les niveaux carottés étudiés.

### Interprétation

Il s'agit d'un milieu continental marqué par un transport faible des grains de quartz.

#### Microfaciès décrits dans le bassin de Béchar (mais non reconnus dans nos échantillons)

Ils sont décrits par :

#### Legrand-Blain (1985)

- GBCS 5: wackestones gréseux à Brachiopodes, Echinodermes, Algues et Foraminifères,

- GBCS 7: wackestones-packstones à oncolithes en milieux confinés. Les bioclastes (20-30%) sont peu variés: Brachiopodes usés ou encroûtés, Echinodermes, quelques Mollusques et Foraminifères (Archaeodiscidés, Endothyridés, *Earlandia*). Les pellets sont abondants, les phénomènes de bioturbation sont fréquents. Les oncolithes se forment autour des Mollusques et des Brachiopodes.

- GBCS 12: lumachelles (packstones) de Brachiopodes associés à des Echinodermes, Foraminifères, observées dans des bancs silto-gréseux.

#### Madi (1994); Bourque et al. (1995); Madi et al. (1996)

- faciès A: wackestones-bafflestones riches en débris d'Eponges et spicules associés à des fragments rares de Bryozoaires et des petits débris d'Echinodermes. Les Algues et les Foraminifères sont absents,

- faciès B: wackestones-bafflestones à Eponges et Fenestellidés en frondes, infiltrés de wackestones à fins bioclastes, localement à texture péloïdale. Présence de Brachiopodes, Echinodermes et Ostracodes, ainsi que de Foraminifères (*Tetrataxis*, *Endothyra*, *Archaeodiscus*) et Algues rouges (*Fasciella*, *Ungdarella*) au sommet de B.

Les faciès A et B sont beaucoup trop profonds pour nos échantillons.

### III - MODELE SEDIMENTOLOGIQUE

La séquence des microfaciès carbonifères met en évidence une sédimentation mixte grésomarno-calcaire de 14 microfaciès (fig.2), allant depuis les milieux de mer ouverte, situés sous la zone d'action des tempêtes jusqu'au milieu supratidal.

La séquence des microfaciès (MFCB) a révélé l'importance de niveaux de tempestites et la faible représentation des faciès restreints.

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)

La distribution des faciès est sous le contrôle des positions respectives des zones d'action des tempêtes et des vagues (fig.3).

Trois zones sont reconnues le long de cette rampe:

- une zone de rampe externe située sous la limite de la zone d'action des tempêtes représentée par les sédiments MFCB 1 à MFCB 4.

La zone dysphotique caractérisée par l'apparition des Algues rouges (MFCB 3) se situe dans cette partie de la rampe,

- une zone de rampe médiane comprise entre la zone d'action des tempêtes et la zone d'action des vagues, où les sédiments sont remaniés par les tempêtes distales (MFCB 5) et proximales (MFCB 6).

La zone euphotique caractérisée par l'apparition des Algues vertes se situe dans cette zone médiane,

- une zone de rampe interne localisée dans la zone d'action des vagues. Elle englobe de bas en haut les platiers à Algues et à Coraux (MFCB 7 à MFCB 8), les sédiments d'avant-plage (MFCB 9 à MFCB 11) et les dépôts des marais maritimes (MFCB 12 à MFCB 14).

Le système sédimentaire du Carbonifère du bassin de Béchar peut se comparer à ceux mis en évidence dans le Dévonien franco-belge par Prétat et Mamet (1989) et Prétat et Kasimi (1995). L'ensemble des microfaciès dévoniens s'ordonne suivant une série de bathymétrie décroissante depuis les milieux situés à la base de la zone d'action des tempêtes jusqu'au milieu continental. Les correspondances des microfaciès carbonifères de Béchar avec ceux du Dévonien sont indiquées à la figure 2.

#### IV. CONCLUSIONS

L'analyse sédimentologique d'une partie de la série carbonifère du bassin de Béchar permet:

\* d'établir une séquence de 14 microfaciès formant une succession continue des environnements les plus profonds jusqu'aux milieux les plus littoraux,

\* de proposer un modèle de rampe homoclinale mixte, de faible pente soumise à de fortes tempêtes.

L'importance des faciès de tempêtes, la distribution des bioconstructions et la faible représentation des environnements restreints plaident en faveur de ce système de rampe.

Il faut cependant rester prudent dans l'application de ce modèle, d'apparence simple, basé uniquement sur des observations microscopiques.

Cette analyse met en évidence:

- la fréquence des bioclastes et oolithes dissous à la limite Mississippien/Pennsylvanien (= Serpukhovien/Bashkirien). Cette coupure majeure marquée mondialement par des événements eustatiques surtout, est enregistrée dans les sondages Nek 2 et Nek 3, caractérisés respectivement par l'apparition des oolithes dissoutes (MFCB 11, Bashkirien inférieur, biozone 20, carotte 13, éch. 1350,50m, pl.12, fig.1), le développement des cavités de dissolution d'apparence fenestreae et par l'abondance des microbrèches (MFCB 5, Serpukhovien supérieur, biozone 19, carotte 6, éch. 563m, pl.3, fig.2).

Ces phénomènes se corrént parfaitement avec la minéralogie aragonitique des mers carbonifères (Pennsylvanien) plus sensibles à la dissolution (oolithes, Algues, Foraminifères, Coraux, Mollusques) et avec la brusque chute des eaux, événement eustatique majeur à la limite Serpukhovien/Bashkirien (Vail *et al.*, 1977; Ross et Ross, 1985) qui se traduit par des érosions soulignées ici par la richesse en microbrèches.

\* le développement intense du microspar dans certains microfaciès. D'après Munnecke *et al.*, (1997) l'origine du microspar est liée à la présence de l'aragonite dans une boue carbonatée. Sa formation peut se présenter comme la phase primaire dans la diagenèse des carbonates. Cette hypothèse qui relie le microspar à la lithification d'une boue riche en aragonite est en contradiction avec l'opinion généralement adoptée jusqu'ici qui admet que le microspar est le produit d'une recristallisation secondaire et souvent plus tardive de la micrite.

- évolue conjointement avec la fréquence de la bioturbation qui affecte dans tous les cas un sédiment boueux, le remanie parfois complètement jusqu'à faire disparaître les figures sédimentaires, favorisant probablement la recristallisation de la matrice micritique en un microspar,

- est bien représenté dans les faciès dont certains grains sont affectés par la dissolution: il s'agit d'oolithes et de bioclastes (Coraux, Algues..) de composition aragonitique.

Dans les sondages étudiés (Nek 2, Nek 3, bassin de Béchar) le microspar:

Il semblerait donc que ces deux facteurs (bioturbation, aragonite) soient liés.

	Marnes / Argiles silteux ( <i>Silty marls/Shales</i> )		Fenestrae		Foraminifères ( <i>Foraminifers</i> )
	Marnes silteuses ( <i>Silty marls</i> )		Bioturbation		Echinodermes ( <i>Echinoderms</i> )
	Siltites ( <i>Siltstones</i> )		Terriers ( <i>Burrows</i> )		Coraux ( <i>Corals</i> )
	Calcaires ( <i>Limestones</i> )		Oolithes ( <i>Oolites</i> )		Brachiopodes ( <i>Brachiopods</i> )
	Calcaires gréseux ( <i>Sandy limestones</i> )		Oncolites ( <i>Oncolites</i> )		Bryozoaires ( <i>Bryozoans</i> )
	Laminations parallèles ( <i>Parallel laminations</i> )		Bioclasts ( <i>Bioclasts</i> )		Spongiaires ( <i>Spongiae</i> )
	Laminations obliques ( <i>Oblique laminations</i> )		Algues vertes ( <i>Green Algae</i> )		
	Laminations entrecroisées ( <i>Cross laminations</i> )		Algues rouges ( <i>Red Algae</i> )		
	Fentes de dessiccation ( <i>Mudcracks</i> )				
	Sulfates ( <i>Sulphates</i> )				
	Loférites ( <i>Loferits</i> )				
	Péloïdes ( <i>Peloïdes</i> )				

**M** = Mudstones, **W** = Wackestones, **P** = Packestones, **G** = Grainstones, **Ma.** = Marnes, **A** = Argiles, **Echino** = Echinodermes, **Foram** = Foraminifères, **Brach** = Brachiopodes, **Mod** = Modérée (*Moderate*)

**Z.A.T.** = Zone d'action des tempêtes (*storm wave base*)  
**Z.A.V.** = Zone d'action des vagues (*Fairweather wave base*)

Les indications bathymétriques de la Z.A.T. et de la Z.A.V. = In Préat et Kasimi (1995) (*The bathymetric indications of the Z.A.T. and the Z.A.V. = In Préat et Kasimi (1995)*)

**Td** = Tempêtes distales (*Distal tempestites*), **Tp** = Tempêtes proximales (*Proximal tempestites*)

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)

