

# **ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIEN (DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE).**

**Abdelkader OUALI MEHADJI\*, Mohamed BENDELLA\*, Khireddine ATIF\*,  
Kada BELKACEMI\* et Abdelkader ABBACHE\*\***

---

## **RÉSUMÉ**

Un travail de détail consacré à l'évaluation de l'épaisseur réelle de la Formation des « Argiles de Marhouma » montre qu'elle ne dépasse pas 1/3 à 1/4 des épaisseurs admises dans les travaux antérieurs. En fait, nous avons évalué son épaisseur à 260 m et celle des Grès de Marhouma à 110 m.

Du Frasnien Ib jusqu'au Famennien zone II, un milieu bassin de type ombilic occupe la Saoura. Durant les zones III et IV, des épisodes noduleux, griottes, s'intercalent (olistotromes) dans des hémipélagites d'un milieu bassin de type sillon. Une discordance angulaire marque le passage du Famennien II à III et IV. La zone V est caractérisée par une alternance de dépôts turbiditiques et d'hémipélagites lors d'une phase de chute progressive du niveau marin. Le membre inférieur des « Grès de Marhouma » se développe en « bas de pente » (slope apron) dans un contexte de cône sous-marin, en régime de progradation-aggradation, de débrites et turbidites soumises à des slumps, des fractures normales et des effondrements (collapse). Nous pensons que cet épisode (débrites, failles...) pourrait être contemporain des émergences signalées sur plusieurs endroits de la plate-forme saharienne. Au-dessus, la combe argileuse, du membre supérieur des « Grès de Marhouma » s'inscrit dans un intervalle transgressif permettant la construction de la plate-forme et l'installation d'un édifice deltaïque.

**Mots-clés** - Argiles de Marhouma - Famennien - Épaisseur - Grès de Marhouma - Turbidites-Débrites.

## **ESTIMATION OF THE REAL THICKNESS AND THE FAMENNIAN (UPPER DEVONIAN) DEPOSIT ENVIRONMENTS OF THE MARHOUMA AREA (SAOURA, NORTH-WESTERN SAHARA, ALGERIA)**

### **ABSTRACT**

A detailed work devoted to the real thickness evaluation of the "Argiles de Marhouma" Formation shows that it does not exceed 1/3 to 1/4 of the thicknesses recognized in the oldest works. In fact, we evaluated this thickness to 260 m, and for the "Grès de Marhouma" formation to about 110 m.

---

\* Laboratoire de Paléontologie stratigraphique et Paléoenvironnements, Département des Sciences de la Terre, Université d'Oran, BP. 1524, Oran El-M'naouer/ Algérie. E-mail: oualimeha@gmail.com.

\*\* Département des Sciences de la Vie, Université de Mascara.

- *Manuscrit déposé le 18 Août 2010, accepté après révision le 26 Avril 2011.*

From Frasnian Ib until Famennian zone II, a basinal environment occupied the Saoura until zones III where nodular carbonates episodes (olistostromes) bearing ammonoids took place with marl-lime alternation during zone IV. The zone V is characterized by turbiditic deposits and hemipelagites with fall of the marine level. The Lower member of the "Grès de Marhouma" develops on "slope apron" in a context of deep sea fan with progradation-aggradation system of debrites and turbidites subjected to normal faults, slumps and collapses. We think that this episode (debrites, faults...) would be contemporary with the emergences announced on several area of the Saharan Platform. Above, the argillaceous comb, of the Upper Member of the "Grès de Marhouma", a transgressive interval is developing, allowing the construction of the platform and the installation of a deltaic complex.

**Keywords** - Argiles de Marhouma - Famennian - Thickness - Grès de Marhouma - Turbidites-Debrites

## I. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Dans la vallée de la Saoura, à proximité de Béni-Abbès, les terrains du Famennien sont assez bien représentés entre Ouarourout et Tamtert (fig. 1). Haug (1903), sur la base des récoltes de Gautier, reconnu pour la première fois le Dévonien supérieur dans cette région. Nous devons ensuite à Menchikoff (1930; 1932) des précisions sur le Dévonien à Céphalopodes, puis les travaux de Petter, *in* Alimen et *al.* (1952) et Petter (1959) ont permis la définition des différentes biozones du Frasnien-Famennien reconues en Europe. Elmi et Ameur (1984), Maache (1987), Abbache (2000), Benhamou et *al.* (2004) et Bendella (2002) ont abordé les environnements de dépôts. Le travail de Legrand-Blain (2002) permet une meilleure définition des unités lithostratigraphiques et apporta des précisions stratigraphiques sur le passage dévono-carbonifère.

Cependant, une surestimation de l'épaisseur, de la formation des «Argiles de Marhouma», a conduit à des lectures dont nous retenons une configuration en sillon, de la Saoura, au Dévonien supérieur, et une subsidence active (Hollard, 1967; Fabre, 1976; 2005; Elmi et Ameur, 1984; Benhamou et *al.*, 2004; Aït-Ouali, 2007). L'épaisseur des formations du Famen-

nien de la Saoura doit être reconsidérée. En effet, à plusieurs reprises, croyant à une erreur, nous avons cherché à retrouver l'épaisseur telle que rapportée par les travaux antérieurs, mais on arrivait toujours au 1/3 de ce qui est reconnu. En fait, un problème structural (pendages) et les alluvions récentes de l'Oued Saoura, qui masquent certaines parties du Famennien, seraient à l'origine de cette surestimation.

Le terme « sillon de la Saoura » sous-entend une dépression relativement étroite et subsidente, à pile sédimentaire épaisse par rapport à des régions avoisinantes. Ce terme est aussi utilisé dans un sens environnemental (bassin de type sillon).

Le terme sillon (au sens environnemental) sous-entend «un bassin large à apport terrigènes fins et importants où les ammonites sont nombreuses (diversité qualitative et richesse quantitative), par contre, les brachiopodes sont entièrement absents». Les ombilics correspondent «à des bassins étroits ou gouttières» caractérisés par un confinement qui se traduit par les petites dimensions des ammonites et des brachiopodes» (Elmi, 1984). Ces termes (sillons et ombilics) devraient traduire, donc, des environnements de type bassin à caractères biologiques distincts mais sans aucune considération d'épaisseur. Cette lé-

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIEU  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)

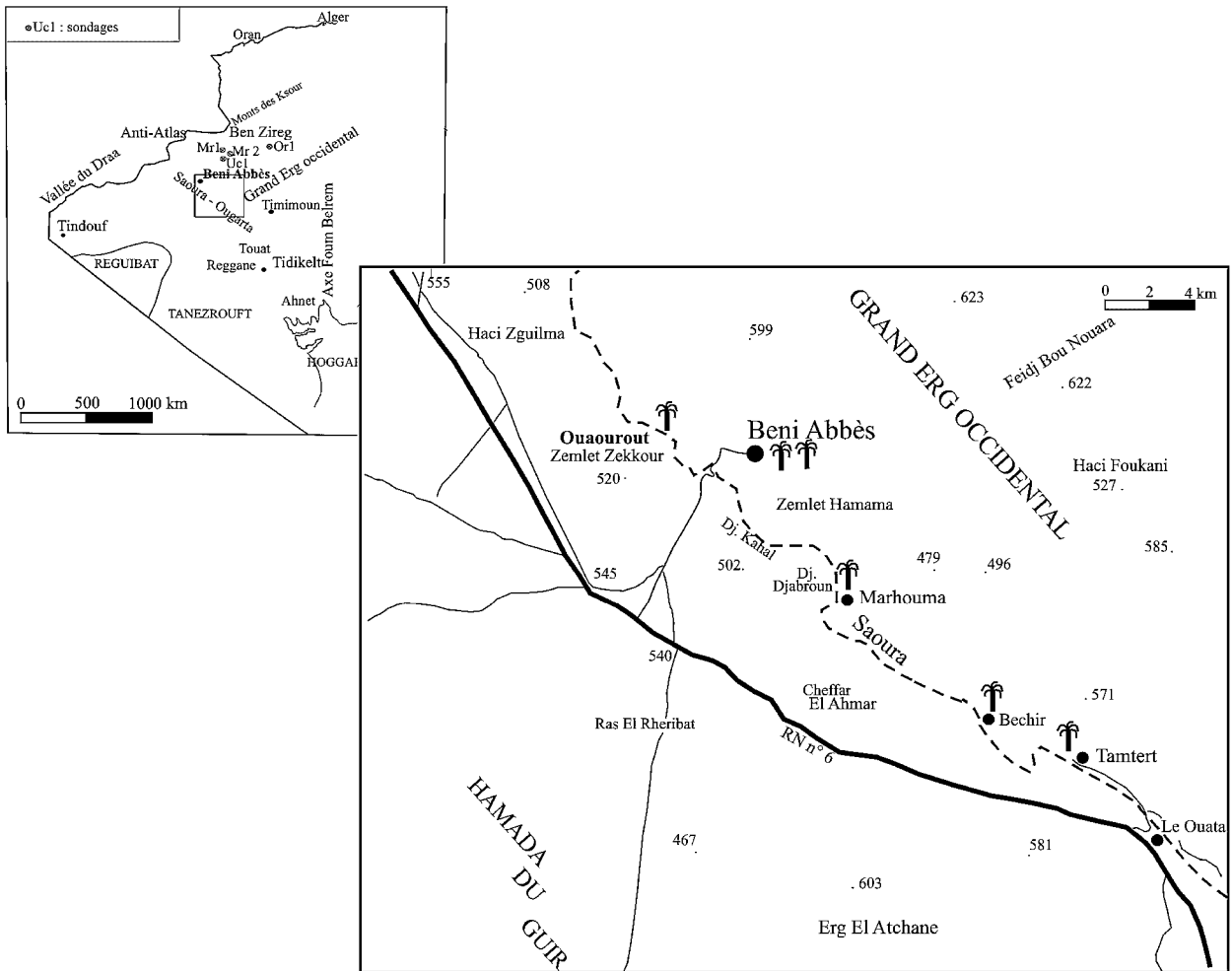


Fig. 1 - Localisation du secteur de Marhouma-Ouarourout (Béni-Abbès)

**Geographic location of the Marhouma-Ouarourout area (Béni Abbès)**

gère différenciation du bassin de type ombilic en sillon pourrait, à notre avis, traduire une activité tectonique en compression, dans le premier cas, et en distension dans le deuxième cas. Est-ce le cas durant le Famennien dans la Saoura ?

