

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 de Sciences de la Terre
Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique & Paléoenvironnement

Mémoire de Fin d'étude :

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

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

**LITHOSTRATIGRAPHIE & INTERPRETATION SÉDIMENTOLOGIQUE
DES *QUARTZITES D'AIN EN NECHEA* (CAMBRIEN SUPÉRIEUR) DANS
LE SECTEUR DE NIF EL KHAOUFI (MONTES D'OUGARTA, SAHARA
ALGERIEN NORD OCCIDENTAL)**

Présenté par :

M. BOULENOUAR Mustapha

Soutenu le 08 / 07/2021, devant la commission d'examinations :

M. OUALI MEHADJI A.E.K.	Professeur - Université d'Oran 2	Président
M. BOUTERFA B.	MA-A - Université d'Oran 2	Rapporteur
M. SALHI A.	MC-B - Université d'Oran 2	Examineur

Oran, 2021

AVANT-PROPOS

Tout d'abord, louange à ALLAH le tout puissant, le tout miséricordieux qui m'a donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail qui est le fruit de mes cinq dernières années d'étude, et pour tous ses bienfaits.

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur **BOUTERFA B.** qui a eu confiance en mon travail. Il ne m'a jamais refusé son aide. Ses encouragements et son optimisme inaltérable ont été source de motivation tout au long de la période de réalisation de cette mémoire. Je n'oublierai jamais ses conseils et orientations au cours de cette période. Je le remercie infiniment pour son rôle d'enseignant pendant le parcours universitaire.

J'espère que ce modeste travail aura le mérite d'être apprécié par Monsieur **OUALI MEHADJI A.E.K.** qui me fait l'honneur de présider ce jury. Je tiens à lui exprimer mon profond respect et ma reconnaissance pour tout ce qu'il m'a transmis tout au long de mes études.

Je suis très redevable envers Monsieur **SALHI A.** pour avoir bien voulu examiner ce travail. Je le remercie aussi pour la qualité d'enseignement qu'il m'a prodigué.

Je tiens également à remercier Messieurs **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 sédimentologie.

Enfin, il m'est agréable de remercier tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre de l'université d'Oran 2, notamment MM. **ATIF K.F.T**, **BELHAADJI A.** et **BENHAMOU M.** qui ont contribué à ma formation et qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

A toutes ces personnes, je tiens à associer mes parents pour toute leur aide.

MUSTAPHA BOULENOUAR

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Mon père, tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse. Grâce à toi j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension. Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils. Pour son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Que tu sois fière de trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi. Je t'aime maman et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

Mes frères (**DJAMEL, A.E.K, AHMED et AISSA**) qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mon unique princesse, ma sœur **SARA**, pour tous les moments d'enfance passés avec toi, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes amis et mes camarades de **la promotion 2021**, pour toute la joie et l'esprit de famille qui m'ont offerts. Je souhaite remercier particulièrement **DEHINI I., MAHBOUBI R., BOUZIANI D., MEDJAHED M., BOUZIANI N., SRAOUI R., et AMADOU M.** pour leur soutien inestimable et leur amitié.

RÉSUMÉ

La coupe levée de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* (Cambrien supérieur), dans la région de Nif el Khaoufi (Monts d'Ougarta) et l'étude lithostratigraphique de cette formations a montré la présence de 6 barres quartzitiques intercalées par des combes à dominante argileuse.

Ces barres, notées A, B, C, D, E et F, sont représentées par une superposition des bancs de quartzites souvent riches en figures sédimentaires hydrodynamiques et en traces fossiles de type *Skolithos*.

L'étude sédimentologique de cette formation, basée sur la description et l'interprétation des faciès et des sous-faciès, nous a permis de définir deux principales associations qui traduisent des environnements de type *offshore transition à shoreface*.

L'évolution séquentielle des dépôts montre une succession de 6 séquences complètes, transgressives/régressives, cycliques et périodiques qui s'intègrent dans un grand cycle de 2^e ordre

Mots-clés : Quartzites d'Ain en Nechea, Cambrien supérieur, Monts d'Ougarta, lithostratigraphie, sédimentologie, séquences.

SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	I
DÉDICACE.....	II
RÉSUMÉ.....	01
SOMMAIRE.....	02

Chapitre I : Généralités

INTRODUCTION.....	04
I- CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	04
A- Cadre géographique de la chaîne d'Ougarta.....	04
B- Cadre géographique du secteur d'étude.....	05
II-CADRE GÉOLOGIQUE.....	05
A- Cadre géologique de la chaîne d'Ougarta.....	05
B- Cadre géologique du secteur d'étude.....	08
III- CADRE STRUCTURAL DE LA CHAÎNE D'Ougarta.....	08
IV- HISTORIQUE SUR LA SERIE CAMBRIENNE D'Ougarta.....	09
V- BUT ET METHODE D'ETUDE.....	11

Chapitre II: Lithostratigraphie

INTRODUCTION.....	14
I- DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE.....	14
A- Localisation de la coupe.....	14
B- Description de la coupe.....	14
II- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE.....	28

Chapitre III: Sédimentologie

INTRODUCTION.....	30
I- DESCRIPTION & INTERPRETATION DES FACIES.....	30
A- Faciès des argiles (FI).....	30
B- Faciès des Quartzites (FII).....	30
II- INVENTAIRE & INTERPRETATION DES ICHNOFOSSILES.....	35
III- ASSOCIATIONS DES FACIES & MILIEUX DE DEPOT	37
A- Association A.....	37
B- Association B.....	37
IV- ORGANISATION SEQUENTIELLE	38
A- Introduction.....	38
B- Définition des séquences et interprétation	38

Conclusion générale.....	42
--------------------------	----

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	45
LISTE DES FIGURES.....	51
TABLE DES MATIÈRES.....	54

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

INTRODUCTION

Ce chapitre sera consacré :

- en premier lieu, aux cadres géographiques et géologiques des Monts d'Ougarta et du secteur d'étude ;
- en deuxième lieu, à l'aperçu géologique sur la formation d'Ain en Néchea ;
- enfin, en dernier lieu, à l'historique sur les travaux les plus importants réalisés sur le Cambrien de cette région.

I- CADRE GEOGRAPHIQUE

A- Cadre géographique des Monts d'Ougarta (Fig. 1)

Les Monts d'Ougarta sont situés à environ 920 km au Sud de la ville d'Oran et à 180 km au Sud de celle de Béchar. Ils s'étendent sur 450 km de longueur et 200 km de largeur, avec une orientation NW-SE.

Ces monts sont limités au NE par le Grand Erg Occidental, au SW par l'Erg Iguidi et l'Erg Chech, au NW par le Kem Kem et au NE, par la Hamada du Guir (Fig. 1).

Cet ensemble de reliefs, orientés SE-NW, est subdivisé en 2 faisceaux distincts, séparés par l'Erg er Raoui :

- le faisceau de la Saoura à l'Est ;
- le faisceau de la Daoura à l'Ouest.

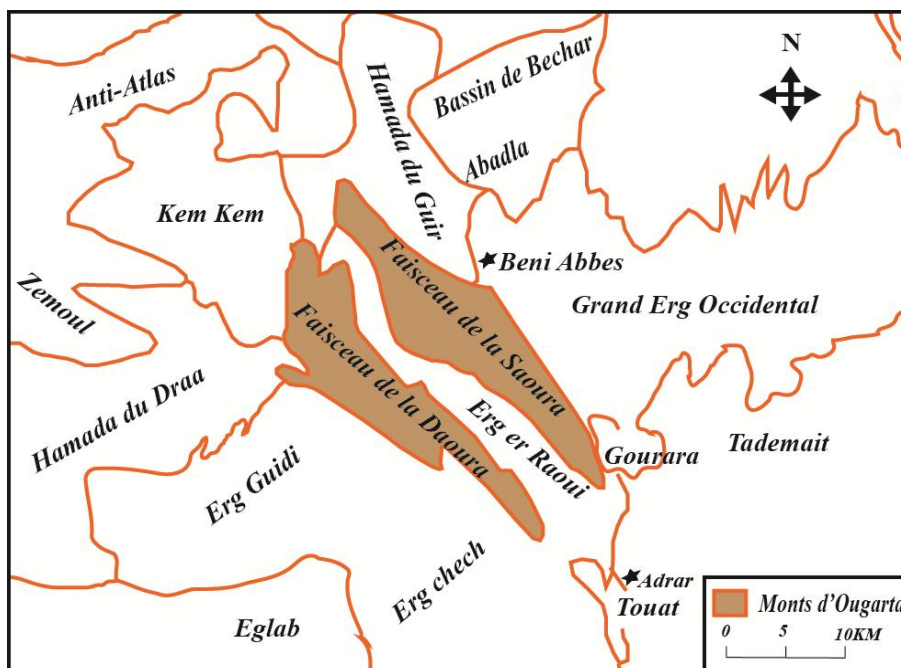


Fig. 1 : Situation géographique des Monts d'Ougarta (d'après FABRE, 1976, modifié, in HERVOUET & DUEE, 1996).

B- Cadre géographique du secteur d'étude (Fig. 2)

Notre secteur d'étude s'intègre dans la Chaîne d'Ougarta. Il est situé dans la partie SE d'un relief imposant appelé Nif el Khaoufi, à environ 80 km au SE de la ville de Beni Abbès et 25 km du village d'Ougarta et son accès s'est fait par un défilé occupé par Oued Teferguenit Kbir (Fig. 2).

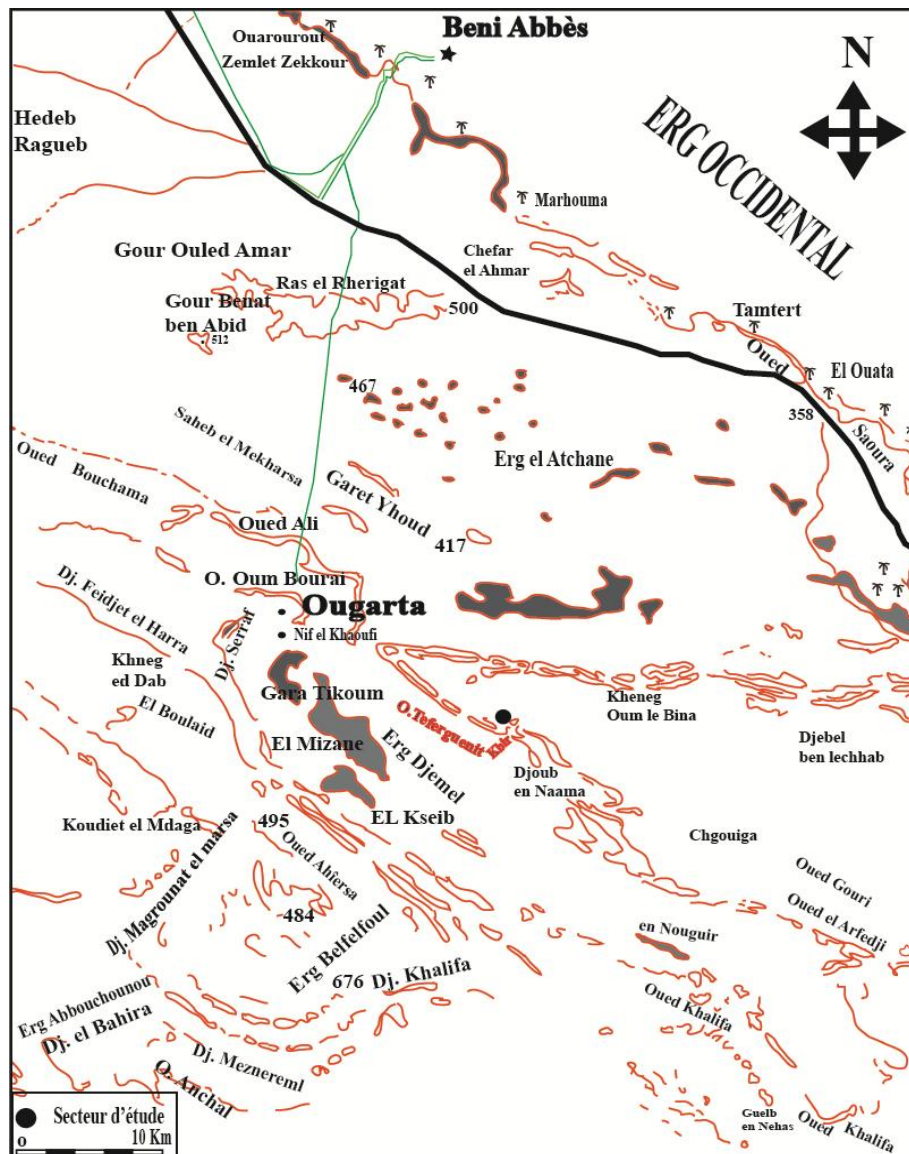


Fig. 2 : Localisation géographique de la région d'étude (d'après la carte topographique au 500 000^e de Béchar).

II- CADRE GEOLOGIQUE

A- Cadre géologique des Monts d'Ougarta

Les Monts d'Ougarta forment une chaîne hercynienne et font partie d'un vaste ensemble de formations paléozoïques plissées (HERVOUET et DUEE, 1996). C'est une chaîne chevauchante à faible raccourcissement, ordonnée du NE vers le SW (HERVOUET et DUEE, 1996).

Les Montes d'Ougarta occupent un emplacement qui borde 2 domaines géologiquement différents : à l'Ouest, le Craton Ouest-africain et à l'Est, le domaine panafricain représenté par le bouclier Touareg (GHIENNE *et al.*, 2007).

Cette région est considérée comme une vaste chaîne plissée, affectée par l'orogénèse calédonienne et varisque. Elle est constituée de deux grandes unités géologiques (Fig. 3) :

- (1) un socle volcanique ou volcano-sédimentaire (rhyolites, ignimbrites, andésites, etc.), d'âge précambrien occupant le cœur des anticlinaux (CHIKHAOUI, 1974, 1981), et des grès arkosiques de la base du Cambrien (HERVOUET et DUEE, 1996) ;
- (2) une épaisse couverture sédimentaire discordante sur le substratum, allant du Précambrien jusqu'à l'actuel

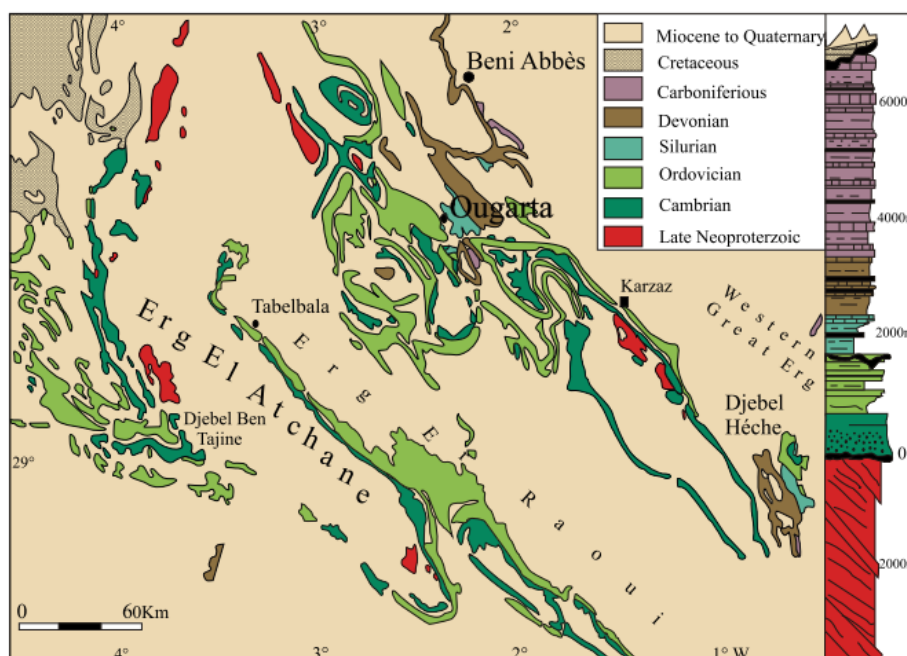


Fig. 3: Cadre géologique des Monts d'Ougarta (d'après GHIENNE *et al.*, 2007, modifié).

Concernant le Cambrien, celui-ci est constitué, de bas à haut, des formations suivantes (Fig. 4 et 5).

1- Formation des Conglomérats du Djebel Ben Tadjine (Fig. 4 et 5)

Cette formation a été définie par GOMES SILVA *et al.* (1963). Elle affleure uniquement dans le faisceau de la Daoura (CHIKHAOUI et DONZEAU, 1972). Son épaisseur est estimée à 900 m dans la région de Ben Tadjine. Il s'agit généralement des poudingues polygéniques ou monogéniques, à galets mal classés de roches volcaniques, de granites ou de quartzites, en proportion variable, intercalé d'arkoses rouges (AIT KACI, 1990).

