



*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

*Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed*

*Faculté de Sciences de la Terre & de l'Univers*

*Département de Sciences de la Terre*

*Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléoenvironnement*

*Mémoire Présenté pour L'obtention du grade Master II*

*Option : Géologie des bassins sédimentaires*

*Thème :*

**Microfaciès d'un ensemble argilo-silteux du Famennien VI de Marhouma**

**(Saoura, Ougarta, Algérie).**

*Présenté par Melle. TEDJINI LATIFA*

*Soutenu le : 27 / 09 / 2021 devant le jury composé de :*

*Mm TANDJAOUI-ARIF R                      MA-A                      université d'oran2                      Présidente*

*Mr OUALI .MEHADJI Aek                      Pr                      université d'oran2                      Rapporteur*

*Mr BAAOUAGUE A/baki                      MA-B                      université d'oran2                      Examineur*

**ORAN 2021**



### *Remerciement*

*C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.*

*Je tiens tout d'abord à remercier les membres du jury ; Madame TANDJAOUI-ARIF Radia, et Monsieur BENMOHALED Abd-El-Baki pour leur présence, leur lecture attentive de notre travail ainsi que pour leurs remarques afin d'améliorer ce travail.*

*Je remercie, mon encadreur Monsieur OUALI MEHADJI Abd-El-Kader, Professeur à l'université d'Oran 02, pour sa patience, sa disponibilité et pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables.*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé ma réflexion. Je cite en particulier : Mr MAHBOUBI M ; Mr BOUTERFA.B ; Mr BENDELLA ; Mr MANSOUR ; Mr BENHAMOU M*

*Un remerciement spécial aux ingénieurs de laboratoire, Mr BOUZA H et Mr WAHID, pour leur accueil et l'aide fourni afin de réaliser ce travail, ainsi qu'au personnel administratif, Mme SALIHA H pour son aimable accueil et son assistance.*

*Un grand merci à toute l'équipe pédagogique de l'établissement, pour le travail effectué pour le bon déroulement de nos études.*

*Enfin, un grand merci à mes parents, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, qui m'ont permis de réaliser les études que je voulais et par conséquent ce mémoire.*

## Résumé

Ce travail représente une étude géologique sur une coupe de la formation des argiles de Marhouma dans les terrains du Devonien supérieur (Famennien VI), située à 30 km au SE de Beni Abbes, au pied ouest du grand Erg occidental, dans les monts d'Ougarta.

Le but de ce travail est de donner quelques détails pétrographiques sur une coupe de 12 m d'épaisseur, levée au niveau de Famennien VI, représentée par une corniche argileuse à aspect schisteux, à passées de silts et des nodules centimétriques noirs dont certains imprégnés de bitume.

L'étude lithologique nous a permis de distinguer 3 horizons : i) Horizon inférieur d'argiles à calcaire noduleux, ii) horizon médian d'argiles à silts, et iii) horizon supérieur d'argiles à passées de calcaires et silts. Les bancs de silts montrent des laminations horizontales et des rides de courants.

La matière organique se présente sous 3 types ; amorphe, i) granuleuse ; ii) lamellaire et iii) en masse compacte. Cette différence de texture pétrographique de la MOA peut s'expliquer par des différences de précurseurs biologiques ou des conditions de préservation différentes. La texture fine (mudstone – wackestone) et la faune à coquilles fines (bivalves et ostracodes) traduiraient un milieu calme situé sous la zone photique et en eaux déficitaires en oxygène constituant une part des hémipélagites.

La nature fine du sédiment argileux et des calcaires micritiques témoigne d'un dépôt par décantation et donc en moments de calme hydrodynamisme.

**Mots-clés :** Monts d'Ougarta, Argiles de Marhouma, Devonien supérieur, Famennien VI, Kérogène, la matière organique amorphe

## **Absract**

This work represents a geological study of the formation of Marhouma clays in the lands of the Upper Devonian (Famennian VI), located 30 km SE of Beni Abbes, at the western foot of the great Western Erg, in the wilaya of Béchar (the mountains of Ougarta).

The goal of this work is to give some petrographic details on a section 12 m thick was raised at the level of Famennian VI, represented by a clayey valley with a schistose appearance, with silts and black centimetric nodules seem to be impregnated with bitumen.

The lithological study of this formation allowed us to subdivided the section into 3 horizons are: Lower horizon of nodular limestone clays, median horizon of silt clays and upper horizon of limestone and silt clays. The banks of silts show horizontal laminations and the ripples of the currents.

The description of facies and sub-facies allowed us to distinguish 3 types of amorphous organic matter impregnated in the sediments. Granular, lamellar and compact, this difference in petrographic texture of AOM can be explained by differences in biological precursors or different preservation conditions. As well as the fine texture (mudstone - wackestone) and the fauna with fine shells (bivalves and ostracods) which would reflect the presence of a calm environment located under the photic zone and in oxygen-deficient water (Casier, 2004) constituting part of the hemipelagites.

The fine nature of the clay sediment and micritic limestones testifies to a deposit by settling and therefore in moments of calm hydrodynamics

**Keywords:** Famennian VI, the mountains of Ougarta, Upper Devonian, bitumen, amorphous organic matte

## TABLE DE MATIERE

DÉDICACE.

RÉSUMÉ.

TABLE DE MATIERE.

### CHAPITRE I : GENERALITES

INTRODUCTION.....	01
I- CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	01
A- Cadre géographique de la Chaîne d'Ougarta. ....	01
B- Cadre géographique du secteur d'étude . . . . .	02
II- CADRE GÉOLOGIQUE. ....	03
A- Cadre géologique de la Chaîne d'Ougarta. ....	03
B- Cadre géologique de la région d'étude. ....	04
III- APERÇU GÉOLOGIQUE SUR LE DEVONIEN SUPERIEUR DES MONTS D'OUGARTA.....	06
A- La Formation du Cheffar El Ahmar (le sommet).....	06
B- La Formation des argiles de Marhouma.....	06
C- La Formation des grès de Marhouma.....	06
IV- GENERALITES SUR LES SCHISTES BITUMENEUX :.....	07
A. Généralités :.....	07
B. Kérogène et bitumes :.....	08
V- HISTORIQUE SUR LRS TRAVEAUX DEVONIENS D'OUGARTA.....	11
VI. METHODE DE TRAVAIL.....	12
A-Méthodologie et but du travail .....	12
1. Sur Terrain .....	12
2-Au laboratoire .....	12
CHAPITRE II : ETUDE LITHOLOGIQUE	
I-NTRODUCTION.....	15

<b>II-LOCALISATION DE LA COUPE .....</b>	<b>15</b>
<b>III-LA DESCRIPTION DE LA COUPE .....</b>	<b>16</b>
<b>A- Horizon inférieur d'argiles à calcaire noduleux.....</b>	<b>16</b>
<b>B-Horizon médian d'argiles à silts.....</b>	<b>17</b>
<b>C- Horizon supérieur d'argiles à passées de calcaires et silts.....</b>	<b>18</b>
<b>Colonne lithologique de la coupe levée (Argiles de Marhouma ; Famennien VI).....</b>	<b>19</b>
<b>CHAPITRE III DISCRIPTION DES LAME MINCE</b>	
<b>I-Introduction.....</b>	<b>21</b>
<b>A-La matière organique structurée.....</b>	<b>21</b>
<b>B- La matiere organique non structurée .....</b>	<b>21</b>
<b>C- L'observation microscopique .....</b>	<b>22</b>
<b>II-Description des lames .....</b>	<b>22</b>
<b>II-1- Lame N01 .....</b>	<b>22</b>
<b>II-2- Lame N02 .....</b>	<b>23</b>
<b>II-3- Lame N03 .....</b>	<b>23</b>
<b>II-4- Lame N04 .....</b>	<b>24</b>
<b>II-5- Lame N05 .....</b>	<b>24</b>
<b>II-6- Lame N09 .....</b>	<b>25</b>
<b>II-7- Lame N10 .....</b>	<b>26</b>
<b>II-8- Lame N12 .....</b>	<b>26</b>
<b>II-9- Lame N15 .....</b>	<b>27</b>
<b>II-10- Lame N18 .....</b>	<b>27</b>
<b>III INTERPRETATION .....</b>	<b>29</b>
<b>A- interprétation de macrofaciès .....</b>	<b>29</b>
<b>B- Interprétation de Microfaciès .....</b>	<b>29</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>32</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>35</b>
<b>Liste de figures .....</b>	<b>38</b>
<b>Liste de tableaux .....</b>	<b>40</b>

***CHAPITRE I***  
***GENERALITES***

## ***INTRODUCTION***

Les suintements d'hydrocarbures dans les séries fossiles ont été signalés depuis le 18<sup>ème</sup> siècle et certains niveaux furent même exploités en tant que fiouls comme dans l'Oklahoma (Eldridge, 1901) confondus avec le charbon. Dans l'actuel, plusieurs endroits, comme dans le Golfe du Mexique, montrent des extrusions d'huiles souvent colonisées par une faune chimio-synthétiques (Sahling *et al.*, 2016).

Dans les séries fossiles, kérogène et bitumes sont associés aux roches mères et souvent appelés « schistes bitumineux ».

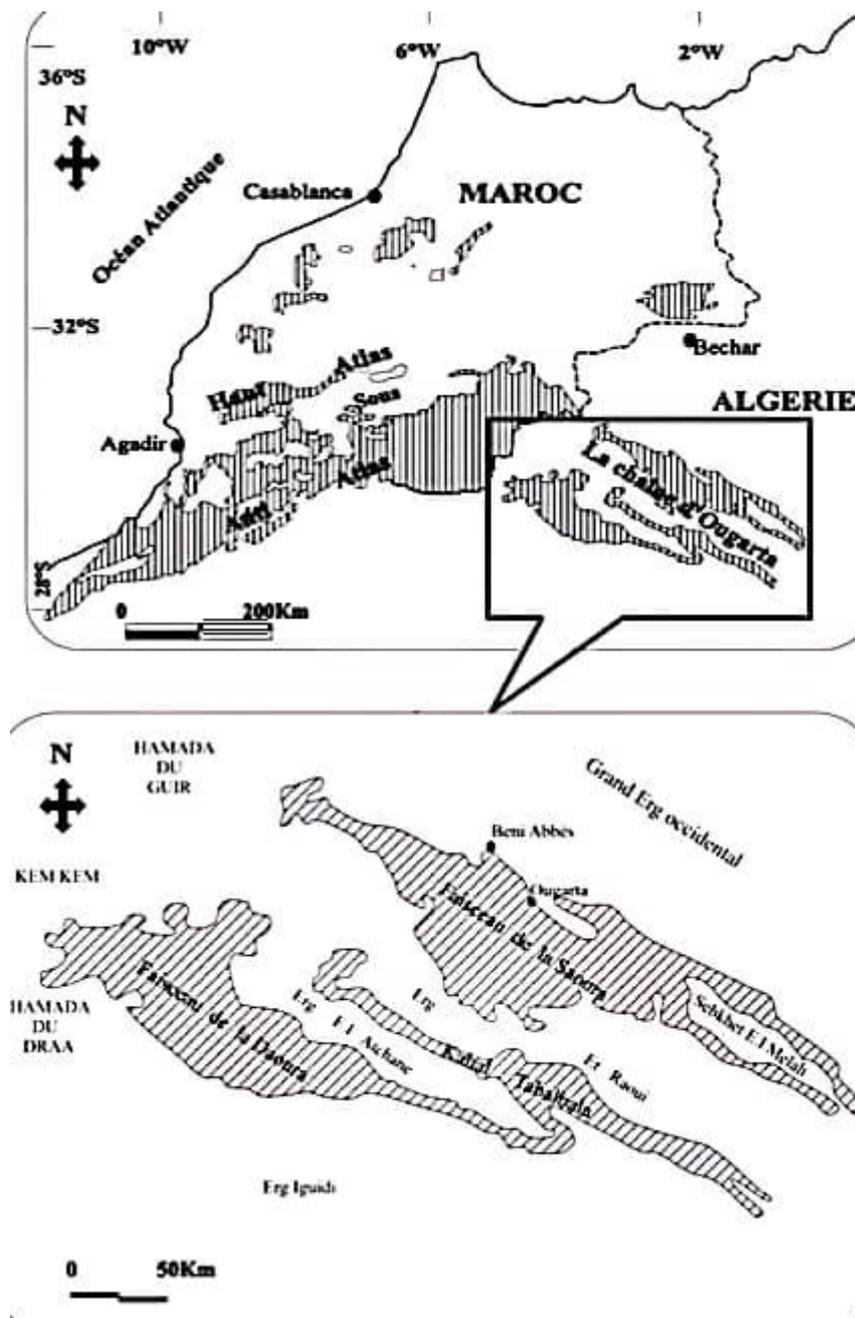
Des nodules et masses d'apparence de bitumes ont été signalés par Ouali Mehadji *et al.* (2018) dans les assises du Dévonien supérieur de la Saoura. Notre travail consiste à donner quelques détails pétrographiques (microfaciès et caractères de ces imprégnations par rapport aux grains), sur une coupe de 12 m d'épaisseur, où des passées de silts semblent être imprégnés par du bitume, et des nodules centimétriques, noirs, sont alignés dans les argiles.

