



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Faculté des Sciences de la Terre & de l'Univers
Université d'Oran 2
Département des Sciences de la Terre

Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master 2

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

Les affleurements de la Formation du Foug Ez Zeidiya (Ordovicien moyen) au Nord du Kheneg el Aatène (Monts d'Ougarta, Sahara algérien) : lithostratigraphie, sédimentologie & organisation séquentielle

Présenté par : M. ZERHOUNI Youcef Abdennour

Soutenu le : 30/06/2024

Devant le jury composé de :

- **Président :** M. OUALI MEHADJI A.E.K. (Professeur)
- **Encadrant :** M. BOUTERFA B. (Maître-Assistant A.)
- **Examineur :** M. BELKHEDIM S. (Maître de Conférences)

Année universitaire : 2023/2024

DEDICACE

Je remercie le bon Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné la volonté pour terminer mes études de graduation.

Je me dédie ce travail à moi-même, pour avoir été rigoureux et discipliner, pour mon grand amour de la Géologie, pour les expériences durant mon parcours, pour être un homme têtue.

Je suis vraiment fière et content.

Ce modeste travail est aussi dédié à mes parents. Je ne peux exprimer mon respect, mon amour éternel et ma reconnaissance pour les sacrifices que vous avez faits pour moi et pour mon bien-être.

Je remercie mon Grand-père pour tout le soutien et l'amour qu'il m'a toujours donné.

À mes onéreux frères « Malikou et Abdelwahab » et ma chère tante « Amel » et ces enfants

Maroua, Insafe et Anes qui méritent tout mon amour et mon respect.

À mes chers amis et camarades qui m'ont accompagné durant mes années d'étude : **BELAID T., DJAMEL B., AYMEN K., ISSAM Z.** et **OTHMANE M.** Je vous remercie pour les bons moments passés ensemble. Je ne vous oublierai jamais.

Je remercie aussi **ILYES S.** et mes camarades de la première année Master qui m'ont accompagné pour compléter ma mission de terrain à Beni Abbès et pour les moments agréables qu'on a passés ensemble.

Sans oublier l'agent **OMAR** pour sa gentillesse.

« Every great dream begins with a dreamer »

AVANT-PROPOS

Je tenais en premier lieu à prendre un moment pour exprimer toute ma gratitude et mon amour à mes parents. Leur soutien, leur amour inconditionnel et leurs sacrifices ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. À chaque étape de ma vie, vous avez été mes guides, mes inspirations et mes plus grands champions

Mes vifs remerciements et gratitude à mon cher encadrant, Monsieur **BOUTERFA B.** J'ai eu le privilège d'être encadré et guidé par lui. Tout au long de mon parcours, il m'a constamment soutenu. Ses conseils avisés et sa bienveillance resteront gravés dans ma mémoire. Je suis également reconnaissant pour sa disponibilité, son professionnalisme exemplaire et le temps précieux qu'il m'a accordé pour la correction de ce mémoire.

J'exprime ma profonde et sincère gratitude à Monsieur **OUALI MEHADJI A.** pour avoir accepté de présider le jury de ma soutenance. J'ai eu la chance d'être son étudiant tout au long de mes études de Master. Je le remercie pour ses encouragements constants, ses conseils éclairés et sa disponibilité inégalée envers les étudiants. Que ce travail témoigne de toute mon admiration envers lui. Il demeure un modèle de qualité scientifique exemplaire.

Je suis honoré d'apprécier Monsieur **BELKHEDIM S.**, pour avoir examiné et jugé ce mémoire, pour son temps qu'il me consacre et ses efforts.

Je souhaite dédier ce travail à mes professeurs, qui ont joué un rôle fondamental dans mon parcours académique. À Monsieur **BENDELLA M.** dont j'ai eu le privilège d'être l'étudiant durant les années passées. Je suis reconnaissant pour ses enseignements enrichissants. A Monsieur **BENRAMDANE H.**, qui mérite toute ma gratitude pour ses compétences pédagogiques remarquables, son partage de connaissances sur le métamorphisme et sa disponibilité envers les étudiants. Je remercie également **M. ATIF K.F.T.**, **M. MAHBOUBI C.Y.**, **M. BELKHDIM S.** et **M. MANSOUR B.** Je leurs suis profondément reconnaissant pour leurs engagement et leur dévouement.

Enfin, j'exprime mes sincères remerciements au personnel du laboratoire, **M. BOUZA H.** et **M. RACHID**, pour la confection des lames minces et aussi Mme HADJAL S. pour son aimable accueil et son assistance.

Avec un profond respect et une admiration sincère
ZERHOUNI Youcef Abdennour

R É S U M É

Ce présent travail est consacré à une contribution à l'étude des affleurements ordoviciens des Monts d'Ougarta (Sahara algérien Nord occidentale), notamment de la Formation du Foum Ez Zeidiya (Darriwilien).

L'lithostratigraphique de cette formation a été réalisée dans le secteur du Kheneg el Aatène. Elle nous a permis de définir 3 membres : un membre inférieur argileuse, à quelques passées de siltites, un membre moyen à lentilles de calcaires gréseux constitué par l'alternance de 6 barres à dominance gréseuse, parfois à miches calcaires, et des combes à dominance argileuse et, enfin, un membre supérieur argileux matérialisé par un grand talus d'argiles, surmonté par une barres métrique quartzitique.

L'étude sédimentologique, basée sur la description et l'interprétation des faciès et des sous-faciès, nous permis de définir 3 faciès principaux, un faciès argileux (Fa), un faciès gréseux (Fb) et un faciès de calcaire gréseux (Fc). Don't le deuxième étant subdivisé en 3 sous-faciès. L'interprétation de ces faciès, en terme principalement lithologique et hydrodynamique, nous a permis de définir 2 associations de faciès : la première correspondant aux dépôts argileux du membre inférieur et une partie des ceux de la base du membre moyen qui s'est déposée dans l'*offshore transition* ; la seconde, au reste de la formation, mis en place dans le foreshore/*shoreface*.

Enfin, un essai d'application de la stratigraphie séquentielle a révélé la superposition de 17 paraséquences transgressives/régressives, qui montre une tendance évolutive cyclique et répétitive. Les 3 premières séquences s'inscrivent dans une tendance transgressive, par rétrogradation des dépôts ; le reste, dans un empilement vertical. Le tout correspond à une séquence de 3^e ordre, d'abord transgressive, puis régressive.

Mots-clés : Monts d'Ougarta, Kheneg el Aatène, Formation du Foum Ez Zeidiya, Ordovicien moyen, Darriwilien, lithostratigraphique, sédimentologique, stratigraphie séquentielle.

Chapitre I

Généralités

INTRODUCTION

Notre étude a été effectuée dans la région de Beni Abbès, au niveau des Monts d'Ougarta. Ce premier chapitre sera consacré à la présentation du cadre géographique, géologique et structural général et local. Celle-ci sera suivie d'un bref historique des travaux réalisés sur les formations ordoviciennes et, surtout, sur la formation du Foum Ez Zeidiya, faisant l'objet de notre travail. Enfin, le but et la méthodologie de travail seront abordés à la fin du chapitre.

I- CADRE GEOGRAPHIQUE

A- Situation géographique général des Monts d'Ougarta

Les Monts d'Ougarta sont situés dans le Sahara nord-occidental algérienne, à 1000 km au Sud de la ville d'Oran et 200 km de celle de Béchar. Ces reliefs s'étendent sur 450 km de long et 200 km de large et sont limités au Nord, par le Hamada du Guir, au NE par le grand Erg occidental, au NW par le Kem Kem et la Hamada de Draa, au SE par le Touat et au SW par l'Erg Iguidi et Erg Chech (Fig. 1).

D'après ALIMEN *et al.* (1952), morphologiquement, les Monts d'Ougarta se présentent sous forme de 2 faisceaux, d'orientation NE-SW, séparés par Erg Er-Raoui (Fig. 1) :

- au NE, le Faisceau de la Saoura ou Monts d'Ougarta au sens strict ;
- au SW, le Faisceau de la Daoura qui comprend le Kahal Tabelbala, le Djebel Ben Tadjin et les

Monts de la Daoura.

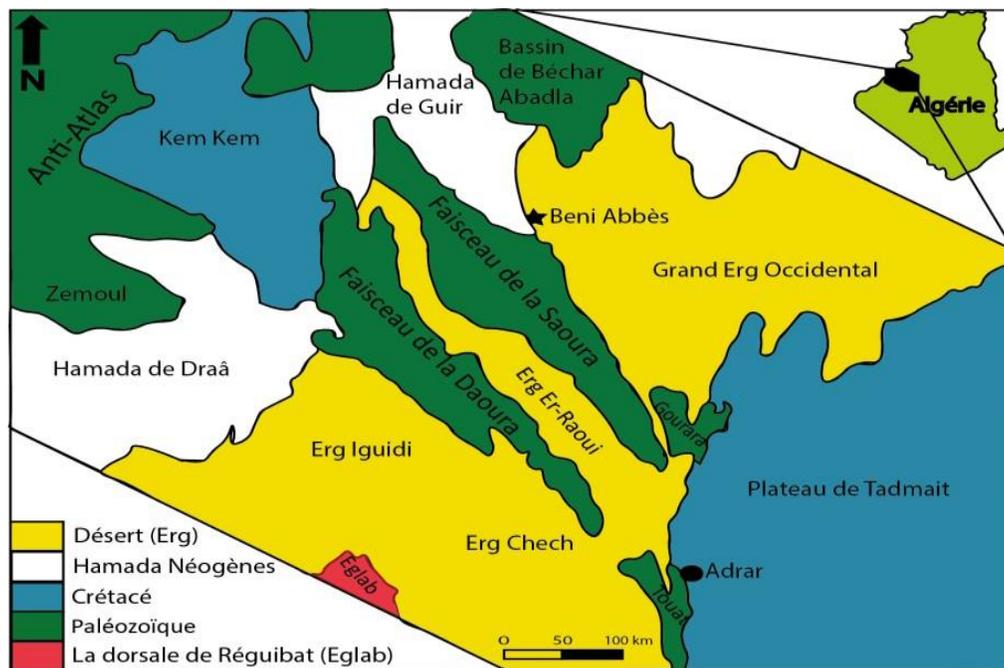


Fig. 1 : Situation géographique des Monts d'Ougarta (d'après FABRE, 1976 ; modifié).

B- Situation géographique du secteur d'étude

Notre secteur d'étude est situé à Kheneg el Aatène, au niveau du faisceau de la Saoura, à environ 70 km au SW de Beni Abbès et 15 km au Sud du village d'Ougarta. Il est limité au Nord par Nif el Khaoufi, au Sud par El Kseib, à l'Est par Sebkhha d'Ougarta et Erg Djemel et à l'Ouest par Koudiat el Mdaga (Fig. 2).

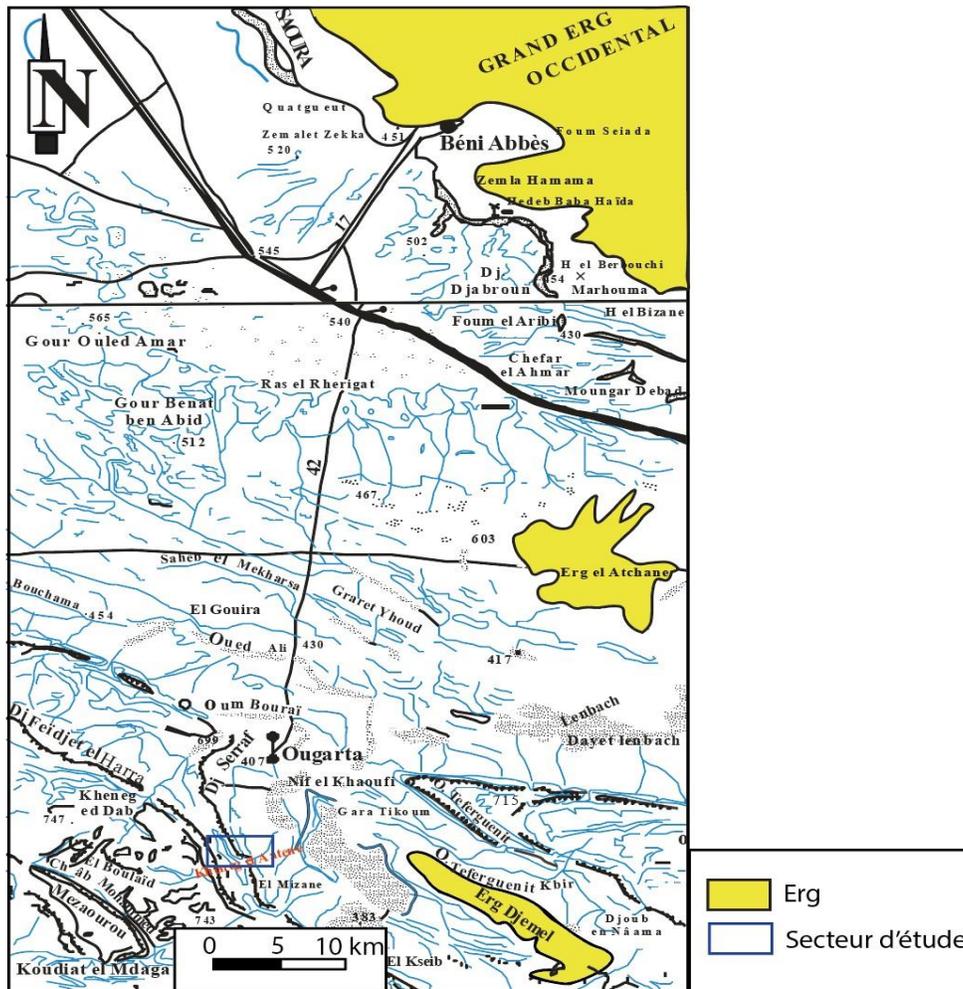


Fig. 2 : Situation géographique du secteur d'étude
(Extrait de la Carte topographique au 500 000° de Béchar).

II- CADRE GEOLOGIQUE

A- Cadre géologique des Monts d'Ougarta (Fig. 3 et 4)

Les Monts d'Ougarta forment une chaîne chevauchante affectée par l'orogénèse calédonienne et hercynienne est caractérisée par l'existence de plis massifs (HERVOUET et DUEE, 1996). COLLOMB et DONZEAU (1947) et DONZEAU (1971, 1983) classent la chaîne comme étant un bassin aulacogène.