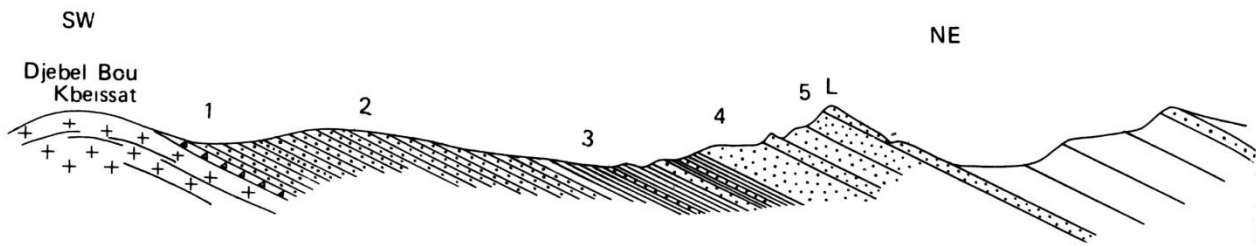


Fig. 4 : Coupe des terrains cambriens dans l'anticlinal du Djebel Bou Kbeissat (D'après POUEYTO, 1952, in FABRE, 1976).

Légende : 1 ; Arkoses de la Sebka el Melah. 2 à 5 : Quartzites d'Ain en Néchea couronnés par la dalle à Lingules (L).

2-Formation des Arkoses de la Sebka el Melah (Fig. 4 et 5)

Il s'agit de grès arkosiques peu indurés, d'épaisseur estimée de 350 à 400 m (AIT KACI, 1990) qui affleurent largement dans les anticlinaux.

3-Formation des Quartzites d'Aïn en Nechea (Fig. 4 et 5)

Cette formation fait l'objet de notre étude. Elle a été définie par GOMES SILVA *et al.* (1963). C'est une formation quartzitique, gréseuses et à passages d'argiles. Elle comprend 5 barres quartzitiques et s'achève par un niveau à brachiopodes, appelé communément *Dalle à Lingules*. L'épaisseur totale de cette formation a été estimée à 800 m (GOMES SILVA., 1963). Elle est attribuée au Trémadocien inférieur (AIT KACI, 1990).

La formation des *Quartzites d'Aïn en Nechea* est surmontée par les affleurements ordoviciens dans la Chaîne d'Ougarta (Fig. 5)

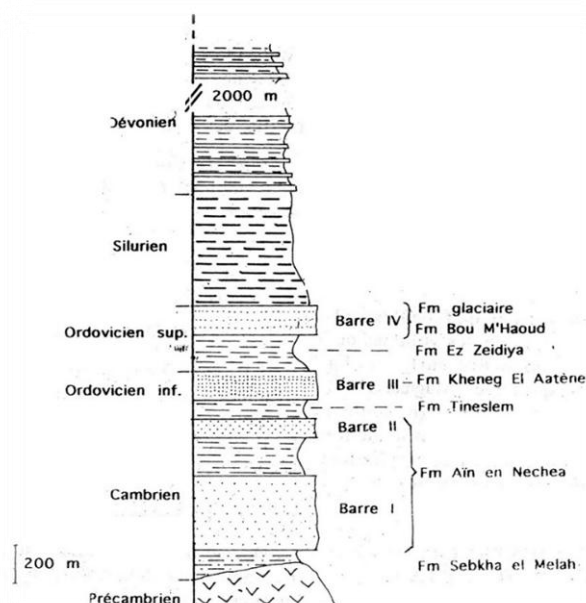


Fig. 5 : Colonne lithostratigraphique synthétique des formations du Paléozoïque des Monts d'Ougarta (d'après DONZEAU, 1971b, FABRE, 1976, in HERVOUET & DUEE, 1996).

B- Cadre géologique du secteur d'étude

Notre secteur d'étude forme un anticlinal orienté sensiblement NW-SE et au sein duquel toute la série précambrienne et ordovicienne est représentée (Fig. 6). En effet, les formations de Sebkhah el Malah et d'Ain en Nechea occupent le cœur de cette structure.

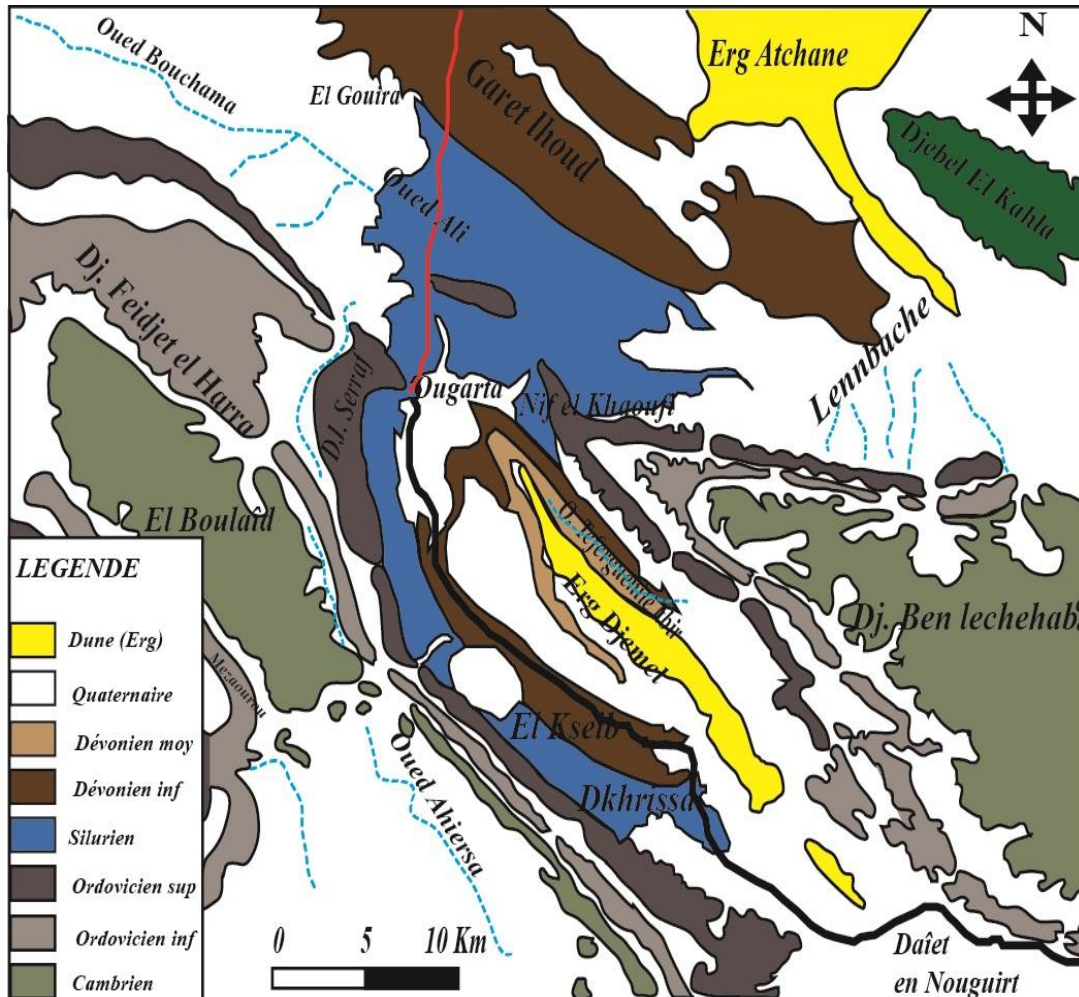


Fig. 6 : Carte géologique du secteur d'étude (Extrait de la feuille n°NH-30-X au 200 000e d'Ougarta)

III- CADRE STRUCTURAL DE LA CHAÎNE D'UGARTA (FIG. 7)

Le prolongement de la ligne de suture panafricaine est placé dans la partie méridionale des Monts d'Ougarta (COLLOMB et DONZEAU, 1974 ; FABRE, 1976 ; AÏT KACI, 1990). Cette disposition a permis à COLLOMB et DONZEAU (1971, 1974) de considérer ces monts, pendant le Paléozoïque, comme un aulacogène. Leur structure, selon ces auteurs, montre que la série paléozoïque et son substratum antécambrien sont affectés par un plissement en vastes synclinaux et anticlinaux, allongés suivant une direction NW-SE.

Pour **HERVOUET** et **DUEE (1996)**, 4 unités structurales, avec un autochtone relatif représenté par l'Erg Chech, ont été définies dans les Chaînes de l'Ougarta (Fig. 7). Les structures comprennent des anticlinaux à unités cambro-ordoviciennes, de géométrie et d'orientation variées et des synclinaux étroits à sédiments siluro-dévonien.

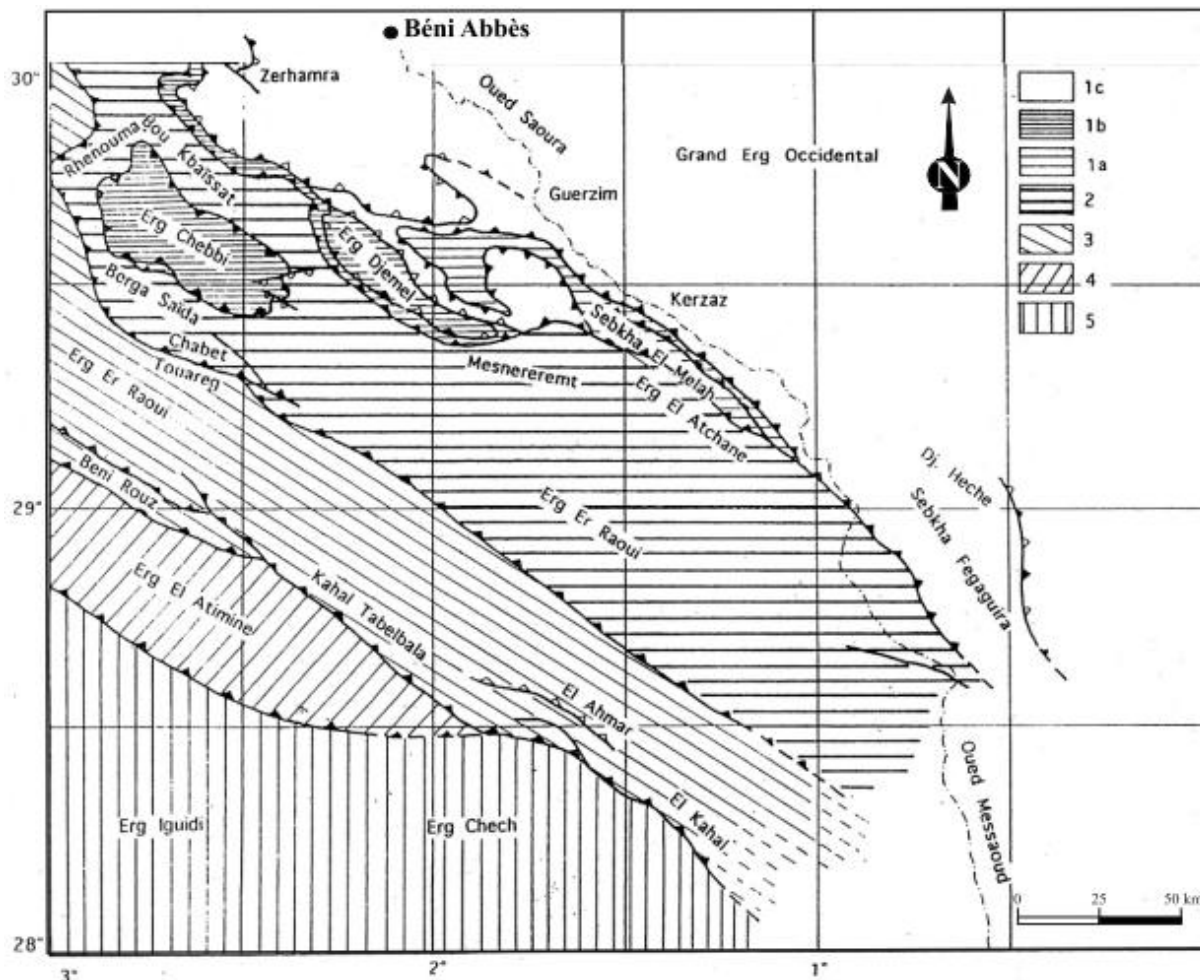


Fig. 7 : Unités structurales des Monts d'Ougarta et toponymie (d'après **HERVOUET** et **DUEE**, 1996).

1- Unité septentrionale (1a: Sebkhia Melah ; 1b: Dar Oussakh ; 1c: Guerzim) ; 2: Dj. Boukbeissat-Erg Atchane ; 3: Kahal Tabelbala ; 4: Erg Atimine ; 5: Erg Chech (autochtone relatif).

La Chaîne d'Ougarta est édiflée à l'emplacement d'un bassin aulacogène subsident (plus de 5000 m de dépôts), essentiellement silico-clastiques et limité par des grandes failles du socle. Sa situation sur la zone de conjonction entre le Craton ouest-africain et la chaîne panafricaine, confère à cette chaîne des caractères tectoniques particuliers (**AIT-OUALI** et **NEDJARI**, 2006).

IV- HISTORIQUE SUR LA SERIE CAMBRIENNE D'OUGARTA

A-Travaux antérieurs à 1960

Dès 1908, **GAUTHIER** donne un aperçu géologique sur les Monts d'Ougarta dans son ouvrage intitulé « Sahara algérien ».

En 1914, REY réalisa des observations géologiques et géographiques dans les Monts d'Ougarta.

En 1924, MENCHINKOFF étudia le Paléozoïque du Sahara algérien. L'auteur rapporta les "Grès d'Ougarta" au Cambro-Ordovicien attribués antérieurement à l'Eodévonien.

B-Travaux de la période post-coloniale

En 1962, ARBEY décrit une coupe d'ensemble mettant en évidence quatre corniches superposées. Les deux premières s'achèvent avec la *Dalle à Lingules* d'âge Trémadocien et ont été attribuées au Cambrien. Les deux dernières corniches sont datées de l'Ordovicien.

En 1963, GOMES SILVA *et al.* réalisent une étude d'une coupe détaillée, levée dans les terrains cambro-ordoviciens. Dans ce travail, ils décrivent 5 formations entre la *Dalle à Lingules* à la base et les "Argiles à Graptolites" du Silurien au sommet :

(1) la formation de Foug-Tineslam : la sédimentation est essentiellement argilo-gréseuse. La base ainsi que la partie supérieure de cette formation ont fourni des débris de donnant un âge Trémadocien ;

(2) la formation du Kheneg el Aatène : elle est matérialisée par une sédimentation gréseuse, renfermant un membre inférieur gréseux ferrugineux et un membre supérieur à grès quartzitiques, admettant quelques bancs à tigilites et brachiopodes (*Lingulidae* et *Obolidae*), d'âge Arinig ;

(3) la formation de Foug ez Zeïdiya : elle est constituées d'une sédimentation argilo-gréseuse. 3 termes y ont été définis :

- le terme inférieur : attribué à l'Arénig par la présence des fossiles (bivalves, brachiopodes, trilobites, ostracodes et graptolites) ;

- le terme médian : comporte, par endroits, des miches calcaires à *Dalmanitina sp.* et *Synhomalonotus* donnant un âge Llanvirn ;

- le terme supérieur : son âge n'a pas pu être défini par l'auteur en raison de l'absence de fossiles ;

(4) la formation de Bou-M'haoud : c'est une formation argilo-gréseuse subdivisée en membre inférieur gréso-ferrugineux et supérieur argileux gréseux.

(5) la formation de Djebel Serraf : elle vient ne discordante sur les couches sous-jacentes. Elle consiste à 3 membres :

- membre inférieur grés-conglomératique, fossilifère (brachiopodes et trilobites), attribué au Caradoc supérieur ;
- membre médian ou Argiles d'el Kseib) ;
- membre supérieur ou Grès du Ksar d'Ougarta.

En **1976**, **FABRE** présente un travail sous forme de synthèse sur la géologie du Paléozoïque du Sahara algérien à partir de ses différents travaux effectués dans cette région.

En **2002**, **LEGRAND** précise la limite cambro-ordovicienne du Sahara algérien (bordure septentrionale de l'Ahaggar, Monts d'Ougarta, forage Nord Saharien). Cette limite coïncide avec l'apparition de conodontes et se situe au-dessous de l'apparition des premiers graptolites planctoniques.