Au-dessus de la formation des «Argiles de Marhouma», la formation des «Grès de Marhouma», sensu Legrand-Blain (2002), comporte ici deux membres distincts; le membre inférieur à débrites et turbidites et le membre supérieur argilo-gréseux à chenalizations et rides de courants.

L'environnement de dépôt de cette formation argilo-gréseuse est controversé : talus sous-marin en bordure d'un pré-continent (Fabre, 1976; 2005), complexe deltaïque (Maache, 1987), édifice deltaïque (Aït-Ouali, 2007a) et cône sous-marin (Ouali Mehadji *et al.*, 2006). Cette même ambiguïté a été, aussi, constatée ailleurs où des séries deltaïques ont été interprétées comme appartenant à un cône sous-marin (Formation Haymond du Pennsylvanien du Texas) et vice versa (Formation de Brae du Jurassique supérieur de la Mer du Nord) (Reading et Collinson, 1996). Nemeç et Steel (1984 *in* Reading et Collinson,

op. cit.) ont souligné les grandes similitudes des structures des environnements deltaïques et de cônes sous-marins; les intercalations peuvent, cependant, apporter de précieuses indications : charbon, paléosols, traces de racines et faune continentale indiquent une position alluviale alors que les boues hémipélagiques, faune marine et traces de bioturbation de type Graphoglyptides, Zoophycus, Planolites et Chondrites sont indicatrices d'un environnement marin dans sa tranche bassin.

## II. PRÉSENTATION DES DONNÉES GÉOLOGIQUES

Dans le secteur de Marhouma, au-dessus de la formation du «Cheffar el Ahmar» (sensu Paris et al., 1997), nous distinguons deux formations (fig. 2) : (i) la formation des «Argiles de Marhouma» (= Marhouma mudstone de Conrad et al., 1986) équivalente à la formation de Tamertasset du Mouydir, introduite dans la Saoura par Legrand (1968), et aux Calcaires de Ouarourout de Menchikoff (1930), et (ii) la formation des «Grès de Marhouma» (= Grès de Ouarourout; = Grès de Djebel Kahal) de Legrand-Blain (2002). Ces précisions ont été apportées et bien soulignées par Legrand-Blain (2002). Nous les retenons ici, afin d'éviter les confusions dans les nomenclatures lithostratigraphiques. Toutefois, nous précisons que la limite supérieure des Argiles de Marhouma se situe au pied de la falaise de la cluse de Marhouma (entrée sud). Les «Grès de Marhouma» sont subdivisées ici en deux membres. Le membre inférieur, représenté par la falaise de l'entrée sud de Marhouma (pl. 1, photo a), prend fin sous les Grès massifs (à mégarides) coiffant cette même falaise. Le membre supérieur, va de la barre gréseuse à mégarides (pl. 1, photos c, e) jusqu'au revers nord du relief gréseux (Djebel Kahal).

L'épaisseur de la formation des «Argiles de Marhouma» et des «Grès de Marhouma» est, à

notre avis, exagérée (tabl. I) dans les travaux antérieurs.

Tableau I - Épaisseurs des formations du Dévonien supérieur de Marhouma (Saoura)

### *Formations thicknesses of the Marhouma Upper Devonian*

	Petter (1959)	Massa et al., (1965)	Legrand-Blain (2002)	Fabre (1976, 1988, 2005)	Ce travail
F. Argiles de Marhouma	750m	750 m	750 m	1000 à 2000 m	260 m
F. Grès de Marhouma	150 m		300 m		110 m

Les reconstitutions paléogéographiques font de la Saoura un sillon subsident depuis les travaux de Hollard (1967) à nos jours (Benhamou et al., 2004; Fabre, 1976, 2005; Aït-Ouali, 2007a) sur la base d'une épaisseur d'environ 1000m pour le Famennien. Nos investigations de terrain, réalisées en deux équipes, œuvrant séparément afin d'éviter d'éventuelles influences d'évaluations, nous ont amenées à reconsidérer cette épaisseur qui change complètement cette configuration et font modérer l'évolution sédimentaire et sa lecture géodynamique (subsidence).

### II.1. Stratigraphie

Petter (1959) a distingué, dans les dépôts du Famennien de la vallée de la Saoura, les zones à ammonoïdes II, III, IV, V et VI que nous avons tenté de corréler aux zones de House et Gradstein (2005) donnant ainsi : zone II (*Cheiloceras*) à prédominance d'argiles intercalées de rares bancs calcaires et sphéroïdes, zones III (*Prolobites*) et IV (*Platyclymenia*) à prédominance de calcaires griottes intercalés de fines passées de marnes, zone V (*Clymenia*) caractérisée par des argiles à passées de silts, de grès fin et de nodules ferrugineux et enfin zone VI (*Woolumeria*) dont la base est argileuse alors que la majeure partie serait représentée par «les Grès de Marhouma». Elle évalue l'épais-

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIEU (DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)

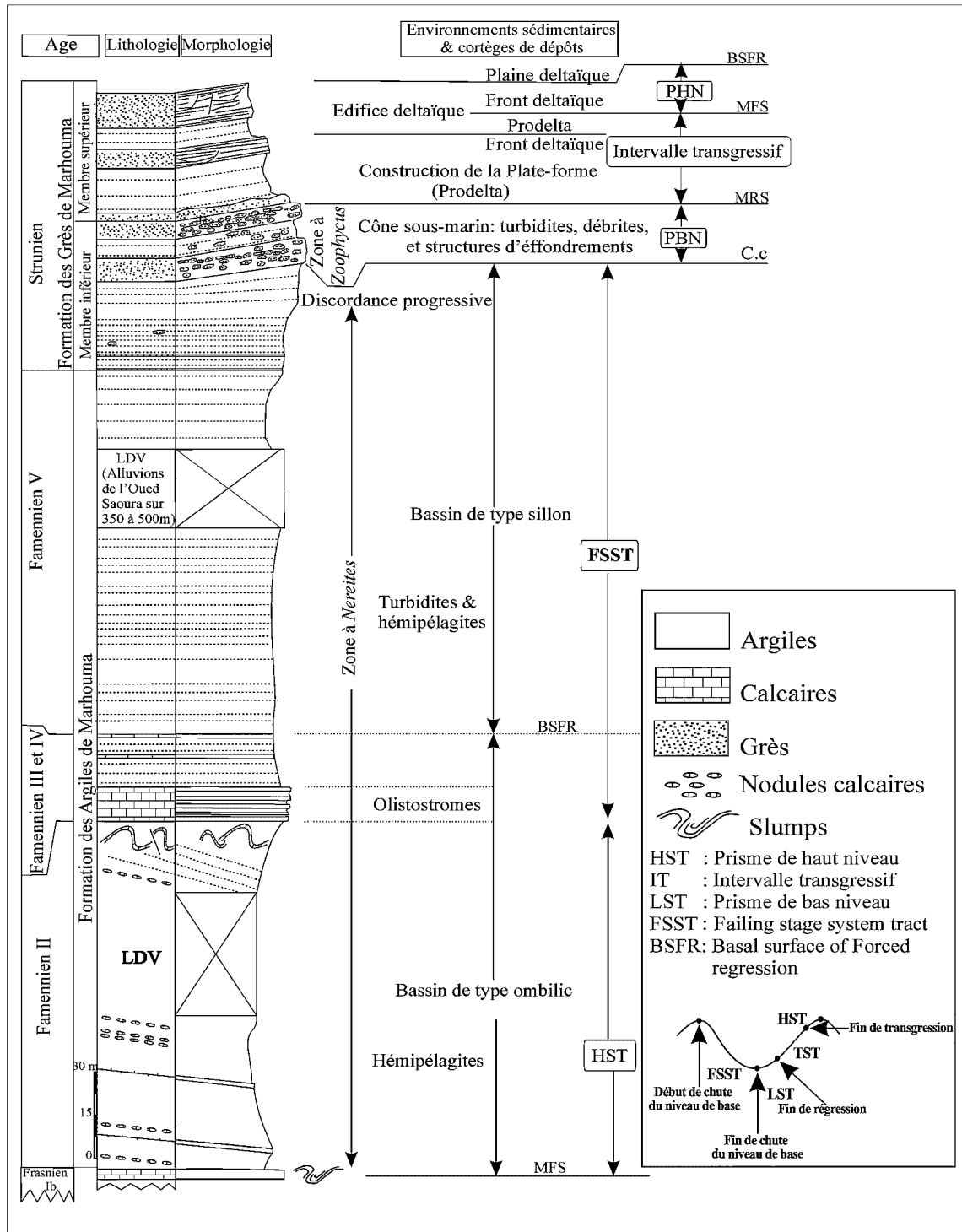


Fig. 2 - Colonne lithostratigraphique et environnement de dépôts des terrains du Dévonien supérieur de Marhouma  
**Lithostratigraphic column and deposits environments of the Marhouma area Upper Devonian**

seur de la formation des « Argiles de Marhouma » à 750 m et les « Grès de Marhouma » à 150 m (épaisseur de 900 m pour tout le Famennien); ces valeurs « arrondies » reflètent déjà la difficulté d'évaluation.