Les Monts d'Ougarta sont caractérisés par un socle d'âge précambrien, surmonté, en discordance, par une couverture paléozoïque plissée, datée du Cambrien au Carbonifère (MENCHIKOFF, 1933 ; FABRE, 1976 ; AIT-KACI, 1990 ; FABRE, 2005) (Fig. 3 et 4).

Le socle précambrien est caractérisé à l'Est (Sebkhah el Melah) et au Sud (Erg el Atimine) par des dépôts sédimentaires attribués à des flyschs et, à l'Ouest (Djebel Bou Kbeïssat et Djebel Bet Touaris), par des épandages rhyolitiques occupant le cœur des anticlinaux (CHIKHAOUI, 1974, 1981).

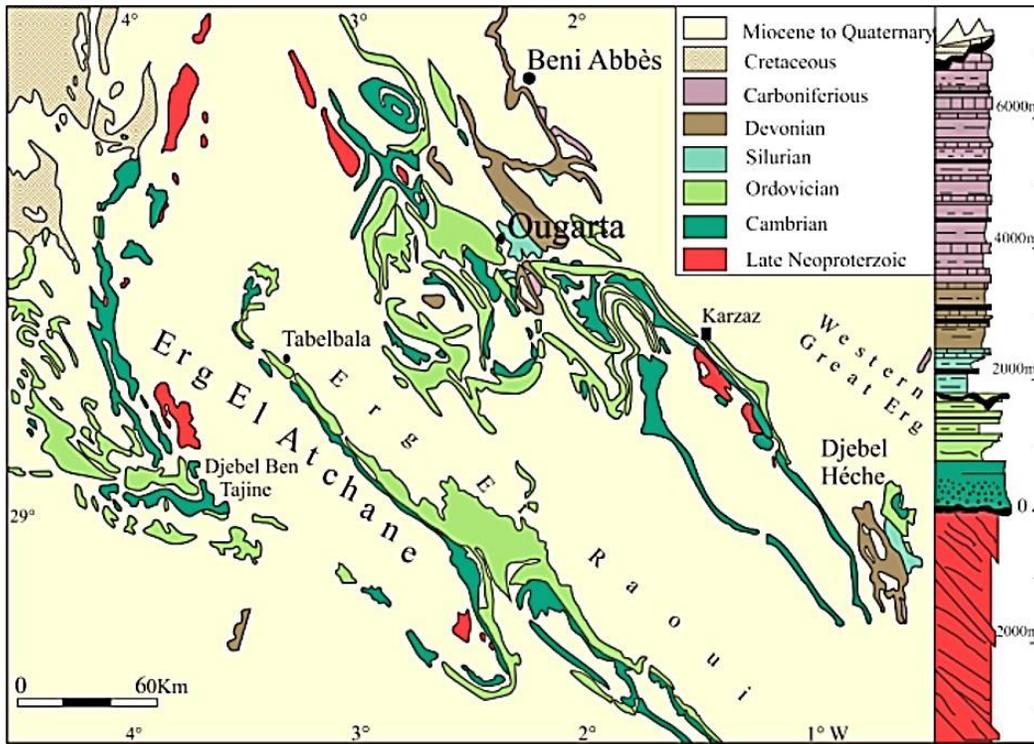


Fig. 3 : Cadre géologique des Monts d'Ougarta (d'après GHYENNE *et al.*, 2007).

Selon ARBEY (1962) et FABRE (1976, 2005), 4 corniches superposées forment le Cambro-Ordovicien de la chaîne d'Ougarta (Fig. 4 et 5) :

- Le Cambrien formé par les deux premières qui correspondent aux formations des Grès arkosiques de la Sebkhah el Melah et des Quartzites d'Aïn en Nechea. La série se clôture par la *Dalle à Lingules* qui marque le passage vers l'Ordovicien (GOMES SILVA *et al.*, 1963 ; FABRE, 1976, 2005).
- Les deux dernières corniches correspondent, respectivement, aux formations des Argiles du Foug Tineslem et du Kheneg el Aatene et puis à celles du Foug Ez Zeidiya, du Bou M'haoud et du Djebel Serraf.

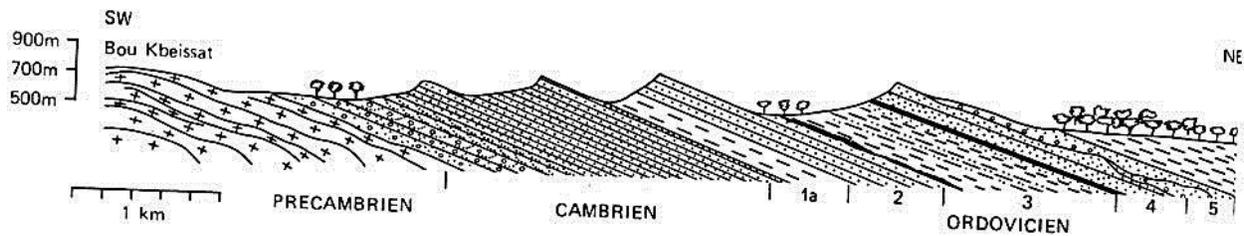


Fig. 4 : Coupe schématique du Précambrien-Ordovicien de Kheneg Tlaia (FABRE, 2005).

Légende:

- 1: Dalle à Lingules (Tremadoc), surmontée par la formation argileuse du Foug Tineslem.
- 2: Formation gréseuse du Kheneg el Aatene (Arenig).
- 3: Formation argilo-gréseuse du Foug Ez Zeidiya.
- 4: Formation de Bou M'haoud (Llandeilo et Caradoc ?).
- 5: Formation gréseuse du Djebel Serraf (Asghillien ?).

Les formations de l'Ordovicien d'Ougarta ont été définies par GOMES SILVA *et al.* (1963). Ces derniers ont en reconnu 5, caractérisées par des dépôts détritiques. Selon GUERRAK (1988), ces formations contiennent 12 niveaux ferrugineux.

Les 5 formations de l'Ordovicien sont, de bas en haut, (GOMES SILVA *et al.*, 1963 ; GUERRAK, 1988) :

- Formation de Foug Tineslem (Tremadoc)
- Formation gréseuse du Kheneg el Aatene (Arenig)
- Formation argilo-gréseuse du Foug Ez Zeidiya (Llanvirnien)
- Formation de Bou M'haoud (Llandeilo et Caradoc ?)
- Formation gréseuse du Djebel Serraf (Asghillien ?)

Seule la Formation du Foug Ez Zeidiya fera l'objet de notre travail.

B- Cadre géologique du secteur d'étude

Notre travail a été effectué au sein d'une série d'âge ordovicien moyen. Le secteur d'étude est caractérisé par l'affleurement de toutes les formations ordoviciennes citées précédemment (Fig. 5 et 6).

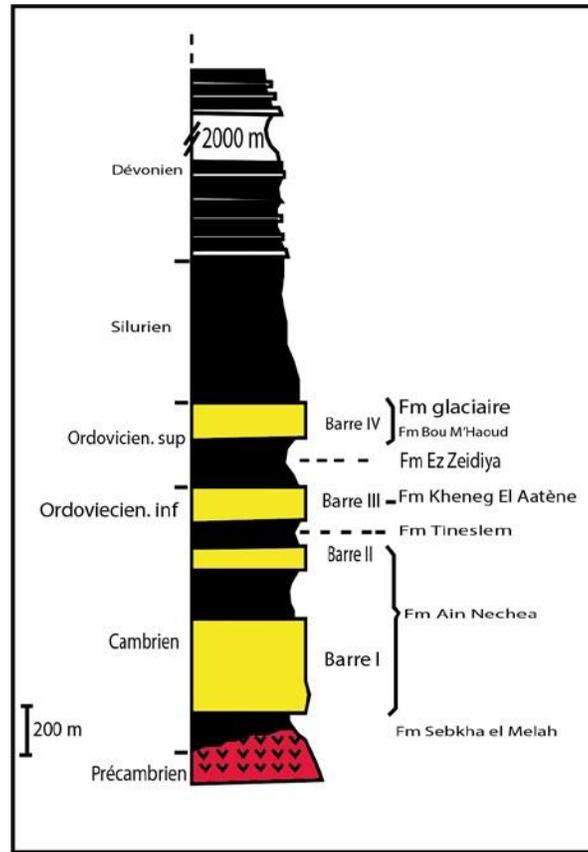


Fig. 5 : Colonne stratigraphique synthétique des formations du Paléozoïque des Monts d'Ougarta (DONZEAU, 1971 ; FABRE, 1976, *in* HERVOUET & DUEE, 1996 ; modifié).

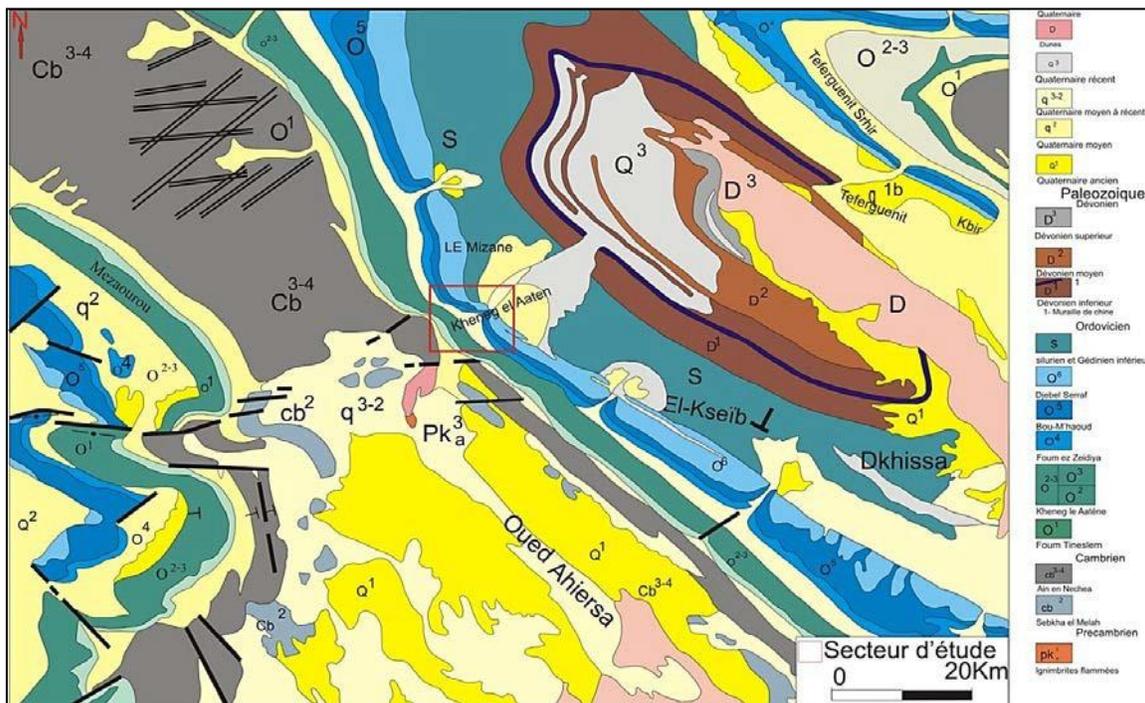


Fig. 6 : Carte géologique de secteur d'étude (Extrait de la feuille NH-30-X au 1/200 000 d'Ougarta, *in* BACHIR, 2017).

III- ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA FORMATON DU FOUM EZ ZEIDIYA

Le Sahara algérien en général et la chaîne d'Ougarta en particulier ont fait l'objet de nombreuses études géologiques précédentes.

Dès **1962**, un travail présenté par **ARBEY** à Kheneg el Aatène décrit une coupe globale mettant en relief quatre corniches superposées. Les deux premières se terminent avec la *Dalle à Lingules*, datant du Trémadocien, tandis que les deux dernières sont attribuées à l'Ordovicien.

En **1963**, **GOMES SILVA et al.** définissent, pour la première fois, 5 formations ordoviciennes dans les Monts d'Ougarta. Celles-ci sont limitées par la *Dalle à Lingules* et les argiles du Silurien. Les formations telles que définies sont (1) Formation argileuse du Foug Tineslem, (2) Formation gréseuse du Kheneg el Aatène, (3) Formation argilo-gréseuse du Foug Ez Zeidiya, (4) Formation gréseuse de Bou M'haoud et (5) Formation gréseuse du Djebel Serraf.

Ces auteurs décrivent la formation Argilo-gréseuse du Foug Ez Zeidiya comme étant constituée de 3 membres :

- **Membre inférieur (80 m)** : d'âge Arénigien supérieur. Il est composé à la base par des argiles vertes, surmontées par des argiles gris violacées au sommet. La faune, telle que les lamellibranches, les brachiopodes, les trilobites, les graptolites et les ostracodes est abondante dans ce membre.
- **Membre moyen (100 m)** : il s'agit de grès micacés à délit en plaquettes, associés avec des lentilles de calcaires gréseux, réparties dans quatre ou cinq niveaux. Le membre est attribué au Llanvirnien.
- **Membre supérieur (60 m)** : il est constitué, de base en haut, par un épisode argileux gris ou vert, succédé par des grès fins et de silt argileux en bancs composés de deux niveaux de calcaires lenticulaires riches en brachiopodes et débris de trilobites.

En **1964**, **LEGRAND** souligna, dans la partie basale du membre inférieur de la formation de Foug Ez Zeidiya, des fragments de stripes de la sous-espèce *Didymograptus fractus* qui marque l'Arénig supérieur.

FABRE, en **1976** puis **2005**, présente un travail approfondi sur la géologie du Sahara où un chapitre complet a été dédié à l'Ordovicien des Monts d'Ougarta.

L'auteur décrit la formation du Foug Ez Zeidiya dans la région de Kheneg Tlaia comme étant constituée par 3 membres :

- un membre inférieur argilo-fossilifère (Arénig supérieur) ;
- un membre médian grésomiacé ;
- un membre supérieur argilo-gréseux s'achevant par un niveau ferrugineux.

Notons qu'entre temps (1983), cet auteur présente un essai sur la paléogéographie ordovicienne et fait coïncider les dépôts d'argiles silteuses du membre inférieur de notre formation avec une transgression marquant la base de l'Arénig supérieur.