En **2007**, **GHIENNE *et al.*** signalent la succession de 6 séquences transgressives/régressives dans les terrains cambro-ordoviciens des Monts d'Ougarta :

- Séquence 1 (Cambrien inférieur) : comporte des dépôts fluviaux ;
- Séquence 2 (Cambrien moyen) : comporte des dépôts marins ;
- Séquence 3 (Cambrien moyen et supérieur) ;
- Séquence 4 (Ordovicien inférieur) : comporte des dépôts fluviaux ;
- Séquence 5 et 6 (Ordovicien moyen et supérieur).

En **2020**, **SEGHER** réalisent une description lithostratigraphique & interprétation sédimentologiques de la formation des Quartzites d'Ain en Néchea (Cambrien supérieur) dans le secteur du Kheneg Tlaïa dans les Monts d'Ougarta.

V- BUT ET METHODE D'ETUDE

A- But de travail

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude lithostratigraphique et sédimentologique sur la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* dans la région de Nif el Khaoufi (Monts d'Ougarta).

B- Méthode de travail

Ce travail est basé sur un levé d'une coupe géologique accompagné d'une description détaillée des caractéristiques géologiques des affleurements.

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 II
LITHOSTRATIGRAPHIE

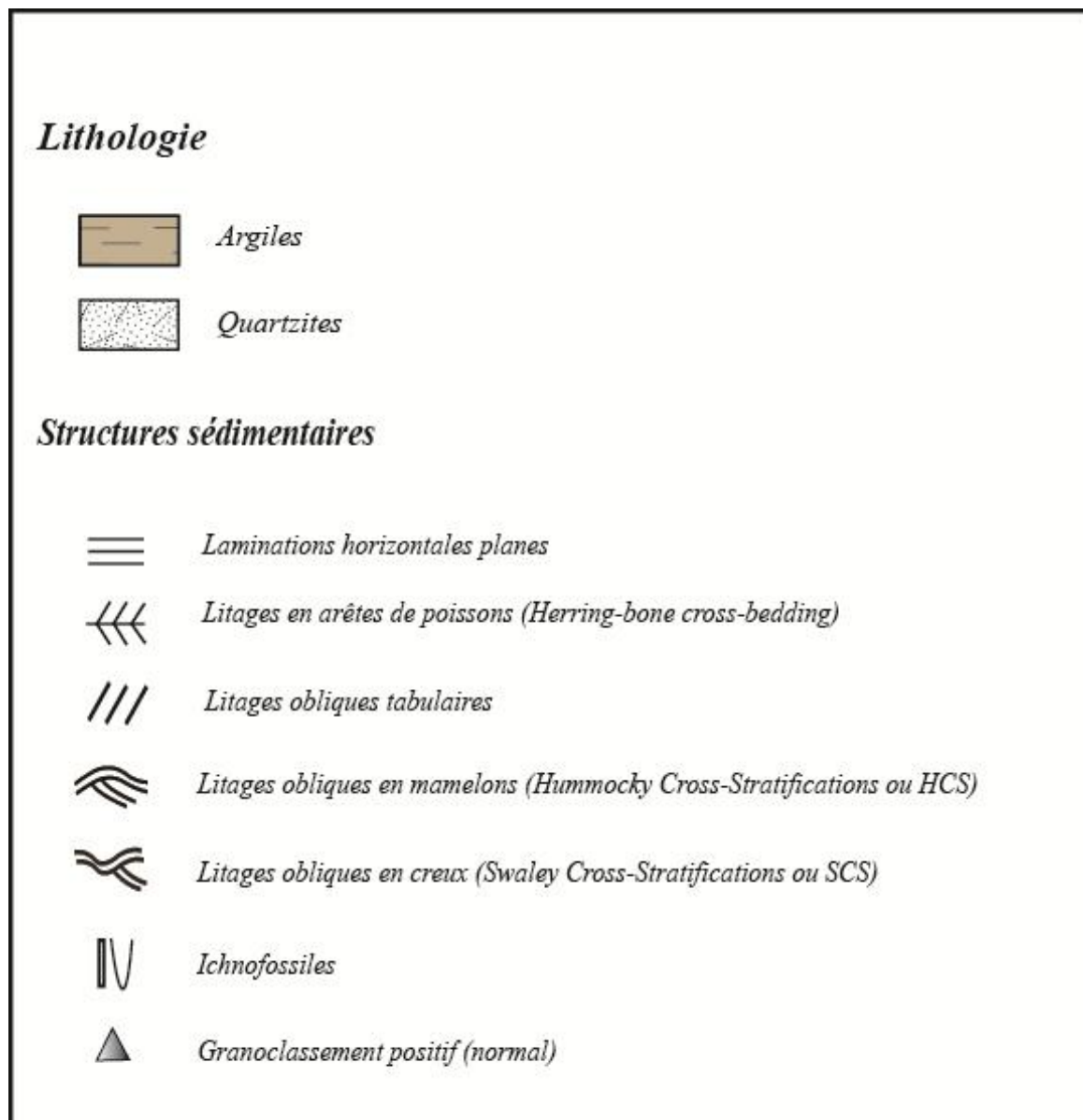


Fig. 8 : Liste des figurés utilisés.

INTRODUCTION

Ce deuxième chapitre est consacré à l'étude lithologique de la coupe levée dans la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* dans le secteur d'Oued Teferguenite Kbir (Fig. 10).

La description détaillée des affleurements est basée essentiellement sur la lithologie, la granulométrie, la stratonomie, la couleur et les structures sédimentaires.

I- DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

A- Localisation de la coupe

La coupe a été levée sur le flanc NW de Nif el Khaoufi, en bordure de Oued Teferguenit Kbir, à environ 80 km au Sud de la ville de Béni Abbès et 24 km au SE de village d'Ougarta (Fig. 2, p. 5). Ses coordonnées GPS sont présentées sur la fig. 9.

	Latitude	Longitude	Altitude
Base de la coupe	N 29°35'32,8"	W 2°04'43,5"	530 m
Sommet de la coupe	N 29°35'10,6"	W 29°04'39,7"	498 m

Fig. 9 : Cordonnées GPS de la coupe étudiée.

B- Description de la coupe (Fig. 10 et 12)

La coupe a une épaisseur visible globale d'environ 180 m. Elle est constituée de 7 barres à dominante gréseuse, notées de A à F et séparées par des combes argileuses, à bancs ou passées de grès en plaquettes (Fig. 10 et 12).

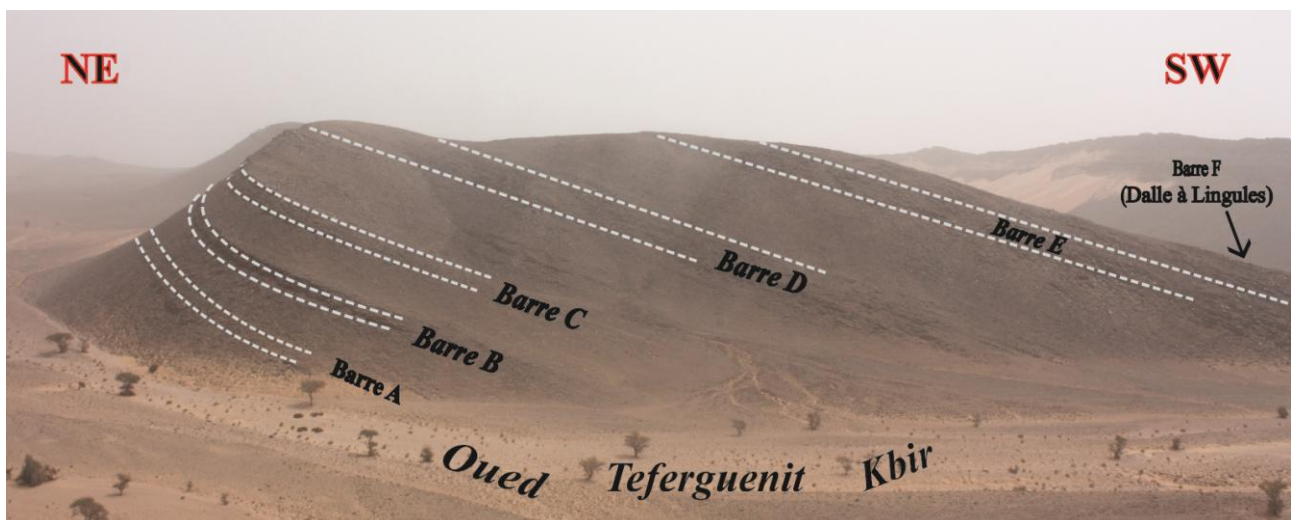


Fig. 10: Photo panoramique des affleurements de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea*.

1- Barre A (4,5 m - Fig. 10, 11 et 12)

Cette première barre vient après un ensemble d'argiles de 25 m d'épaisseur. De couleur jaunâtre à verdâtre, celles-ci sont intercalées par des bancs de grès moyens à grossiers, parfois lenticulaires et en plaquettes.

Cette barre est matérialisée par une succession des bancs de quartzites stratocroissants de 0,30 à 1,20 m d'épaisseur (Fig. 11 et 12). Ce sont des bancs de teinte grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure, caractérisés par la présence de laminations horizontales (Fig. 13) à subhorizontales, de laminations obliques (Fig. 14), de litages obliques en mamelons (*Hummocky Cross-Stratifications* ou HCS - Fig. 14) et en arêtes de poissons (Herring-bonne cross-stratifications - Fig. 15). Au-dessus de cette barre, les argiles sont plus ou moins rougeâtres et intercalées par des bancs gréseux (0,05 à 0,20 m), parfois en plaquettes (Fig. 16). Vers le sommet de cette seconde combe, les bancs gréseux deviennent espacés, puis disparaissent.



Fig. 11 : Photo panoramique montrant les Barres A, B et C.

2- Barre B (4,5 m - Fig. 10, 11 et 12)

La deuxième barre de la formation forme une superposition de plusieurs bancs de quartzite, parfois en plaquettes, d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Ces bancs sont de teinte grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure et montrent divers figures sédimentaires : des laminations horizontales (Fig. 17 et 18) à subhorizontales et obliques (Fig. 18 et 19) et des litages obliques tangentiels (Fig. 19) et en arêtes de poissons (Fig. 20). On note également la présence d'un banc de quartzite à traces fossiles (*Skolithos* - Fig. 21).

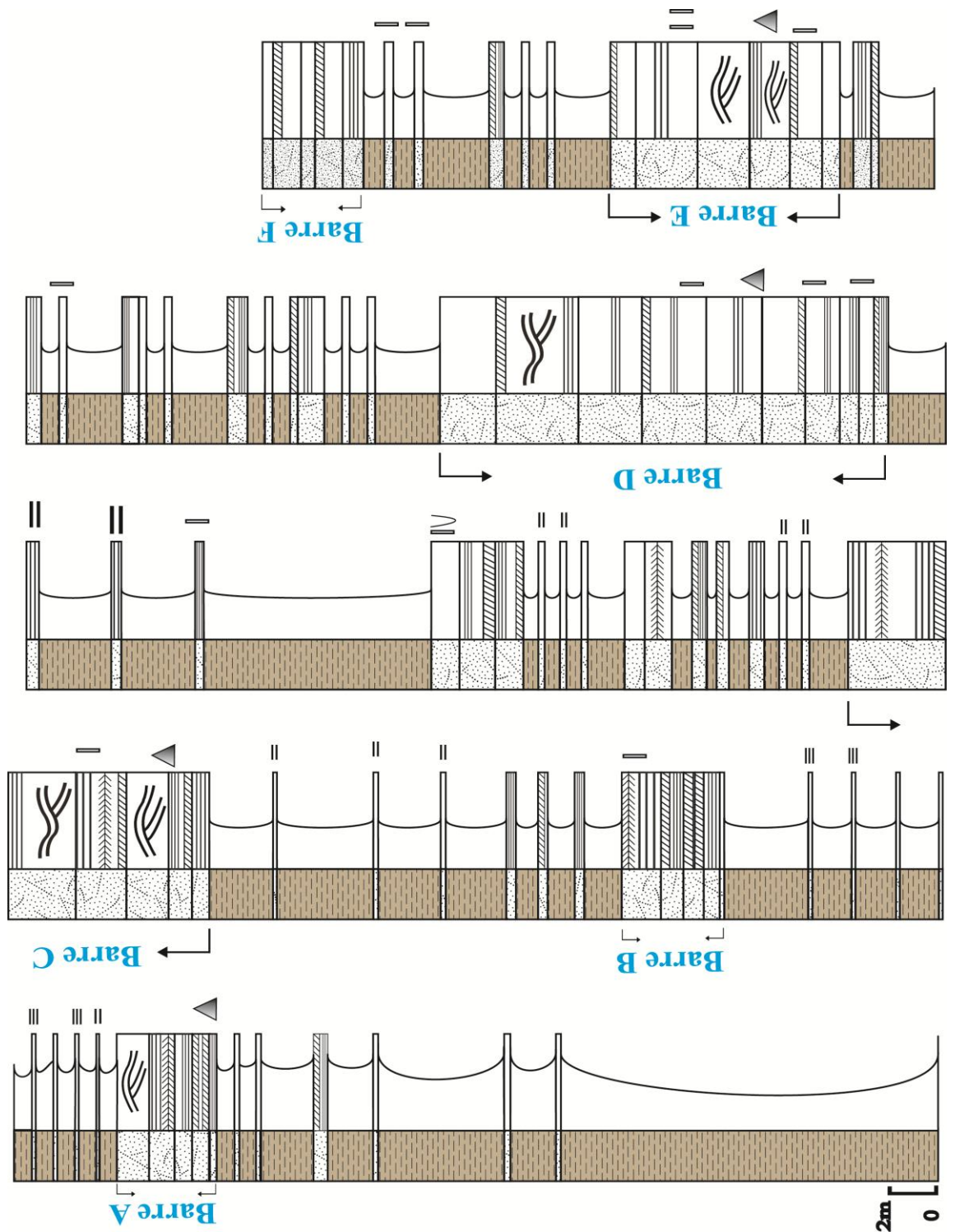


Fig. 12 : Colonne lithostratigraphique de formation des Quartzites d'Ain en Nechea

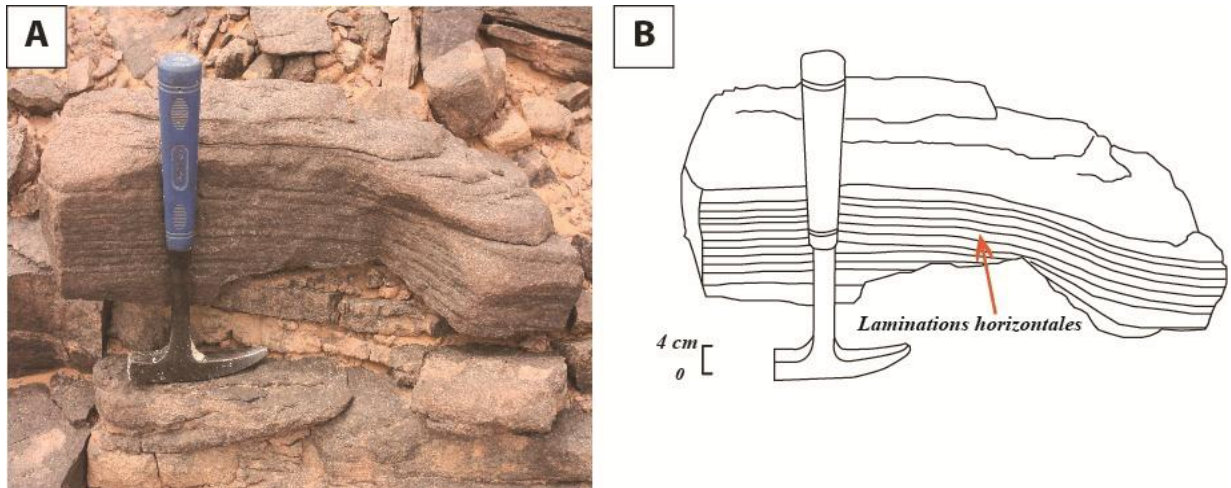


Fig. 13 : Bancs de quartzites à laminations horizontales (Barre A).

