

# **LES CALCAIRES "GRIOTTES" ET FACIES ASSOCIES DU DEVONIEN SUPERIEUR DES ENVIRONS DE BENI-ABBES AU DJEBEL HECHE (SAOURA, ALGERIE) : ENVIRONNEMENTS ET IMPLICATIONS PALEOGEOGRAPHIQUES.**

**Miloud BENHAMOU\***, **Abdelkader ABBACHE\*\***, **Serge ELMI\*\*\***, **Larbi MEKAHLI\***, **Patrick RACHEBOEUF\*\*\***, **Abdelkader OUALI-MEHADJI\*** et **Kheïra BOUMENDJEL\*\*\*\***

## **RESUME**

Dans le bassin d'Ougarta, les terrains du Frasnien et du Famennien sont représentés par des calcaires noduleux rouges connus sous le vocable "griottes", riches en goniatites. Ils affleurent du Tafilalt-Maider au Maroc jusqu'au faisceau de la Saoura au Sud-Est. Cette extension dans l'espace est contrôlée par un évènement d'ordre régional qui trouve son moteur dans une activité tectonique ayant modelé la physiographie des bassins à faciès "griottes" en une paléogéographie insulaire. Ce faciès est semblable à ce qui est connu ailleurs au Mésozoïque sous l'appellation "Ammonitico-rosso"; il est parfois appelé "Goniatitico-rosso". Dans les deux cas, ces faciès sont affiliés à des dépôts de pentes du bassin profond, le long de la transition vers la plate-forme.

L'inventaire des faciès entrepris dans trois secteurs dans la vallée de la Saoura constitue un transect NW-SE montrant une diversité de faciès noduleux. Leur juxtaposition révèle des variations latérales importantes subordonnées à la configuration du bassin. L'intensité de la nodularisation dépend directement de la profondeur et de la bioturbation.

Le long du sillon de l'Ougarta, différents environnements et configurations physiographiques des "griottes" ont été déterminés. Il s'agit des calcaires à condensation de nodules rouges ou calcaires pseudonoduleux de plate-forme épicontinentale étroite et sa bordure - Marhouma et Ouarourout - et des séquences à prédominance argileuse dans la région de Fégaguira avec occasionnellement des décharges turbiditiques. Après le Frasnien, le régime extensif change et devient compressif. L'évènement fini-Famennien est marqué principalement par des sédiments silico-clastiques (enregistrés comme "Strunien").

---

\*Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire, Département de Géologie, IGMO, Université d'Oran, Es-Sénia, BP. 1524, 31000 Oran (Algérie). m\_benhamou@hotmail.com et l\_mekahli@hotmail.com

\*\*Centre Universitaire Mustapha Stambouli de Mascara. E-Mail : abbache2052001@yahoo.fr

\*\*\*Centre des Sciences de la Terre, Université Lyon 1, 69 622 Villeurbanne Cedex, France-UMR 5565 du CNRS. Serge Elmi @ Univ-lyon 1.fr.

\*\*\*\*Centre de Recherche et Développement (CRD), Avenue du 1er Novembre, Boumerdès, 35 000, Algérie.  
- Manuscrit déposé le 05 Septembre 2001, accepté après révision le 26 Novembre 2002.

La dynamique gravitaire identifiée dans la zone IV du Dévonien supérieur témoigne l'enregistrement d'une activité tectonique synsédimentaire sur les bords du bassin (flexures et failles) couplée à des mouvements eustatiques.

Il apparaît donc que les "griottes", dans le contexte régional, marquent le maximum de l'extension de la morphologie physiographique qui est liée aux contraintes hercyniennes.

**Mots-clés :** Griottes - Nodularisation - Bioturbation - Environnements - Physiographie - Contraintes hercyniennes - Dévonien supérieur - Famennien - Ougarta - Saoura - Algérie.

## **THE "GRIOTTE" LIMESTONES AND ASSOCIATED FACIES OF THE UPPER DEVONIAN FROM BENI-ABBES TO DJEBEL HECHE (SAOURA, ALGERIA): ENVIRONMENTS AND PALEOGEOGRAPHICS IMPLICATIONS**

### **ABSTRACT**

In the basin of Ougarta, the Frasnian and Famennian outcrops are represented by red nodulous limestones known as "griottes", rich in goniatites. They are found at Tafilalt-Maider in Morocco until the Saoura beam in the South-East. This extension is controlled by an event of a regional nature which finds its power in a tectonic activity having modelled the physiography of the basins with facies "griottes" in an insular paleogeography. They are the same environment as that one which is known "Rosso-Ammonitico" in Mesozoic and sometimes called "Goniatitico-Rosso". In both examples, these facies are linked to the slopes of deepening basins along their transition towards the platform.

The facies inventory undertaken in three sectors in the Saoura valley constitutes a transect NW-SE showing a diversity of nodulous facies. Their juxtaposition reveals significant lateral variations subordinated to the basin configuration. The intensity of the nodularisation directly depends on the depth and the bioturbation.

Along the Ougarta trough, different environmental and physiographic settings of the "griottes" and associated facies are known (calcareous condensed red nodular or pseudonodular limestones of the Marhouma and Ouarourout areas which indicate epicontinental platform; marly dominated sequences of the Fegaguira region). After the Frasnian, the extension regime change to compression and the ended Famennian event is mainly characterized by a silico-clastic sedimentation (recorded as "Strunian").

The identified gravitational dynamic in the Upper Devonian (IV zone) proves synsedimentary activity tectonic record in the borders of basin (flexures and faults) coupled by eustatic movements

Thus, it appears that the "griottes" mark, in the contexte regional, the climax of the physiographic extensional morphology and disappears with the occurrence of the hercynian constraints.

**Key words :** Griottes - Nodularisation - Bioturbation - Environments - Physiography - Hercynian constraints - Upper Devonian - Famennian - Ougarta - Saoura - Algeria.

## I - INTRODUCTION

Les Monts d'Ougarta (fig. 1), d'allongement NW-SE, sont caractérisés par des reliefs de moyenne altitude (250 m environ), de morphologie appalachienne (Conrad, 1970; Aït Kaci, 1990). Ces monts, leurs prolongements vers le Sud par le chaînon de Kerzaz et la vallée de la Saoura au Nord-Est constituent le faisceau de la Saoura. Parallèlement, à l'Ouest se développe le faisceau de la Daoura (Menchikoff, 1932; Donzeau, 1983). Ces faisceaux apparaissent dans le prolongement du Tafilalt et du Maïder. Toutefois leur raccordement avec ces régions de l'Anti-Atlas est masqué par les plateaux des Kem-Kem et la Hamada du Guir. Sur le plan structural, ces faisceaux constituent la partie septentrionale d'une zone de jonction entre le bouclier Reguibat à l'Est et le prolongement vers le Nord du Bouclier Touareg (Fabre, 1983).

La série paléozoïque, discordante sur un socle précambrien à Cambrien basal, affleure large-

ment dans les faisceaux de la Daoura (Cambro-Ordovicien) et de la Saoura (Cambrien-Carbo-nifère inférieur) où se situe le secteur du «km 30» ou encore celui de «Marhouma» dans lequel nous avons levé notre coupe du faciès «griottes» qui constitue le membre supérieur de la «Formation du Cheffar el Ahmar» définie par Ch. Bastien (1967) et dont l'âge Frasnien, établi par N. Menchikoff (1932), a été confirmé par J. Fabre (1976, 1983); K. Boumendjel *et al.*, (1997). Pour la clarté de l'exposé, la coupe de Ouarourout (Elmi et Ameur, 1984) qui se trouve à 5 km en amont de Béni-Abbès, sur la rive droite de la Saoura a été utilisée uniquement pour des comparaisons paléogéographiques. Dans le secteur de Hassi Fegaguira, situé à 250 km au Sud Est de Béni-Abbès, nous avons levé la coupe dans les "Argiles rouges"; elle est fort intéressante du point de vue corrélation et environnement. Elle est représentée par un ensemble très épais pouvant atteindre 800 m. Elle comprend la «Formation des calcaires de Larbi» d'âge Frasnien et un équivalent de la «Formation des argiles de Temertasset» d'âge Famennien (Legrand, 1968).