En **2008**, **MAZOUZI** mène une étude sur les dépôts de l'Arénig supérieur/Llanvirn de la formation du Foug Ez Zeidiya dans la région de Kerzaz où a été définie la formation, et de Kheneg Tlaia. Cette étude révèle un environnement de dépôt marin peu profond (*offshore* supérieur et *shoreface*).

En **2013**, **RAHAL** et **TEMZINE** s'intéressent aux affleurements de la formation du Foug Ez Zeidiya, au niveau du flanc nord-occidental de Djebel Serraf. Ces auteurs notent la présence de 9 barres à dominance gréseuse, séparées par des combes argileuses à passées ou bancs gréseux. Elles notent également des miches calcaires dans sa partie inférieure. L'environnement de dépôt proposé correspond à une plate-forme détritique proximale (*offshore* supérieur à *shoreface*).

MAIRIA, en **2015**, réalise une étude sédimentologique sur les affleurements de l'Ordovicien moyen et supérieur de la région de Nif el Khaoufi, au SW du village d'Ougarta. Elle note que la formation du Foug Ez Zeidiya a une épaisseur de 145 m et se manifeste sous forme de 6 barres à dominance gréseuse, alternées avec des combes argileuses. L'interprétation sédimentologique révèle 2 associations faciologiques distinctes. La première englobe la formation du Foug Ez Zeidiya et le membre inférieur de la formation de Bou M'haoud, indiquant un environnement de type plate-forme détritique (*offshore transition*). La seconde concerne le reste des affleurements et correspond à un milieu *shoreface*.

Enfin, **AKRICH** en **2022**, présente une étude lithostratigraphique sédimentologique et séquentielle de la formation du Foug Ez Zeidiya au Sud de Kheneg El Aatene où elle note la présence de 2 membres : un membre moyen à lentilles calcaires (102 m) caractérisé par 6 barres à dominance gréseuse en alternance avec des niveaux argileux, surmonté par un membre supérieur argilo-gréseux de 20 m d'épaisseur, formé par une seule barre à dominance gréseuse et matérialisé par une alternance d'argiles

à passées silteuses et de bancs de quartzites en plaquettes. Elle a placée toute la formation dans l'*Offshore transition*.

IV- BUT & METHODOLOGIE DE TRAVAIL

A- But du travail

Notre travail consiste en la réalisation d'une coupe lithologique détaillée des affleurements de la formation du Foum Ez Zeidiya, au niveau du Kheneg el Aatene, dans le but de définir les environnements et l'organisation séquentielle des dépôts.

B- Méthodologie de travail

L'approche méthodologique utilisée pour mener à bien cette étude s'appuie sur l'examen des données recueillies sur le terrain et en laboratoire.

1- Travail de terrain

Une mission de terrain a été entreprise dans la région de Kheneg el Aatene. Elle a été focalisée sur la réalisation d'un levé de coupe géologique "banc-par-banc", avec description des lithologies et des phénomènes géologiques associés. Cette opération a été complétée par un échantillonnage de roches et des prises de photos pour les illustrations.

2- Travail de laboratoire

Une analyse microscopique et une description détaillée des lames minces réalisées à partir d'échantillons de roches récoltées ont été effectuées au niveau du laboratoire du Département des Sciences de la Terre de l'Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed.

Chapitre II

Lithostratigraphie

Légende

Lithologie



Argiles



Grès



Quartzites



Calcaires

Fe : Niveaux Ferrugineux

Ar : Argiles

G : Grès

C : Calcaires

Structure et figure sédimentaire



Laminations horizontales



Laminations obliques



Stratifications obliques en mamelons (HCS)



Rides de vagues



Ravinement ou microravinement

Fossiles



Plaques d'échinodermes



Lamellibranches



Brachiopodes

Fig. 7 : Figurés utilisés dans la coupe.

INTRODUCTION

Ce deuxième chapitre est consacré à la description lithologique détaillée de la coupe de la formation du Foug Ez Zeidiya, levée dans le secteur de Kheneg el Aatène.

I- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

A- Localisation de la coupe

La coupe a été levée suivant une direction sensiblement E-W, sur le flanc nord-ouest du relief situé au NW du Kheneg el Aatène, à environ 75 km au SW de la ville de Béni Abbes et à 15 km au Sud du village d'Ougarta (Fig. 2, p. 5 et 8).

Ses coordonnées GPS sont :

	$X_1 : N29^{\circ}33'10''$	$X_2 : N29^{\circ}33'21''$	
A	}	}	B
			$Y_1 : W2^{\circ}17'36''$



Fig. 8 : Vue satellite montrant la localisation de la coupe étudiée.

B- Description de la coupe

Les trois (3) membres définis classiquement par GOMES SILVA *et al.* (1963) dans la formation du Foug Ez Zeidiya ont été reconnus dans ce secteur : un membre inférieur argileux, un membre moyen à lentilles de calcaires gréseux et un membre supérieur argilo-gréseux (Fig. 9 et 10).



Fig. 9 : Vue panoramique des affleurements de la formation du Fom Ez Zeidiya.

Légende : I : Membre inférieur argileux ; II : Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux ; III : Membre supérieur argilo-gréseux. B1 à B7 : barres à dominance gréseuse.

1- Membre inférieur argileux (270 m)

Le membre inférieur argileux de la formation du Fom Ez Zeidiya est limité à sa base par un niveau détritique ferrugineux, formant le toit de la formation sous-jacente du Kheneg el Aatène. Ce niveau correspond à 2 bancs brunâtres à noirâtres, d'épaisseurs respectivement de 0,90 et 0,10 m, séparés par un mince joint argileux (PL. I, fig. 1 et 2).

La partie inférieure de ce membre est cachée par des alluvions récentes. La partie supérieure forme un talus à la base du relief (Fig. 9). Il s'agit d'une combe à dominance argileuse, caractérisée par des argiles vertes à la base est gris violacés au sommet, d'épaisseur variable (entre 60 et 210 m). Ce membre est limité au sommet par l'apparition de la première lentille de calcaire gréseux du second membre.

2- Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux (117 m)

Ce deuxième membre de la formation est caractérisé par une alternance de 6 barres à dominance gréseuse et de niveaux à dominance argileuse (Fig. 9 et 10).

La base du talus formant les premiers affleurements du membre est matérialisée par une alternance d'argiles souvent cachées par les éboulis, d'épaisseur métrique à décimétrique, à passées silteuses (Pl. I, fig. 3), et une succession de lentilles gréseuses, au nombre de 4, admettant, dans les 3 premières, des masses de calcaire gréseux ("miches" calcaires) (Pl. II, fig. 1). Ces dernières sont de couleur brunâtre à la patine et la cassure, d'épaisseur variable (0,30 à 0,85 m), parfois riches en fragments de lamellibranches et de brachiopodes. On signale également la présence de galets (Pl. II, fig. 2). On signale dans un niveau la présence de litages obliques en mamelons ou *Hummocky Cross-Stratifications* (HCS), surmontés par des litages de rides de vagues (Pl. II, fig. 3).

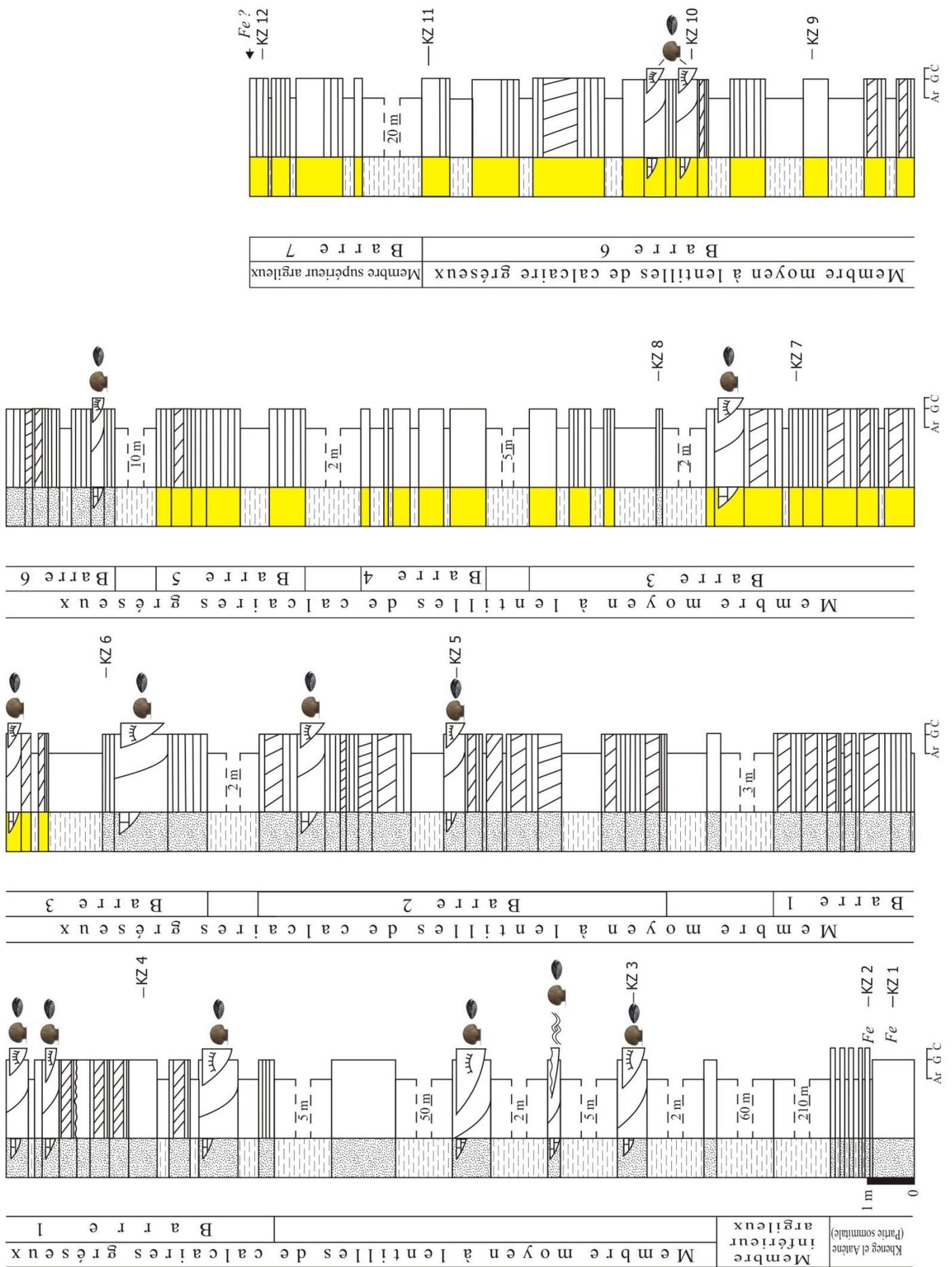


Fig. 10 : Coupe lithostratigraphique de la formation du Foum Ez Zeidiya.

Ces affleurements sont surmontés par une succession de 6 barres à dominance gréseuse, séparées par des inter-barres à dominance argileuse (Fig. 9 et 10).

2.1- Barre 1 (16 m)

Cette première barre débute par une lentille de grès psamitique d'une épaisseur de 0,40 m, en plaquettes, brunâtre à la patine et verdâtre à la cassure, à litages horizontaux de grande ampleur. Elle est surmontée par des argiles verdâtres en alternance avec des niveaux de grès lenticulaires (0,40 à 1,30 m), en plaquettes ondulées et associés à des laminations horizontales et obliques.

La barre est caractérisée par la présence de 3 lentilles ou miches de calcaire gréseux de forme souvent arrondie (Pl. III, fig. 1), métriques à décimétriques, brunâtres à la patine et à la cassure, montrant parfois des niveaux lumachelliques et des microravinements (Pl. III, fig. 2).

2.2- Barre 2 (13 m)

Après une combe argileuse de 4,5 m à quelques niveaux de siltites micacés centimétriques, vient la deuxième barre. Cette dernière est caractérisée à la base par une succession de lentilles gréseuses en plaquettes, à laminations horizontales et obliques puis, vers le haut, par une alternance des niveaux gréseux micacés brunâtres à la patine et verdâtres à la cassure, parfois lenticulaires, décimétriques à métriques, avec des argiles verdâtres d'une épaisseur qui varie entre 0,20 et 1,50 m.

On note dans la partie médiane et sommitale de cette barre 2 miches de calcaires gréseux (0,75 et 1,00 m), indurées, constituées chacune par une succession de 3 niveaux, séparés par des ravinements : les niveaux inférieur et supérieur correspondent à des calcaires gréseux brunâtres à la patine et grisâtres à la cassure, à plaques d'échinodermes ; le niveau médian est matérialisé par un calcaire lumachellique, de couleur brunâtre à la patine.

La fin de la deuxième barre correspond à un niveau de grès micacé, d'épaisseur 1,50 m, en plaquettes, à laminations horizontales et obliques.

2.3- Barre 3 (21 m)

La troisième barre du deuxième membre vient après un niveau argileux de 2 m d'épaisseur. Elle commence par un niveau gréseux en plaquettes, qui passe à une miche de calcaire gréseux de 1,35 m d'épaisseur (Pl. III, fig. 3).

A partir de cette partie de la coupe, on note l'apparition des premiers bancs de quartzite. Ces bancs s'intercalent à des argiles métriques. Ils sont très indurés, souvent à laminations horizontales et

oblique et montrent, à deux endroits différents, en leurs milieux, la présence de lentilles ou miches de calcaire gréseux.

2.4- Barre 4 (3 m)

Elle repose sur un niveau argileux de 5 m. Il s'agit d'une succession stratodécroissante de bancs de quartzites, très indurés, séparés par des diastèmes ou de minces interlits argileux. Les bancs se présentent en plaquettes (Pl. IV, fig. 1). Ils sont noirs à brunâtres à la patine et brunâtres à la cassure, d'épaisseur entre 0,25 et 1,3 m, associés à des laminations horizontales et obliques.

2.5- Barre 5 (4,5 m)

Cette cinquième barre vient après une combe argileuse de 2 m de puissance. Elle est matérialisée par des bancs de quartzites, de 0,10 et 1,15 m d'épaisseur, séparés par des pélites. Ces bancs sont massifs ou s'effritent en plaquettes indurés, noir à brun-clair à la patine et gris à la cassure (Pl. IV, fig. 2).

