

# MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)

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

---

## RÉSUMÉ

L'étude pétrographique du Carbonifère du bassin de Reggane permet de reconnaître 12 microfaciès allant du domaine marin situé sous la zone d'action des tempêtes jusqu'au milieu continental, et de décrire les caractéristiques pétrographiques des modifications pédogénétiques bien développées dans les faciès supratidaux restreints et continentaux. Le modèle proposé est celui d'une rampe homoclinale, mixte, grés-marno-calcaire, perturbée par de nombreuses tempestites.

**Mots-Clés** - Microfaciès - Rampe mixte - Tempestites - Pédogenèse - Carbonifère - Reggane - Algérie.

## MICROFACIES AND SEDIMENTARY MODEL, MARINE CARBONIFEROUS, REGGANE BASIN (CENTRAL SAHARA, ALGERIA)

### ABSTRACT

The petrographical study enables of Reggane basin Carboniferous recognition of 12 microfacies ranging from open marine below storm wave action to supratidal with continental influx, and to describe the petrographic characteristics of pedogenetic modifications well developed in restricted supratidal and continental facies. The proposed model is that of a homoclinal ramp marl-sandstone-limestone interrupted by numerous tempestites.

**Key words** - Microfacies - Mixed ramp - Tempestites - Pedogenesis - Carboniferous - Reggane - Algeria.

---

\* Université de Boumerdès, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie, Département de Géologie, Avenue de l'Indépendance, 35000 Boumerdès, Algérie.

\*\* Université Libre de Bruxelles, Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, CP160/02, 50 avenue F.D. Roosevelt, B 1050 Bruxelles, Belgique.

\*\*\* Université de Montréal, Dépt. de Géologie, C.P.6128, Montréal, H3C 3J7, Canada.

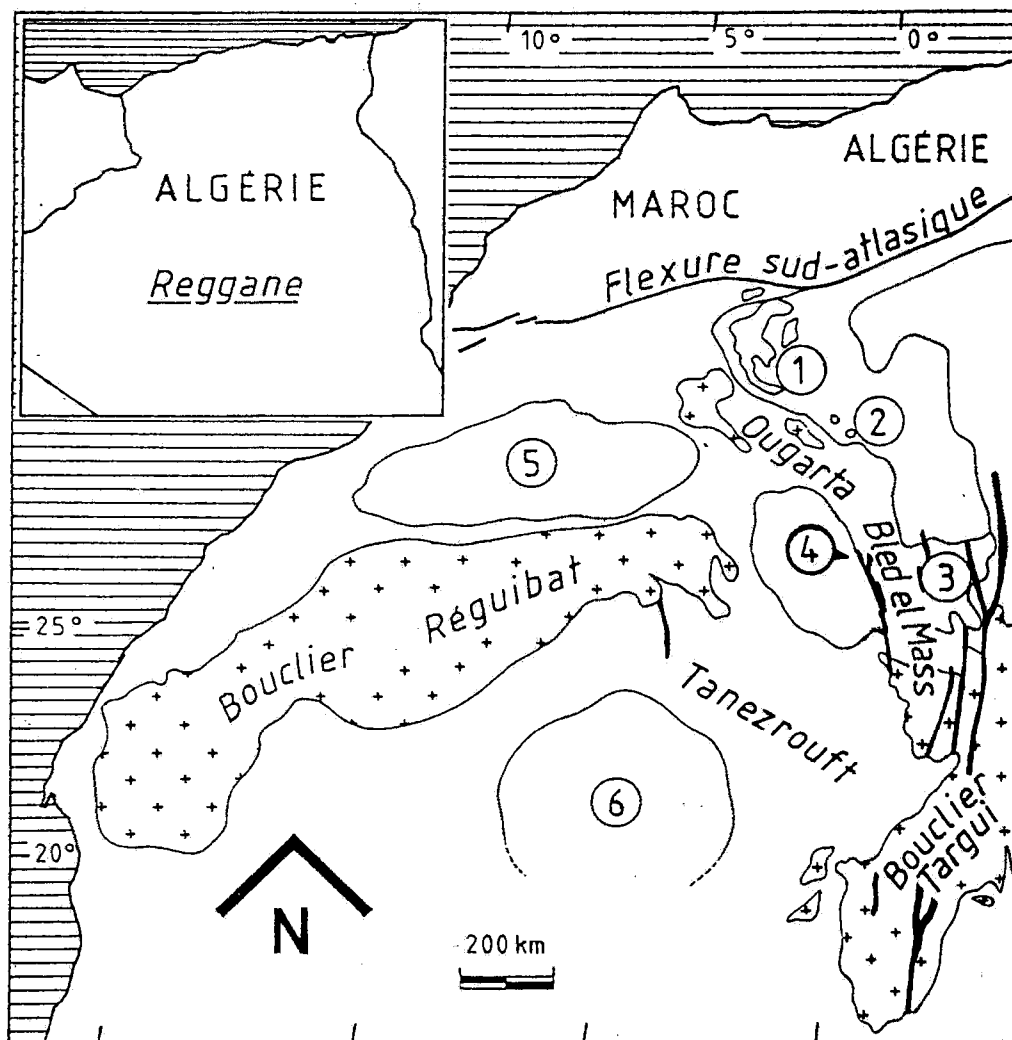
\*\*\*\* Université des Sciences et Technologie Houari Boumédiène, Institut des Sciences de la Terre, B.P. n° 32 El Alia Bab Ezzouar, Alger 16110, Algérie.

- Manuscrit déposé 20 Mai 1999, accepté après révision le 12 Septembre 1999.

## I - INTRODUCTION

Cette note constitue une étude des paléoenvironnements du Carbonifère marin du bassin de Reggane. Elle est réalisée à partir de l'étude pétrographique d'une collection de 575 lames minces de trois coupes (Hassi Taïbine, Tilkatine, Mouilah) levées par la S.N. Repal en 1957. Nous commencerons par l'analyse des micro-faciès et tenterons de les intégrer dans un modèle sédimentaire. Rappelons que le bassin de Reggane

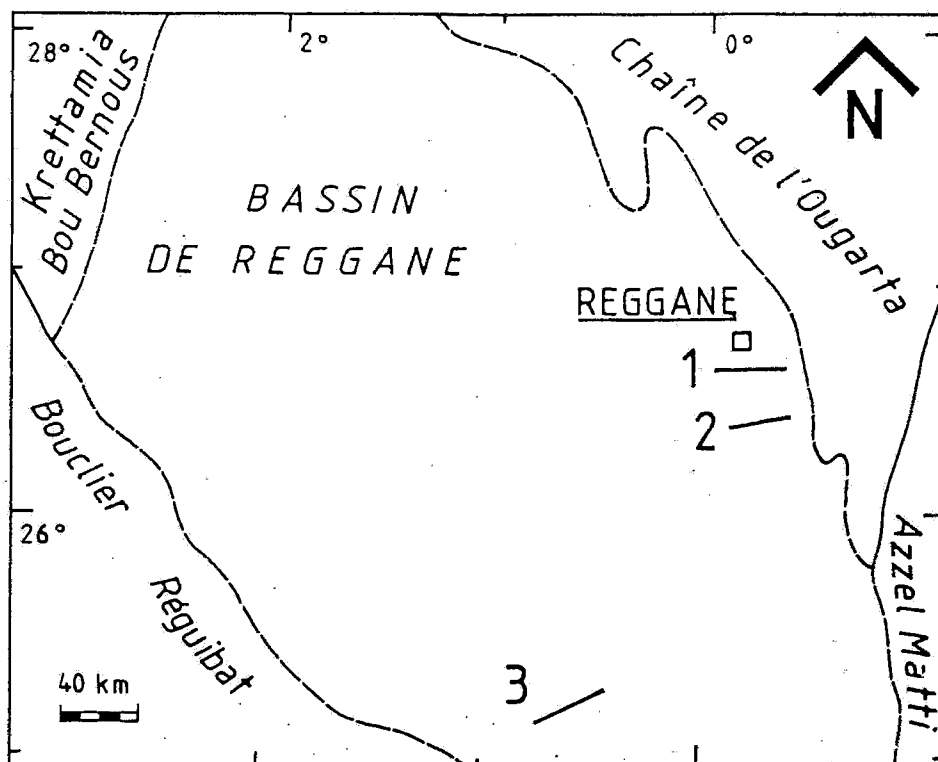
est l'une des synéclises du domaine cratonique. Cette synéclise, fortement dissymétrique, est orientée sensiblement nord ouest-sud est. Elle est limitée au Nord par la bordure méridionale de la chaîne de l'Ougarta, à l'Ouest par l'ensellement de Kréttamia Bou Bernous, à l'Est par le flanc occidental de l'ensellement d'Azzel Matti, et au Sud par le massif cristallin précambrien des Eglab (Bouclier Réguibat) (fig. 1, 2). Les coupes de Hassi Taïbine et de Tilkatine se



1 - Béchar, 2 - Timimoun, 3 - Ahnet, 4 - Reggane, 5 - Tindouf, 6 - Taoudenni, V Failles (Faults), ++ Socle, Basement

Fig. 1 - Localisations géographique et géologique du bassin de Reggane

*Geographic and geologic locations of the Reggane basin*



1 - Coupe de Hassi Taibine (*Hassi Taibine section*), 2 - Coupe de Tilkatine (*Tilkatine section*), 3 - Coupe de Mouilah (*Mouilah section*)

Fig. 2 - Situation des coupes

#### Geographic location of sections

situent sur la bordure du bassin de Reggane, sur les reliefs jalonnant la limite avec l'Ahnet occidental dont ils représentent le flanc ouest. La coupe de Mouilah constitue le témoin carbonifère le plus méridional de la dépression. La série comporte huit formations (Conrad, 1984) qui s'inscrivent dans trois grands cycles (1: Tournaisien, 2: Viséen, 3: Serpukhovien-Moscovien), régis par l'interférence de facteurs tectoniques et eustatiques.

Nous avons déjà pour ce même bassin présenté un inventaire détaillé des Algues calcaires et des Foraminifères benthiques, établi une échelle biostratigraphique à partir des biozones à Foraminifères de B. Mamet (1974) corrélées aux assemblages de M. Lys (1986) et de R.

Conil (1990) et fixé dans ses grandes lignes le cadre géologique (Sebbar, 1998).

## II - MICROFACIÈS ET PALEOENVIRONNEMENTS

### 1 - Contexte général

L'étude pétrographique des affleurements carbonifères du bassin de Reggane permet de reconnaître une séquence de douze microfaciès majeurs ("MFCR" pour Microfaciès du Carbonifère de Reggane) allant du domaine marin sous la zone d'action des tempêtes jusqu'aux milieux supratidaux de plus en plus restreints à continentaux. Elle montre l'influence des événements de tempêtes et présente, de nombreux niveaux

lumachelliques ou bioclastiques interstratifiés, observés à l'échelle microscopique, dans les faciès mudstones à grainstones des milieux de mer franche.

Cette séquence se situe dans un système de rampe mixte grés-marno-calcaire de faible pente.

M. Legrand-Blain (1985) a défini exclusivement pour les gisements à Brachiopodes une séquence partielle pour l'ensemble de la plateforme saharienne (bassins de Tindouf, Béchar, Reggane, Illizi, Mouydir, Ahnet, Gourara) composée de quatorze familles de microfaciès nommées GBCS (Gisements à Brachiopodes du Carbonifère saharien). Sept microfaciès ont été identifiés dans le bassin de Reggane (GBCS 1, 4, 8, 9, 10, 11 et 12). Nous avons pu les corrélérer à nos microfaciès (MFCR), à l'exception des faciès GBCS 4 et GBCS 12 qui n'ont pas été observés dans les échantillons dont nous disposons:

- GBCS 4: wackestones-packstones à organismes variés (Brachiopodes entiers, Echinodermes, Bryozoaires, Coraux, Foraminifères et petits Gastéropodes) et semble affecté d'une diagenèse vadose. Il a été reconnu localement dans la Formation des Gypses de Taïbine, accompagnant une lumachelle à *Titanaria* (Brachiopode, Productacé): niveau-repère pour le Serpukhovien terminal du Sahara occidental et septentrional.

- GBCS 12: lumachelles (packstones) de Brachiopodes, Echinodermes et Foraminifères. Les Algues sont absentes.

Nous donnons successivement pour chaque microfaciès (de MFCR 1 à MFCR 12) la description des éléments figurés et des structures, l'interprétation en termes de paléoenvironnements et la correspondance éventuelle dans la séquence de M. Legrand-Blain (1985).

## 2 - Description et interprétation des microfaciès

### *Microfaciès de milieu marin ouvert situé sous ou à proximité de la zone d'action des tempêtes*

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

Description : marnes silteuses, parfois dolomitiques, bioturbées. La proportion de grains quartzeux varie de 20 à 30 %, leurs formes sont anguleuses et leurs dimensions comprises entre 1 et 10  $\mu\text{m}$ . Les bioclastes sont absents ou rares ( $\leq 2\%$ ), et représentés par de petits fragments de Mollusques, Brachiopodes, Bryozoaires, Echinodermes et Ostracodes. Une stratification oblique soulignée par des oxydes de fer est souvent présente. Vu son extrême finesse le faciès n'est pas illustré photographiquement.

#### *Microfaciès 2 (MFCR 2) (Pl.1, fig.1,3)*

Description : silts ou grès fins à moyens, parfois dolomités, souvent laminaires, fortement bioturbés, à bioclastes rares. La lamination est généralement plane à légèrement ondulée, parfois oblique ou entrecroisée, soulignée par des oxydes, des paillettes de micas ou des plagioclases. Elle résulte de l'alternance de lamines épaisses ( $< 10\text{ mm}$ ) riches en grains de quartz et d'interlamines inframillimétriques riches en silts et en oxydes de fer. Le passage lamine-interlamine est peu net. Les éléments détritiques sont principalement constitués de grains de quartz de forme subanguleuse à subarrondie et de dimensions comprises entre 50 et 250  $\mu\text{m}$ , associés à des paillettes de micas (en particulier la muscovite, 5-7 %), à des plagioclases (1-3 %) et à de la chlorite ( $\leq 1\%$ ). Le ciment est varié, carbonaté, argileux, siliceux, ferrugineux ou dolomitique.

