

N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté des Sciences de la Terre & de l'Univers

Département des Sciences de la Terre

Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique & Paléoenvironnement



Mémoire de Fin d'Etude

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Terre

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

LITHOSTRATIGRAPHIE & ENVIRONNEMENTS SEDIMENTAIRES DE LA
FORMATION DU *KHENEG EL AATENE* (ARENIG) DANS LE SECTEUR DE
NIF EL KHAOUFI (MONTES D'OUGARTA, SAHARA NORD-OCCIDENTAL)

Présenté par :

Melle ZENNOUCHE Melissa

Soutenu le 11 / 07 / 2021, devant la commission d'examen :

M. ATIF K.F.T.

MC-A - Université d'Oran 2

Président

M. BOUTERFA B.

MA-A - Université d'Oran 2

Rapporteur

M. ABBACHE A.E.K.

MC-A - Université de Mascara

Examineur

Oran, 2021

Dédicaces

Je dédie mon travail à :

La mémoire de Mon Grand-Père, qui a toujours été là pour moi jusqu'à son dernier souffle. Et m'a toujours soutenu puisse dieu tout puissant

assurer le repos de son âme par Sa

Sainte Miséricorde.

A ma Grand-Mère que je remercie pour tout le soutien et l'amour qu'elle me porte depuis mon enfance.

A mes parents à qui j'exprime ma profonde gratitude que je leur témoigne pour les efforts et les sacrifices qu'ils n'ont jamais cessé de consentir pour assurer mon instruction et mon bien être.

A mes frères et sœurs en témoignage de mon amour et de ma profonde admiration.

A mes oncles et tantes ainsi que leurs enfants en témoignage de mon respect et de mon affection.

A tous mes amis et camarades en expression de ma profonde affection

A tous mes enseignants, du début jusqu'à la fin de mon instruction

Je leur exprime mes profondes reconnaissances et affection.

AVANT-PROPOS

Avant tout, je remercie le bon DIEU tout puissant le tout miséricordieux qui m'a donnée la volonté et le courage de finir ce modeste travail et qui éclaire mon chemin.

Je tiens à remercier vivement **M. BOUTERFA B.**, Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger ce mémoire. Vous demeurez pour moi un exemple à suivre pour vos qualités scientifiques et humaines. J'ai apprécié votre gentillesse inégalée, votre aide et vos conseils si précieux. Votre rigueur scientifique et vos qualités pédagogiques m'ont aidé tout au long de la réalisation de ce travail. Je vous prie de voir dans ce travail, l'expression de mon estime et de ma plus profonde reconnaissance.

M. ATIF K.E.T. Merci de m'avoir fait l'honneur de présider le jury. J'ai eu la chance et le privilège de profiter de votre enseignement de qualité. Que ce travail aura le mérite de votre appréciation et qu'il soit pour vous un témoignage de ma profonde gratitude.

M. ABBACHE. Merci d'être avec nous sur terrain et de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury de ce mémoire. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon profond respect.

Je remercie vivement **M. OUALI MAHADJI** qui représente un exemple en pédagogie et en qualités scientifiques et surtout qui a toujours été juste avec ses étudiants. Que ce travail soit le témoin de ma profonde estime.

Je tiens également à remercier **MM. NAUST D.** (*Equinor ASA*, Norvège), **VINN O.** (*University of Tartu, Faculty of Science and Technology* - Estonie) et **NAIMI N.** (Université de Ouargla) pour leur aide à la détermination et l'interprétation des traces fossiles. Leur collaboration m'a été très importante en dans l'interprétation sédimentologique.

J'adresse mes remerciements à **M. BOUZA H.** qui a toujours été gentil et serviable avec tous les étudiants et Mme **HADJAL S.** pour sa disponibilité et sa gentillesse

Enfin, je tiens à remercier tous mes camarades de la promotion et tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre.

R É S U M É

L'objectif de ce travail est de faire une étude géologique détaillée de la formation du Kheneg el Aatène (Ordovicien inférieur, Arenig), pour la première fois dans le secteur de Nif el Khaoufi, partie centrale-orientale des Monts d'Ougarta.

L'étude lithostratigraphique de cette formation nous a permis de reconnaître 2 membres : un membre inférieur des Grès micacés (20 m) constitué d'une combe argileuse à intercalations de bancs de grès micacés, et un autre inférieur Quartzitique (60 m), formé d'une succession serrée de bancs de quartzites, à structures sédimentaires hydrodynamiques et à traces fossiles.

L'étude sédimentologique de la formation du Kheneg el Aatène est faite à partir de l'inventaire et l'interprétation des faciès et sous-faciès. Celle-ci nous a permis de définir 2 associations (notées A et B) traduisant un environnement d'abord d'*offshore transition* (Membre inférieure des Grès micacés), puis de *shoreface* (membre supérieur Quartzitique).

L'essai d'interprétation séquentielle des dépôts montre que ces derniers s'inscrivent d'abord dans une phase à tendance transgressive (Associations A) au sein d'un cortège transgressif, puis dans une autre régressive (Association B), dans un cortège de haut niveau. Ces deux phases sont séparées par une surface d'inondation maximale (MFS).

Mots-clés : Formation du Kheneg el Aatène, Ordovicien inférieur (Arenig), Nif el Khaoufi, Monts d'Ougarta, Lithostratigraphie, Sédimentologie, Séquences.

Chapitre 1

Généralités

INTRODUCTION

L'objectif du travail effectué dans ce chapitre consiste à présenter (1) le contexte géographique et géologique des Monts d'Ougarta et de la région d'étude, (2) l'aperçu structural sur les Monts d'Ougarta et enfin, (3) l'état de connaissance sur les principaux travaux réalisés sur la formation faisant l'objet de notre étude à savoir, la formation du Kheneg el Aatène.

I- CADRE GEOGRAPHIQUE

A- Cadre géographique des Monts d'Ougarta

Les Monts d'Ougarta se situent dans la partie septentrionale du Sahara algérien et ont une orientation générale NW-SE. Ils s'étalent sur une longueur de près de 250 Km et une largeur de 200 Km. Ils sont localisés à environ 250 Km au Sud de la ville de Béchar et 50 Km au SE de celle de Beni Abbès.

Ces monts sont limités au NW par le Kem Kem et la Hamada du Draa, au NE, par la Hamada du Guir, au SE, par le Grand Erg occidental et Gourara, au Sud par le Touat et enfin, au SW, par l'Erg Iguidi et l'Erg Chech (Fig. 1).

Morphologiquement, les Monts d'Ougarta sont composés de 2 faisceaux importants, désunis par Erg Er Raoui (Fig. 1) : le faisceau de la Saoura formant les Monts d'Ougarta *stricto sensu*, à l'Est, et celui de la Daoura (Kahel Tabelbala et Djebel Ben Tadjin), à l'Ouest.

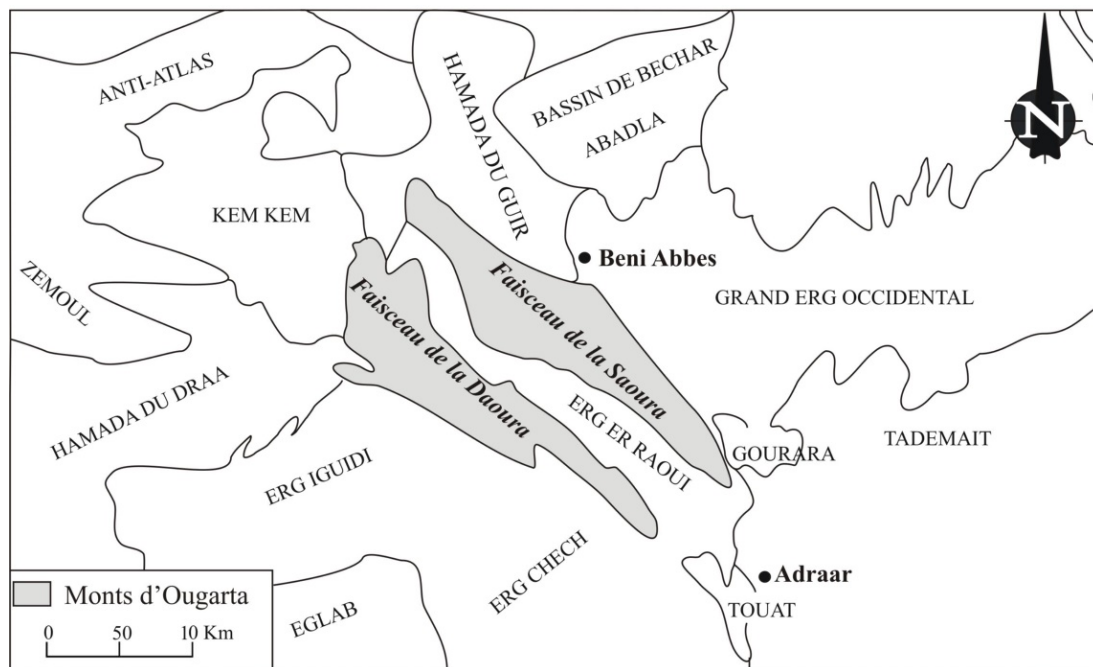


Fig. 1 : Situation géographique des Monts d'Ougarta (d'après Fabre, 1976, modifié, in Hervouet & Duée, 1996).

B- Cadre géographique du secteur d'étude

Notre travail a été réalisé dans la partie occidentale et septentrionale du Nif el Khaoufi (ou Nif el Khroufi), à environ 75 Km au Sud de la ville de Béni-Abbès et 15 Km au SE de village d'Ougarta. L'accès aux affleurements s'est fait par un kheneg traversé par Oued Teferguinit Kbir (Fig. 2).