2.6- Barre 6 (17 m)

La dernière barre du membre moyen à lentilles de calcaires gréseux vient après 10 m d'argiles à passées silteuses. Elle débute par un banc de grès psamitique en plaquettes horizontales, de 0,2 m d'épaisseur qui passe à une lentille de calcaire gréseux (0,65 m), brunâtre à la patine (Pl. IV, fig. 3). Cette lentille montre en section des ravinelements soulignés parfois par des bioclastes. On note également vers le sommet des laminations subhorizontales. Cette niche est surmontée par des grès psamitiques en plaquettes centimétriques, en alternance avec des argiles verdâtres.

La suite du membre est matérialisée par une succession de bancs de quartzites, massifs ou à litages horizontaux et obliques. Certains d'entre eux montrent des lentilles de calcaires gréseux brunâtres à la patine, à laminations horizontales matérialisées parfois par des bioclastes (Pl. V, fig. 1).

3- Membre supérieur argilo-gréseux (23 m)

Ce membre débute par une combe argileuse de 20 m, le plus souvent cachée par des éboulis, surmontée par la dernière barre de la formation à dominance gréseuses (7^{ème} barre - Fig. 9 et 10). C'est une intercalation des bancs de quartzite indurés, métriques à décimétriques (1,5 à 0,10 m), massifs et ou en plaquettes, noirs à la patine et gris à la cassure (Pl. V, fig. 2).

A partir de ce niveaux, on commence à noter la présence de roches de quartzites ferrugineuses, mais malheureusement pas en place. Ces niveaux ont déjà été signalés par LEGRAND et BOUTERFA, (2021) dans la même position stratigraphie que la nôtre. Ces auteurs notent en plus, un horizon en place à hématite sur le flanc droit à l'entrée du défilé du Kheneg el Aatène. Cet horizon est placé à

la base de la formation sus-jacente de Bou M'haoued et sépare celle-ci de celle du Foum Ez Zeidiya.

II- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE

L'attribution stratigraphique de la formation du Foum Ez Zeidiya sera basée sur les travaux des anciens auteurs, car aucun fossile n'a été rencontré dans notre coupe.

Selon GOMES SILVA *et al.* (1963), le membre inférieur argileux a été attribué à l'Arénig supérieur à l'aide des fossiles de lamellibranches, brachiopodes, trilobites, ostracodes et de graptolites. Ensuite, le membre moyen à lentille de calcaire au Llanvirn par l'association de fossiles Asaphidae à la base et Ogygiocarinae au sommet (Trilobites). En revanche, le membre supérieur n'a pas pu être daté vu qu'aucun fossile n'a été trouvé.

En 1964, LEGRAND a attribué un âge Arénig au premier membre de notre formation, à partir des graptolites (*Didymograptus v-fractus*) trouvés dans ce membre.

De ce fait, un âge Arénig / Llanvirn est considéré comme étant l'âge attribué de la formation de Foum Ez Zeidiya.

Cependant, LEGRAND et BOUTERFA (2021) dans leur synthèse sur les dépôts de l'Ordovicien moyen et supérieur des Monts d'Ougarta, attribuent un âge Darriwilien à la formation du Foum Ez Zeidiya. Cet étage correspond à l'Arénig supérieur / Llanvirnien des anciens (GOMES SILVA *et al.*, 1963 ; LEGRAND, 1964).

Chapitre III
Sédimentologie
&
Organisation

INTRODUCTION

L'étude sédimentologique ainsi qu'un essai de stratigraphie séquentielle de la formation des argiles du Fom Ez Zeidiya seront abordés dans ce chapitre. L'analyse sédimentaire permettra la détermination des environnements de dépôts à partir notamment des caractéristiques lithologiques, de la granulométrie et des structures sédimentaires.

I- DESCRIPTION & INTERPRETATIONS DES FACIES

Trois faciès principaux ont été identifiés dans la formation du Fom Ez Zeidiya : les argiles (Fa), les grès (Fg) et les calcaires gréseux ("miches" calcaires) (Fc).

A- Faciès argileux (Fa)

1- Description

Les argiles sont présentes dans toute formation mais, plus fréquentes dans son membre inférieur où elles peuvent atteindre les 210 m. Dans le reste de la formation, elles s'intercalent entre les barres à dominante gréseuses et entre les bancs de grès ou de siltites.

2- Interprétation

La mise en place des argiles se fait par décantation des particules fines. Une fois formées par floculation des feuillets argileux, ces particules se déposent par gravité lorsque les conditions hydrodynamiques sont calmes, après la diminution de la vitesse du courant (COJON & RENARD, 2021).

Cependant, la présence de bancs gréseux et de passées silteuses parmi les argiles indique que des écoulements relativement puissants sont survenus de façon épisodique, permettant le transport de ces éléments détritiques plus grossiers.

Ainsi, le dépôt des argiles alterne entre des périodes de décantation calme et des événements hydrodynamiques plus énergiques, responsables de l'interstratification observée.

B- Faciès gréseux (Fg)

Les grès sont présents dans tous les affleurements, mais surtout au sein des 7 barres de la formation. Leur épaisseur est d'ordre centimétrique à métrique et se présentent, le plus souvent, sous deux lithologies distinctes : des grès micacés et des quartzites.

L'étude microscopique des échantillons de grès micacés (échantillons KZ4, fig. 11 A-B et KZ6, fig. 11 C-D), montre des grains de quartz (65 à 70%) anguleux à subanguleux, un contact concave-convexe et rarement un contact à surface régulière et grain-grain point. Les grains sont jointifs. On

note la présence de minéraux secondaires tels que la muscovite et des oxydes de fer, le tout dans un ciment argileux (5 à 7%) (Fig. 11).

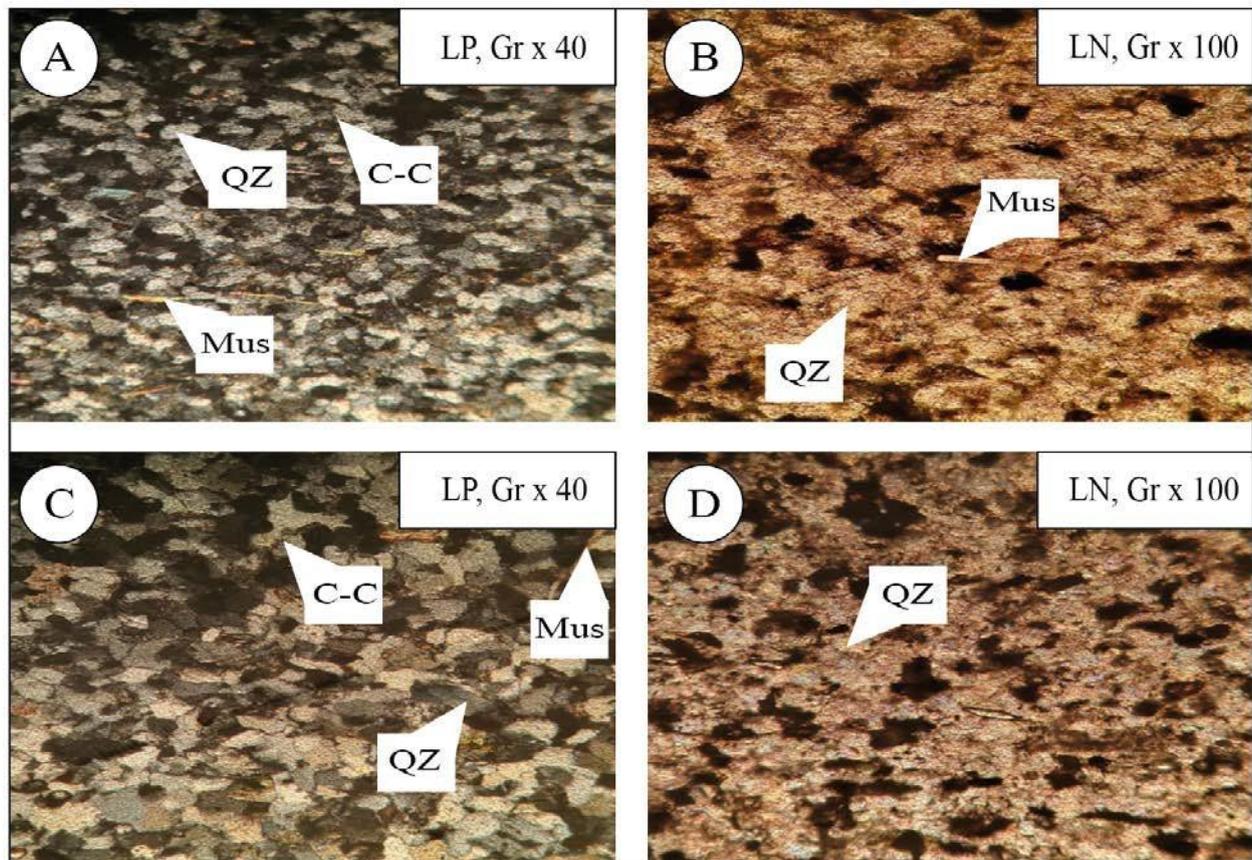


Fig. 11 : **A** et **B**. Photomicrofaciès de la lame KZ4 ; **C** et **D**. Photomicrofaciès de la lame KZ6 (Membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya).

QZ= Quartz, Mus = Muscovite, G-G= contact grain-grain point, S-r= un contact surface régulière, C-C= contact concave-convexe.

Le faciès gréseux Fg peut être subdivisé en plusieurs sous-faciès.

1- Sous-faciès de grès à laminations horizontales (Fg-a)

1.1- Description

On peut observer ce sous-faciès dès la première barre, dans le second membre de la formation (Pl. II, fig. 1a). Il est rencontré à l'interface des bancs de grès micacés, à grains fins, d'épaisseur centimétrique, brunâtres à la patine et verdâtres à la cassure. Ces laminations favorisent parfois le feuilletage des bancs.

Ce sous-faciès est également observé dans des bancs de quartzites (Pl. IV, fig. 1 et Pl. V, fig. 2), d'épaisseur décimétrique à métrique. Il peut être associé à d'autres structures telles que les laminations ondulées et obliques.

1.2- Interprétation

Ce sous-faciès correspond à des laminations parallèles et planes, d'après CAMPBELL (1967) et REINECK et SINGH (1973) (*in* COLLINSON et MOUNTNEY, 2019) (Fig. 12). Ces figures sont le résultat d'un courant de fond unidirectionnel qui a exercé une traction et un classement des grains, sous l'effet d'un régime d'écoulement hydrodynamique. En effet, TUCKER (2003), COLLINSON *et al.* (2006), MARAVELIS *et al.* (2017) ont noté qu'il existe deux régimes d'écoulement responsables de la formation de ce type de structure : un régime d'écoulement supérieur (*upper flow regime*) et un régime d'écoulement inférieur (*lower flow regime*) (Fig. 13).

Il semblerait, dans notre cas, que cette structure soit liée aux deux types de régimes vu qu'elle existe aussi bien dans les grès fins à moyens. Dans les premiers, elles sont de petites ampleurs, souvent discrètes et plus fréquentes dans les le membre inférieur et les inter-barres à dominance argileuse. Dans les seconds, elles s'observent au sein de bans assez épais et sont de plus grandes ampleurs.

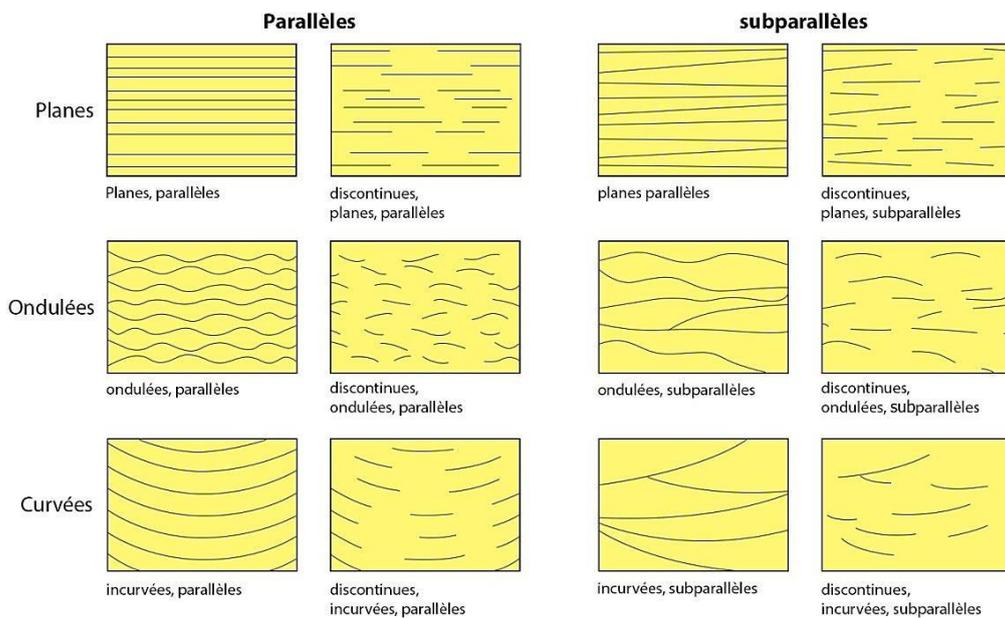


Fig. 12 : Terminologie des stratifications/laminations, d'après CAMPBELL (1967) et REINECK et SINGH (1973) (*in* COLLINSON et MOUNTNEY, 2019, modifié par BRADAI, 2021).

2- Sous-faciès de grès à laminations obliques tabulaires (Fg-b)

2.1-Description

Ce second sous-faciès est présent dans les barres 1, 2, 4 et 6 du membre moyen à lentilles de calcaires gréseux de la formation, au niveau de bancs de grès fins ou moyens, micacés, de 0,6 à 0,9 m d'épaisseur, brunâtres à la patine et verdâtres à la cassure et parfois dans les quartzites. Ces laminations obliques tabulaires peuvent coexister avec les laminations horizontales (sous-faciès Fg-a).

2.2- Interprétation

Ce type de laminations correspond à des mégarides de type I de DALRYMPLE *et al.* (1978). Il est dû à un courant unidirectionnel rapide, qui prend naissance dans des zones peu profondes, soumises à un régime d'écoulement supérieur et une forte énergie où l'action des vagues est intense (estuaire, delta, rivière).