La fraction biogène, peu représentée (2-5%), est composée de petits bioclastes d'Echinodermes, Bryozoaires, Brachiopodes, Foraminifères (Archaeodiscidés remaniés, Endothyridés) et Ostracodes. Les nombreux phénomènes de bioturbation se présentent sous forme de figures mal définies (structures tourbillonnaires) et de terriers fermés remplis de sédiment ferrugineux silto-micacé parfois associé à des microbrèches de mudstones argilo-silteux / micacés ou ferrugineux. Ce microfaciès contient parfois des débris phosphatés.

#### Interprétation des MFCR 1 et MFCR 2

La présence d'une faune marine diversifiée mais peu abondante et la fréquence des terriers indiquent un milieu marin ouvert, turbide. Le milieu de dépôt est de faible énergie, situé sous la zone d'action des vagues, à proximité de la base de la zone d'action des tempêtes. L'absence d'Algues suggère que le milieu est soit situé sous la zone photique, soit dans une zone très turbide. L'abondance de figures de bioturbation liées à l'activité d'une importante faune endobenthique indique un taux de sédimentation faible (Howard, 1975). Enfin, la sédimentation est épisodiquement interrompue par des tempestites distales (Aigner, 1985; Prétat et Kasimi, 1995) à l'origine d'une structure laminaire à partir de détritiques quartzeux.

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

##### *Microfaciès 3 (MFCR 3) (Pl.1, fig.2)*

**Description** : mudstones et wackestones silto-gréseux, bioturbés à bioclastes fins et rares, parfois dolomités, composés d'Echinodermes, de Brachiopodes et de petits Foraminifères transportés. La fraction terrigène est constituée de 30% de grains de quartz. Quelques terriers et niveaux bioclastiques épais ( $\leq 10$  mm) riches

en organismes variés, entiers et de grande taille (Brachiopodes...) s'observent également.

#### Interprétation

Le milieu est de même type que précédemment, à savoir marin ouvert comme en témoigne la nature des bioclastes. Il est cependant soumis à l'action de tempêtes plus importantes. L'épaisseur des unités interstratifiées et la taille de leurs fossiles évoquent les caractéristiques des tempestites proximales (Aigner, 1985; Prétat et Kasimi, 1995) ramenant d'une rampe ou d'une plate-forme moins profonde des bioclastes variés.

Le sédiment MFCR 3 est équivalent au microfaciès GBCS 1 (mudstones silto-ferrugineux à Brachiopodes...) décrit par M. Legrand-Blain (1985).

#### *Microfaciès 4 (MFCR 4)*

Wackestones, packstones et grainstones silto-gréseux à bioclastes variés. Selon la proportion relative des principaux constituants, deux lithotypes sont observés, l'un à Echinodermes (MFCR 4a), l'autre à Brachiopodes (MFCR 4b).

##### *MFCR 4 a (Pl.2, fig.1-2; Pl.3, fig.5)*

**Description** : wackestones, packstones et grainstones silto-gréseux, bioturbés, à bioclastes variés (10 à 40%) riches en Echinodermes (5 à 7%) de grandes tailles associés à de grands fragments de Brachiopodes (3 à 5%), de Foraminifères (Endothyridés en particulier, Archaeodiscidés, *Tetartaxis*, *Eostaffella*, *Pseudostaffella*, Palaeotextulariidés, Bisériamminidés, Lasiodiscidés, *Earlandia*) auxquels s'ajoutent quelques Bryozoaires bien conservés, Ostracodes, Coraux, Mollusques, Trilobites, Algues rouges recristallisées (Stachéines) et vertes remaniées.

Le sédiment renferme localement des péloïdes (25 à 30%), de rares microbrèches (< 1%) et quelques oolïthes radiaires ( $\leq 5\%$ ) parfois ferrugineuses. La fraction terrigène est constituée de grains de quartz (10 à 30%) mal classés, anguleux, de dimensions variant entre 200 et 300 $\mu\text{m}$ , de micas et de feldspaths (< 1%). Le sédiment montre des laminations planes, ondulées ou obliques, soulignées par des éléments biogènes, des oxydes de fer ou par des péloïdes.

Des niveaux bioclastiques épais (> 10mm), plus gréseux, composés d'éléments de grande taille (Echinodermes, Brachiopodes) et de péloïdes, sont interstratifiés de passées inframillimétriques à microbioclastes. Un léger granoclasement est parfois observé dans ces passées épaisses.

La bioturbation est fréquente dans la coupe de Hassi Taïbine. Elle se traduit par des figures tourbillonnaires dispersant les *Earlandia* en tous sens.

#### *MFCR 4 b (non figuré)*

**Description** : wackestones, packstones et grainstones silto-gréseux, bioturbés, à bioclastes variés (15 à 20%) riches en Brachiopodes de grande taille à épines (10 à 15%) sous forme de passées épaisses ( $\geq 10$  mm). Des Echinodermes, Bryozoaires, Foraminifères (Archæadiscidés), Mollusques et Ostracodes sont également associés à ces niveaux. La fraction terrigène est constituée de grains de quartz anguleux (15 à 30%). Présence de quelques microbrèches de mudstones argileux.

#### Interprétation des MFCR 4

La présence et la conservation de fossiles (Bryozoaires), suggèrent un environnement calme, situé sous la zone d'action des vagues. La fréquence des passées bioclastiques épaisses à organismes de grande taille et le granoclas-

ement indiquent la présence de la zone d'action des tempêtes, en domaine plus proximal que précédemment. L'énergie est modérée et occasionnellement forte. Les Algues rouges situent l'environnement dans la zone dysphotique.

Le sédiment MFCR 4 est peut-être équivalent au microfaciès GBCS 5 (Legrand-Blain, 1985): wackestones gréseux à Brachiopodes, Algues et Foraminifères.

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

#### *Microfaciès 5 (MFCR 5)*

Wackestones, packstones et grainstones à bioclastes variés.

Selon la texture et la proportion relative des principaux bioclastes, trois lithotypes peuvent être définis:

- MFCR 5a : wackestones et packstones } à Echinodermes, Foraminifères associés à de grands Brachiopodes.
- MFCR 5b: grainstones
- MFCR 5c: packstones et grainstones à Bryozoaires et Echinodermes.

#### *MFCR 5a (Pl.3, fig.1)*

**Description** : wackestones et packstones, bioturbés, laminaires, à bioclastes variés (20 à 30%), dominés par des Echinodermes et par de grands fragments de Brachiopodes à épines partiellement micritisées. Les Foraminifères sont abondants et diversifiés (Endothyridés, Archæadiscidés, *Tetrataxis*, *Eostaffella*, Palæotextulariidés, Bisériamminidés, *Bradyina*). La microflore algale est bien représentée, avec des Algues rouges (*Stachéines*, *Ungdarella*, *Fasciella*) et vertes (Palæobéréselles). Quelques Mollusques,

Ostracodes, Trilobites et Bryozoaires sont également présents. Un léger encroûtement des bioclastes par des Algues (Stachéines) est observé. Les microbrèches sont absentes ou rares, et les grains micritisés abondants (30%). La lamination, parfois masquée par la bioturbation, montre des niveaux épais (1 à 2cm) riches en coquilles de grande taille (Brachiopodes) disposées en lamines obliques.

La fraction terrigène est quartzreuse et ne dépasse pas 5%. Le sédiment renferme parfois de rares pseudomorphoses de sulfates et des fractures remplies de calcédoine.

#### MFCR 5b

(Pl.3, fig.2-4; Pl.4, fig.1-4; Pl.5, fig.1-4)

*Description* : grainstones à bioclastes variés, encrinites dolomitiques. Les organismes (20 à 40%) sont dominés par les Echinodermes (20%) et les Foraminifères (Endothyridés, Archæidiscidés, *Tetrataxis*, *Eostaffella*, Palæotextulariidés, *Valvulinella*, Bisériamminidés, Lasiidiscidés, *Pseudostaffella*, grandes *Bradyina*). Ils sont associés à de grands fragments de Brachiopodes constituant parfois des niveaux lumachelliques. La microflore algale est riche, diversifiée, représentée par des Algues rouges (Stachéines, *Fasciella*, *Ungdarella*) et vertes (*Issinella*, *Pseudoveleitella*, *Exvotarissella*, *Pseudokamaena*, *Kamaena*, *Calcifolium*). Quelques Ostracodes, Mollusques, Trilobites, Coraux et Bryozoaires sont reconnus. Une tendance à l'encroûtement par les Algues rouges et une forte micritisation des organismes sont observées.

Les microbrèches constituées de mudstones silto-micacés sont rares (1%), de forme anguleuse, de taille variant entre 1 mm et 5mm de longueur. De rares oolithes (5%), oncolithes et terriers (<1%) s'observent parfois à côté d'abondants grains micritisés (15%). Le sédiment renferme des laminations planes ou entrecroisées soulignées

par des oxydes et des niveaux bioclastiques épais (5mm) d'Echinodermes, de Brachiopodes de grande taille et de passées inframillimétriques de petits fragments d'Echinodermes, Brachiopodes, Bryozoaires, associés à des péloïdes.

La fraction terrigène est composée de grains de quartz (<5%) anguleux. La cimentation syntaxiale est toujours bien développée.

#### MFCR 5c (Pl.6, fig.2-3)

*Description* : packstones et grainstones à bioclastes (20 à 30%) dominés par les Bryozoaires et les Echinodermes de grande taille souvent micritisés. Les Foraminifères sont rares (<1%) représentés par de petits Archæidiscidés, des Endothyridés et des Bisériamminidés. La microflore algale est composée de Stachéines, *Ungdarella*, *Exvotarissella*, *Kamaena*. Quelques Mollusques, Brachiopodes et Trilobites sont également présents. Comme pour les faciès précédents (MFCR 5a et 5b), le sédiment montre des grains légèrement oolithisés. Les oolithes bien formées sont rares ( $\leq 5\%$ ), et associées à des microbrèches, dont la taille varie entre 1 et 5mm, constituées de marnes ferrugineuses silteuses ou de wackestones à Echinodermes et oolithes.

Des niveaux bioclastiques, interstratifiés, disposés en laminations obliques ou parfois entrecroisées, sont composés de passées épaisses (>10mm) riches en fragments de grande taille (Bryozoaires, Brachiopodes, Echinodermes) et de minces passées (5 mm) de débris coquilliers plus fins. La fraction terrigène (5%) est représentée par des grains de quartz subanguleux à arrondis.

Les microfaciès MFCR 5b et 5c se distinguent du 5a par la présence de nombreuses «cavités» de forme variée remplies de micrite. Elles sont liées à la disposition des bioclastes: les coquilles de grande taille jouent le rôle d'ombrelles et surmontent ces cavités géopètes.

### Interprétation des MFCR 5

L'abondance des Echinodermes témoigne de la proximité des prairies à Crinoïdes. La micritisation importante des bioclastes disposés en stratifications entrecroisées indique un environnement subtidal peu profond d'énergie relativement élevée associé à des courants de directions variées. L'association des Crinoïdes et des Algues traduit le brassage de différentes communautés en milieu marin ouvert. Les biocénoses alimentant ce sédiment devaient ainsi se composer d'une part de prairies à Crinoïdes, et d'autre part, de prairies ou bancs à Algues.

La conservation des fossiles, les processus d'oolithisation, la micritisation des bioclastes, et l'abondance des Echinodermes, indiquent que le dépôt est situé à proximité de la zone d'action des vagues de beau temps (Rat et Amiot, 1979) dans des aires d'accumulation de débris des prairies à Crinoïdes.

La diminution importante des phénomènes de bioturbation suggère un taux de sédimentation élevé. La présence d'Algues vertes situe ce milieu dans la zone euphotique. Enfin, les microséquences du MFCR 5c soulignent la présence de tempêtes proximales (éléments grossiers) et de tempêtes distales (éléments fins), Aigner (1985).

Le lithotype MFCR 5c est équivalent au faciès GBCS 11 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones à Bryozoaires et Echinodermes.

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

##### *Microfaciès 6 (MFCR 6)*

Packstones, grainstones et bafflestones à Algues.

Selon la proportion relative des principaux groupes algaires encroûtantes (*Ungdarella*, Stachéines), deux lithotypes peuvent être définis:

- MFCR 6a: packstones, grainstones et bafflestones à Algues rouges (Algues rouges perforées, *Ungdarella*) et à Foraminifères.

- MFCR 6b: grainstones à Algues rouges (Stachéines) et à Foraminifères.

##### *MFCR 6a (Pl.7, fig.2).*

Description: packstones, grainstones et bafflestones à Algues rouges perforées (30%), *Ungdarella*, associées à des Stachéines et à *Fasciella*. Les perforations microendolithiques sur les Rhodophycées sont semblables à celles rapportées dans une série stratigraphique équivalente du bassin de Béchar (Sebbar et Mamet, 1996). Egalement, présence de bioclastes variés (>25%) micritisés, composés de Crinoïdes, Brachiopodes, Coraux et Mollusques. Les Chlorophycées sont rares. Les Foraminifères sont abondants et diversifiés, avec des Endothyridés, *Eostaffella*, Palaeotextulariidés, *Ozawainella*, Archæadiscidés, *Bradyina* et *Pseudostaffella*, au côté de grains micritisés (25%) et de rares oolithes (<1%).

Les processus de bioturbation sont bien développés. La distribution des fossiles montre parfois un granoclassement normal.

##### *MFCR 6b*

*(Pl.6, fig.1,4; Pl.7, fig.3)*

Description: grainstones à bioclastes variés (25 à 30%), micritisés, encroûtés, parfois oolithisés, et légèrement arrondis. La microflore est abondante, dominée par des Algues rouges encroûtantes (Stachéines) associées à *Ungdarella* et à des Algues rouges perforées. Les encroûtements algaires amorcent des oncolithes. Des Chlorophycées (*Exvotarisella*, *Kamaena*, *Calcifolium*), Foraminifères (*Tetrataxis*, Endothyridés, grandes *Bradyina*, *Eostaffella*, Palaeotextulariidés, *Ozawainella*, petits Archæadiscidés), Echinodermes, Brachiopodes, Mollusques, Bryozoaires, Ostracodes et Coraux sont également présents. Les organismes sont



mal classés et présentent parfois une disposition en stratifications obliques ou entrecroisées. Les processus de bioturbation sont localement bien développés. La fraction terrigène est représentée par quelques grains de quartz ( $\leq 3\%$ ), associés à de rares microbrèches ( $<1\%$ ) et occasionnellement à des péloïdes.