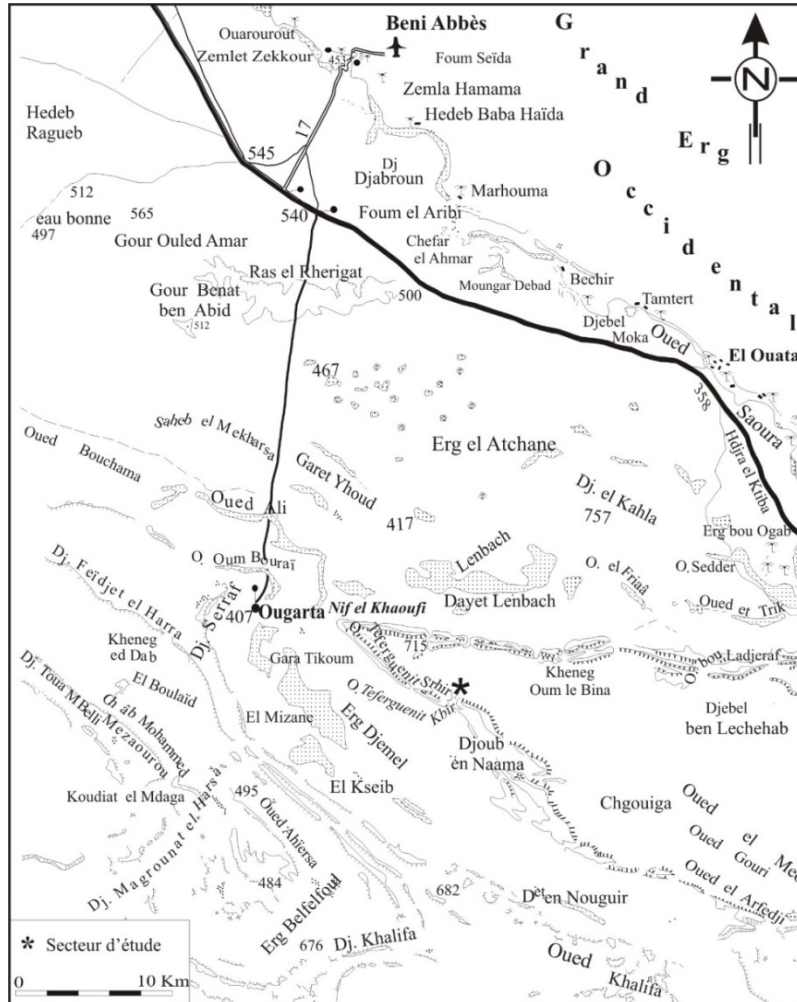


Fig. 2 : Position géographique de la zone d'étude (D'après la carte topographique au 500 000^e de Béchar).

II- CADRE GEOLOGIQUE

A- Cadre géologique des Monts d'Ougarta

Les Monts d'Ougarta forment une chaîne chevauchante caractérisée par l'existence de plis massifs affectée par l'orogénèse calédonienne et hercynienne (Hervouet et Duée, 1996). Ils sont subdivisés en deux grandes unités (Fig. 3) :

- un socle daté du Précambrien, de nature volcano-sédimentaire ou volcanique (rhyolites, andésites, ignimbrites etc.) (Chikhaoui, 1974, 1981 ; Ait Kaci, 1990) ;
- une importante couverture sédimentaire qui repose sur le substratum par l'intermédiaire d'une discordance hétérolytique.

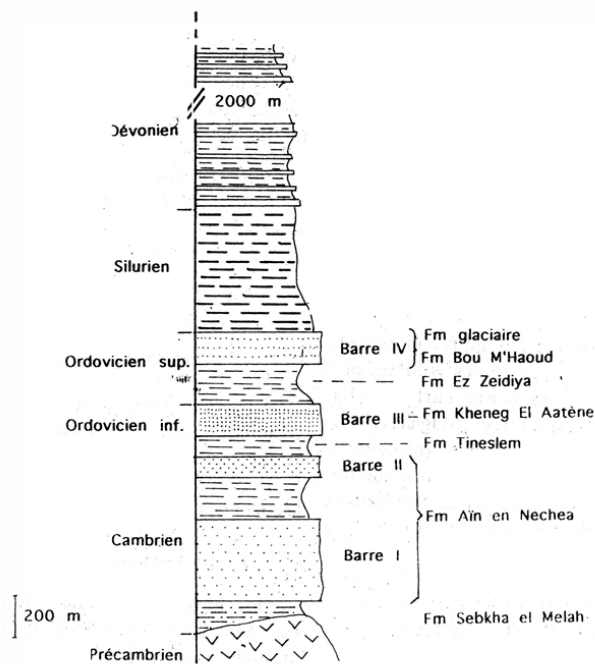


Fig. 3 : Colonne lithostratigraphique synthétique des formations du Paléozoïque des Monts d'Ougarta (Donzeau, 1971b ; Fabre, 1976, *in* Hervouet et Duée, 1996).

B- Cadre géologique du secteur d'étude (Fig. 4)

La structure du Nif el Khaoufi forme un anticlinal orienté sensiblement NW-SE dont le cœur est occupé par la série du Précambrien (formations de Sebkhah el Malah et d'Aïn en Nechea) et les flans par celle de l'Ordovicien (formations des Argiles de Fom Tineslem, du Kheneg el Aatène, du Fom ez Zeidiya, du Bou M'haoud et du Djebel Serraf).

III- LA CADRE STRUCTURALE

A- Cadre structural des Monts d'Ougarta

Les Monts d'Ougarta constituent une zone de plissement varisque, bâtie sur l'emplacement d'une fosse subsidente, allongée NW-SE (Hervouet et Duée, 1996).

Il s'agit de vastes anticlinaux affaissés formant, dans la partie nord de la chaîne, un motif « en dômes et bassins », résultant "de l'interaction de deux directions de plissements, NW-SE et E-W" (Donzeau, 1971a et b).

Une étude morphostructurale effectuée par Hervouet et Duée (1996), grâce à l'imagerie satellitaire, a montré que la Chaîne d'Ougarta est constituée par 5 grandes unités tectoniques (Fig. 5) : (1) unité 1 septentrionale qui englobe Sebkhah el Melah, Dar el Oussakh et Guerzim, (2) unité 2 formée par Djebel Bou Kbaissat et Erg el Atchane, (3) unité 3 qui concerne Kahal Tabelbala et Saheb el Rhsal,

(4) unité 4 qui englobe Erg el Atimine et Djebel Ben Tadjine et enfin, (5) unité 5 correspondant à Erg Chech et Erg Iguidi.

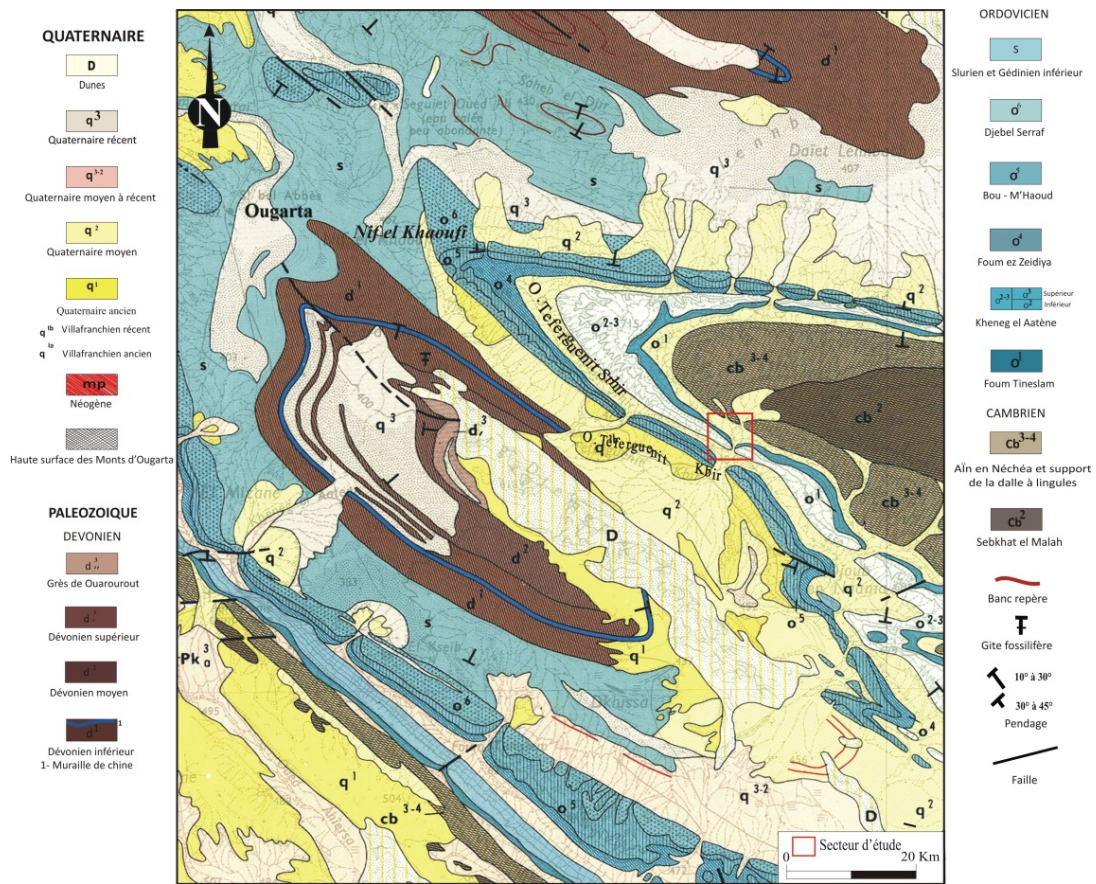


Fig. 4 : Carte géologique de la région d'étude (Extrait de la feuille n°NH-30-X au 1/200 000 d'Ougarta).

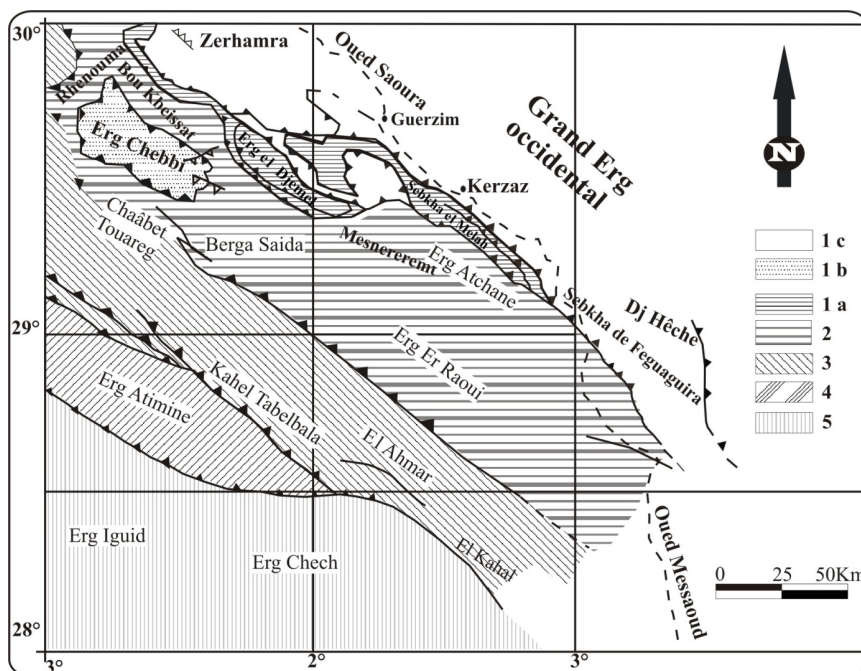


Fig. 5 : Unités structurales des Monts d'Ougarta et toponymie (d'après Hervouet et Douée, 1996).
 1- Unité septentrionale [1a: Sebkhia Melah ; 1b: Dar Oussakh ; 1c: Guerzim ; 2: Dj. Boukbeissat-Erg Atchane ; 3: KahelTabelbala ; 4: Erg Atimine ; 5: Erg Chech (autochtone relatif)].