### ***I- CADRE GÉOGRAPHIQUE :***

#### **A- Cadre géographique de la Chaîne d'Ougarta :**

La Chaîne d'Ougarta fait partie des plus importants reliefs du Sahara algérien nord-occidental. D'une orientation générale NW-SE, elle est située à environ 1000 km au Sud de la ville d'Oran et 250 km de celle de Béchar. Cette Chaîne s'étend sur 450 km de longueur et 200 km de largeur. Elle est limitée au Nord par la Hamada du Guir, au Sud par Erg Chech, à l'Ouest par la Hamada du Draa et, enfin à l'Est, par le Grand Erg occidental.

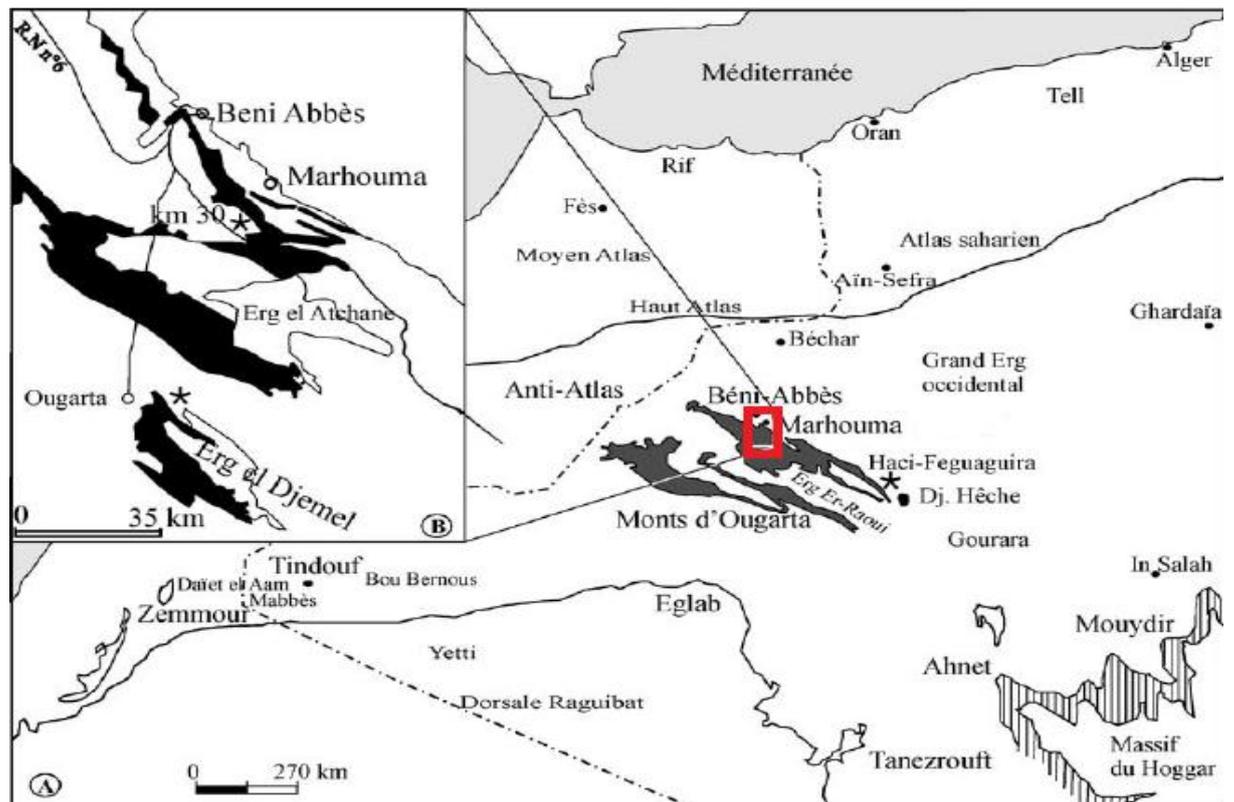
La Chaîne d'Ougarta représente le prolongement de l'Anti-Atlas marocain dans sa partie orientale. Elle est subdivisée morphologiquement en 2 faisceaux : le faisceau de la Saoura, et celui de la Daoura. Ces 2 faisceaux sont séparés par Erg er Raoui (**Fig. 1**)



**Fig. 1** : Position géographique et morphologique de la Chaîne d'Ougarta (Berrabah, 2012).

**B- Cadre géographique du secteur d'étude (le secteur de Marhouma) :**

Notre secteur d'études est situé à 30 km au SE de Beni Abbas, au pied ouest du grand Erg occidental, dans la wilaya de Beni Abbas . Nous pouvons atteindre la coupe sur la rive droite de l'Oued Saoura (**Fig. 2**).



**Fig. 2 : Carte de situation du secteur étudié et localisation de la chaîne d'Ougarta (en gris foncé), (Ouali Mehadji *et al.*, 2004)**

## **II - CADRE GÉOLOGIQUE**

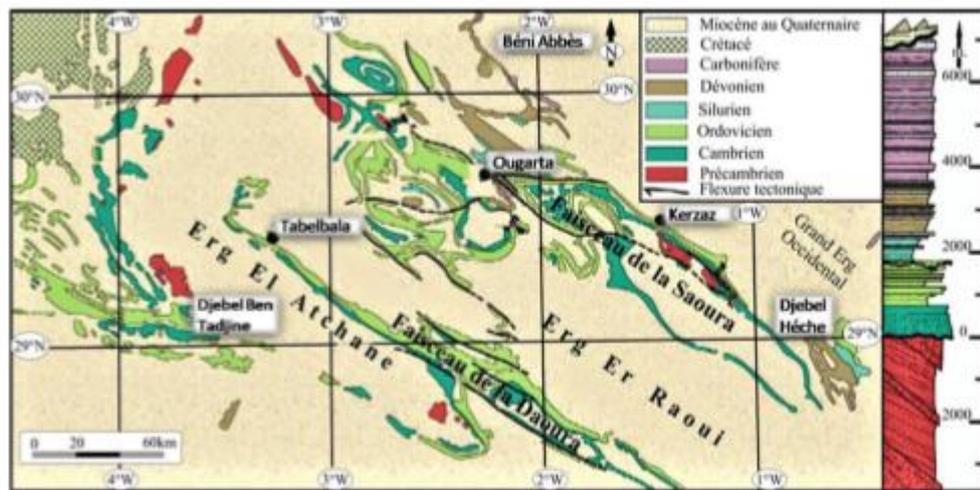
### **A- Cadre géologique de la Chaîne d'Ougarta**

La Chaîne d'Ougarta est une chaîne hercynienne chevauchante, à raccourcissement faible et à plis passifs (Hervouet & Duée, 1996). Elle est constituée par des terrains du Précambrien (socle) et Paléozoïque (couverture), entre deux domaines géologiques différents : (1) à l'Ouest, le Craton Ouest-africain, et à l'Est (2) le domaine panafricain représenté par le Bouclier Targui (Ghienne *et al.*, 2007).

Le Dévonien supérieur est représenté par les formations suivantes : la partie sommitale de la Formation du Cheffar El Ahmar, la Formation des Argiles de Marhouma et enfin la Formation des Grès de Marhouma (Grès de Ouarrourout). Ces Formations ont été définies par Poueyto (1965) et Bastien *et al.* (1965)

Dans l'Ougarta, le Dévonien argilo-gréso-carbonaté repose sur le Silurien schisteux sans lacune importante (passage Siluro-Dévonien progressif) (Menchikoff, 1933). Par conséquent, la limite entre les deux systèmes (Silurien – Dévonien) est approximative à cause de la similitude des faciès. Cette limite a été étudiée par Legrand (1977 ; 1985) à base de graptolithes. Elle est

placée à la base du dernier membre argilo-gréseux de la formation d'Oued Ali par la présence de l'espèce caractéristique de l'extrême base du Dévonien *Monograptus uniformis* qui coïncide avec la biozone à *Eisenackitina bohémica* (première zone de chitinozoaires du Lochkovien). L'ensemble des formations dévoniennes dans la région d'Ougarta est surmonté par des dépôts continentaux de la Hamada néogène qui repose en discordance angulaire sur tous les dépôts paléozoïques. Ces formations dévoniennes plissées montrent des couches de direction WNW-ESE et de pendage moyen entre 20° à 30° vers le NNE. (Fig. 3)



**Fig. 3** : Carte géologique de la Chaîne d'Ougarta et colonne synthétique (Abbache, 2019).

### **B. Cadre géologique du secteur d'étude (Marhouma) :**

Le Dévonien supérieur, dans le secteur de Marhouma, est représenté par le sommet de la Formation du Cheffar El Ahmar, la Formation des Argiles de Marhouma et enfin la Formation des Grès de Marhouma.

**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)

**La formation des «Grès de Marhouma»** (Grès de Ouarourout ; Grès du Djebel Kahal) de Legrand-Blain (2002).

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 en deux membres ; **Le membre inférieur**, représenté par la falaise de l'entrée sud de Marhouma, et **le membre supérieur**, va de la barre gréseuse à mégarides jusqu'au revers nord du relief gréseux (Djebel Kahal) (Ouali Mehadji *et al*, 2012).

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; Ait-Ouali, 2007) sur la base d'une épaisseur d'environ 1000 m pour le Famennien alors que Ouali Mehadji *et al.* (2012) y voient une épaisseur de 370 m pour la totalité du Famennien et revoient à la baisse cette accélération de la subsidence. (**fig. 04**)

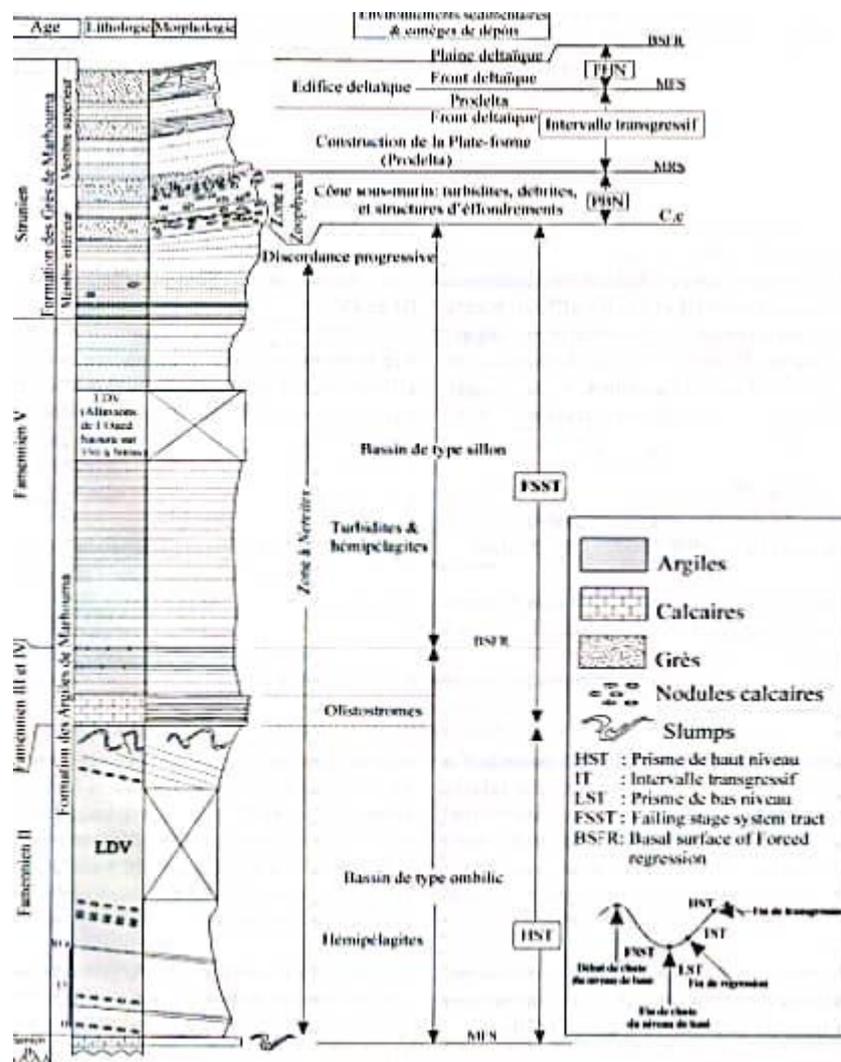


Fig. 4 : colonne lithostratigraphique du Dévonien supérieur de Marhouma (Ouali Mehadji *et al.*, 2012)

### III. APERÇU GÉOLOGIQUE SUR LE DEVONIEN SUPERIEUR DES MONTS D'OUGARTA :

Il est représenté successivement dans les formations suivantes : la partie sommitale de la Formation du Cheffar El Ahmar, la Formation des Argiles de Marhouma et enfin la Formation des Grès de Marhouma (= Grès de Ouarourout).