#### Interprétation des MFCR 6

La diversité et l'abondance de la macrofaune, des Foraminifères, de la microflore algale, et l'importance des processus de micritisation, situent ces faciès dans la zone d'action des vagues. L'agitation est temporairement ralentie, comme en témoignent l'intense bioturbation et l'encroûtement d'organismes par les Algues, caractéristiques de taux de sédimentation généralement faibles (Préat et Mamet, 1989). La bioturbation est sans doute à l'origine d'une partie des péloïdes par fragmentation des encroûtements algaires.

L'abondance des Algues et leur accumulation suggèrent un démantèlement sur place de bafflestones ou de buttes algaires.

Nous avons comparé les calcaires MFCR 6 a et MFCR 6 b aux faciès GBCS 8 et GBCS 9 (Legrand-Blain, 1985) caractérisés respectivement par des bafflestones algaires (*Donezellides*, *Calcifolium*, *Fasciella*) associés à des Foraminifères et par des packstones-grainstones à Algues et Foraminifères.

#### *Microfaciès 7 (MFCR 7)* (Pl.7, fig.1,4-5; Pl.8, fig.1)

**Description** : packstones et grainstones, dolomitiques, à bioclastes (15 à 30%) bien arrondis, oolithisés, parfois micritisés, disposés en stratifications entrecroisées. Ils sont dominés par les Bryozoaires et les Echinodermes, associés à des Brachiopodes à épines, des Foraminifères généralement de petite taille (Endothyridés, Archaedisidés, Palaeotextulariidés, *Eostaffella*, Bisériam-

minidés) et à quelques Ostracodes, Mollusques et Algues (*Stachéines*, *Ungdarella*, *Issinella*). De rares microbrèches constituées de mudstones silteux, ferrugineux, des grains de quartz subarrondis (1%) servant de nuclei aux oolithes sont également observées. Une oolithisation d'agrégats d'oolithes est parfois présente. Certaines oolithes sont partiellement ou totalement dissoutes (coupe de Mouilah, éch. 24891, 24892, Serpukhovien supérieur, biozone 19 de Mamet, 1974).

#### Interprétation

L'abondance des bioclastes roulés, disposés en stratifications entrecroisées indique un environnement subtidal peu profond à agitation relativement élevée et permanente comme en témoigne également la présence des microbrèches. Ces oolithes sont remaniées, issues de MFCR 8, dissoutes, et interprétées comme des oolithes originellement en aragonite. Cette observation est particulièrement significative dans le contexte de cette étude, car elle est en bon accord avec la distribution de l'aragonite dans les mers paléozoïques (Wilkinson *et al.*, 1984, 1985; Tucker, 1985). En effet la limite Mississippien/Pennsylvanien (=Serpukhovien/Bashkirien) se distingue par la prépondérance de l'aragonite, minéral fort instable sensible à la dissolution lors de la diagenèse (surtout en environnement météorique).

Ce microfaciès est équivalent au GBCS 10 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones à bioclastes variés; roulés, micritisés, disposés parfois en stratifications entrecroisées.

#### *Microfaciès des milieux intertidaux*

##### *Microfaciès 8 (MFCR 8)* (Pl.8, fig.2-3)

**Description** : grainstones à oolithes radiaires et à bioclastes. Les oolithes sont de petite taille (150 à 300 $\mu$ m), sphériques à ovales et de structure fibroradiaire bien développée. Le nucléus,

souvent constitué d'un grain de quartz ou d'un petit bioclaste, est entouré soit d'une seule couche de calcite (le nucléus est alors d'un diamètre important), soit de plusieurs couches. Certaines oolithes sont micritisées. La fraction biogène est représentée par des Echinodermes, des Mollusques, des Brachiopodes, associés à des Foraminifères (Archaeodiscidés, Endothyridés), des Coraux et des Bryozoaires. La microflore algale est également présente. Quelques microbrèches sont observées, et constituées de mudstones et de wackestones à bioclastes ou de grainstones à oolithes. Leur taille est de l'ordre de plusieurs dizaines à quelques centaines de microns. Des grains de quartz anguleux à subarrondis dont la proportion varie entre 7 et 10% sont présents. Des péloïdes et grains micritisés sont localement abondants, également présence de grandes cavités plurimillimétriques de dissolution.

Des niveaux bioclastiques interstratifiés, disposés en stratifications obliques en passées inframilimétriques de petits bioclastes, d'oolithes allongées et en passées plus épaisses ( $\leq 10\mu\text{m}$ ) de Mollusques, Brachiopodes, Echinodermes, associés à des grains de quartz et à des oolithes arrondies s'observent fréquemment.

L'absence d'oolithes dissoutes dans ce faciès est probablement liée à un échantillonnage insuffisant.

#### Interprétation

L'abondance des oolithes radiaires et des bioclastes témoigne de fortes énergies dans des milieux intertidaux. Le faciès est proche du:

- GBCS 14 (Legrand-Blain, 1985): packstones-grainstones oolithiques à laminations obliques et bioclastes variés,
- type n°7 (Wagner et Van der Togt, 1973): grainstones oolithiques du Golfe Persique mis en évidence dans les milieux lagunaires très peu profonds (< 3m) et de forte énergie.

La présence de niveaux bioclastiques épais interstratifiés traduit l'influence épisodique de tempêtes ou de fortes marées. La faible diversité de la microflore algale pourrait indiquer l'existence de conditions, au moins temporaires, d'hyper-salinité dans des milieux proches de l'émersion.

#### *Microfaciès des milieux supratidaux restreints*

##### *Microfaciès 9 (MFCR 9)*

Il s'agit de sédiments à textures variées, à bioclastes micritisés, oolithisés, à proto-oolithes, à pseudomorphoses de gypse, figures de dessiccation, structures fenestrées et laminations.

Trois lithotypes sont présents:

- MFCR 9a: packstones et grainstones à bioclastes oolithisés, copeaux de dessiccation, fenestrae et pseudomorphoses de gypse.
- MFCR 9b1: dolomudstone laminaire,
- MFCR 9b2: mudstones gréseux à microbioclastes micritisés.

##### *MFCR 9a (Pl.8, fig.4)*

Description: packstones et grainstones dolomités à copeaux anguleux de dessiccation ( $\leq 5\text{mm}$ ). Les bioclastes (30 à 50%) sont faiblement diversifiés, fortement oolithisés et difficiles à identifier. Ils sont associés à des proto-oolithes micritisées, arrondies à ovales. Des concentrations locales de péloïdes (10%), de grains de quartz, de fenestrae et de pseudomorphoses de sulfates, sont présentes. Ce faciès est caractérisé par la présence de nombreuses cavités de dissolution.

#### Interprétation

Les microbrèches représentées par des copeaux de dessiccation, formées pendant les phases d'émersion, sont entraînées dans les faciès bioclastiques à la suite d'inondations périodiques

d'une plaine littorale. La faible diversité des bioclastes, l'abondance des proto-oolithes témoignent de l'existence temporaire de conditions d'hypersalinité dans ces milieux supratidaux (Préat et Mamet, 1989). Le milieu de sédimentation de ce faciès se situe à la limite des domaines marin et continental, des zones intertidale et supratidale régulièrement exondées.

### MFCR 9b

Ce faciès riche en microspar calcitique, parfois dolomitique, est représenté par deux variétés:

#### MFCR 9b1 (Pl.9, fig.1-3)

*Description* : laminites ou alternance centimétrique irrégulière de couplets de "mudstone-packstone" à péloïdes et débris algaires constitués de:

- lamines de dolomudstone peu épaisses (0,5mm) sombres. Les lamines sont discontinues, ondulantes, parfois mal conservées, à fins débris algaires. Elles se distinguent par de fins films de matière organique ou de grains encroûtés;
- lamines de packstone épaisses (1,7mm) riches en grains de quartz de différente taille et en petits nodules micritiques.

La structure laminaire est occasionnellement perturbée par des phénomènes de bioturbation, par la présence de contacts érosifs, et par des intercalations silto-gréseuses très minces. Les variations latérales d'épaisseur entraînent parfois la disparition d'un des deux termes sur quelques millimètres d'épaisseur.

Présence de nombreuses proto-oolithes et de microtubules algaires, mal conservés suite à la microsparitisation. Les copeaux de dessiccation, silto-gréseux, sont partiellement constitués de laminites. Les tapis algaires laissent apparaître des fenestreae irréguliers (Grover *et al.*, 1978).

Les traces de pédogenèse ne sont pas rares, et se traduisent par la présence de glaebules inframillimétriques.

### MFCR 9b2

(Pl.10, fig.1-4; Pl.11, fig.1-3)

*Description* : mudstones gréseux, bioturbés, à microbioclastes micritisés où abondent de fins Ostracodes. Présence de nodules de pseudomorphoses d'évaporites, d'une texture alvéolaire souvent difficile à distinguer en raison de la microsparite, de figures de dessiccation et de fenestreae. Ce faciès est caractérisé par l'abondance de microcavités de taille et de forme variées entourées d'un cortex micritique.

### Interprétation des MFCR 9b

La présence de laminites, des figures de dessiccation, des structures pédogénétiques témoignent d'une exposition subaérienne. Ces données situent le microfaciès MFCR 9b dans un environnement supratidal supérieur proche de la sebkha. Les cavités observées dans ce microfaciès sont comparables aux structures des calcaires carbonifères du Derbyshire, interprétées comme des encroûtements micritiques de racines (Adams, 1991). Ces cavités sont également semblables aux rhizoconcretions décrites par C. Klappa (1978). Les calcaires laminaires de la coupe de Mouilah présentent des similitudes avec les sédiments algo-laminaires givétiens du bassin de Dinant (Belgique, France) décrits par F. Boulvain et A. Préat (1986), A. Préat et F. Boulvain (1986) et actuels de l'île d'Andros aux Bahamas (Hardie, 1977) et dans le Golfe Persique (Purser, 1980). Les analogies avec les laminites du bassin de Dinant et d'Andros se traduisent par une morphologie onduluse, la présence des péloïdes et des débris algaires. Elles sont également comparables aux laminites du Golfe Persique par l'existence de pseudomorphoses d'évaporites et d'une microflore rare (si l'on exclut les Cyanobactéries). Les microfaciès 9b1 et 9b2 semblent

respectivement proches des types 1 (Givétien inférieur, Préat et Boulvain, 1986) et 4 (Givétien supérieur, Boulvain et Préat, 1986).

Actuellement, dans l'île d'Andros, les faciès laminaires supratidaux restreints se forment par l'inondation périodique de la plaine littorale, suite au passage d'ouragans tropicaux. Des zones surélevées d'une trentaine de centimètres par rapport au niveau moyen des mers se trouvent couvertes d'un tapis algaire qui piège la fraction la plus fine des sédiments en suspension. L'importance de la dessiccation est favorisée par le faible développement des tapis algaires, suite à l'action destructrice des organismes broûteurs. Les copeaux de dessiccation représentent vraisemblablement des dépôts mis en place par des ouragans violents (Préat et Boulvain, 1986).

Les calcaires, sans laminations, du microfaciès 9b2 se rattachent aux mares intertidales (Hardie et Ginsburg, 1977), où contrairement à la variété précédente (9b1) l'exondation des milieux est plus faible, et a permis le développement d'une endofaune benthique (Mollusques) responsable de la destruction des tapis algaires et des laminations. Lors des inondations périodiques de la plaine littorale, les eaux abandonnent partiellement leur charge sableuse qui aboutit dans ces mares. Elle est mélangée aux autres constituants par l'action de la bioturbation (Préat et Boulvain, 1986).

Le faciès laminaire est donc sous le contrôle de tapis algaires piégeant les sédiments lors d'inondations périodiques de la plaine littorale. Il se met en place suite à un phénomène cyclique se répétant à intervalles suffisamment espacés pour permettre à la fois la dessiccation du sédiment et la cimentation des fentes de retrait. Chaque couplet est donc le résultat d'un phénomène élémentaire qui se déroule en deux phases bien distinctes (Préat, 1984).

La présence au Serpukhovien supérieur de calcaires laminaires semblables aux sédiments algo-laminaires actuels (l'île d'Andros et le

Golfe Persique) et de calcaires gréseux à gypse est liée au confinement du bassin. Ce dernier permet d'expliquer la présence des évaporites, l'appauvrissement de la faune, de la microflore d'Algues "squelettiques" et l'apparition d'abondantes structures fenestrées.

### *Microfaciès des milieux de sebkha*

#### *Microfaciès 10*

Mudstones à pseudomorphoses de gypse, figures de dessiccation et Ostracodes.

Deux lithotypes sont présents, l'un à Ostracodes (MFCR 10a), l'autre à pseudomorphoses de gypse (MFCR 10b).

#### MFCR 10a (non figuré)

*Description* : mudstones silto-gréseux, bioturbés à fins Ostracodes (10 à 20%). Présence de nombreux copeaux de dessiccation (10%) de dimensions variant entre 150 et 250µm, anguleux à subarrondis, silteux ou carbonatés, laminaires en stratifications planes ou entrecroisées, associés à des "buissons de bactéries", des lumps algaires, des glaebules (5%), et des nodules de pseudomorphoses d'évaporites. La fraction clastique est représentée par des grains de quartz (10%) et des cristaux automorphes, zonés de dolomite.

#### MFCR 10b (Pl. 12, fig. 1-4)

*Description* : siltites, dolomicrites silteuses, parfois bioturbées, à pseudomorphoses de gypse disposés en cristaux grossièrement hexagonaux soulignés par des oxydes de fer. Les bioclastes sont rares, représentés par des Ostracodes et par d'autres organismes difficiles à déterminer. Des figures de dessiccation, des copeaux finement lités constitués de siltites associés à des micas, des grains de quartz anguleux fins (10%) et des concentrations locales de pyrite, sont présents. Comme pour le microfaciès précédent (MFCR 9) la matière organique est bien présente.

### Interprétation des MFCR 10

Le milieu est très peu profond, supratidal restreint comme en témoignent la faible diversité des organismes, l'abondance des Ostracodes et la présence d'évaporites. Il est comparable aux sebkhas actuelles (Wagner et Van der Togt, 1973; Sellwood, 1978; Purser, 1980; Rouchy, 1986). Les bancs algaires intertidaux constituent une source importante de matière organique. Les faciès 9 et 10 montrent des analogies avec les tidalites carbonifères du Nouveau Mexique et de l'Arctique canadien (Armstrong, 1975), caractérisées par des laminations, des évaporites, des microbrèches, des figures de bioturbation, de la dessiccation, des fenestrae, et l'abondance des Ostracodes.