Nous pensons que cette épaisseur est exagérée et ne reflète pas la réalité du terrain. Le problème est d'ordre structural. En effet, entre la barre des calcaires griottes (fig.3) du Frasnien Ib (pendage subvertical) et les calcaires du Famennien zones III et IV, les affleurements sont bien conservés et les observations sont aisées. Ensuite, l'Oued Saoura, dessinant un coude, dans le Foug Marhouma, recouvre par ses alluvions la partie supérieure du Famennien zone V.

La distance (horizontale) séparant la barre frasnienne du premier ensemble gréseux (Grès de Marhouma) avoisine 3800m (fig. 3) dont :

\* 1100 m (horizontale) représentant le Famennien zone II (argiles à sphéroïdes, épaisseur réelle = 120m) et les zones III (calcaires griottes s.s, épaisseur = 10m) et IV (épaisseur réelle des marno-calcaires = 20m);

\* sur 2700 m (distance horizontale entre la fin des argiles de la zone IV et la première falaise de la cluse de Marhouma), on a le Famennien, zone V (argiles à passées de silts et de grès, épaisseur réelle = 70m). Il est recouvert vers sa partie supérieure par les alluvions de la Saoura (sur 350 à 500m horizontalement);

\* sur la rive gauche de la Saoura, nous avons estimé l'épaisseur du reste du Famennien zone V et la base de la zone VI à environ 40m.

Le pendage varie de 85° à 90° au niveau de la barre « calcaire griotte » du Frasnien (fig. 3) à subhorizontal au niveau des calcaires griottes (zones III et IV). Sous les calcaires de la zone III, des microplissotements à failles inverses

sont observés, correspondant à des slumps (Abbache, 2000; Benhamou et *al.*, 2004; Aït-Ouali, 2007). Abbache (2000), par une étude de détail, a évalué l'épaisseur du Famennien zones II, III et IV à 120m. Il n'a pas intégré dans son étude la zone V (pl. 4, photo a) et VI.

Cette épaisseur concorde avec nos observations de terrain qui donnent :

- une épaisseur de 150m pour le Famennien II, III et IV;

- le Famennien zone V comporte deux grands affleurements se dressant en falaises creusées par des cours secondaires de l'Oued Saoura. Ces affleurements montrent un pendage subhorizontal (pl. 4, photo a). L'épaisseur ne dépasse pas 70m;

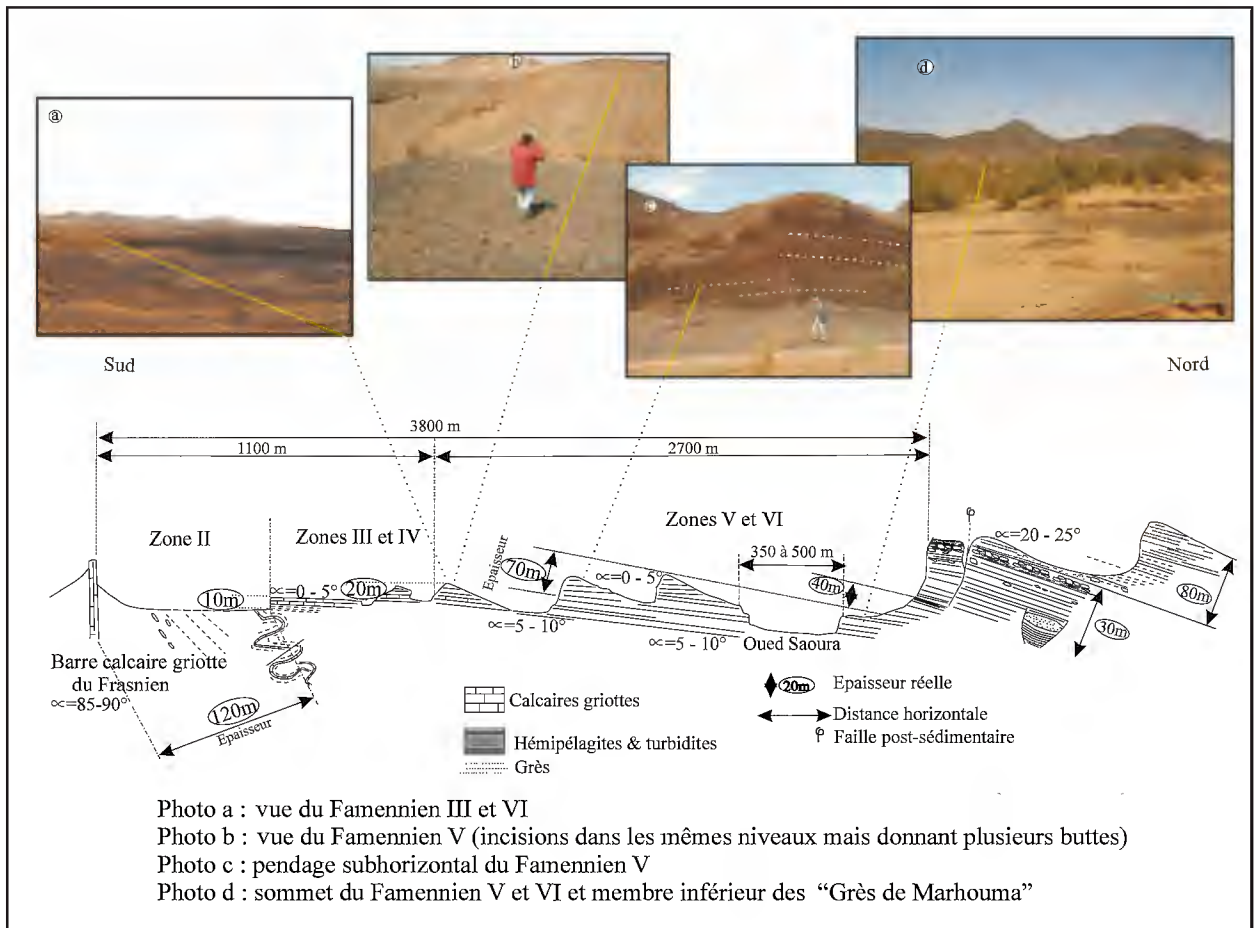
- enfin, la partie restante (fin de la zone V et la base de la zone VI), jusqu'au Foug Marhouma, atteint environ 40m.

L'épaisseur totale atteint donc 260m pour la formation des « Argiles de Marhouma ».

En outre, la coupe du Dévonien supérieur à Ouaraourout, de Menchikoff (1930, p. 139, fig. 9), donne une épaisseur de 135 m (échelle de la coupe 1/5000). Certes, cette coupe ne représente pas la totalité du Dévonien supérieur mais elle comprend le sommet du Famennien zone II, et les zones III et IV; ce qui est en accord avec nos estimations.

Ainsi, la formation des Argiles de Marhouma ne saurait dépasser 260m. Il faut signaler que les derniers mètres étant dominés par les argiles, on n'observe pas le changement de pendage qui atteint 20 à 25° dans les Grès de Marhouma. À l'Est de Foug Marhouma, à environ 2 km, on peut observer une discordance en éventail (= discordance progressive, pl.4, photo b) (Ouali Mehadji et *al.*, 2006; Aït Ouali,

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNEN  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)



**Fig. 3 -** Eléments géométriques pour l'évaluation de l'épaisseur de la formation des "Argiles de Marhouma" (sans échelle)  
**Geometrics elements for the thickness evaluation of the "Argiles de Marhouma" formation (without scale)**

2007) à la base des «Grès de Marhouma». Cette disposition pourrait expliquer ce changement de la valeur du pendage (de 0 à 5°, puis de 0 à 10° dans les «Argiles de Marhouma», et à 20-25° dans les «Grès de Marhouma»).

Nous n'admettons donc pas, l'épaisseur de 700 à 1000m, avancée par les travaux antérieurs. Cette exagération a été induite par : (i) la prédominance des argiles qui donnent des combes assez développées, (ii) la variation des pendages, de 20 à 25° dans le Dévonien inférieur et moyen, devenant subverticale dans la barre de calcaire griotte du Frasnien puis sub-horizontale dans la majeure partie du Famennien, et enfin

(iii) l'épaisseur apparente a été confondue avec l'épaisseur réelle. En effet, dans un terrain à faible pendage (inférieur à 5°), la distance parcourue ne traduit pas l'épaisseur réelle. Il faut signaler qu'en certains points du Famennien IV et V, le pendage atteint 5° à 10° puis redevient rapidement inférieur à 5°. Ces variations rapides sont considérées, ici, comme synsédimentaires.

Dans le secteur de Ouarourout, la formation des «Argiles de Marhouma» affleure au contrebas du golfe de Béni-Abbès et à partir de Ouarourout, sous la Hamada (Petter, 1959). Nous avons tenté de suivre la coupe de Petter (1959) dans ce secteur. Malheureusement, nous

n'avons pu reconnaître que les zones II, III et IV montrant une épaisseur de 120m (135m pour Menchikoff, 1930). Les variations de pendages sont relativement rapides et souvent les alluvions et les indentations de la Hamada cachent les affleurements.

Dans les sondages connus au nord de Marhouma, le Dévonien supérieur montre une épaisseur entre 350m (OR 1) et 190m (Ic 1) ou une absence (Mr 1 et Mr 2) due peut être à une érosion ?