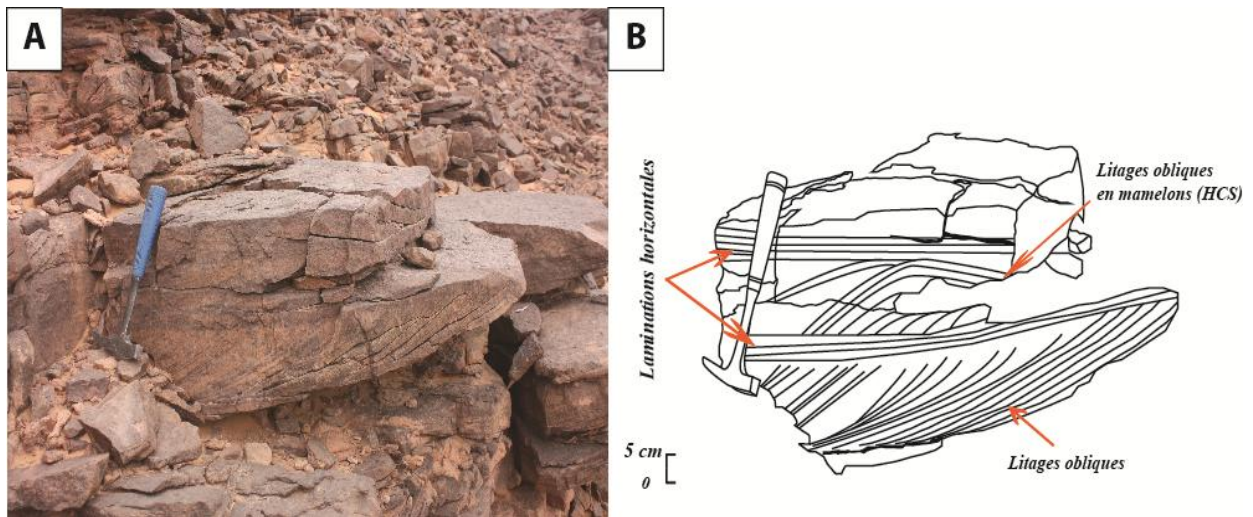


Fig. 14 : Bancs de quartzites à laminations horizontales et obliques et à litages obliques en mamelons (HCS) (Barre A)

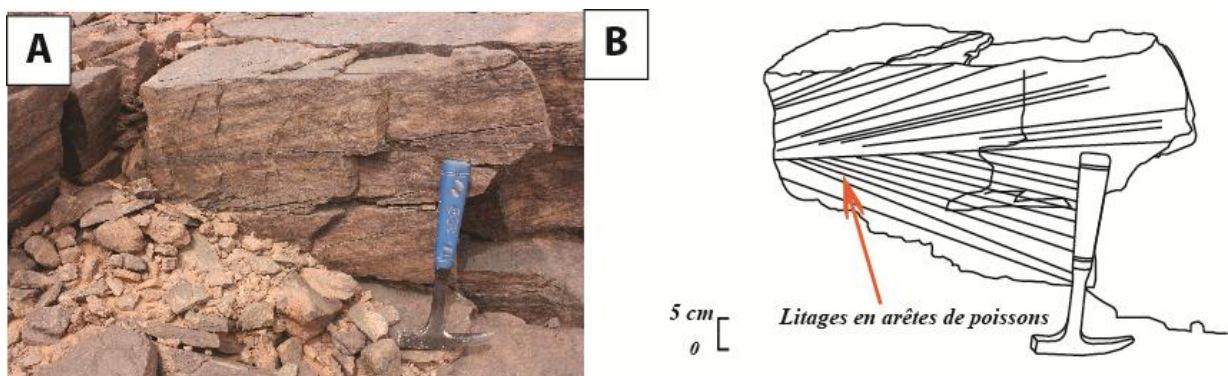


Fig. 15 : Bancs de quartzites à litages en arêtes de poissons (Barre A).



Fig. 16 : Grès en plaquettes (Inter-barre A et B).

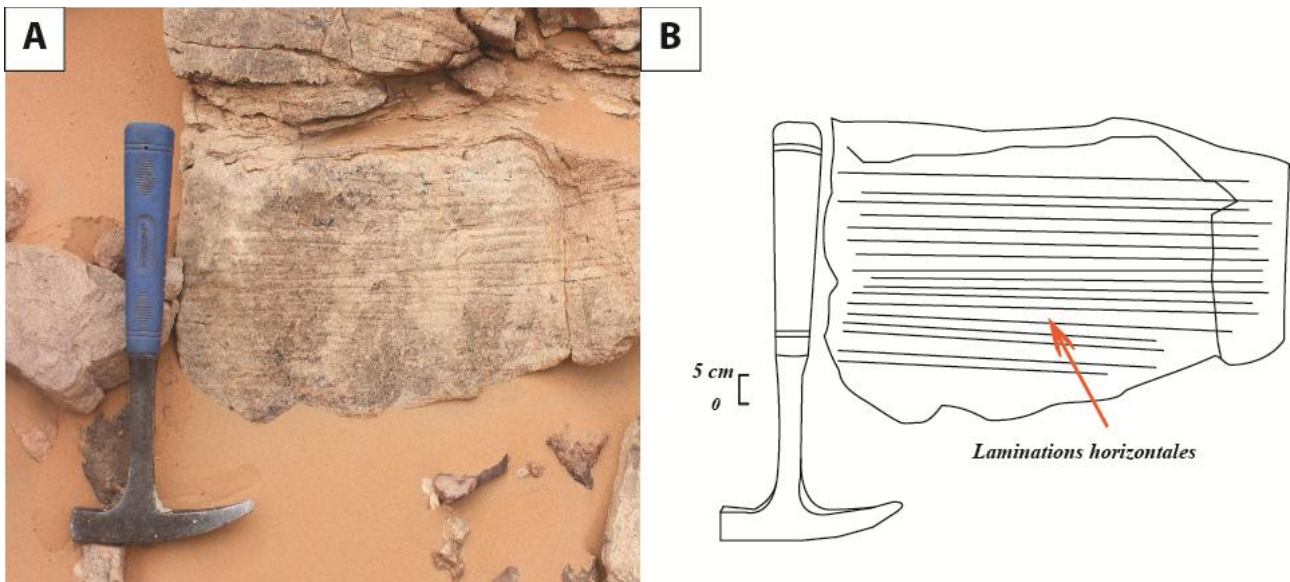


Fig. 17 : Quartzites à laminations horizontales (Barre B).

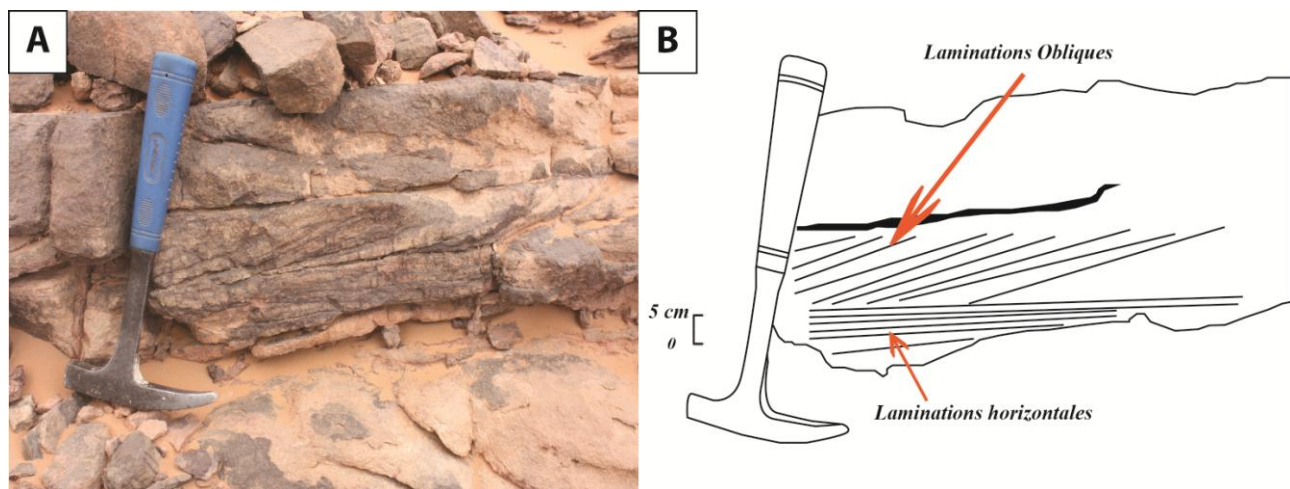


Fig. 18 : Quartzites à laminations horizontales et obliques (Barre B).

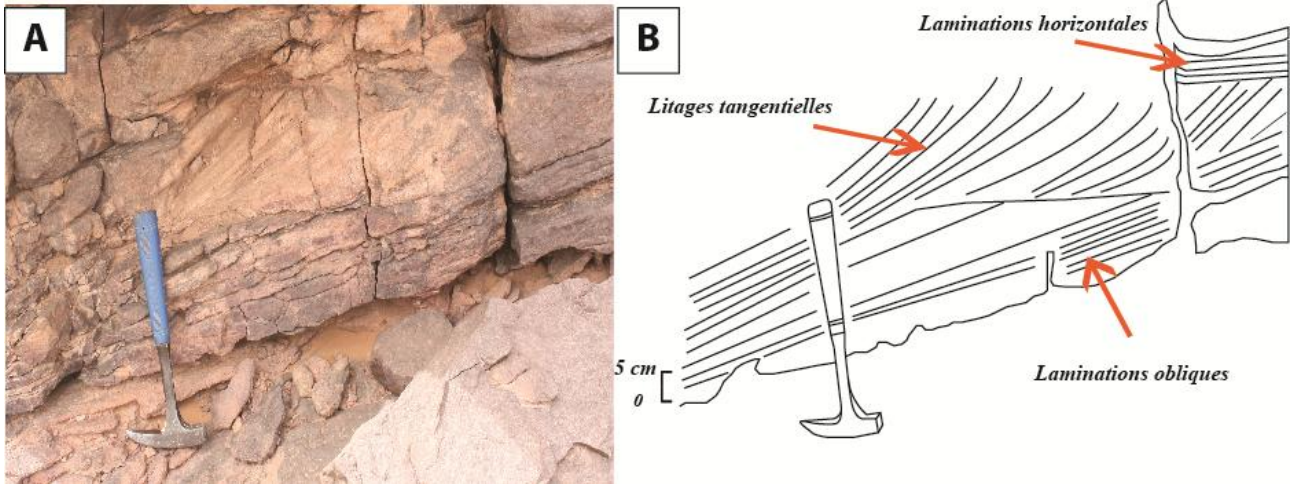


Fig. 19 : Quartzites à laminations horizontales et obliques (Barre B).

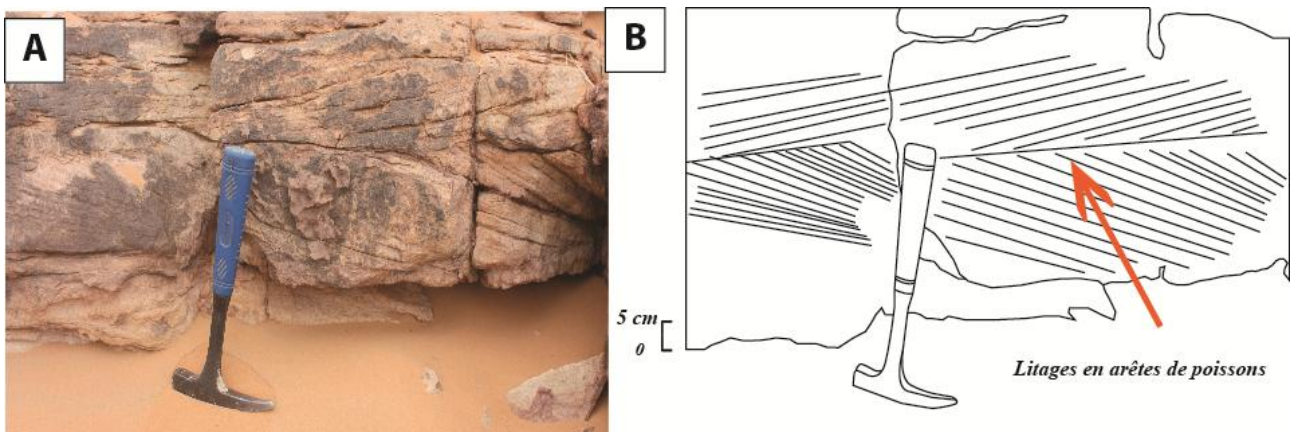


Fig. 20 : Quartzites à litages en arêtes de poissons (Barre B).

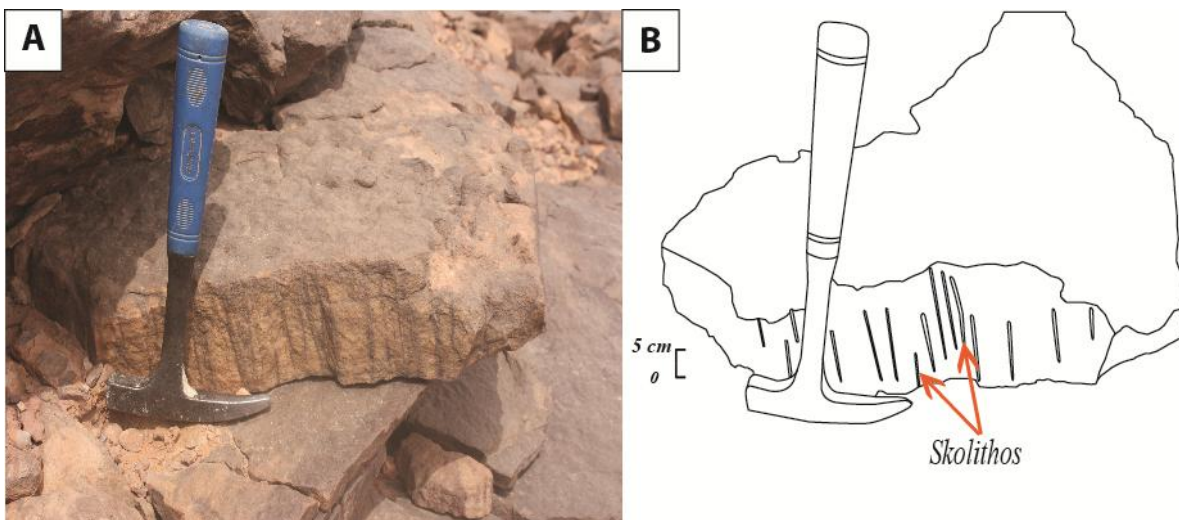


Fig. 21 : Quartzites à traces fossiles (Skolithos) (Barre B).

3- Barre C (12 m)

Cette troisième barre surmonte une combe argileuse de 15 m de puissance dans laquelle s'intercalent des niveaux gréseux (5 à 30 cm), souvent à laminations obliques et horizontales. Les argiles admettent vers le sommet des grès en plaquette (Fig. 22).

La barre C (Fig. 23) est caractérisée par des quartzites à grains moyens à grossiers, en bancs épais (4 m), de teinte jaunâtre à la patine et blanchâtre à la cassure.

Au sein de ces bancs, des structures sédimentaires sont bien visibles. Ce sont des laminations horizontales, subhorizontales (Fig. 24 et 25), et obliques (Fig. 25), des litages en arêtes de poissons (Fig. 26), de rides de vagues en chevrons (Fig. 27) et obliques en creux (SCS - Fig. 28). Des traces d'activité biologique, représentées par des *Skolithos*, ont également été observées sur certaines strates (Fig. 24 et 29).



Fig. 22 : Grès en plaquettes (Inter-barre B et C).

Au-dessus de cette barre, vient une combe à dominante argileuse qui débute par des intercalations de bancs de quartzite, parfois en plaquettes, de 0,5 à 15,0 cm d'épaisseur. Comme structures sédimentaires, on citera des laminations horizontales et obliques et des litages en arêtes de poissons. Cet ensemble se poursuit par 4 m d'argiles, intercalées par grès en plaquettes surmontés par un banc de 2 m d'épaisseur, à litages horizontales et obliques et à traces d'activité organique (Fig. 30). Enfin, les argiles s'intercalent vers le sommet à 2 autres niveaux de grès en plaquettes.



Fig. 23 : Photo montrant la succession des bancs de quartzite dans la barre C.