### *Milieus continentaux*

#### *Microfaciès 11 (MFCR 11) (non figuré)*

Description : grès rouges oolithiques. Présence d'une grande proportion de quartz fortement corrodés, associés à des feldspaths. Les oolithes de petite taille (250µm à 1mm) sont ferruginisées et leur structure fibro-radiale est difficile à distinguer.

### Interprétation

Ce faciès oolithique a été décrit en détail et interprété par J. Conrad (1984): il s'agit d'oolithes de petite taille (200µ à 1mm) entourées d'un cortex argileux. La forme de certaines de ces oolithes suggère qu'elles se sont développées à partir de tests d'Ostracodes lisses par évolution centripète du remplissage vaseux initial. Leur histoire semble avoir lieu à partir de l'altération des argiles riches en fer et de la pyrite présents dans la roche. Il y a libération du fer et mise en place du plasma ferrugineux qui cimente les grains de quartz et les oolithes. Dans tous les cas les grains de quartz connaissent une corrosion plus ou moins importante, elle implique une altération continentale (Conrad, 1984) sous des

latitudes intertropicales et traduit un phénomène pédologique. La sédimentation est entrecoupée de périodes d'émersion suffisamment longues permettant le développement d'altérites.

#### *Microfaciès 12 (MFCR 12) (non figuré)*

L'absence de plaques minces ne permet pas de décrire ce faciès. Cependant, il est bien représenté dans la Formation d'Ain ech Chebbi de la coupe de Hassi Taïbine (Sebbar, 1998), caractérisé par des alternances argiles/marnes, parfois gréseuses, des marno-calcaires, gris, verts, rouges, dépourvus de bioclastes. Nous les avons attribué au milieu continental vu l'absence complète de fossiles marins..

### III - MODELE BATHYMETRIQUE

La séquence des microfaciès carbonifères (fig. 3) met en évidence une sédimentation mixte gréso-marno calcaire composée de 12 microfaciès, depuis les milieux de mer ouverte situés sous la zone d'action des tempêtes jusqu'aux environnements continentaux. Le passage est assuré par des faciès supratidaux restreints, de sebkha, bien représentés dans la coupe de Hassi Taïbine.

La succession des 12 microfaciès (de 1 à 12) traduit une diminution de la bathymétrie, montre également l'importance de niveaux de tempêtes, et une faible représentation des milieux restreints. Cette séquence caractérise un système de rampe mixte où les bioconstructions étaient peu développées et rapidement démantelées par les processus hydrodynamiques. Les éléments démantelés ont ensuite constitué des accumulations suite aux différents courants (vagues, tempêtes). Les niveaux à Coraux (Lithostrotionidés) échantillonnés et étudiés par P. Semenov-Tian-Chansky (1974) n'ont apparemment pas été récoltés par la S.N.Repal (1957).
























La distribution des faciès est sous le contrôle des positions respectives des zones d'action de tempêtes et des vagues de beau temps (fig.4). 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 MFCR 1 et MFCR 2 *pro parte*,
- une zone de rampe médiane comprise entre la zone d'action des vagues de beau temps et la zone d'action des tempêtes, où les sédiments sont remaniés par les tempêtes distales (MFCR 2 *pro parte*) et proximales (MFCR 3 à MFCR 5). Les milieux dysphotique et euphotique caracté-

risés respectivement par l'apparition des Algues rouges et des Algues vertes se situent dans cette zone,

- une zone de rampe interne localisée dans la zone d'action des vagues de beau temps. Elle englobe en se rapprochant du littoral, les platiers d'Algues (MFCR 6), les sédiments d'avant-plage (MFCR 7, 8 et 9a) et une partie des dépôts de marais maritimes (MFCR 9b1).

L'absence de slumps, de turbidites et des organismes planctoniques, suggère que la sédimentation a principalement eu lieu dans le domaine superficiel peu profond de la rampe.

	Argiles-Marnes / silteuses et marno calcaires ( <i>Silty shales and marly limestone</i> )		Laminites		Bryozoaires ( <i>Bryozoans</i> )
	Calcaires ( <i>Limestones</i> )		Oolithes ( <i>Oolites</i> )		Ostracodes ( <i>Ostracods</i> )
	Calcaires gréseux ( <i>Sandy limestones</i> )		Péloïdes ( <i>Peloïdes</i> )		Foraminifères ( <i>Foraminifers</i> )
	Grès / silts ( <i>Sandstones / silstones</i> )		Fenestrae		Algues vertes ( <i>Green Algae</i> )
	Marnes silteuses ( <i>Silty marls</i> )		Bioclastes ( <i>Bioclasts</i> )		Algues rouges ( <i>Red Algae</i> )
	Sulfates ( <i>Sulfates</i> )		Crinoïdes ( <i>Crinoids</i> )		
	Laminations parallèles ( <i>Parallel laminations</i> )		Brachiopodes ( <i>Brachiopods</i> )		
	Laminations obliques ( <i>Oblique laminations</i> )				
	Laminations entrecroisées ( <i>Cross laminations</i> )				
	Fentes de dessiccation ( <i>Mudcracks</i> )				
	Bioturbation				

#### Microfaciès

GBCS = M. Legrand-Blain (1985), MFCR = Notre étude (*our analysis*)

M = Mudstones, W = Wackestones, P = Packstones, G = Grainstones, Ma. = Marnes, A = Argiles, biocl. = bioclastes, Ostr. = Ostracodes, Foram. = Foraminifères, Alg. = Algues, encroût. = encroûtantes, Brach. = Brachiopodes, Mod. = Modérée

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 A. Préat et R. Kasimi (1995) (*The bathymetric indications of the Z.A.T. and the Z.A.V.*) = In A. Preat et R. Kasimi (1995)

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

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)

BASSIN DE REGGANE (Carbonifère)					Bassin franco-belge (Dévonien)						
Legrand-Blain (1985)	notre étude		Description	Environnements		Préat et Mamer, 1989	Préat et Kasimi, 1990				
	MFCR12		Ma/A gréseuses, marno-calcaires	Zone euphotique	Marais maritimes	Continental					
	MFCR11		Grès rouges oolithiques								
	MF CR 10	10 b	Siltites/dolomicrites silteuses à gypse				Supratidal restreint Sebkhia	Faible	MF 13		
		10 a	M gréseux à Ostr. et dessic ation								
	MF CR 9	2	M gréseux à Ostracodes								
		1	Dolostones laminaires						MF 12	MF 10	
		9 a	P/G à biocl.oolithisés et dessic ation								
	MFCR 8		G à oolithes radiaires et bioclastes				Inter-tidal	Forte		MF 7	MF 8
GBCS 10	MFCR 7		P/G à bioclastes roulés				Foreshore ou Avant-plage				MF 6
GBCS 9	MF CR 6	6 b	G à Alg. rouges encroût. et Foram.				Platiers à Algues	Modérée	Z.A.V 20-25 m		MF 5
GBCS 8		6 a	P/G/bafflestones à Alg. rouges et Foram.								
GBCS 11		5 c	P/G à Bryozoaires et Echinodermes				Prairies à Crinoïdes	Forte			MF 4
	MF CR 5	5 b	P/G à Echinodermes, Foram. et Brach.								
		5 a	W/P à Echinodermes, Foram. et Brach.	Subtidal							
? GBCS 5	MF CR 4	4 b	W/G silto-gréseux à Brachiopodes	dysphotique	Mod. à forte		MF 3				
		4 a	W/G silto-gréseux à Echinodermes								
GBCS 1	MFCR 3		M/W silto-gréseux à bioclastes rares	Zone aphotique	Bancs sableux	Tp Td Z.A.T 40-45 m		MF 2			
	MFCR 2		Siltites/grès à bioclastes rares						MF 1		
	MFCR 1		Marnes silto-gréseuses à biocl.				Off-shore				

Fig. 3 - Séquence des microfaciès de la rampe mixte carbonifère du bassin de Reggane  
*Microfacies sequence of the mixed Carboniferous ramp, Reggane basin*

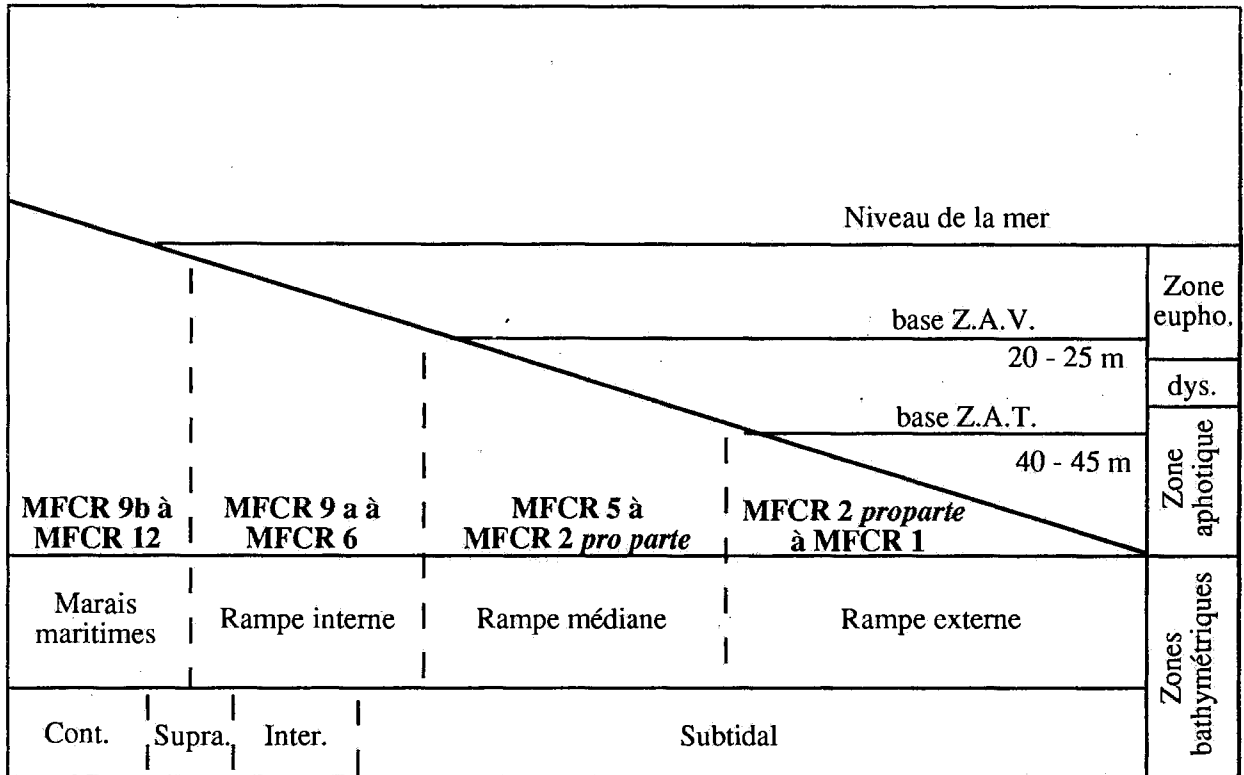


Fig. 4 - Distribution des microfaciès carbonifères du bassin de Reggane le long d'un profil idéal de rampe mixte. La pente est fortement exagérée

*Carboniferous microfacies distribution along an idealized profile of the mixed ramp Reggane basin. The slope is strongly exaggerated*

#### Microfaciès (*Microfacies*)

**MFCR** = Notre étude (*Our analysis*)

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

eupho. = euphotique, dys. = dysphotique, Cont. = Continental, Supra. = Supratidal, Inter. = Intertidal

Le système sédimentaire du Carbonifère du bassin de Reggane peut se comparer à celui mis en évidence dans le Dévonien franco-belge par A. Préat et B. Mamet (1989) et A. Préat et R. Kasimi (1995). L'ensemble des microfaciès dévoniens s'ordonnent suivant une série de bathymétrie décroissante depuis les milieux situés à la base de la zone d'action des tempêtes jusqu'aux milieux continentaux. Les correspondances des microfaciès carbonifères de Reggane avec ceux du Dévonien sont indiquées à la figure 3.

## VI - PROCESSUS PEDOGENETIQUES

### 1 - Introduction

Ce chapitre n'a d'autre but que de rassembler les caractéristiques pétrographiques des processus pédogénétiques, bien représentés dans les faciès supratidaux restreints et continentaux, à partir des observations microscopiques.

Sans entrer dans le détail, il est possible de reconnaître les paléosols grâce à une série



d'événements caractéristiques (Esteban et Klappa, 1983; Wright *et al.*, 1991):

- physiques: avec fragmentation du matériel initial rocheux, ou d'un sédiment partiellement induré par une alternance d'humectations et de dessiccations,
- chimiques: avec infiltrations d'eaux superficielles dans le profil d'altération,
- climatiques: l'humidité et l'aridité du climat accentuent les phénomènes physiques,
- biologiques: le rôle des Cyanobactéries dans la réalisation des encroûtements micritiques étant bien établi.

Les sections stratigraphiques étudiées montrent des structures pédogénétiques dans les microfaciès (9 et 10) des formations serpukhoviennes-bashkiriennes (calcaires du Djebel Berga, gypses de Hassi Taïbine), développées sur des grainstones oolithiques intertidaux (MFCR 8).

Les structures sont variées, leurs principales expressions correspondent dans la classification morphologique de V. Wright *et al.* (1991) aux calcrètes alpha et parfois bêta. Elles sont représentées par des glaebules, traces de racines (rhizolithes), alvéoles, figures de dessiccation, cavités circulaires, fenestreae, dans une matrice micritique à microsparitique ou parfois péloïdale où sont noyés des grains de quartz de taille et de forme variées. Nous donnons la description de chacune des structures reconnues et mentionnons les problèmes rencontrés dans l'élaboration de leur succession.

## 2 - Description et interprétation

- les glaebules sont représentés par des nodules et des "pellets" sphériques carbonatés. Ils sont de couleur sombre et ont une taille plurimillimétrique. Certains pellets sont entourés de laminations concentriques très fines de micrite sombre,

- les rhizolithes (*sensu* Esteban et Klappa, 1983) correspondent aux structures organosédimentaires formées dans des racines par l'accumulation et/ou la cimentation de matière minérale. Les rhizolithes sont bien représentées (Pl.10 et 11), elles peuvent atteindre jusqu'à 1cm de diamètre et sont à l'origine de figures de perforation dans des packstones algaires à péloïdes.