B- Cadre structural du secteur d'étude

Hervouet et Douée (1996), dans leur étude morphostructurale sur les Monts d'Ougarta, se sont intéressés aux reliefs de Nif el Khaoufi en présentant une carte à partir de l'image satellitaire (Fig. 6). Ils notent ainsi qu'à l'Est de Chgouïga, une troncature sommitale a fait disparaître la barre IV (accident méridional de la Sebkhha el Melah), cependant, au Sud, la barre III a été affectée par un rabotage engendrant le décollement de la sous-unité 1c (Fig. 6).

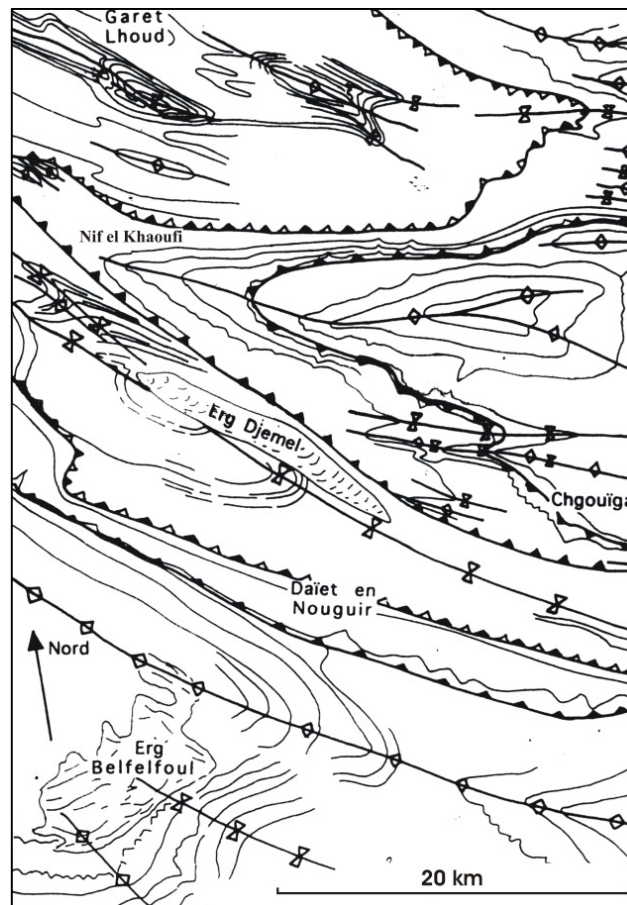


Fig. 6 : Interprétation morphostructurale de Chgouïga (partie occidentale de l'Image Spot XS K45- J291) (D'après Hervouet et Duée, 1996).

Un important réseau de failles et de plis a été signalé à Chgouïga permettant le développement du réseau hydrographique sur les différentes barres. Celui situé sur la barre III (Ordovicien inférieur) est bien reconnaissable à ces thalwegs rectilignes, subparallèles entre eux et serrés les uns contre les autres.

A l'Ouest de Chgouïga, les sous-unités 1b et 1c ont été scindées suite à un accident qui correspond en effet à une rampe permettant au palier de passer de la base de la barre III (sous-unité 1c), à la base de la barre IV (sous-unité 1b). Cet accident rejoue tardivement et scinde en deux parties la structure décollée de l'unité 1 septentrionale en permettant le chevauchement de la partie NE de la

sous-unité 1c sur la partie SE de la sous-unité 1b, sur le flanc nord-est du synclinal de Erg el Djemel. Le rejet vertical de cet accident s'amortit progressivement vers le NW, au Nord d'Ougarta. De ce fait, les terrains siluro-dévonien de Draa Ben Zerg recouvrent indifféremment les unités 1b (barre IV) et 1c (barre III)

IV- ETAT DE CONAISSANCE SUR LA FORMATION DU KHENEG EL AATENE

En 1963, **Gomes Silva *et al.*** définissent pour la première fois, 5 formations ordoviciennes comprises entre "la Dalle à Lingules" et les argiles du Silurien. Il s'agit de la formation Argilo-gréseuse de Foug Tineslam, la formation du Kheneg el Aatène (Arénig), la formation argilo-gréseuse de Foug ez Zeidiya, la formation de Bou M'haoud et enfin celle de Djebel Serraf.

Ces auteurs étudient notre formation d'étude (Kheneg el Aatène) dans sa localité éponyme, située à une quinzaine de km au SE de notre secteur. Ils notent qu'elle est constituée de deux membres : un membre inférieur à dominante argileuse et un membre supérieur à dominante gréseuse, formant la première crête de l'Ordovicien dans tous les Monts d'Ougarta (noté 2 sur la fig. 7).

D'après ces auteurs, le membre inférieur est composé de bancs décimétriques ou en plaquettes de grès rouges, ferrugineux. Vers le sommet, les bancs deviennent quartzitiques et plus épais. Ils notent également un niveau conglomératique, des oolithes ferrugineuses et micacées ainsi que des Lingules.

Le membre supérieur, formant la première crête de l'Ordovicien dans les Monts d'Ougarta (Fig. 7), commence par des bancs métriques de quartzites et passe ensuite à des niveaux plus minces à Tigillites (*Skolithos*). Le sommet est matérialisé par un niveau d'oolithes ferrugineuses chloriteuses.

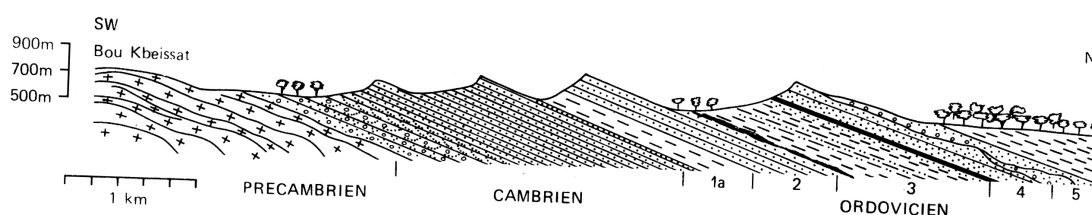


Fig. 7 : Coupe schématique de l'Ordovicien au Kheneg Tlaia (d'après Fabre, 2005).

Légende

1 : Dalle à Lingules (Trémadoc) surmontée par les Argiles du Foug Tineslem (1a) ; 2 : Grès du Kheneg el Aatène (Arénig) ; 3 : Argilo-gréseux de Foug ez Zeidiya, membre inférieur argileux fossilifère (Arénig supérieur), membre médian grès-micacé (Llanvirn), membre supérieur argilo-gréseux puis gréseux ; 4 : Argilo-gréseux à croûtes ferrugineuses de Bou M'haoud (Llandeilo et Caradoc ?) ; 5 : Formation glaciaire du Djebel Serraf.

En 1976, puis en 2005, **Fabre** a effectué une synthèse sur l'histoire géologique du Sahara algérien dans laquelle il note que la formation de Kheneg el Aatène est formée de 2 membres à dominante

détritique. Cette formation est clôturée par un minerai de fer (oolithes ferrugineuses) qui se serait déposé dans un milieu marin calme peu profond et qui marquerait l'amont d'une transgression. Il note également que les quelques brachiopodes découverts dans les grès (Lingulidés, Obolidés) permettent de les attribuer à l'Arenig.

En **1996**, **Hervouet et Duée**, à partir d'images satellitaires, réalisent une étude morphostructurale importante à travers la réalisation de coupes structurales détaillées dans les Monts d'Ougarta, y compris la zone d'étude (Nif el Khaoufi).

Par la suite (**2007**), **Ghienne et al.**, dans leur étude sur les dépôts cambro-ordoviciens des Monts d'Ougarta, suggèrent la présence d'une succession de 6 séquences transgressives / régressives. Les séquences 4 et 5 concernent, en partie, notre formation d'étude (Kheneg el Aatène) :

- la quatrième séquence comprend la partie supérieure de la formation du Foum Tineslem et la partie inférieure de celle du Kheneg el Aatène. Il s'agit d'un cortège régressif qui atteint jusqu'à 400 m d'épaisseur et qui s'est mis en place depuis une plate-forme interne jusqu'au shoreface.

- au-dessus de leur surface limite 5, la cinquième séquence de dépôt correspond à la partie supérieure de la formation du Kheneg el Aatène et à la partie inférieure de celle du Foum ez Zeïdiya. Cette séquence comprend des dépôts tidaux et de shoreface, relativement épais (60 m) et s'intègre dans un cortège transgressif.

En **2017**, **Bachir** a élaboré un travail sur la lithostratigraphie, la sédimentologie et l'organisation séquentielle de la coupe-type de la formation du Kheneg el Aatène (Arenig). Cette étude lui permet de reconnaître et de décrire les 2 membres cités précédemment par Gomes Silva *et al.* (1963) : un membre inférieur. L'organisation séquentielle ressort 2 phases :

- (1) une première phase régressive (formation de Foum Tineslem et les deux membres de la formation du Kheneg el Aatène excepté des derniers niveaux de cette dernière) : elle est matérialisée par des sédiments d'offshore transition suivi de ceux du shoreface qui s'inscrivent, respectueusement, dans un cortège de haut niveau puis, de bordure de plate-forme ;

- (2) une seconde phase transgressive (derniers bancs de la formation du Kheneg el Aatène) : Elle caractérise un environnement d'offshore et limitée, au sommet, par une surface d'inondation maximale (MFS) qui correspond au niveau détritique à oolithes ferrugineuses.

Enfin, en 2020, **Bousmaha** aborde l'étude de cette formation dans le secteur du Kheneg Tlaia où elle définit une séquence formée par 2 termes, (1) un terme transgressif concernant les affleurements du membre inférieur de la formation, mis en place dans l'*offshore transition*, par phénomène de rétrogradation et, (2) un terme régressif intéressant le membre supérieur, installé dans le *shoreface*, dans une dynamique de progradation. La limite entre ces deux termes coïncide avec une surface d'inondation maximale ou *MSF* (limite de séquence), matérialisée sur le terrain par un banc de quartzite.