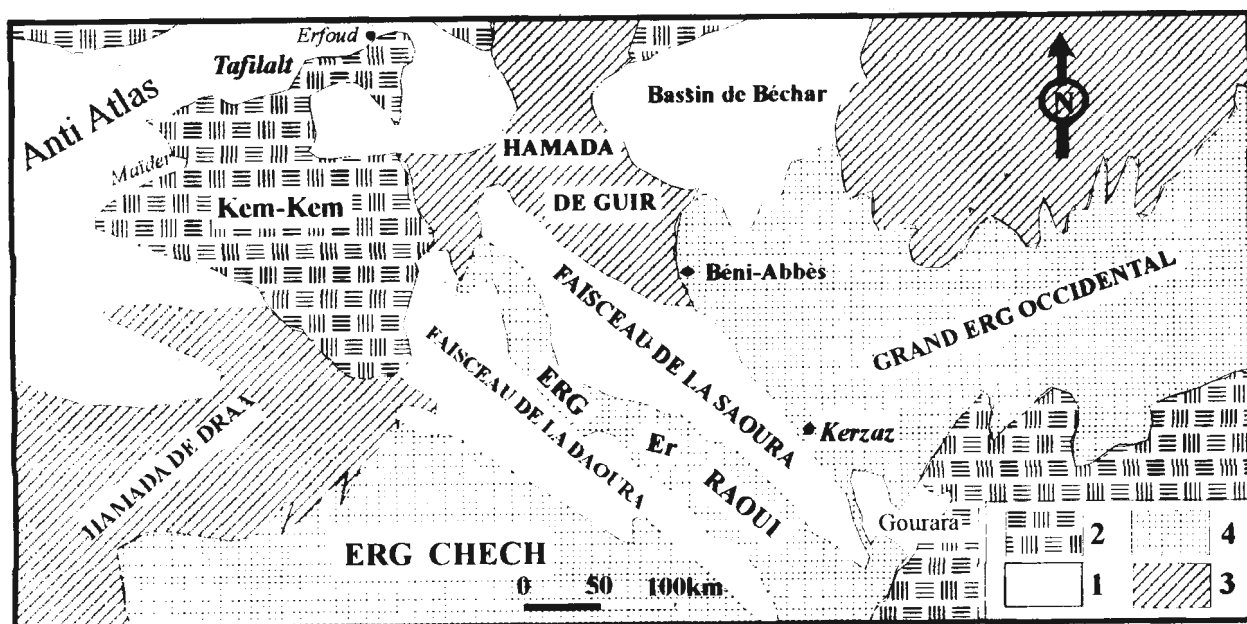


Fig. 1 - Situation géographique et géologique des Monts d'Ougarta (in. Aït Kaci, 1990 ; modifiée)

*Geographic and geologic situation of the Ougarta mountains*

Le caractère fondamental de ce faciès est l'abondance des structures noduleuses dans les bancs calcaires qui s'étendent du Tafilalt et du Maïder (Anti-Atlas) au Nord jusqu'aux Monts d'Ougarta au Sud-Est. Cette extension dans l'espace est contrôlée par un événement d'ordre régional qui trouve son moteur dans une activité tectonique ayant modelé la physiographie des bassins à faciès «griottes» en une paléogéographie insulaire (Seyfried, 1983) suite à un alignement de hauts fonds sur les charnières paléogéographiques (Elmi et Ameur, 1984) avec des épisodes d'émersions locales telle la région d'Erfoud dans le Tafilalt (Wendt *et al.*, 1984) et Marhouma dans l'Ougarta (Abbache, 2001)

## II - FACIES "GRIOTTES" DE LA REGION DE BENI-ABBES.

Du point de vue biostratigraphique, les coupes présentées ici ont été étudiées antérieurement par G. Petter (1952 et 1959) qui en a établi le découpage stratigraphique à l'aide des Gonia-tites. Grâce à une succession ininterrompue de faunes d'Ammonoïdés, on a pu y retrouver toutes les zones principales, distinguées en Allemagne, et selon les conclusions de N. Menchikoff (1933, p. 119), la région de la Saoura peut devenir une des régions classiques pour l'étude du Dévonien moyen et supérieur. J. Le Fèvre (1971) a étudié les Ostracodes de l'intervalle Emsien-Givétien de la coupe du km 30 et J.G. Casier (1982, 1983) y a signalé plusieurs espèces d'Ostracodes dans l'extrême sommet du Givétien, le Frasnien, la base du Famennien et concluant (1983, p. 200) que la zonation biostratigraphique établie par les *Entomozoacea* est applicable au Frasnien et à la base du Famennien du Sahara algérien.

L'étude sédimentologique des calcaires "griottes" n'avait jamais été analysée en détail et aucune coupe précise n'avait été donnée alors que des études approfondies restent nécessaires afin de comprendre la paléogéographie locale et la replacer dans le contexte régional.

### 1 - Le faciès "griottes" dans la coupe d'Ouarourout

La coupe d'Ouarourout à 5 km en amont de Béni-Abbès se trouve sur la rive droite de la Saoura (fig. 2A). L'affleurement se suit sur une assez grande distance au pied de la falaise, en amont et en aval d'Ouarourout. Ici, le Dévonien supérieur est affecté d'un plissement anticlinal très net. Il est recouvert par le Néogène en discordance angulaire (pl. 1; fig. 1).

Le faciès "griottes" de la coupe d'Ouarourout, est épais de 40 m et correspond à une alternance monotone de calcaires noduleux en bancs de 0,05 m à 0,10 m d'épaisseur (fréquents) rarement 0,20 m, de couleur ocre parfois verdâtre et de marnes grises à vertes en interlits ou encore en combs décimétriques, où seules les caractéristiques de détails (nodules ou pseudonodules, épaisseurs des termes calcaires ou marneux, récurrences des bancs calcaires) peuvent être appréhendées. S. Elmi et M. Ameur, 1984, fig. 10, p. 18-19) ont reconnu cinq faciès principaux: (1) marnes laminées dans la moitié inférieure; (2) marnes à septarias; (3) nodules à distribution anarchique dans les marnes dans la moitié supérieure. Certains nodules sont le résultat de la bioérosion des bancs calcaires et ils correspondent à des "nodules résiduels". Leur disposition horizontale a été souvent régie par l'activité organique et par des organismes endobiontes; (4) calcaires micritiques ocres et homogènes; leurs surfaces sont de deux types : hard-ground et firm-ground. Elles sont le résultat de la bioérosion et la bioturbation; (5) calcaires pourpres noduleux; les nodules sont distribués dans des bancs centimétriques séparés par de fins (millimétriques) lits de marnes ou d'argiles.

Ces faciès «griottes» sont généralement caractérisés par leur richesse en fossiles (goniatites, orthocères, bivalves, radioles d'oursins, tiges de crinoïdes...) souvent pyritisés. Le microfaciès correspond à une pelbiomicrite argileuse de texture mudstone à wackestone, avec

parfois quelques décharges silto-chloriteuses ou des ostracodes. Les traces de stylolithisation, de strictions s'observent occasionnellement et sont souvent soulignées par des liserés argileux.

## 2 - Le faciès "griottes" dans la coupe de Marhouma

En longeant la Saoura, la palmeraie de Marhouma (fig. 2A), adossée au Grand Erg occidental, se trouve à 25 km au SSE de Béni-Abbès. La coupe appelée communément coupe du Km 30 ou de Marhouma est située à une trentaine de kilomètres au SSE de Béni-Abbès, de part et d'autre de la Route Nationale RN 6 qui relie Béchar à Adrar et se trouve donc en fait au Sud de la localité de Marhouma. Des faciès particuliers de la zone III et IV du Faménien y sont observés. La zone III est subdivisée en trois termes (A, B et C; fig. 2B) :

- *Les "Calcaires à encroûtement stromatolithiques" (12 m; A)*. Il s'agit de calcaires en bancs centimétriques (0,10 à 0,20 m) pseudonoduleux, gris-verdâtre, riche en entroques (pl. 3; fig. 1), admettant quelques niveaux décimétriques de marnes feuilletées violacées à la partie inférieure, dépourvues de grumeaux. Les bancs sont encroûtés par une surface stromatolithique et/ou par un banc centimétrique (2 à 4 cm) de calcaire compact à oncolithes ferro-magnésiens (pl. 3; fig. 2). Dans la moitié supérieure, les marnes admettent de minces passées de calcaires argileux à grumeaux stratiformes ou de marnes indurées et feuilletées. Cet ensemble se termine par une dalle (0,15 m) de calcaires contenant des oolithes associées à des grains rouges bien roulés; il est riche en brachiopodes de petite taille.

Chaque banc calcaire contient des encroûtements évoluant à un faciès à oncolithes et présentant des hard grounds "avortés" sur un haut fond très peu profond, ouvert sur la mer franche et épisodiquement émergé (Abbache 2001)

comme c'est le cas dans la région d'Erfoud au Tafilalt (Wendt *et al.*, 1984; Wendt et Aigner, 1985; Wendt, 1988). Il s'agit d'un tapis stromatolithique, ferro-magnésien, d'épaisseur millimétrique, qui se développe au toit des calcaires en voie de nodularisation due à la bioturbation et au ralentissement de la sédimentation dans un milieu peu profond (Elmi, 1981). La présence des entroques, allochtones, indique probablement un environnement de haut fond balayé par des courants violents et irréguliers qui démantèlent en totalité une prairie à crinoïdes (Abbache *et al.* 2002). Ces caractéristiques sédimentologiques indiquent un environnement de plate-forme épicontinentale étroite.

- *Les "Calcaires pseudo-noduleux" (13,50 m; B)*. Ils débutent par un empilement (pl. 3; fig. 2). dense et irrégulier de bancs calcaires continus, à surface bioturbée, légèrement argileuse, compacts ou délités (0,10 à 0,15 m) et de lits marneux (0,01 à 0,03 m) à grumeaux. C'est un calcaire franchement pseudo-noduleux (pl. 3; fig. 2) La surface sommitale est constituée par des plaquettes grumeleuses, sculptées par une bioturbation intense (pl. 3; fig. 3). Il est affecté par une bioturbation sans être suivie par une désagrégation du banc encore plastique. Ces calcaires contiennent une faune bien conservée et naine: goniatites, orthocères, bivalves et gastéropodes. Les niveaux marneux augmentent d'épaisseurs vers le haut (1 à 3 cm) où ils admettent des lits calcaires à menus bioclastes qui ménagent un passage au terme franchement marneux. Ce faciès pseudonoduleux de texture mud- à wackestone traduit des conditions de sédimentation pélagique légèrement agitée subissant de temps à autre des influences néritiques dans l'amont de la bordure de la plate-forme.