- les microbrèches formées de mudstones représentent des copeaux ou fragments de sédiments "éclatés" lors de la dessiccation. Enfin, des microcraquelures autour et à l'intérieur des microbrèches forment parfois des microcavités circulaires,

- les fenestreae sont de petites cavités remplies de cristaux équants de calcite liés à une diagenèse vadose météorique. Elles présentent des formes et des tailles variables.

G. Grover et J. Read (1978) distinguent 3 types de fenestreae: tubulaires (type 1), laminaires (type 2) et irréguliers (type 3). Les types 2 et surtout 3 sont abondants dans nos faciès. Ils peuvent coexister dans le même sédiment et y développer des structures particulièrement complexes matérialisées par des réseaux de cavités reliées par des «ponts» élargis par la dissolution. A. Prétat (1984) regroupe les fenestreae observées dans le Givétien belge du bassin de Dinant en 10 types basés sur les dimensions, la géométrie, la disposition par rapport à la stratification ou par rapport aux organismes, les remplissages et l'association aux autres paramètres (bioturbation, terriers, lamines algaires,...). Les fenestreae du bassin de Reggane semblent correspondre aux types:

-1: ou fenestreae sous forme d'une masse calcitique, les parois étant hérissées de batonnets en "collette". Elles sont liées à la dissolution de spicules calcaires en milieu très protégé (Prétat, 1984),

-4 et 5: ou fenestreae filiformes, de petite taille (inframillimétriques, type 4), et de plus grandes dimensions (quelques millimètres, type 5). Elles correspondent respectivement à la dissolution

des tubules algaires noyés dans la micrite et à des rhizoïdes,

-6: ou cavités de dissolution de certains organismes. Elles sont souvent remplies d'un sédiment micritique. Certaines présentent parfois des formes géométriques généralement rectangulaires entourées de micrite. Avec la persistance des processus de dissolution, ces structures finissent par se rejoindre et isolent dans les sédiments de grandes cavités pluricentimétriques remplies de ciment sparitique,

-7: ou fenestras de dimension centimétrique et de forme géométrique caractéristique (losange, triangle, cercle) développées à partir de cristaux de sulfates,

-9: ou fenestras laminaires, allongées, planaires, remplies de sédiment gris/sombre, et liées à la dessiccation des laminites supratidales (MFCR 9b1).

Il a été difficile :

- de définir un profil pédologique, c'est à dire un arrangement vertical des différentes structures comme rapporté par V. Wright *et al.*, (1991) ou A. Adams (1991) avec de bas en haut des rhizoconcrétions, une texture alvéolaire, péloïdale, puis laminaire. Cette difficulté est liée à un échantillonnage insuffisant mais, surtout à la dolomitisation, la microsparitisation et occasionnellement à la bioturbation.

Les faciès analysés montrent surtout un amalgame de toutes les structures citées ci-dessus.

- d'identifier les ciments météoriques, en forme de ménisque ou stalactitique, caractéristiques de la zone vadose où ont lieu principalement les processus pédogénétiques.

Les calcrètes carbonifères du bassin de Reggane présentent des analogies avec ceux observés dans le Derbyshire (Adams, 1991) et dans le South Wales (Wright, 1991a), pour le même intervalle stratigraphique.

## V - CONCLUSIONS

L'analyse pétrographique d'une partie de la série carbonifère (Viséen moyen-Moscovien inférieur) permet d'établir une séquence de 12 micro-faciès (MFCR) qui se regroupent suivant une série à bathymétrie décroissante allant d'un milieu ouvert sous la zone d'action des tempêtes jusqu'au milieu continental. Le modèle proposé est celui d'une rampe mixte gréso-marno calcaire de faible pente avec des bioaccumulations isolées.

La sédimentation carbonifère étudiée s'inscrit dans les cycles 2 (Viséen) et 3 (Serpukhovien-Moscovien) définis par J. Conrad (1984). Ils sont régis par l'interférence de facteurs tectoniques: les jeux verticaux des accidents panafricains en compression ou en distension A. Nedjari (1991), et eustatiques: la chute des eaux à la limite Serpukhovien/Bashkirien (Vail *et al.*, 1977) se traduit par un confinement du bassin qui se manifeste dans nos échantillons attribués au Serpukhovien supérieur par la présence des évaporites, l'appauvrissement de la faune, de la microflore et l'apparition des structures pédogénétiques.

**Remerciements** - Nous remercions la Sonatrach (C.R.D., Boumerdès) pour nous avoir confié les plaques minces des coupes de terrain levées par la S.N. Repal (1957), Madame Legrand-Blain (Université de Bordeaux 3), Monsieur Ait Ouali (Université d'Alger) pour leurs remarques constructives. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une Convention de Coopération entre l'Université Libre de Bruxelles (Belgique) et de la Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie de Boumerdès (Algérie).

## BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, A.E., 1991. Calcrete profiles in the Eyam limestone (Carboniferous) of Derbyshire: Petrology and regional significance. *In: Calcretes*. Eds. Wright, V.P. et Tucker, M.E., 167-176.
- AIGNER, T., 1985. Storm depositional systems. *In: Coated Lecture Notes in Earth Sci.* 3.- Springer-Verlag, Berlin, 174p.

## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)

- ARMSTRONG, A.K., 1975a.** Mississippian tidal deposits, North-central New Mexico. *In: Tidal Deposits.* Ed. Ginsburg, R.N., 325-331.
- ARMSTRONG, A.K., 1975b.** Carboniferous tidal-flat deposits of the North flank, Northeastern Brooks Range, Arctic Alaska. *In: Tidal Deposits.* Ed. Ginsburg, R.N., 381-386.
- BOULVAIN, F. ET PRÉAT, A., 1986.** Les calcaires laminaires du Givétien supérieur du bord sud du bassin de Dinant (Belgique, France): témoins d'une évolution paléoclimatique. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 109, 609-619.
- CONIL, R., GROESSENS, E., LALOUX, M., POTY, E. ET TOURNEUR, F., 1990.** Carboniferous guide Foraminifera, Corals and Conodonts in the Franco-Belgian and Campine basins: their potential for widespread correlation. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 130, 15-30.
- CONRAD, J., 1984.** Les séries carbonifères du Sahara central algérien. Stratigraphie, sédimentation, évolution structurale. *Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille*, 370p.
- ESTEBAN, M. ET KLAPPA, C.F., 1983.** Subaerial exposure environment. *In: Carbonate Depositional Environments.* Eds. Scholle, A.A., Bebout, D.G. and Moore, C.H. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 33, 1-72.
- FLÜGEL, E., 1982.** Microfacies analysis of limestones. Ed. Springer-Verlag, Heidelberg, 633pp.
- 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.*, 48/2, 453-473.
- GUILLOCHEAU, F., 1983.** Les dépôts de tempêtes: le modèle de l'Ordovicien moyen ouest-armoricain. *Thèse 3è cycle, Univ. Bretagne Occidentale, Brest*, 223pp.
- HARDIE, L.A., 1977.** Sedimentation of the Modern Carbonate Tidal Flats of Northwest Andros, Bahamas. *Univ. Stud. Geol., Baltimore*, 22, 202pp.
- HARDIE, L.A. AND GINSBURG, R.N., 1977.** Layering: the origin and environmental significance of lamination and thin bedding. *In: Sedimentation of the Modern Carbonate Tidal Flats of Northwest Andros, Bahamas.* Ed. Hardie, L.A. *Univ. Stud. Geol., Baltimore*, 22, 50-123.
- HARRISON, R.S. AND STEINEN, R.P., 1978.** Subaerial crusts, caliche profiles, and breccia horizons: comparaison of some Holocene and Mississippian exposure surfaces, Barbados and Kentucky. *Geol. Soc. America Bull.*, 89, 385-396.
- 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*, 131-146.
- KLAPPA, C.F., 1978.** Biolithogenesis of *Microcodium*; elucidation. *Sedimentology*, 25, 489-522.
- LEGRAND-BLAIN, M., 1985.** Dynamique des Brachiopodes carbonifères sur la plate-forme carbonatée du Sahara algérien. Paléoenvironnements, paléogéographie, évolution. *Thèse Doct. Etat Univ. Bordeaux I*, 315pp.
- LYS, M., 1986.** Biostratigraphie du Carbonifère et du Permien en Mésogée (Espagne, Afrique du Nord, régions égéennes, Proche-Orient). Etude micro-paléontologique (Foraminifères) et paléogéographie. *Thèse Doct. ès-Sci., Univ. Paris-Sud, centre d'Orsay*, 239pp.
- MAMET, B., 1974.** Une zonation par Foraminifères du Carbonifère inférieur de la Téthys occidentale. *7è Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonifère, Krefeld (1971)*, 391-407.
- MYROW, P.M. AND SOUTHARD, J.B., 1996.** Tempestite deposition. *Jour. Sedim. Res.*, 66, 5, 875-887.
- NEDJARI, A., 1991.** Dynamique du remplissage littoral et continental moscovo-permien du bassin d'avant-fosse de Béchar (Algérie). Electro-séquences, modèles sédimentaires, paléopédogènes. *Thèse Doct. ès-Sci. Univ., Alger*, 289p.

- PRÉAT, A., 1984.** Etude lithostratigraphique et sédimentologique du Givétien belge (bassin de Dinant). *Thèse Doct. Univ. Libre de Bruxelles*, 466pp.
- PRÉAT, A. ET BOULVAIN, F., 1986.** Les calcaires laminaires du Givétien inférieur du bassin de Dinant: témoins paléogéographiques et paléoclimatiques. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 106, 49-64.
- PRÉAT, A. ET KASIMI, R., 1995.** Sédimentation de rampe mixte silico-carbonatée des couches de transition eiféliennes-givétiennes franco-belges. Première partie: microfaciès et modèle sédimentaire. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine*, 19/2, 329-375.
- PRÉAT, A. ET MAMET, B., 1989.** Sédimentation de la plate-forme carbonatée givétienne franco-belge. *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, 13/1, 47-86.
- PRÉAT, A. ET ROUCHY, J.M., 1986.** Les faciès préévaaporitiques dans le Givétien des bassins de Dinant et de Namur. *Bull. Soc. belge Géol.*, 95/2-3, 177-189.
- PURSER, B.H., 1980.** Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. T.1: Les éléments de la sédimentation et de la diagenèse. *Ed. Technip*, Paris, 367pp.
- 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 Sédimentologues Français, Publication Spéciale, 1, 85-97, Paris.
- REINECK, H.E. ET SINGH, I.B., (EDS) 1975.** Depositional Sedimentary Environments. Ed. Springer-Verlag, Berlin, 439pp.
- ROUCHY, J.M., 1986.** Sédimentologie des formations anhydritiques givétiennes et dinantiennes du segment varisque franco-belge. *Bull. Soc. belge Géol.*, 95/2-3, 111-127.
- SEBBAR, A., 1998.** Foraminifères et Algues calcaires du Carbonifère, bassin de Reggane, Sahara central, Algérie. *Bull. Serv. géol. Algérie*, vol.9, n°2, p.123-147.
- SEBBAR, A. ET MAMET, B., 1996.** Algues benthiques calcaires du Carbonifère inférieur et moyen, bassin de Béchar, Algérie. *Rev. Micropaléont.*, 39/2, 153-167.
- SELLWOOD, B.W., 1978.** Shallow-water carbonate environments. *In: Sedimentary Environments and Facies*. Ed. Reading, H.G., 259-313.
- SEMENOFF-TIAN-CHANSKY P., 1974.** Recherches sur les Tétracoralliaires du Carbonifère du Sahara occidental. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, n.s., 30, 316pp.
- SHINN, E.A., 1983.** Tidal Flat. *In: Carbonate Depositional Environments*. Ed. Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 33, 171-210.
- S.N.REPAL 1957.** Colonnes stratigraphiques des coupes de Hassi Taïbine, de Tilkatine et de Mouilah. *Rapport interne* (non publié).
- TUCKER, M.E., 1985.** Calcitized aragonite ooids and cements from the late Precambrian Biri Formation of Southern Norway. *Sedim. Geol.*, 43, 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*. Ed. Playton, E., *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 26, 216pp.
- WAGNER, C.W. ET VANDER 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, 123-155.
- Wilkinson, B.H., Buczynski, C. and Owen, R.M., 1984.** Chemical control of carbonate phases implications from upper Pennsylvanian calcite-aragonite ooids of southeastern Kansas. *Jour. Sedim. Petrol.*, 54/3, 932-947.
- WILKINSON, B.H., OWEN, R.M. AND CARROLL, A.R., 1985.** Submarine hydrothermal weathering, global eustasy, and carbonate polymorphism in Phanerozoic marine oolites. *Jour. Sedim. Petrol.*, 55/2, 171-183.
- WRIGHT, V.P., 1991a.** A rendzina from the Lower Carboniferous of South Wales. *In: Calcretes*. Eds. Wright, V.P. et Tucker, M.E., 177-187.
- WRIGHT, V.P., 1991b.** The role of fungal biomineralization in the formation of early Carboniferous soil fabrics. *In: Calcretes*. Eds. Wright, V.P. et Tucker, M.E., 189-196.
- WRIGHT, V.P. ET TUCKER, M.E., 1991.** Calcretes: An introduction. *In: Calcretes*. Eds. Wright, V.P. et Tucker, M.E., 1-22.

**Planches**

## Planche 1

### Microfaciès 2 et/and 3 (MFCR 2 et/and 3)

**Fig. 1-** Siltite, bioturbée (voir flèches), à rares Foraminifères (petits Endothyridés). Présence d'oxydes de fer. Microfaciès MFCR 2. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des tempêtes. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24883, X 40.

***Bioturbated siltstone (see arrows) with rare Foraminifera (small Endothyrids). Presence of iron oxides. MFCR 2 Microfacies. Open marine, near storm wave base. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24883, X 40.***

**Fig. 2-** Mudstone silteux, dolomitique, bioturbé, à bioclastes fins et rares. Microfaciès MFCR 3. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24925, X 40.

***Bioturbated silty dolomudstone with rare fine grained bioclasts. MFCR 3 Microfacies. Open marine within the storm wave action. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24925, X 40.***

**Fig. 3-** Grés moyen dolomitique, bioturbé, renfermant quelques débris d'Echinodermes (voir flèche). Microfaciès MFCR 2. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des tempêtes. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24887, X 40.