V- BUT ET METHODE DE TRAVAIL

A- But du travail

Notre travail a pour objectif l'étude lithostratigraphique et sédimentologique à partir d'une coupe levée dans la formation de Kheneg el Aatène, pour la première fois, dans le secteur de Nif el Khaoufi. Cette étude nous permettra de définir l'environnement et l'organisation séquentielle des corps sédimentaires.

B- Méthode de travail

La méthode approuvée pour la réalisation de notre étude se base d'abord sur la documentation ayant un lien avec le Paléozoïque inférieur des Monts d'Ougarta et notre secteur d'étude, ensuite les interprétations des données en termes de sédimentologie et séquentiel.

Pour cela, une mission de terrain a été effectuée dans la région afin d'établir un levé coupe géologique détaillé ("banc par banc"), en notant toutes les caractéristiques lithologiques, granulométriques, stratonomiques et les figures sédimentaires. En parallèle, des prises de photos ont été réalisées pour l'illustration de notre mémoire.

Enfin, il y'a lieu de noter que les traces fossiles récoltées dans la formation ont été déterminées par Messieurs **NAUST D.** (Equinor ASA, Norvège), **VINN O.** (University of Tartu, Faculty of Science and Technology - Estonie) et **NAIMI N.** (Université de Ouargla).

Chapitre 2
Lithostratigraphie

INTRODUCTION

Le travail réalisé dans ce second chapitre consiste à présenter une description lithostratigraphique détaillée de notre coupe. Celle-ci concerne la formation de Kheneg el Aatène. Elle a été levée dans le secteur de Nif el Khaoufi.

I- DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

A- Situation de la coupe

La coupe a été levée dans le flanc NW de Nif el Khaoufi, sur une colline en bordure d'Oued Taferguenit Kbir. Cette localité est située à environ 15 Km au SE du village d'Ougarta (Fig. 2, p. 4).

B- Description de la coupe (Fig. 7)

La coupe est d'une épaisseur d'environ 80 m. Elle montre les 2 membres définis classiquement par *Gomes Silva et al.* (1963) dans la formation de Kheneg el Aatène : un membre inférieur correspondant aux Grès micacés et un membre supérieur Quartzitique.

Ses coordonnées GPS sont :

A : N 29°35'6.24" W 2° 4'58.82"

B : N 29°34'52.34" W 2° 5'9.46"

1- Membre inférieur des Grès micacés (20 m - Fig. 8)

Les affleurements du premier membre de la formation du Kheneg el Aatène sont souvent cachés par des éboulis. Il s'agit d'une combe à dominante argileuse (Fig. 9A et 10). Les niveaux d'argiles sont de teinte brunâtre et l'épaisseur d'ordre métrique, rarement centimétriques et intercalés par des grès micacés.

Dans le détail, ce membre commence par un ensemble de quatre bancs de grès micacé, de couleur brunâtre à noirâtres à la patine et grisâtre à la cassure et d'épaisseur allant de 0,25 à 0,80 m (Pl. I, fig. 1). Ces bancs forment une allure lenticulaire latéralement. Il se poursuit par un niveau épais d'argiles (environ 15 m), admettant par endroit quelques bancs de grès micacé, plus clairs, s'effritant en plaquettes et d'épaisseur centimétrique (Pl. I, fig. 2). Enfin, le sommet du membre est matérialisé par deux bancs de grès de même nature (0.40 et 0.45 m de puissance), séparés par un diastème et surmontés par 2 m d'argiles.

2- Membre supérieur Quartzitique (60 m - Fig. 8)

Ce second membre forme une corniche bien visible (Fig. 9B et 10). Il coïncide avec le premier niveau quartzitique de la formation du Kheneg el Aatène.

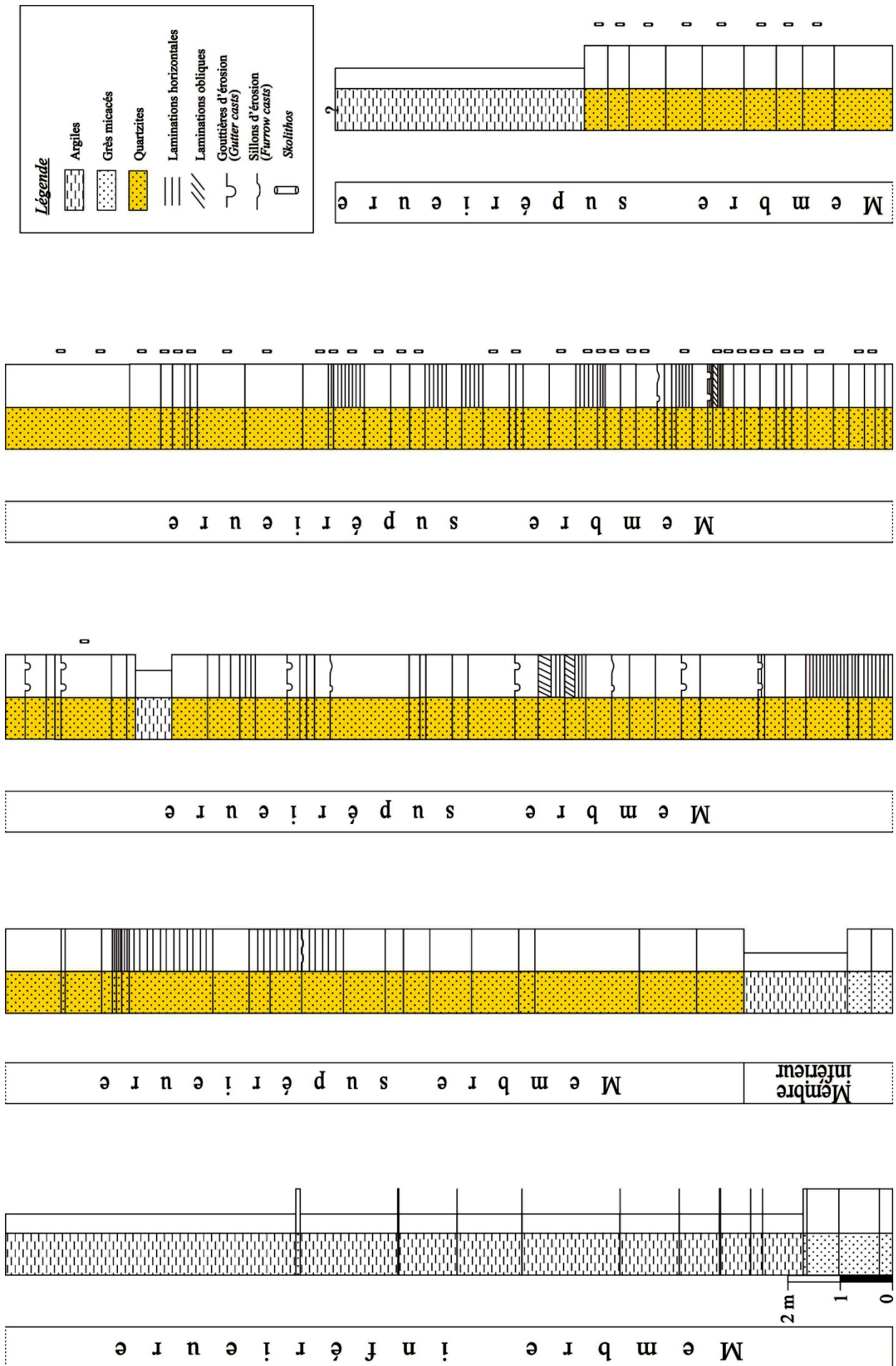


Fig 8 - Colonne lithostratigraphie de la Formation du Kheneg el Aatène.

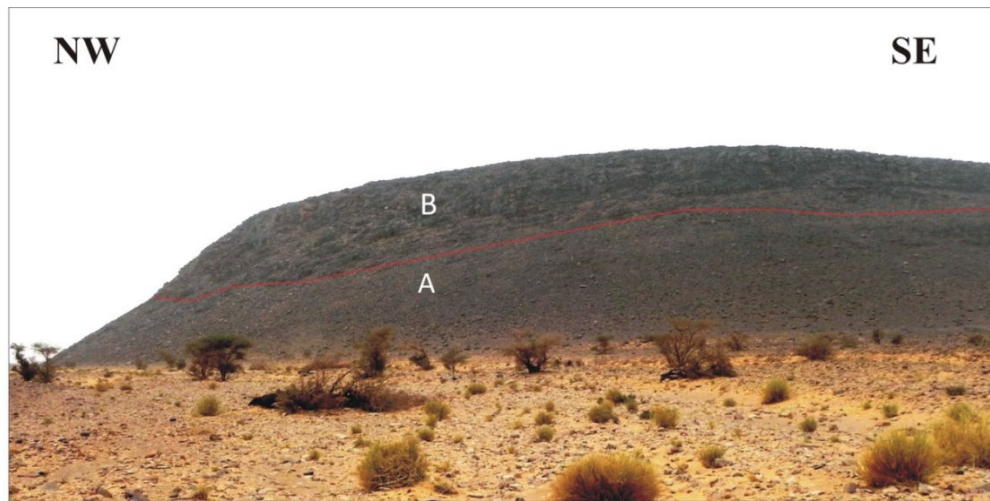


Fig. 9- Photo panoramique des affleurements de la formation du Kheneg el Aatène.

Légende : A : Membre inférieur des Grès micacés, B : Membre supérieur Quartzitique.

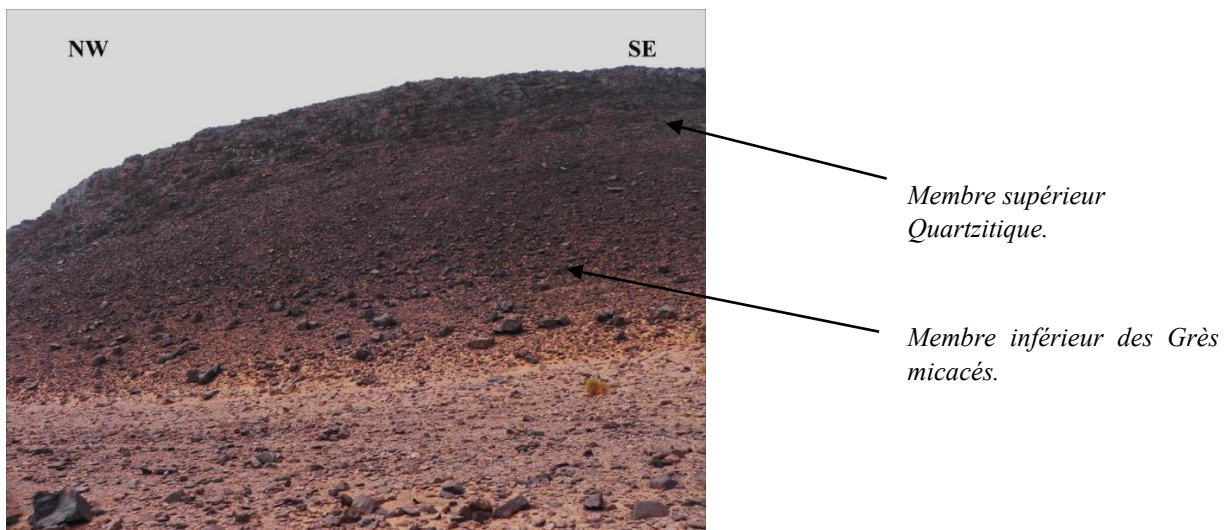


Fig. 10- Photo panoramique montrant le détail des affleurements des 2 membres de la formation du Kheneg el Aatène.