#### A. La Formation du Cheffar El Ahmar (le sommet) (60 m) :

Le Dévonien supérieur de la formation représente les deux zones du Frasnien : La première zone à dominance argileuse d'âge Frasnien Ia, par la présence des goniatites *Koenenites* (Petter, 1959), des conodontes de la zone à *asymmetricus* et des chitinozoaires *Ancyrochitina* sp., *Ramochitina* sp., *Ramochitina viridarium* et *Angochitinidea*. (Boumendjel *et al.*, 1997). Elle est représentée par une masse dilatée d'argiles en alternance avec de rares passées calcaires noduleux.

La seconde zone à dominance calcaire attribuée au Frasnien Ib, par la présence de goniatites *Manticoceras* (Petter, 1959), ostracodes *Entomozocea* (Casier, 1982 ; 1985) et des chitinozoaires *Angochitinae* (Boumendjel *et al.*, 1997). Le faciès est marqué à la base par le développement des faciès griottes à slumps, à faune de goniatites associées avec quelques orthocères et polypiers. L'abondance des structures noduleuses et des surfaces sculptées caractérisent ces calcaires griottes. Au sommet, le faciès devient plus argileux de couleur ocre avec de rares passées de calcaires noduleux à *Manticoceras*. L'ensemble des niveaux calcaires de cette formation est marqué par une richesse en tentaculites, comme les *Dacryonarides* avec *Striatostyliolina striata* pour le Frasnien Ia et *Striatostyliolina menchikoffi* pour le Frasnien Ib (Malti, 2012).

#### B. La Formation des argiles de Marhouma (260 m) :

La succession est représentée à la base dans la formation argileuse de Marhouma par une grande combe argileuse à septarias, et faunes pyriteuses naines (goniatites, clymenies, brachiopodes, bivalves) et au sommet dans la formation carbonatée de Marhouma par le développements des faciès griottes calcaires devenant argileux à ammonoïdes suivie par l'arrivée de passées de minces bancs siletux à caractères turbiditiques. Ces argiles à passées de silts et épisodes calcaires griottes vont fu Famennien II au Famennien base de VI (Petter, 1959 ; 1960 ; Abbache, 2019 : Abbache *et al.*, 2019).

#### C. La Formation des grès de Marhouma (110 m) :

Cette Formation est attribuée au Strunien par Fabre (1976 ; 2005) et se termine sous le Grand Erg Occidental sur le versant Nord de Djebel Kahal. Il s'agit surtout des grès noirâtres, massifs, à interlits argileux. Les niveaux gréseux métriques montrent des structures de déformations syn-sédimentaires (Slumps, failles, glissements ...). La formation débute sur la rive gauche de l'Oued Saoura par des argiles en intercalations avec des grès. Elle est d'âge Famennien VI d'après la

présence d'un niveau à *Wocklumeria* (Petter, 1959) dans les rares niveaux minces de calcaires. Vers le haut, les niveaux de grès quartziques, à slumps, sont recoupés par des failles synsédimentaires, deviennent de plus en plus importants (>1 m), à chenalisations ou stratifications horizontales associées à des laminations horizontales ou des laminations obliques de faible angle.

#### **IV. GENERALITES SUR LES SCHISTES BITUMINEUX :**

##### **A. Généralités :**

La matière organique dans les sédiments récents et anciens est le reflet de l'apport organique d'origine et des processus ultérieurs de diagenèse. Cependant, une grande partie de la matière organique qui forme les organismes vivants se désintègre et se décompose en présence d'oxygène, éventuellement en dioxyde de carbone et en eau, et disparaît ainsi des archives sédimentaires. Les bactéries et autres microbes sont principalement impliqués dans cette dégradation.

La décomposition de la matière organique en présence d'oxygène, la désintégration aérobie, est fondamentalement l'inverse de la photosynthèse, avec diverses étapes intermédiaires. Lorsqu'il y a peu ou pas d'oxygène présent, une désintégration anaérobie a lieu pour produire des hydrocarbures et d'autres composés organiques plus complexes. La plupart des sédiments ne contiennent que de petites quantités de matière organique. En moyenne, les grès contiennent 0,05% de matière organique, les calcaires environ 0,3% et les mudrocks 2%. Les principaux gisements organiques sont **les schistes bitumineux** et les charbons durs (Tucker, 2001).

Les schistes bitumineux sont pour la plupart des roches de boue à lit mince contenant plus de 33% de matière inorganique. La matière organique est principalement du kérogène et des hydrocarbures sont libérés par chauffage. Une grande partie de la matière organique des schistes bitumineux est finement disséminée et tellement altérée que les organismes à partir desquels elle s'est formée ne peuvent être identifiés.

La caractéristique sédimentaire typique de nombreux schistes bitumineux est une stratification distincte, à l'échelle millimétrique, de couches clastiques (ou carbonates) et organiques alternées. Des efflorescences saisonnières ou annuelles d'algues planctoniques sont fréquemment invoquées pour expliquer la stratification rythmique. Comme pour la formation du charbon, des conditions d'anaérobies sont nécessaires pour empêcher l'oxydation de la matière organique et pour réduire la dégradation bactérienne, à moins que le taux de productivité organique ne soit très élevé, lorsque l'accumulation peut avoir lieu dans un environnement oxydant. De nombreux schistes bitumineux se sont formés dans des plans d'eaux stratifiés où les eaux de surface oxygénées ont permis la

croissance du plancton, et les eaux du fond anoxiques ont permis la préservation de la matière organique (Tucker, 2001).

### B. Kérogène et bitumes :

La matière organique issue de la sédimentation (particules ligneuses provenant des plantes du continent, les spores et pollens, tissus cellulaires, débris d'algues, phytoplancton...) vont subir des altérations biologiques (bioturbation par le benthos), chimiques et physico-chimiques (réactions bactériochimiques). Généralement, la teneur moyenne des roches est autour de 0,5%, et à partir de 4 à 12% de MO, la roche a un potentiel à générer des hydrocarbures (Biju-Duval, 2002). La MO sédimentaire comprend deux fractions : 1) fraction soluble dans les solvants organiques ( bitume) et 2) une fraction insoluble ( kérogène) (Tyson, 1995 ; Deniau, 2002). (fig .5)

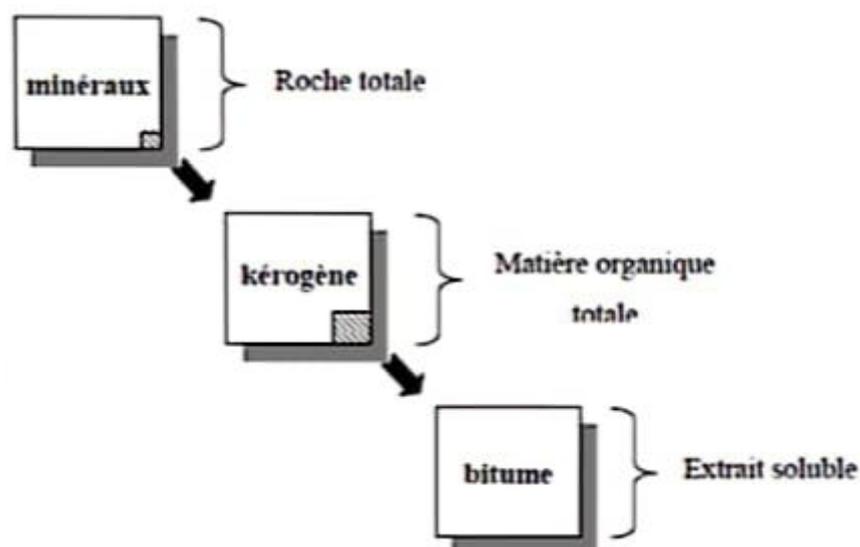


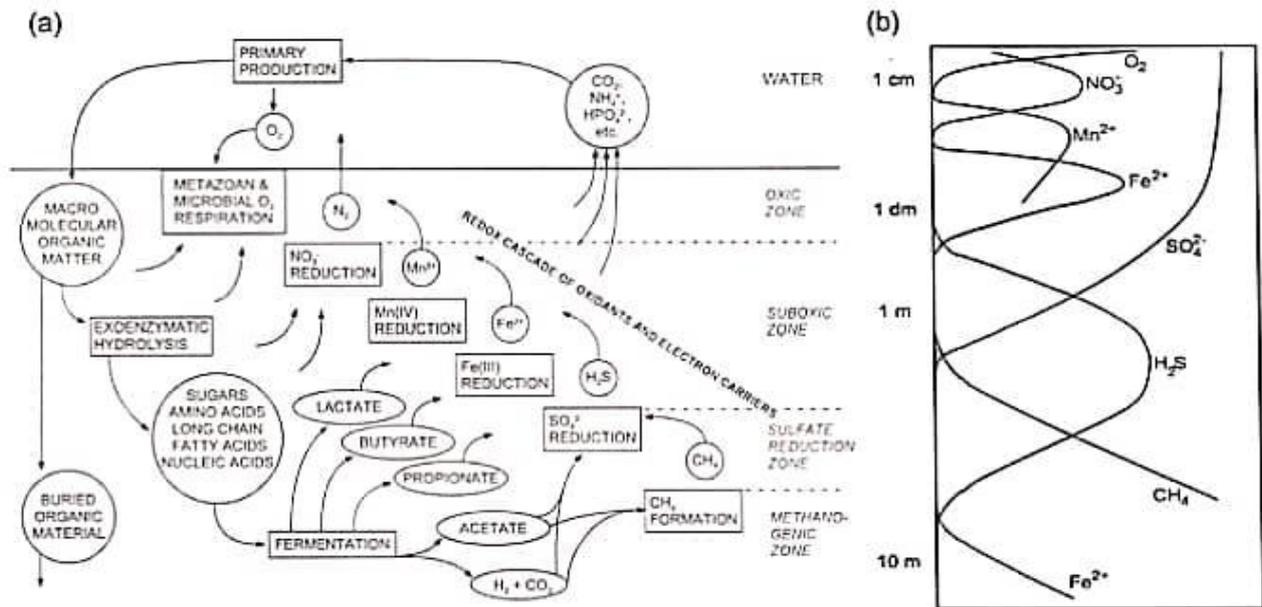
Fig. 5 : Composition de la matière organique dans les roches sédimentaires anciennes (Tissot & Welte, 1978)

L'histoire de l'enfouissement (issue de la subsidence) débute par la diagenèse précoce en milieu aérobie ensuite anaérobie. Pour la MO, l'action bactérienne domine et la dégradation de cette MO ouvre la voie à la formation du **kérogène** constitué de polymères.

Le kérogène Type I est issu de MO lacustre, le Type II provient de MO d'origine marine, enfin de Type III à partir de MO végétale continentale (riche en lignine).