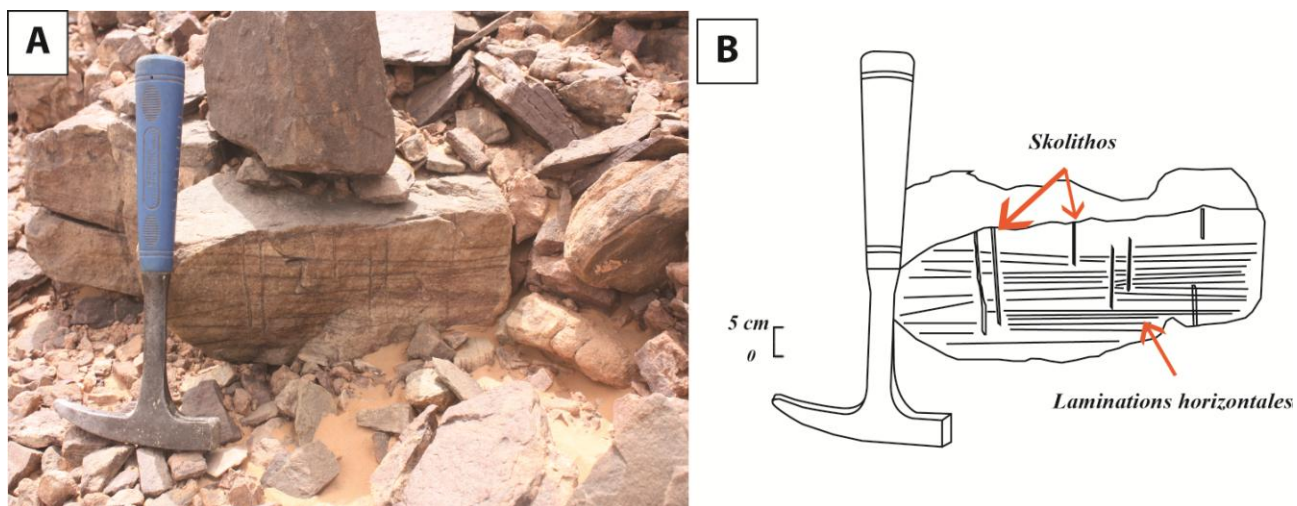


Fig. 24 : Banc de quartzite à laminations horizontales et traces fossiles (Skolithos) (Barre C).

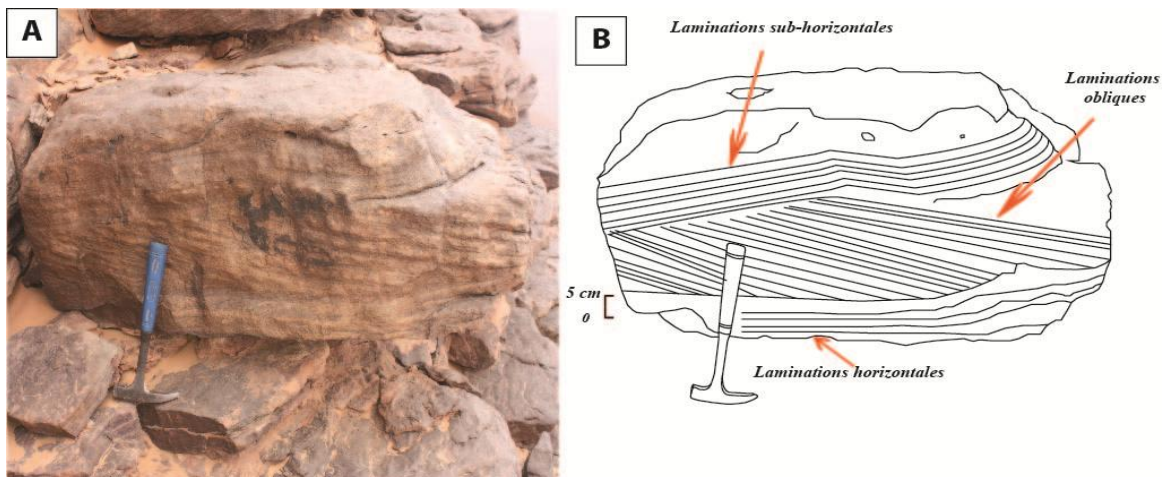


Fig. 25 : Banc de quartzite à structures sédimentaires (Barre C).

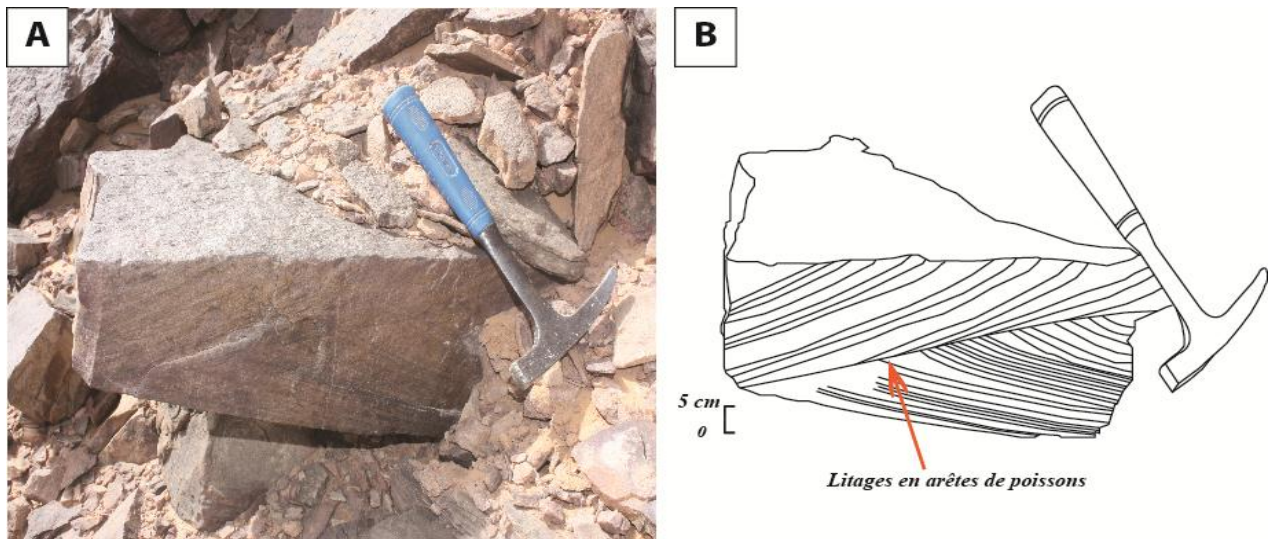


Fig. 26 : Banc de quartzite à litages en arêtes de poissons (Barre C)

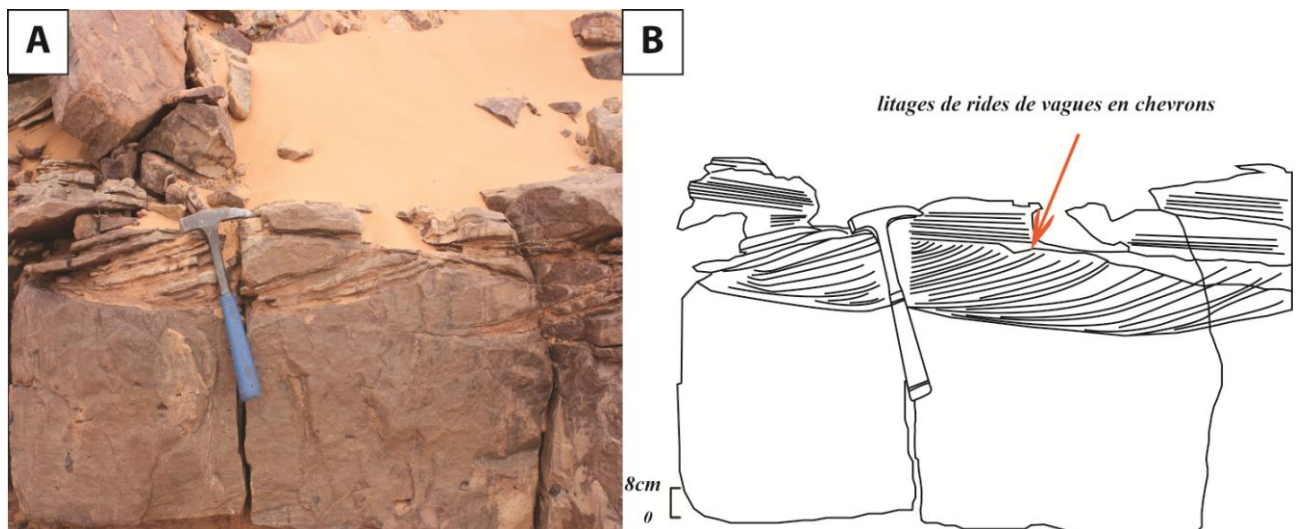


Fig. 27 : Banc de quartzite à litages de rides de vagues en chevrons (Barre C).

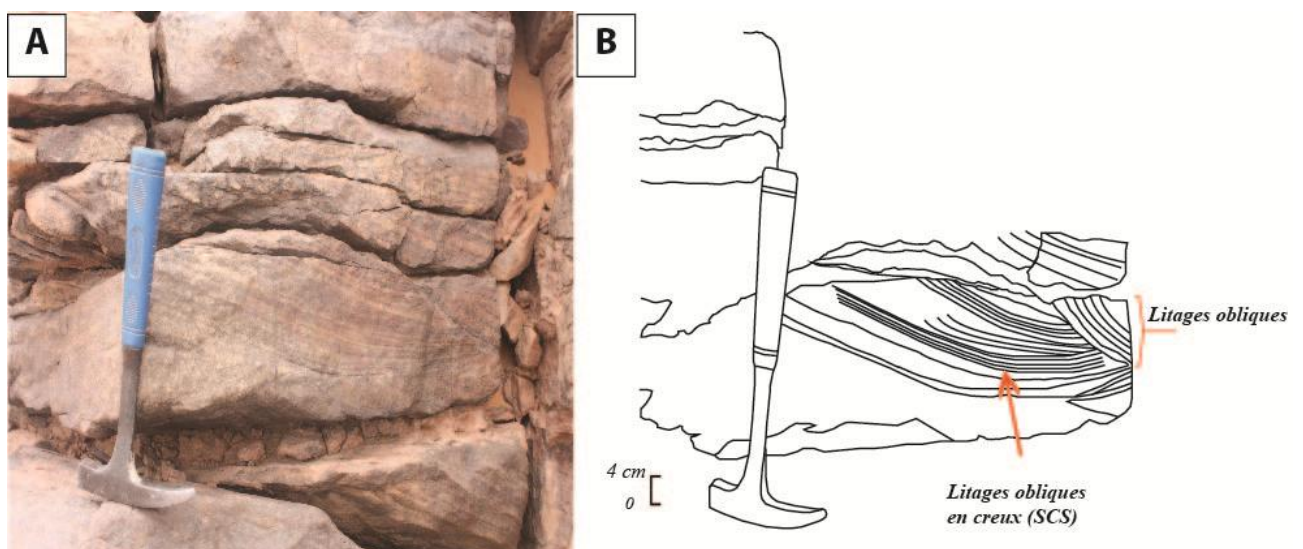


Fig. 28 : Banc de quartzite à litages obliques en creux (SCS).



Fig. 29 : Banc de quartzite à traces fossiles (Skolithos – Barre C).



Fig. 30 : Surface supérieure d'un banc de quartzite à traces fossiles (Inter-barre C et D).

4- Barre D (16 m)

Cette barre correspond à une superposition des bancs décimétriques à métriques de quartzite très indurés (Fig. 31), séparés entre eux par des joints ou des diastèmes, de couleur grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure. Certaines strates montrent des laminations horizontales et obliques (Fig. 32) et des traces fossiles dont la longueur augmente par rapport à celles observées précédemment (Fig. 33).

Au-dessus de la barre D, vient une combe argileuse à intercalations de bancs de quartzite montrant des laminations horizontales, obliques (Fig. 34 et 35) et des traces fossiles.



Fig. 31 : Photo montrant l'alternance serrée de bancs de quartzite de la Barre D.

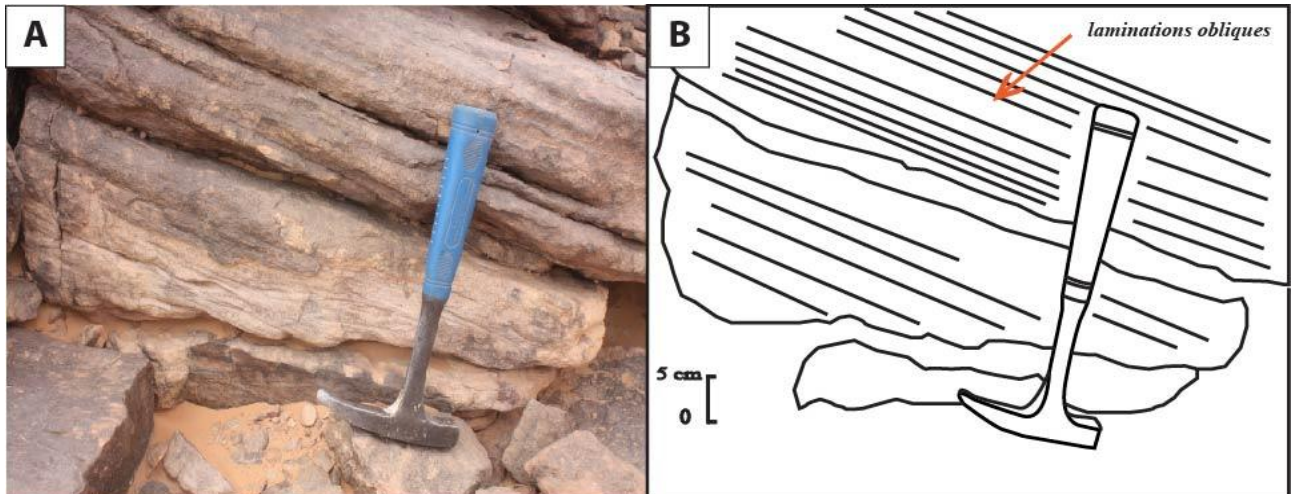


Fig. 32 : Banc de quartzite à laminations obliques (Barre D)



Fig. 33 : Banc de quartzite à traces d'activité organique (Barre D).



Fig. 34 : Banc de quartzite à laminations tabulaires et oblique (Inter-barre D et E).

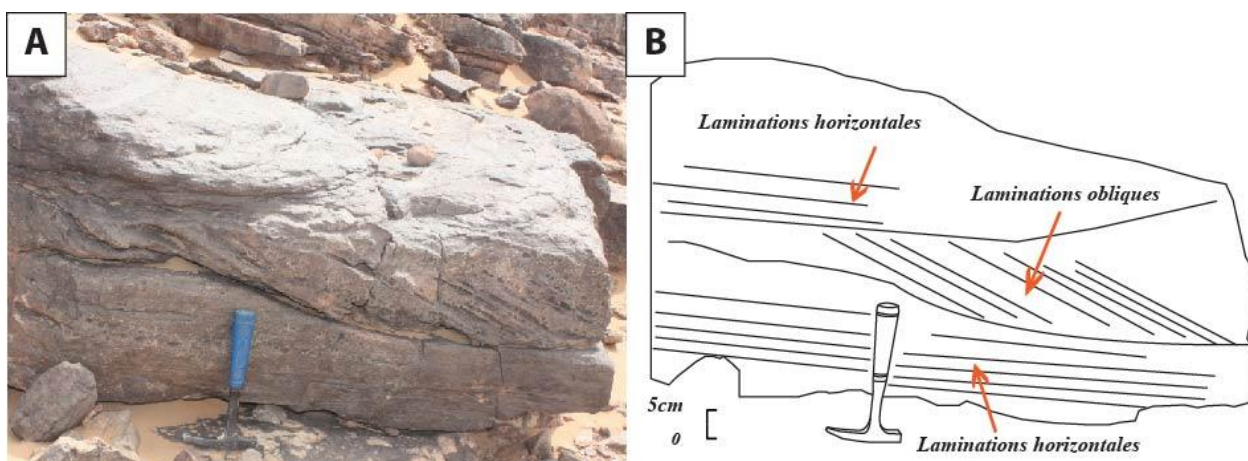


Fig. 35 : Banc de quartzite à laminations horizontales et obliques (Inter-barre D et E).

5- Barre E (9,5 m)

Cette barre correspond à une succession de bancs de quartzite de couleur grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure. On y observe des laminations obliques et horizontales (Fig. 36), des litages obliques en mamelons (*HCS*) ainsi que des traces d'activité organique (Fig. 37). Nous notons également un ensemble de bancs de grès lenticulaires (Fig. 38).

Cette barre est surmontée par une combe argileuse à intercalations de bancs de quartzite d'épaisseur décimétrique à quelques laminations horizontales et obliques et traces fossiles.

6- Barre F (4 m)

La dernière barre de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* correspondrait à la *Dalle à Lingules* de **GOMES SILVA et al. (1963)**, ou *Grès à Lingules* de **POUEYTO (1952, in BERTRAND et al., 1983)**, ou encore *Grès à Lingulifornea* de **LEGRAND (2002)**.