BASSIN DE BÉCHAR (Carbonifère)						Bassin franco-belge (Dévonien)								
Microfaciès				Environnements										
Logrand Blain (1985)	Madi (1994)	note étude	Description			Préat et Marnel, 1989	Préat et Kasimu, 1990							
		MFCB 14	Ma/A. silteuses	Zone euphotique	Marais maritimes	Continental								
		MFCB 13	M/W gréseux/dolomites à dessiccation et crasse				Supratidal	Faible	MF 12-13					
		MF 12 b	Loférites								MF 11	MF 9		
		MF 12 a	P/G à Algues, Foraminifères, péloïdes, fenestrac et dessiccation		Foreshore ou Avant-plage	Inter-tidal	Forte	MF 9						
GBCS 14	H	MFCB 11	P/G à oolithes radiaires et bioclastes							MF 7 b	MF 8			
		MFCB 10	P/G à péloïdes et bioclastes		Zone euphotique	Prairies à Algues (et à Coraux)	Mod. à forte	MF 7 a						
GBCS 6, 7, 10, 713	E (pro partie)	MFCB 9	P/G/Rudstones à oncolithes et bioclastes								MF 6			
GBCS 8	G	8 c	P/Bafflestones à <i>Donaxella</i> et Foraminifères					Subtidal	Modérée	Z.A.V 20-25 m	MF 4			
		MF 8 b	P/Budstones à <i>Fasciella</i> et Foraminifères											MF 5
		8 a	P/G/Baf/Devonien/Rudstones à <i>Ungdarella</i> et Foraminifères											
GBCS 9		MF 7 b	P/G à Foraminifères et Algues											
		7 a	P/Rudstones à Coraux, Echino., Brach., Foram. et Algues											
		6 c	W/P/K/Encrinites/ à Echino., Foram. et Algues											
GBCS 11	C, D, F	MF 6 b	P/G à Echinodermes et Bryozoaires						Forte			MF 4		
		6 a	W/P à Echinodermes et spicules de Spongiaires											
GBCS 2, 3		MFCB 5	W/P/G à bioclastes altérés, encroûtés, microbrèches et terriers		Mod. à forte			MF 2b						
		MFCB 4	P/G silteux à bioclastes											
GBCS 1		MFCB 3	M/W silto-gréseux à bioclastes rares	Zone dysphotique	Bancs sableux	Mod.	40-45 m		MF 3					
		MFCB 2	Siltites à bioclastes rares	Zone aphotique	Off-shore	Faible			MF 2					
		MFCB 1	Ma. silteuses à bioclastes rares								MF 1			

Fig. 2 - Séquence des microfaciès de la rampe mixte carbonifère (Serpukhovien-Moscovien inférieur) du bassin de Béchar

Microfacies sequences of the mixed carboniferous (Serpukhovian-Lower Moscovian) ramp, Bechar basin

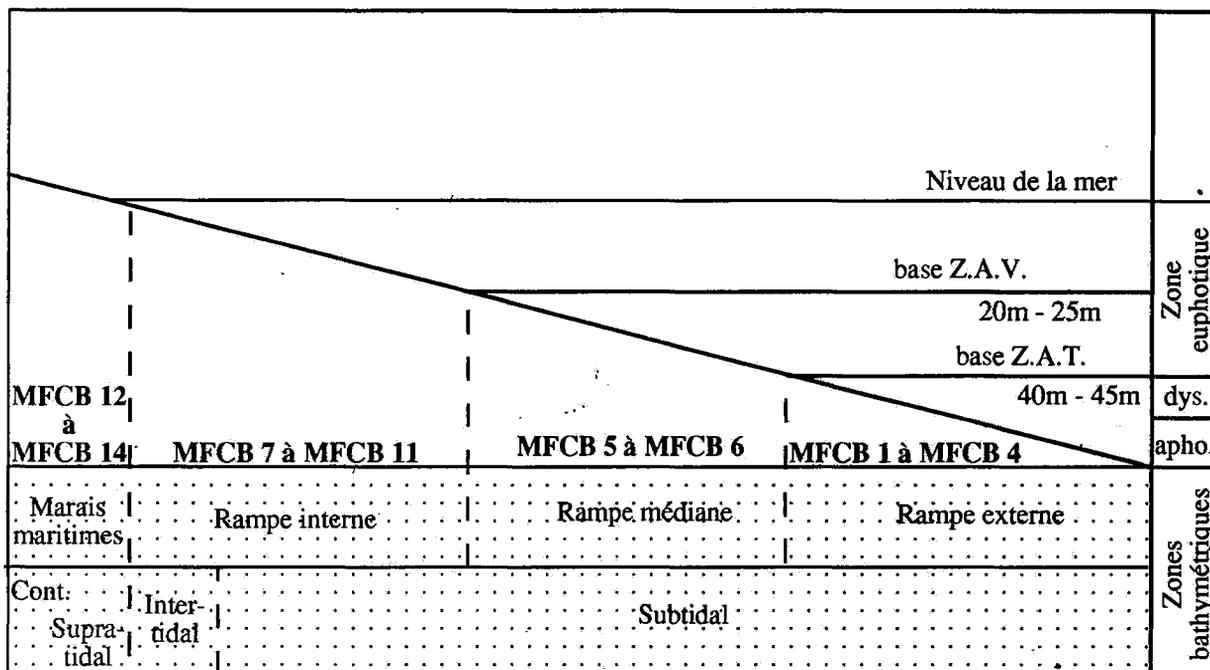


Fig. 3 - Distribution des microfaciès carbonifères (Serpukhovien-Moscovien inférieur) du bassin de Béchar le long d'un profil idéal de rampe mixte. La pente est fortement exagérée

*Carboniferous microfacies distribution along an idealized profile of the mixed ramp  
Bechar basin, the slope is strongly exaggerated*

MFCB = notre étude (*our analysis*)

Z.A.V. = Zone d'action des vagues (*Fairweather wave base*)

Z.A.T. = Zone d'action des tempêtes (*Storm wave base*)

Les indications bathymétriques de la Z.A.T. et de la Z.A.V. = In Préat et Kasimi (1995) (*The bathymetric indications of the Z.A.T. and the Z.A.V.* = In Préat et Kasimi (1995))

Cont. = Continental, apho. = apotique (*aphotic*), dys. = dysphotique (*dysphotic*)

- l'importance de la bioérosion liée au rôle joué par les Eponges, les Algues dont les effets s'ajoutent à ceux des agents mécaniques.

**Remerciements:** Nous remercions la Sonatrach (C.R.D., Boumerdès) pour avoir mis à notre disposition les plaques minces des sondages, Monsieur Ait Ouali (Université d'Alger), Madame Legrand-Blain (Université de Bordeaux), pour avoir lu et corrigé ce travail réalisé dans le cadre de la convention entre l'Université Libre de Bruxelles et l'Université de Boumerdès.

## BIBLIOGRAPHIE

AIGNER, T., 1985. Storm depositional systems. In: Coated lecture notes in Earth Sci. N°3 - Springer-Verlag, Berlin, 174p.

AISSAOUI, D. M. AND PURSER, B.H., 1983. Nature and origins of internal sediments in Jurassic limestones of Burgundy (France) and Fnoud (Algeria). *Sedimentology*, n°30, p.273-283.

BOURQUE, P. A., MADI, A. AND MAMET, B. L., 1995. Waulsortian-type bioherm development and response to sea-level fluctuations: upper Visèan of Béchar basin, western Algeria. *Jour. Sedim. Research*, vol.B65, n°1, p.80-95.

CANTRELL, D. L. AND WALKER, K. R., 1985. Depositional and diagenetic patterns, ancient oolite middle Ordovician, eastern Tennessee. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.55, n°4, p.518-531.

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)

- ESTEBAN, M. AND KLAPPA, C. F., 1993.** Subaerial exposure. *In: Carbonate depositional environments*. Ed. Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. Publ. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem.*, n°33, p.1-55.
- FISCHER, A. G., 1964.** The lower cyclothem of the alpine triassic. *Bull. Geol. Surv. Kansas*, n°169, p.107-149.
- FLÜGEL, E., 1982.** Microfacies analysis of limestones. Springer-Verlag, Heidelberg, 633p.
- FRIEDMAN, G. M., AMIEL, A. J. AND SCHNEIDERMAN, N., 1974.** Submarine cementation in reefs: example from the Red Sea. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.44, p.816-825.
- GIVEN, R. K. AND WILKINSON, B. H., 1987.** Dolomite abundance and stratigraphic age: constraints on rates and mechanisms of Phanerozoic dolostone formation. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.57, n°6, p.1068-1078.
- GROVER, G. JR. AND READ, J. F., 1978.** Fenestral and associated vadose diagenetic fabrics of tidal flat carbonates, middle Ordovician New Market Limestone, southwestern Virginia. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.48, n°2, p.453-473.
- HIRD, K. AND TUCKER, M. E., 1988.** Contrasting diagenesis of two Carboniferous oolites from south Wales: a tale of climatic influence. *Sedimentology*, n°35, p.587-602.
- HOWARD, J. D., 1975.** The sedimentological significance of trace fossils. *In: The study of trace fossils. A synthesis of principles, problems and procedures in ichnology*. Ed. Frey, R.W. Springer-Verlag, Berlin, p.131-146.
- HUMPHREY, J. D., RANSON, K. L. AND MATTHEWS, R. K., 1986.** Early meteoric diagenetic control of upper Smackover production, Oako Field, Louisiana. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol.70, n°1, p.70-85.
- INDEN, R. F. AND MOORE, C. H., 1983.** Beach environment. *In: Scholle, P.A., Bebout, D.G. and Moore, C.H. Eds.): Carbonate Depositional Environments*. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, n°33, p.211-265.
- JAMES, N. P. AND GINSBURG, R. N., 1979.** The seaward margin of Belize barrier and atoll reefs. Morphology, sedimentology, organism distribution and late Quaternary history. *Int. Assoc. Sedim., spec. publ.* n°3, 191p.
- KASIMI, R., 1993.** Sédimentologie et cyclostratigraphie des couches de transition Eifélien-Givétien au bord sud du bassin de Dinant (Belgique, France). *Thèse Doct. Univ. Libre Bruxelles*, 272p.
- KEITH, B. D. AND PITTMAN, E. D., 1983.** Bimodal porosity in oolitic reservoir. Effect on productivity and log response, Rodessa Limestone (lower Cretaceous), East Texas basin. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol.67, n°9, p.1391-1399.
- LEGRAND-BLAIN, M., 1985.** Dynamique des Brachiopodes carbonifères sur la plate-forme carbonatée du Sahara algérien. Paléoenvironnements, paléogéographie, Évolution. *Thèse Doct. ès-Sci., Bordeaux I*, 315p.
- LEGRAND-BLAIN, M., 1985.** Brachiopod beds facies and environments, Algerian Sahara, Carboniferous. *6<sup>th</sup> European regional Meeting of Sedimentology. I.A.S. Lleida'85*, p.244-247.
- LONGMAN, M. W., 1980.** Carbonate diagenetic textures from near surface diagenetic environments. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol.64, n°4, p.461-487.
- MADI, A., 1994.** Les bioconstructions carbonifères du bassin de Béchar, Sahara algérien. Sédimentologie, diagenèse et potentiel pétrolifère. *Thèse Univ. Laval, Québec*, 312p.
- MADI, A., BOURQUE, P. A. AND MAMET, B. L., 1995.** Depth-related ecological zonation of a Carboniferous carbonate ramp: upper Viséan of Béchar basin, western Algeria. *Facies*, n°35, p.59-80.
- MAMET, B., MADI, A., BOURQUE, P. A. ET SEBBAR A., 1995.** Foraminifères carbonifères du Grand Erg occidental, bassin de Béchar, Algérie. *Bull. Soc. géol. Belgique*, t.103, p.51-61.