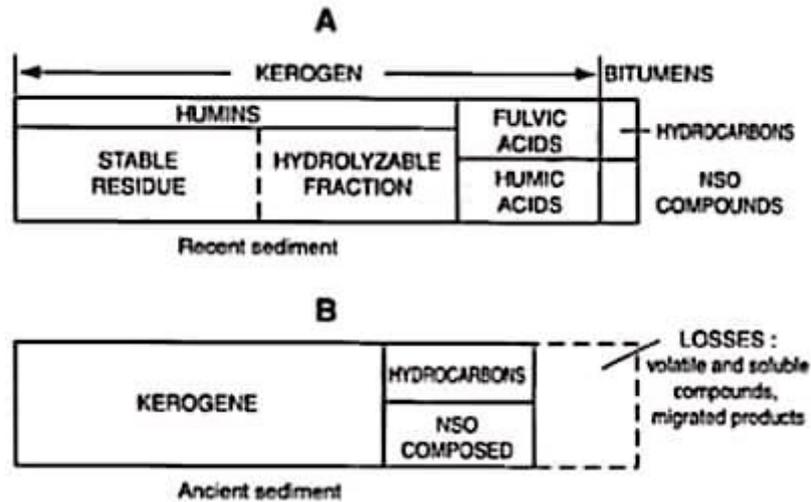
Les transformations de la MO se font par étapes en fonction des conditions bio-géochimiques (réactions bactériennes et milieux) ; à l'interface eau-sédiment et ou à quelques centimètres commence

la dépolymérisation bactérienne et fermentation produisant H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> (Fenchel & Jorgensen, 1977 ; Chaduteau, 2008) jusqu'à l'épuisement de l'oxygène et rétablissement de l'anoxie conduisant à une dénitrification, réduction du Mn et du Fe<sup>3+</sup>, et enfin la réduction des sulfates (Fig. 06) (Ritger et al., 1987). La présence de la pyrite (framboïdale) est un indice d'une médiation bactérienne (Wilkins & Barnes, 1997).



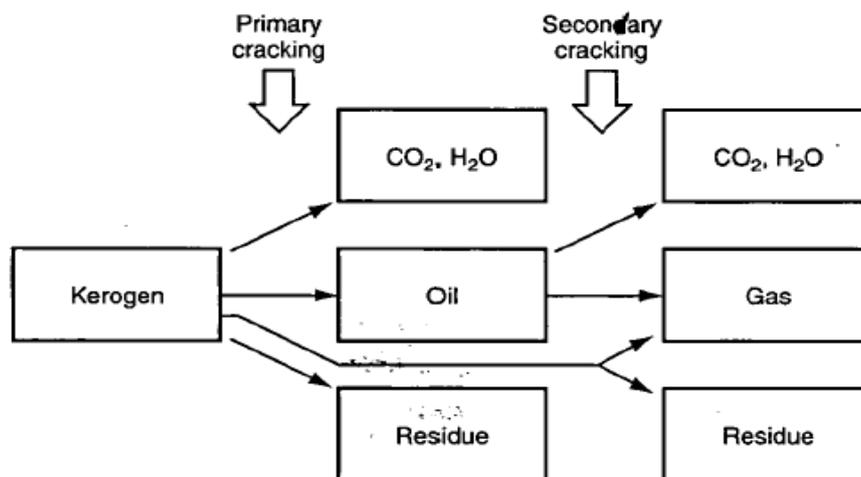
**Fig. 6:** Voies de dégradation de la matière organique dans les sédiments marins (Fenchel and Jorgensen, 1977) ; (b) Profils chimiques des eaux interstitielles reflétant la distribution verticale des processus dominants de minéralisation (Froelich, *et al.*, 1979).

L'enfouissement continue, le kérogène initial soumis à une augmentation progressive de la température avec différents stades de dégradation de la MO et sa transformation en huiles et gaz (*oil and gaz*) et un kérogène résiduel (Fig. 7).



**Fig. 7:** Evolution de Kérogène initial à kérogène résiduel (Bordenave, 1993)

La genèse des hydrocarbures à partir du kérogène initial est due à un craquage thermique (*thermal cracking*) (Biju-Duval, 2002). (**fig. 08**).



**Fig. 8 :** le craquage thermique du kérogène. Le kérogène initial est dégradé en plusieurs étapes de craquage

Ainsi, les hydrocarbures formés peuvent rester sur place (dans la roche mère) dans certains cas pour constituer les « argiles bitumineuses » (*bituminous shales*).

## **V. HISTORIQUE SUR LRS TRAVEAUX DEVONIENS D'OUGARTA :**

Sur le Sahara nord-ouest, les premières recherches géologiques remontent à 1861 dans un rapport inédit établi par Pouyane. Rolland (1886) prépara une carte, sans différenciation des étages, où le Dévonien est très développé (vallée de la Saoura et Tassilis Ajjers).

Gauthier et Haug (1903 ; 1906) signalent la présence de terrains supposés du Dévonien dans la Saoura et réalisent une carte au 1/1.000.000ème. En 1906, Gautier récolta les premières faunes, selon lesquelles Haug (1906) a attribué l'âge Dévonien supérieur à la chaîne de la Saoura et d'Ougarta. Les travaux de Menchikoff (1930 ; 1933) tracent les grands traits stratigraphiques de l'Ougarta. Petter (1959) étudia les Goniatites du Dévonien supérieur de la Saoura (Sahara algérien) puis les Clymenies de la même région en 1960.

Menchikoff avec un groupe de géologues composé par Alimen, Le Maître, Petter et Poueyto ont entamé l'étude systématique des Monts d'Ougarta. Ces travaux ont été publiés dans une monographie en 1952. Entre 1954 et 1956, dans le projet « Oued Namous », de nombreux rapports ont été réalisés sous forme de notes et mémoires : On peut citer Poueyto (1952), Gomez-Silva et al. (1963), Bastien et al. (1965), Massa et al. (1965), Bastien (1967). Ces travaux sont consacrés principalement sur les terrains siluro-dévonien.

Un groupe de géologues russes dirigé par Aliev (1971) réalisa des études sur la stratigraphie et la possibilité en pétrole et en gaz du Paléozoïque. Maâche, (1987) a effectué une étude lithostratigraphique, diagénétique et paléogéographique des séries du Dévonien de l'Ougarta.

Dans l'Ougarta Boumendjel *et al.* (1997) réalisa des études chronostratigraphiques basée sur la faune et la microfaune du Dévonien.

On peut citer quelques travaux en Algérie ceux de Elmi & Ameer (1984), Casier (1982 ; 1985 et 1986) Göddertz (1987), Hervouet & Duée (1996), Mekahli *et al.* (2000) et Benhamou *et al.* (2004). Actuellement, plusieurs recherches lancées par des chercheurs (Ingénieur, Magister, Master et Doctorant), de l'Université d'Oran, dans la région de l'Ougarta pour des études sédimentologiques, stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques. Une autre recherche lancée par l'Université d'Alger dans le bassin d'Ougarta dans le cadre de préparation des mémoires de fin d'étude et de thèses de Doctorats.

## **VI. METHODE DE TRAVAIL**

### **A. Méthodologie et but du travail :**

L'objectif de ce mémoire est de réaliser une étude lithologique et sédimentologique d'une coupe repérée dans la formation des argiles de Marhouma dans la Saoura, dans la coupe classique dite du « km 30 » ou Marhouma.

## **2. Sur Terrain :**

A partir de la coupe détaillée, banc par banc, nous avons noté les variations verticales et latérales des épaisseurs et des faciès. Les données de terrain seront résumées sous forme d'une coupe appuyée par une description lithologique. La colonne stratigraphique présentée indique les références des échantillons numérotés de bas en haut. La localisation de coupe est schématisée sur l'image satellitaire de la région. De nombreux échantillons ont été prélevés afin de caractériser les niveaux silteux en se focalisant sur ceux à imprégnations de bitumes. L'échantillonnage a été réalisé de manière relativement systématique, en prélevant chaque banc, et en notant les particularités sédimentaires.

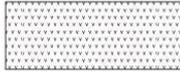
## **2. Au laboratoire :**

- Tri et choix des échantillons à étudier
- Préparation des lames minces.
- Etude pétrographique et réalisation de photographies d'une dizaine de lames minces.

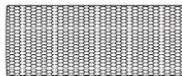
*Chapitre II*  
***ETUDE LITHOLOGIQUE***

# légende

facies:



silt



calcaire noduleux



Argile

figures sédimentaires:



litage de ride



lamination horizontal

fossiles:



tentaculites



Brachiopodes



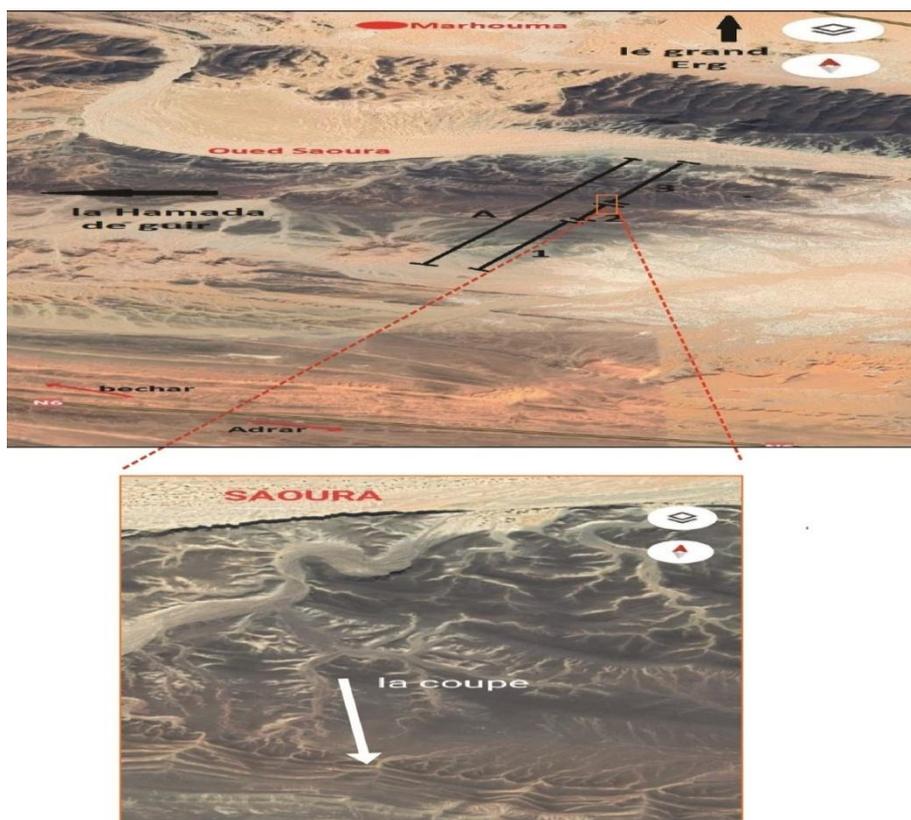
bivalves

## **I- INTRODUCTION :**

La coupe étudiée, d'environ 12 m d'épaisseur, fait partie du Famennien VI. Il correspond à une partie du membre « Argiles vertes à passées de grès et de griottes » (21,50 m) de Abbache (2019, p. 88).

## **II-LOCALISATION DE LA COUPE :**

Notre coupe a été levée à proximité de la route nationale n°6 (RN6) reliant Béchar-Adrar, à proximité de la localité de Marhouma qui se trouve à 30 km au SSE de la ville de Beni-Abbès et à 3 km au Nord-Est de la coupe du « km 30 ». Les terrains du Dévonien supérieur affleurent principalement sous la Hamada de Guir et sur la rive droite de la vallée de l'Oued Saoura. Cette région est limitée au Nord et à l'Est par le Grand Erg Occidental et par la Hamada du Guir à l'Ouest et la RN6 (**Fig. 9**).