Pour la formation des « Grès de Marhouma », nos mesures, au mètre par mètre, l'évaluent à 110 m avec deux membres ; un membre inférieur à débris (30 m) et un membre supérieur à grès chenalisés (80 m). À Ouarourout, la formation des « Grès de Marhouma » atteint 126 m d'épaisseur. Elle est représentée par une alternance argilo-gréseuse à épisodes chenalisés vers le haut.

Le membre inférieur des « Grès de Marhouma » (pl. 1, photos a, b), à débris-flow, olistolithes, blocs torsadés (pl. 1, photo d), argiles conglomératiques n'a été observé que dans le secteur de Marhouma, sur une extension latérale d'environ 8 km. Ce membre disparaît vers le nord-ouest (vers Ouarourout) et vers le sud-est et l'est (vers le secteur de Tamtert).

Le membre supérieur par contre est représenté dans tous les secteurs avec des variations latérales d'épaisseur. En effet, l'épaisseur des « Grès de Marhouma » atteint 126m à Ouarourout, 110m à Marhouma et 43m à Tamtert.

### III. ASSOCIATIONS DE FACIÈS ET ENVIRONNEMENTS

#### III.1. Association de faciès :

Plusieurs associations de faciès ont été relevées dans la formation des « Argiles de Marhouma » et la Formation des « Grès de Marhouma ». On distingue les associations suivantes :

**1. Turbidites classiques :** cette association est caractérisée par une alternance monotone de silts / argiles et de grès fins / argiles. Ces turbidites s'intercalent dans la majeure partie des « Argiles de Marhouma » dans le Famennien zone V, et la combe sous la première falaise des « Grès de Marhouma ». Généralement, les couplets silts-argiles sont minces 0,05 à 0,20 m d'épaisseur. Les niveaux gréseux montrent une épaisseur variant de 0,10 à 1,80m.

Nous avons observé à plusieurs endroits les séquences classiques de Bouma (Ta,b,c,d,e, pl.3, photo e.) mais souvent, on a des séquences rabougries à terme gréseux à contact abrupt et plan (Tb,c,d,e; Tc,d,e; Td,e). Les termes Tb ou Td peuvent montrer des laminations horizontales et le terme Td peut être représenté soit par des convolutes ou encore des litages de rides. Lorsque le terme Ta est présent, il est associé à des flute-casts et / ou des « load-structures » à sa base.

Les turbidites sont caractéristiques des écoulements turbides au contrebas des pentes. Elles sont fréquentes dans les éventails sous-marins mais aussi, dans certains deltas à fort gradient de pente.

**2. Les écoulements de débris (= debris flow) :** cette association caractérise surtout le membre inférieur de la formation des « Grès de Marhouma ». Elle montre des niveaux à blocs décimétriques à métriques (pl. 1, photos b, d, f) dont certains sont torsadés et emballés dans une matrice sablo-argileuse. Ces niveaux à blocs sont surmontés par un faciès argileux. Cette association caractérise la falaise dominant la cluse de Marhouma (à l'entrée sud).

Dans cette association, nous intégrons les argiles conglomératiques (galets et blocs épars).

De telles associations caractérisent les écoulements de débris, en bas de pente. Des faciès similaires ont été identifiés dans les environnements glaciaires.



**3. Grès massifs et Grès à laminations :** principalement quartzique, arénitique, à grains moyens; ce faciès prédomine dans le membre supérieur des «Grès de Marhouma». Les bancs montrent des contacts plans, sans structures d'érosion, avec une continuité latérale remarquable. Cette association est bien représentée à Tamtert et par endroits, dans le membre supérieur, à Marhouma

Les grès à laminations horizontales, à grains moyens, caractérisent les régimes d'écoulement supérieurs, et donc à haute énergie hydrodynamique (courants unidirectionnels) de plateforme balayée par des courants de vagues ou de houles (litages de rides au sommet et ripple-marks).

**4. Grès chenalisés :** association caractérisée par des grès en paquets stratocroissants, décimétriques, à stratification chenalisante (pl. 2, photos b, c). Les laminations intra-banc sont horizontales, obliques de faible angle ou à rides grimpantes (pl.2, photo d). Ces grès chenalisés sont caractéristiques du membre supérieur des «Grès de Marhouma» aussi bien à Ouaraourout qu'à Marhouma.

Les chenalisations associées à des stratifications horizontales et obliques à faible angle, caractérisent des écoulements de régime supérieur à phases de déblaiement et remblaiement des «topographies» sous-aquatiques créés par les courants érosifs. De telles associations sont caractéristiques des systèmes fluviatiles mais aussi deltaïques. Vers le sommet des «Grès de Marhouma», des rides de clapotis sont observées à environ 2,50m du sommet, d'où une nette influence de vagues de clapotis caractéristique d'un milieu littoral.

**5. Calcaires noduleux (griottes) :** cette association a été décrite par plusieurs auteurs (Elmi et Aneur, 1984; Abbache, 2000; Benhamou et al., 2004). Il s'agit de calcaires griottes, nodu-

leux, correspondant souvent à des biomicrites wackestone à packstone, riches en goniatites pyritisées (Frasnien Ib, Famennien II et III). Certains niveaux montrent, dans le Famennien III, des oncolithes stromatolithiques (Abbache, 2000; Benhamou et al., 2004). Ces calcaires sont bien représentés dans le Famennien zone III, puis en alternance avec des marnes dans la zone IV.

Ces faciès correspondent à des dépôts de pente et de bas de pente; une origine sur la plateforme n'est pas écartée mais leurs mises en place par glissements (olistolithes et olistostromes) est fréquente comme attestée dans l'Anti-Atlas (Wendt et al., 2006).

**6. Conglomérat:** un niveau de 0,60m d'épaisseur (pl.3, photo c) vers le sommet du membre inférieur des Grès de Marhouma. Il s'agit de clastes intraformationnels avec une structure en « puzzle » dont les éléments de 3 à 8 cm de long montrent parfois des formes particulières en nodules, en sphéroïdes et boules.

Il s'agit probablement d'une structure acquise après une expulsion d'eau dans un grès en voie de lithification; cette séparation instantanée des phases liquide et solide et expulsion d'eau est souvent fréquente dans les sismites.

**7. Argiles :** ce faciès est le plus répandu et le plus dominant formant les grandes combes. Il s'agit de pélites vertes à grises, en combes de 10 à 20m d'épaisseur. Elles correspondent à des hémipélagites qui se déposent par flocculation et décantation lors des phases d'accalmies hydrodynamiques.

### III.2. Analyse ichnofaciologique des Argiles de Marhouma

Les argiles de Marhouma du Famennien zones II à V (à épisodes turbiditiques) et le

membre inférieur des «Grès de Marhouma», montrent des traces d'activité organique post-et pré-dépositionnelles. La première association, de type post-dépositionnel, comporte plusieurs spécimens : Helminthoraphe, Megagraption et les Paleodictyon. Elle est représentée par les ichnogènes suivants : les *Chondrites*, *Bergueria*, *Thalassinoïdes*, *Skolithos*, *Nereites*, avec des traces d'habitation (*Domichnia*, dwelling-structure), de nutrition (*Fodinichnia*, feeding-structure) et des traces de pacage (*Pascichnia*, grazing-structure) dans le Famennien III, IV et V. L'association pré-dépositionnelle est dominée par les Graphoglyptides, organismes fousseurs limivores qui ont creusé des terriers ouverts dans la tranche superficielle de la boue, avant le dépôt de la turbidite. Pour Tchoumachenco et Uchman (2001), l'érosion due aux courants turbides a eu pour effet d'exhumer ces terriers et les traces de pacage sont préservées généralement en moulage à la base des bancs turbiditiques distaux. L'ichno-genre *Paleophycus* fait partie des deux associations. Les ichno-faunes pré-dépositionnelles sont largement plus répandues que celles des formes post-dépositionnelles. Cette situation est typique des systèmes flyschoides profonds à caractère turbiditique (Seilacher, 1977). On sait que des traces comparables ont été observées sur le fond des océans actuels (Atlantique, Indien, Pacifique). Des organismes vermiformes, de type Entéropneuste, seraient responsables de certaines de ces traces, et jusqu'à présent les *Paleodictyon* n'ont pas d'équivalent actuel. La présence fortuite des *Skolithos* dans ces faciès sous-entend, à notre avis, un caractère allochtone (résédimentation) par érosion-transport de sédiment déposé à l'amont (bordure d'une plate-forme) d'une pente.

L'étude palichnologique et systématique des ichnotaxons a permis de mettre en évidence trois communautés ichno-faciologique différentes (Bendella, 2002) bien distinctes par leurs ichno-espèces et par conséquent par leurs valeurs paléobathymétriques.

La "zone à *Nereites*" est marquée par des formes éthologiques surtout *Pascichnia* (*Helminthoraphe*, *Nereites*, *Bergueria*, *Megagraption*) et *Agrichnia* (*Paleodictyon*). Ces formes sont pré-dépositionnelles et typiques des systèmes flyschoides turbiditiques. Cette zone est très bien développée à Marhouma alors qu'elle est absente à Ouarourout.

La "zone à *Zoophycos*", caractérisée par *Spirophyton*, *Bergueria*, et les *Chondrites*, est aussi développée dans le secteur de Marhouma mais absente à Ouarourout. Elle caractérise le Membre inférieur des «Grès de Marhouma».