- *Les "Calcaires noduleux" (12,50 m; C)*. Ils correspondent à un faciès argileux à bancs calcaires noduleux (pl. 3; fig. 4 et 5). La surface supérieure des bancs est réarrangée et sculptée par une intense bioturbation qui pénètre plus ou moins profondément dans le sédiment. Cette

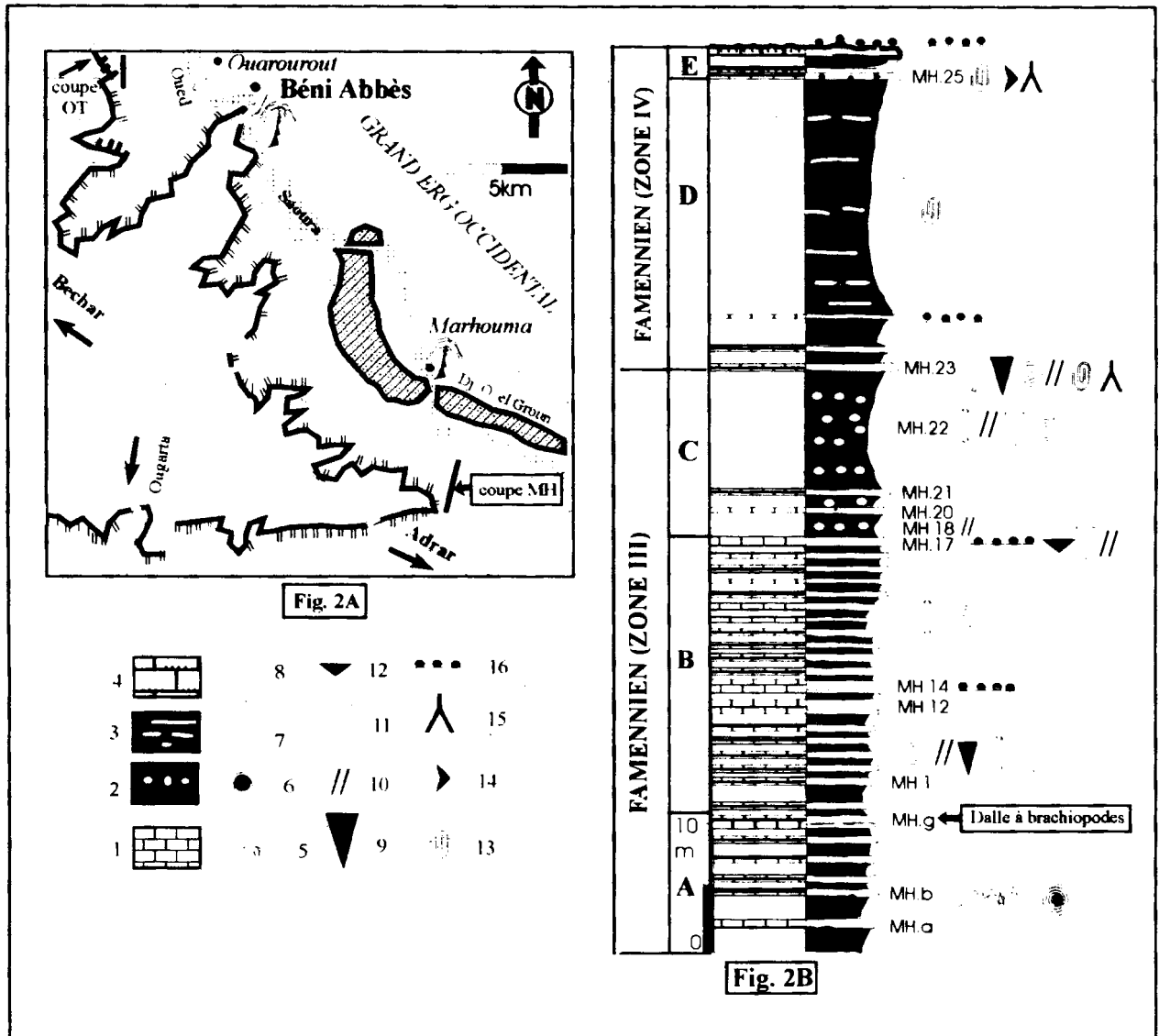


Fig. 2 - Situation (2A) et coupe de Marhouma (MH; 2B) montrant la succession lithostratigraphique et sédimentologique

**Marhouma situation (2A) and section (2B) showing lithostratigraphic and sedimentologic succession.**

1- Calcaires "griottes" pseudonoduleux (*pseudonodular "griottes" limestones*); 2- Marnes à grumeaux (*grumous marl*); 3- Marnes à interlits calcaires feuilletés (*marly interbedded with foliated limestones*); 4- Niveaux calcaires silteux (*silty limestones*); 5- Encroûtements stromatolithiques (*stromatolitic incrustations*); 6- Oncolithes (*oncolites*); 7- Goniatites (*goniatites*); 8- Trilobites (*trilobites*); 9- Orthocères (*orthoceres*); 10- Bivalves (*bivalves*); 11- Gasrérópodes (*gastropods*); 12- Brachiopodes (*brachiopods*); 13- Traces d'organismes (*organic traces*); 14- Flute-casts (*flute casts*); 15- Frondescent-marks (*frondescent marks*); 16- Surfaces sculptées (*sculptured surfaces*).

MH marque la position de la coupe dite de Marhouma (MH marks the position of the Marhouma section). OT : coupe de Ouarourout, in S. Elmi et M. Aneur (1984); OT : Ouarourout sectin in S. Elmi and M. Aneur (1984)

pénétration va démanteler le banc en nodules (pl. 3; fig. 5 et 6). Ces derniers sont enrobés d'un film d'argile ferro-magnésienne; ils confèrent alors à la roche une structure noduleuse en «puzzle» à consistance compacte. Le phénomène de nodularisation est peut être accentué par un processus mécanique (voir, pl. 3) : (boudinage; fig. 4), compression-striction (fig. 5 et 6), cisaillement-stylolithisation (fig. 7). Il en résulte un aspect noduleux avec des surfaces supérieures de bancs sculptées. Ce type de faciès montre des nodules fusiformes (fig. 5), très étirés dont les extrémités ont tendance à s'enrouler en volutes, ainsi que les filaments (fig. 8) plus ou moins anastomosés du bioturbat argileux; ce qui témoigne d'un matériel extrêmement plastique et de phénomènes de glissement sur le fond (Abbache *et al.* 2002).

Il apparaît que ces formations à faciès noduleux résultent du dépôt sur de faibles pentes, d'alternances marno-calcaires, dans un contexte sédimentaire relativement instable; cette instabilité entraîne un léger déplacement des sédiments qui provoque la dislocation des niveaux carbonatés en voie de lithification mais préalablement stylolithisés.

La zone IV du Famennien est subdivisée à son tour en deux termes (D et E) :

- *Les "Marnes à interlits calcaires grumeleux" (17,50 m; D)* . Il s'agit de marnes à interlits de calcaires rouges (2 à 5 cm) qui s'effilochent pour en donner des nodules isolés ou grumeaux. Les marnes sont violacées à empreintes de bivalves à tests minces rappelant le genre *Posidonomya*, associés à une faune de petite taille : goniatites, orthocères, brachiopodes et trilobites.

- *Les "Marnes à interlits calcaires silteux" (2 m; E)*. Elles correspondent aux marnes, de teinte verdâtre, admettant de fines alternances, décimétriques, de calcaires silteux, rougeâtres et d'argiles brun-verdâtre délitées en plaquettes; la surface supérieure de ces niveaux contiennent

des figures sédimentaires : groove-mark, flute-cast, frondescant-marks et des traces de pistes. Les niveaux délités sont parfois perturbés par des slumps.