A : Argiles du Famennien de Marhouma

**Fig. 9 : Photo satellitaire montrant la localisation de la coupe levée dans le secteur de Marhouma**

### III-LA DESCRIPTION DE LA COUPE :

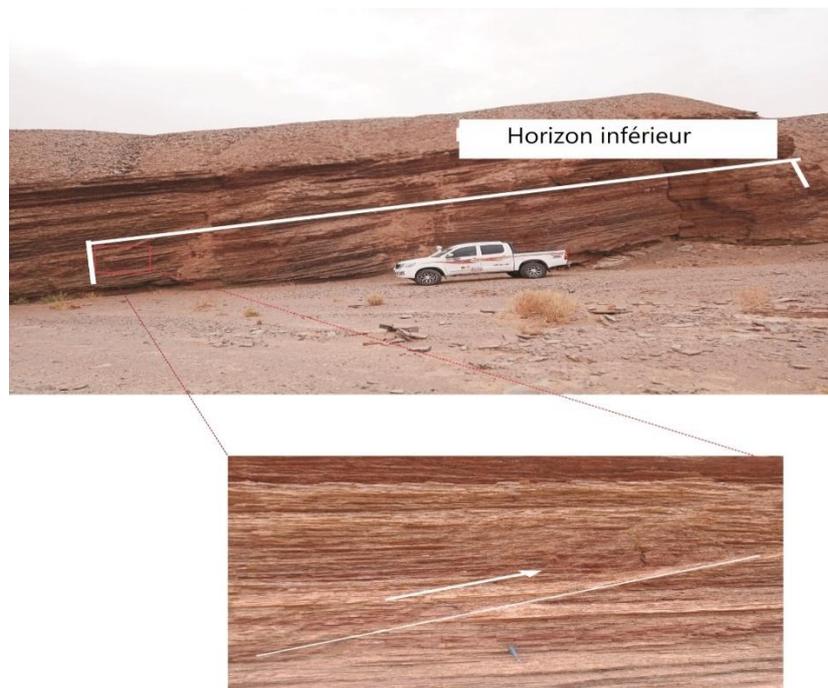
Une coupe a été levée dans le Dévonien supérieur (Famennien) du secteur de Marhouma. Il s'agit d'un faciès qui correspond à une corniche argileuse, de couleur verdâtre à noirâtre, d'aspect schisteux. Les argiles sont intercalées par des bancs de calcaire noduleux bioclastiques de couleur noir, centimétriques (0,03 à 0,05 m), et de passées de bancs de silt à laminations horizontaux la surface sommitale des bancs montre des rides de courant asymétriques. Nous avons remarqué l'augmentation de l'épaisseur des intercalations de silts vers le sommet.

Nous pouvons diviser cette coupe en trois horizons ;

- 1- Un horizon inférieur d'argiles à calcaire noduleux (7m) ;
- 2- Un horizon médian d'argiles à silt (2m)
- 3- Un horizon supérieur d'argiles à passées de calcaire et silt (3m).

#### **A- Horizon inférieur d'argiles à calcaire noduleux (7m) (Fi. 10 A)**

A la base, il s'agit d'une masse d'argile jaune à verte, feuilletée, d'aspect schisteux, intercalée par des bancs de calcaire noduleux, noirs, centimétrique (0.01 à 0.02 m), et passées de bancs centimétrique (0.05m) de silt grisâtre à la patine et jaunâtre à la cassure, à laminations horizontales et litages de rides (**Fig. 10**). Au-dessus, on a une masse d'argiles de couleur rougeâtre à passées rare de lits calcaires (0.02 à 0.04 m), surmontée ensuite par une succession de quelques mètres d'argiles schisteuses, grise à noire, à des passées de lits noduleux, noirâtres, affectés d'une faille inverse (**Fig. 10 B**)

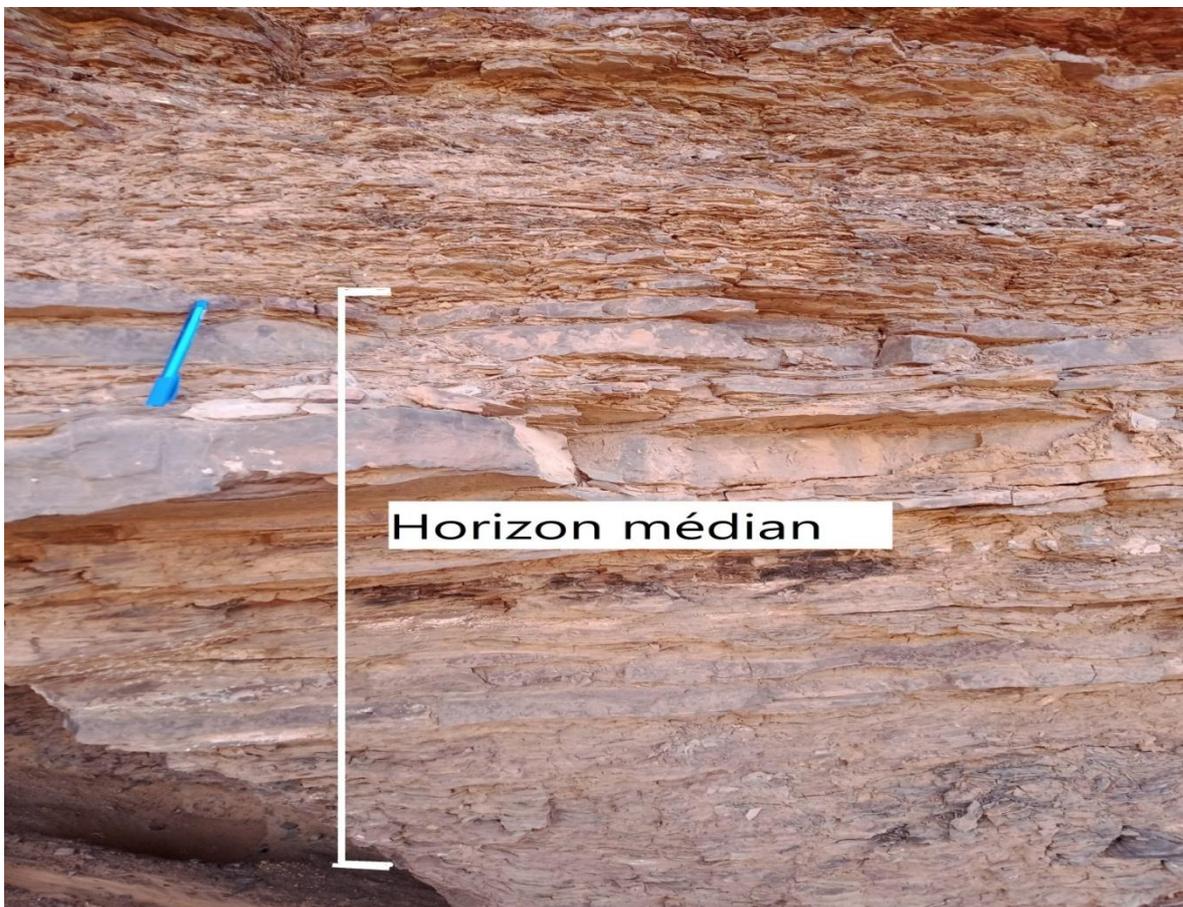


**Fig. 10 : A) Falaise représentant le Famennien VI (coupe réalisée) ; B) faille inverse**

***B- Horizon médian d'argiles à silts (2m) :***

Cet horizon forme une barre sortante bien visible en affleurement (Fig. 11). C'est en réalité une superposition de plusieurs bancs de silts. Ces bancs sont séparés par des joints argileux, à rares minces niveaux lenticulaires de calcaires noirs. Les bancs de silts, de couleur grisâtre à la patine et jaunâtre à la cassure, sont fréquents avec une extension jusqu'à 2 m et une épaisseur de 0,08 à 0,10 m.

Au sein de ces bancs, des structures sédimentaires sont bien observées, telles que les laminations horizontales et litages de rides



**Fig. 11 : Horizon médian d'argiles à silts**

***C- Horizon supérieur d'argiles à passées de calcaires et silts (3m)***

Cet horizon se présente comme une alternance fine d'argiles, jaunâtre, feuilletées, débutant par une masse d'argile rouge de 1m d'épaisseur, à intercalations de bancs de silts et de calcaires noduleux d'épaisseur allant de 0.02m à 0.04m) . Enfin, une masse de 2m d'argile noirâtre, à lits de silts de 0.02.à 0.04m, plus fréquents, et les calcaires noduleux de couleur noirâtre ne dépassent pas 0.03 cm (Fig. 12).



**Fig. 12 :** *Horizon supérieur d'argiles à passées de calcaires et silts (3m)*

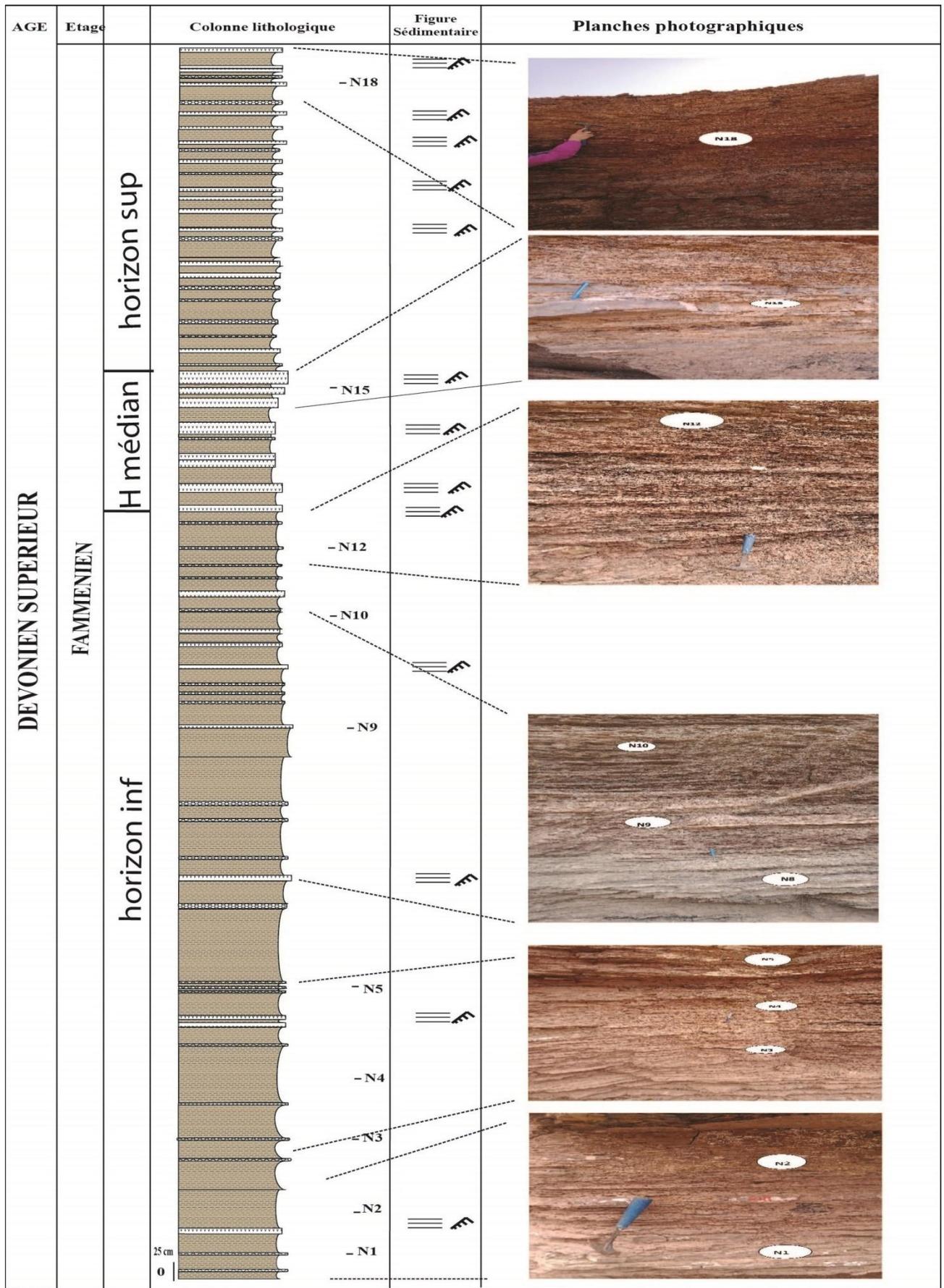


Fig. 13 : Colonne lithologique de la coupe levée (Argiles de Marhouma ; Famennien VI)

***CHAPITRE III***  
***DISCRIPTION DES LAMES MINCES***

## **I-Introduction**

La plupart des schémas de classification sont basés sur les propriétés chimiques du kérogène, généralement isolé par des techniques de déminéralisation, et appartiennent à l'un des types suivants:

- analyse élémentaire
- l'extraction du « bitume » ou de la fraction soluble
- dégradation chimique (y compris oxydation, hydrogénolyse et pyrolyse)
- analyse fonctionnelle
- études de résonance de spin électronique
- études de résonance magnétique nucléaire

Plusieurs chercheurs ont élargi et modifié ce système de classification original (Senftle *et al.*, 1987 et références cités).

Deux catégories principales de matière organique fossile sont généralement distinguées dans de nombreux laboratoires, **les débris structurés** et **non structurés** (amorphes). Cette distinction générale et cette description des composants du kérogène sont présentées uniquement comme un guide pour comprendre les assemblages complexes de matière organique observés dans le kérogène sédimentaire.