- MELIM, L. A., SWART, P. K. AND MALIVA, R. G., 1995. Meteoric-like fabrics forming in marine waters: implications for the use of petrology to identify diagenetic environments. *Geology*, vol.23, n°8, p.755-758.
- MUNNECKE, A., WESTPHAL, H., REIJMER, J. J. G. AND SAMTLEBEN, C., 1997. Microspar development during early marine burial diagenesis : a comparison of Pliocene carbonates from the Bahamas with Silurian limestones from Gotland (Sweden). *Sedimentology*, n°44, p.977-990.
- NEDJARI, A., 1991. Dynamique du remplissage littoral et continental moscovo-permien du bassin d'avant-fosse de Béchar (Algérie). Electroséquences, modèles sédimentaires, paléopédogénèses. *Thèse Doct. es-Sci., U.S.T.H.B., Alger*, 289p.
- PREAT, A., 1984. Etude lithostratigraphique et sédimentologique du Givétien belge (bassin de Dinant). *Thèse Doct. Univ. Libre Bruxelles*, 466p.
- PREAT, A. ET KASIMI, R., 1995. Sédimentologie de rampe mixte silico-carbonatée des couches de transition eiféliennes-givéliennes franco-belges. Première partie: microfaciès et modèle sédimentaire. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, vol.19, n°2, p.329-375.
- PREAT, A. ET MAMET, B., 1989. Sédimentation de la plate-forme carbonatée givétienne franco-belge. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, vol.13, n°1, p.47-86.
- PURSER, B. H., 1980. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Tome 1: les éléments de la sédimentation et de la diagenèse. *Ed. Technip, Paris*, 367p.
- RAT, P. ET AMIOT, M., 1979. Dispositifs sédimentaires crinoïdiques dans le «Calcaire à entroques de Bourgogne Bajocien moyen». Symposium sur la «Sédimentation jurassique ouest européen», *Association des sédimentologistes français, publ. spec.*, n°1, p.85-97, Paris.
- READ, J. F., 1985. Carbonate platform facies models. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol.69, n°1, p.1-21.
- ROSS, C. A. AND ROSS, J. R. P., 1985. Late Paleozoic depositional sequences are synchronous and worldwide. *Geology*, n°13, p. 194-197.
- SANDSBERG, P. A. 1983. An oscillating trend in Phanerozoic non-skeletal carbonate mineralogy. *Nature*, vol.305, p.19-22.
- SEBBAR, A., 1997. Foraminifères benthiques carbonifères des bassins d'Abadla et de Béchar, Sahara septentrional, Algérie. *Bull. Serv. géol. Algérie*, vol.8, n°2, p.109-133.
- SEBBAR, A., 1998. Biostratigraphie (Foraminifères) du Carbonifère moyen, bassin de «Béchar-Mézarif», Algérie. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t.120, n°2, (1997), p.205-215.
- SEBBAR, A. ET AÏT OUALI R., 1996. Dynamique de la plate-forme carbonatée du bassin de «Béchar-Mézarif»: paléoenvironnements, bioconstructions. *Bull. Serv. géol. Algérie*, vol.7, n°2, p.229-251.
- SEBBAR, A. ET MAMET, B., 1996. Algues benthiques calcaires du Carbonifère inférieur et moyen, bassin de Béchar, Algérie. *Rev. Micropal.*, vol.39, n°2, p.153-167.
- SEBBAR, A. ET MAMET, B., 1999. Algues benthiques calcaires et Incertae sedis du Carbonifère, bassin de "Béchar-Mézarif", Algérie. Rôle sédimentologique. *Rev. Micropal.*, vol.42, n°1, p.71-82.
- SELLWOOD, B. W., 1978. Shallow-water carbonate environments. In: *Sedimentary Environments and Facies*. Ed. Reading, H.G., *Blackwell Scientific Publications*, p.259-313.
- SHINN, E. A., 1983. Tidal Flat. In: *Carbonate Depositional Environments*. Ed. Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. Publ. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, n°33, p.171-210.

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)

- STRASSER, A., 1986.** Ooids in Purbeck limestones (lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, vol.33, p.711-727.
- TUCKER, M. E., 1985.** Calcitized aragonite ooids and cements from the late Precambrian Biri Formation of southern Norway. *Sedim. Geol.*, n°43, p.67-84.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M. AND THOMPSON, J. R., 1977.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part n°4: Global cycles of relative changes of sea level. *In: Seismic stratigraphy. Application to hydrocarbon exploration. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, n°26, 216p.
- WAGNER, C. W. AND VAN DER TOGT, C., 1973.** Holocene sediment types and their distribution in the Southern Persian Gulf. *In: The Persian Gulf*. Ed. Purser, B.H. Springer-Verlag, Berlin, p.123-155.
- WANLESS, H. R., 1979.** Limestone response to stress: pressure solution and dolomitization. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.49, n°2, p.437-462.
- WILKINSON, B. H., BUCZYŃSKI, C AND OWEN, R. M., 1984.** Chemical control of carbonate phases: implications from upper Pennsylvanian calcite-aragonite ooids of southeastern Kansas. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.54, n°3, p.932-947.
- WILKINSON, B. H., OWEN, R. M. AND CARROL, A. R., 1985.** Submarine hydrothermal weathering, global eustasy, and carbonate polymorphism in Phanerozoic marine oolites. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol.55, n°2, p.171-183.

## Planche 1

## Microfaciès 2 et 3 (MFCB 2 - MFCB 3)

**Fig. 1** - Siltite dolomitique, bioturbée, à petits fragments d'Echinodermes (voir flèches). Microfaciès MFCB 2. Milieu marin ouvert situé sous la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 11, éch. 1316,50m, X 12,5.

***Bioturbated, dolomitic siltstone, with small Echinoderm fragments (arrows). Microfacies MFCB 2. Open marine, under storm wave base. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 11, sample 1316,50m, X12,5.***

**Fig. 2** - Wackestone gréseux, bioturbé, à débris de Bryozoaires (voir flèche) et grains micritisés (voir flèches). Microfaciès MFCB 3. Milieu marin ouvert situé sous la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 2, Bashkirien inférieur, carotte 13, éch. 1342,50m, X 12,5.

***Bioturbated sandy wackestone, with Bryozoan bioclasts (big arrow) and micritized grains (small arrows). Microfacies MFCB 3. Open marine, under storm wave base. Nek 2 borehole, Early Bashkirian, core 13, sample 1342,50m, X12,5.***

**Fig. 3** - Wackestone gréseux, bioturbé, à Echinodermes (voir E), Foraminifères (Endothyridés) (voir F), et Bryozoaires. Microfaciès MFCB 3. Milieu marin ouvert situé sous la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 2, Bashkirien inférieur, carotte 13, éch. 1341,50m, X 12,5.

***Bioturbated sandy wackestone, with Echinoderms (E), Endothyrid Foraminifers (F) and Bryozoans. Microfacies MFCB 3. Open marine, under storm wave base. Nek 2 borehole, Early Bashkirian, core 13, sample 1341,50m, X 12,5.***

**Fig. 4** - Mudstone silto-ferrugineux. Microfaciès MFCB 3. Milieu marin ouvert situé sous la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 3, Bashkirien inférieur, carotte 3, éch. 508,50m, X 12,5.