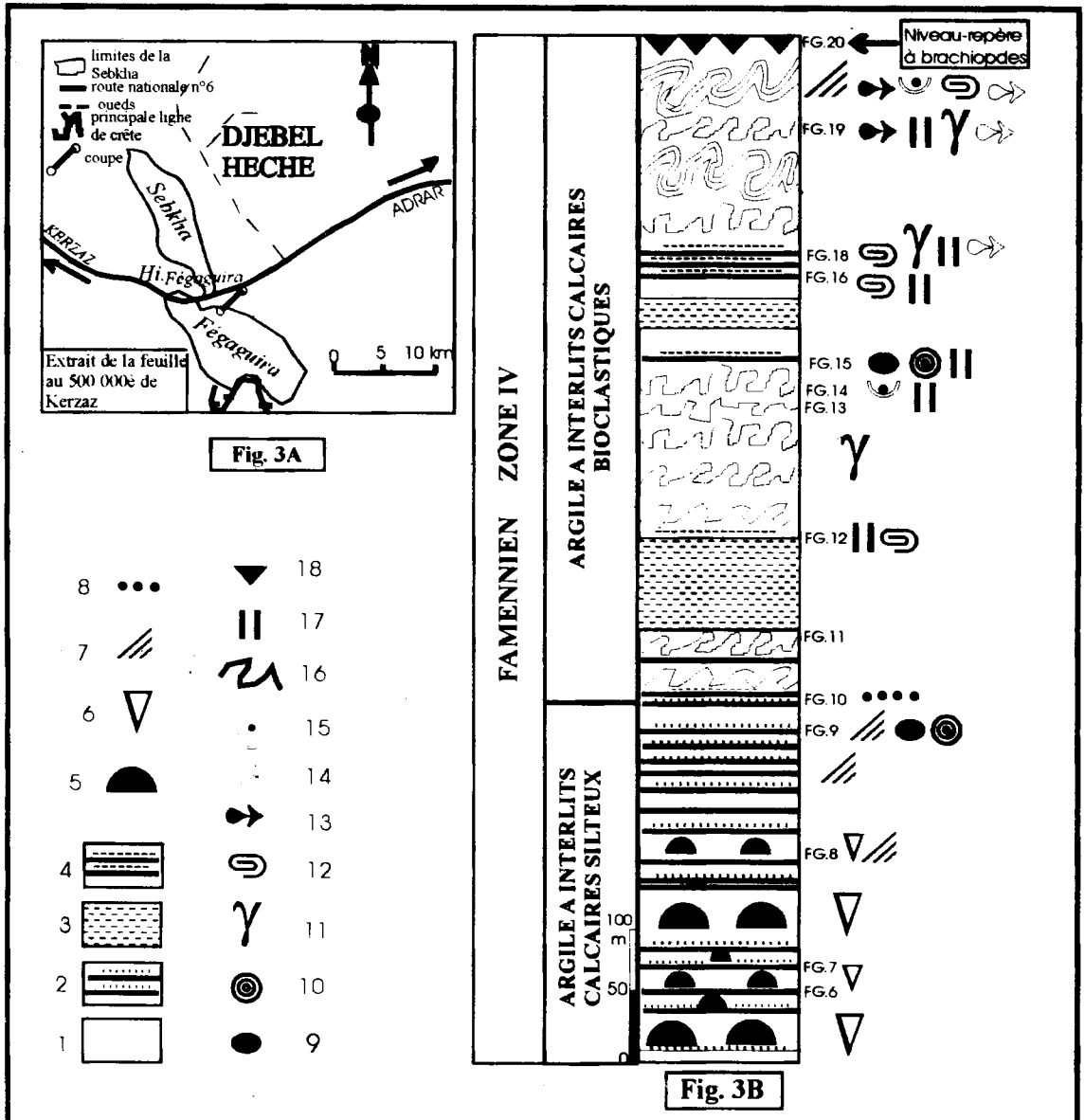
Ces indications de faciès de la zone IV et figures sédimentaires associées indiquent des conditions de sédimentation dans un environnement du bas de talus plus ou moins instable.

Il faut également souligner l'importance des courants de transport (au voisinage de la zone de dépôt) et d'érosion. En ce qui concerne la mise en place des grumeaux, à matériel fin (détritique et carbonaté), elle s'est réalisée sous l'influence du courant (turbide proximale) comme en témoigne la présence des figures directionnelles. Il s'agit d'un matériel ayant probablement subi une diagénèse tardive (calclutite à quartz silteux) qui a été déplacé par des glissements le long d'une pente mobile où la subsidence est très active.

### III - LES FACIÈS ASSOCIÉS : "ARGILES ROUGES" DE FEGAGUIRA (FIG. 3)

Au pied du Djebel Hèche (fig. 3A), Hassi Fégaguira est à 250 km au Sud Est de Beni-Abbès. Le Dévonien supérieur dans ce secteur est représenté par un ensemble très épais pouvant atteindre 800 m. Il comprend la «Formation des calcaires de Larbi» et un équivalent de la «Formation des argiles de Temertasset». La première est d'âge Frasnien, la seconde d'âge Famennien. Certaines subdivisions du Famennien peuvent y être reconnues (Legrand, 1968). Deux ensembles sédimentologiques y sont distingués (fig. 3B) :

- *Les "Argiles à niveaux calcaires silteux" (330 m)* : Elles présentent une masse d'argiles feuilletées ou schisteuses lie-de-vin (pl. 2; fig. 1), à interlits parallèles de calcaires silteux centimétrique (0,03 m à 0,05 m); elles admettent



**Fig. 3-** Situation (3A) et coupe de Fégaguirra (3B) montrant la succession lithostratigraphique et sédimentologique

**Fégaguirra Situation (3A) and section (3B) showing the lithostratigraphic and sedimentologic succession**

- 1- Argiles rouges (*red clays*); 2- Argiles à interlits calcaires silteux (*clays with interbedded silty limestones*); 3- Argiles feuilletées (*foliated clay*); 4- Argiles à interlits calcaires bioclastiques (*clay with interbedded bioclastic limestones*); 5- buttes à cône-in-cône (*buttes with cone-in-cone*); 6- cône-in-cône (*cone-in-cone*); 7- Stratifications obliques (*oblique stratifications*); 8- Granules ferrugineux (*ferruginous granules*); 9- Septarias (*septaria*); 10- Concrétions (*concretions*); 11- Frondescent-marks (*frondescent marks*); 12- Pistes (*traces*); 13- Flute-casts (*flute casts*); 14- Skip-marks (*skip marks*); 15- Slumps (*slumps*); 16- Bioclastes (*bioclasts*); 17- Brachiopodes (*brachiopods*).

FG marque la position de la coupe dite de Fégaguirra (FG marks the position of the Fégaguirra section)



de petites tertres (buttes) d'extension très limitée (0,80 m à 1 m) et épaisse de (0,20 m à 0,50m). Ces buttes d'argiles sont composées de cône-in-cône (épais de 5 cm) (pl. 2; fig. 2) sur lesquelles on trouve un horizon d'ordre centimétrique (0,01 m à 0,05 m) de calcaires rouges silteux, à stratifications obliques; ils sont considérés comme des turbidites distales. A 30 m du sommet de cet ensemble, on a levé des niveaux à septarias à pâte fine et à concrétions (pl. 2; fig. 3) surmontant une alternance d'argiles et de calcaires feuilletés qui est clôturée par un niveau calcaire à stratifications obliques, contaminés par des détritiques terrigènes à grains arrondis d'ordre millimétrique (0,5 mm à 1mm) et la surface supérieure est parsemée de granules ferrugineuses.

L'existence de mouvements famenniens est matérialisée dans les dépôts argileux par des intercalations silteuses à gréseuses fines; cet apport quartzeux, correspond probablement à l'abrasion sous-marine de reliefs cambro-ordoviciens situés plus au Sud. Ces reliefs ont été soumis à une érosion active provoquée par un jeu tectonique positif (en tout cas post-givétien). Ces dépôts se sont déposés plus loin dans le large dans une zone distale à turbidite calme dans d'étroites zones subsidentes jouant en gouttières avec des conditions plus ou moins anoxiques comme en témoigne la présence de faunes naines et le développement des faciès argileux.

- les "Argiles à niveaux calcaires slumpés" (460 m), (pl. 2 ; fig. 4) : cet ensemble se présente comme une fine alternance d'argile pourprée et de niveaux de calcaires feuilletés rougeâtres de (0,10 m à 0,15 m) silteux, légèrement bioclastiques et à stratifications obliques. La surface des niveaux calcaires contient des figures directionnelles : des figures d'affouillement « flute-cast», « groove-cast»; des figures d'impacts « skip-cast», associées à des figures de ruissellement « frondescent-marks» et à des pistes avec des perforations à remplissage de

grains détritiques. Des «mud ball» repris dans les contournements sont à signaler. Les derniers niveaux carbonatés sont lumachelliques, indurés, finement gréseux et pétris de petits bivalves et d'articles de crinoïdes ; accessoirement certains microlits sont riches en gastéropodes et fins débris. A 20 m du sommet, un paquet d'alternance (= olistostrome) très contourné est repris dans la masse des slumps de teinte beige à verdâtre. Le dernier niveau calcaire silteux est riche en brachiopodes monospécifiques de petite dimension, marquant ainsi un niveau de type "concentration événementielle" au sens de S.M. Kidwell (1991a) et contenant les mêmes figures sédimentaires. Il s'agit d'un matériel probablement encore plastique (calcilutite à quartz silteux) qui a été déplacé par des glissement le long d'une pente mobile où la subsidence est très active. Ces contournements se sont déclenchés quand les mouvements brutaux et rapides affectant la partie amont du talus penté. Cette organisation témoigne bien d'une sédimentation déclive (Elmi, 1981; Abbache *et al.*, 2002). Les considérations sédimentaires soulignent l'importance des courants de transport (au voisinage de la zone de dépôt) et d'érosion. En ce qui concerne la mise en place du matériel fin (détritique et carbonaté), elle s'est réalisée sous l'action du courant (turbide proximal) comme en témoigne la présence des figures directionnelles. Le matériel détritique croît à mesure que l'on s'approche du sommet de la formation du Famennien (Zone IV) affectée par des fentes de dessiccation et des empreintes de gouttelettes de pluie témoignant d'une émergence temporaire.

#### IV - DISCUSSIONS ET RESULTATS : ENVIRONNEMENTS ET PALEOGEOGRAPHIE

Les bordures du sillon d'Ougarta étaient soumises, durant le Frasnien-Famennien, à une sédimentation particulière connue sous le vocable «Griottes». Ce faciès est semblable à ce qui est connu ailleurs au Mésozoïque sous l'appellation

«Ammonitico-rosso calcaires d'Aubouin» (1964); il est parfois appelé «Goniatico-rosso» pour le Paléozoïque. Dans les deux cas, ces faciès sont affiliés à des dépôts de pentes du bassin profond, le long de la transition vers la plate-forme.

Avant d'aborder le problème de l'évolution sédimentologique des calcaires noduleux, il paraît utile d'explicitier l'origine du terme : «griottes».