**A-La matière organique structurée :** comprend la vitrinite (restes de bois), l'inertinite (restes carbonisés) et les liptinites (spores, grains de pollen, cuticules et algues), en plus d'une suite de restes fauniques.

### **B- La matière organique non structurée :**

De nombreux auteurs ont inclus la matière organique non structurée (amorphe) dans les systèmes de classification de la matière organique sédimentaire (Senftle *et al.*, 1987). En raison des origines complexes de ces matériaux, la composition chimique des matières organiques amorphes varie considérablement, allant d'un matériau riche en hydrogène à un matériau pauvre en hydrogène

Thompson-Rizer et Dembicki (1986) ont différencié les types de kérogène amorphe en fonction de la texture pétrographique. Ils ont signalé quatre types de kérogène amorphes dans les sédiments :

**(type A) ;** des masses compactes volumineuses avec un réseau tacheté ou de faibles textures polygonales.

**(type B) ;** grains individuels très petits, denses, allongés, ovales ou arrondis.

**(type C) ;** touffes à textures granuleuses, fragmentées ou globuleuses.

**(type D) ;** des grains individuels lamellaires ou rectangulaires minces (Senftle, 1993).

### **C- L'observation microscopique :**

Le microscope optique nous a permis d'observer la surface des grains de MO à l'échelle du mm et de détecter la présence ou non d'éléments figurés. Le kérogène apparaît principalement sous forme amorphe (couleur noir) avec des grains de silts dispersés dans la matrice micritique. On observe une trame composée d'agrégats de tailles variant de 30 à 200  $\mu\text{m}$  et des débris de framboïdes de pyrite. Des éléments tels que les débris de bivalves, de brachiopodes, de crinoïdes, des ostracodes sont présents. Ces débris relativement rares sont généralement dispersés dans la matrice mais ils peuvent parfois être concentrés le long de niveaux particuliers. Les particules de bioclastes présentent un état de conservation variable. Ils peuvent être brisés et certaines valves de bivalves et brachiopodes montrent des structures géopétales. La texture est généralement mudstone à wackstone.

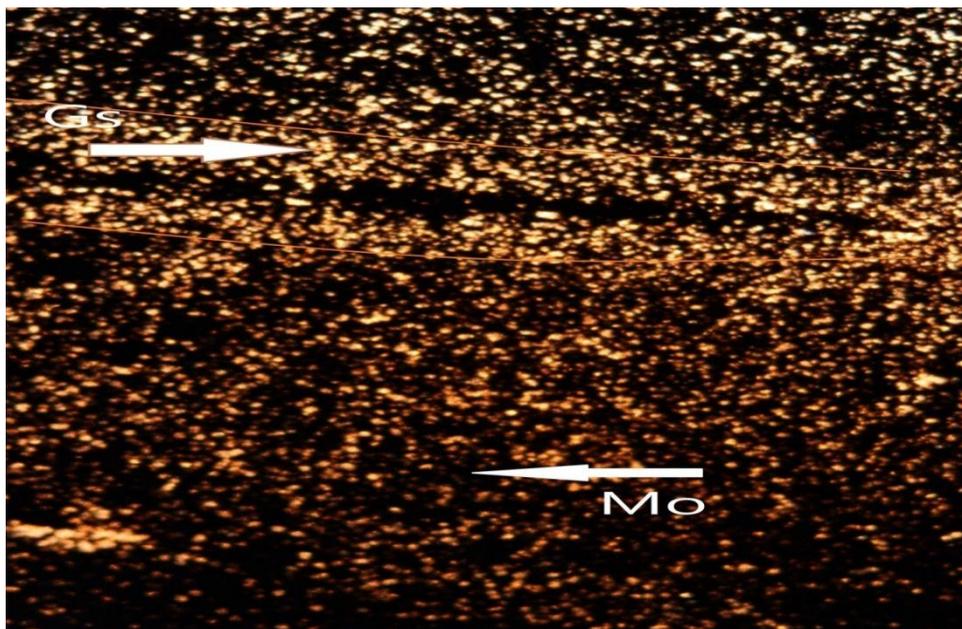
On a distingués 3 types de matière organique amorphe (MOA) : une MOA granuleuse ; une MOA de structure lamellaire et MOA sous formes de masses compactes.

### **II-Description des lames :**

#### **II-1- Lame N01 :**

L'examen microscopique de la lame N01 montre qu'il s'agit d'une micrite de texture mudstone imprégnée de matière organique qui prend un aspect opaque.

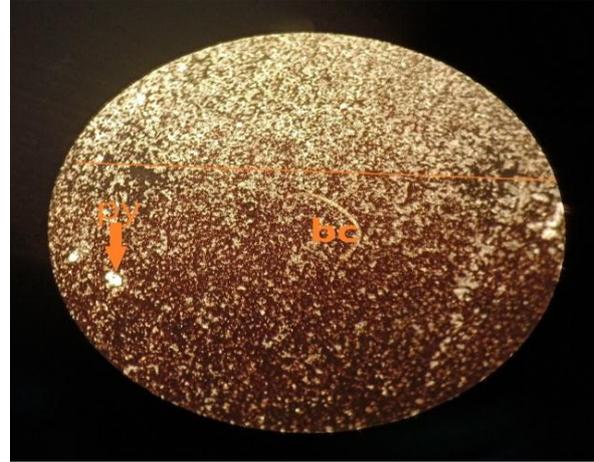
la texture pétrographique de la MO est granuleuse, on note aussi la présence de grains de silts dispersés dans la matrice micritique



**Fig. 14** : Lame mince N01 sous microscope lumière naturelle (Gr. X60).

## II-2- Lame N02 :

L'analyse pétrographique de la lame mince N02 représente une biomicrite de texture mudstone à rares bioclastes et des framboïdes de pyrite . La texture pétrographique de la MO est granuleuse à grains de silt.



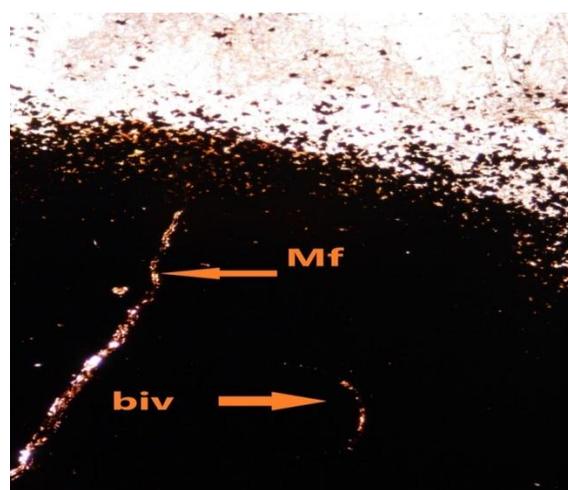
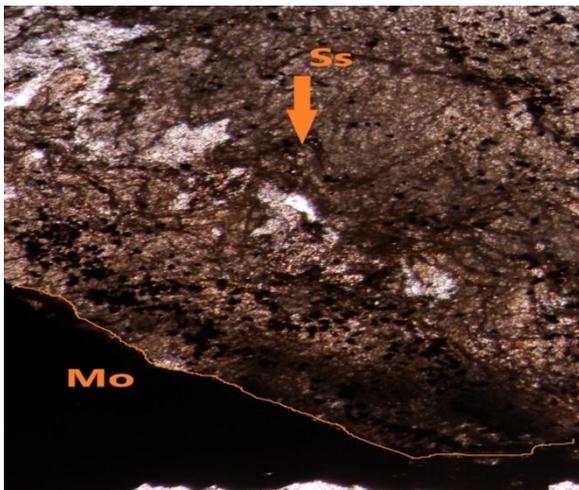
a : texture granuleuse

b:biomicrite à des framboïdes de pyrite

**fig. 15** : Lame mince N2 sous microscope lumière normale (bc = bioclaste ; py = pyrite) (Gr. X60).

## II-3- Lame N03 :

L'analyse microscopique de la lame mince N03 montre une biomicrite de texture mudstone imprégnée de MO sous forme d'une masse compacte à fragments de bivalves en contact des silts. Les silts montrent des lamines qui rappellent la structure des lamines de stromatolithes.



a : la micrite en contact avec

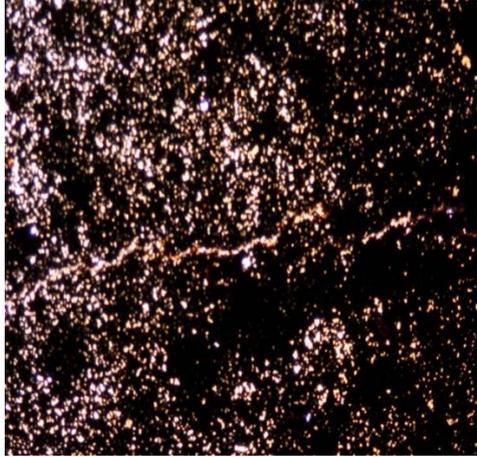
b : la biomicrite opaque à fragment de bivalve

La structure stromatolithique

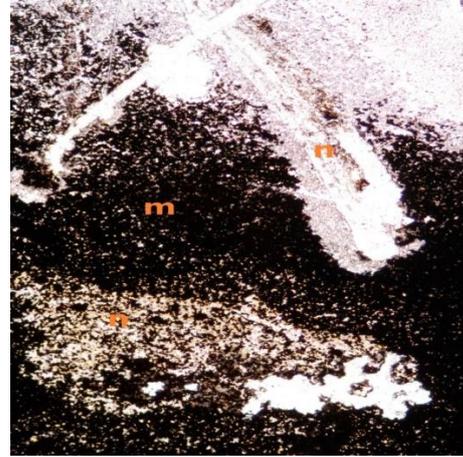
**fig. 16** : Lame mince N03 sous microscope lumière normale (Ls = lamine stromatolithique ; Mf = micro-fracture ; Biv = fragment de bivalve) (Gr. X60).

#### II-4- Lame N04 :

L'analyse de la lame mince N04 montre une micrite, de texture mudstone à wackestone ; la texture pétrographique de la MO est granuleuse avec des grains de silts.



a : texture mudstone



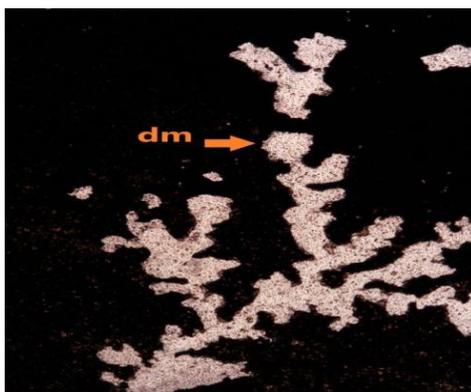
b : texture wackestone

**fig. 17** : Lame mince N04 sous microscope lumière naturelle (m : matrice sombre ; n : nodule clair) (Gr. X60).

#### II-5- Lame N05 :

L'analyse microscopique de la lame mince N05 représente une micrite de texture mudstone à framboïdes de pyrite (Fig. 18b). La texture pétrographique de la MO est granuleuse.

Une structure ressemblant à des nervures de feuilles est observée (Fig. 18a), qui correspondrait à une arborescence d'oxydes de manganèse (les dendrites).



a :



b :



c :

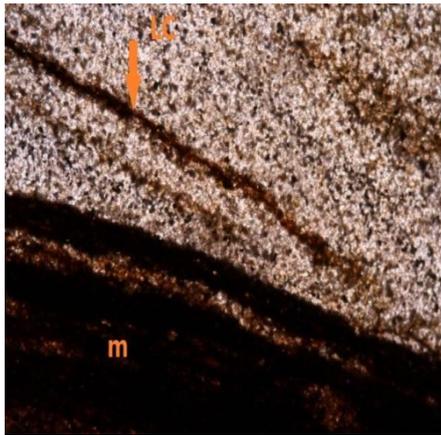


d :

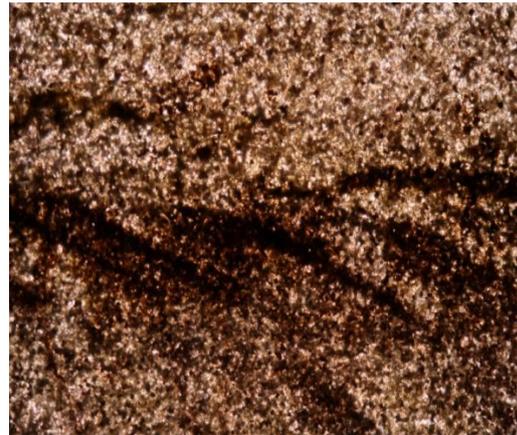
**fig. 18** : Lamme mince N05 sous microscope lumière normale la micrite (dm : Dendrite de manganèse) (Gr. X60).