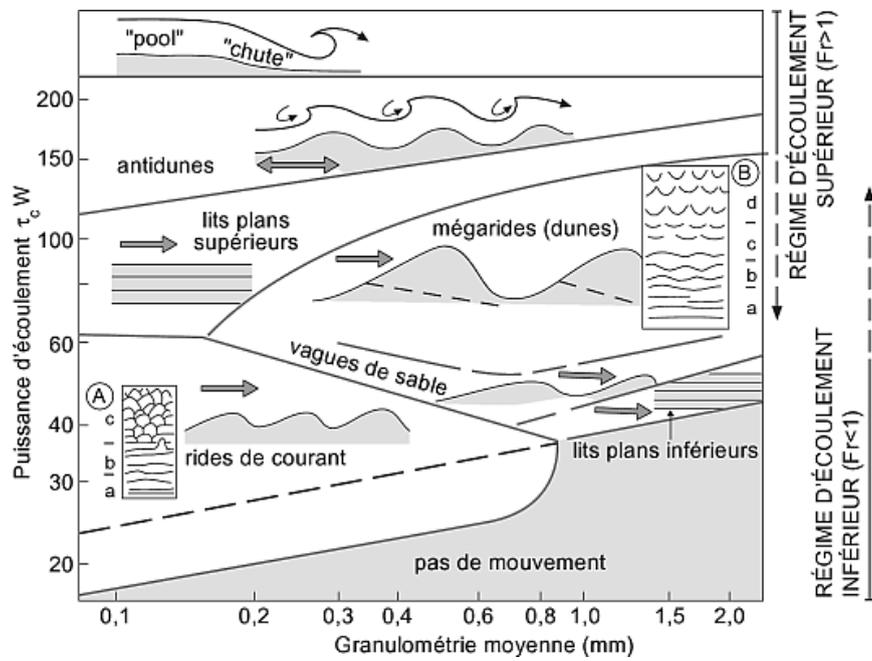


Fig. 13 : Relation en les différents types de constructions, la granulométrie et la puissance d'écoulement (d'après BLATT *et al.*, 1980 ; ALLEN, 1985, in COJAN et RENARD, 2021).

3- Sous-faciès de quartzites massifs (Fg-c)

3.1-Description

Ce sous-faciès est présent à partir de la barre 3 de la formation. Il s'observe dans des bancs de quartzites d'épaisseur centimétrique à métrique (0,1 à 1,5 m), noirâtres à la patine et grisâtres à la cassure (Pl. IV, fig. 2).

L'étude microscopique des échantillons de quartzites (échantillons KZ7, fig. 14, KZ9, fig. 15, KZ11 fig. 16 et KZ12, fig. 17) révèle la présence de grains de quartz (70%), fins à moyens, anguleux à subanguleux, jointifs. Le contact entre les grains est un contact à surface régulière, grain-grain point et concave-convexe. Les grains de quartz sont associés à des paillettes de muscovite (10%). On observe des passés sombre dans la lame KZ11, dues probablement une ferruginisation secondaire. Par ailleurs, la lame KZ7 montre une structure entourée d'un liserai ferrugineux, correspondant sûrement à un fragment de bioclaste (Fig. 14B).

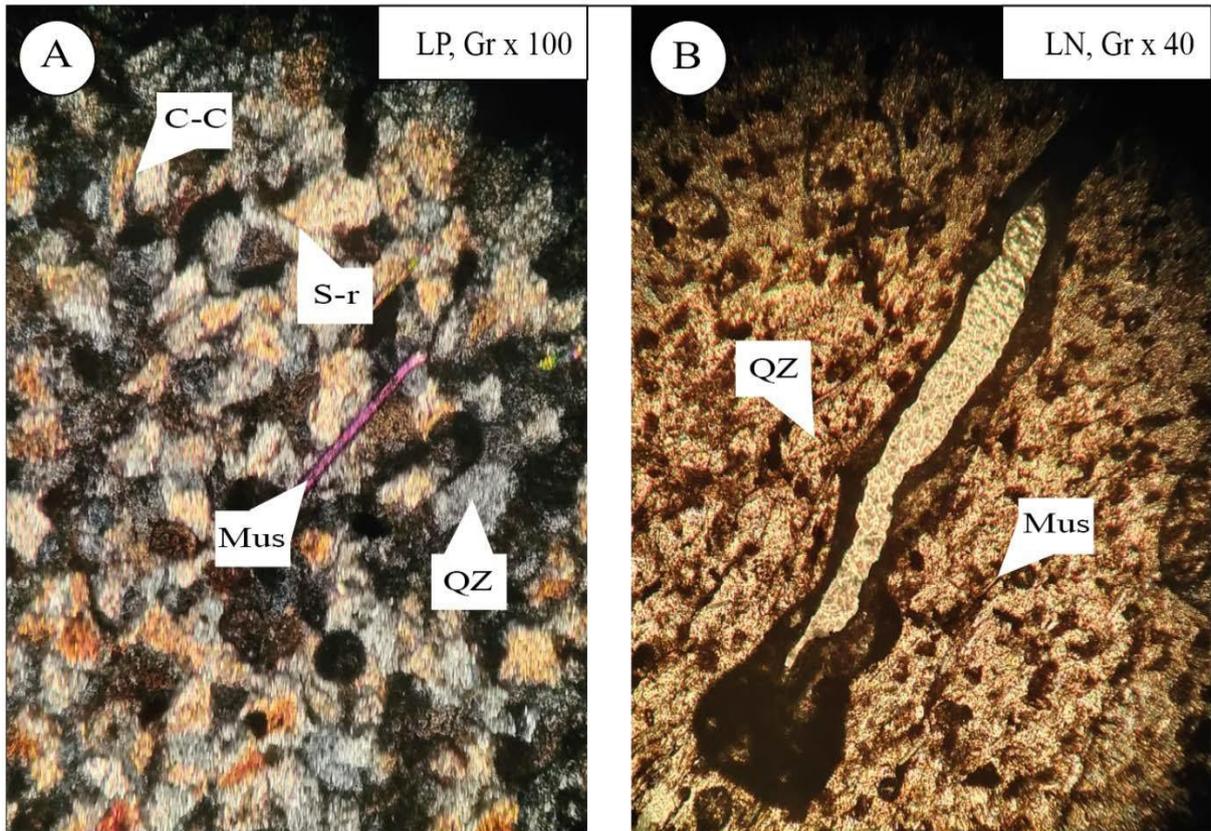


Fig. 14 : Photomicrofaciès de la lame KZ7, Membre moyen de la formation du Fom Ez Zeidiya. QZ= quartz, Mus = muscovite, S-r= un contact surface régulière, C-C= contact concave-convexe. Notez la présence probable d'un bioclaste entouré par un liserai ferrugineux.

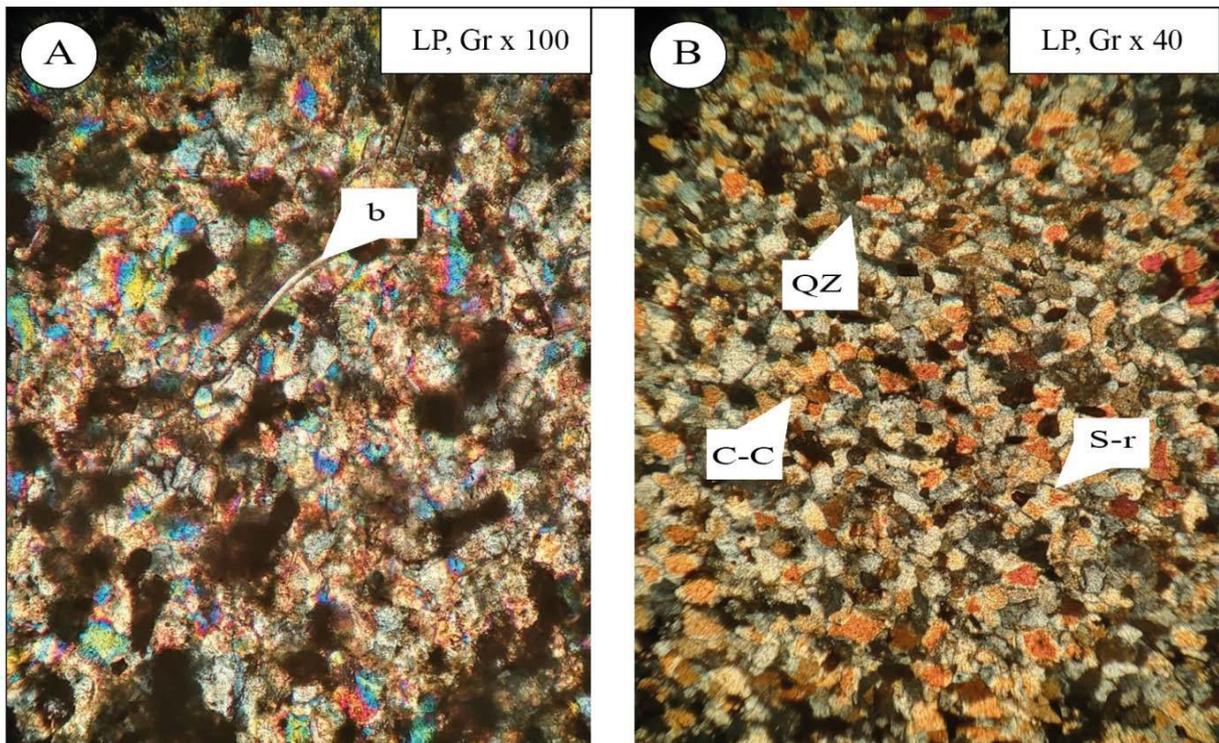


Fig. 15 : Photomicrofaciès de la lame KZ9, Membre moyen de la formation du Fom Ez Zeidiya. QZ= quartz, S-r= un contact surface régulière, C-C= contact concave-convexe, b=bioclaste.

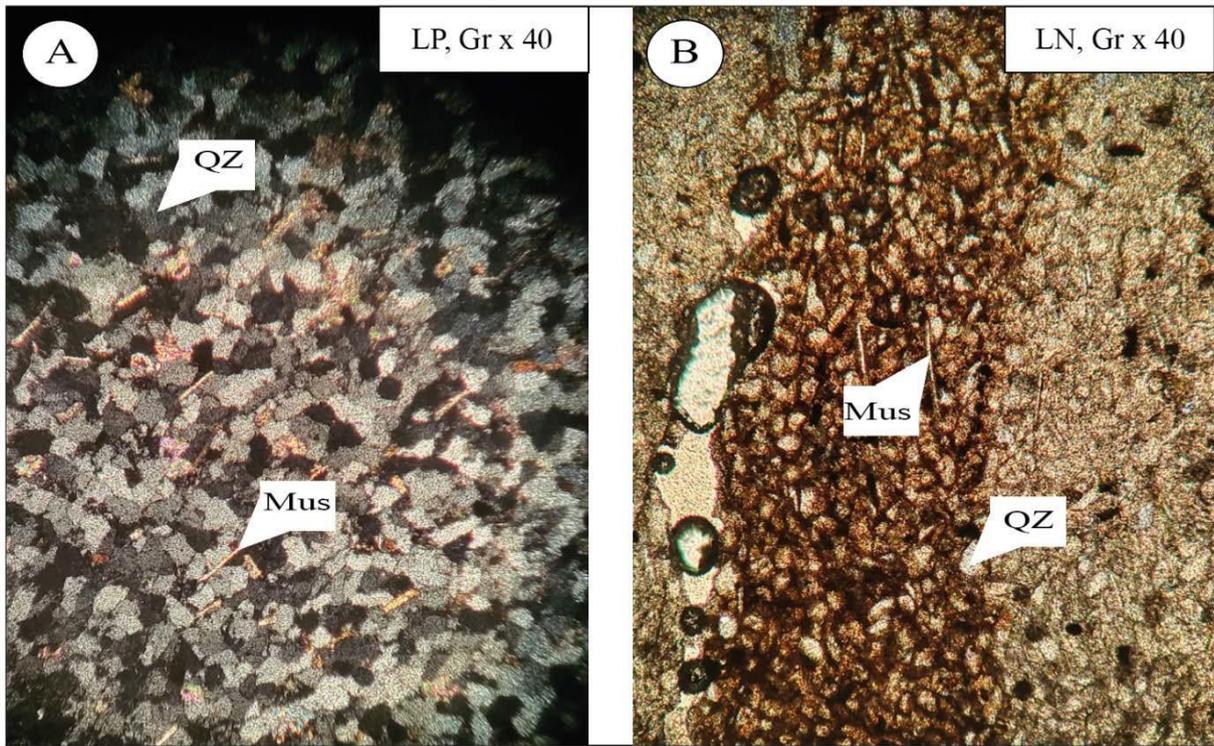


Fig. 16 : Photomicrofaciès de la lame KZ11, Membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya. QZ= quartz, Mus= muscovite.

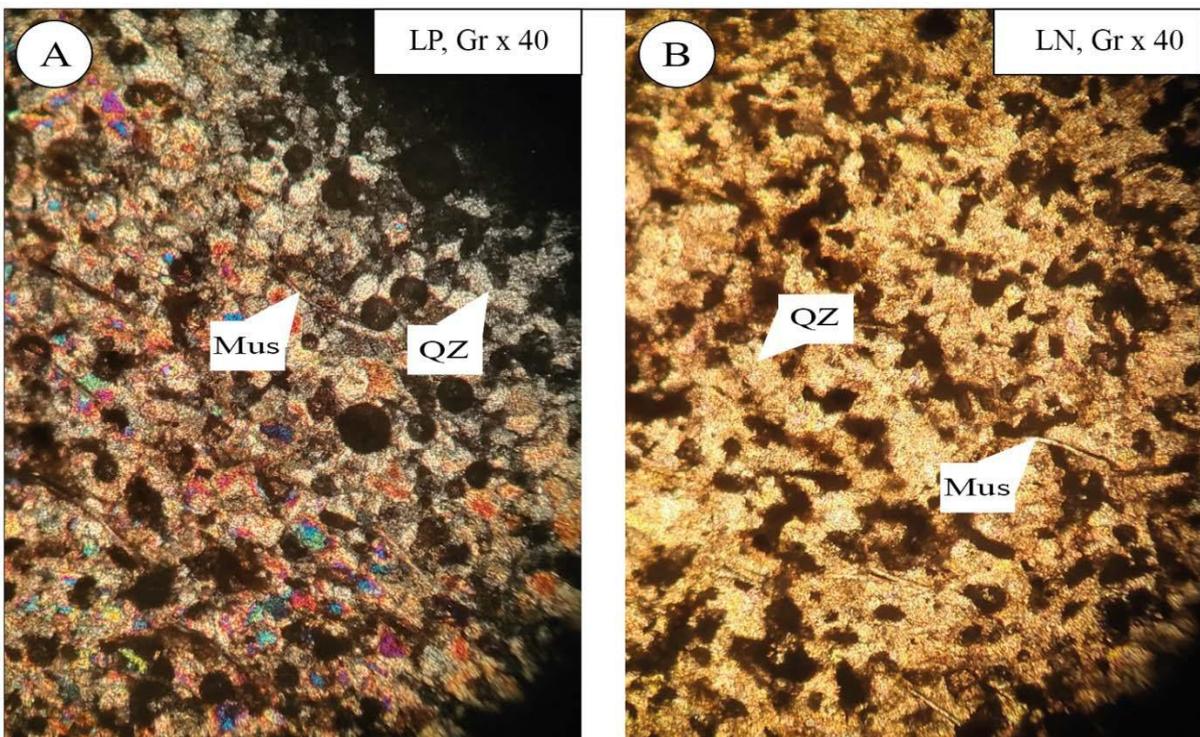


Fig. 17- Photomicrofaciès de la lame KZ12, Membre supérieur de la formation Foum Ez Zeidiya. QZ= Quartz, Mus= Muscovite.