Leur nomenclature et leur interprétation ont provoqué de nombreuses polémiques et controverses. F. Boyer *et al.*, (1968) considèrent les « véritables griottes » comme des calcaires noduleux rouges, d'âge Famennien, dont les nodules, séparés par une matrice argileuse, sont riches en petites coquilles d'Ammonoïdés. Pour J. Aubouin (1964), les griottes définis dans le cycle orogénique hercynien sont l'équivalent probable, des faciès «Ammonitico-rosso» du cycle alpin. Ces faciès se seraient déposés au début des mouvements orogéniques. Selon R. Mirouse (1966), les « griottes » dévoniens se seraient déposées dans une mer peu profonde à fond instable, à proximité immédiate d'aires exondées, c'est à dire durant le maximum de régression marine. Le débit noduleux du calcaire serait dû à un phénomène de boudinage. Pour F. Boyer *et al.* (1968), la texture noduleuse a une origine précoce, contrairement à G. Barouquère *et al.* (1969) qui considèrent que cet aspect est inhérent à des déformations tectoniques affectant un matériel rythmique argilo-calcaire. Selon W. Franke et O. Walliser (1983), les calcaires pélagiques varisques, à sédimentation lente, se seraient déposés à proximité d'une mer ouverte et correspondraient à une sédimentation de transition entre les environnements de type bassin et ceux de type néritique. Le faciès «griotte» semble dépendre étroitement de la physiographie du bassin et non de la profondeur comme le souligne S. Elmi (1978 b et 1979) et H. Seyfried (1980). A propos de la série briançonnaise, M.

Bourbon (1980), rappelle que les «griottes» occupent une place privilégiée lors de l'évolution verticale des marges stables. Dans la littérature pyrénéenne, le terme griotte est toutefois employé dans un sens plus large pour désigner des calcaires amygdalaires plus ou moins colorés du Dévonien ou du Carbonifère.

Les travaux de J. Casier (1983), M. Bourbon (1982) et S. Elmi, (1981), consacrés à la genèse des calcaires noduleux, montrent la diversité des phénomènes responsables de la nodularisation. Les interprétations sont multiples : la théorie de la subsolution, la diagenèse différentielle, le boudinage, la bioturbation et le remaniement. Ces types de faciès sont liés à l'évolution du bassin; leur extension paléogéographique est limitée à des périodes précises dans des bassins aussi éloignés que les Monts d'Ougarta et la Montagne Noire (France) ou encore dans le Lias supérieur du pourtour téthysien.

La bathymétrie est un des aspects les plus discutés de la genèse des calcaires noduleux rouges. Pour certains auteurs, ce sont des dépôts de grande profondeur (Garrison et Fischer, 1969). Pour d'autres, ils se sont au contraire formés sous faible tranche d'eau (Farinacci, 1967). D'autres, enfin, acceptent des profondeurs intermédiaires (Jenkyns, 1974). Concernant la bathymétrie les arguments directs nous offrent des indications sur les conditions qui régnaient dans le bassin. Par ailleurs S. Elmi (1978b, 1979) et H. Seyfried, (1980) concluent que la physiographie importe plus que la profondeur. Par contre, l'étude des faciès associés, des hard-grounds et du contexte paléogéographique régional, permet de tirer des conclusions qui tiennent compte des modèles de sédimentation actuelle. Les conditions et les environnements de dépôt généralement admis pour ce type de formations vont dans le sens de l'interprétation globale émise par L. Greiling (1967) pour des faciès connus dans le Dévonien supérieur

en Allemagne. Les caractéristiques sédimentologiques et faunistiques (principalement pélagiques) de cette formation condensée avec le remplissage intermittent, la bioérosion des coquilles, la présence de «hard grounds» et l'existence de fréquentes discontinuités dans la séquence ainsi que le faible taux de sédimentation suggèrent une plate-forme de faible profondeur (Abbache, 2001) qui ne dépasse pas les cent mètres (Wendt, 1988).

L'environnement des faciès «griottes» dans le secteur d'étude (fig. 4) correspond au milieu de bassin (tranche pélagique) soumis à des restrictions de la circulation des eaux comme semble le montrer les organismes pyritisés et les formes naines, mais sans aucune valeur bathymétrique car ces faciès se développent aussi bien sur les hauts fonds que sur les pentes (Elmi et Ameur, 1984). Sur le plan géodynamique, le faciès «griottes» implique une phase de vacuité. Cette dernière est liée à une activité tectonique particulière contemporaine d'une phase distensive. Cette structuration est inhérente à l'effritement de la marge nord-ouest du Gondwana (Wendt, 1985). Cet effritement n'est pas lié à une seule période, car il s'étend jusqu'au Trias et se manifeste donc par épisodes dont un seul favorise les faciès noduleux. Cet épisode est à décrypter sur le plan géodynamique interne car il semble être lié à des phases prémonitoires d'une orogénèse (hercynienne pour les «griottes»).

L'intensité de la nodularisation dépend directement de l'épaisseur des lits calcaires par la bioturbation. On note aussi que l'augmentation de la fréquence des bancs calcaires noduleux s'accompagne d'une multiplication des surfaces d'arrêt de sédimentation favorable à l'activité des organismes benthiques fouisseurs. On peut ainsi établir qu'il y a relation entre teneur en carbonates, ralentissement de la sédimentation, activité des organismes fouisseurs et nodularisation. Dans ce cas, le ralentissement de la

sédimentation ne correspond probablement pas à une diminution de la profondeur, mais à un aplanissement momentané de la morphologie locale et donc à un «stade de vacuité» (Elmi, 1981a; Elmi et Ameur, 1984).

Par sa position pré-saharienne, l'Ougarta se caractérise par son instabilité ou les à-coups de la subsidence, depuis le Silurien jusqu'au Strunien. C'est au Dévonien supérieur que des mouvements épigénétiques importants se sont produits. Dans cette zone, après un considérable ralentissement durant le Dévonien moyen, la subsidence reprend et s'affirme durant le Frasnien (100 à 150 m) pour s'accroître au Famennien (700 à 800 m; Strunien inclus). L'érosion pré-famennienne est prouvée. Cette phase tectonique très étalée dans le temps prouve que de nombreux reliefs subissant des émergences saccadées ont existé. Ces reliefs alimentaient les faciès néritiques à céphalopodes par du matériel remanié, qui vient perturber momentanément la sédimentation calcaréo-argileuse. Ces observations nous ont permis de mieux comprendre certains environnements très particuliers (oncolithes, faciès oolithiques, encrinites gréseuses, griottes ferrugineux, calcaires extrêmement détritiques). Ces types de dépôts nous semblent confirmer la proximité des marges du bassin de l'Ougarta; marges qui ont dû être particulièrement instables durant le Dévonien, comme il a été souligné au Tafilalt (Massa *et al.* 1965). Les événements caractéristiques d'écoulement sont dus à l'activité de failles d'escarpement qui génèrent probablement les dépôts turbiditiques sur la bordure de l'ombilic. Le mécanisme qui déclenche l'écoulement ou l'effondrement de grandes masses de matériel est dû probablement aux mouvements brusques de failles qui ont joué pendant la surrection de l'orogénèse hercynienne dans cette zone. Des phénomènes à «débris-flow» et des slumps ont été décrits également dans le Frasnien supérieur-Famennien inférieur dans la région de Maider (Maroc) (Wendt et Aigner, 1985).

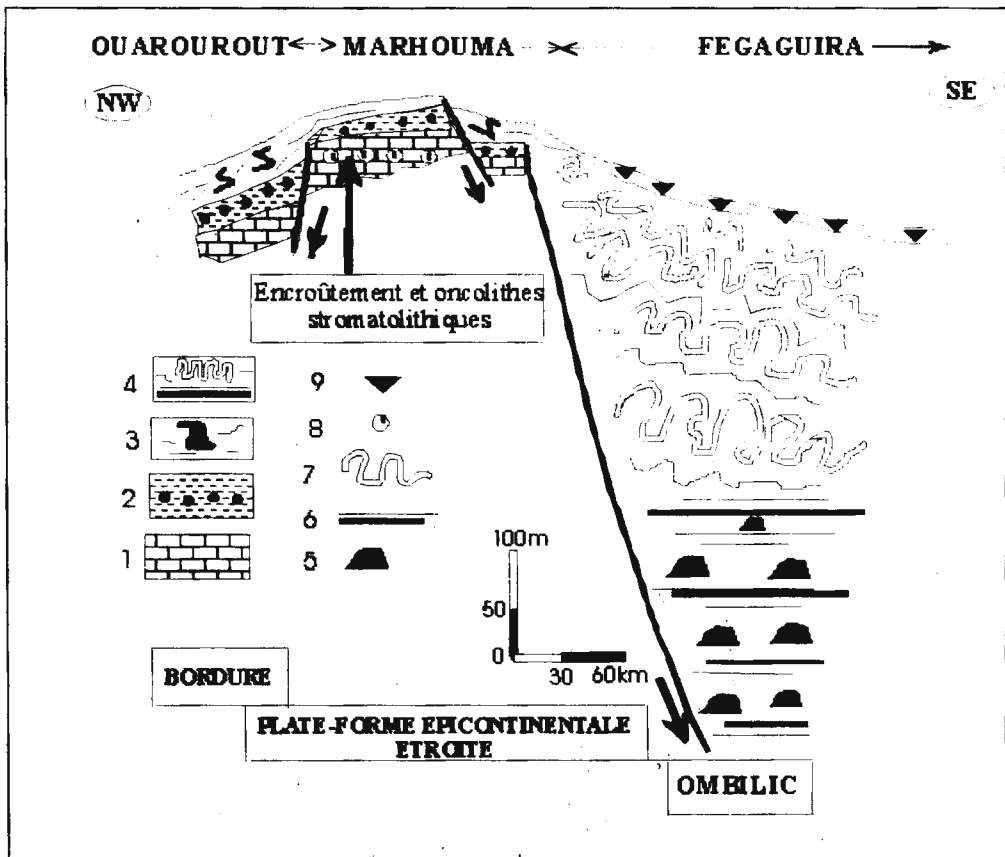


Fig. 4 - Reconstitution paléogéographique et environnementale des calcaires «griottes» et faciès associés le long du cahñon de Kerzaz (Monts d'Ougarta)