La "zone à *Cruziana*" est formée par des ichnogènes spécialement *Repichnia* et rarement *Domichnia* tels que les *Cruziana*, *Diplichnites*, *Dendroidichnites*, *Kouphichnium* et *Protovirgularia*. La "zone à *Cruziana*" est bien marquée à Ouarourout; ceci est probablement dû aux conditions environnementales (bathymétrie, salinité, oxygénation).

Le secteur de Ouarourout est connu par la rareté des formes pré-dépositionnelles (contexte non turbiditique). Les formes typiques des eaux peu profondes sont les Thalassinoïdes de dimension considérable (secteur de Ouarourout) caractéristiques des zones proximales du complexe détritique (Uchman, 1991).

### III.3. Evolution verticale et latérale des environnements de dépôts

La formation des «Argiles de Marhouma » s'est mise en place dans un environnement de bassin (Elmi et Ameer, 1984; Benhamou et al., 2004; Abbache, 2000; Aït-Ouali, 2007) (fig. 2) où des hémipélagites sont intercalées d'épisodes noduleux (calcaires griottes). Elmi et Ameer (1984) et Wendt et al. (1984) ont bien souligné les caractéristiques des faciès «ammonitico-rosso» et leurs modes de formation. L'instabilité tectonique et un taux de sédimen-

tation faible constituent les éléments fondamentaux. Pour Benhamou et *al.* (2004) et Aït-Ouali (2007), ces faciès (alternance de faciès noduleux et hémipélagites) traduisent des moments de vacuité (faciès griottes à taux de sédimentation faible à nul d'où les nombreuses surfaces ferrugineuses) entrecoupés d'une subsidence active (phases à hémipélagites). Pour Wendt et *al.* (1984, p.621), les épisodes noduleux (dans l'Anti-Atlas) constituent des olistostromes passant latéralement à des argiles et turbidites de bassin. En effet, les calcaires griottes de la zone III comportent vers leurs sommets des tapis algaires et des oncolithes (Benhamou et *al.*, 2004); de ce fait, nous admettons donc une allochtonie (olistostromes) de ces faciès vue l'incompatibilité de développement des tapis algaires et l'activité stromatolithique dans les conditions de la tranche bassin. Vers le haut (zone V), les intercalations turbiditiques sont de plus en plus fréquentes entre les combes d'hémipélagites, et on passe directement aux faciès de débrites (membre inférieur des « Grès de Marhouma »). Pour certains (Maache, 1987; Nedjari, 2007; Aït-Ouali, 2007), il s'agit d'un front deltaïque. Pour notre part, nous pensons qu'il s'agit d'un cône sous-marin, car ces turbidites associées aux hémipélagites montrent des ichno-faciès de la «zone à *Nereites*» (Famennien V) et de la «zone à *Zoophycos*» dans le membre inférieur des «Grès de Marhouma». Le membre supérieur des «Grès de Marhouma», à chenalisations, rides de courants, laminations horizontales, puis obliques de faible angle, constitue un épisode deltaïque mais en période de construction de la plateforme et donc transgressif.

L'évolution eustatique et les cortèges sédimentaires correspondent aux faits suivants : après le maximum transgressif que nous admettons au sommet des calcaires du Frasnien Ib, les argiles à sphéroïdes de la zone II s'inscrivent dans un prisme de haut niveau (PHN)

qui se poursuit jusqu'aux zones III (calcaires griottes à faune naine et pyritisée dans un environnement bassin (de type sillon) et IV (marno-calcaire). Une chute graduelle du niveau marin coïncide avec la zone V qui voit l'arrivée épisodique de turbidites distales associées à des hémipélagites dans un contexte de Bas niveau précoce de Posamentier et Vail (1988) (= FSST de Catununnea, 2002; Catununnea et *al.*, 2009). La surface corrélative (= « correlative conformity » au sens de Posamentier et Vail, 1988) se situerait à la base du membre inférieur à débrites. Les grès à slumps, débrites, effondrement, correspondent au PBN tardif de Posamentier et Vail (1988) (=PBN au sens de Catununnea, 2002; Catununnea et *al.*, 2009) clôturé par une surface de régression maximale (sommet du membre inférieur des «Grès de Marhouma»). Cette surface (surface corrélative) serait à corréliser avec les indices d'émersion documentés sur plusieurs endroits de la plateforme saharienne correspondant à la régression forcée de Catununnea (2002; Catununnea et *al.*, 2009) : sur l'emplacement actuel du Dôme de Meharez au nord de Marhouma (sondages Snrepal, Ut1, Ut2, Mr1); est de Béchar (Legrand-Blain, 2002), Anti-Atlas occidental et quelques secteurs orientaux (Hollard, 1967; Bultynck et Walliser, 2000), Nord de Béchar (Petter, 1959; Hollard, 1967), Taoudenni, plusieurs secteurs au nord du Hoggar (Fabre, 1988; 2005), et la région de Ben-Zireg (Petter, 1959; Pareyn, 1961). Cette émersion se situerait donc, entre le sommet du Famennien V et le milieu du Famennien VI.

Dans les sondages Mr1, le Viséen repose directement sur l'Emsien et dans le sondage Mr2 le Viséen se superpose directement sur des calcaires du Givétien-Frasnien. Ces sondages (Mr1 et Mr2) se trouvent sur un couloir structural, orienté nord-sud, bordé par des fractures. Ce couloir structural représente-t-il les zones émergées au Strunien ? Et donc les vallées incisées (?). Plus au nord, sur la bordure septentrionale

du domaine atlasique, l'émergence du secteur du Tifrit est attesté au Dévonien moyen (Lucas, 1952; Sizac, 1993; Bougara, 1999). Ces émergences (Tifrit, Tafilalt, Ben Zireg) semblent se réaliser de part et d'autre d'une ride nouvellement mise en place (l'Atlas Saharien !). Au Maroc, le moyen Atlas et la partie nord-est du haut-Atlas sont déjà en émergence, constituant la chaîne éovarisque d'El-Hassani et Benfrika (2000). Termier (1936), Choubert (1951) et Paireyn (1961) admettent une phase tectonique qui débute au Strunien, provoquant un bombement de l'Atlas et une émergence généralisée du domaine sud-atlasique, réfutée par Fabre (1988) à cause de l'absence des traces d'érosion de cette « ride » (absence de conglomérats).

Les débrites du membre inférieur des «Grès de Marhouma», proviennent du nord et non pas du sud; des blocs, déformant le substrat, montrent une vergence vers le sud (pl. 3, photos a, b) appuyant ainsi un écoulement de débris provenant du nord. De ce fait, il semblerait qu'une pente régionale nord-sud soit déjà en place (ride atlasique). Les mesures réalisées sur les flute-cast ne donnent pas une direction privilégiée mais plusieurs directions (E-W; NE-SW; SSE-NNE...) car générées par des écoulements d'af-

fouillements (tourbillonnaires). L'anomalie gravimétrique de la Saoura (Nedjari, 1995; Fabre, 2005; Ennih et Liégeois, 2004), sur la limite méridionale du Grand Erg occidental, n'aurait-elle pas un rôle important dans cette vergence régionale vers le sud? En effet, Marhouma semble être située sur le tracé de cette anomalie gravimétrique (fig. 4). A notre avis, cette anomalie qui correspondrait à une fracture majeure serait la limite méridionale de cette vergence nord-sud.

Le problème qui se pose est le caractère ponctuel de cette sédimentation (membre inférieur des Grès de Marhouma); cette sédimentation (débrites) est soulignée à Marhouma uniquement. Vers le nord-ouest (Ouarourout), une sédimentation argilo-gréseuse, à ichnites de la «zone à *Cruziana*», d'un environnement deltaïque, se substitue aux dépôts de bassin (hémipélagites et turbidites de la zone V). L'équivalent de la surface corrélatrice serait représenté par une surface irrégulière sous les paquets gréseux à *Paléophycus* et *Thalassinoides* (un travail est en cours par Belkacemi) pour repérer cette surface. Ainsi, les «Grès de Ouarourout» seraient-ils uniquement équivalents du membre supérieur des «Grès de Marhouma»? Ou encore, appartiennent-ils à un autre domaine paléogéographique?

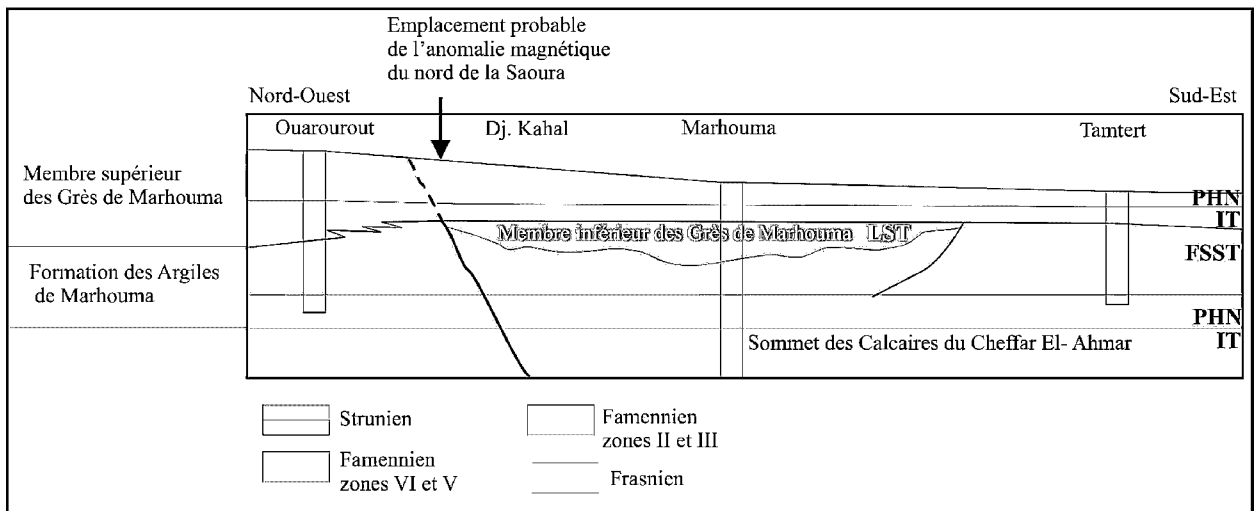


Fig. 4 - Configuration du Dévonien supérieur dans le transect Ouarourout - Marhouma - Tamtert

*Upper Devonian configuration of the Ouarourout - Marhouma - Tamtert transect.*

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIIEN  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)

A ce propos, il faut rappeler que la formation de Ouled Bouhadid (épisode lagunaire) n'est présente qu'à Ouarourout. Vers l'est-sud-est (Tamtart), un complexe deltaïque domine, et l'épaisseur des «Grès de Marhouma» est réduite.