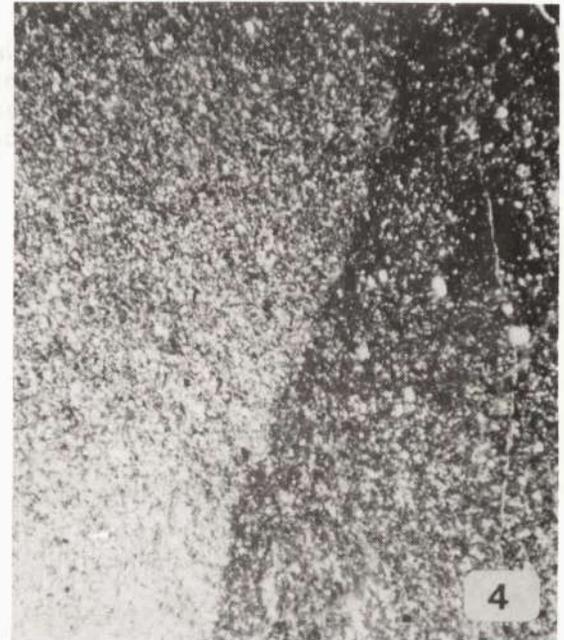
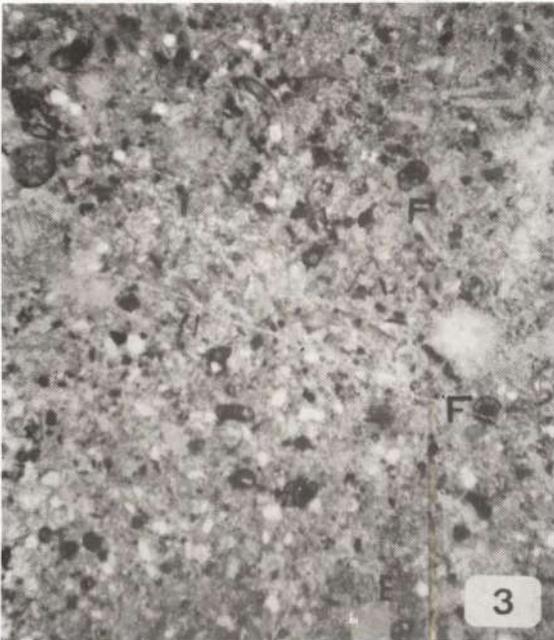
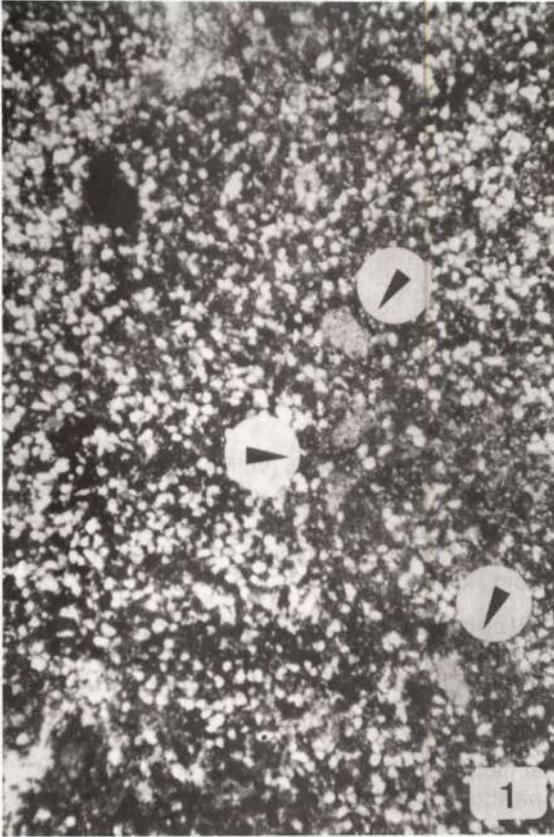
***Silty, ferruginous mudstone. Microfacies MFCB 3. Open marine, under storm wave base. Nek 3 borehole, Early Bashkirian, core 3, sample 508,50m, X 12,5.***

La mauvaise conservation des lames minces confectionnées dans les marnes ne permet pas d'illustrer le microfaciès MFCB 1.

***The poor preservation of the thin-sections cut in the marls, does not allow illustration of microfacies MFCB 1.***

(Photos : lumière naturelle)

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 2

### Microfaciès 5 (MFCB 5)

**Fig. 1** - Dolowackestone, bioturbé, à Bryozoaires (voir B), Algues rouges (voir A). Présence de microbrèches centimétriques constituées de sédiment dolomitique riche en Algues rouges perforées. La matrice microsparitique est dolomitisée. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 3, Serpukhovien supérieur, carotte 4, éch. 533,50m, X 12,5.

*Bioturbated dolowackestone, with Bryozoans (B) and red Algae (A). Centimetric clasts of dolomitic limestones that contain numerous perforated red Algae. Microsparitic and dolomitized matrix. Open marine, within storm wave action. Nek 3 borehole, Late Serpukhovian, core 4, sample 533,50m, X 12,5.*

**Fig. 2** - Wackestone, bioturbé, à fragments de Brachiopodes, Echinodermes, Bryozoaires, spicules, Algues (*Fasciella*). La matrice microsparitique est dolomitisée. La dissolution affecte les microbrèches provenant du démantèlement de bindstones à Bryozoaires. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 3, Serpukhovien supérieur, carotte 5, éch. 557,50m, X 12,5.

*Bioturbated wackestone, with Brachiopod, Echinoderm, Bryozoan, spicule and Algae (Fasciella) fragments. Microsparitic and dolomitic matrix. Dissolution affects fragments derived from Bryozoan bindstones. Open marine, within storm wave action. Nek 3 borehole, Late Serpukhovian, core 5, sample 557,50m, X 12,5.*

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 3

## Microfaciès 5 (MFCB 5)

**Fig. 1** - Packstone, bioturbé, à Echinodermes altérés (voir flèche E), grains micritisés et terriers (voir flèches T) remplis de dolopackstone à microbioclastes (Crinoïdes, Bryozoaires) et microbrèches plurimillimétriques constituées de mudstone. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 3, Serpukhovien supérieur, carotte 6, éch. 573,50m, X 12,5.

*Bioturbated packstone, with pitted Echinoderms (arrow E) and micritized grains. Burrows (arrow T) filled by dolopackstone with microbioclasts (Crinoids, Bryozoans) and plurimillimetric mudstone microbreccias. Open marine, within storm wave action. Nek 3 borehole, Late Serpukhovian, core 6, sample 573,50m, 12,5.*

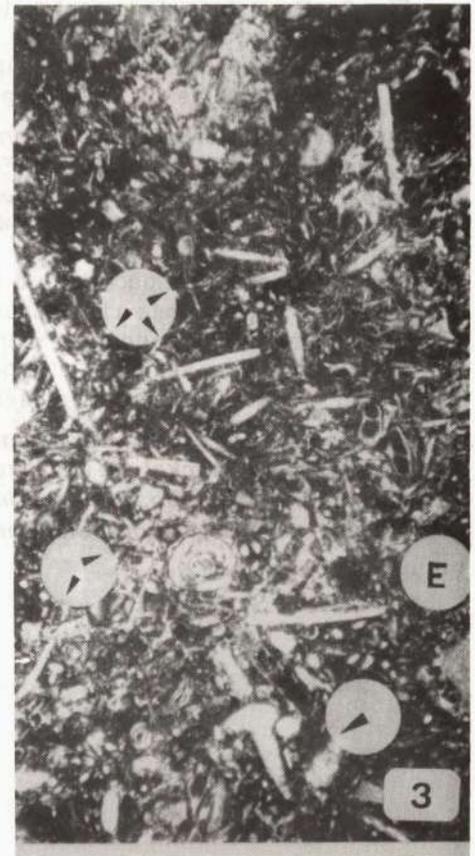
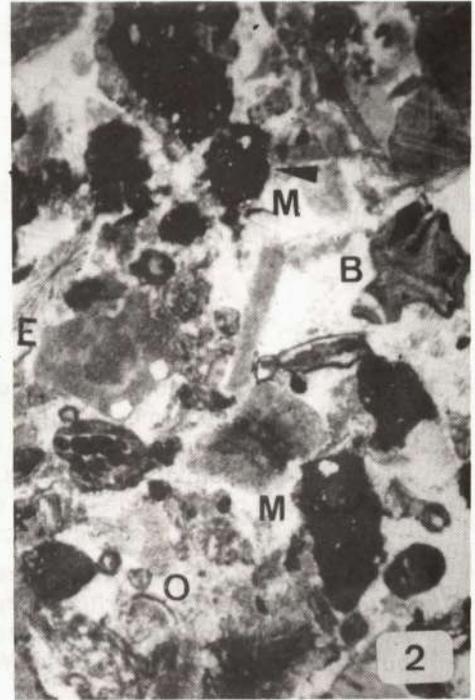
**Fig. 2** - Grainstone à Echinodermes (voir E), Bryozoaires (voir B), Ostracodes (voir O) et microbrèches (voir M) sombres à bioclastes rares, fins et microtubules (voir flèche). Encroûtement asymétrique de certains Bryozoaires et présence d'oxydes de fer dans les zoécies. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 3, Serpukhovien supérieur, carotte 6, éch. 563m, X 12,5.

*Grainstone with Echinoderms (E), Bryozoans (B), Ostracods (O), and dark microbreccias (M) that yield rare bioclasts and some microtubes (arrow). Asymmetrical encrustations on some Bryozoans, Iron oxides in zooecia. Open marine, within storm wave action. Nek 3 borehole, Late Serpukhovian, core 6, sample 563m, X 12,5.*

**Fig. 3** - Packstone, bioturbé, à spicules (voir flèches) en place associées à des Echinodermes (voir E), Foraminifères, Bryozoaires, Algues (*Fasciella*), microbrèches et péloïdes. La matrice est une micrite/microsparite à spicules. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Sondage Nek 3, Bashkirien inférieur, carotte 5, éch. 546,50m, X 12,5.