***Paleogeographic and environmental reconstitution  
of «griottes» limestones and associated facies all along Kerzaz link***

- 1- Calcaires «griottes» pseudonoduleux et noduleux (*pseudonodular and nodular «griottes» limestones*);
- 2- Marnes grumeleuses (*grumeleous marls*);
- 3- Marnes à interlits calcaires grumeleux et calcaires silteux slumpés (*marls with interbedded grumeous limestones and slumped silty limestones*);
- 4- Argiles rouges de Fégaguira (*red clays of the Fégaguira*);
- 5- buttes à cône-in-cône (*buttes with cone-in-cone*);
- 6- Niveaux calcaires silteux (*silty limestones layers*);
- 7- Niveaux calcaires bioclastiques contournés (*distorted bioclastic limestones layers*);
- 8- Encroûtements et oncolithes stromatolithiques (*stromatolitic incrustations and oncolites*);
- 9- Niveaux à brachiopodes (*brachiopods layers*).

Il faut noter une grande lacune d'observation entre Marhouma et Fégaguira . L'extrapolation faite sur la figure exprime les variations latérales de faciès et d'épaisseur.

## V - CONCLUSION

En conclusion, la genèse des calcaires noduleux est le résultat de l'interaction de facteurs physiques (actions des courants), biologiques (bioturbation) et chimiques (cimentation, dissolution). Le hardground qui tapisse les bancs pseudonoduleux montre des structures stromatolithiques, des croûtes limonitiques ou ferro-magnésiennes et du matériel édaphique. Ces faits suggèrent un dépôt dans une mer peu profonde; ils pourraient même avoir été submergés voire même émergés pendant quelques temps. H.C. Jenkyns (1971 b) interprète les bancs condensés à stromatolithes comme des dépôts de zone photique. Le hard-ground de Marhouma serait de type sea-mount au sens de F.T. Fürsich (1979).

Le long des Monts d'Ougarta, le contexte paléogéographique régional et les différents environnements des «griottes» et faciès associés sont reconnus. Les calcaires noduleux passent à des calcaires de plate-forme marine peu profonde vers le bord externe du bassin, alors que, vers le bassin, ils passent à des faciès d'ombilic sur un fond en pente douce. Il s'agit de faciès à épandage carbonaté et détritique silteux de type «apron» qui s'installe en bas de pente, à la limite d'une paléopente continentale à regard sud (Benabdelouahad *et al.*, 2002).

La dynamique gravitaire identifiée dans le Dévonien supérieur de la Saoura apparaît comme l'enregistrement d'une activité tectonique synsédimentaire sur les bords de bassins (flexures et failles) couplée à des mouvements eustatiques (Abbache *et al.*, 2002).

On conclut que les « griottes » apparaissent pendant la réalisation de la physiographie du bassin et disparaissent avec les contraintes hercyniennes (Benhamou *et al.*, 1999, 2000). Les « griottes » sont liés à des marges en extension. Les faciès varisques : «Orthocératitico-Rosso» et « Goniaticitico-Rosso» occupent pour cette période la même place que les «Ammonitico-Rosso» pour la période alpine. «Ammonitico-

Rosso» et «Orthocératitico-Rosso» hétérochrones (Cecca *et al.*, 1992) sont caractéristiques d'un stade d'évolution et de constitution d'une marge en distension, c'est à dire, par comparaison avec l'actuel, de type Atlasique (Bourrouilh, 1981).

**Remerciements :** Nous tenons à remercier Monsieur Fawzi Borsali, (Professeur au département d'Anglais) et Mademoiselle Karima Lagraâ (Département de géologie) qui ont apporté leur concours pour traduire le résumé en langue anglaise. Nous remercions également Monsieur Abbès Sebane du Département de Géologie dont les critiques et suggestions ont contribué à l'amélioration de la qualité de cet article.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABBACHE, A., 2001.** Etude sédimentologique des calcaires "griottes" et faciès associés (Givétien-Dévonien supérieur) des environs d'Ougarta (Béni-Abbès, Sahara sud oranais). *Thèse de Magister*, Univ. d'Oran, 115 p., 49 fig., 11 pl.
- ABBACHE, A., BENHAMOU, M., ET BOUMENDJEL, K., 2002.** Caractérisations sédimentologiques des "griottes" (Dévonien supérieur) des environs de Béni-Abbès (Ougarta, Saoura, Algérie). *1<sup>er</sup> Colloque de Géologie des Gisements*, Boumerdès, 20-21 Janvier 2002, p. 27-28.
- AÏT KACI, A., 1990.** Evolution lithostratigraphique et sédimentologique des Monts d'Ougarta pendant le Cambrien (Sahara algérien nord-occidental). *Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle USTHB*. Alger, 168 p., 49 fig. (*Inédit*).
- AUBOUIN, J., 1964.** Réflexion sur le faciès "ammonitico-rosso". *Bull. Société géologique de France*, 7, (6), 4 : 475-501.
- BARROUQUÈRE, G., DERAMOND, J., ET MAJESTE-MENJOUAS, C., 1969.** Interprétation microtectonique de la structure griotte. *C. R. Académie des Sciences de Paris*, D. 269, (4) : 413-433.
- BASTIEN, Ch., 1967.** Essai d'étude sédimentologique des grès de Dkhissa (région d'Ougarta, Dévonien inférieur). *Publ. Serv. Géol. Algérie*, (Nlle série), 35, p. 81-91.

- M. BENHAMOU, A. ABBACHE, S. ELM, L. MEKAHLI, P. RACHEBOEUF, A. OUALI-MEHADJI ET K. BOUMENDJEL
- BENABDELOUAHAD, M., BENHAMOU, M., ABBACHE, A., 2002.** Turbidites silico-lastiques struniennes dans les environs de Béni-Abbès (Saoura, Algérie). *1<sup>er</sup> Colloque de Géologie des Gisements*, Boumerdès, 20-21 Janvier 2002, p. 29-30.
- BENHAMOU, M., ELM, S., ABBACHE, A., OUALI-MEHADJI, A., MALI, F.Z., AND MEKKAOU, A., 1999.** The "griottes" nodular facies of the Western Saharian Frasnian (Ougarta through, Algeria). 1th International Conference on Geology Africa, *Assiut-Egypt, 23-25 November 1999*. p. 41.
- BENHAMOU, M., ELM, S., ABBACHE, A., OUALI-MEHADJI, A., ET RACHEBOEUF, P., 2000.** Les faciès "griottes" famenniens du bassin de l'Ougarta (Sahara sud-oranais, Algérie) : environnement et implication paléogéographique. 4<sup>ème</sup> Séminaire de Géologie Pétrolière (SGP-4), *Boumerdès, 13-15 Novembre 2000*, p. 106-107.
- BOURBON, M., 1982.** La genèse des calcaires noduleux en Briançonnais (Hautes-Alpes) : une conséquence de l'instabilité tectonique de ce domaine au Malm inférieur. Livre jubilaire Gabriel Lucas. *Mém. Géol. Univ. Dijon*, 7, 22 : 607-611, 3 fig., Paris.
- BOURROUILH, R., 1981.** "Orthoceratitico-rosso" et "Goniatitico-rosso" : faciès marqueurs de la naissance et de l'évolution de paléomarges au Paléozoïque. In : Farinacci, A., and Elmi, S., (editors.) : Rosso Ammonitico Symp. *Proc., Ed. Tecnoscienza*, 39-55 p., 7 fig., Roma.
- BOUMENDJEL, K., MORZADEC, P., PARIS, F., ET PLUSQUELLEC, Y., 1997.** Le Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 5 (2<sup>ème</sup> série), pp. 105-108.
- BOYER, F., KRYLATOV, S., LE FÈVRE, J., ET STOPPEL, D., 1968.** Le Dévonien supérieur et la limite dévono-carbonifère en Montagne Noire (France). Lithostratigraphie-biostratigraphie (Conodontes). *Bulletin du Centre de Recherche de Pau-SNPA*, 2 (1) : 5-33.
- CASIER, J.G., 1982.** Les Ostracodes de la partie frasnienne de la Formation de Marhouma (Coupe du Km 30, Saoura). *Rés. 4<sup>e</sup> Séminaire Nat. Sc. de la Terre*, Alger, p. 29.
- CASIER, J.G., 1983.** Les Ostracodes du Frasnien et de la base du Famennien de la coupe du Km 30, Saoura, Sahara algérien). *Bull. Soc. Belge Géol., Bruxelles*, 91, 1982, 4, 195-207, 1 fig., 1 tabl., 2 pl. h.t.
- CECCA, F., FOURCARDE, E., AND AZEMA, J., 1992.** The disappearance of the "Ammonitico-Rosso". Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 99, (1992) : 55-70.
- CONRAD, G., 1970.** L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien (Saoura, erg Chech, Tanezrouft, Ahnet-Mouydir). *C.R.Z.A., série géologique*, 10, 527 p., 284 fig. et tabl., 11 pl., 6 cartes h.-t.
- DONZEAU, M., 1983.** Introduction géologique et tectonique des Monts d'Ougarta, in J. Fabre (ed.) *Afrique de l'Ouest*, I.U.G.S., Lexique stratigraphique international, n.s., 1, p. 118-120.
- ELMI, S., 1978 b.** Bioturbation et tri mécanique, facteurs déterminants dans la genèse des calcaires "noduleux et des "ammonitico-rosso". 6<sup>ème</sup> Réun. *Ann. Sci. Terre*, Orsay, *Soc. Géol. France*, 157, Paris.
- ELMI, S., 1979.** Tectonique synsédimentaire, émergences temporaires et sédimentation de type ammonitico-rosso : l'exemple du Lias du Djebel-Sekika (Monts des Trars, Algérie occidentale). 7<sup>ème</sup> Réun. *Ann. Sci. Terre*, Orsay, *Soc. Géol. France*, 179, Paris.
- ELMI, S., 1981a.** Classification typologique et génétique des Ammonitico-Rosso et des faciès noduleux ou grumeleux : essai de synthèse. In : Farinacci, A., and Elmi, S., (editors.) : Rosso Ammonitico Symp. *Proc., Ed. Tecnoscienza*, 233-249, 1 fig., 3 pl. Roma.
- ELMI, S., 1981b.** Sédimentation rythmique et organisation séquentielle dans les Ammonitico-Rosso et les faciès associés du Jurassique de la Méditerranée occidentale. Interprétation des grumeaux et des nodules. In : Farinacci, A., and Elmi, S., (editors.) : Rosso Ammonitico Symp. *Proc., Ed. Tecnoscienza*, 251-299, 14 fig., 5 pl. Roma.