***Medium grained dolosandstone with a few Echinodermal fragments (see arrow). MFCR 2 Microfacies. Open marine, near storm wave base. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24887, X 40.***

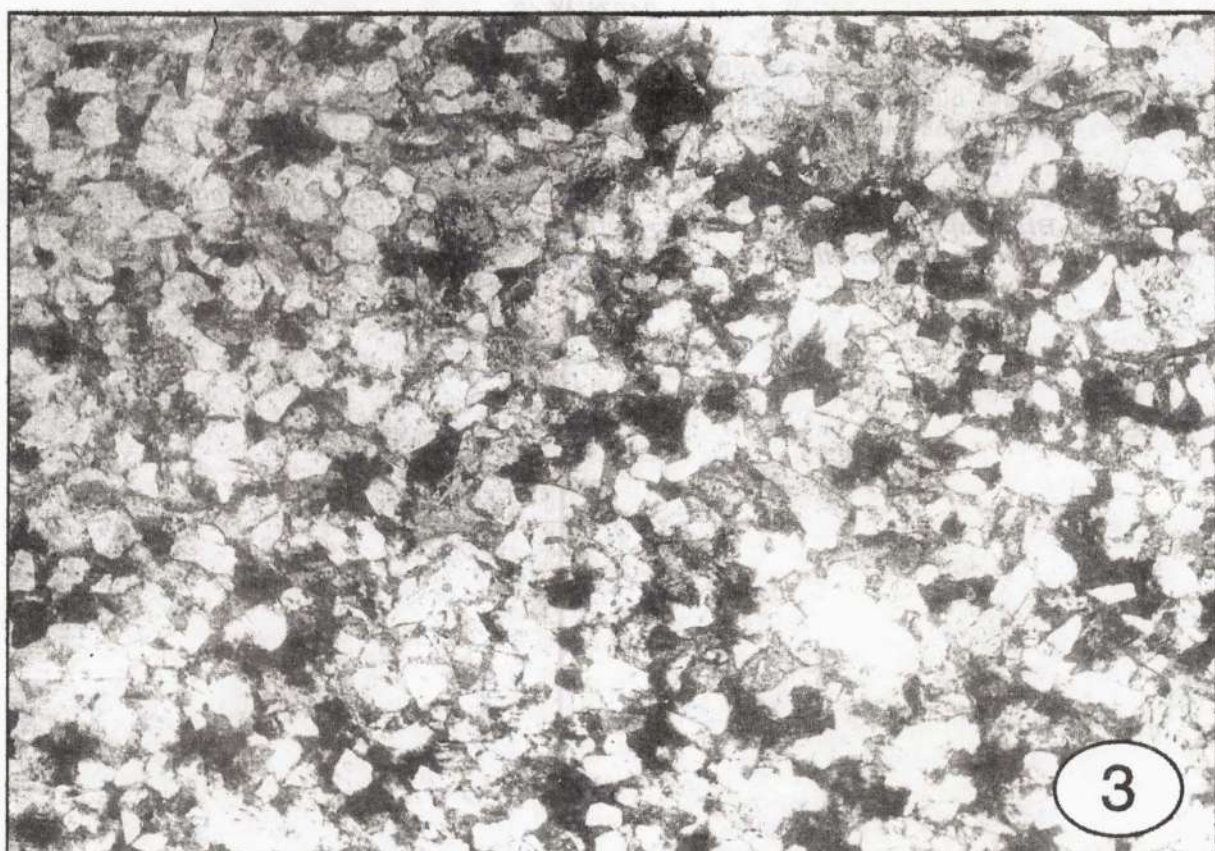
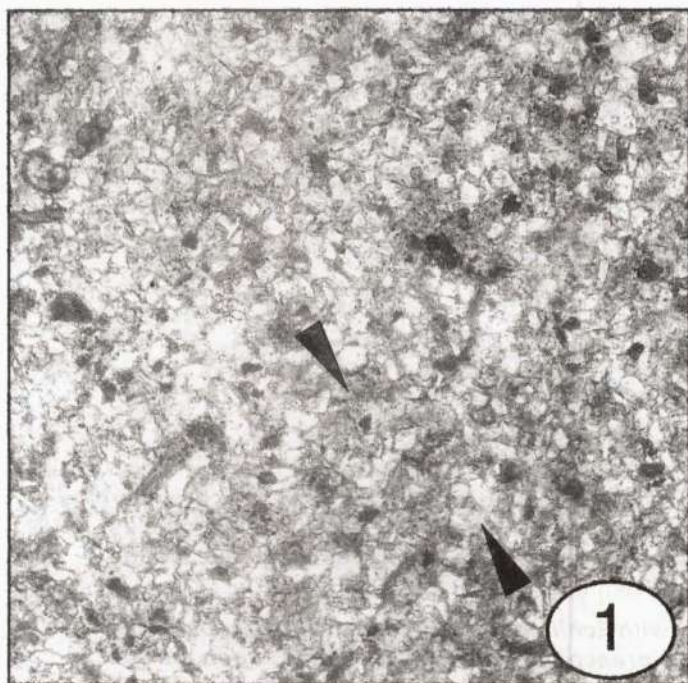
\* La mauvaise conservation des lames minces confectionnées dans les marnes ne permet pas d'illustrer le faciès MFCR 1.

*The bad preservation of thin sections in the marls don't permit illustration of MFCR 1 facies.*

(Photos: lumière naturelle).



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 2

## Microfaciès 4a (MFCR 4a)

**Fig. 1-** Dolopackstone silteux, bioturbé, à Echinodermes, Bryzoaire et Brachiopodes. Des péloïdes et des oxydes de fer sont également présents. Microfaciès MFCR 4a. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24876, X 40.

***Bioturbated silty dolopackstone with Echinoderms, Bryozoan and Brachiopods. Peloids and iron oxides are also present. MFCR 4a Microfacies. Open marine within the storm wave action. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24876, X 40.***

**Fig. 2-** Packstone gréseux, bioturbé, à Echinodermes altérés, mal classés, associés à quelques Brachiopodes et Foraminifères (Endothyridés, voir flèche). Microfaciès MFCR 4a. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Coupe de Hassi Taïbine, Viséen supérieur, éch. 22708, X 40.

***Bioturbated sandy packstone with altered and poorly sorted Echinoderms, Brachiopods and Foraminifera (Endothyrids, see arrow). MFCR 4a Microfacies. Open marine within the storm wave action. Hassi Taïbine section, upper Viséan, 22708, X 40.***



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche3

## Microfaciès 4a, 5a et/and 5b (MFCR4a, 5a et/and 5b)

**Fig. 1-** Packstone, bioturbé, à grains micritisés et Calcisphères. Microfaciès MFCR 5a. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues.

Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24920, X 40.

***Bioturbated packstone with micritized grains and Calcispheres. MFCR 5a Microfacies. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24920, X 40.***

**Fig. 2,4-** Grainstone à bioclastes micritisés d'Echinodermes (fig.2,4), de Foraminifères (fig.2), de Brachiopodes (fig.2,4) et oolithes radiaires à nucléus micritisé. Présence de ciments stalactitique (voir S), équant (voir E) et lamellaire (voir L) (fig.2,4). Microfaciès MFCR 5b. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Hassi Taïbine, Viséen supérieur, éch. 22712, X 40.

***Bioclastic grainstone with micritized Echinoderms (fig.2,4), Foraminifera (fig.2) and Brachiopods (fig.2,4) and radial oolites containing a micritized nucleus. Presence of stalactitic (see S), equant (see E), and lamellar (see L), cements (fig. 2, 4). MFCR 5b Microfacies. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Hassi Taïbine section, upper Visean, 22712, X 40.***

**Fig. 3-** Dolograinstone à Echinodermes. Microfaciès MFCR 5b. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah,

Serpukhovien supérieur, éch. 24832, X 40.

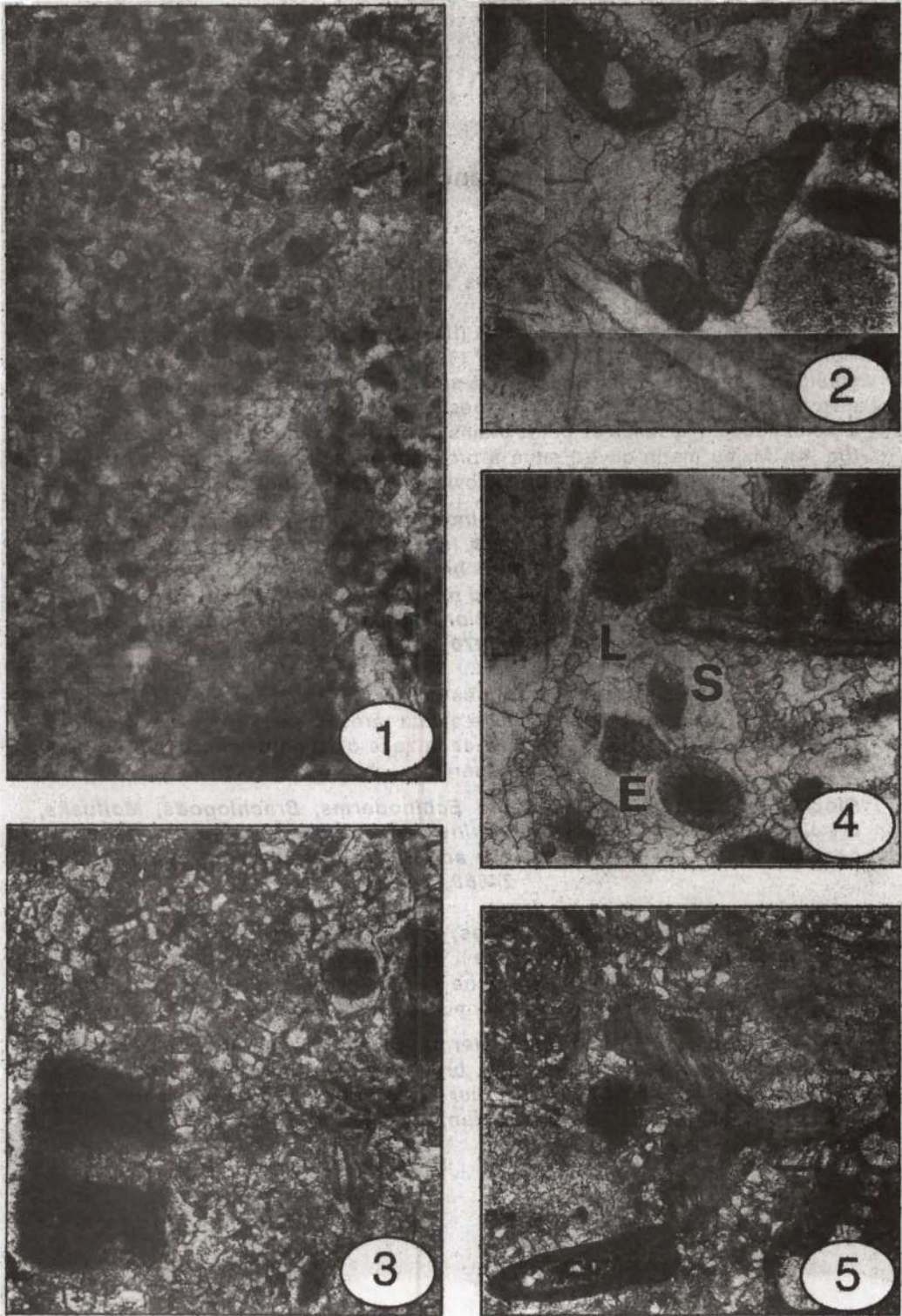
***Echinodermal dolograinstone. MFCR 5b Microfacies. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24832, X 40.***

**Fig. 5-** Packstone silteux, bioturbé, à Foraminifères (*Earlandia*, Endothyridés), Echinodermes et Bryozoaires. Microfaciès MFCR 4a. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des tempêtes. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24874, X 40.

***Bioturbated silty packstone with Foraminifera (Earlandia, Endothyrids), Echinoderms and Bryozoans. MFCR 4a Microfacies. Open marine within the storm wave action. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24874, X 40.***



MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 4

### Microfaciès 5b (MFCR 5b)

**Fig. 1,4-** Grainstone à Echinodermes (fig.1,4) et Brachiopodes ponctués (fig.1), Foraminifères (Archædiscidés, fig.1). Les laminations entrecroisées sont soulignées par des Brachiopodes. Ce sédiment montre une alternance de deux niveaux bioclastiques dominés respectivement par les Echinodermes et les Brachiopodes. Présence de petits grains de quartz anguleux et oolithes micritisés (fig. 4). Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24870, X 40.

***Cross bedded grainstone with Echinoderms (fig.1,4), punctate Brachiopods (fig.1), Foraminifera (Archædiscids, fig.1). The picture shows two bioclastic layers respectively dominated by Echinoderms and Brachiopods. Also a few small angular quartzose grains and micritized oolites (fig.4). Open marine, near the limit of fair weather wave action. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24870, X 40.***

**Fig. 2-** Grainstone à Echinodermes altérés, Brachiopodes, Mollusques, Bryozoaires, associés à des grains de quartz rares et à des éléments micritisés. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Viséen supérieur, éch. 24868, X 40.

***Bioclastic grainstone with altered Echinoderms, Brachiopods, Mollusks, Bryozoans. Also rare quartzose grains and micritized grains. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Mouilah section, upper Viséan, 24868, X 40.***

**Fig. 3-** Grainstone à Echinodermes, Brachiopodes (coquilles et épines), Mollusques, Foraminifères (*Earlandia*), Bryozoaires, et grains micritisés. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24884, X 40.

***Bioclastic grainstone with Echinoderms, Brachiopods (shells and spines), Mollusks, Foraminifera (Earlandia), bryozoans and micritized grains. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24884, X 40.***



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 5

### Microfaciès 5b (MFCR 5b)

**Fig. 1,2-** Grainstone à Echinodermes (fig.1,2) et Brachiopodes ponctués (coquilles et épines, fig. 1,2). Les bioclastes sont micritisés parfois légèrement encroûtés. Présence d'oolithes micritisées montrant un nucléus constitué d'un grain de quartz. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Hassi Taïbine, Serpukhovien supérieur, éch. 22722, X 40.