*Bioturbated packstone with associated spicules (arrows), Echinoderms (E), Foraminifers, Bryozoans, Algae (Fasciella), microbreccias and peloids. Matrix, a spicular micrite/microsparite. Open marine within storm wave action. Nek 3 borehole, Early Bashkirian, core 5, sample 546,50m, X 12,5.*

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 4

## Microfaciès 6 a et 6 b (MFCB 6a - MFCB 6b)

**Fig. 1** - Dolowackestone-packstone recristallisé, bioturbé, à bioclastes de petite taille oolithisés: Echinodermes altérés, Bryozoaires micritisés (voir flèche). Présence de grains micritisés, microbrèches et d'oxydes de fer dans les zoécies et les fragments de Crinoïdes. Microfaciès MFCB 6a. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 3, Serpukhovien supérieur, carotte 8, éch. 598m, X 12,5.

*Recrystallized, dolomitized wackestone/packstone with oolitic small bioclasts. Pitted Echinoderms, micritized Bryozoans (arrow). Micritized grains, microbreccias, Iron oxides in zooecia. Microfacies MFCB 6a. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 3 borehole, Late Serpukhovian, core 8, sample 598m, X 12,5.*

**Fig. 2** - Grainstone, fortement bioturbé, à bioclastes d'Echinodermes et Bryozoaires. Présence d'oxydes de fer dans les zoécies. Microfaciès MFCB 6b. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 3, Bashkirien inférieur, carotte 3, éch. 499,50m, X 12,5.

*Intensively bioturbated grainstone with Echinoderm and Bryozoan bioclasts. Iron oxides in zooecia. Microfacies MFCB 6b. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 3 borehole, Early Bashkirian, core 3, sample 499,50m, X 12,5.*

**Fig. 3** - Wackestone-packstone à Echinodermes et Bryozoaires. La figure montre le passage d'une encrinite à laminations obliques à un packstone à Bryozoaires encroûtés associés à des Echinodermes. Microfaciès MFCB 6b. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 3, Bashkirien inférieur, carotte 4, éch. 532,30m, X 12,5.

*Echinoderm-Bryozoan wackestone-packstone. Transition between cross-laminated encrinite and a packstone with encrusted Bryozoans associated with Echinoderms. Microfacies MFCB 6b. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 3 borehole, Early Bashkirian, core 4, sample 532,30m, X 12,5.*

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 5

### Microfaciès 6c (MFCB 6c)

**Fig. 1** - Wackestone, bioturbé, à Foraminifères (*Bradyina*, Palaeotextulariidés, *Endothyra*, Fusulinidés), Echinodermes, Algues vertes (voir flèches) (*Parakamaena*, *Donezella*). Présence de microbrèches dolomitiques. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 12, éch. 1328,50m, X 12,5.

**Bioturbated wackestone, with Foraminifers (*Bradyina*, Palaeotextulariidae, *Endothyra*, Fusulinidae), Echinoderms and green Algae (*Parakamaena*, *Donezella*, see arrows). Dolomitic microbreccias. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 12, sample 1328,50m, X 12,5.**

**Fig. 2** - Dolopackstone, bioturbé, à ossicles d'Echinodermes de taille millimétrique à centimétrique, disposées en stratifications entrecroisées. Les Crinoïdes montrent des variations granulométriques et présentent des contacts suturés liés à la stylolisation. La matrice microsparitique est dolomitisée. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 3, Serpukhovien supérieur, carotte 8, éch. 600,30m, X 12,5.

**Bioturbated dolopackstone. Cross-laminated millimetric to centimetric Crinoid ossicles. Important granulometric variations. Intense pressure-solution with stylolitic sutured contacts. Dolomitized microsparitic matrix. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 3 borehole, Late Serpukhovian, core 8, sample 600,30m, X 12,5.**

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 6

### Microfaciès 7a (MFCB 7a)

**Fig. 1** - Packstone, bioturbé, à sections circulaires à ovales de Coraux (Tabulés) et Foraminifères (Endothyridés). La dissolution affecte les Coraux. La matrice est microspartitique à péloïdique. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 8, éch. 1257,50m, X 12,5.

*Bioturbated packstone with axial and oblique sections through Tabulate Corals and Foraminifers (Endothyridae). Corallites often dissolved. Microspartic pelloid matrix. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 8, sample 1257,50m, X 12,5.*

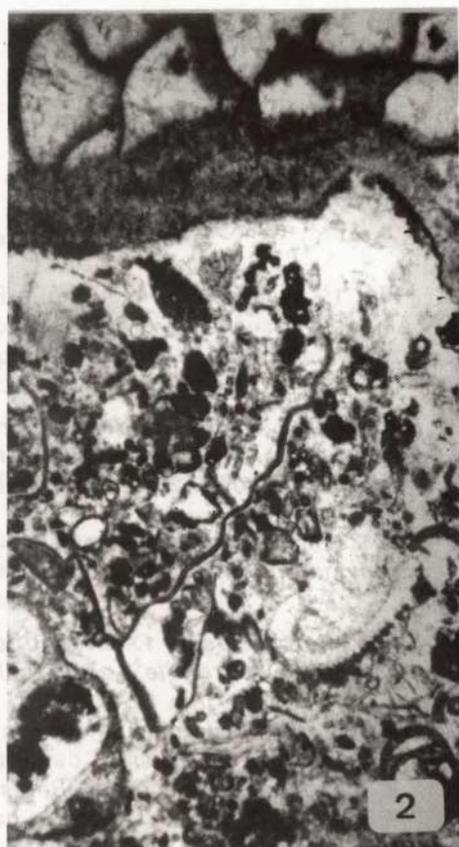
**Fig. 2** - même microfaciès que la figure 1. Les Coraux et les Foraminifères sont représentés respectivement par des Tétracoralliaires et *Bradyina*. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 7, éch. 1246,50m, X 12,5.

*Microfacies similar to 1. Tetracorals and Bradyina. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 7, sample 1246,50m, X 12,5.*

**Fig. 3** - même microfaciès que la figure 1. La figure laisse apparaître une coupe longitudinale de Tabulé et de grandes sections de *Bradyina*. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 7, éch. 1258,5m, X 12,5.

*Microfacies similar to 1. Longitudinal section through a Tabulate Coral and oblique through stout Bradyina. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 7, sample 1258,5m, X 12,5.*

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 7

## Microfaciès 7b (MFCB 7b)

**Fig. 1** - Wackestone, bioturbé, à Foraminifères (grande *Bradyina*), Gastéropodes, et Algues. Présence de grains encroûtés et micritisés. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 7, 1233,50m, X 12,5.

***Bioturbated wackestone with Foraminifers (big Bradyina), Gastropods and Algae. Coated and micritized grains. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 7, sample 1233,50m, X 12,5.***

**Fig. 2** - même microfaciès que la figure 1. Les Foraminifères sont représentés par des *Bradyina* et des *Palaeotextulariidae*. Sondage Nek. 2, Bashkirien supérieur, carotte 7, éch. 1249m, X 12,5.

***Same microfacies as 1. Foraminifers are Bradyina and Palaeotextulariidae. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 7, sample 1249m, X 12,5.***

**Fig. 3** - même microfaciès que les figures 1 et 2. Les Foraminifères sont représentés par de grandes sections de *Bradyina* associées à de petites *Biseriella* et à une microflore composée de *Beresella* et *Donezella*. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 6, éch. 1212m, X 12,5.

***Same microfacies as 1. Foraminifers represented by big sections of Bradyina associated with small Biseriella. Microflora of Beresella and Donezella. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 6, sample 1212m, X 12,5.***

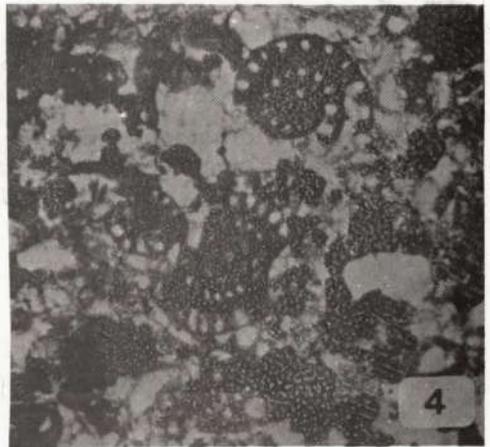
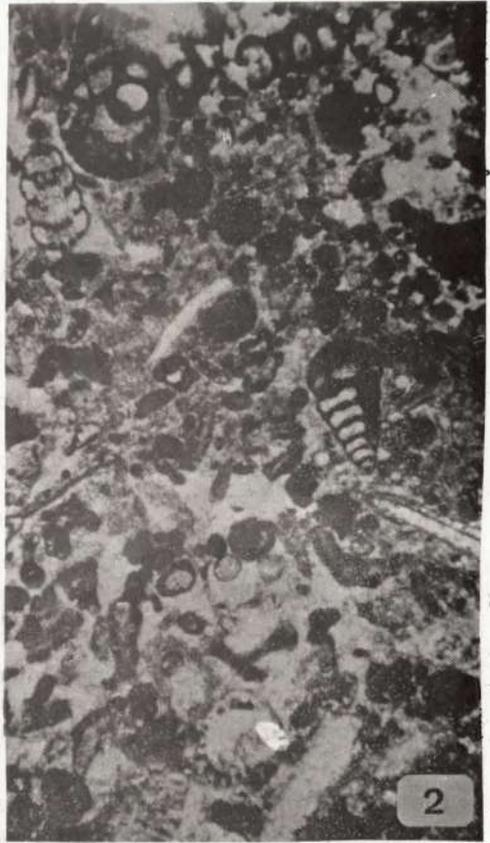
**Fig. 4** - Packstone à Foraminifères (*Fusulinidae*) localement dissous. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 10, éch. 1306m, X 40.