Il s'agit d'une succession de bancs décimétriques lenticulaire de quartzite, de teinte grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure.

Le sommet de la formation est matérialisé par un banc de quartzite microconglomératique, ferrugineux, riche en empreintes de *Lingules* (Fig. 39 et 40).



Fig. 36 : Banc de quartzite à laminations horizontales (Barre E)



Fig. 37 : Banc de quartzite à traces d'activité organique (Barre E).



Fig. 38 : Photo montrant l'allure lenticulaire d'un ensemble de bancs gréseux.



Fig. 39 : Dernier banc de la formation des Quartzites d'Ain en Nechea (Barre F ou Dalle à Lingules).



Fig. 40 : Surface supérieure du dernier banc de la formation des Quartzites d'Ain en Nechea (Barre F ou Dalle à Lingules).

II- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE

En l'absence de fossiles dans notre coupe, le cadre biostratigraphique de formation d'étude sera basé sur les travaux des anciens auteurs.

D'après **POUEYTO (1952, in LEGRAND, 2010)**, la *Dalle à Lingules* est proche de la limite Cambrien-Ordovicien dans les Monts d'Ougarta.

ARBEY (1962) et **GOMEZ SILVA et al. (1963)** attribuent la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* au Cambrien supérieur, sans aucun indice paléontologique.

Pour **LEGRAND (1983)** et **AIT KACI (1990)**, la *Dalle à Lingules* est déjà ordovicienne puisque son âge est Trémadocien inférieur.

CHAPITRE III
SEDIMENTOLOGIE

INTRODUCTION

Le présent chapitre sera consacré à la définition des principaux faciès reconnus dans la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea*. Celle-ci sera basée sur les caractéristiques lithologiques, granulométriques et, surtout, sur l'inventaire des figures sédimentaires hydrodynamiques et biologiques observées dans notre coupe. Elle nous permettra de déterminer les conditions de mise en place de ces faciès ainsi que les environnements de dépôt et leur organisation séquentielle.

I- DESCRIPTION & INTERPRETATION DES FACIES

Deux principaux faciès peuvent être définis dans la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea*. Il s'agit des **argiles (FI)** et des **quartzites (FII)**.

A- Faciès des argiles (FI)

1- Description

Les argiles caractérisent l'ensemble de la coupe, mais surtout les parties inférieure et médiane de notre formation.

Dans la première partie, elles sont d'épaisseur variable (centimétriques à métriques), de teinte jaunâtre à verdâtre et s'intercalent aux bancs de quartzite indurés ou en plaquettes. Dans la seconde partie, leur épaisseur atteint les 5 m.

2- Interprétation

D'une manière générale les argiles sont le résultat d'un dépôt lent et vertical, qui s'est mis en place par décantation de particules fines en suspension, dans un milieu à faible hydrodynamisme, sans transport horizontal ou oblique brutal.

B- Faciès des Quartzites (FII)

Ce second faciès s'intercale au sein des argiles (faciès FI), mais surtout dans les 6 barres de notre coupe. Il se présente en bancs indurés ou en plaquettes, généralement de nature quartzitique. Il est de teinte grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure, à grains moyens et renferme des figures sédimentaires telles que des laminations horizontales, des litages obliques en mamelons (HCS) et en creux (SCS) et des stratifications obliques en arêtes de poissons.

En fonction de ces structures sédimentaires, on peut subdiviser ce faciès en 5 sous-faciès.

1- Sous-faciès des Quartzites à laminations horizontales ou subhorizontales (FII-A)

1.1- Description

Ce sous-faciès est observé dans plusieurs niveaux quartzitiques de la coupe (Fig. 12, p. 16). Il est d'épaisseur centimétrique à métrique et à grains moyens à grossiers. Il forme des lamines horizontales à subhorizontales bien nettes ou discrètes à l'interface des bancs (Fig. 13 et 14, p. 17 ; fig. 17 et 18, p. 18 ; fig. 19, p. 19 ; fig. 24 et 25, p. 21 ; fig. 35, p. 25).

1.2- Interprétation

Ce type de structures sédimentaires reflète l'action d'un courant unidirectionnel de fond ayant exercé une action de traction et de classement des grains. Dans notre cas, il reflète plutôt un régime de flot vraisemblablement supérieur (*upper flower regime* - Fig. 41). Le courant est trop rapide pour permettre la formation des mégarides, mais encore trop lent pour que naissent des antidunes. Les particules de sables se déplacent par charriage, petits sauts et glissements contre le fond et sont liées à un changement dans le mécanisme du transport (CHAMLEY, 2000 ; COJAN et RENARD, 2013) en formant une couche continue à la surface du fond.

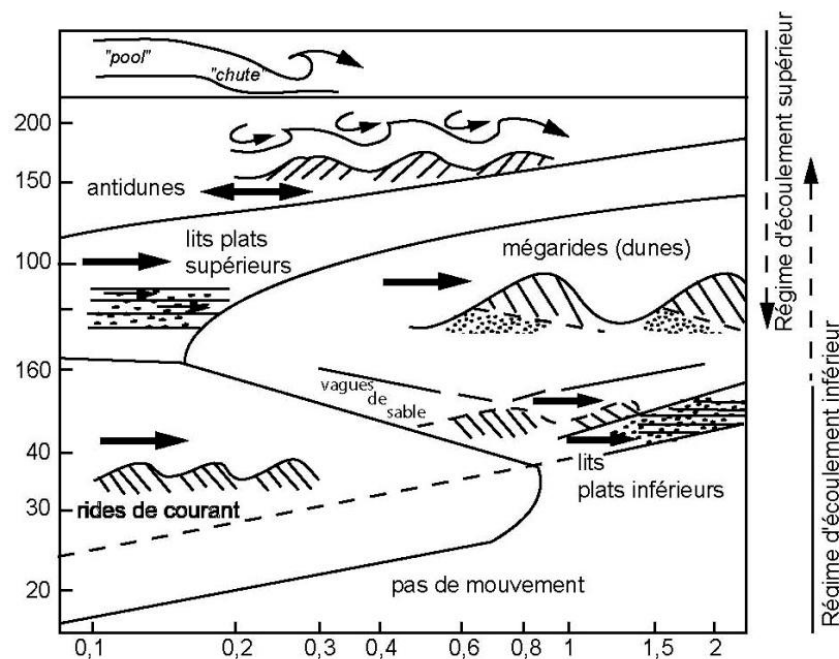


Fig. 41 : Principales formes sédimentaires en fonctions du régime d'écoulement unidirectionnel (ALLEN, 1985, in DEVLEESCHOUWER, 2008, 2009).

2- Sous-faciès des Quartzites à laminations obliques (tabulaires et tangentiels) (FII-B)

2.1- Description

Les laminations obliques (*cross-bedding*) sont observés un peu partout dans la formation, au sein de bancs quartzitiques à grains fins à moyens, de couleur grisâtre et d'épaisseur centimétrique à

métrique (0,2 à 1,3 m) (Fig. 14, p. 17; fig. 18, p. 18; fig. 19, p. 19; fig. 25, p. 21; fig. 28, p. 22; fig. 32, p. 24 ; fig. 34 et 35, p. 25).

Concernant leur géométrie, la plupart de ces structures sont tabulaires. Cependant, un des bancs quartzeux montre des laminations obliques tangentielles (*Tangential Cross-bedding*) (Barre B - Fig. 19, p. 21).

2.2- Interprétation

La genèse des laminations obliques est liée à la migration latérale de formes sédimentaires avec dépôt de matériel détritique, sous l'action d'un régime d'écoulement supérieur (*upper flower regime* - Fig. 41). Ils représentent l'arrangement des grains, dans une strate, sous forme de laminations conformes, inclinées, forment un angle avec les plans de stratifications.

Dans notre coupe, ces laminations sont rectilignes avec un contact anguleux avec la surface basale, rarement arquées, en auges, avec un contact basal tangentiel (ALLEN, 1977 ; BUGNICOURT *et al.*, 1996 ; TUCKER, 2003 ; COLLINSON *et al.*, 2006 ; COLLINSON & MOUNTNEY, 2019).

Quel que soit le type de ces laminations, obliques tabulaires ou tangentielles, elles correspondent à des structures de mégarides (DARLRYMPLE *et al.*, 1978), structures équivalentes des "petites dunes" (*small dunes*) d'ASHLEY (1990, *in* BOUTERFA, 1999).

Ces structures se forment sous l'action d'un courant unidirectionnel dont la vitesse est supérieure en moyenne à celle qui façonne les vagues de sable (à partir de 60 cm/s). Elles sont fréquentes des milieux peu profonds, soumis à une forte énergie (fleuves, estuaires, baies exposées, etc...), mais existent également à plus grande profondeur lorsque les courants sont violents (CHAMLEY, 1987 ; CHAMLEY *et* DECONINCK, 2011).

3- Sous-faciès des Quartzites à litages obliques en mamelons et en creux (FII-C)

3.1- Description

Les litages obliques en mamelons (*Hummocky Cross Stratifications* ou *HCS*) sont observés au sein de bancs de quartzite dans 4 barres gréseux, A, C, D et E (Fig. 14, p.19) ; tandis que les litages en creux (*Swaley Cross-Stratifications* ou *SCS*) ont été observés dans 2 barres, C et D (Fig. 28, p. 22). Ces bancs sont de couleur grisâtre, généralement centimétriques à métriques, à granulométrie fine à moyenne.

3.2- Interprétation

Les litages obliques en mamelons (Fig. 42A) et en creux (Fig. 42B) sont des stratifications entrecroisées qui s'observent aussi bien dans les sédiments sableux ou gréseux que carbonatés (TUKER, 2003). Leur taille granulométrique se situe entre les grains fins à moyens (DEVLEESCHOUWER, 2009).

Les litages obliques en mamelons (HCS - Fig. 42A) sont caractérisés par de larges ondulations, faiblement inclinée (souvent moins de 15°). Les lamines peuvent être suivies de manière continue dans les dépressions et sur les mamelons.

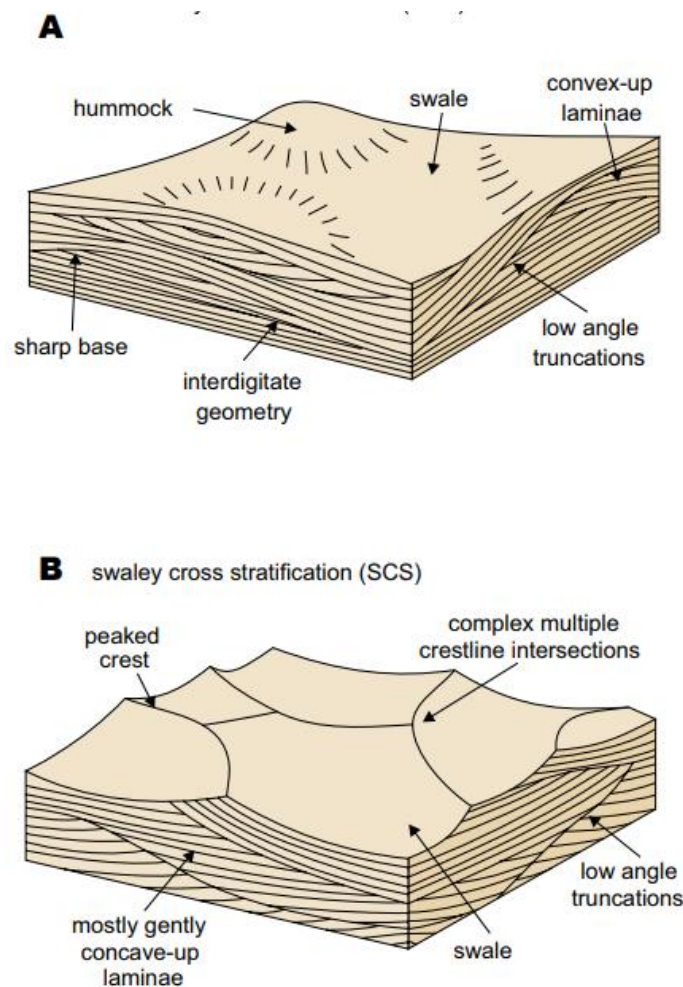


Fig. 42 : Litages obliques en mamelons (A) et en creux(B) (d'après COLLINSON & MOUNTNEY, 2019).

Les litages obliques en creux (Fig. 42B) (SCS de LECKIE et WALKER, 1982 in MULDER *et al.*, 2009), résultent de la superposition de dépressions érosives s'inclinant rarement de plus de 12°. Ils sont souvent associés à des HCS dont les dômes ont été tronqués par un courant érosif.

Aussi bien les *HCS* que les *SCS* sont des structures générées par des vagues de tempête dans un régime d'écoulement intermédiaire entre la formation des rides et les stratifications entrecroisées de rides de vagues (LECKIE & WALKER, 1982, in MULDER *et al.*, 2009) et celle des stratifications planes. Les auteurs admettent aujourd'hui que ces structures se forment à partir d'un flot combiné, unidirectionnel et oscillatoire (houle) (FERRY, 2002 ; COLLINSON & MOUNTNEY, 2019).

Ces structures sont communes sur les plates-formes dominées par les courants de tempêtes, au-dessus de la limite d'action des vagues de tempêtes (Fig. 43).

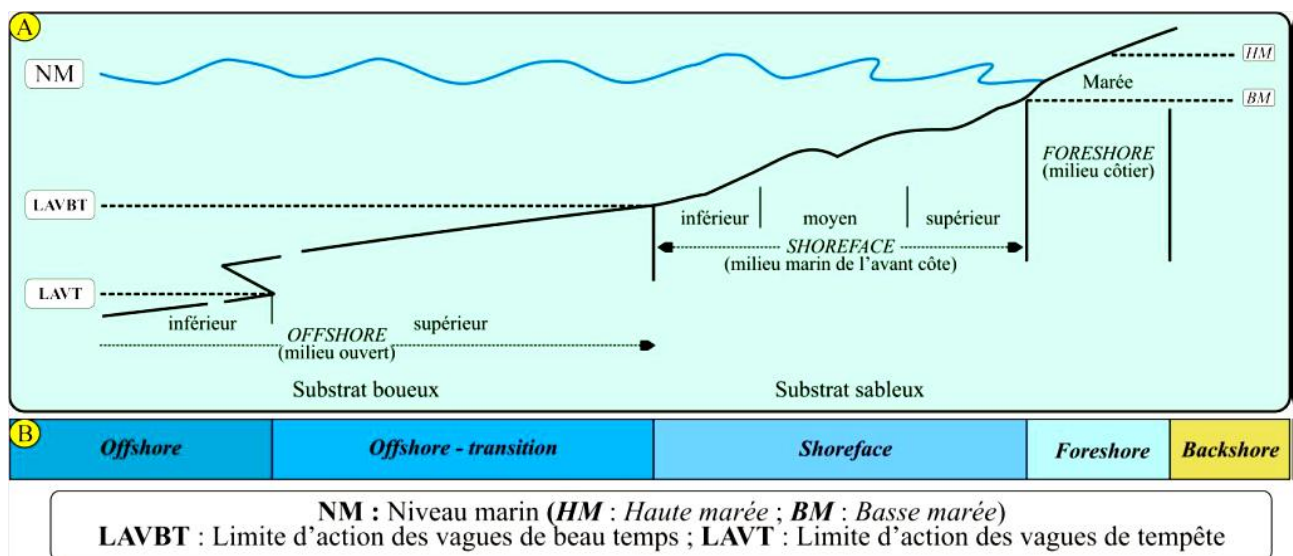


Fig. 43 : Profil de la plate-forme (nomenclature en fonction de l'hydrodynamisme),

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

4- Sous-faciès des Quartzites à litages en "arêtes de poissons" (FII-D)

4.1- Description

Le sous-faciès des Quartzites à litages en arêtes de poissons (*Herring-bones cross stratifications*) est observé au niveau de bancs de quartzite de la Barre C (Fig. 26, p. 22) et environ 6 m au-dessus de celle-ci. Leurs épaisseurs varient de 30 et 70 cm et leur granulométrie est fine à moyenne.

4.2- Interprétation

Ces structures se traduisent par une organisation verticale des laminations de directions opposées due à une réversibilité périodique des courants. Elles sont généralement typiques de milieux soumis à l'influence des marées (ALLEN 1980 ; BRISTOW, 1995 ; COJON et RENARD, 2003). Ce type de courants est le seul capable de produire de telles structures lors des mouvements de flot (*flood*) et de jusant (*ebb*).