3.2-Interprétation

Les travaux des auteurs précédents avancent plusieurs hypothèses pour interpréter l'absence des structures sédimentaires au sein des bancs :

- une bioturbation intense qui entraîne un effacement total des structures sédimentaires primaires (COJAN et RENARD, 2021) ;
- une sédimentation rapide (TUKER, 2003), ou très probablement une diminution de la vitesse d'un courant très chargé de sédiments (COLLINSON et MOUNTENEY, 2019) ;
- un remaniement intense des sédiments gorgés d'eau (liquéfaction) (COLLINSON et MOUNTENEY, 2019).
- l'action de la diagenèse à l'origine de la cimentation des cristaux de quartz et de l'effacement des structures primaires.

C- Faciès carbonaté gréseux (ou "miches" calcaires) (Fc)

1- Description (Pl. II, fig. 1 à 3 ; Pl. III, fig. 1 à 3, Pl. 5, fig. 1)

Ce faciès correspond à des "miches" calcaires qui sont des corps isolés, observés au sein de lentilles gréseuses, dans le membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya notamment, dans sa partie inférieure et dans les barres à dominance gréseuse. Les miches calcaires se caractérisent par une couleur brunâtre, d'épaisseur centimétrique à métrique, et révèlent des débris de fossiles tels que des plaques d'échinodermes, des brachiopodes et des lamellibranches. Certains niveaux carbonatés montrent en section des micro-ravinements, souvent soulignées par des bioclastes (Pl. II, fig. 2), d'autres, des lumachelles (Pl. III, fig. 2). Notant parfois la présence de galets arrondis (Pl. 2, fig. 2b).

L'étude microscopique des échantillons KZ3 (Fig. 18), KZ5 (Fig. 19) et KZ10 (Fig. 20) montre qu'il s'agit d'un faciès de calcaire gréseux, à grains de quartz (50 à 70%) fins à moyens, anguleux à subanguleux, jointifs. Le contact entre les grains est de type grain-grain point, surface régulière et contact concave-convexe. Les paillettes de muscovite sont également présentes (10%). On en finit quelques minéraux de plagioclases et des oxydes de fer. Les gains sont liés par un ciment carbonaté (15%).

Deux (2) types de figures sédimentaires sont fréquents dans ce faciès carbonaté : des rides et des litages de rides de vagues ainsi que des litages obliques en mamelons ou *Hummocky Cross-Stratifications* (HCS).

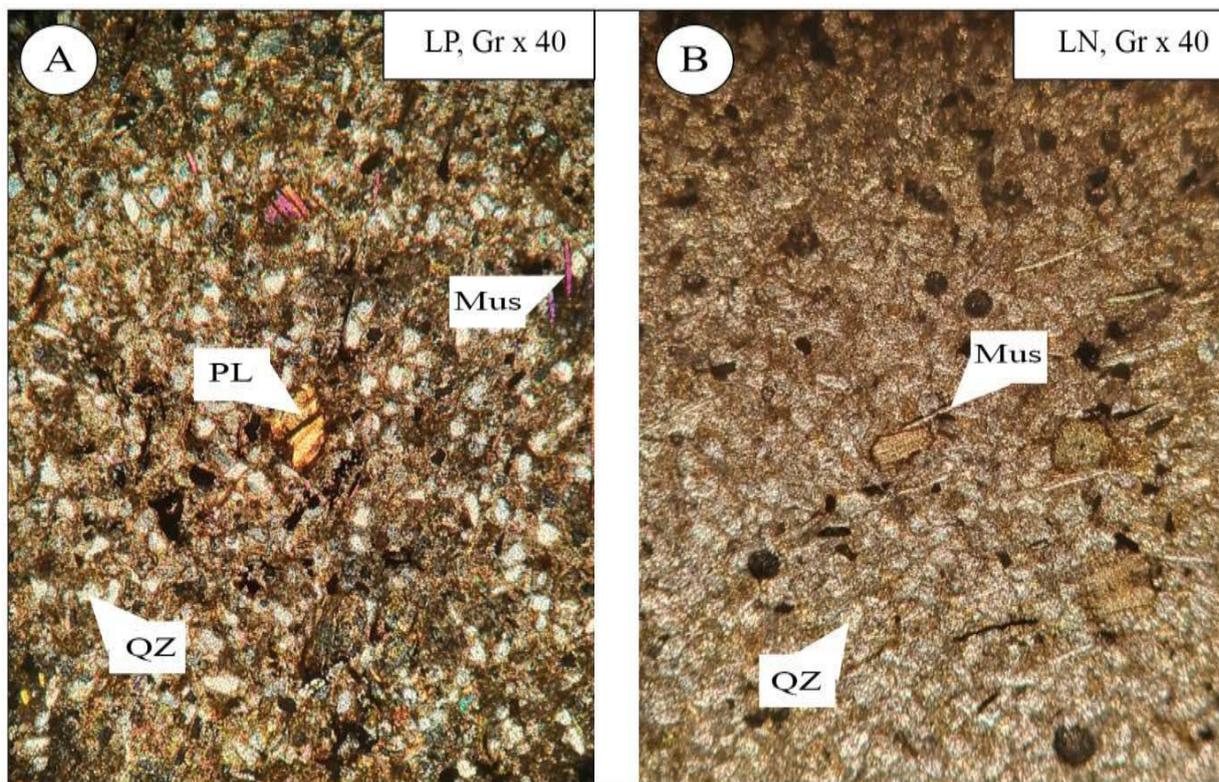


Fig. 18 : Photomicrofaciès de la lame KZ3, Membre moyen de la formation du Fom Ez Zeidiya.
 QZ= Quartz, Mus = Muscovite, PL= Plagioclase.

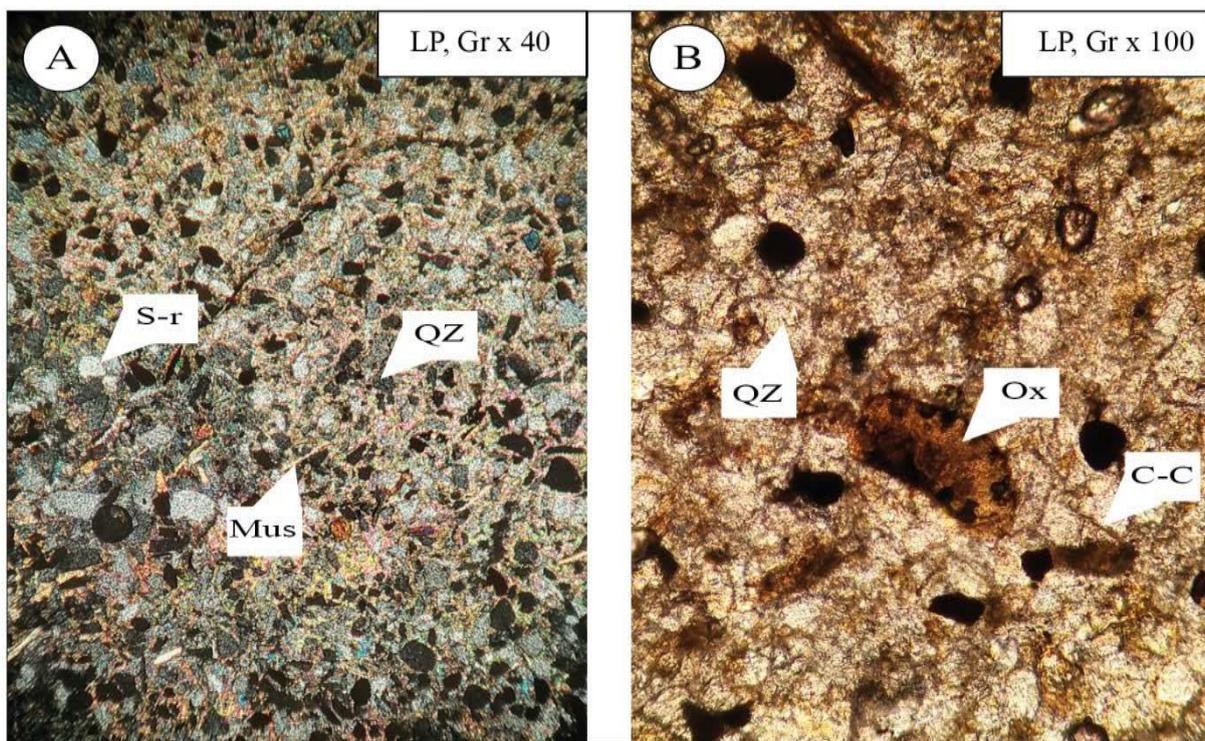


Fig. 19 : Photomicrofaciès de la lame KZ5, Membre moyen de la formation du Fom Ez Zeidiya.
 QZ= Quartz, Mus = Muscovite, Ox= Oxyde de fer, S-r= un contact surface régulière, C-C= contact concave-convexe.

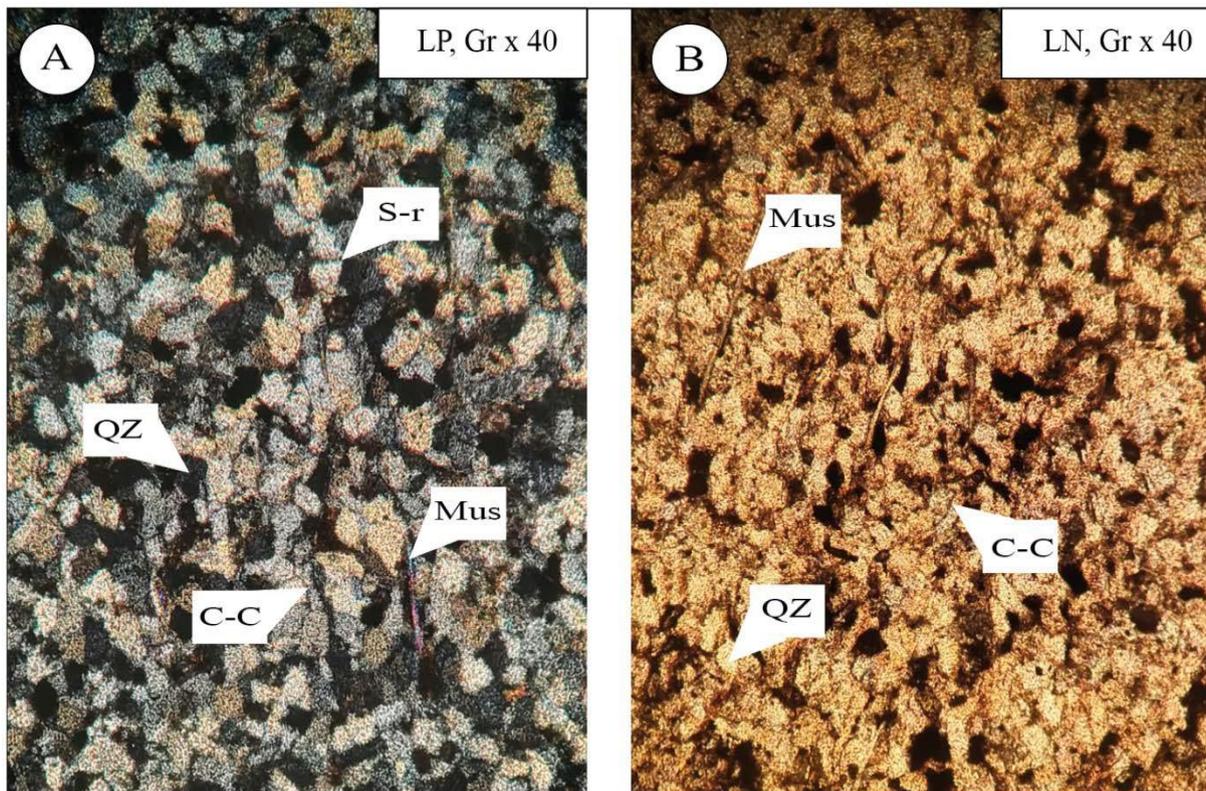


Fig. 20 : Photomicrofaciès de la lame KZ10, Membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya. QZ= Quartz, Mus = Muscovite, S-r= un contact surface régulière, C-C= contact concave-convexe.

Les rides et des litages de rides de vagues sont observés dans une niche de la base du second membre de la formation, au niveau d'un banc de 30 cm d'épaisseur. Ce sont des rides symétriques à crêtes arrondies (Pl. II, fig. 3b).

Quant aux litages obliques en mamelons, ces derniers sont observés à la base du banc précédent (Pl. II, fig. 3a).

2- Interprétation

Les rides de vagues sont des rides symétriques formées à l'interface eau-sédiment. Elles sont caractérisées par des crêtes généralement aiguës et des creux arrondis. Leur genèse est liée au va et vient des vagues, ce qui favorise la mise en place des micros avalanches de sable en transit sur les deux flancs de la ride, ainsi que la formation des laminations qui suivent approximativement le contour de la ride. Ces dernières se forment le plus souvent en eaux peu profondes, mais elles se produisent également en eaux profondes sous l'action des courants de fond (COLLINSON & MOUNTNEY, 2019).