***Foraminiferal packstone with partly dissolved Fusulinidae. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 10, sample 1306m, X 40.***

**Fig. 5** - Packstone à Foraminifères partiellement dissous (*Fusulinidae*, *Palaeotextulariidae*), *Tuberitinae*, et *stylolites*. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes et à proximité de la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 4, éch. 1181,75m, X 40.

***Foraminiferal packstone with partly dissolved Fusulinidae, Palaeotextulariidae and Tuberitinae. Sutured contacts. Open marine within storm wave action, but near fairweather wave base. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 4, sample 1181,75m, X 40.***

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 8

## Microfaciès 8a (MFCB 8a)

**Fig. 1** - Bafflestone/grainstone à *Ungdarella* et grains micritisés. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 8, éch. 1253m, X 12,5.

***Ungdarella bafflestone/grainstone with micritized grains. Open marine, in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 8, sample 1253m, X 12,5.***

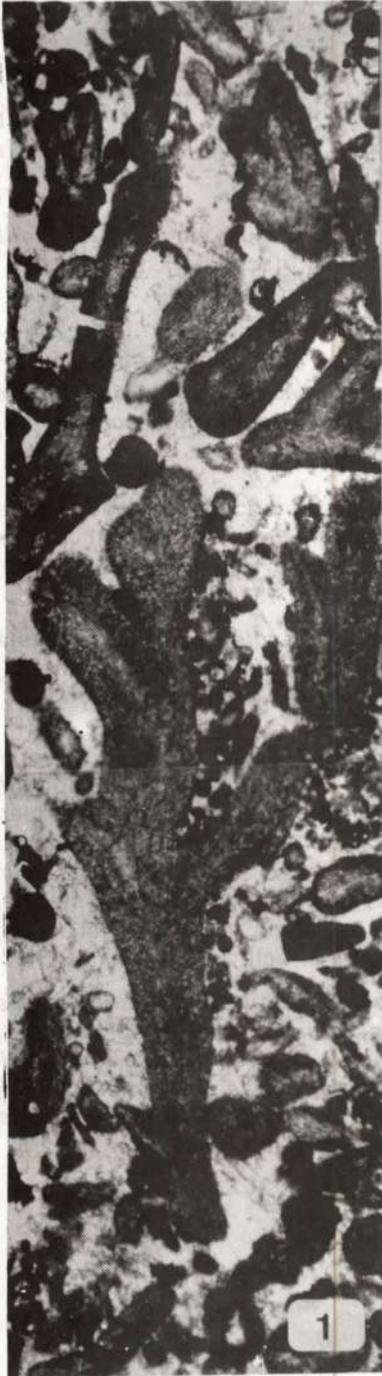
**Fig. 2** - Bafflestone/packstone, bioturbé, à *Ungdarella* en laminations obliques et entrecroisées. Abondants microjoints de pression-dissolution. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 10, éch. 1296m, X 12,5.

***Bioturbated Ungdarella bafflestone-packstone, with some oblique cross laminations. Pressure solution, sutured joints. Open marine in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 10, sample 1296m, X 12,5.***

**Fig. 3** - Rudstone, fortement bioturbé, à *Ungdarella* et Foraminifères (Endothyridés) coupé par un hardground. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 3, éch. 1172,50m, X 12,5.

***Extensively bioturbated, Ungdarella-Foraminifer (Endothyridae) rudstone, cut by a hardground. Open marine, in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 3, sample 1172,50m, X 12,5.***

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 9

## Microfaciès 8c et 9 (MFCB 8c - MFCB 9)

**Fig. 1** - Packstone/bafflestone microsparitique, bioturbé, à Algues vertes (*Donezella*, *Beresella*), Foraminifères (*Bradyina*), et Ostracodes. Microfaciès MFCB 8c. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 6, éch. 1212,50m, X 12,5.

**Microsparitic, bioturbated, green Algae (*Donezella*, *Beresella*), Foraminifers (*Bradyina*) and Ostracod packstone/bafflestone. Microfacies MFCB 8c. Open marine, in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 6, sample 1212,50m, X 12,5.**

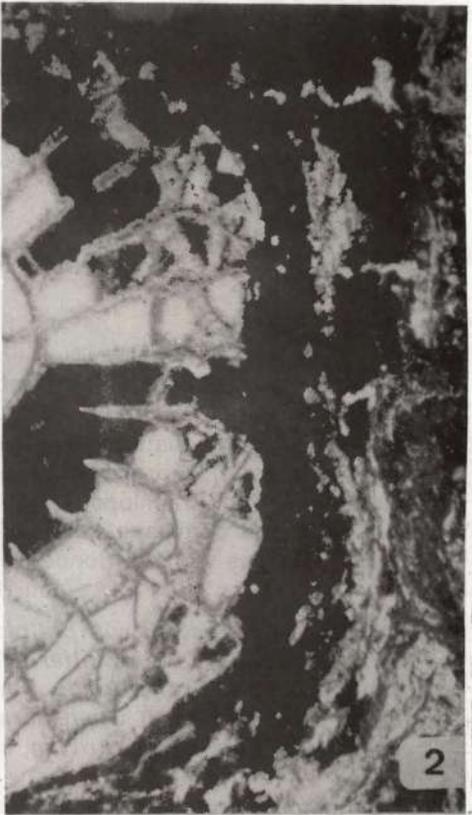
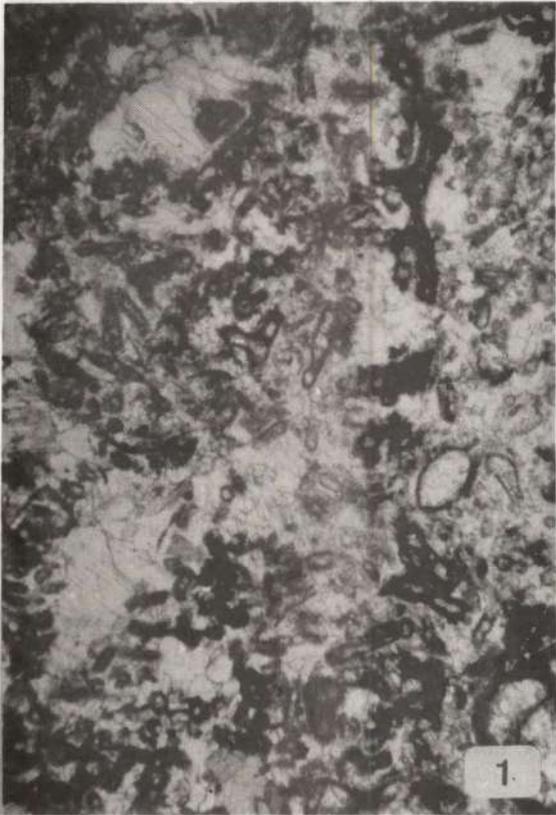
**Fig. 2** - Section circulaire d'un Tétracoralliaire encroûté de manière asymétrique par *Fasciella* et *Claracrusta*. Le cortex de l'oncoïde présente des fenestrae filiformes. Microfaciès MFCB 9. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Bashkirien inférieur, carotte 13, éch. 1349,50m, X 12,5.

**Axial section of asymmetrically encrusted Tetracoral by *Fasciella* and *Claracrusta*. Filiform fenestrae in the cortex. Microfacies MFCB 9. Open marine, in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Early Bashkirian, core 13, sample 1349,50m, X 12,5.**

**Fig. 3** - Grainstone à oncolithes et bioclastes variés (Echinodermes, Brachiopodes, Gastéropodes, Bryozoaires, Trilobites). Les oncoïdes ovoïdes, aplaties, asymétriques, plurimillimétriques, se composent d'un nucléus bioclastique (Bryozoaires ou organismes dissous) et d'un cortex micritique épais discontinu composé de *Fasciella*, *Claracrusta* associées à des fenestrae filiformes. Présence de microbrèche à spicules dissous. Microfaciès MFCB 9 Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 3, Bashkirien inférieur, carotte 3, éch. 507,50m, X 12,5.

**Oncolite and bioclast grainstone (Echinoderms, Brachiopods, Gastropods, Bryozoans, Trilobites). Flattened ovoid, asymmetrical, plurimillimetric oncoids with bioclastic nuclei (Bryozoans, dissolved fossils) and thick, discontinuous micritic cortex formed by *Fasciella*, *Claracrusta* and filiform fenestrae. Few microbreccia with dissolved sponge spicules. Microfacies MFCB 9. Open marine, in the fairweather wave zone. Nek 3 borehole, Early Bashkirian, core 3, sample 507,50m, X 12,5.**

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 10

### Microfaciès 10 et 12 a (MFCB 10 – MFCB 12 a)

**Fig. 1** - Wackestone, bioturbé, à péloïdes, Algues (Stachéines, *Fasciella*, Epimastopore, *Pseudodonezella*), Foraminifères (*Endothyranopsis*, *Tetrataxis*, *Archæodiscus*), Echinodermes, et Brachiopodes. Présence de microbrèches sombres à bioclastes fins et de cavités de dissolution. Microfaciès MFCB 10. Milieu marin situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Serpukhovien supérieur, carotte 14, éch. 1395,50m, X 12,5.