C'est une succession de strates plus serrées séparées le plus souvent par des diastèmes ou des joints argileux (Pl. I, fig. 1 et 2), sauf dans la partie médiane du membre où on note 0,5 m d'argiles (Fig. 8).

L'épaisseur des bancs quartzitiques est d'ordre centimétrique à métrique. En effet, elle varie de 0,1 à 1,5 m. Ces derniers se présentent sous différents aspects : indurés, en plaquettes, en boules et certains niveaux sont lenticulaires et emboîtés On note parfois des amalgamations.

Par ailleurs, la plupart des strates ne montre aucune figure sédimentaire hydrodynamique (bancs massifs) (Pl. I, fig. 3 et 4). Cependant, on note parfois des laminations horizontales, (Pl. I, fig. 5 et 6 ; Pl. II, fig. 3) souvent discrètes, et des laminations obliques (Fig. 8). Ces deux structures peuvent

parfois se superposer au sein d'un même banc. D'autres bancs sont soulignés à la base par des figures d'érosion de type gouttières (*gutter casts*) (Pl. II, fig. 1 et 2) ou sillons d'érosion (*furrow casts*) (Pl. I, fig. 5 ; Pl. II, fig. 1, 3, 4 et 5).

Enfin, dans la partie supérieure du membre, les grès montrent de plus en plus des traces d'activité organique (Pl. III et IV). Ces ichnofossiles se présentent soit sous forme de tiges plus ou moins droites, occupant l'interface des bancs, dont la longueur peut atteindre les 50 cm et la section est d'ordre millimétrique, voire centimétrique (Pl. III, fig. 1 à 6 ; Pl. IV, fig. 4), surtout dans la partie supérieure de la corniche, soit sous forme de cratères arrondis apparaissant à la surface de certains bancs, avec un diamètre allant de 0,2 à 1,0 cm (Pl. IV, fig. 1, 2 et 3).

Classiquement, la partie sommitale de la formation du Kheneg el Aatène est matérialisée par des argiles qui, un peu partout dans les Monts d'Ougarta, sont clôturées par un niveau de minerai de fer à oolites chloriteuses (Poueyto, 1952 ; Arbey, 1962 ; Gomes Silva et *al.*, 1963 ; Ghienne et *al.*, 2007 ; Bachir, 2017). Malheureusement, et bien qu'il existe, nous n'avons pas pu retrouver ce niveau en place dans notre secteur d'étude. Seules des fragments d'oolites ferrugineuses ont été récoltés.

II- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE

L'attribution stratigraphique est réalisée à partir des travaux des anciens auteurs, vu qu'aucun fossile stratigraphique n'a été trouvé durant notre étude.

En 1963, Gomez Silva et *al.* citent la présence de *Lingulidae* et d'*Obolidea* à la base du membre supérieur et dans le minerai de fer clôturant classiquement cette formation. Cette faune ne leur permet pas d'avancer un âge précis à cette formation. Toutefois, ils l'attribuent à l'Arenig.

Par la suite, cette même faune a été citée et attribuée aussi à l'Arenig par Fabre (1976, p. 71), puis par Fabre et Kazi-Tani (2005). A présent, cette formation est considérée comme étant de l'Arenig.

Chapitre 3

Sédimentologie & Organisation

Séquentielle

INTRODUCTION

Notre objectif dans ce dernier chapitre est de décrire et d'interpréter les principaux faciès reconnus dans la formation du Kheneg el Aatène. Ces derniers seront définis à partir des attributs observés tout au long des affleurements, notamment la lithologie, la granulométrie, la stratonomie et les structures sédimentaires. Leurs associations nous permettront connaître les conditions de mise en place des corps sédimentaires et de proposer les environnements de dépôt.

I- DESCRIPTION DES FACIÈS & LEURS INTERPRÉTATIONS

Deux principaux faciès ont été définis dans la formation du Kheneg el Aatène : un faciès des argiles et un autre des grès.

A- Faciès des argiles (F I)

1- Description

Les argiles occupent surtout le membre inférieur de la formation du Kheneg el Aatène (Fig. 8, p. 13, fig. 9 et 10, p. 14) et sont quasiment absentes dans le second membre, sauf dans la partie médiane (0,5 m) et supérieure de ce dernier. Dans le premier membre, elles se présentent sous forme de combe qui s'intercale aux bancs de grès micacés. Leur épaisseur est d'ordre métrique et leur teinte brunâtre. A la fin de la formation, leur épaisseur a été estimée à environ 5 m (malgré l'absence du niveau ferrugineux), avec une couleur blanchâtre et un aspect plus ou moins schisteux.

2- Interprétation

Les dépôts argileux se mettent en place par décantation et coïncident avec un ralentissement ou l'arrêt de l'hydrodynamisme. Les particules en suspension s'empilent lentement et verticalement ce qui indique un milieu plutôt calme.

B- Faciès des grès (F II)

Ce deuxième faciès est représenté dans les deux membres de notre coupe. Dans le membre inférieur, les grès sont micacés, noirâtres et parfois rougeâtre (Pl. I, fig. 1 et 2) ; par contre, dans le second membre, ils sont purement quartzitiques.

En fonction des figures sédimentaires observées dans notre coupe, plusieurs sous-faciès peuvent être définis.

1- Sous faciès de grès massif (F II-A)

1.1- Description

Ce sous-faciès correspond à des bancs gréseux qui ne montrent aucune figure sédimentaire en section. Il implique la majeure partie des bancs constituant notre coupe (Pl. I, fig. 3 et 4 ; Pl. II, 1, 2 et 3).

1.2- Interprétation

Plusieurs hypothèses sont avancées par les auteurs pour expliquer l'absence des structures primaires au sein des bancs. Celle-ci peut être :

(1) le résultat d'une intense bioturbation qui vient complètement oblitérer les structures sédimentaires primaires (Cojan et Renard, 1997). Dans ce cas, des terriers peuvent être visibles dans les sédiments adjacents (Collinson et Mounteney, 2019), comme c'est le cas dans certains bancs observés dans notre coupe (Pl. IV, fig. 5) ;

(2) l'aboutissement d'une sédimentation rapide (Tuker, 2003) ou très probablement d'une décélération d'un courant fortement chargé de sédiments (Collinson et Mounteney, 2019) ;

(3) due à un phénomène physique qui consiste à un remaniement intense des sédiments gorgés d'eau (liquéfaction) (Collinson et Mounteney, 2019) ;

(4) due à une diagenèse. Ce phénomène est bien illustré dans notre coupe, notamment dans le membre supérieur de la formation qui est constitué uniquement de grès quartzitiques. Ces derniers sont formés de cristaux de quartz soudés issus d'une cimentation par diagenèse d'un grès.

2- Sous faciès de grès à laminations horizontales (F II-B)

2.1- Description

Les laminations horizontales sont observées dans les grès micacés du premier membre de la formation où elles favorisent le feuilletage des bancs (Pl. I, fig. 2) et dans plusieurs niveaux quartzitiques, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, du second membre où elles sont souvent discrètes (Pl. I, fig. 5 et 6).

2.2- Interprétation

Ce type de laminations s'observe dans des sédiments sableux et argileux (Cojan et Renard, 2013). Dans notre cas, il affecte le faciès gréseux à grains moyens, notamment ceux du membre supérieur de la formation. Ceci suggère un régime d'écoulement supérieur (Fig. 10).

En ce qui concerne les bancs gréseux intercalés aux argiles du membre inférieur, d'après Collinson et Mounteney (2019), ces niveaux très micacés peuvent être liés à un régime d'écoulement inférieur (*lower flow-regime* - Fig. 11).

Dans les deux cas, les particules de sables se déplacent par charriage, petits sauts et glissements contre le fond (Chamely, 2000 ; Cojan et Renard, 2013) et sont liées à l'action d'un courant unidirectionnel.

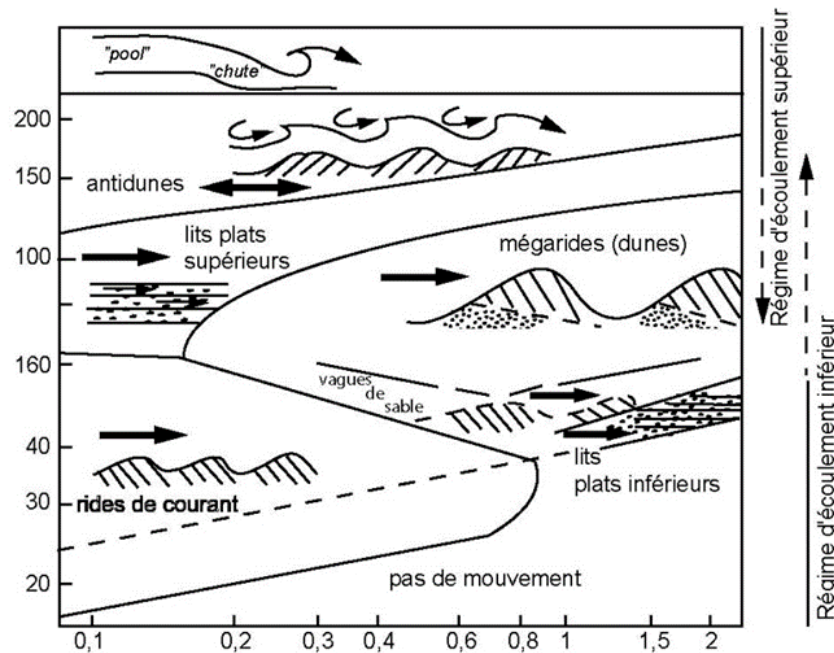


Fig. 11- Principales formes sédimentaires en fonctions du régime d'écoulement unidirectionnel (d'après Blatt *et al.*, 1980 et Reineck et Singh, 1980).