Enfin, les événements du Famennien II (argiles à sphéroïdes) marquent un approfondissement mais sans impliquer un caractère transgressif. En effet, cet approfondissement conduit à l'installation des conditions d'un bassin de type ombilic avec un régime de compression développant des zones isopiques (Saoura) qui seront contrastées (faciès et épaisseur) par rapport à des secteurs à faible profondeur (secteurs septentrionaux et méridionaux) et une tendance au soulèvement (exhaussement). Cet épisode est

couronné par les calcaires griottes des zones III et VI, correspondant à un moment de vacuité (Aït-Ouali, 2007), et considérés ici comme des olistostromes identiques à ceux de Wendt et *al.* (1984) pour l'Anti-Atlas. Avec la zone V, nous admettons une chute drastique du niveau marin enregistrant une régression (Falling Stage System Tract= FSST de Catununnea, 2002) développant les faciès turbidites-hémipélagites, suivi d'un PBN représentant le membre inférieur des Grès de Marhouma à débrites, slumps et failles (pl. 3, photos d, f; fig. 5). La remontée du niveau marin (IT) coïncide avec la base du membre supérieur de la formation des Grès de Marhouma; il s'agit d'une régression «sédimentologique» (au sens séquentiel, car montrant verticalement une diminution bathymétrique) mais

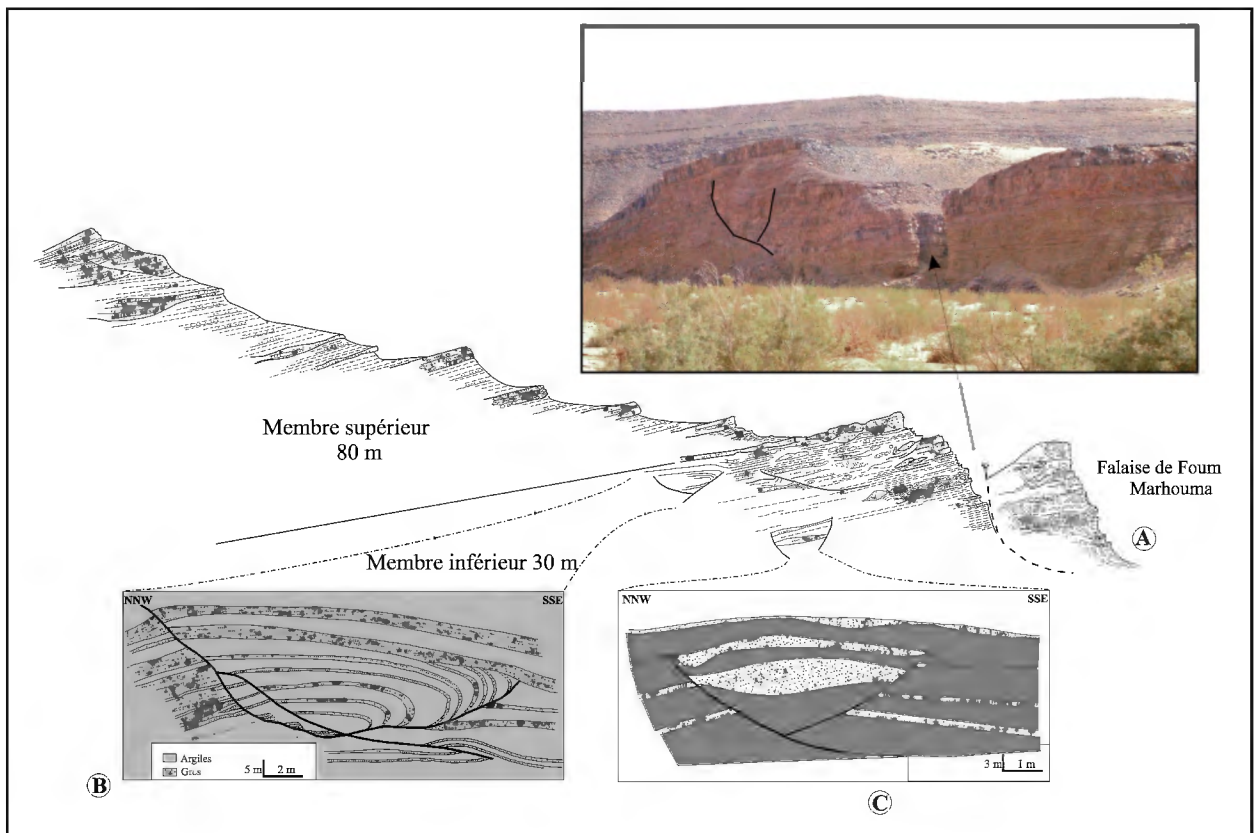


Fig. 5 - Formation des Grès de Marhouma

*Formation of Grès de Marhouma*

**A** : Coupe à main levée (*Hand drawn transect*); **B** : Détail d'un effondrement synsédimentaire (collapse) (*Collapse structure*); **C** : Micrograben synsédimentaire en "Dos de Tortue" (=keystone graben) (*Keystone graben*).

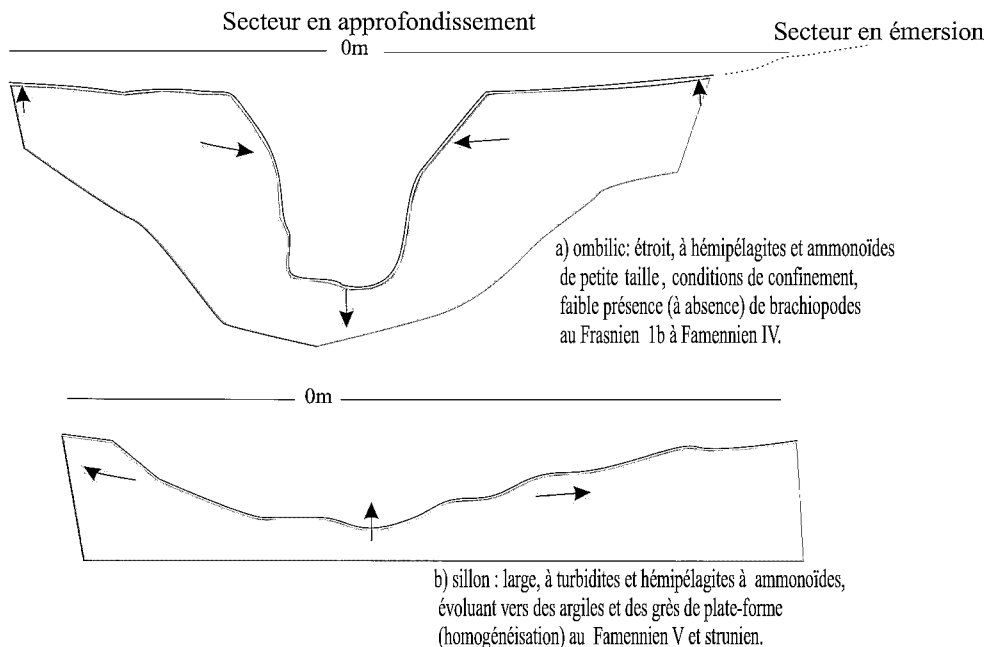
d'une transgression «géographique» (extension géographique lors de la construction de la plate-forme). Le régime tectonique (fig. 6) devient distensif avec construction de la plate-forme qui conduit à l'installation d'un complexe deltaïque. Cet épisode transgressif s'installe par une mer avançant de l'est (Fabre, 1988). Le maximum d'inondation est représenté au sommet de la combe argileuse du membre supérieur des «Grès de Marhouma». Le PHN est représenté par les grès à chenalisation et rides de courants puis de clapotis au sommet où une émergence locale (Aït-Ouali, 2007) est enregistrée; les grès roux (pl. 3, photo e), nouvellement déposés (sommet du membre supérieur) étant gorgés d'eau, vont développer les liserés et anneaux de Liesegang (pl. 3, photo f).

Enfin, cette subsidence du Famennien dans la Saoura doit être revue et corrigée à la lumière de ces données.

## CONCLUSION

L'épaisseur des « Argiles de Marhouma » ne saurait en aucun cas dépasser 260 m. Cette évaluation a été réalisée par un travail minutieux de terrain en accordant un intérêt particulier aux éléments géométriques (direction, pendage, structures) des intercalations argilo-calcaires.