Par ailleurs, les litages obliques en mamelons (HCS) sont caractérisés par des superpositions de dômes (mamelons) et de creux (dépressions) (Fig. 21). Ils sont observés aussi bien dans les

sédiments détritiques (sables, grès) que carbonatés (TUCKER, 2003), depuis le *shoreface*, jusqu'à l'*offshore transition* (MORSILLI et POMAR, 2012).

Ce type de figures sédimentaires constitue un dépôt épisodique, lié à l'action des courants oscillatoires puissants, générés par des tempêtes.

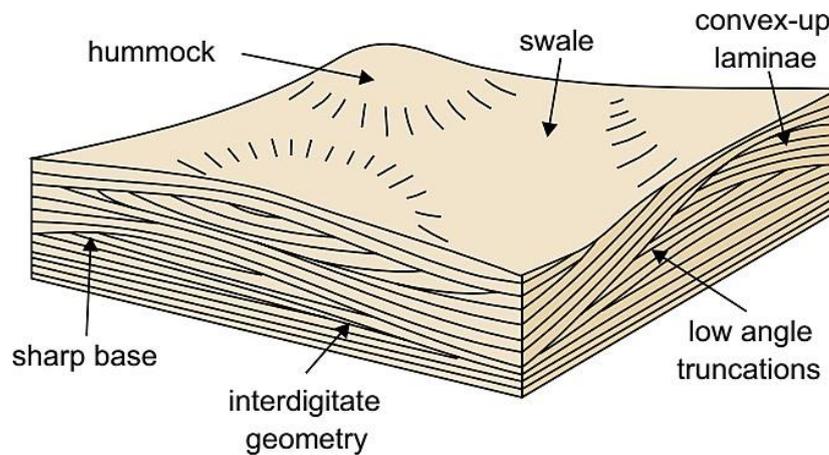


Fig. 21 : Architecture interne des litages obliques en mamelons (HCS) et leur relation avec la morphologie externe (COLLINSON & MOUNTNEY, 2019).

L'action de ces courants géostrophiques est également attestée par la présence de figures de ravinements soulignant parfois un matériel bioclastique et même de véritables lumachelles (*shell beds*).

Concernant maintenant l'explication de la position de ces lentilles de calcaires gréseux, ou miches calcaires, aux seins des lentilles de grès en plaquettes, GHIENNE *et al.* (2007) avancent l'hypothèse d'un remplissage de gouttières d'érosion (*Gutter casts*) par des courants de retour (*Rip currents*) induits par les tempêtes. Ce remplissage serait constitué de concrétions ovoïdes riches en coquilles. La cimentation précoce qui résulte de la pré-compaction de la morphologie ovoïde, a été favorisée par la dissolution de la faune coquillière riche en carbonates.

II- ASSOCIATIONS DE FACIÉS & MILIEUX DE DÉPOT (Fig. 22)

Deux associations de faciès, notées A et B, sont distinguées, à partir de la description et l'interprétation des faciès et sous-faciès de la formation du Fom Ez Zeidiya.

A- Association A

L'association A correspond au faciès gréseux (Fg) avec ses sous-faciès, le faciès carbonaté gréseux (Fc) et, à un degré moindre, le faciès argiles (Fa). Elle correspond à des vitesses de sédiments assez élevées, responsable de la mise en place des particules de grès moyen et grossiers et des carbonates gréseuses. La présence de laminations horizontales (Fg-a) et obliques tabulaires (Fg-b) auxquelles

s'associent parfois les lentilles de calcaires gréseux (Fc) plaident pour un environnement de dépôt proximale, de type plate-forme détritique, régulièrement exposée à des courants de marées, et parfois de tempêtes, à l'origine des apports siliciclastiques (grès) ou carbonatés (biodétritiques). Il s'agit très probablement d'un *foreshore* à *shoreface* (Fig. 22 et 24).

B- Association B

La seconde association comprend les affleurements du faciès argileux (Fa) du le membre inférieur et l'alternance d'argiles et des 3 lentilles de calcaire gréseux (Fb) de la base du membre moyen. Cette association correspond à une zone relativement profonde où les argiles ont été mise en place en périodes de beau-temps, par décantation. Des arrivées sporadiques de dépôts carbonatés détritiques et détritiques fins, notamment silteux viennent parfois perturber ce calme.

Un environnement de dépôt de plate-forme détritique médiane ou d'*offshore transition* correspond bien à cette association faciologique (Fig. 22 et 24).

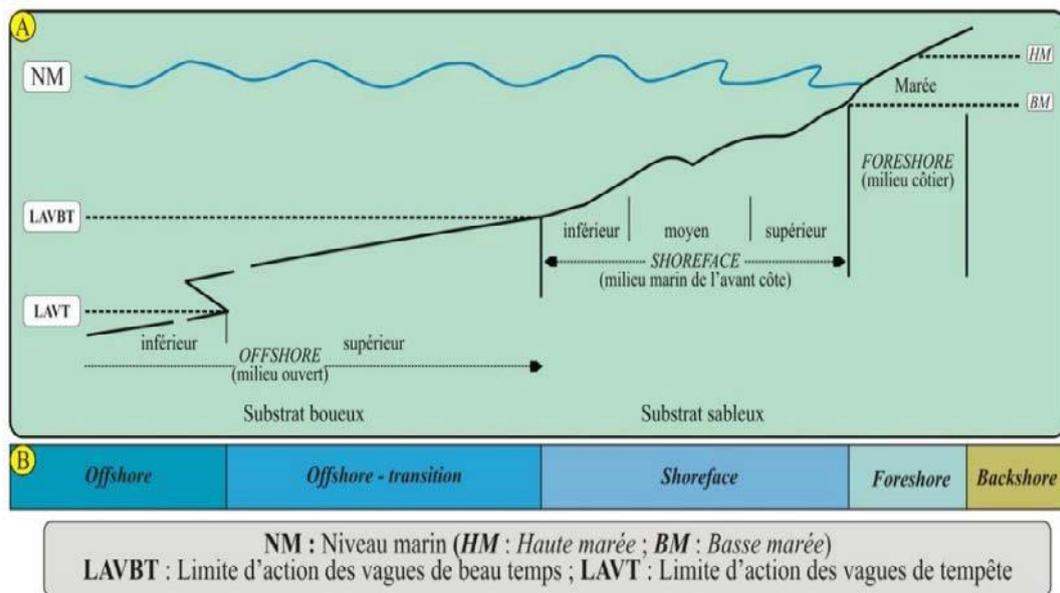


Fig. 22 : Profil de la plate-forme (nomenclature en fonction de l'hydrodynamisme).

A. Subdivision de GUILLOCHEAU *et al.* (1983) et PLINT *et al.* (1992) ; B. Subdivision de KOMAR (1976), BOURGEOIS et LEITHOLD (1984) et READING et COLLINSON (1996) (In ABBACHE, 2019).

III- ORGANISATION SEQUENTIELLE

INTRODUCTION

Afin d'approfondir notre compréhension de l'organisation des dépôts de la formation du Foum Ez Zeidiya, nous suggérons de réaliser un essai sur l'utilisation du concept de stratigraphie séquentielle et génétique, en se basant sur la définition et l'empilement des séquences génétiques ainsi que leurs tendances évolutives au cours de Darriwilien dans cette partie de la Chaîne d'Ougarta.

A- Définition & empilement des paraséquences

Pour l'étude de l'organisation séquentielle des corps sédimentaires de la formation du Foum Ez Zeidiya, nous utiliserons le concept des paraséquences qui se subdivisent principalement en deux phases : phase Transgressive, suivie d'une autre phase Régressive (séquence T-R), selon JOHN et MURPHY (1984), JOHNSON *et al.* (1985), EMBRY et JOHANNESSEN (1992), CATUNEANU *et al.* (2009). La phase transgressive T est à dominance argileuse, représentée notamment par le faciès des argiles (Fa) ; la seconde phase régressive R est à dominance gréseuse, et correspond aux faciès gréseuse (Fg) et de miches calcaires (Fc). La limite entre ces deux phases est marquée par un changement brutal de la lithologie et une surface d'inondation maximale (MFS ou SIM) (Fig. 23).

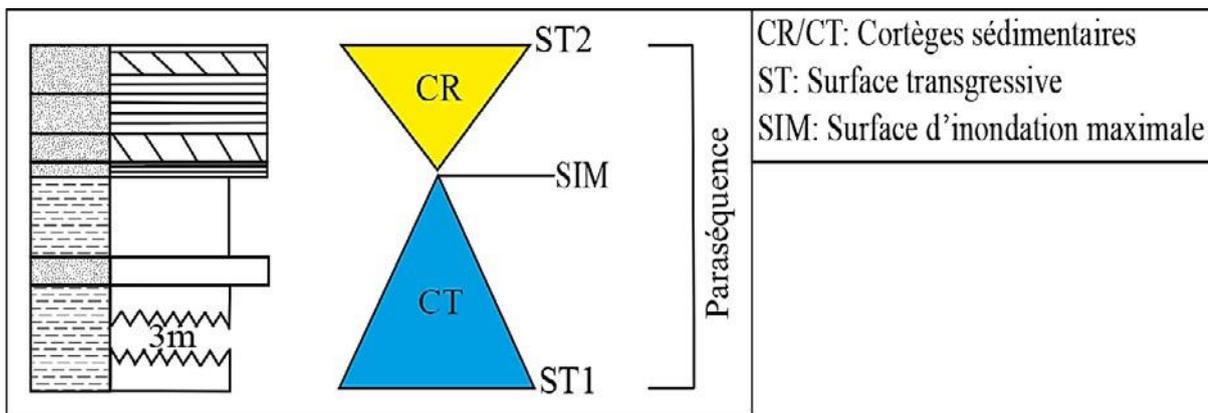


Fig. 23 : Schéma montrant un exemple de paraséquences dans la formation de Foum Ez Zeidiya.

La formation du Foum Ez Zeidiya montre ainsi une superposition de 17 paraséquences (Fig. 24).

B- Tendance évolutive

L'empilement vertical des groupements de paraséquences dans notre coupe montre une séquence de 3ème ordre au sens de VAIL *et al.* (1991), notée S sur la fig. 24. Celle-ci est matérialisée d'abord par une tendance transgressive, marquée par l'empilement des trois premières paraséquences intéressant le membre inférieur et la base du membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya puis, une évolutive **cyclique** et **répétitive**, par **aggradation verticale** des affleurements restants de la formation.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Notre étude intéresse la formation de Foum Ez Zeidiya dans le secteur du Kheneg el Aatène (Monts d'Ougarta), d'âge Dévonien moyen (Darriwilien).

La coupe levée montre une puissance de 410 m. Elle est matérialisée par 3 membres :

- un membre inférieur argileux (270 m) : caractérisé par des argiles vertes à la base est gris-violacées, admettant quelques passées silteuses
- un membre moyen à lentilles de calcaires gréseux (117 m) : caractérisé par une alternance de 6 barres à dominance gréseuse, de miches calcaires et d'argiles.
- un membre supérieur argilo-gréseux (23 m) : il commence par 20 m d'argiles et passe à une dernière barre formée d'une alternance de bancs de quartzite, massifs et indurés, et d'argiles.

L'étude sédimentologique de la formation, basée essentiellement sur la lithologie et la nature des figures sédimentaires, nous a permis de distinguer 3 faciès principaux : argileux (Fa), gréseux (Fg) avec ses sous-faciès et carbonaté gréseux (Fc). L'interprétation de ces faciès et sous-faciès nous a permis de proposer deux environnements de dépôts, appartenant à une plate-forme détritique proximale, relativement peu profonds : *offshore-transition* (Membre inférieur et base du membre moyen) et *foreshore/shoreface* (partie restante de la formation).

Enfin, 17 paraséquences, transgressive/régressives (T/R) ont été définies dans un essai d'application de la stratigraphie séquentielle. Le groupement de ces séquences montre une séquence de 3^e ordre au sens de VAIL *et al.* (1991). Celle-ci est d'abord à tendance transgressive et correspond aux 3 premières paraséquences, puis régressive, cyclique et répétitive, marquée par l'aggradation verticale des autres paraséquences.

Références bibliographique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBACHE A. (2019)** - Paléobiodiversité et événements eustatiques du Dévonien supérieur de Ben-Zireg et Gourara (Sahara nord-ouest, Algérie). *Thèse. Doct.*, Univ. Oran 2, p. 350.
- AIT KACI A. (1990)** - Evolution lithostratigraphique et sédimentologique du Cambrien des monts d'Ougarta (Sahara nord-occidentale). *Thèse. Doct. 3ème Cycle*, USTHB., Alger, 168 p.
- AKRICH I. (2022)** - Lithostratigraphie, sédimentologie et organisation séquentielle de la Formation de Foum Ez Zeidiya (Ordovicien inférieur) dans la région de Kheneg el Aatène (Monts d'Ougarta, Sahara algérien nord-occidental), *Mém. Master*, Univ. Oran 2, 47 p.
- ALIMEN H., LE MAITRE D., MENCHIKOFF N., PETTER G., POUEYTO A. (1952)** - Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. In : Actes du XIXème Congrès géologique International, Alger, *Monographies Régionales*, 1ère série, *La Typo-litho et Carbonel*, n°15, Algérie, p. 49-62.
- ARBEY F. (1962)** - Données nouvelles sur la sédimentation vambro-ordovicienne dans les Monts d'Ougarta (Saoura). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, France, p. 3726-3728.
- BACHIR A. (2017)** - Lithostratigraphie, sédimentologie et organisation séquentielle de la coupe-type de la formation du Kheneg el Aatène (Arénig) dans les Monts d'Ougarta (Sahara algérien occidental). *Mém. Ingén.*, Univ. Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 51 p.
- BOURGEOIS J., LEITHOLD L. E. (1984)** - Wave-worked conglomerates-Depositional processes and criteria for recognition. *CSPG Special Publication*, p 331- 343.
- CAMPBELL C. (1967)** - Lamina, laminaset, bed and bedset. *Sedimentology*, v. 8, n°1, p. 7-26.
- CATUNEANU 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., MIALL 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. & WINKER C. (2009)** - Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth Science Reviews*, 92, p. 1-33.
- CHAMELY H. (2000)** - Base sédimentologies. *Dunod (édit)*, Paris, France, 178 p.
- COLLOMB P., DONZEAU M. (1974)** - Relations entre kink-bands décamétriques et fractures de socle dans l'Hercynien des Monts d'Ougarta (Sahara Occidental, Algérie). *Tectonophysics*, Vol. 24, Issue 3, p. 213-242.
- COJAN I. & RENARD M. (2021)** - Sédimentologie. Masson, *3ème édi.*, 491 p.
- COLLINSON J., MOUNTNEY N. & THOMPSON D. (2006)** - Sedimentary Structures. Terra Publishing, London, 291 p.