5- Sous-faciès de Quartzites massives (FII-E)

5.1- Description

Les bancs de quartzites massifs sont caractérisés par l'absence de stratifications reconnaissables et qui sont donc décrits comme étant sans structures sédimentaires. Ils sont présents un peu partout dans la coupe et occupent la majorité de la Barre D et E (Fig. 12, p. 16). Ils sont d'épaisseur variable (centimétrique à métrique), de couleur grisâtre à la patine et blanchâtre à la cassure et à grains généralement fins à moyens.

Nous avons noté que certains bancs sont associés à des traces de terriers verticaux (Fig. 21, p. 19; fig. 24, p. 21; fig. 29 et 30, p. 23; fig. 33, p. 24).

5.2- Interprétation

Les quartzites massifs se forment à la faveur d'une rapide sédimentation détritique. Ce type de mécanisme sédimentaire provoquerait la destruction simultanée des structures sédimentaires antérieurement mises en place (SIMPSON, 1987 ; SIMPSON et ERIKSSON, 1990).

La diagenèse peut être aussi la cause de la disparition des structures primaires (TUCKER, 2003 ; STOW, 2010).

Enfin, la destruction des stratifications peut également se produire par le remaniement intense des sédiments par les organismes vivants ('Bioturbation) (COLLINSON & MOUNTNEY, 2019).

Le milieu de sédimentation de ce type de faciès correspond au littoral/plate-forme détritique (KUMAR et SANDERS, 1976, in BOUTERFA, 1999).

II- INVENTAIRE & INTERPRETATION DES ICHNOFOSSILES

A- Description

Les traces fossiles rencontrées au sein de nos affleurements correspondent à *Skolithos linearis* Haldeman, 1840. Elles consistent à des terriers verticaux à subverticaux, simples, droits, non branchus, cylindriques et parfois tabulaires (Fig. 24, p. 21). Ils ont un diamètre de 0,3 à 2,0 cm. La longueur de ces terriers peut dépasser 30 cm (Fig. 33, p. 24). Les plus petits spécimens ont une longueur de 2,5 cm. Le remplissage des terriers est généralement similaire à celui de la roche encaissante ; toutefois, on note au niveau d'un banc (Fig. 44) que ce remplissage peut être différent. Les ouvertures au niveau de la surface supérieure des bancs est circulaire à légèrement ovale (Fig. 30, p. 23).

Ces terriers sont très abondants et ressemblent aux *Skolithos pipe-rocks* typiques qui caractérisent le Cambrien et qui peuvent représenter le résultat d'une bioturbation du substrat par plusieurs populations successives (AZIZI *et al.*, 2017).

Il faut noter que ces traces sont post-événementielles puisqu'elles recoupent plusieurs lamines dont des laminations obliques, et parfois entrecroisées (Fig. 44).

B- Discussion

L'ichnogène *Skolithos* est considéré comme une trace d'habitat (domichnion), produite généralement dans un environnement marin littoral (*Shoreface*) par une grande variété d'organismes suspensivores à l'image des anthozoaires, crustacées, holothuriens, phoronidés, polychètes, et priabulides (DASHTGARD & GINGRAS, 2012 ; VINN & WILSON, 2013 ; KNAUST, 2017). Les ichnoespèces de *Skolithos* sont abondantes dans des substrats de type *softground* et *firmground* (KNAUST, 2017), et sont typiques de l'ichnofaciès à *Skolithos* (SEILACHER, 1967) (Fig. 45). Elles indiquent une énergie hydrodynamique très élevée dans un environnement margino-littoral (VINN & WILSON, 2013 ; AZIZI *et al.*, 2017). La trace fossile *Skolithos* est très abondante dans les séries cambriennes. Elle est connue depuis l'Ediacarien (McCALL, 2006), jusqu'à l'actuel (DASHTGARD & GINGRAS, 2012



Fig. 44 : Banc de quartzite montrant la perturbation des lamines par les traces fossiles (*Skolithos*) et leur remplissage différent de l'encaissant.

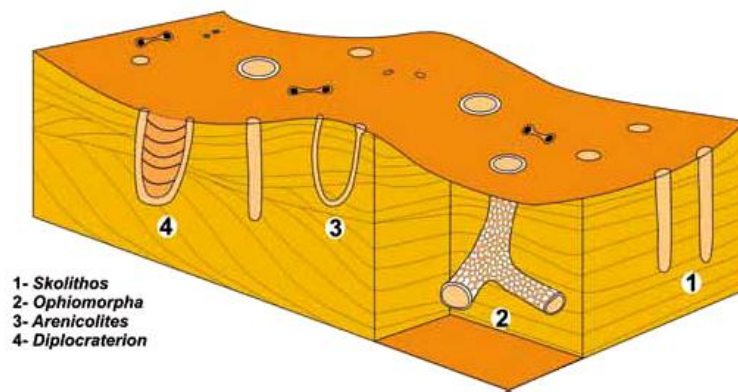


Fig. 45 : Reconstitution schématique de l'ichnofaciès à Skolithos
(D'après BUATOIS & MANGANO, 2011).

III- ASSOCIATIONS DES FACIÈS & MILIEUX DE DÉPÔT

A partir de la description et l'interprétation des faciès et sous-faciès, 2 associations de faciès peuvent être distinguées et reconnues (A et B).

A- Association A

Cette association correspond aux combes à dominante argileuse (les inter-barres). Elle rassemble principalement les faciès argileux (F I) et épisodiquement les faciès quartzitiques (F II), notamment les sous-faciès F II-A (Quartzites à laminations horizontales à subhorizontales), F II-B (Quartzites à laminations obliques).

L'abondance des particules fines argileuses par rapport aux décharges gréseuses grossières (quartzites) nous permettent de dire que l'association A s'est mise en place dans un environnement calme et assez profond, soumis à des arrivées épisodiques de dépôt de grès liées à un changement positif de l'hydrodynamisme. Il s'agit vraisemblablement de dépôt de plate-forme de l'*offshore* supérieur ou *offshore transition* (Fig. 43 et 47).

B- Association B

L'association B englobe les 6 barres (A, B, C, D, E et F) de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea*. Elle regroupe le faciès quartzitique F II représenté par les sous-faciès suivants : F II-A (Quartzites à laminations horizontales à subhorizontales), F II-B (Quartzites à laminations obliques), F II-C (Quartzites à litages obliques en mamelons et en creux), F II-D (Quartzites à litages en arrêts de poissons) et F II-E (Quartzites massives).

En résumé cette seconde association est caractérisée par :

- l'abondance des dépôts détritiques grossiers ;
- l'importance d'une énergie hydrodynamique importante traduite par les structures sédimentaires des différents sous-faciès ;
- l'influence des courants de tempêtes (Sous-faciès F II-C) ;
- la présence par endroits de figures de marées (Sous-faciès F II-D) ;
- l'abondance des traces d'organismes de type *Skolithos linearis*.

Toutes ces caractéristiques plaident pour un environnement de dépôt proximal de type *shoreface* caractérisé par une énergie importante de courants et dominé par des courants de tempêtes combinés parfois à ceux des marées (Fig. 43 et 47).

IV- ORGANISATION SEQUENTIELLE

A- Introduction

Un essai d'application de la stratigraphie séquentielle sera proposé pour comprendre l'organisation verticale des faciès de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea*.

B- Définition des séquences et interprétation

La définition des séquences basée sur la nature des concepts des séquences, un cortège transgressif (CT) distinguer dans les combes argileux et représenté par les associations de faciès A et un autre cortège régressif (CR) noté dans les 6 barres, correspondant à l'association de faciès B.

Chaque séquence est encadrée par deux discontinuités matérialisées par la surface de maximum régressif (MRS) et la surface du maximum d'inondation (MFS) (Fig. 46).

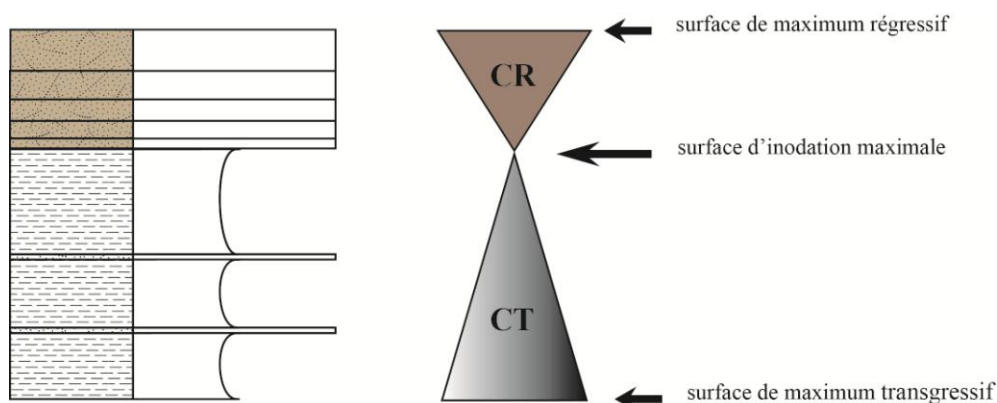


Fig. 46 : Schéma montrant un exemple d'une séquence (CT : cortège transgressif, CR : cortège régressif).

L'évolution séquentielle des faciès de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* montre 6 séquences complètes T/R (Fig. 47). Chacune de ces séquences montre d'abord une migration des dépôts vers la terre, par rétrogradation, matérialisée par des dépôts à dominante argileuse (Association A) suivie d'une migration vers la mer, par progradation des dépôts détritiques grossiers (Association B).

L'allure générale montre une courbe à tendance évolutive cyclique et répétitive (Fig. 47) correspondant à une séquence d'ordre 2 au sens de **VAIL *et al.* (1991)**.

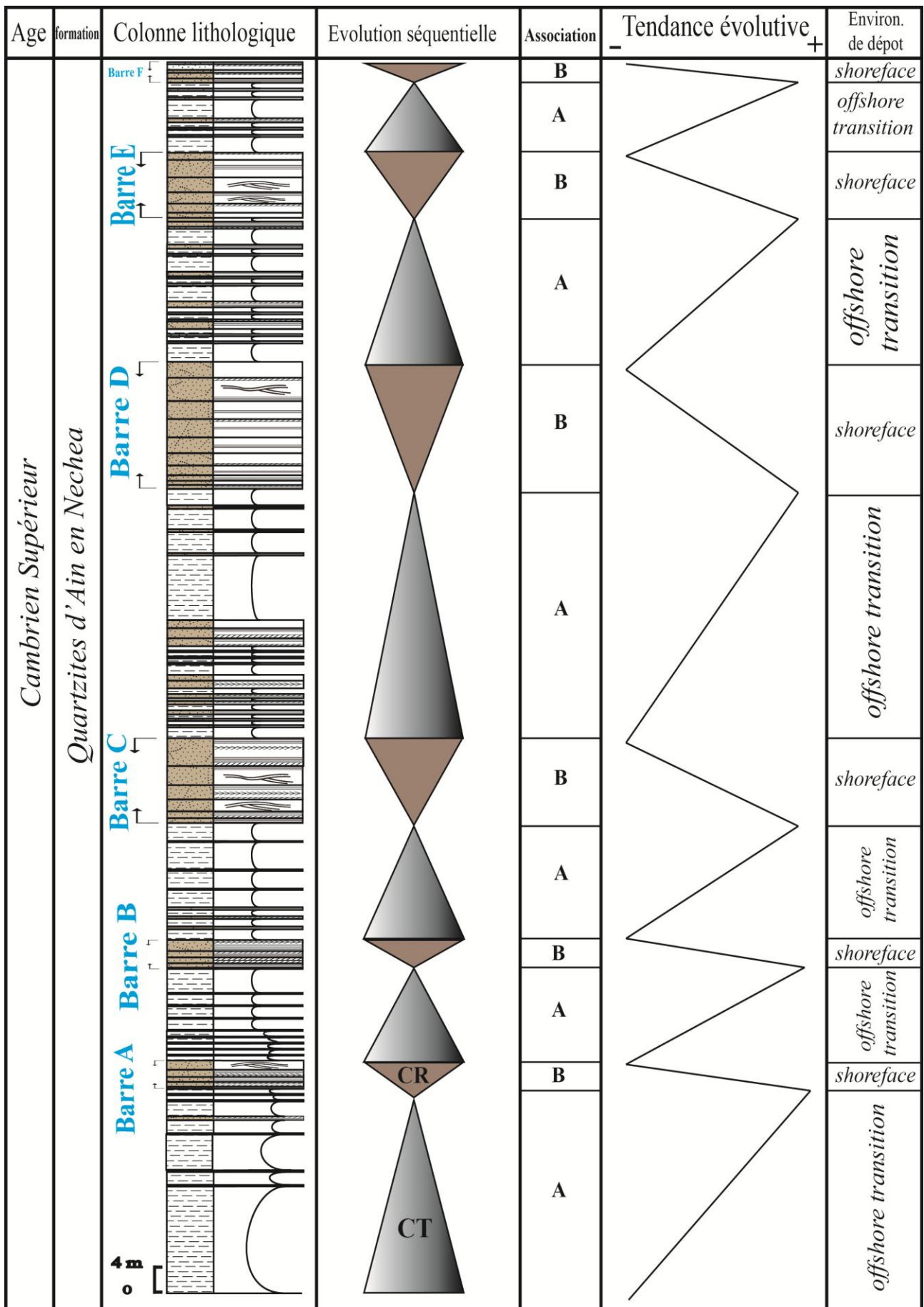


Fig. 47 : Evolution séquentielle de la formation des Quartzites d'Ain en Nechea.

CONCLUSION GÉNÉRALES

CONCLUSION GÉNÉRALES

L'étude lithostratigraphique et sédimentologique de la formation des *Quartzites d'Ain en Nechea* (Cambrien supérieur), réalisée pour la première fois au niveau de Nif el Khaoufi (Monts d'Ougarta), a montré la présence de 6 barres quartzitiques, séparées par des combes argileuses, à bancs ou passées de grès en plaquettes.

Ces unités morphologiques ont des épaisseurs variables, mais peuvent atteindre les 16 m de puissance (cas de la barre D). Elles sont constituées par une superposition de plusieurs bancs de quartzites indurées, parfois en plaquettes, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, de couleur grisâtre des laminations horizontales à subhorizontales, des laminations obliques, des litages obliques en mamelons (HCS) ou en creux (SCS) et en arêtes de poissons (*Herring-bonne cross-stratifications*). D'autres structures de types ichnofossiles ont été trouvées au sein de certains bancs de grès, en sections et en surface. Il s'agit majoritairement de trace de *Skolithos linearis* Haldeman, 1840.

La dernière barre, notée F (4 m), correspond à la *Dalle à Lingules*, un niveau repère bien connu des anciens auteurs (POUEYTO, 1952, in LEGRAND, 2010 ; ARBEY, 1962 ; GOMEZ SILVA et al., 1963, LEGRAND, 1983 ; AIT KACI, 1990 ; LEGRAND, 2002, 2010). Il s'agit d'une succession de bancs décimétriques lenticulaire de quartzite, de teinte grisâtre dont le dernier est microconglomératique, ferrugineux et riche en empreintes de Lingules.

Concernant les niveaux argileux intercalés aux barres gréseuses, leur épaisseur peut atteindre les 15 m. Elles admettent généralement des bancs de quartzites centimétrique à décimétriques, souvent en plaquettes et parfois riches en figures sédimentaires (laminations horizontales et obliques).

L'étude sédimentologique de notre formation, basée sur la description et l'interprétation des structures sédimentaires d'origine hydrodynamique ainsi que les structures biogénique, montre l'influence d'un hydrodynamisme assez élevé lors de la mise en place de barres gréseuses, marqué par des courants de tempêtes et parfois de marées. Les niveaux argileux métriques indiquent généralement un faible hydrodynamisme, sans transport horizontal ou oblique brutal des particules, sauf lors des arrivées sporadiques de décharges gréseuses. Les milieux de dépôt correspondent respectivement au *shoreface* et à l'*offshore supérieur* ou *offshore transition*.

Enfin, l'essai d'organisation séquentielle des affleurements de notre coupe montre une succession de 6 séquences complètes, transgressives/régressives, cycliques et périodiques s'intégrant dans un grand cycle de 2^e ordre au sens de VAIL et al. (1991).