### II-6- Lamme N09 :

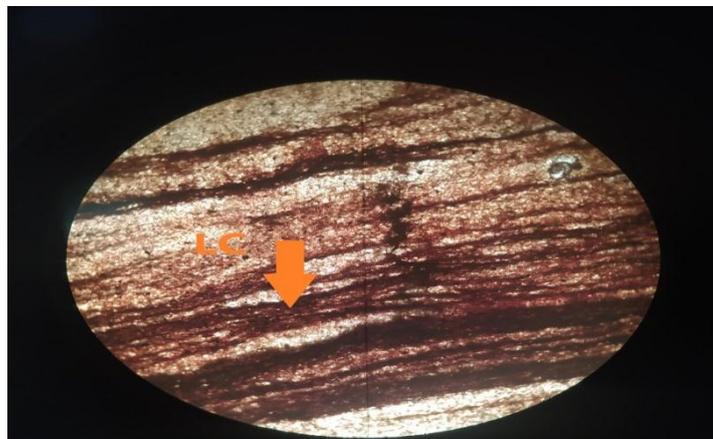
La Lamme N09 représente des silts à laminations convolute (Fig. 19c) imprégnée de MO de texture pétrographique lamellaire.



a



b

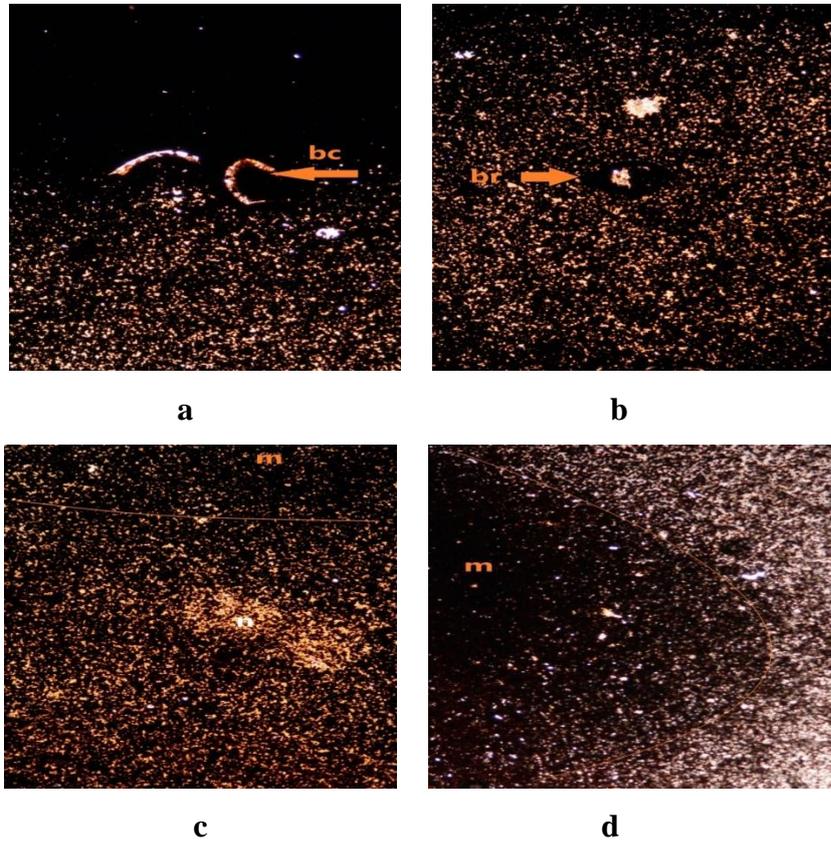


c

**fig. 19** : Lamme mince N09 sous microscope lumière naturelle (a-b: X60.c :Gr. X40).

### II-7- Lame N10 :

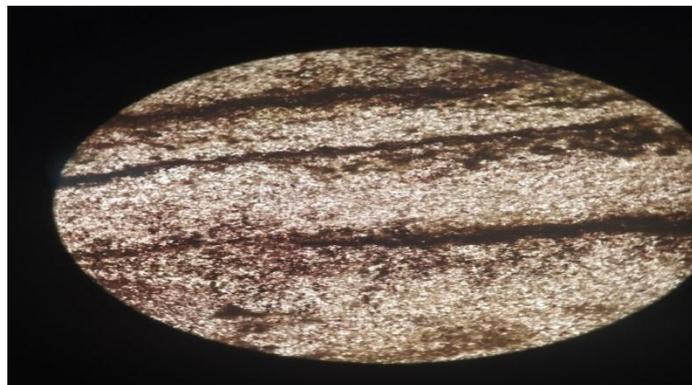
L'analyse microscopique de lame mince N10 montre une biomicrite de texture mudstone imprégnée de la MO sous forme granuleuse. La faune comporte des brachiopodes (Fig. 20b) et des débris de bivalves.



**fig. 20** : Lame mince N10 sous microscope lumière naturelle : Silts et imprégnation par du kérogène (b : bivalves ; Br = brachiopodes) (Gr. X60).

### II-8- Lame N12 :

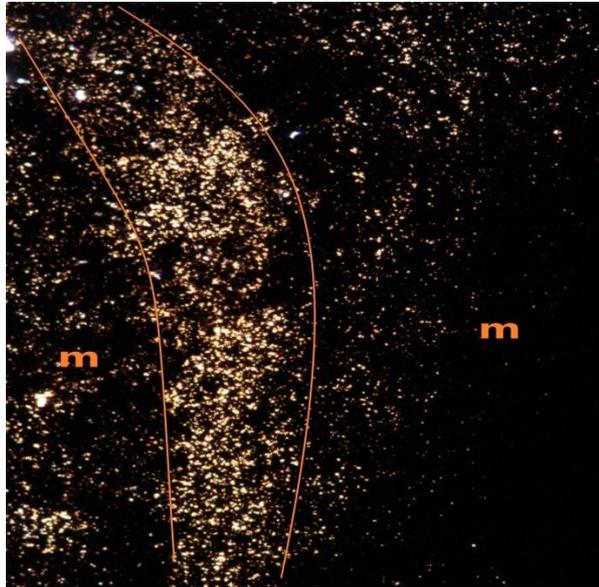
La Lame N12 représente des silts à laminations imprégnées de MO. La texture pétrographique de la Mo est lamellaire.



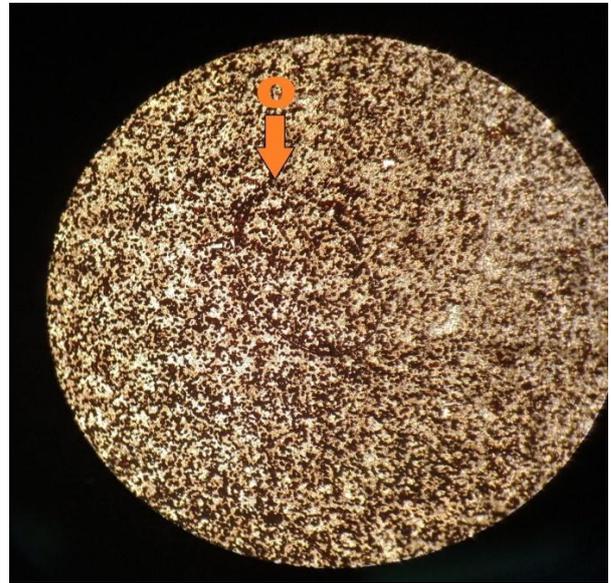
**Fig. 21** : Lame mince N12 sous microscope lumière naturelle, la micrite (Gr. X60).

### II-9- Lame N15 :

L'examen microscopique montre une biomicrite, texture mudstone .les particules présentes dans la matrice sont mal classées, représentées par des bioblastes d'Ostracode à carapace très fine sont observés en lumière polarisée



a : la micrite



b : ostracode en lumière polarisée

**Fig. 22 :** Lame mince N15 sous microscope lumière naturelle : silts et imprégnations de kérogène (Gr. X60).

### II-10- Lame N18 :

L'analyse microscopique de lame mince N118 montre une biomicrite, à fragments de bivalves, de texture mudstone imprégnée de la MO sous forme granuleuse.



a : la micrite (Gr. X60).



b : la biomicrite (Gr. x40).

**Fig. 23 :** Lame mince N18 sous microscope lumière naturelle

**TAB. 1 : tableau récapitulatif des caractéristiques textural de kérogène associé à la coupe levée :**

Texture lames	Texture pétrographique de kérogène				
	GRANULEUSE			LAMMELAIRE	MASSES COMPACTES
	MO>grains de silt	MO<grains de silt	MO=grains de silt		
LameN01	✓	X	X	X	X
LameN02 a	✓	X	X	X	X
b	✓	X	X	X	X
LameN03	X	X	X	X	✓
LameN04	X	X	✓	X	X
LameN05 a	✓	X	X	X	X
b	X	X	✓	X	X
c	✓	X	X	X	X
d	X	✓	X	X	X
Lame N09	X	X	X	✓	X
Lame N10 a	✓	X	X	X	X
b	✓	X	X	X	X
c	✓	X	X	X	X
d	X	X	✓	X	X
Lame N12	X	X	X	✓	X
Lame N15 a	✓	X	X	X	X
b	X	✓	X	X	X
Lame N18	X	X	✓	X	X

### III Interprétation

#### A- interprétation du macrofaciès :

La nature fine du sédiment argileux et des calcaires micritiques témoigne d'un dépôt par décantation et donc en moments de calme hydrodynamisme, sous la zone d'action des vagues de tempêtes, permettant la sédimentation par suspension. Ces argiles correspondent à des hémipélagites (Ouali Mehadji *et al.*, 2012 ; Abbache *et al.*, 2019) dans des environnements profonds (bassin) de type ombilic et/ou sillon.

**Les argiles noires** sont considérées comme des dépôts en phase calme, à l'abri de toute remise en mouvement. L'absence de bioturbation, de nodules ou de faune naine, indiqueraient des conditions dysoxique à anoxique.

**Les laminations horizontales** dans les faciès silteux représentent un régime d'écoulement inférieur (Allen, 1985).

**Les laminations obliques** constituent un stade intermédiaire entre les rides sinusoïdales et les rides asymétriques normales (Ferry, 2008). Les lamines sont liées génétiquement aux rides de diverses formes. Elles peuvent être tronquées en surface par des rides à profil asymétrique de plusieurs types: des rides de courant unidirectionnel proprement dit (ou « ripple marks »), des rides lingoïdes ou des rides interférentes polygonales (cogénétiques). La formation des rides dans un faciès détritique est attribuée à l'action des vagues, ou des écoulements combinés, sous contrôle des tempêtes (Kreisa, 1981 ; Buatois *et al.*, 2000) sur la plateforme ou des turbidites dans le bassin. Ces lamines sont aussi signalées dans les sédiments fins des contourites ; parfois il s'agit de reprise de sédiments (turbidites-hémipélagites) par des courants de contours (Rebesco & Camerlenghi, 2008, p. 110).

#### B- Interprétation de Microfaciès :

La différence de texture pétrographique de la MOA peut s'expliquer par des différences de précurseurs biologiques ou des conditions de préservation différentes.

**La texture fine (mudstone – wackestone)** et la faune à coquilles fines (bivalves et ostracodes) traduiraient la présence de milieu calme, situé sous la zone photique et en eaux déficitaires en oxygène (Casier, 2004) constituant une part des hémipélagites

La présence d'organismes de brachiopodes, bivalves et des ostracodes suggère un milieu ouvert.

**Les lamines cyano-bactériennes (allure stromatolithique)** sont encore mal définies (Boulvain,

1993) mais la présence dans leur structure de lamines est généralement attribuée à une activité de micro-organismes, dont Sphaerotilus-Leptothrix (Mamet & Boulvain, 1988 ; Boulvain, 1993).