LES CALCAIRES "GRIOTTES" ET FACIÈS ASSOCIÉS DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR DES ENVIRONS DE BENI-ABBES AU DJEBEL  
HECHE (SAOURA, ALGÉRIE) : ENVIRONNEMENTS ET IMPLICATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

- ELMI, S., ET AMEUR, M., 1984. Quelques environnements des faciès noduleux mésogiens. *Geologica Romana*, Roma, vol. 23, p. 13-22, 11 fig.
- FABRE, J., 1976. Introduction à la géologie du Sahara. n° 334-73, S.N.E.D. Alger, 421 p., 163 fig., 4 tabl., 4 photos.
- FABRE, J., 1983. Afrique de l'Ouest (Introduction géologique et termes stratigraphiques). Lexique stratigraphique international. *Série I, IUGS*.
- FARINACCI, A., 1967. La série giurassico-neocomiana di Monte Lacerone (Sabina). Nuove vedute sull'interpretazione paleogeografica delle aree di facies umbro marchigiana. *Geologica Romana*, 6, 421-480
- FRANKE, W., AND WALLISER, O., 1983. "Pelagic" carbonates in the Variscan Belt. Their sedimentary and tectonic environments. In International Fold Belt (ed.). Springer-Verlag, Berlin : 77-92.
- FÜRSICH, F.T., 1979. Genesis, environments, and ecology of Jurassic hardgrounds. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 158. 2-63. Stuttgart.
- GARRISON, R.E., AND FISCHER, A.G., 1969. Deep-water limestones and radiolarites of the alpine Jurassic. In : G.M. FRIEDMAN (ed.). *Depositional environment in carbonate rocks*, Sp. pubbl. S.E.P.M., 14, 20-56.
- GREILING, L., 1967. Die oberdevonischen kramenzel und flaserkalke des Frankenwaldes. *Geologie*, 16, 317-402.
- HOLLARD, H., 1960. Une phase tectonique intra-famenienne dans le Tafilalt et le Maïder (Maroc présaharien). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 250(7), p. 1303-1305.
- JENKYN, H.C., 1971 b. The Genesis of Condensed Sequence in the Tethyan Jurassic. *Lethaia*, 4. 327-352.
- JENKYN, H.C., 1974. Origine of the red nodular limestones (Ammonitico Rosso), Knollenkalk in the Mediterranean Jurassic : A diagenetic model, In : Hsü, K.J and Jenkyn, H.C., (editors) "Pelagic sediments : on land and under sea", *Sp. Publ. Int. Assoc. Sedim.*, 1, 249-271.
- KIDWELL, S.M., 1991a. The stratigraphy of shell concentrations. In Allison and Briggs (editors) : *Taphonomy : Releasing the data locked in the fossil record*, Plenum Press, New-York, 9 : 211-290.
- LE FÈVRE, J., 1971. Paleocological observations on Devonian ostracodes from the Ougarta Hills (Algeria). *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, Pau, 5 suppl., 817-841, 5 fig., 6 pl. h.t.
- LEGRAND, P., 1968. Le Dévonien du Sahara algérien. In Oswald (ed) *Proc. Intern. Symp. Devonian System*, Calgary, I, p. 245-284, pl. 1-8, tabl. I-VII.
- MASSA, D., COMBAZ, A., ET MANDERSCHIED, G., 1965. Observations sur les séries siluro-dévoniennes des confins algéro-marocains du Sud. *Compagnie Française des Pétroles*, Paris, 152p., 15 fig
- MENCHIKOFF, N., 1930. Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. *Rev. Géol. Phys. Géol. Dyn.*, 3, pp. 103-242.
- MENCHIKOFF, N., 1932. Sur le Dévonien à Céphalopodes de l'Oued Saoura et les chaînes d'Ougarta (Sahara oranais). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 194, pp. 1966-1958.
- MENCHIKOFF, N., 1933. La série primaire de la saoura et des chaînes d'Ougarta. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, fasc. II, p. 109-123.
- MIROUSE, R., 1966. Recherches géologiques dans la partie occidentale de la zone primaire axiale des Pyrénées. *Mém. pour servir à l'Explication de la carte géologique de la France* : 451 p.
- PETTER, G., 1952. Dévonien moyen et supérieur in H. Alimen et al. Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. *XIX C.G.I. Mon. rég. 1<sup>ère</sup> Série Algérie*, 15, p. 62-74.
- PETTER, G., 1959. Goniatites dévoniennes du Sahara. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, NS. Paléontol., Mém., Alger, 2, 313 p., 58 fig., 26 pl. h.t
- SEYFRIED, H., 1980. Über die Bildungsbereiche mediterraner Jurasedimente am Beispiel der Betschen Kordillere (Südost-Spanien). *Geol. Rundschau*, 69, 149-178, 11 fig., 1 tabl., Stuttgart.

M. BENHAMOU, A. ABBACHE, S. ELMI, L. MEKAHLI, P. RACHEBOEUF, A. OUALI-MEHADJI ET K. BOUMENDJEL

- SEYFRIED, H., 1981. Genesis of "regressive" and "transgressive" pelagic sequences in the Tethyan Jurassic. In : Farinacci, A., and Elmi, S., (editors) : Rosso Ammonitico Symp. *Proc., Ed. Tecnoscienza*, 547-579, 2 fig., 8 pl., Padova.
- WENDT, J., AIGNER, T., AND NEUGEBAUER, J., 1984. Cephalopods limestone deposition on a shallow pelagic ridge : the Tafilalt platform (Upper Devonian, Eastern Morocco) : *Sedimentology*, v. 31, p. 601-625.
- WENDT, J., 1985. Desintegration of the continental margin of northwestern Gondwana : Late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Morocco). *Geology*, v. 13, USA, pp. 815-818, 4 fig.
- WENDT, J., 1988. Condensed carbonate sedimentation in the late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Morocco). *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 81, n°1, pp. 155-173
- WENDT, J. et AIGNER, T. 1985. Facies patterns and depositional environments of Paleozoic Cephalopod Limestones. *Sedimentary Geology*, 44, 263-300.



## **Planches**

### Planche I

Détails de quelques affleurements du Famennien III et IV (Dévonien supérieur) dans le secteur de Marhouma dans les environs de Béni-Abbès (Saoura, Algérie).

***Details of some third and fourth zone Famennian (Upper Devonian) outcrops in the Marhouma sector around Beni-Abbes (Saoura, Algeria).***

1- Discordance angulaire (**D**) entre la dalle néogène (**A**) et le Dévonien supérieur (Famennien IV). La zone IV est représentée par les argiles rouges à interlits calcaires silteux (**B**).