3- Sous faciès de grès à laminations obliques tabulaires (F II-C)

3.1- Description

Les laminations obliques tabulaires ont été observées dans le deuxième membre quartzitique de la formation du Kheneg el Aatène, à l'interface des bancs d'épaisseur centimétriques (20 à 50 cm) où elles sont souvent associées à des laminations horizontales qu'elles surmontent (Fig. 8, p. 13). Les lamines forment une base angulaire et sont discrètes et parfois partiellement effacées latéralement au sein d'un même banc.

3.2- Interprétation

Les laminations obliques tabulaires se forment souvent à partir d'un matériel détritique (terrigen ou calcaire), en particulier dans les grès (Bugnicourt *et al.*, 1966 ; Toker, 2003 ; Collinson *et al.*, 2006, 2019). Ces structures naissent dans des zones peu profondes soumises à un régime d'écoulement supérieur et une forte énergie, où l'action des vagues est intense (zones côtières de plages, d'estuaires, de delta, rivières).

Ces structures sont généralement attribuées au mégarides 2D (crêtes rectilignes) et correspondent aux mégarides de Type I de Darlrymple *et al.* (1978), structures équivalentes des "petites dunes"

(*small dunes*) d'Ashley (1990). La longueur d'onde de ces corps sédimentaires est comprise entre 0,6 et 5,0 m, leur hauteur entre 0,075 et 0,400 m (Chamley, 2000 ; Chamley et Deconinck, 2011).

4- Sous faciès de grès à sillons et gouttières d'érosion (F II-D)

4.1- Description

Les sillons d'érosion ou *furrow casts* ont été observés à la base des bancs quartzitiques du second membre de la formation. Ces bancs ont une épaisseur de 0,12 à 0,6 m.

Ces structures ont des dimensions variables. Par exemple, le premier sillon (Pl. I, fig. 5) a une largeur d'environ 0,25 m et une profondeur de 0,1 m. Le second a une largeur d'environ 0,7 m et une profondeur d'environ de 0,2 m (Pl. II, fig. 3). Enfin, le dernier sillon possède une largeur de 0,3 m et une profondeur de 0,1 m (Pl. II, fig. 5).

Par ailleurs, ces sillons sont à parois peu marquée et à fond courbe (Pl. I, fig. 5 ; Pl. II, fig. 3 et 5).

En ce qui concerne les gouttières d'érosion ou (*Gutter casts* de Whittaker, 1973), il y a lieu de dire qu'elles soulignent également la base de plusieurs bancs de quartzite et caractérisent aussi le second membre de la formation. Leur largeur varie d'environ 0,3 m à 0,5 m et leur profondeur de 0,15 à 0,20 m (Pl. II, fig. 1 et 2). Leurs formes sont de deux types, en V (Pl. II, fig. 1) et en U (Pl. II, fig. 2).

4.2- Interprétation

Les sillons d'érosion (*sensu* Dyer, 1970) correspondant à des figures entaillant faiblement le substratum, sur 5 à 20 cm, pour une largeur au moins décimétrique. Ceux à fond courbe, à versants faiblement inclinés et à creux peu marqués correspondre au type 2 de Flood (1983)

Les gouttières d'érosion sont des structures d'érosion entaillant la base des bancs qui peuvent être connectées ou déconnectées de ces derniers (Whittaker, 1973 ; Myrow, 1992). Elles peuvent atteindre une profondeur maximale de 5 cm pour une largeur de 5 à 10 cm. Leur forme en section est très variable, en U ou en V, étroite ou évasée, symétrique ou dissymétrique (Virgone et Masse, 1996).

Ces deux structures résulteraient d'écoulements hélicoïdaux induits par un flux mixte combiné, unidirectionnel/oscillatoire (Kreisa, 1981 ; Dott et Bourgeois, 1982 ; Aigner, 1985). Ces deux figures de base de banc ne sont pas exclusives des dépôts de tempêtes (Guillocheau, 1991). Les gouttières semblent exister en milieu tidal, les sillons se forment dans les estuaires et dans les grands fonds océaniques (Flood, 1983).

II- INVENTAIRE & INTERPRETATION DES ICHNOFOSSILES

Dans le second membre de la formation du Kheneg el Aatène, à partir de sa partie médiane, on assiste à l'apparition de traces fossiles ou ichnofossiles au sein des bancs de quartzite où elles occupent les sections et/ou les sommets des strates. Ces traces deviennent de plus en plus abondantes en allant vers la fin de la formation (Fig. 8, p. 13).

A- Description

La majorité des traces fossiles de notre coupe correspond à l'ichnoespèce *Skolithos linearis* Haldeman, 1840, vu leurs caractéristiques morphologiques qui ressemblent à celles du néotype (Knaust *et al.*, 2018, p. 21-22).

Il s'agit de terriers simples, droits à légèrement obliques, verticaux, non branchus et cylindriques (Pl. III, fig. 1, 2, 4, 5 et 6), qui sont caractérisés par des ouvertures circulaires à subcirculaires à la surface supérieure des bancs (Pl. IV, fig. 1, 2 et 3). Ils sont abondants par endroits (Pl. IV, fig. 4). Ces terriers peuvent atteindre une longueur de 33 cm (Pl. III, fig. 5). Leur largeur est de l'ordre de 0,3 à 2,5 cm. Aussi, ils sont remplis d'un matériel noirâtre différent par rapport à celui de la roche encaissante.

Il y'a lieu de noter que certaines traces sont post-événementielles puisqu'elles recoupent plusieurs laminations dont des laminations horizontales (Pl. IV, fig. 5).

B- Discussion

La trace fossile *Skolithos* caractérise l'ichnofaciès « littoral à sublittoral » à *Skolithos* (Seilacher, 1967). Elle est produite par des organismes suspensivores comme les anthozoaires, crustacées, holothuriens, phoronidés, polychètes, et priabulides et considérée comme une trace de demeure (ou habitat ; domichnion) (Dashtgard et Gingras, 2012 ; Knaust, 2017 ; Knaust *et al.*, 2018).

Les terriers de *Skolithos* indiquent généralement un environnement peu profond à hydrodynamisme important (Vinn et Wilson, 2013). Cette trace fossile est connue depuis l'Ediacarien jusqu'à l'actuel (McCall, 2006 ; Dashtgard et Gingras, 2012). Aussi, elle est abondante dans les séries sédimentaires du Paléozoïque inférieur des quatre coins du monde (Vinn et Wilson, 2013 ; Azizi *et al.*, 2017).

III- ASSOCIATIONS DES FACIES & MILIEUX DE DEPOT (Fig. 12)

La description et l'interprétation faciologique nous ont permis de distinguer 2 associations de faciès, notées A et B (Fig. 12).

A- Association A (Fig. 12)

La première association englobe tout le membre inférieur de la formation du Kheneg el Aatène. Elle rassemble le faciès argileux (FI) et gréseux (FII). Ce dernier n'est représenté que par des grès micacés à laminations horizontales (FII-B).

Les caractéristiques sédimentologiques de cette association sont :

- l'abondance des dépôts détritiques fins argileux mis en place, par décantation, dans un milieu à hydrodynamisme nul ou faible :
- la rareté des dépôts détritiques grossiers matérialisés par des grès micacés dont l'arrivée coïncide avec l'avènement d'un régime d'écoulement inférieur (*lower flow-regime*). Ces décharges viennent parfois perturber la sédimentation calme des argiles ;
- l'absence de trace fossiles, notamment de type *Skolithos*.

Ces caractéristiques nous conduisent à proposer un environnement de dépôt de type plate-forme détritique plus ou moins distale et profonde, probablement **Offshore supérieur** ou **Offshore-transition** (Fig. 12).

B- Association B (Fig. 12)

La seconde association de faciès se confond avec le membre 2 de ma formation (Fig.). Elle concerne principalement le faciès des grès (F II), représenté par ses différents sous-faciès à savoir, les grès massifs (F II-A), les grès à laminations horizontales (FII-B), les grès à laminations obliques tabulaires (F II-C) et les grès à sillons et gouttières d'érosion (F II-D). Le faciès des argiles (F I) n'est que très peu présent.

Cette association est caractérisée par :

- l'arrivée brutale des premiers ensembles de grès quartzitiques qui tranche d'une manière nette et franche avec les argiles du premier membre :
- l'importance des faciès détritiques grossiers (quartzites) par rapport aux argiles ;
- l'influence d'un hydrodynamisme assez élevé à l'origine de la formation des laminations horizontales (Sous-faciès F II-B) et des laminations obliques tabulaires (Sous-faciès F II-C), voire même d'action érosive importante attestée par la présence de structures de bases de bancs, les gouttières et les sillons d'érosions (Sous-faciès F II-D) ;

- l'abondance des traces fossiles de type *Skolithos* dès la partie médiane du second membre. Celles-ci caractérisent l'ichnofaciès à *Skolithos* (littoral à sublittoral).

Toutes ces caractéristiques hydrodynamiques et ichnologiques nous permettent de proposer un environnement littoral, sableux de type *Shoreface* pour l'association B.

IV- ESSAI D'INTERPRETATION SEQUENTIELLE (Fig. 12)