**Pour les dendrites**, la croissance de ces arborescences se fait surtout par diagenèse, lors de la circulation de fluides (H<sub>2</sub>O) minéralisés à travers les réseaux de pores ou des fractures et les surfaces de faiblesse des inter-strates. Ces dendrites sont en général constituées d'oxydes de manganèse (MnO<sub>2</sub>) plus ou moins mélangés à des taux faibles (quelques pour-cents) d'oxydes de fer. Il est probable que cette croissance minérale soit favorisée par l'action de bactéries ferro-oxydantes

**Les laminations convolutes** d'écoulement et d'échappement de fluides répondent à une déformation plastique peu après le dépôt d'un sédiment partiellement liquéfié.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Le secteur étudié de Marhouma fait partie du mont d'Ougarta au pied ouest du grand Erg occidental, dans la wilaya de Béchar. Notre coupe, de 12m d'épaisseur, a été levée au niveau de la Formation de Marhouma, dans les assises du Famennien VI du Devonien supérieur de la Saoura.

Le but de ce travail est de donner les détails pétrographiques (microfaciès et caractères des imprégnations par rapport aux grains), où des passées de silts et des nodules centimétriques noirs semblent être imprégnés par du kérogène (bitume).

Une coupe détaillée de 12m a été levée au niveau de famennien VI, prenant en considération l'observation détaillée de la forme, l'épaisseur des bancs, le contenu fossilifère et les figures sédimentaires, suivie par un échantillonnage systématique des calcaires et des silts.

La coupe constitue une corniche argileuse, de couleur verdâtre à noirâtre, d'aspect schisteux. Les argiles sont intercalées par des bancs de calcaire noduleux bioclastiques de couleur noir, centimétriques, et de passées de bancs de silt à laminations horizontales avec parfois à la surface sommitale des bancs des rides asymétriques de courant.

Nous avons subdivisé la coupe en 3 horizons :

### ***A- Horizon inférieur d'argiles à calcaire noduleux :***

Une succession de masses argileuses de couleur jaune à verte, rouge et grise, feuilletée, d'aspect schisteux, intercalées par des bancs de calcaire noduleux, noirs, centimétrique (0.01 à 0.02 m), et des passées de bancs centimétrique (ne dépassent pas 0.05m) de silt, à laminations horizontales et litages de rides.

### ***B- Horizon médian d'argiles à silts (2m) :***

Cet horizon forme une barre sortante bien visible en affleurement c'est en réalité une superposition de plusieurs bancs de silts d'épaisseur (0.8m à 0.10m). Ces bancs sont séparés par des joints argileux, à rares minces niveaux lenticulaires de calcaires noirs.

### ***C- Horizon supérieur d'argiles à passées de calcaires et silts (3m) :***

Cet horizon se présente comme une alternance fine d'argiles, jaunâtre, feuilletées, débutant par une masse d'argile rouge de 1m d'épaisseur, à intercalations de bancs de silts et de calcaires noduleux

d'épaisseur allant de 0.02m à 0.04m. Enfin, une masse de 2m d'argile noirâtre, à lits de silts de 0.02.à 0.04m, plus fréquents, et les calcaires noduleux de couleur noirâtre ne dépassant pas 0.03 cm. Au microscope optique, nous avons observé les éléments figurés présents et le kérogène qui apparaît principalement sous forme amorphe (couleur noir) ; les grains de silts sont souvent dispersés dans la matrice micritique. Nous avons observé des débris de framboïdes de pyrite. Des éléments tels que les débris de bivalves, de brachiopodes, de crinoïdes, des ostracodes sont présents.

La texture est généralement mudstone à wackstone. Nous avons distingué 3types de matière organique amorphe (MOA) : une MOA granuleuse ; une MOA de structure lamellaire et MOA sous formes de masses compactes.

La différence de texture pétrographique de la MOA peut s'expliquer par des différences de précurseurs biologiques ou des conditions de préservation différentes.

La texture fine (mudstone – wackestone) et la faune à coquilles fines (bivalves et ostracodes) traduiraient la présence de milieu calme, situé sous la zone photique et en eaux déficitaires en oxygène (Casier, 2004) constituant une part des hémipélagites.

La présence d'organismes de brachiopodes, bivalves et des ostracodes suggère un milieu ouvert.

À partir de la définition et de l'interprétation des faciès et sous-faciès de notre formation d'étude nous concluons que le type du kérogène associée à notre coupe est marin de **type II**.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbache A. (2019)** – Paléobiodiversité et événements eustatiques du Dévonien supérieur de Ben-Zireg et Gourara (Sahara nord-ouest ; Algérie). Th. Doct. Univ. Oran2. 15 pl. 20 tab. 140 fig., 345 p. inédit.
- Alimen M. H., Le Maitre D., Menchikoff N., Petter G. & Poueyto A. (1952).** - Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. Impr. la Typo-litho et J. Carbonel réunies.
- Albert E 1, A. Permanyer1, J. Tritlla2, G. Levresse3 and R. Salas1 (2006)** - SOLID HYDROCARBONS IN PROTEROZOIC DOLOMITES, TAOUDENI BASIN, MAURITANI pp 5 – 28.
- Baccelle L. S. & Nardi S. (1991)** - Interaction between calcium carbonate and organic matter: An example from the Rosso Ammonitico Veronese (Veneto, north Italy). *Chemical geology*, 93 (3-4), pp. 303-311
- Beukes N. J. (1990)**- Carbonate Petrography, Kerogen Distribution, and Carbon and Oxygen Isotope Variations in an Early Proterozoic Transition from Limestone to Iron-Formation Deposition, Transvaal Supergroup, South Africa, 690 p.
- Berrabah A. (2012)** – Aspect sédimentologique de la “ Formation Djebel Serraf “ (Fini Ordovicien) au Ksar de d'Ougarta et ses environs. Mém. Mag. Sc. Terre, Université d'Oran, 96 p
- Bernard B. D. (2002)** – sedimentary geology sedimentary basins depositional environments petroleum formation, 640 p.
- Boumendjel K., Morzadec P., Paris F., Plusquellec Y., Brice D., Copper P., Gourvennec R., Carine C. (2008)**- Origine et circulation des fluides dans les sédiments des marges Contribution de l'hélium et du méthane dans la compréhension des processus Étude de 2 zones actives, 150 p.
- Cardott J. (1990)**- Organic petrology of epi-impsonite at Page, Oklahoma, U.S.A, pp. 185-191
- Casier J. G. (2004)** - The mode of life of Devonian entomozocean ostracods and the Myodocopid Mega-Assemblage proxy for hypoxic events. *Bulletin de L'Istitut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 74, pp. 73-80.
- Conrad J., Massa D. & Weyant M. (1986)** - Late Devonian regression and early Carboniferous transgression on the northern African platform. *Annales de la Société géologique de Belgique* 109 ; pp. 113-122.
- Dunham R. J. (1962)** -Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of carbonate rocks (W.E.Ham.ed.)*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Mém. (1), pp108-121.
- Deniau I. (2008)** - Caractérisation géochimique du kérogène associé à l'argile Oligocène de Boom (Mol, Belgique) et évolution sous divers stress thermiques , 211 p.
- Fabre J. (1976)** - Introduction à la géologie du Sahara Algérien. Soc. Nat. Ed. et Diff., Alger, pp. 1-422.
- Fabre J. (2005)** - Géologie du Sahara occidental et central. Tervuren African Geoscience collection, Musée Royal de l'Afrique Centrale. Tervuren, Belgique, 108, 572 p.
- Jacob H. (1998)** - Classification, structure, genesis and practical importance of natural solid oil
- Jahnke H., Lardeux H., Le Menn J., Melou M. & Racheboeuf P. (1997)** - Les faunes du bitumen ("migrabitumen"), pp 65-79.
- Hutton A. (1994)** - Chemical and Petrographic Classification of Kerogen/ Macerals, pp 1478-1488. Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 5 (2ème série), pp. 89-116.

- Macoura K. (1998)** - MATURATION THERMIQUE ET POTENTIEL PÉTROLIGÈNE DES DÉBLAIS DU Puits PÉTROLIER IVCO-10 DU BLOC CI-02 DU BASSIN SÉDIMENTAIRE DE CÔTE D'IVOIRE, p79.
- Malti F. Z. (2012)** - Passage Dévonien-Carbonifère dans l'Ougarta ; Sahara occidental, Algérie. Thèse de Doctorat Sciences. Université Univ. Oran, 49 fig., 19 tabl., 224 p
- Ouali Mehadji A., Elmi S., Rachebœuf P. & Mekahli L. (2004)** - Caractéristiques et signification d'un niveau coquillier majeur à brachiopodes, marqueur événementiel dans l'évolution dévonienne de la Saoura (Sahara du Nord-Ouest, Algérie). Comptes rendus Géoscience, 336 (14), 1283-1292
- Ouali Mehadji A., Bendella M., Atif K., Belkacemi K. & Abbache A. (2012)** - 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). Bulletin du Service Géologique National, 23, 3-27.
- Parnell. J., Kucha H., Landais P. (1993)** - Bitumens in Ore Deposits , 519 p
- Petter G. (1959)** - Goniatices dévoniennes du Sahara. Publications du Service de la Carte Géologique d'Algérie (Nouvelle Série). Paléontologie. Mémoire 2, Alger. 28 pl., 58 fig., 313 p
- Senftle. (1993)** - Organic Petrographic Approach to Kerogen Characterization , 374 p.
- Tucker M E. (2001)** – Sedimentary petrology An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks , 260 p.

# **LISTES DE FIGURES**

## Liste de figures

<b>Fig. 1</b> : Position géographique et morphologique de la Chaîne d'Ougarta (Berrabah, 2012).....	02
<b>Fig. 2</b> : Carte de situation du secteur étudié et localisation de la chaîne d'Ougarta (en gris foncé), (Ouali Mehadji <i>et al.</i> , 2004).....	03
<b>Fig. 3</b> : Carte géologique de la Chaîne d'Ougarta et colonne synthétique.....	04
<b>Fig. 4</b> : colonne lithostratigraphique du Dévonien supérieur de Marhouma (Ouali Mehadji <i>et al.</i> , 2012).....	05
<b>Fig. 5</b> : Composition de la matière organique dans les roches sédimentaires anciennes (Modifiée d'après Tissot et Welete, 1978) .....	08
<b>Fig. 6</b> : Voies de dégradation de la matière organique dans les sédiments marins .....	09
<b>Fig. 7</b> : évolution de Kérogène initial à kérogène résiduel ( Bordenave, 1993).....	10
<b>Fig. 8</b> : le craquage thermique du kérogène. Le kérogène initial est dégradé en plusieurs étapes de craquage.....	10
<b>Fig. 9</b> : Photo satellitaire montrant la localisation de la coupe levée dans le secteur de Marhouma.....	15
<b>Fig. 10</b> : A) Falaise représentant le Famennien VI (coupe réalisée) ; B ) faille inverse.....	16
<b>Fig. 11</b> : Horizon médian d'argiles à silts.....	17
<b>Fig. 12</b> : <i>Horizon supérieur d'argiles à passées de calcaires et silts (3m)</i> .....	18
<b>Fig. 13</b> : Colonne lithologique de la coupe levée (Argiles de Marhouma ; Famennien VI).....	19
<b>Fig. 14</b> : Lame mince N01 sous microscope lumière naturelle (Gr. X60).....	22
<b>fig. 15</b> : Lame mince N2 sous microscope lumière normale (Gr. X60).....	23
<b>fig. 16</b> : Lame mince N03 sous microscope lumière normale (Gr. X60).....	23
<b>fig. 17</b> : Lame mince N04 sous microscope lumière naturelle (Gr. X60).....	24
<b>fig. 18</b> : Lame mince N05 sous microscope lumière normale la micrite (Gr. X60).....	24
<b>fig. 19</b> : Lame mince N09 sous microscope lumière naturelle (a-b: X60.c :Gr. X40).....	25
<b>fig. 20</b> : Lame mince N10 sous microscope lumière naturelle : Silts et imprégnation par du kérogène (Gr. X60).....	26
<b>Fig. 21</b> : Lame mince N12 sous microscope lumière naturelle, (Gr. X60).....	26
<b>Fig. 22</b> : Lame mince N15 sous microscope lumière naturelle : silts et imprégnations de kérogène (Gr. X60).....	27
<b>Fig. 23</b> : Lame mince N18 sous microscope lumière naturelle.....	27

# **LISTE DE TABLAUX**

## **LISTE DE TABLEAUX**

**TAB. 1** : tableau récapitulatif des caractéristiques textural de kérogène associé à la coupe

levée : .....28