- COLLINSON J. & MOUNTNEY N. (2019)** - Sedimentary structures. *Dunedin Acad. Press*, Edinburgh, 340 p.
- DALRYMPLE R.W., KNIGHT J.R., and LAMBIASE J.J. (1978)** - Bedforms and their hydraulic stability relationships in a tidal environment, Bay of Fundy, Canada. *Nature*, 275, p. 100-104.
- DONZEAU M. (1971)** - Etude structurale dans le Paléozoïque des monts d'Ougarta. *Th. Doct. 3ème cycle*, Orsay, France.
- DONZEAU M. (1983)** - Tectonique des Monts d'Ougarta. In : Fabre J. (édi.). Afrique de l'Ouest, Lexique Stratigraphique International. *Pergamon*, Paris, pp. 118-120.
- EMBRY A.F., JOHANNESSEN E.P. (1992)** - T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, -Western Sverdrup Basin, Arctic Canada. *Sedimentary Petrology*, 2, p. 121-146.
- FABRE J. (1976)** - Introduction à la géologie du Sahara algérien. *S.N.E.D.*, Alger, 422 p.
- FABRE J. (1983)** - Afrique de l'Ouest : Introduction géologique et termes stratigraphiques. *Oxford, Pergamon Press. Coll. Lexique stratigraphique international*, n°1, 2° édi., 396 p.
- FABRE J., KAZI-TANI N. (2005)** - L'Ordovicien. In : FABRE J. (édi.) : Géologie du Sahara occidental et central. *Sér. Tervuren African Geosc. Coll., Mus. Roy. Afrique Centrale*, Belgique, v. 108, p. 147-200.
- GHIENNE J-F., BOUMENDJEL K., PARIS F., VIDET B., RACHEBOEUF P., AIT SALEM H. (2007)** - The Cambrian-Ordovician succession in the Ougarta Range (Western Algeria, North Africa) and interference of the late Ordovician glaciation on the development of the lower Paleozoic transgression on northern Gondwana. *Bull. eosci.*, 82(3), p. 183-214.
- GOMES SILVA M., PACAUD M., WIEL F. (1963)** - Contribution à l'étude du Cambro-Ordovicien des Monts d'Ougarta. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 1. p. 134-141.
- GUERRAK S. (1988)** - Ordovician iron stons sedimentation in Ougarta ranges: North Western Sahara (Algeria). *Jours. African Earth Sci.*, vol. 7, n° 4, p. 657-678.
- GUILLOCHEAU F. (1983)** - Les dépôts de tempêtes: le modèle de l'Ordovicien moyen ouest-armoricain. *Thèse 3ème Cycle*, Univ. Bretagne occidentale, Brest, 223 p.
- GUILLOCHEAU F. (1991)** - Zonation des dépôts de tempêtes en milieu marin ouvert ("Offshore, Shoreface"), Baie et replats sableux ("Sand-flats") : Visite de quelques affleurements ordoviciens en Presqu'île de Crazon (Bretagne, France). *3^e Cong. fr. Sédim.*, p. 40-66.
- HERVOUET Y., DUEE G. (1996)** - Analyse morphostructurale par imagerie satellitaire et coupes structurales modélisées dans les Monts d'Ougarta (Sahara occidental algérien) : une chaîne hercynienne chevauchante à plis passifs. *Mémoires du Service Géologique de l'Algérie*, n° 8. p. 127-173.

- JOHNSON J. G., MURPHY M. A. (1984)** - Time rock model for Siluro-Devonian continental shelf, western United States. *Geological Society of America Bul.*, 95, p. 1349-1359.
- JOHNSON J.G., KLAPPER G., SANDBERG C.A. (1985)** - Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geol. Soc. America Bul.*, 96, p. 567-587.
- KOMAR P.D., LIZARAGA-ARCIEGA JR., TERICH T.A (1976)** - Changements du littoral de la côte de l'Oregon en raison des jetées. *Journal of waterways harbours & coast eng.*, Div., 102 p.
- LEGRAND P. (1964)** - Un graptolite intéressant de l'Arenigien supérieur du Sahara algérien : *Didymograptus v-fraactuswieli* nov. Subsp. C. R. *sommaire Soc. géol.*, France, Fasc. 9, p. 360.
- LEGRAND P., BOUTERFA B. (2021)** - The shaly-sandy Bou M'haoud formation (Late Ordovician - Pre-Latest Ordovician disconformity) at its type-locality and adjoining outcrops (Ougarta range, Algerian Sahara), *Bul. Ser. géol. Algérie*, vol. 30, n°1-2, p. 47-107.
- MAIRIA L. (2015)** - Les affleurements Ordoviciens de la région de Nif El Khaoufi (Monts d'Ougarta, Sahara Algérien) : Lithostratigraphie et Sédimentologie. *Mém. Master*, Univ. Oran 2., 64 p.
- MENCHIKOFF N. (1933)** - La série primaire de la Saoura et des chaînes d'Ougarta. *Bul. Ser. géol. Algérie*, v. 2, n°2, p. 108-124.
- MARAVELIS A.G., CHAMILAKI E., PASADAKIS N., VASSILIOU A., ZELILIDIS A. (2017)** - Organic geochemical characteristics and paleodepositional conditions of an Upper Carboniferous mud-rich succession(Yagon siltstone) : Myall Trough, southeast Australia. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, p. 322- 335.
- MAZOUZI A. (2008)**- Les dépôts Arénig supérieur-Llanvirnien de « La Formation de Foug Ez Zeidya » dans la région de Kerzaz et de Zerhamra (Monts d'Ougarta, Nord-Ouest du Sahara algérien) ». *Mém. Magister, Université d'Oran*, 134 p.
- MORSILLI M., POMAR L. (2012)** - Internal waves vs. surface storm waves: a review on the origin of hummocky cross stratification. *Terra Nova*, p. 1-10.
- RAHAL M., TEMZINE S. (2013)** - Lithostratigraphie et sédimentologie de la formation de Foug Ez Zeidiya (Ordovicien moyen) au niveau de Djebel Serraf (Monts d'Ougarta, Sahara algérien nord-occidental). *Mém. Ingén. Etat, Univ. d'Oran*, 72 p.
- READING H.G., COLLINSON J. (1996)** - Classic coasts. In: REDING H.G (ed): Sedimentary environments processes, facies and stratigraphiy, Blachwell, Oxford, Th. Ed., p. 154-231.
- REINECK H.-E., SINGH I.B. (1973)** - Depositional Sedimentary Environments. With Reference to Terrigenous Clastics. Corrected Reprint of the First Edition. New York: Springer Verlag, 439 p.

TUCKER M.E. (2003) - Sedimentary Rocks in the Field. John Wiley & Sons Ltd (edit), 3d edi.,
England, 234 p.

VAIL P.R., AUDEMARD F., BOWMAN. S.A., EISNER P.N., PEREZ-CRUZ C. (1991) - The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology. An over view. *In*: EINSEL G., RICKEN W., SEILACHER A. (Eds): Cycles and events in stratigraphy. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 617-659.

LISTE DES FIGURES

	Page
Fig. 1 : Situation géographique des Monts d'Ougarta.....	3
Fig. 2 : Situation géographique du secteur d'étude	4
Fig. 3 : Cadre géologique des Monts d'Ougarta	5
Fig. 4 : Coupe schématique du Précambrien-Ordovicien de Kheneg Tlaia	6
Fig. 5 : Colonne stratigraphique synthétique des formations du Paléozoïque des Monts d'Ougarta	7
Fig. 6 : Carte géologique du secteur d'étude	7
Fig. 7 : Figures et symboles utilisées dans la coupe	12
Fig. 8 : Vue satellite montrant la localisation de la coupe étudiée	13
Fig. 9 : Vue panoramique des affleurements de la formation du Foum Ez Zeidiya	14
Fig. 10 : Coupe lithostratigraphique de la formation du Foum Ez Zeidiya.....	15
Fig. 11 : Photomicrofaciès de la lame KZ4 et KZ6, membre inférieur de la formation du Foum Ez Zeidiya	21
Fig. 12 : Terminologie des stratifications/laminations.....	22
Fig. 13 : Relation en les différents types de constructions, la granulométrie et la puissance d'écoulement...	23
Fig. 14 : Photomicrofaciès de la lame KZ7, membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya.	24
Fig. 15 : Photomicrofaciès de la lame KZ9, membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya.	24
Fig. 16 : Photomicrofaciès de la lame KZ11, membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya.....	25
Fig. 17 : Photomicrofaciès de la lame KZ12, membre supérieur de la formation du Foum Ez Zeidiya	25
Fig. 18 : Photomicrofaciès de la lame KZ3, membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya.	27
Fig. 19 : Photomicrofaciès de la lame KZ5, membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya.	27
Fig. 20 : Photomicrofaciès de la lame KZ10, membre moyen de la formation du Foum Ez Zeidiya	28
Fig. 21: L'architecture interne des stratifications obliques en mamelons (HCS) et leur relation avec la morphologie externe	29
Fig. 22 : Profil de la plate-forme	30
Fig. 23 : Schéma montrant un exemple d'un empilement de paraséquences.....	31
Fig. 24 : Organisation séquentielle et évolution des dépôts de la formation du Foum Ez Zeidiya...	32

TABLE DE MATIERES

DEDICACE
AVANT-PROPOS
RÉSUMÉ

Page

CHAPITRE I : Généralités

INTRODUCTION.....	3
I- CADRE GEOGRAPHIQUE.....	3
A- Situation géographique général des Monts d'Ougarta.....	3
B- Situation géographique du secteur d'étude.....	4
II- CADRE GEOLOGIQUE.....	4
A- Cadre géologique général des Monts d'Ougarta	4
B- Cadre géologique du secteur d'étude	6
III- ETAT DE CONNAISSANCE SUR LA FORMATION DU FOUM EZ ZEIDIYA	8
IV- BUT ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL	10
A- But du travail	10
B- Méthodologie de travail	10
1- Travail de terrain.....	10
2- Travail du laboratoire.....	10

CHAPITRE II : Lithostratigraphie

INTRODUCTION.....	13
I- DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE.....	13
A- Localisation de la coupe	13
B- Description de la coupe	13
1- Membre inférieur argileux	14
2- Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux	14
2.1- Barre 1.....	16
2.2- Barre 2.....	16
2.3- Barre 3.....	16
2.4- Barre 4.....	17
2.5- barre 5.....	17
2.6- Barre 6.....	17
3- Membre supérieur argilo-gréseux	17
II- ATTRIBUTION STRATIGRAHIQUE.....	18

CHAPITRE III : Sédimentologie & organisation séquentielle

INTRODUCTION.....	20
I- DESCRIPTION & INTERPRETATION DES FACIES.....	20
A- Faciès argiles (Fa).....	20
B- Faciès gréseux (Fg).....	20
1- Sous-faciès de grès à laminations horizontales (Fg-a).....	21
1.1- Description.....	21
1.2- Interprétation.....	22
2- Sous-faciès de grès à laminations obliques tabulaires (Fg-b).....	22
2.1- Description.....	22

2.2- Interprétation.....	23
3- Sous-faciès de quartzites massifs (Fg-a).....	23
3.1- Description.....	23
3.2- Interprétation.....	26
C- Faciès carbonaté gréseux ("miches" calcaires) (Fc).....	26
1- Description.....	26
2- Interprétation.....	28
II- ASSOCIATION DE FACIES ET MILIEUX DE DÉPÔT	29
A- Association A.	29
B- Association B.....	30
III- ORGANISATION SEQUENTIELLE	30
Introduction.....	30
A- Définition de l'empilement des paraséquences	31
B- Tendance évolutive de la formation	31
Conclusion générale.....	34
Références bibliographiques	36
Liste des figures	40
Table de matières.....	41
Planches photos	43

Planches
Photographiques

Planc he I

Fig. 1et 2 : Vue générale (Fig.1) et détail (Fig.2) du niveau ferrugineux marquant le sommet de la formation de Kheneg El Aatène et son passage à celle de Foum Ez Zeidiya.

Fig. 3 : Niveau de siltites en plaquettes dans le membre inférieur argileux de la formation du Foum Ez Zeidiya.



Planc he II

Formation du Foum Ez Zeidiya Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux

Fig. 1 : Lentille gréseuse en plaquettes (a) montrant latéralement et en son milieu une lentille de calcaire gréseux (miche - b).

Fig. 2 : Détail d'une lentille calcaire gréseux de la fig. 1b, montrant des microravinements soulignés par des bioclastes (a). Notons la présence d'un galet (b).

Fig. 3 : Lentille de calcaire gréseux (miche) montrant à la base des litages obliques en mamelons ou HCS (a), surmontés par des litages de rides de vagues (b).



Planc he III

Formation du Foum Ez Zeidiya Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux

Fig. 1 :Lentilles de grès jaunâtre en plaquettes (a) montrant au centre une miche de calcaire gréseux de forme arrondie (b).

Fig. 2 :Détail de la lentille de calcaire gréseux de la fig.1b montrant un niveau lumachellique limité à la base et au sommet par des ravinements.

Fig. 3 :Base de la barre 3 montrant des grès feuilletés (a) surmontés par une lentille de calcaire gréseux (miche) (b).



Planc he IV

Formation du Foum Ez Zeidiya Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux

Fig. 1 :Affleurements de la base de la barre 4, montrant l'apparition de premiers niveaux de quartzite. Ceux-ci se présentent en plaquettes.

Fig. 2 :Banc de quartzite massif de la barre 5.

Fig. 3 : Base de la barre 6 commençant par un niveau de grès en plaquettes (a) passant à une lentille de calcaire gréseux (miche) à microravinements et laminations sub-horizontales au sommet.



Planc he V

Fig. 1 :Détail d'une lentille de calcaire gréseux à laminations horizontales soulignées par des bioclastes. Barre 6.Membre moyen à lentilles de calcaires gréseux.

Fig. 2 : Partie sommitale de la barre 7 montrant des niveaux de quartzite massifs ou en plaquettes.Membre supérieur argileux.