Les argiles à épisodes calcaires griottes du Famennien zone II se mettent en place dans un contexte de bassin de type ombilic constituant un HST qui prend fin au sommet du Famennien zone IV. Avec la zone V, s'installe un régime bassin de type sillon avec des décharges turbiditiques qui s'intercalent dans des phases de dépôts à hémipélagites de la « zone à *Nereites* » en période de chute du niveau marin (PBN précoce=FSST). Le membre inférieur des «Grès de Marhouma» correspond au PBN tardif avec «correlative conformity = cc» à sa base. Ces grès se sont associés à



Dans le cas d'un ombilic, la compression favorise une subsidence et un développement de faciès contrastés (lithologies et épaisseurs entre les secteurs avec une tendance au soulèvement des bordures.

Dans le cas d'un sillon, la distension a pour effet l'élargissement du bassin, une remontée du tréfont et une tendance à l'homogénéisation par les grès du membre supérieur de la Formation des Grès de Marhouma

Fig. 6 - Configuration d'un bassin en ombilic (a) et en sillon (b)

***Bassin pattern in ombilic shape (a) and trough (b)***

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIEN  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)

des ichnites de la «zone à *Zoophycos*». Les émer-sions sur la plateforme saharienne seraient con-temporaines à cette surface corrélative. Les argi-les de la base du membre supérieur des «Grès de Marhouma» enregistrent un intervalle transgressif (IT) avec construction de la plate-forme et instal-lation d'un édifice deltaïque bien représenté par sa tranche frontale dans les grès à stratifications horizontales puis chenalisés et clôturés par une émer-sion locale.

L'idée d'une subsidence active et d'un sillon saourien, au Famennien, est à modérer à la lu-mière de cette épaisseur (260 m + 110 m =370 m). La zone isopique, à maximum de subsidence, se situerait au nord de l'Ahnet (Wendt et *al.*, 2006) et diminuant progressivement vers le nord au Gourara. Ensuite de l'est vers l'ouest, on a une diminution progressive.

La phase de sédimentation à tendance d'ho-mogénéisation (Grès de Marhouma et forma-tions équivalentes) ne peut s'effectuer que dans un contexte distensif.

**Remerciements** : Nous remercions les reviewers pour leurs lectures et critiques judicieuses.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABBACHE, A. 2000.** Etude sédimentologique des «calcaires griottes» et faciès associés (Givétien-Dévonien supérieur) des environs d'Ougarta (Béni-Abbès, Sahara occidental). *Mém. Magistère, Univ. Oran*, 154 p., 11 pl., inédit.
- AÏT-OUALI, R. 2007.** Les Calcaires griottes. Une période d'instabilité et de vacuité. *Mém. Serv. Géol. Nat.*, 14, pp. 73-77. In: Nedjari, A. 2007.
- AÏT-OUALI, R. 2007a.** Les Grès de Marhouma. Un complexe deltaïque syntectonique et la fin d'une histoire. *Mémoire Service Géologique National*, 14, pp. 79-82. In : Nedjari, A. 2007.
- ALIMEN, H., LE MAITRE, D., MENCHIKOFF, N., PETTER, G. ET POUETO, A. 1952.** Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. *XIX<sup>ème</sup> Congrès Géologique International, Alger*. 1<sup>ère</sup> série (15), pp. 49-62, figs.11-13, planches II-III.
- BELKACEMI, K. 2006.** Environnements sédimentaires et tectonique synsédimentaire au passage Dévonien-Carbonifère de la région de Beni-Abbès. Coupes de Marhouma et Ouarourout (Saoura, Sahara algérien nord-occidental). *Mémoire Ingénieur Univ. d'Oran*, 69 p., inédit.
- BENDELLA, M. 2002.** Séquences et ichnofaciès de la sédimentation silico-clastique d'âge famennien terminal (Beni-Abbès, Saoura). *Thèse Magistère Université Oran*, 136 p., 11 pl., inédit.
- BENHAMOU, M., ABBACHE, A., ELMI, S., MEKAHLI, L., OUALI MEHADJI, A., RACHEBOEUF, P. ET BOUMENDJEL, K. 2004.** Les « calcaires griottes » et faciès associés du Dévonien supérieur des environs de Béni-Abbès à Djebel Hèche (Saoura, Algérie). *Bull. Serv. Géol. d'Alg.*, 15, 1, pp. 27-49.
- BOUGARA, M. 1999.** Contribution à l'étude géologique des formations paléozoïques sédimentaires du môle de Tifrit (Saïda, Algérie Nord-Ouest). *Thèse Magistère, Université d'Oran*, 312p.
- BULTYNCK, P. AND WALLISER, O. 2000.** Emsian to middle Frasnian sections in the Northern Tafilalet. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 399, pp. 11-20.
- CATUNUNNEA, O. 2002.** Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences*, 35, pp. 1-43.
- CATUNUNNEA, O., ABREU, V., BHATTACHARYA, J.P., BLUM, M.D., DALRYMPLE, R.W., ERIKSSON, P.G., FIELDING, C.R., FISHER, W.L., GALLOWAY, W.E., GIBLING, M.R., HOLBROOK, J.M., JORDAN, R., KENDALL, C.G.ST.C, MACURDA, B., MARTINSEN, O.J., MIALI, A.D., NEAL, J.E., NUMMEDAL, D., POMAR, L., POSAMENTIER, H.W., PRATT, B.R., SARG, J.F., SHANLEY, K.W., STEEL, R.J., STRASSER, A., TUCKER, M.E. AND WINKER, C. 2009.** Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth Science Reviews*, 92, pp. 1-33.
- CHOURBERT, G. 1951.** Essai de chronologie hercynienne. *Service géologique du Maroc. Notes et Mémoires*, 83, pp. 9-78

- CONRAD, J., MASSAD, D. AND WEYANT, M. 1986. Late Devonian regression and Early Carboniferous transgression on the Northern African Platform. *Ann. de la Soc. Géol. de Belgique*, 109, pp. 113-122.
- EL-HASSANI, A. AND BENFRIKA, M. 2000. The Devonian of the Moroccan Meseta : biostratigraphy and correlations. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 225, pp. 195-209.
- ELMI, S. 1984. Jurassic palaeogeography of North Africa and its implications. *International Symposium on Jurassic stratigraphy, Geological Survey of Denmark, Copenhagen*, volume III, pp. 629-639.
- ELMI, S. ET AMEUR, M. 1984. Quelques environnements des faciès noduleux mésogéens. *Estrato-da Geologica Romana*, 23, pp. 13-22.
- ENNIH, N. AND LIÈGEOIS, J.P. 2004. The West African Craton passive margin with limited Pan-African activity. Implications for the Northern limit of the craton. *Precambrian Research*, 112, pp. 289-302.
- FABRE, J. 1976. Introduction à la géologie du Sahara algérien. *Société Nationale Edition et Diffusion, Alger*, 422p.
- FABRE, J. 1988. Les séries paléozoïques d'Afrique: une approche. *Journal of African Earth Sciences*, 7, 1, pp. 1-40.
- FABRE, J. 2005. Géologie du Sahara occidental et central. *Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique*, pp. 1-572.
- HAUG, E. 1903. Deux horizons à Céphalopodes du Dévonien supérieur du Sud-Oranais. *Compte rendu Acad. des Sci.*, t. CXXXVIII, pp. 85-87.
- HOLLARD, H. 1967. Le Dévonien du Maroc et du Sahara occidental. In : Oswald, D. (éd.), Devonian System 1, *Alberta Society Petroleum Geology, Calgary*, pp. 03-244.
- HOUSSE, M.R. AND GRADESTAIN, F. 2005. The Devonian Period. In : Gradestein, F. and OGG, J. (Ed). *Geological time scale. Cambridge University Press, Cambridge*.
- LEGRAND-BLAIN, M. 2002. Le Strunien et le Tournaisien au Sahara algérien : limites lithostratigraphiques et biostratigraphiques régionales. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, n° 11, pp. 61-85, 2 figs., 6 tabl.
- LEGRAND, PH. 1968. Le Dévonien du Sahara algérien. In: Oswald, D.H., Ed. International Symposium on the Devonian system. Calgary, 1967. *Alberta Society of Petroleum Geologists*, I, pp. 245-284.
- LUCAS, G. 1952. Bordure nord des Hautes Plaines dans l'Algérie occidentale. *XIX<sup>èmes</sup> Congrès Géologique International, Alger, Monographies régionales*, série 1, 21, pp. 1-139.
- MAACHE, N. 1987. Etude sédimentologique (lithostratigraphie, diagenèse, paléogéographie) des séries du Dévonien de la Saoura (Algérie). *Thèse 3<sup>o</sup> cycle, Université d'Orsay, Paris*, inédite.
- MASSA, D., COMBAZ, A. ET MANDERSHEID, G. 1965. Observations sur les séries siluro-dévoniennes des confins algéro-marocains du sud (1954-1955). *Compagnie française du Pétrole, Notes et Mémoires*, 8, pp. 1-187.
- MENCHIKOFF, N. 1930. Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. *Rev. de Géographie physique et de Géologie dynamique*, vol. III, fascicule 2, pp. 1-147.
- MENCHIKOFF, N. 1932. Sur le Dévonien à Céphalopodes de l'Oued Saoura et des chaînes d'Ougarta (Sahara oranais). *Compte Rendu Académie des Sciences, Paris*, 194, pp. 1966-1968.
- NEDJARI, A. 1995. Le dernier grand épandage détritique hercynien du Sahara algérien : exemple du bassin de Béchar Abadla. *Bulletin du Service Géologique d'Algérie*, vol. 6, n° 2, pp. 195-209.
- NEDJARI, A. 2007. Le bassin de l'Ougarta au Paléozoïque : une mobilité permanente (Livret guide du Field trip) avec la contribution de Aït Ouali, R., Chikhi-Aouimeur, F. et Bitam, L. *Mém. du Serv. Geol. Nat.*, n° 14.



ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIEN  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)

- NEMEC, W. AND STEEL, R.J. 1984.** Alluvial and coastal conglomerates : their significant features and some comments on gravely mass deposits. *In* : Sedimentology of Gravels and conglomerates. *In* Reading, H.G. (edit): Sedimentary environments; Processes, Facies and Stratigraphy. *Blackwell Science*, pp. 1-688.
- OUALI MEHADJI, A., MEKAHLI, L., BOUTERFA, B., ATIF, K. ET MEDDAH, A. 2006.** Déformations syn-sédimentaires en contexte de surcharge vs séismites : exemples du Dévonien terminal de l'Ougarta (Sahara Nord-Ouest) et du Lias – Dogger d'Aïn-Ouarka (Atlas Saharien occidental, Algérie). *12<sup>e</sup> Séminaire Sciences de la Terre, Oran*, 06-07 mars 2006, pp. 30-31.
- PAREYN, C. 1961.** Les massifs carbonifères du Sahara sud-oranais. *Edition Centre National Recherche scientifique, Centre de Recherches sur les Zones Arides*, 1, pp. 1-325.
- PARIS, F., BOUMENDJEL, K., MORZADÉC, P. ET PLUSQUELLEC, Y. 1997.** Synthèse chrono-stratigraphique du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Annale Société géologique du Nord*, 5 (2<sup>ème</sup> série), pp. 117-121.
- PETTER, G. 1959.** Goniatites dévoniennes au Sahara. *Service de la Carte Géologique de l'Algérie. Publication Service Carte géologique, Algérie*, n<sup>11e</sup> série, Paléontologie, Alger, Mémoire n<sup>o</sup>2. pp. 1-313, 26 pl. h.t.
- POSAMENTIER, H.W. AND VAIL, P.R. 1988.** Eustatics control on clastic deposition II: sequence and system tracts models. *In* : Wilgus C.K., Hastings B.S., Kendall C.G.St.C., Posamentier H.W., Ross C.A, Van Wagoner J.C. (Eds.). *Sea level changes- An integrated approach*, vol. 42, pp. 125-154.
- READINGS, H.G. AND COLLINSON, J.D. 1996.** Clastic coasts, 154-231. *In* : Reading, H. G. (edit.): Sedimentary environments : Processes, Facies and Stratigraphy. *Blackwell Science*, pp. 1-688.
- SEILACHER, A. 1977.** Pattern analysis of Palaeodictyon and related trace fossils, pp. 289-334. *In* : T.P. Crimes, and J. C. Harper (eds.). Trace Fossils 2. *Geo. Journ. Spc.*, issue 9. Seel House Press, Liverpool.
- SEILACHER, A. 1977.** Evolution of trace Fossil Communities, pp. 359-376. *In* : Hallam, A. (ed), Patterns of evolution, as illustrated by the fossil record. *Elsevier*.
- SIZAC, C. 1993.** Evolution de la marge de l'Oranie (Algérie occidentale) lors du Paléozoïque et Mésozoïque. *Strata*, 2, pp. 1-513.
- TCHOUMACHENCO, P. AND UCHMAN, A. 2001.** The oldest deep-sea Ophiomorpha and Scolica and associated trace fossils from the Upper Jurassic-Lower Cretaceous deep-water turbidite deposit of SW Bulgaria. *Palaeogeography, Paleoclimatology Paleocology*, 169, pp. 85-99.
- TERMIER, H. 1936.** Etudes géologiques sur le Maroc Central et le Moyen Atlas Septentrional, v. 3, *Paléontologie. Notes et Mémoires du Service géologique, Maroc*, 33, pp. 1087-1421.
- UCHMAN, A. 1991.** « Shallow water » trace fossils in Palaeogene flysch of the Southern part of the Megura nappe, Polish outer Carpathian. *Annales Société Géologique, Polinae*, 61, pp. 61-75.
- WENDT, J., AIGNER, T. AND NEUGEBAUER, J. 1984.** Cephalopod limestone deposition on a shallow pelagic ridge : the Tafilalt platform (Upper Devonian, Eastern Anti-Atlas, Morocco). *Sedimentology*, pp. 601-665.
- WENDT, J. AND BELKA, Z. 1991.** Age and depositional environment of Upper Devonian (Early Frasnien to Early Famennian) black shales and limestones (Kellwasser facies) in the eastern Anti-Atlas, Morocco. *Facies*, 25, pp. 51-90.
- WENDT, J., KAUFMANN, B., BELKA, Z., KLUG, C. AND LUBESSEDER, S. 2006.** Sedimentary evolution of a Palaeozoic basin and ridge system : the Middle and Upper Devonian of the Ahnet and Mouydir (Algerian Sahara). *Geological Magazine*, 143 (3), pp. 269-299.

## Planche I

### Photo a

Falaise de la cluse de Marhouma (à l'entrée sud)  
constituée par le membre inférieur de la formation des Grès de Marhouma.

***Cliff the "Marhouma cluse" (the southern entry)  
consisted by the lower member of the "Grès de Marhouma formation".***

### Photo b

Vue latérale du membre inférieur de la formation des "Grès de Marhouma" avec les olistolithes.

***Lateral view of the lower member of the "Grès de Marhouma" formation with the olistolithes.***

### Photo c

Barre à mégarides de la base du membre inférieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***Bar with megaripples at the base of the lower member of the "Grès de Marhouma" formation.***

### Photo d

Olistolithes et blocs torsadés.

***Olistolithes and twisted blocks***

### Photo e

Barre à mégarides de la base du membre inférieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***Bar with megaripples at the base of the lower member of the "Grès de Marhouma" formation.***

### Photo f

Olistolithes à vergence sud.

***Olistolithes with southern vergency***

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNEN  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)



## Planche II

### Photo a

Vue générale du membre supérieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***General view of the upper member of the "Grès de Marhouma" formation.***

### Photo b

Chenalisations et faille synsédimentaire dans le membre supérieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***Chenalisations and synsedimentary fault in the upper member of the "Grès de Marhouma" formation***

### Photo c

Vue générale du membre supérieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***General view of the upper member of the "Grès de Marhouma" formation.***

### Photo d

Litages de rides en phases dans le membre supérieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***Ripples bedding in phases in the upper member of the "Grès de Marhouma" formation.***

### Photo e

Grès roux au sommet du membre supérieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***Russet-red sandstone at the top of the upper member of the "Grès de Marhouma" formation.***

### Photo f

Anneaux de Liesegang au sommet du membre supérieur de la formation des "Grès de Marhouma".

***Liesegang rings at the top of the upper member of the "Grès de Marhouma" formation.***

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNEN (DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)



### Planche III

#### Photo a

Slumps à vergence sud dans le membre inférieur de la formation des « Grès de Marhouma ».  
***Slumps with southern vergency in the lower member of the "Grès de Marhouma" formation.***

#### Photo b

Structure de glissement en "semelles" à vergence sud dans le membre inférieur de la formation des « Grès de Marhouma ».  
***Slip structure as "soles" form with southern vergency in the lower member of the "Grès de Marhouma" formation.***

#### Photo c

Clastes intraformationnels en "puzzle" dans le membre inférieur de la formation des « Grès de Marhouma ».  
***Clastes intraformationnels in "puzzle" in the lower member of the "Grès de Marhouma". formation.***

#### Photo d

Débrites, slumps et microfailles inverses dans le membre inférieur de la formation des « Grès de Marhouma ».  
***Debrites, slumps and reverse microfaults in the lower member of the "Grès de Marhouma" formation.***

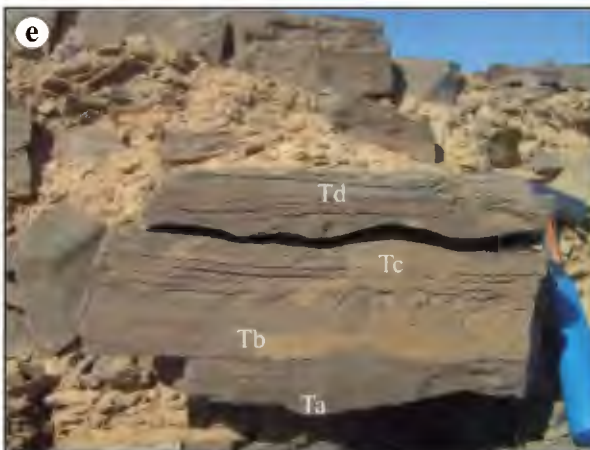
#### Photo e

Séquence complète de Bouma dans la zone VI de la formation des « Argiles de Marhouma ».  
***Bouma's sequence in the zone VI of the "Argiles de Marhouma" formation.***

#### Photo f

Failles synsédimentaires avec effondrement dans le membre inférieur de la formation des « Grès de Marhouma ».  
***Synsedimentary faults with collapse in the lower member of the "Grès de Marhouma" formation.***

ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNEN  
(DÉVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)



## Planche IV

### Photo a

Vue d'une partie de la formation des « Argiles de Marhouma » avec un pendage subvertical.

*View of part of "Argiles de Marhouma" formation with a subvertical dip.*

### Photo b

Discordance progressive (en éventail) à la base de la formation des "Grès de Marhouma".

*Progressive unconformity at the base of the "Grès de Marhouma"*



ESTIMATION DE L'ÉPAISSEUR RÉELLE ET DES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS D'ÂGE FAMENNIEU (DEVONIEN SUPÉRIEUR) DE LA RÉGION DE MARHOUMA (SAOURA, SAHARA NORD-OUEST, ALGÉRIE)