**Bioturbated wackestone with pelloids, Algae (Stacheins, Fasciella, Epimastoporids, Pseudodonezella), Foraminifers (Endothyranopsis, Tetrataxis, Archæodiscus), Echinoderms and Brachiopods. Dark microbreccia with fine bioclasts and solution cavities. Microfacies 10. Open marine, in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Late Serpukhovian, core 14, sample 1395,50m, X 12,5.**

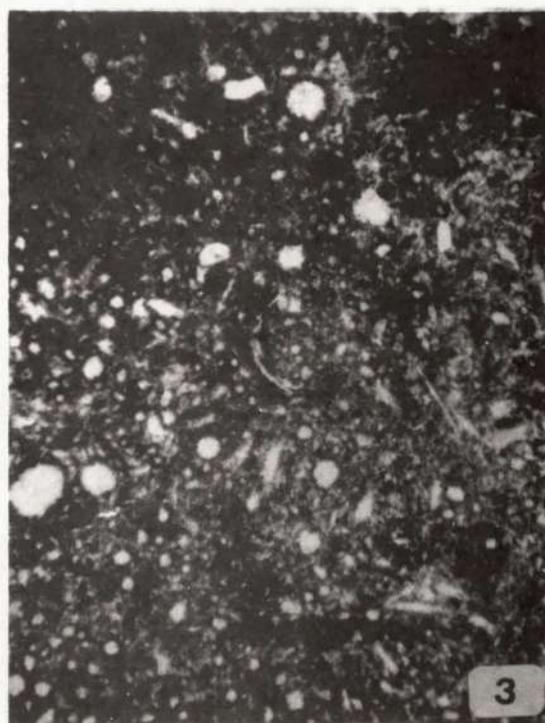
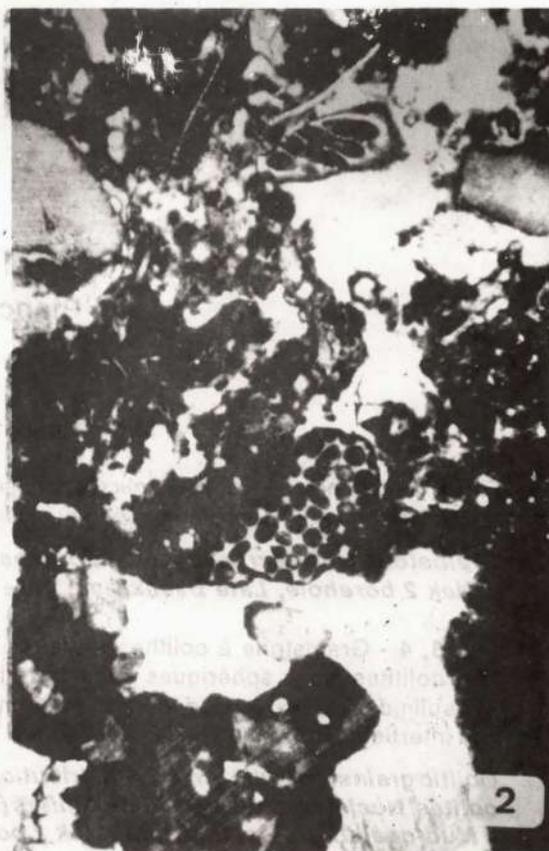
**Fig. 2** - même microfaciès que la figure 1. La matrice est micritique, péloïde. Microfaciès MFCB 10. Milieu marin situé dans la zone d'action des vagues. Sondage Nek 2, Serpukhovien supérieur, carotte 14, éch. 1399,50m, X 12,5.

**Same microfacies as fig.1. Pelloid, micritic matrix. Microfacies 10. Open marine in the fairweather wave zone. Nek 2 borehole, Late Serpukhovian, core 14, sample 1399,50m, X 12,5.**

**Fig. 3** - Wackestone à kystes algaires (Calcisphères) associées à des spicules. La matrice micritique est constituée de microspar très fin péloïde. Microfaciès MFCB 12a. Milieu supratidal. Sondage Nek 2, Bashkirien inférieur, carotte 13, éch. 1344,50m, X 12,5.

**Wackestone with abundant Algal kysts (Calcispheres) and spicules. Pelloid fine microspar matrix. Microfacies MFCB 12a. Supratidal. Nek 2 borehole, Early Bashkirian, core 13, sample 1344,50m, X 12,5.**

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 11

## Microfaciès 11 (MFCB 11)

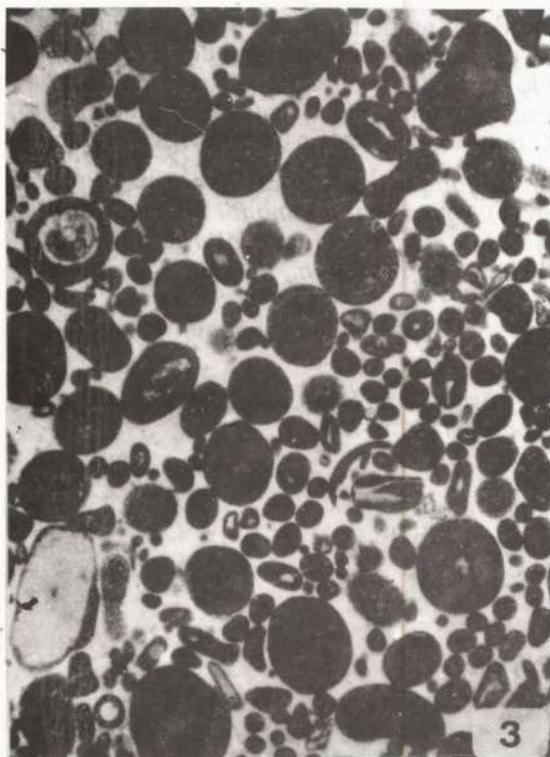
**Fig. 1, 2** - Grainstone à oolithes microsparitisées coupé par un hardground. Milieu intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 3, éch. 1170,50m, 1169,50m, X 12,5.

***Grainstone with recrystallized (microspar) oolites, cut by a hardground. Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 3, sample 1170,50m, 1169,50m, X 12,5.***

**Fig. 3, 4** - Grainstone à oolithes radiaires bimodales associées à des Echinodermes. Les oolithes sont sphériques radiaires, le nucléus est composé de Foraminifères (Fusulinidés), Gastéropodes, Echinodermes. Présence de grains micritisés. Milieu intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 8, éch. 1261m, X43.

***Oolitic grainstone with bimodal distribution. Scattered Echinoderms. Radial spherical oolites. Nuclei composed of Foraminifers (Fusulinids), Gastropods and Echinoderms. Mud-coated grains. Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 8, sample 1261m, X 43.***

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 12

## Microfaciès 11 (MFCB 11)

**Fig. 1** - Oolithes affectées par les processus de dissolution vadose. Ciment équant. Intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien inférieur, carotte 13, éch. 1350,50m, X 12,5.

*Oolite with vadose dissolution. Equant cement. Intertidal. Nek 2 borehole, Early Bashkirian, core 13, sample 1350,50m, X 12,5.*

**Fig. 2** - Oolithes dissoutes, certaines sont micritiques ou microsparitisées, regroupées en agrégats, eux-mêmes oolithisés. Intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 7, éch. 1233m, X 12,5.

*Disolved oolites. Micritization and microsparitization. Some oolites form agregates (grapestones), that are further oolithized. Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 7, sample 1233m, X 12,5.*

**Fig. 3** - Ciment fibreux (voir flèches) à la périphérie des oolithes, appuyé par un ciment syntaxial autour d'un fragment d'Echinoderme (voir flèche). Intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 8, éch. 1260,5m, X 12,5.

*Fibrous cement (arrows) around oolites. Syntaxial cement around an Echinoderm fragment (arrow). Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 8, sample 1260,5m, X 12,5.*