***Angular discordance (D) between the neogene flag (A) and the Upper Devonian. The area IV is represented by the red clays interbedded silty limestones (B).***

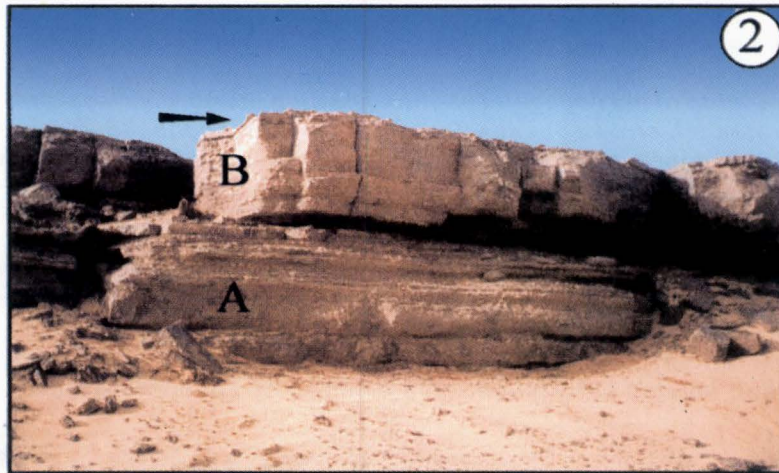
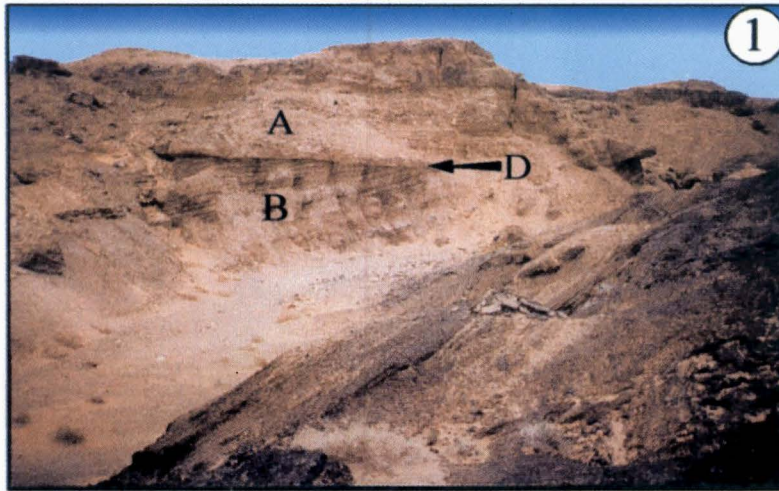
2- Deux bancs métriques montrant l'alternance de calcaires à grumeaux stratifiés (**A**) et de marnes rouges suivis par des calcaires pseudo-noduleux (**B**). La partie supérieure du banc plus épais et plus en plus rapproché vers le haut où il prend un aspect très noduleux (flèche ; voir fig. 3). Une intense bioturbation est importante sur toute l'épaisseur.

***Two metric beds showing the stratified grumeau limestones (A) alternating with the red marls followed by pseudonodular limestones (B). The upper part of the thicker bed is near and near to the top where the bed presents a very nodular aspect (arrow ; to see fig. 3). An intense bioturbation is important all along the thickness.***

3- Bioturbation intense dans la partie supérieure d'un banc engendrant une surface sculptée matérialisée par des grumeaux donnant un vrai "griotte"

***Intense bioturbation on the upper part of the strata provokes a sculptured surface materialized by the grumeau giving a true «griotte»***

LES CALCAIRES "GRIOTTES" ET FACIÈS ASSOCIÉS DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR DES ENVIRONS DE BENI-ABBES AU DJEBEL  
HECHE (SAOURA, ALGÉRIE) : ENVIRONNEMENTS ET IMPLICATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUE



## Planche II

Détails de quelques affleurements du Famennien IV (Dévonien supérieur) dans le secteur de Hassi Fégaguira dans les environs de Djebel Hèche (Saoura, Algérie)

***Details of some Famennian (zone IV) outcrops (Upper Devonian) in the Hassi Fegaguira sector in around Heche mountain (Saoura, Algeria)***

1- Affleurement du premier membre de la coupe de Fégaguira montrant des argiles pourprésées à niveaux calcaires silteux (premier plan, flèches ; voir fig. 2) où parfois s'intercalent de petites buttes d'argiles consolidées (au milieu de la photo). Ces buttes comportent des structures cône-in-cône.

***First member outcrop of the Fegaguira section showing the purple clays interbedded silty calcareous (first relief, arrows ; to see fig. 2) which inserts consolidated small argileous mounds (in mid photography). These mounds comprise cone-in-cone structure.***

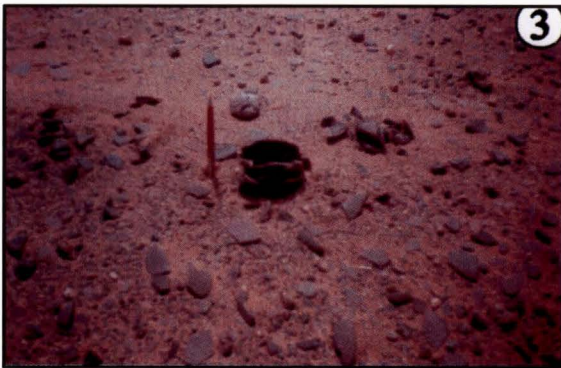
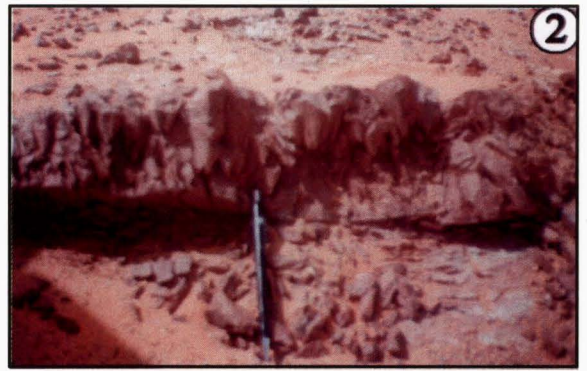
2- Une partie d'une butte montrant la structure cône-in-cône.

***One part of the mound showing cone-in-cone structure***

3 et 4- Affleurement du deuxième membre de la coupe de Fégaguira montrant des argiles à niveaux slumpés (flèche ; fig. 4) de calcaires feuilletés contenant des nodules concrétionnés (fig. 3).

***Second member outcrop of the Fegaguira section showing the slumps (arrow ; fig. 4) and level interbedded foliated calcareous clays comprising concretioned nodules or «mud ball» (fig. 3).***

LES CALCAIRES "GRIOTTES" ET FACIÈS ASSOCIÉS DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR DES ENVIRONS DE BENI-ABBES AU DJEBEL  
HECHE (SAOURA, ALGÉRIE) : ENVIRONNEMENTS ET IMPLICATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES



### Planche III

Détails de quelques microfaciès du Famennien III (Dévonien supérieur)  
dans le secteur de Marhouma dans les environs de Béni-Abbès (Saoura, Algérie)

***Details of some third zone Famennian (Upper Devonian)  
microfacies in the Marhouma sector in the area near Beni-Abbes (Saoura, Algeria)***

1- Oncolithe stromatolithique ferro-magnésien encroûtant un fragment de calcaire rose micritique. Noter des perforations en "doigt" par des cyanobactériens sur la bordure de cet élément (flèches noires) et les microbuissons bactériens sur la surface du fragment (flèches blanches).

***Ferro-magnesian stromatolitic oncolite encrusting one pink micritic lithic limestone (black arrows). To note the cyanobacterial borings on the border of this oncolite and the bacterial microtuft on of the fragment surface (white arrows).***

2- Packestone biomicritique très riche en entroques avec quelques filaments et rares bivalves. (Famennien III) ; X 6,5.

***Biomicritic packestone very rich in ossicle with some filaments and scarce bivalves.***

3- Calcaire pseudo-noduleux montrant la structure en "puzzle" à fins bioclastes. Les pseudonodules sont bioturbés et sont limités par des contours stylolithiques indiquant la compaction au moment de la lithification. (X 6,5).

***Pseudonodular limestone showing a "puzzle" structure contains thin bioclasts. The pseudonodules are bioturbed and limited by stylolitic contours indicating the compaction during the lithification.***

4- Calcaires noduleux micritique, à rares bioclastes, à ostracodes et quelques filaments. La matrice est argileuse légèrement fluidale. Le contact est hydroplastique (structure en "puzzle").  
***Micritic nodulous limestone contain scarce bioclasts, ostracods and a few filaments. The matrix is argilleous and slightly fluidal. The contact is hydroplastic.***

5- Calcaire à grumeaux micritiques bien individualisés à contour net. La matrice est argileuse opaque admettant quelques ostracodes. Noter le rôle du processus mécanique traduisant bien le phénomène de boudinage (Famennien III) ; X 10.

***Micritic grumeleous limestone well individualized with neat contour. The matrix is argilleous and opaque and contains a few ostracods. To note a mechanical process proving a phenomenal boudinage.***

6- Calcaire à nodules bioclastiques de contour stylolithique (flèche). La matrice est opaque (Famennien III) ; X 16.

***Bioclastic nodular limestone with stylolitic contour (arrow). The matrix is opaque.***

7- Nodularisation and démantèlement. Compaction et glissement lors de la diagenèse donnant un "calcaire à nodules intriqués". Les contacts plastiques traduisent bien les contraintes (pression-striction) ; X 20

***Nodularization and dismantling. Compaction and flowing during the diagenesis giving a «intermixed nodular limestone». The plastic contacts translate the «pression-striction» constraints.***

8- Calcaire à nodules fuselés. Le contact avec le bioturbat est fluidal matérialisé par des filaments dû à un glissement hydroplastique en masse; X 20

***Tapering nodular limestone. The contact with the bioturbat is fluidal structure materialized by the filaments, linked to hydroplastic flow or « mass-flow».***

LES CALCAIRES "GRIOTTES" ET FACIÈS ASSOCIÉS DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR DES ENVIRONS DE BENI-ABBES AU DJEBEL  
HECHE (SAOURA, ALGÉRIE) : ENVIRONNEMENTS ET IMPLICATIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