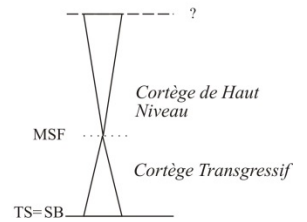
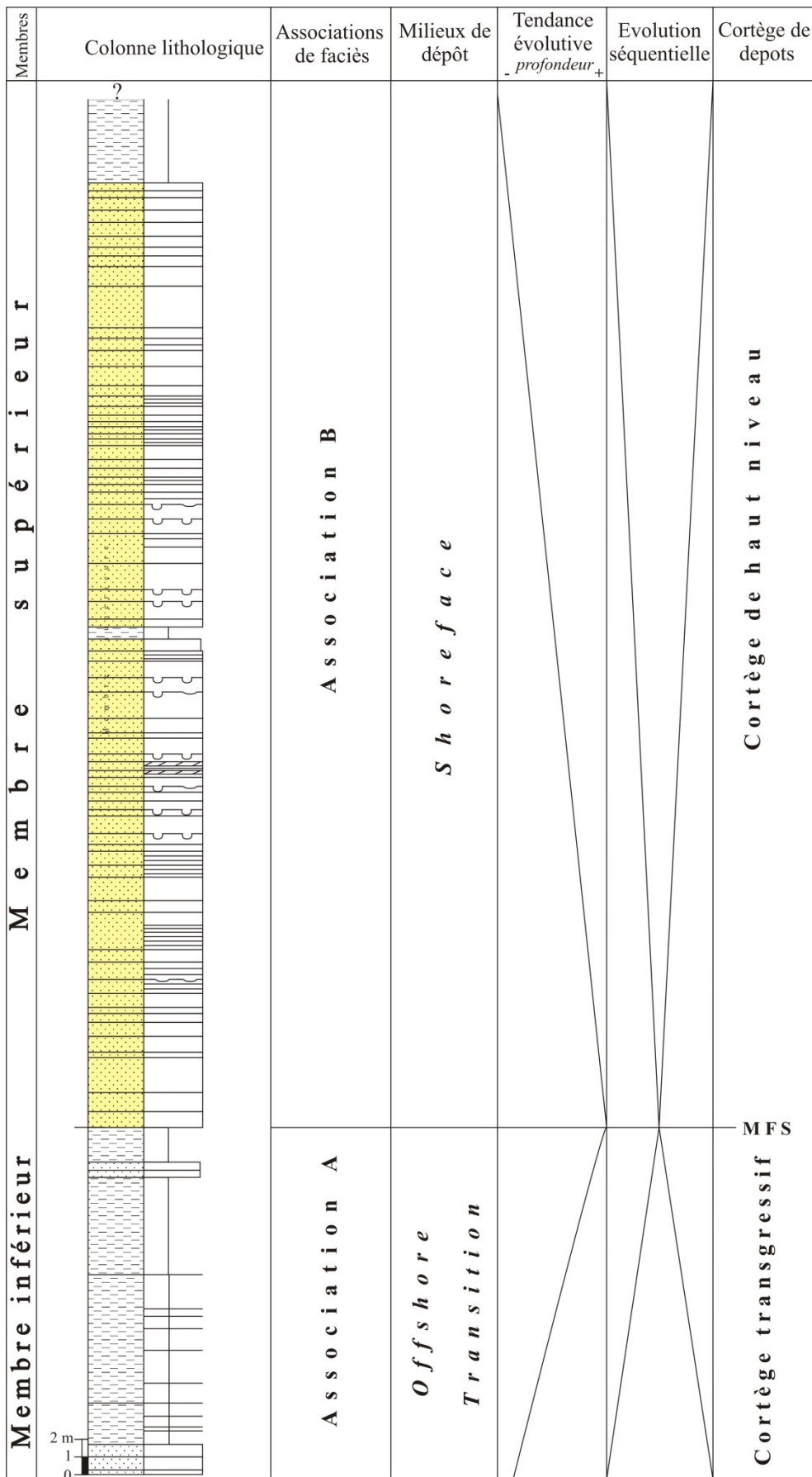
L'étude sédimentologique et ichnologique de la formation du Kheneg el Aatène nous a permis de proposer un modèle d'organisation séquentielle des dépôts au cours de l'Arenig dans cette partie de la Chaîne d'Ougarta.

Notre analyse est faite selon le concept des séquences « Transgressive - Régressive » (séquence T-R) selon John et Murphy (1984), Johnson *et al.* (1985), Embry et Johannessen (1992), Catuneanu *et al.* (2009).

Ainsi, une première phase transgressive matérialisée par des sédiments d'*offshore inférieur* ou *offshore transition* et représentant tout le membre inférieur de la formation du Kheneg el Aatène a été définie. Celui-ci est caractérisée par l'abondance dépôts argileux. Elle serait mise en place dans un cortège transgressif (CT) (Fig. 12).

La seconde phase régressive intéresse tout le second membre de la formation (membre quartzitique). Celui-ci se distingue du premier par son hydrodynamisme fort et l'abondance des ichnofossiles de type *Skolithos*. Il s'est mis en place dans un environnement *shoreface*, dans un cortège de haut niveau (Fig. 12).

Ces deux phases sont séparées par une surface d'inondation maximale (MFS), matérialisée par un changement net de faciès (dépôts à dominante argileuse d'*offshore transition* surmontés par des dépôts quartzitiques du *shoreface*).



MSF : Maximum Flooding Surface, TS: Transgressive Surface = Surface Boundary (SB)

Fig. 12- Associations de faciès, milieux de dépôts et organisation séquentielle de la formation du Kheneg el Aatène.

CONCLUSION GENERALE

L'étude de la formation du Kheneg el Aatène, définie par Gomes Silva *et al.* (1963), pour la première fois dans le secteur de Nif el Khaoufi, nous a permis d'apporter de nouvelles contributions à la connaissance géologique des terrains ordoviciens de la Chaîne d'Ougarta.

A travers l'étude lithostratigraphique, on distingue 2 membres distincts bâtissant la formation : (1) un Membre inférieur des Grès micacés (20 m), caractérisé par une combe argileuse à intercalations de bancs de grès micacés rougeâtres et (2) un membre supérieur Quartzitique (60 m), formant une alternance serrée de bancs de quartzites à structures sédimentaires hydrodynamiques primaires et à traces d'activités organiques (ichnofossiles). Le niveau ferrugineux qui clôture classiquement la formation n'a pas été retrouvé en place dans notre secteur.

L'analyse sédimentologique, basée notamment sur la nature des figures sédimentaires, nous a permis de définir 2 faciès principaux, celui des Argile (FI) et celui des Grès (FII) ; ce dernier étant subdivisé à son tour en 4 sous-faciès. Leurs interprétations, en terme hydrodynamique et palichnologique, a mis en évidence 2 associations de faciès :

- une association A, comprenant tout le membre inférieur, mise en place dans *l'offshore-transition* ;
- une association B, intéressant le second membre quartzitique, déposée dans le *shoreface*.

Par ailleurs, l'étude des traces fossiles, dominées par l'ichnogenres *Skolithos*, indique l'ichnofaciès à *Skolithos* dans le second membre de la formation. Ceci conforte les résultats sédimentologiques donnés par l'interprétation des sous faciès gréseux.

Enfin, l'essai d'interprétation séquentielle de la formation de Kheneg el Aatène révèle l'organisation suivante :

- (1) une première phase transgressive qui représente tout le membre inférieur de la formation. Elle est matérialisée par des sédiments d'*offshore* inférieur ou *offshore-transition* et caractérisée par la dominance argileuse. Elle du Kheneg el Aatène
- (2) une phase régressive qui englobe tout le second membre Quartzitique de notre formation. Elle correspond aux dépôts de *shoreface*, organisés dans un cortège de haut niveau.

Ces deux phases sont séparées par une surface d'inondation maximale (MFS) matérialisée sur le terrain par un changement net de faciès.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIGNER T. (1985) - Storm depositional Systems. *Lecture Notes in Earth Sci.*, 3, Springer Verlag, Berlin, 174 p.
- AIT KACI A. (1990) - Evolution lithostratigraphique et sédimentologique du cambrien des Monts d'Ougarta (Sahara nord-occidental), *Thèse. Doct. 3^{ème} cycle*. USTHB., Alger, 168 p.
- AIT-OUALI R., NEDJARI A. (2006) - Le bassin d'Ougarta: une mobilité permanente au Paléozoïque. *Mém. Serv. Géol. Nation.*, n°13, p. 23-40.
- ASHLEY G. M. (1990) - Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look for an old problem. *Jour. Sedim. Petrol.*, v. 60, n° 1, p. 160-172.
- AZIZI A., VINN O., EL HARIRI K., HAFID A., KOURAISS K. (2017) - First description of Skolithos burrows from the Cambrian-Ordovician boundary interval of the Central Anti-Atlas, Morocco. *Estonian Jour. of Earth Sci.*, 66, 3, p. 174-182.
- BACHIR. A. (2017) - Lithostratigraphie, sédimentologie & organisation séquentielle de la coupe-type de la formation du Kheneg el Aatène (Arenig) dans les Monts d'Ougarta (Sahara algérien occidental). *Mém. Master, Univ. Oran*, 51 p.
- BOUSMAHA. F (2020) - La formation du Kheneg el Aatène (Arenig) dans le secteur du Kheneg Tlaia (Monts d'Ougarta, Sahara nord-occidental) lithostratigraphie et interprétation sédimentologique. *Mém. Master, Univ. Oran*, 33 p.
- BLATT H., MIDDLETON G., MURRAY R. (1980) - Origin of sedimentary rocks. Prentice-Hall Englewood Cliffs, 782 p.
- BOUTERFA B. (1999) - Enregistrement sédimentologique et séquentiel des événements détritiques calloviens, oxfordiens et Kimméridgiens dans les Monts de Rhar Roubane (Algérie occidentale). *Mém. Magister, Univ. Oran*, 188 p. (inéd.).
- 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 de sédimentologie. *Dunod* (édit). Paris, France. 178 p.
- CHAMLEY H., DECONICKJ. (2011) - Base de sédimentologie. *Dunod*, 3e édi., 213 p.
- CHIKHAOUI M. (1974) - Les ignimbrites et les roches basiques du Précambrien supérieur des Monts d'Ougarta. *Th. Doc. 3^{ème} cycle, Univ. Alger*, 2 vol., 114 p.
- COJAN I., RENARD M. (2013) - Sédimentologie. *Dunod*, Paris, 3^{ème} ed., p.

- DASHTGARD S.E., GINGRAS M.K. (2012) - Marine Invertebrate Neotechnology. *Developments in Sedimentology*, vol. 64, Elsevier B.V., p. 273.
- DONZEAU M. (1971b) - Signification tectonique des diaclases du Paléozoïque des Monts d'Ougarta (Sahara occidental algérien). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Alger, 62, 3-4, p. 97-115.
- DOTT R.H.JR., BOURGEOIS J. (1983) - Philosophy of models. Hummocky stratification : significance of its variable bedding séquences. *Geol. Soc. America Bull.*, 93, p. 663-680.
- DYER K.R. (1970) - Linear erosional furrows in Southampton Water. *Nature*, 225, p. 56-58
- FABRE J. (1976) - Introduction à la géologie du Sahara algérien. *S. N. D*, Alger, p. 422.
- 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.
- GAUTIER. (1908) - Sahara Algérien. Paris.
- 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. of Geosci.*, 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. Geol. Fr.*, (7), 1. p. 134-141.
- 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). *3ème Cong. fr. Sédi.*, p. 40-66.
- HALDEMAN S. (1840) - Supplement to number one of a 'Monograph of the Limniades, or freshwater univalve shells of North America' containing descriptions of apparently new animals in different classes, and the names and characters of the subgenera in Paludina and Anculosa : Philadelphia, Privately Printed., Supplement n°1, J. Dobson, Philadelphia, 3 p.
- .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 Serv. Géol. 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
- JOHNSON J. G., KLAPPER Baldwin C.T. (1985)- Shallow siliciclastic seas. In: Reading H.G (ed.): Sedimentary environments and facies. Boston, Blackwell, p. 229-282
- KNAUST D. (2018) - Atlas of Trace fossils in well core appearance, Taxonomy and interpretation. *Springer Nature*, 214 p.