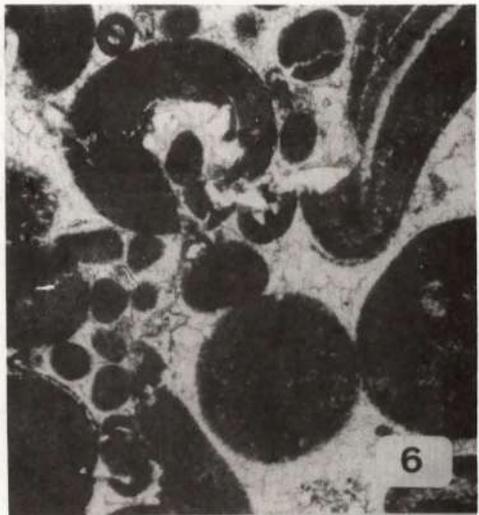
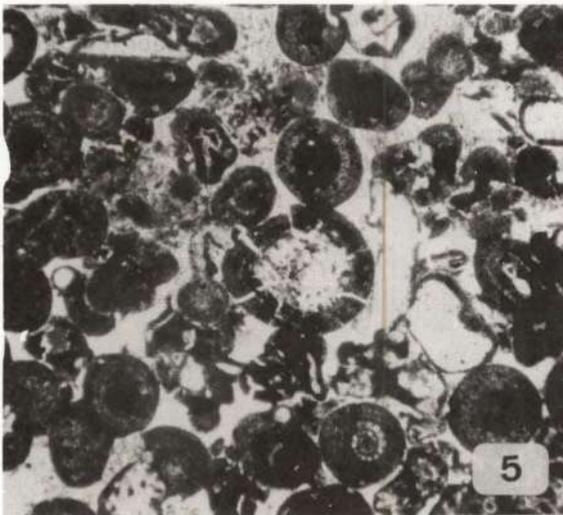
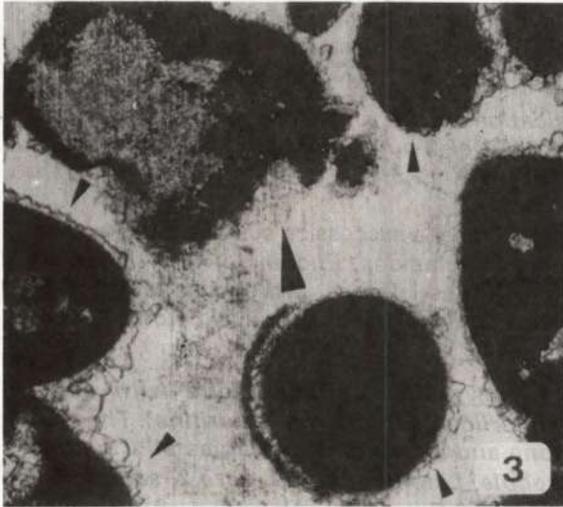
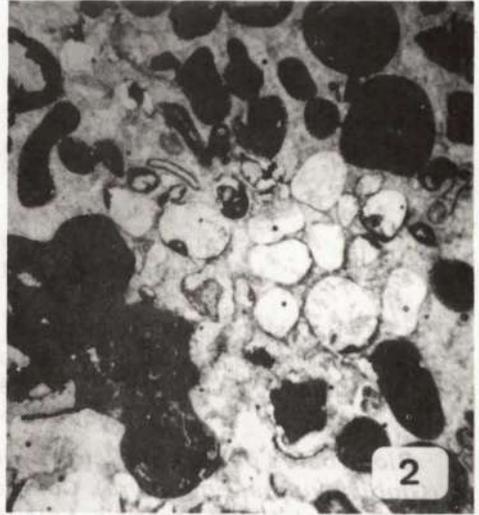
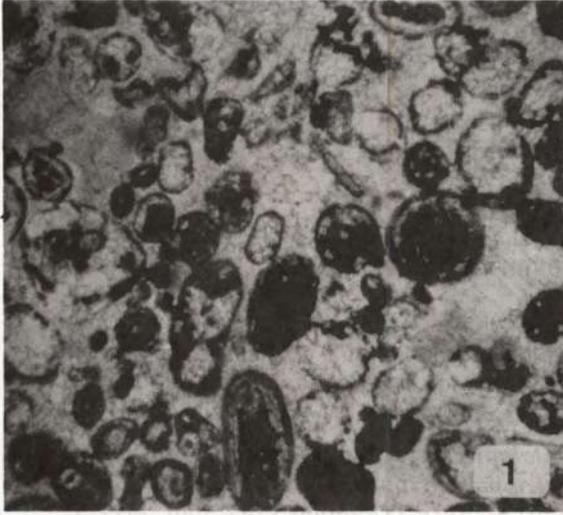
**Fig. 4, 6** - Phénomènes de dissolution se marquent par la présence de fines couches de calcite sparitique dans le cortex (Fig.4,6), présence d'un ciment équant (Fig.4, voir flèche) et de microbuissons bactériens (Fig.4). Distribution bimodale des oolithes, infiltration de petites oolithes dans une grande oolithe (Fig.6). Intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 8, éch. 1261m, X 12,5.

*Diverse dissolution phenomena, thin, continuous cement layers in cortex (4,6), bacterial crust (4), equant cement (4, arrow). Grains have bimodal distribution. Infiltration of small oolites in the dissolved big oolite (6, center). Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 8, sample 1261m, X 12,5.*

**Fig. 5** - Oolithe " éclatée ". Intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 10, éch. 1303m, X 12,5.

*Oolitic grainstone with an oolite with burst cortex. Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 10, sample 1303m, X 12,5.*

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



## Planche 13

## Microfaciès 12 a et 12 b (MFCB 12a - MFCB 12b)

**Fig. 1** - Packstone péloïde, bioturbé, à Calcisphères et rares Foraminifères de petite taille (*Globivalvulina*, *Endothyra*). La matrice est constituée de microspar grossier. Microfaciès MFCB 12a. Milieu intertidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 7, éch. 1247,50m, X 12,5.

*Bioturbated pelloid packstone with Calcispheres and rare small Foraminifers (Globivalvulina, Endothyra). Coarse microsparitic matrix. Microfacies MFCB 12a. Intertidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 7, sample 1247,50m, X 12,5.*

**Fig. 2** - Packstone microsparitique à péloïdes, veinules de dessiccation, microfentrae et nodules. Microfaciès MFCB 12a. Milieu intertidal-supratidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 6, éch. 1211m, X 12,5.

*Microsparitic, pelloid packstone with desiccation cracks, small fenestrae and nodules. Microfacies MFCB 12 a. Intertidal-supratidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 6, sample 1211m, X 12,5.*

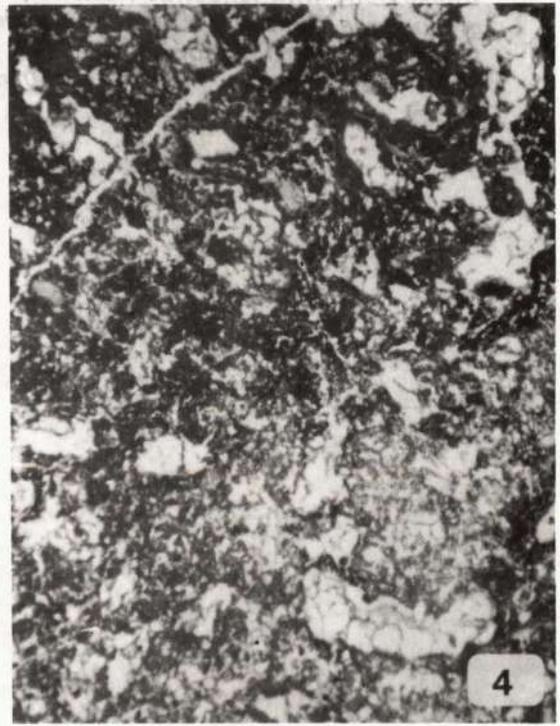
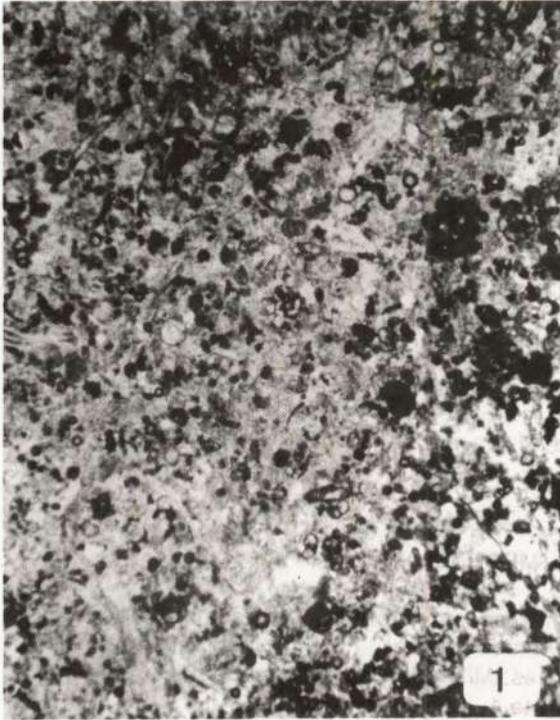
**Fig. 3** - cette figure montre de la gauche vers la droite la succession suivante: wackestone recristallisé à microfossiles (*Bradyina*, Palaeotextulariidés, *Endothyra*, *Tuberitina*), un hardground sur lequel s'installe un bindstone et des loferites. Microfaciès MFCB 12b. Milieu intertidal puis supratidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 2, éch. 1153,50m, X 12,5.

*Succession of 3 facies. To the left, recrystallized wackestone with some marinemicrofossils (Bradyina, Palaeotextulariidae, Endothyra, Tuberitina). Then, an erosional feature followed by a bindstone and loferites. Microfacies MFCB 12b. Intertidal, then supratidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 2, sample 1153,50m, X 12,5.*

**Fig. 4** - Wackestone à péloïdes nombreux et fenestrae de type loferites. Microfaciès MFCB 12b. Milieu intertidal-supratidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 2, éch. 1154m, X 12,5.

*Pelloid wackestone, with numerous fenestrae (loferites). Microfacies MFCB 12b. Intertidal-supratidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 2, sample 1154m, X 12,5.*

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



**Planche 14****Microfaciès 12b (MFCB 12b)**

**Fig. 1 -** Wackestone à abondants fenestrae en réseaux (loferites). La fraction biogène est représentée par des Algues (*Donezella* abondante), Foraminifères (grandes *Bradyina*) et quelques fragments d'Echinodermes. Milieu intertidal-supratidal. Sondage Nek 2, Moscovien inférieur, carotte 1, éch. 1101m, X 12,5.

***Wackestone with fenestrae (loferite), some forming a regular network. Abundant green Algae (Donezella) . Scarce Foraminifer (Bradyina) and Echinoderm transported fragments. Intertidal-supratidal. Nek 2 borehole, Early Moscovian, core 1, sample 1101m, X 12,5.***

MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)



**Planche 15****Microfaciès 13 (MFCB 13)**

**Fig. 1 - Mudstone bréchique (dissolution). Milieu supratidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 11, éch. 1315m, X12,5.**

***Brecciated mudstone (dissolution). Fragments extensively corroded. Supratidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 11, sample 1315m, X 12,5.***

**Fig. 2 - Dolomudstone, bioturbé, localement silteux à bioclastes rares. Milieu supratidal. Sondage Nek 2, Bashkirien supérieur, carotte 11, éch. 1316m, X 12,5.**

***Bioturbated dolomudstone, locally silty and with scarce bioclasts. Supratidal. Nek 2 borehole, Late Bashkirian, core 11, sample 1316m, X 12,5.***

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE MARIN (SERPUKHOVIEN-MOSCOVIEN INFÉRIEUR)