***Grainstone with Echinoderms (fig.1,2) and punctate Brachiopods (shells and spines, fig.1,2). Bioclasts are micritized and slightly encrusted. Presence of micritized oolites displaying a nucleus with a quartzose grain. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Hassi Taïbine section, upper Serpukhovian, 22722, X 40.***

**Fig. 3-** Grainstone à Echinodermes et Brachiopodes et grains micritisés. Des laminations entrecroisées sont soulignées par les bioclastes. Présence d'un ciment fibreux bien développé autour d'un fragment de Brachiopode situé à gauche. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Tilkatine, Serpukhovien supérieur, éch. 20571, X 40.

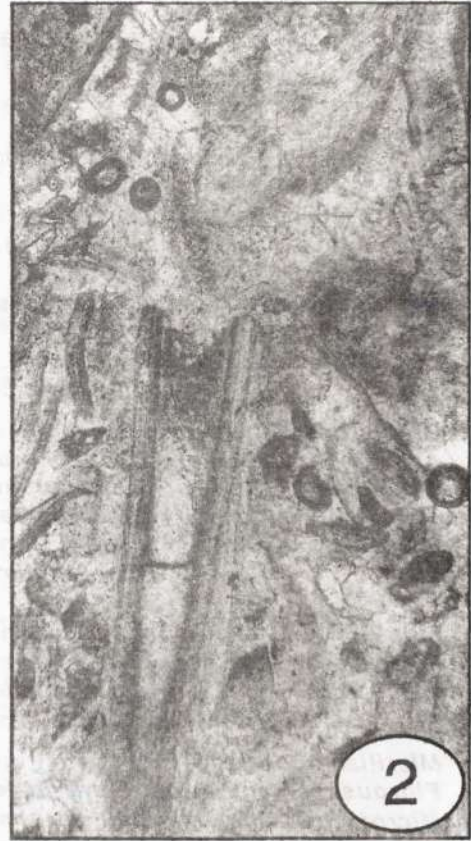
***Grainstone with Echinoderms, Brachiopods and micritized grains showing cross stratification. Presence of a well developed fibrous cement around a Brachiopod fragment (left part of the picture). Open marine, near the limit of fair weather wave action. Tilkatine section, upper Serpukhovian, 20571, X 40.***

**Fig. 4-** Grainstone à Brachiopodes disposés en stratifications obliques associés à des Echinodermes. Présence d'un ciment lamellaire associé à un ciment syntaxial autour des Echinodermes. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Hassi Taïbine, Serpukhovien supérieur, éch. 22722, X 40.

***Cross bedded grainstone with Brachiopods and Echinoderms. Lamellar and syntaxial cements around the Echinoderms. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Hassi Taïbine section, upper Serpukhovian, 22722, X 40.***



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 6

## Microfaciès 5c et/and 6b (MFCR 5c et/and 6b)

**Fig. 1-** Grainstone à bioclastes micritisés, altérés, subarrondis: Algues rouges encroûtantes (Stachéines) (voir **S**), Foraminifères (Endothyridés) (voir **E**), Echinodermes altérés, Bryozoaires et Brachiopodes ponctués. Présence de grains de quartz sur les thalles algaires ou à l'intérieur des zoécies de Bryozoaires. Présence d'un ciment équant. Microfaciès MFCR 6b. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24882, X 40.

**Grainstone with subrounded, altered and micritized bioclasts: encrusting red Algae ( Stacheinae) (see S), Foraminifera (Endothyrids) (see E), altered Echinoderms, Bryozoans and punctate Brachiopods. Quartzose grains on the algal thalli or in the Bryozoan zoecia. Presence of an equant cement. MFCR 6b Microfacies. Open marine within wave-action. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24882, X 40.**

**Fig. 2-** Grainstone à Bryozoaires micritisés, oolithisés, entourés d'un ciment fibreux, associés à des Echinodermes. Présence d'un ciment équant. Microfaciès MFCR 5c. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Hassi Taïbine, Viséen supérieur, éch. 22719, X 40.

**Micritized/oolitized Bryozoan grainstone associated with echinoderms. Fibrous cement around the Bryozoans and equant cement. MFCR 5c Microfacies. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Hassi Taïbine section, upper Visean, 22719, X 40.**

**Fig. 3-** Grainstone à Bryozoaires, Brachiopodes. Présence de grains de quartz et de Foraminifères (voir flèche) dans les zoécies. Microfaciès MFCR 5c. Milieu marin ouvert situé à proximité de la zone d'action des vagues. Coupe de Hassi Taïbine, Serpukhovien supérieur, éch. 22722, X 40.

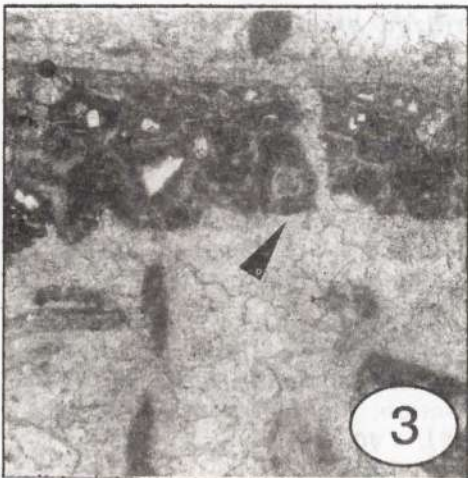
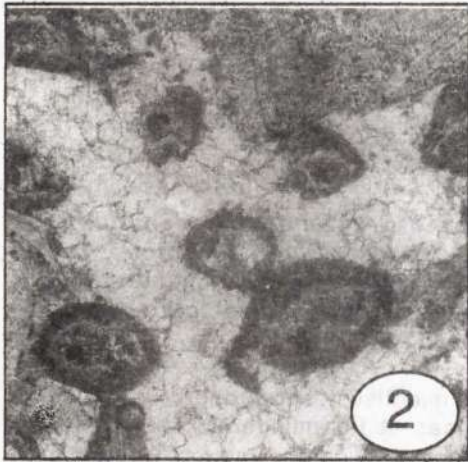
**Grainstone with Bryozoans and Brachiopods. Presence of quartzose grains and Foraminifers (see arrow) within the zoecia. MFCR 5c Microfacies. Open marine, near the limit of fair weather wave action. Hassi Taïbine section, upper Serpukhovian, 22722, X 40.**

**Fig. 4-** Grainstone à Algues rouges encroûtantes (*Pseudostacheoides*), Echinodermes, Brachiopodes et Bryozoaires. Les bioclastes sont subarrondis, encroûtés et micritisés. La fraction terrigène est représentée par des grains de quartz en proportion très faible. Microfaciès MFCR 6b. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Serpukhovien inférieur, éch. 24881, X 40.

**Grainstone with encrusting red Algae (Pseudostacheoides), Echinoderms, Brachiopods and Bryozoans. The bioclasts are subrounded, encrusted and micritized. Detrital fraction composed by quartzose grains. MFCR 6b Microfacies. Open marine within wave-action. Mouilah section, lower Serpukhovian, 24881, X 40.**



MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 7

### Microfaciès 6a, 6b et/and 7 (MFCR 6a, 6b et/and 7)

**Fig. 1-** Grainstone à bioclastes (Echinodermes, Brachiopodes) micritisés, oolithisés. Deux générations de ciments s'observent: drusique (voir grande flèche) et fibreux (voir petites flèches). Microfaciès MFCR 7. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24892, X 40.

***Bioclastic (Echinoderms, Brachiopods) grainstone. Bioclasts are micritized and oolithized. Drusy (large arrow) and fibrous (small arrows) calcite cements. MFCR 7 Microfacies. Open marine within wave-action. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24892, X 40.***

**Fig. 2-** Packstone dolomitisé à Algues rouges perforées et Bryozoaires. Les perforations microendolithiques (voir flèches) qui affectent les Rhodophycées sont filamenteuses, dichotomes et forment un réseau dendritique. Les filaments sont enrichis en oxydes de fer. Comparez avec A. Sebbar et B. Mamet, 1996, pl.1, fig.9-12. Microfaciès MFCR 6a. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Coupe de Hassi Taïbine, Viséen supérieur, éch. 22718, X 40.

***Dolopackstone with perforated red Algae and Bryozoans. Microendolithic perforations (see arrows) on the Rhodophycophyceae are filamentous. The filaments are rich in iron oxides. Compare with A. Sebbar and B. Mamet, 1996, pl.1, fig.9-12. MFCR 6a Microfacies. Open marine within wave-action. Hassi Taïbine section, upper Visean, 22718, X 40.***

**Fig. 3-** Grainstone dolomitisé à bioclastes micritisés, subarrondis, d'Algues rouges (Stachéines, voir flèche), Echinodermes et Foraminifères. Microfaciès MFCR 6b. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Coupe de Tilkatine, Viséen supérieur, éch. 20503, X 40.

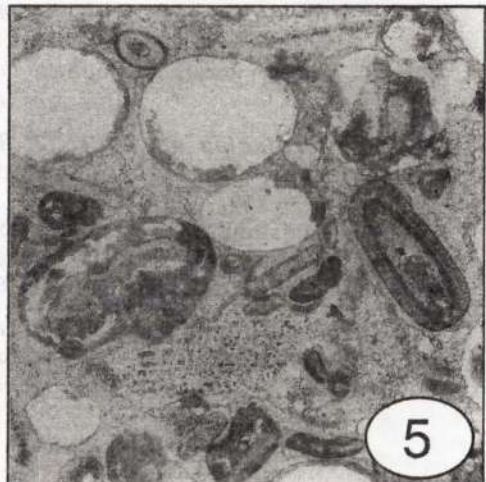
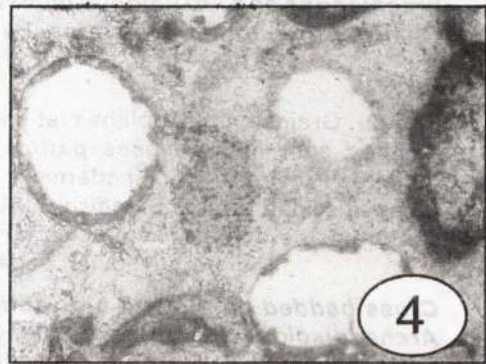
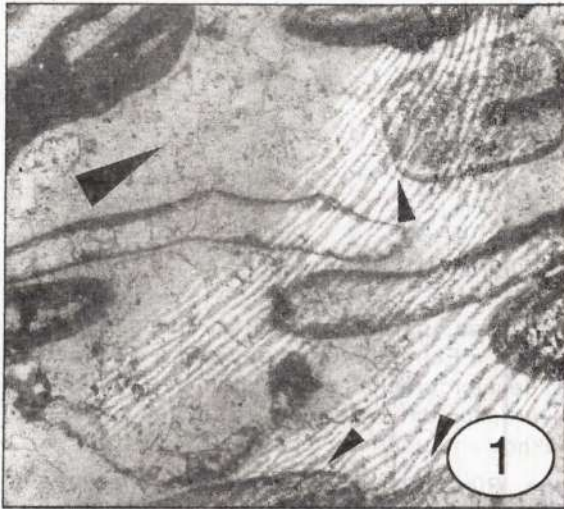
***Dolograinstone with subrounded, micritized bioclasts of red Algae (Stachelinae, see arrow), Echinoderms and Foraminifera. MFCR 6b Microfacies. Open marine within wave-action. Hassi Taïbine section, upper Visean, 20503, X 40.***

**Fig. 4,5-** Grainstone à oolithes, Echinodermes (fig.4,5), Brachiopodes (fig.4, 5), Bryozoaires (fig.5) et Foraminifères (fig.5). Les oolithes sphériques ou ovales sont presque totalement dissoutes et entourées d'un ciment lamellaire (fig.5). Microfaciès MFCR 7. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24891, X 40.

***Oolitic grainstone with Echinoderms (fig.4,5), Brachiopods (fig.4,5), Bryozoans (fig.5) and Foraminifera (fig.5). Oolites are spherical or ovoids and partly or completely dissolved. They are cemented by lamellar calcite (fig.5). MFCR 7 Microfacies. Open marine within wave-action. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24891, X 40.***



MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 8

Microfaciès 7, 8 et/and 9a (MFCR 7, 8 et/and 9a)

**Fig. 1-** Grainstone à bioclastes micritisés, parfois encroûtés, disposés en stratifications entrecroisées. Présence d'Echinodermes perforés, d'Algues rouges (Stachéines), Brachiopodes et de microbrèches de mudstone ferrugineux. Microfaciès MFCR 7. Milieu marin ouvert situé dans la zone d'action des vagues.

Coupe de Hassi Taïbine, Serpukhovien supérieur, éch. 22729, X 40.

***Bioclastic cross bedded grainstone. Bioclasts, micritized and sometimes encrusted, are composed of perforated Echinoderms, red Algae (Stacheilinae), brachiopods and ferruginous mudstone microbreccias. MFCR 7 Microfacies. Open marine within wave-action. Hassi Taïbine section, upper Serpukhovian, 22729, X 40.***

**Fig. 2-** Grainstone à oolites et bioclastes, en stratifications obliques. Les oolites sont mal classées parfois micritisées et présentent une structure radiaire. Présence d'Echinodermes, Brachiopodes et de Foraminifères (petits Archaeodiscidés, *Neoarchaediscus*, *Asteroarchaediscus*), associés localement à des grains de quartz. Microfaciès MFCR 8. Milieu intertidal. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24823, X 40.

***Cross bedded oolitic and bioclastic (Echinoderms, Brachiopods and small Archaeodiscids, Neoarchaediscus, Asteroarchaediscus) grainstone. Oolites are poorly sorted, sometimes micritized and display a radial texture. MFCR 8 Microfacies. Intertidal environment. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24823, X 40.***

**Fig. 3-** même microfaciès que la figure 2. Coupe de Tilkatine, Serpukhovien supérieur, éch. 20555, X 40.

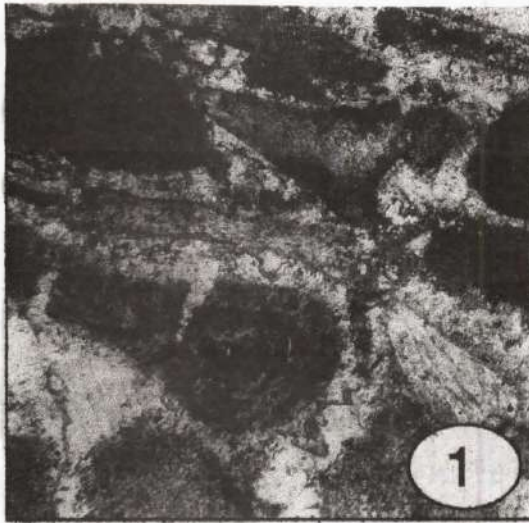
***Same microfacies as figure 2. Tilkatine section, upper Serpukhovian, 20555, X 40.***

**Fig. 4-** Grainstone à bioclastes et oolites fortement micritisées. Présence d'un ciment en ménisque (voir flèches). Microfaciès MFCR 9a. Milieu supratidal restreint. Coupe de Hassi Taïbine, Serpukhovien supérieur, éch. 22725, X 40.