- KIMBERLEY M. (1978) - Paleoenvironmental classification of iron formation. *Econ. Geol.*, 73, p. 215-229.
- KREISA R.D. (1980) - Storm-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of southwestern Virginia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, p. 823-848.
- KREISA R.D. (1981) - Storm-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the middle and upper Ordovician of southwestern Virginia. *Jour. Sed. Petrology*, 53, p. 1295-1317.
- MYROW P. (1992) - Pot and gutter casts from the Chapel Island Formation, Southeast Newfoundland. *J. Sed. Petrol.*, 62, p. 992-1007.
- POUEYTO A. (1952) - Rhyolites et grès d'Ougarta. In : Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. *XIXe Congr. Géol. Intern.*, Alger, Monogr. région. 1ère ser., Algérie, 15, p. 25-35.
- READING H., COLLINSON J. (1996) - Clastic coasts. In: READING H.G. (ed.): Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy. *Blackwell*, Oxford, Th. ed., p. 154-231.
- REINECK H., SINGH I. (1980) - Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastics. 2nd ed., Springer, Berlin, 459 p.
- RIETH A. (1932) - Neue Funde Spongeliomorpher Fucoiden aus dem Jura Schawbens. - *Geol. And Paläont.*, Abhandlungen, N. F., 19, p. 257-294.
- ROHRLICH V., PRIVE N., et CLAVERT S. (1969) - Chammosite in the recent sediments of loch Etive, Scotland. *Jour Sediment. Petrol.*, 39, p. 624- 631.
- ROUAULT M. (1851) - Note préliminaire sur une nouvelle formation (étage du Grès armoricain) découverte dans le terrain silurien inférieur de Bretagne. *Bull Soc. géol. Fr.*, 2, VII, p. 724-744.
- TUCKER M.E. (2003) - Sedimentary Rocks in the Field. *Depart. of Geol. Sc., University of Durham, U K*, 3rd Ed., 250 p.
- VINN O., WILSON M.A. (2013) - An event bed with abundant Skolithos burrows from the late Pridoli (Silurian) of Saaremaa (Estonia). *Carnets de Géologie*, CG2013_L02, p. 83-87.
- WHITAKER J. H. Me. D. (1973) - « Gutter casts », a new name for scour and fill-structure ; with examples from the Llandoveryan of Ringerike and Malmaya, southern Norway, *Norsk Geol. Tidsskr.*, 53, p. 403-417.

LISTE DES FIGURES

	<i>Pages</i>
Fig. 1- Situation géographique des Monts d'Ougarta.....	3
Fig. 2- Position géographique de la zone d'étude.....	4
Fig. 3- Colonne lithostratigraphique synthétique des formations du Paléozoïque des Monts d'Ougarta.....	5
Fig. 4- Carte géologique de la région d'étude.....	6
Fig. 5- Unités structurales des Monts d'Ougarta et toponymie.....	6
Fig. 6- Interprétation morphostructurale de Chgouïga (partie occidental de l'Image Spot XS K45-J291).....	7
Fig. 7- Coupe schématique de l'Ordovicien au Kheneg Tlaia.....	8
Fig. 8- Colonne lithostratigraphie de la Formation du Kheneg el Aatène.....	13
Fig. 9- Photo panoramique des affleurements de la formation du Kheneg el Aatène.....	14
Fig. 10- Photo panoramique montrant le détail des affleurements des 2 membres de la formation du Kheneg el Aatène.....	14
Fig. 11- Principales formes sédimentaires en fonctions du régime d'écoulement unidirectionnel.....	19
Fig. 12- Associations de faciès, milieux de dépôt et organisation séquentielle de la formation du Kheneg el Aatène.....	24

TABLE DE MATIERES

Avant-propos	
Résumé.....	1

Chapitre I – Généralités

Introduction.....	3
I- Cadre géographique.....	3
A- Cadre géographique des Monts d'Ougarta.....	3
B- Cadre géographique du secteur d'étude.....	4
II- Cadre géologique.....	4
A- Cadre géologique des Monts d'Ougarta.....	4
B- Cadre géologique du secteur d'étude.....	5
III- Le cadre structurale.....	5
A- Cadre structural des Monts d'Ougarta.....	5
B- Cadre structural du secteur d'étude.....	7
IV- Etat de connaissance de la formation de Kheneg el Aatène.....	8
V- But et méthode de travail.....	10
A- But du travail.....	10
B- Méthode de travail.....	10

Chapitre II – Lithostratigraphie

Introduction.....	12
I- Description lithostratigraphique.....	12
A- Situation de la coupe.....	12
B- Description de la coupe.....	12
1- Membre inférieur des Grès micacés	12
2- Membre supérieur Quartzitique	12
II- Attribution stratigraphique	15

Chapitre III – Sédimentologie et Organisation Séquentielle

Introduction.....	17
I- Description des faciès & leurs interprétations.....	17
A- Faciès des argiles (F I).....	17
1- Description.....	17
2- Interprétation.....	17
B- Faciès des grès (F II)	17
1- Sous faciès de grès massif (F II-A).....	18
1.1- Description.....	18
1.2- Interprétation.....	18
2- Sous faciès de grès à laminations horizontales (F II-B).....	18
2.1- Description	18
2.2- Interprétation.....	18
3- Sous faciès de grès à laminations obliques tabulaires (F II-C).....	19
3.1- Description.....	19
3.2- Interprétation.....	19
4- Sous faciès de grès à sillons et gouttières d'érosion (F II-D).....	20
4.1- Description.....	20
4.2- Interprétation.....	20
II- Inventaire & interprétation des ichnofossile.....	21
A- Description.....	21
B- Discussion.....	21
III- Associations des faciès & milieux de dépôt	21
A- Association A (Fig.11).....	22
B- Association B (Fig. 11).....	22
IV- Essai d'interprétation séquentielle	23
Conclusion générale.....	25
Références Bibliographiques.....	26
Liste des figures.....	29
Table de matières	30
Planches Photographiques	

Planches Photographiques

Planche I

Fig. 1- Premier niveau en place de grès micacés (Membre 1).

Fig. 2- Grès micacé en plaquettes (Membre 1).

Fig. 3- Bancs épais quartzitiques massifs (Membre 2).

Fig. 4- Ensemble de bancs quartzitiques montrant des amalgamations (Membre 2).

Fig. 5- Bancs de quartzite à laminations horizontales discrètes et dont le premier montre un sillon d'érosion (Membre 2).

Fig. 6- Banc quartzitique à laminations horizontales (Membre 2).

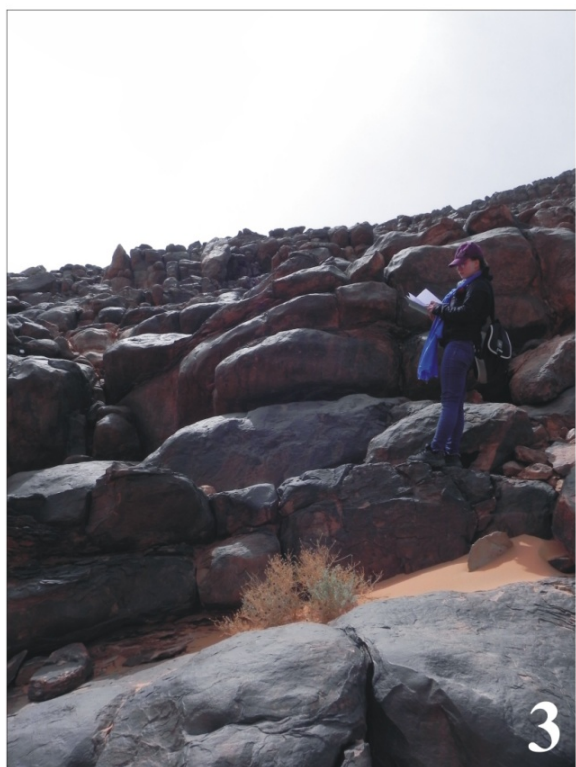


Planche II

(Membre 2)

Fig. 1- Bancs quartzitique à sillon gouttière d'érosion en forme de V.

Fig. 2- Banc quartzitique montrant une grande gouttière d'érosion à la base en forme de U.

Fig. 3 Banc quartzitique à sillon d'érosion et à quelques laminations horizontales discrètes.

Fig. 4- Ensemble de bancs quartzitiques montrant d'abondants ichnofossiles ainsi qu'un sillon d'érosion à la base.

Fig. 5- Ensemble de bancs quartzitiques dont le premier montre à sa base un sillon.

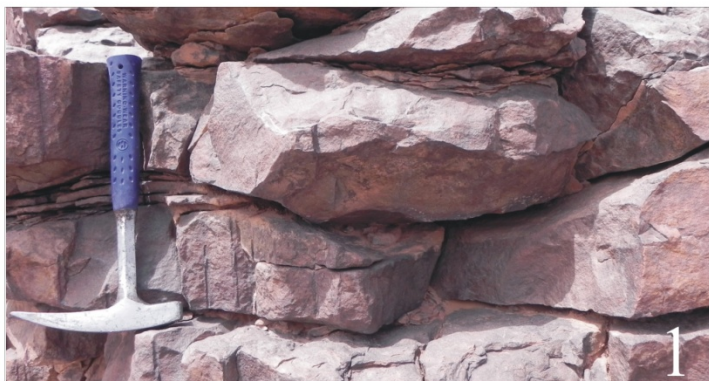


Planche III

(Membre 2)

Fig. 1- Banc de quartzite montrant en section un ichnofossile de type *Skolithos linearis* d'une taille plus ou moins petite.

Fig. 2- Banc quartzitique qui présente des traces fossiles un peu effacées.

Fig. 3- Banc quartzitique montrant des ichnofossiles d'une longueur assez importante et une petite section.

Fig. 4- Banc quartzitique centimétrique montrant à l'interface des traces fossiles de section importante.

Fig. 5- Banc quartzitique montrant un ensemble de *Skolithos linearis* à son interface.

Fig. 6- Ensemble de bancs quartzitiques montrant l'abondance des ichnofossiles.



Planche IV

(Membre 2)

Fig. 1, 2 et 3- Surfaces de bancs quartzitiques montrant différentes dimensions de cratères de traces fossiles.

Fig. 4- Ensemble des bancs de quartzites présentant une abondance d'ichnofossiles à l'interface ainsi qu'un sillon d'érosion à la base du premier.

Fig. 5- Banc de quartzite montrant en section des laminations obliques déformées par une trace fossile (bioturbation).

Pl. IV