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

- ABBACHE A. (2019)** - Paléobiodiversité et évènements eustatiques du Dévonien supérieur de Ben-Zireg et Gourara (Sahara nord-ouest, Algérie). *Th. Doct. Univ. Oran 2*. 345 p.
- AIT KACI A. (1990)** - Évolution lithostratigraphique et sédimentologique du Cambrien des Monts d'Ougarta (Sahara Algérien nord-occidental), *Th. Doct. 3ème Cycle U.S.T.H.B.*, Alger, 168 p. (inédit).
- AIT-OUALI R., NEDJARI A. (2006)** - Le bassin d'Ougarta: une mobilité permanente au Paléozoïque. *Mém. Serv. Géol. Nation.* N°13, p. 23-40.
- ARBEY F. (1962)** - Données nouvelles sur la sédimentation au Cambro-Ordovicien dans les Monts d'Ougarta (Sahara algérien). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 266, D, p. 76-78.
- ARBEY F. (2007)** - La glaciation ordovicienne dans la chaîne d'Ougarta. *Mém. Serv. Géol. Nation.* n°13, p. 41-121.
- 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.
- BERRABAH A. (2012)** - Aspect sédimentologique de la “ Formation Djebel Serraf “ (Fini Ordovicien) au Ksar de d'Ougarta et ses environs. *Mém. Mag. Sc. Terre*, Université d'Oran, 96 p.
- BOUTERFA B. (1999)** - Enregistrement sédimentologique et séquentiel des évènements détritiques calloviens, oxfordiens et kimméridgiens dans les Monts de Rhar Roubane (Algérie occidentale). *Mém. Magister*, Univ. Oran, p. 29-78.
- BRISTOW C. (1995)** – Internal geometry of Ancient Tidal Bedforms Revealed Using Ground Penetrating Radar. *Inter. Assoc. Sedim, Spec Publ.*, 24, p. 32-31
- BUGNICOURTMM.D., FABER J., KUBLER B., NYSSSEN R. (1996)** - Essai de nomenclature et caractérisation des principales structures sédimentaires. *Chambre syndicale Rech. et de la Prod. Pétrole et du Gaz Nat. TECHNIP (édit)*. Paris, p. 291.
- CHAMLEY H. (2000)** - Base de sédimentologie. *Dunod (édit)*, Paris, France. p. 178.

- CHIKHAOUI N. & DONZEAU M. (1972)** - Le passage Précambrien-Cambrien dans les monts d'Ougarta : Le conglomérat du Djebel Ben Tadjine (Saoura, Sahara algérien nord-occidental). *Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*.
- CHIKHAOUI M. (1974)** - Les ignimbrites et les roches basiques du Précambrien supérieur des Monts d'Ougarta (Saoura). *Th. Doct. 3ème Cycle, Fac. Sci. Alger*, 2 vol. t1, 114 p.
- CHIKHAOUI M. (1981)** - Les roches volcaniques du protérozoïque supérieur de la chaîne panafricaine dans le NW de l'Afrique (Hoggar, Anti-Atlas, Adrar des Iforas) : caractérisation géochimique et minéralogique, implications géodynamiques. Thèse Doct., Univ. Sci. Tech. Languedoc.
- CHAMLEY H., DECONINCK J. F. (2011)** - Bases de sédimentologie. *Dunod*, 3^e édi., 213 p.
- COJAN I., RENARD M (2013)** – Sédimentologie. *Dunod*, Paris, 3eme ed.
- COLLINSON J., MOUNTNEY N., THOMPSON D. (2006)** - Sedimentary Structures. *Terra Publishing*, London, 291 p.
- COLLINSON J., MOUNTNEY N. (2019)** - Sedimentary Structures. *Dunedin Academic Press*, Fourth edi., 321 p.
- COLLOMB P., DONZEAU M. (1974)** – Relation entre Kink-bancs décamétriques et fractures du socle dans l'hercynien des Monts d'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Tectonophysics*, 24, p. 213-242.
- DASHTGARD S.E., GINGRAS M.K. (2012)** - Marine Invertebrate Neoichnology. *Developments in Sedimentology*, vol. 64, Elsevier B.V., p. 273-295.
- DEVLEESCHOUWER X. (2009)** - Cours de géologie (GEOL-F- 204) structures sédimentaires, *Univ. Libre Bruxelles (ULB), D.S.T.E*, 139 p.
- DONZEAU M. (1971a)** - Étude structurale dans le Paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Th. Doct. 3ème Cycle, Fac. Sci. Orsay, Univ. Paris-Sud*,
- DONZEAU M. (1971b)** - Signification tectonique des diaclases du Paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Alger, 62, 2-3, p. 89-106.

- DONZEAU M. (1974)** - L'Arc de l'Anti-Atlas-Ougarta (Sahara nord-occidental, Algérie Maroc). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 278, p. 417-420.
- FABRE J. (1988)** - Les séries paléozoïques d'Afrique : une approche. *J. African Earth Sci*, 7, 1, p. 1-40.
- FABRE J. (1976)** - Introduction à la géologie du Sahara Algérien. *Soc. Nat. Ed. Diff.*, Alger, p. 1-422.
- FABRE J. (2005)** - Géologie du Sahara occidental et central. Tervuren African Geoscience collection, *Musée Royal de l'Afrique Centrale. Tervuren*, Belgique, 108, 572 p.
- FERRY S. (2002)** - Sédimentologie de faciès. *Univ. Lyon . France*. p. 73.
- FREY R., SEILACHER A. (1980)** –Uniformity in marine invertebrate chronology. *Lethaia* 13, p. 183-207.
- GAUTIER E. (1902)** - Sur les terrains paléozoïques de l'Oued Saoura et Gourara. *C. R. Acad. Sc.*, 125 (23), p. 1071-1073.
- GAUTHIER. (1908)**- Sahara Algérien. Paris.
- GHIENNE J., BOUMENDJEL K., PARIS F., VIDET B., RACHEBOEUF P., 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 Palaeozoic transgression on northern Gondwana. *Bull. Geosciences*, 82 (3), p. 183-214.
- GOMEZ-SILVA M., PACAUD M. & WIEL F. (1963)** - Contribution à l'étude du Cambro-Ordovicien des chaînes d'Ougarta (Sahara algérien). *Bull. Soc. Géol. France*, p. 134-141.
- GRAINE, K. (2001)** - La minéralisation de manganèse en relation avec le centre émissif du Djebel Boukbeisset (Monts d'Ougarta, sud-ouest algérien). Résumé du 11^e Sémin. *Nation. Scie Terre*, Tlemcen, p. 8-30.
- GUERRAK S. (1988)** - Ordovician ironstons sedimentation in Ougarta ranges: North Western Sahara (Algeria). *Jour. African Earth Sci.*, vol. 7, n° 4, p. 657-678.

- 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., DUÉE G. (1996)** - Analyse morphostructurale par imagerie satellitaire et coupes structurales modélisées des monts d'Ougarta (Sahara occidental, Algérie) : une chaîne hercynienne chevauchante à plis passifs. *Mém. Serv. Géol. Algérie*, 8, p. 127-173.
- KNAUST D. (2017)** - Atlas of Trace Fossils in Well Core Appearance, Taxonomy and Interpretation. *Springer Nature*, 214 p.
- KUMAR N., SANDERS J. E. (1976)** – Characteristics of shoreface stormdeposits : modern and ancient examples. *Jour. Sedim. Petro.*, v. 46, p. 145-162.
- LEGRAND PH. (1985)** - Lower Paleozoic rocks of Algeria. *In* : Hollard C.H. ed.- Lower Paleozoic of north-western and west central Africa. *John Wiley & Sons Ltd*, p. 5-89.
- LEGRAND PH. (2002)** - La limite Cambrien-Ordovicien : Définitions, application au Sahara algérien. *Mém. Soc. géol. Alg.* n°11; p. 45-59.
- McCALL G. (2006)** - The Vendian (Ediacaran) in the geological record: enigmas in geology's prelude to the Cambrian explosion. *Earth Sci. Rev.*, 77, p. 1-229.
- MENCHIKOFF N. (1924)** – Sur l'âge des grès d'Ougarta (Sahara occidental). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 187, p. 733-734.
- OUALI-MEHADJI A., ATIF K., BOUTERFA B., NICOLLIN J., BESSEGHIER F. (2011)** - Environnements sédimentaires de la Saoura Ougarta (Sahara Nord-Ouest, Algérie) au Dévonien inférieur (Lochkovien supérieur pro parte – Emsien). *Geodiversitas*. 33(4), p. 553-580.
- POUEYTO A. (1952)** - Contribution à l'étude des terrains paléozoïques de la basse Saoura (Sahara occidental). *C.R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 10, p. 156-157.
- REY F. (1915)** - Les territoires du sud Oranais et du Maroc sur-oriental. Recherches géologiques et géographiques. *Rev. Géogr.*, t. XLV, p. 18

- READING H.& COLLINSON J, (1996)** – Clasticcoasts. *In: READING H. - Sedimentary environments : processes, facies and stratigraphy. Blackwell Science (edit), p.154-231.*
- SEILACHER A. (1967)** - Bathymetry of trace fossils. *Mar. Geol., Amersterdam, vol. 5. p. 413-428.*
- STOW D. (2010)** - Sedimentary rocks in the field. A colour guide. *Manson Publishing Ltd, 320 p.*
- TUCKER M. E. (2003)** - Sedimentary Rocks in the Field (*third edition*). *John Wiley & Sons Ltd (edit), England, 250 p.*
- VAIL P. AUDEMARD F., BOWMAN., S., EISNER P., PEREZ-CRUZ C. (1991)** - The stratigraphic signiatures 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.*
- 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.*

Liste des figures

Liste des figures

	<i>Page</i>
Fig.1 : Situation géographique des Monts d'Ougarta.....	05
Fig. 1 : Localisation géographique de la région d'étude.....	06
Fig. 2 : Cadre géologique des Monts d'Ougarta.....	07
Fig. 4 : Coupe des terrains cambriens dans l'anticlinal du Djebel Bou Kbeissat.....	08
Fig. 5 : Colonne lithostratigraphique synthétique des formations du Paléozoïque des Monts d'Ougarta.....	08
Fig. 6 : Carte géologique du secteur d'étude.....	09
Fig. 7 : Unités structurales des Monts d'Ougarta et toponymi.....	10
Fig. 8 : Liste des figurés utilisés.....	15
Fig. 9 : Cordonnées GPS de la coupe étudiée.....	16
Fig. 10 : Photo panoramique des affleurements de la formation des Quartzites d'Ain en Nechea.....	16
Fig. 11 : Photo panoramique montrant les Barres A, B et C.....	17
Fig. 12 : Colonne lithostratigraphique de formation des Quartzites d'Ain en Nechea.....	18
Fig. 13 : Bancs de quartzites à laminations horizontales (Barre A).....	19
Fig. 14 : Bancs de quartzites à laminations horizontales et obliques et à litages obliques en mamelons (HCS) (Barre A).....	19
Fig. 15 : Bancs de quartzites à litages en arêtes de poissons (Barre A).....	19
Fig. 16 : Grès en plaquettes (Inter-barre A et B).....	20
Fig. 17 : Quartzites à laminations horizontales (Barre B).....	20
Fig. 18 : Quartzites à laminations horizontales et obliques (Barre B).....	20
Fig. 19 : Quartzites à laminations horizontales et obliques (Barre B).....	21
Fig. 20 : Quartzites à litages en arêtes de poissons (Barre B).....	21
Fig. 21 : Quartzites à traces fossiles (Skolithos) (Barre B).....	21
Fig. 22 : Grès en plaquettes (Inter-barre B et C).....	22
Fig. 23 : Photo montrant la succession des bancs de quartzite dans la barre C.....	23
Fig. 24 : Banc de quartzite à laminations horizontales et traces fossiles (Skolithos) (Barre C).....	23
Fig. 25 : Banc de quartzite à structures sédimentaires (Barre C).....	23
Fig. 26 : Banc de quartzite à litages en arêtes de poissons (Barre C).....	24
Fig. 27 : Banc de quartzite à litages de rides de vagues en chevrons (Barre C).....	24
Fig. 28 : Banc de quartzite à litages obliques en creux (SCS).....	24
Fig. 29 : Banc de quartzite à traces fossiles (Skolithos – Barre C).....	25
Fig. 30 : Surface supérieure d'un banc de quartzite à traces fossiles (Inter-barre C et D).....	25
Fig. 31 : Photo montrant l'alternance serrée de bancs de quartzite de la Barre D.....	26
Fig. 32 : Banc de quartzite à laminations obliques (Barre D).....	26
Fig. 33 : Banc de quartzite à traces d'activité organique (Barre D).....	26
Fig. 34 : Banc de quartzite à laminations tabulaires et oblique (Inter-barre D et E).....	27
Fig. 35 : Banc de quartzite à laminations horizontales et obliques (Inter-barre D et E).....	27
Fig. 36 : Banc de quartzite à laminations horizontales (Barre E).....	28
Fig. 37 : Banc de quartzite à traces d'activité organique (Barre E).....	28
Fig. 38 : Photo montrant l'allure lenticulaire d'un ensemble de bancs gréseux.....	29
Fig. 39 : Dalle à Lingules correspondant au dernier banc de la formation des Quartzites d'Ain en Nechea.....	29
Fig. 40 : Surface supérieure de la Dalle à Lingules.....	29

Fig. 41 : Principales formes sédimentaires en fonctions du régime d'écoulement unidirectionnel.....	33
Fig. 42 : Litages obliques en mamelons (A) et en creux(B)	35
Fig. 43 : Profil de la plate-forme (nomenclature en fonction de l'hydrodynamisme).....	36
Fig. 44 : Banc de quartzite montrant la perturbation des lamines par les traces fossiles (<i>Skolithos</i>) et leur remplissage différent de l'encaissant	38
Fig. 45 : Reconstitution schématique de l'ichnofaciès à <i>Skolithos</i>	39
Fig. 46 : <i>Schéma montrant un exemple d'une séquence</i>	40
Fig. 47 : <i>Evolution séquentielle de la formation des Quartzites d'Ain en Nechea</i>	42

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

AVANT PROPOS.....	I
DÉDICACE.....	II
RÉSUMÉ.....	01
SOMMAIRE.....	02

Premier chapitre : généralité.

INTRODUCTION.....	05
I- CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	05
A- Cadre géographique de la chaîne d'Ougarta.....	05
B- Cadre géographique du secteur d'étude.....	06
II- CADRE GÉOLOGIQUE.....	06
A- Cadre géologique de la chaîne d'Ougarta.....	06
1- Formation des Conglomérats du Djebel Ben Tadjine.....	07
2- Formation des Arkoses de la Sebkha el Melah.....	08
3- Formation des Quartzites d'Aïn en Nechea.....	08
B- Cadre géologique du secteur d'étude.....	09
III- CADRE STRUCTURAL DE LA CHAÎNE D'Ougarta.....	09
IV- HISTORIQUE SUR LA SÉRIE CAMBRIENNE D'Ougarta.....	11
A- Travaux antérieurs à 1960.....	11
B- Travaux de la période post-coloniale.....	11
V- BUT ET MÉTHODE D'ÉTUDE.....	13
A- But de travail.....	13
B- Méthode de travail.....	13

Deuxième chapitre : lithostratigraphie.

INTRODUCTION.....	16
I- DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE.....	16
A- Localisation de la coupe.....	16
B- Description de la coupe.....	16
1- Barre A.....	17
2- Barre B.....	17
3- Barre C.....	22
4- Barre D.....	25
5- Barre E.....	27
6- Barre F.....	28

II- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE.....	30
Troisième chapitre : sédimentologie.	
INTRODUCTION.....	32
I- DESCRIPTION & INTERPRETATION DES FACIES.....	32
A- Faciès des argiles (FI).....	32
1- Description.....	32
2- Interprétation.....	32
B- Faciès des Quartzites (FII).....	32
.1- Sous-faciès des Quartzites à litages horizontaux ou subhorizontaux (FII-A).....	33
1.1- Description.....	33
1.2- Interprétation.....	33
2- Sous-faciès des Quartzites à litages obliques (tabulaires et tangentiels) (FII-B).....	33
2.1- Description.....	33
2.2- Interprétation.....	34
3- Sous-faciès des Quartzites à litages obliques en mamelons et en creux (FII-C).....	34
3.1- Description.....	34
3.2- Interprétation.....	34
4- Sous-faciès des Quartzites à litages en arêtes de poissons (FII-D).....	36
4.1- Description.....	36
4.2- Interprétation.....	36
5- Sous-faciès de Quartzites massives (FII-E).....	36
5.1- Description.....	36
5.2- Interprétation.....	37
II- INVENTAIRE & INTERPRETATION DES ICHNOFOSSILES.....	37
III- ASSOCIATIONS DES FACIES & MILIEUX DE DEPOT	39
A- Association.....	39
A.....	39
B- Association B.....	40
IV- ORGANISATION SEQUENTIELLE	40
A- Introduction.....	40
B- Définition des séquences et interprétation.....	

Conclusion générale.	42
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	45
LISTE DES FIGURES.....	51
TABLE DES MATIÈRES.....	54