***Micritized oolitic and bioclastic grainstone. Meniscus cement (see arrow). MFCR 9a Microfacies. Restricted supratidal environment. Hassi Taïbine section, upper Serpukhovian, 22725, X 40.***



MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 9

### Microfaciès 9 b1 (MFCR 9 b1)

**Fig. 1-3-** Alternance de couplets de:

- dolomudstone péloïdique sombre, à laminations discontinues, onduleuses, à fins débris algaires, grains de quartz et à de nombreux fenestrae irréguliers,
- packstone riche en grains de quartz et en petits nodules micritiques.

La structure laminaire est occasionnellement interrompue par des phénomènes de bioturbation. Le contact entre les lamines est parfois érosif. (fig.1). Milieu supratidal restreint. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24911, X 40.

#### ***Couplet alternation of:***

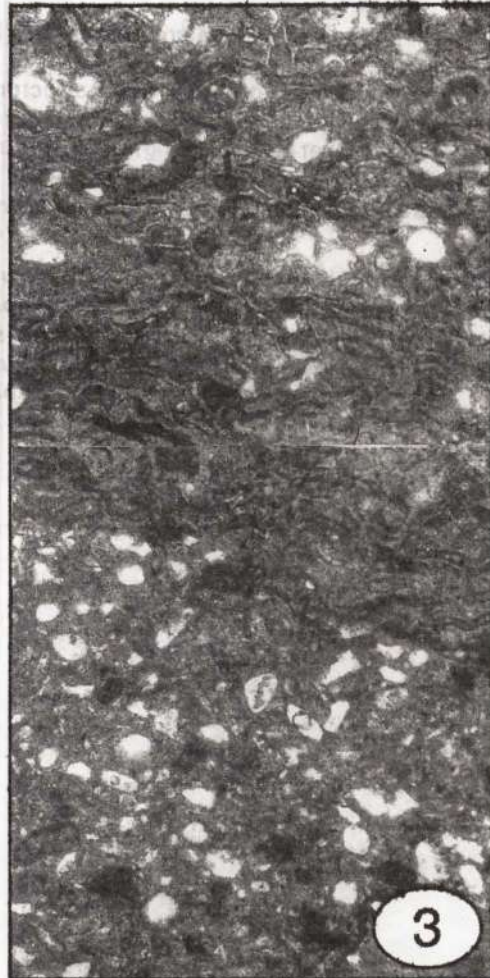
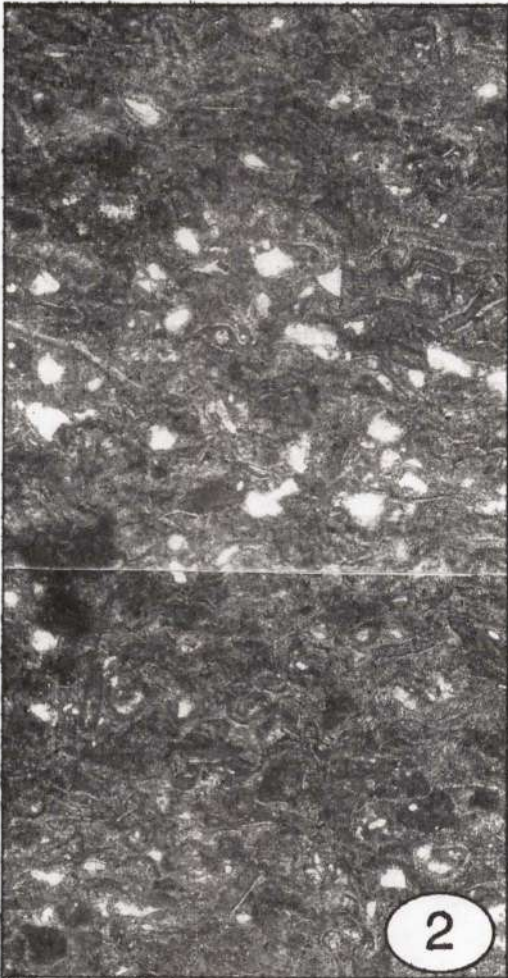
***- blackish peloidal dolomudstone with discontinuous, undulose laminae rich in fine grained algal debris and small sized quartzose grains and abundant irregular fenestrae,***

***- silty packstone rich in micritic nodules.***

***The laminar structure is occasionally interrupted by figures of burrowing. The contact between the laminae is sometimes erosive (fig.1). Supratidal environment. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24911, X 40.***



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 10

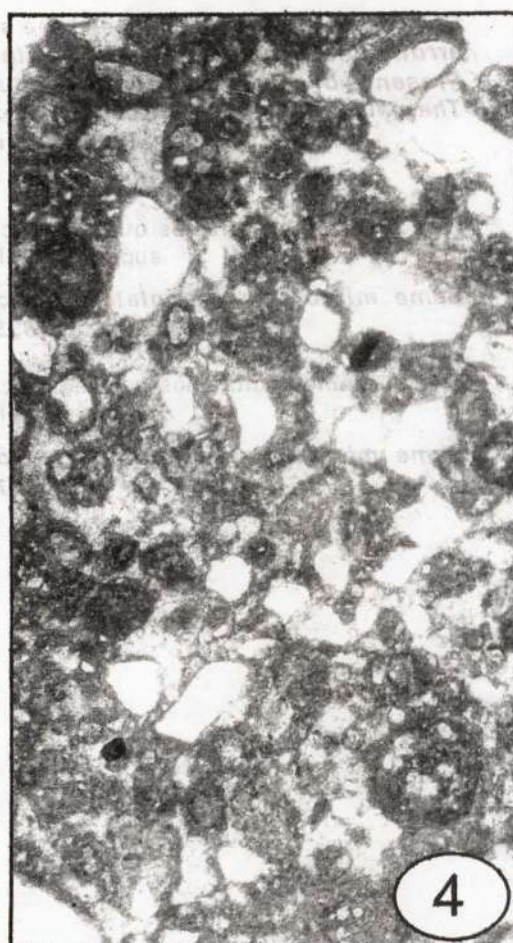
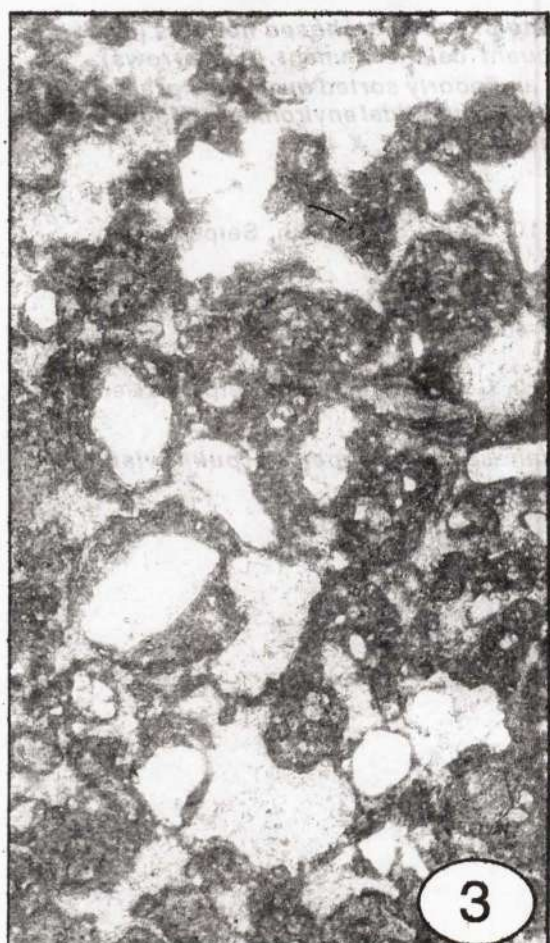
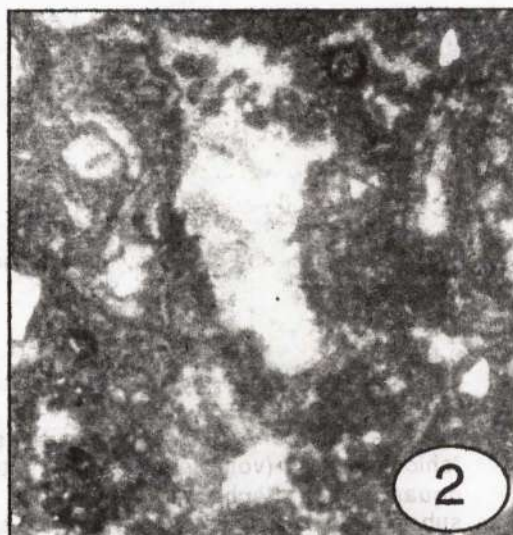
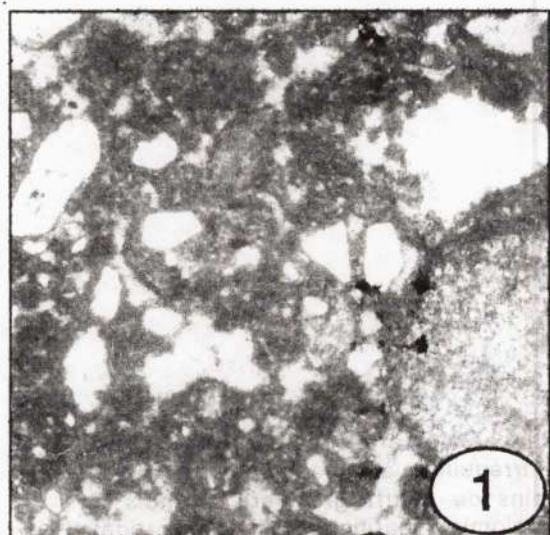
## Microfaciès 9 b2 (MFCR 9 b2)

**Fig. 1-4-** Mudstone gréseux avec structures pédogénétiques: nodules silteux micritiques de taille et forme variées, arrondis ou ovales (fig.1-3), traces de racines (fig.1-3) et fenestrae (fig.1-2), dans une matrice micritique, microsparitique à péloïdale. Présence de gros grains de quartz anguleux et d'un ciment en ménisque (fig.4). Milieu supratidal restreint. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24928, X 40.

***Sandy mudstone with pedogenetic structures: silty micritic nodules with various sizes and forms, subrounded or oval (fig.1-3), root tracks (fig.1-3) and fenestrae (fig.4) in a peloidal and microsparitic matrix. Presence of coarse angular quartzose grains and of meniscus cement (fig.4). Supratidal environment. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24928, X 40.***



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 11

## Microfaciès 9 b2 (MFCR 9 b2)

**Fig. 1-** Mudstone gréseux à nodules de pseudomorphoses de sulfates en "chicken wire" (voir flèche) et fenestrae irréguliers à cimentation de calcite équante (voir flèches). Présence de grains de quartz grossiers arrondis à subanguleux mal classés. La matrice est dolomicrosparitique. Milieu supratidal restreint. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24912, X 40.

***Sandy mudstone with chicken wire sulfate pseudomorphosed nodules (see arrow) and irregular fenestrae with equant calcite cement (see arrows). Presence of coarse subrounded angular and poorly sorted quartzose grains. The matrix is composed of a dolomicrosparite. Supratidal environment. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24912, X 40.***

**Fig. 2-** même microfaciès que la planche 10. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24835, X 40.

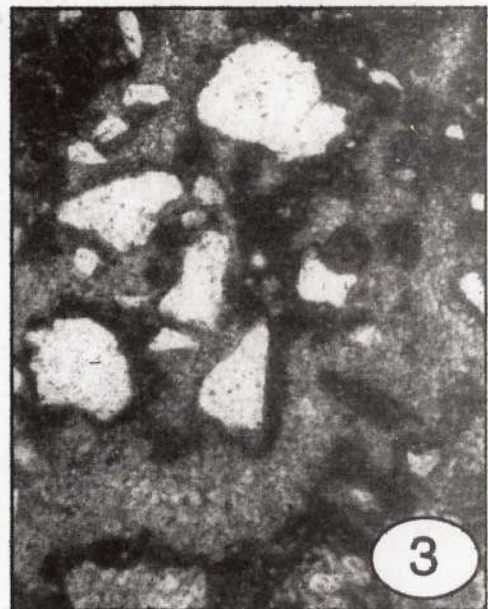
***Same microfacies as plate 10. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24835, X 40.***

**Fig. 3-** même microfaciès que la planche 10. Coupe de Mouilah, Serpukhovien supérieur, éch. 24907, X 40.

***Same microfacies as plate 10. Mouilah section, upper Serpukhovian, 24907, X 40.***



MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)



## Planche 12

## Microfaciès 10 b (MFCR 10 b)

**Fig. 1,2,4-** Dolomicrite silteuse à pseudomorphes d'évaporites disposés en cristaux grossièrement hexagonaux (voir flèches) soulignés par des oxydes de fer. Microfaciès MFCR 10b. Milieu de sebkha. Coupe de Hassi Taïbine, Bashkirien, éch. 22739, X 40.

***Silty dolomicrite with pseudomorphosed evaporites (see hexagonal crystals, arrows) underlined by iron oxides. MFCR 10b Microfacies. Sebkh environment. Hassi Taïbine section, Bashkirian, 22739, X 40.***

**Fig. 3-** Siltite, bioturbée, à péloïdes associé à un copeau finement lité constitué de dolomicrite silteuse. Présence de pyrite. Microfaciès MFCR 10b. Milieu de sebkha. Coupe de Hassi Taïbine, Serpukhovien supérieur, éch. 22731, X 40.

***Bioturbated peloidal siltstone showing a fine laminated chip composed of a silty dolomicrite. Presence of pyrite. MFCR 10b Microfacies. Sebkh environment. Hassi Taïbine section, upper Serpukhovian, 22731, X 40.***



## MICROFACIÈS ET MODÈLE SÉDIMENTAIRE DU CARBONIFÈRE DU BASSIN DE REGGANE (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)

