

N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté de Sciences de la Terre & de l'Univers
Département de Sciences de la Terre
Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et de Paléoenvironnement



Mémoire

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

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

**LITHOSTRATIGRAPHIE & SEDIMENTOLOGIE DE LA FORMATION
DU CHEFAR EL AHMAR DANS LE SECTEUR D'ERG EL DJEMEL
(MONTS D'OUGARTA, SAHARA ALGERIEN)**

Présenté et soutenu par :

Mlle LARBI BEN HADJAR Imène

Soutenu le 10 / 11 / 2020 devant la commission d'examination :

M. MAHBOUBI M.	MC-A. Université d'Oran 2	Président
M. BOUTERFA B.	MA-A. Université d'Oran 2	Rapporteur
M. ABBACHE A.	MC-A. Université de Mascara	Examineur

Oran, 2020

Avant Propos

Je tiens à remercier en premier lieu "Allah " le tout puissant de m' avoir donné la santé , le courage ainsi que la volonté pour achever ce modeste travail.

je tiens à témoigner mon profonde gratitude et mon vif remerciement à **M. BOUTERFA Boumediene**, mon promoteur de mémoire qui m'a accordé de son temps, son savoir, ces conseils et qui m'a dirigés du début à la fin de ce travail.

je tiens également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de siéger à ma soutenance..

M. MAHBOUBI Mahamed pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de cette mémoire.

M. ABBACHE Abdelkader qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail. Je garde un bon souvenir de mon passage à l'Université de Mascar où il m'a fait connaître la Géologie au cours de ma 1er année.

Je remercie infiniment toute l'équipe pédagogique et tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de lion, que ce soit par leur amitié, leurs conseils ou leur soutien moral, spécialement **M. MANSOUR Bouhamer**, **M. OUALI MEHADJI Abdelkader**. Qu'ils trouvent dans ces quelques lignes l'expression de mon remerciement le plus vif.

Enfin, je tiens à remercier **Mme MEROUANE Fatima** et **M. BOUZA Hocine** pour m'avoir accueilli dans leurs laboratoire au cours de la préparation de mon mémoire. Je remercie également **Mme HADJEL Saliha**, administratrice chargée des masters de m'avoir toujours facilités mes démarches administratives.

Mlle LARBI BEN HADJAR Imène

Résumé

La secteur d'Erg el Djemel est située dans la région d'Ougarta à environ 70 km au SW de la ville de Béni Abbas. Notre travail a été réservé à l'analyse lithostratigraphique, sédimentologique et l'interprétation séquentielle de la formation du *Chafar el Ahmar* du Dévonien moyen.

La formation du *Chafar el Ahmar* 3 membres successifs: (1) un membre inférieure: formé par des argiles feuilletées, noirâtres (*Black Shales*) à passées silteuses, à bancs de calcaire dolomitique, admettant par endroit des miches calcaires. Ces argiles sont riches en restes de tentaculites.

Le membre médiane est constitué par des argiles verdâtres dans lesquelles on note la présence de bancs grès et de siltites.

Le membre supérieur correspond à des argiles verdâtres à bancs de calcaire franc et de passées de calcaires gréseux.

L'étude sédimentologique, basée sur la lithologie, la granulométrie et la couleurs des affleurements a montré huit facies et sous-facies dont les associations indiquent un milieu marin de type bassin.

Enfin, l'analyse séquentielle nous a permis de reconnaître 9 séquences de deuxième ordre, constituée chacune par la succession d'un terme inférieur à dominante argileuse et un terme supérieur à dominante gréseuse.

Mots-Clés : Ougarta, Erg el Djemel, Dévonien moyen, Formation du Chafar el Ahmar, Lithostratigraphique, Sédimentologie.

Dédicaces

C'est avec un très grand honneur que je dédicace ce modeste travail à :
l'homme de ma vie, mon exemple éternel celui qui s'est toujours sacrifié pour me
*voir réussir , à toi mon **Père***

la lumière de mes jours , la source de mes efforts , ma vie et mon bonheur ma
***Mère** que j'adore .*

*Mes chers Frères « **Oussama** », « **Moustafa** » et mes chères Sœurs «*
***Sihame** », « **Ritadje** ».*

*Au plus beau cadeau qui me vient du ciel mon cher frère « **Hamidou** »*

A toutes mes amies

*A tous mes camarades de la promotion spécialement: «**Roba**» , «**Chaimaâ**» ,*
*«**Nassima** » , «**Ismahane**» , «**Tajeddine**» , «**Walid**», «**Oussama** » , « **Sid***
***Ahmed**»,«**Farah**», «**Fatima Zohra**» .*

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou lions à la réalisation de ce travail
je vous dis merci .

Imène

SOMMAIRE

DEDICACE
AVANT PROPOS
RESUME

Chapitre I : Généralités

	<i>Page</i>
INTRODUCTION	
I- Cadre géographique.....	4
A- Situation générale des Monts d'Ougarta.	4
B- Situation du secteur d'étude.....	5
II- Cadre géologique.....	5
A- Cadre géologique de la Chaîne d'Ougarta.....	5
B- Cadre géologique du secteur d'étude.....	6
III- Historique succincte des travaux sur le Dévonien d'Ougarta.....	7
A- Les travaux avant 1960.....	7
B- Les travaux entre 1960-1980.....	10
C- Les travaux récents.....	10
IV- But et méthodologie de travail.....	11
A- But de travail.....	11
B- Méthode d'étude.....	11

Chapitre II : Lithostratigraphie

Introduction.....	14
I- Description lithostratigraphique.....	16
A-Membre inférieur: Alternance argilo-carbonatée inférieure.....	16
B- Membre moyen: Alternance argilo-gréso-silteuse.....	16
C- Membre supérieur: Alternance argilo-carbonatée supérieure.....	20
II- Attribution biostratigraphique.....	20

Chapitre III : Sédimentologie et organisation séquentielle

INTRODUCTION.....	24
I- Notions de facies et leurs associations.....	24
A- Notion de faciès.....	24
2 - Notions d'associations de faciès.....	24
II- DESCRIPTION DES FACIES	24

A- Faciès argileux (F1).....	25
1- Sous-faciès F1a : Argiles noires	25
2- Sous facies F1b : Argile verdâtres	26
B- Faciès F2 : Siltites	27
C- Faciès F3 : Grès	28
Faciès F4 : Calcaires.....	28
Sous-faciès F4a : Calcaire argileux	28
Sous facies F4c : Calcaire bleuâtre.....	29
Sous facies F4b : Calcaire dolomitique.....	29
Sous facies F4d : Calcaire gréseux.....	29
III- ASSOCIATIONS DE FACIES & MILIEUX DE DEPOT.....	30
A- Association I.....	30
B- Association II.....	31
C- Association III.....	31
IV- ORGANISATION SEQUENTIELLE.....	33
Introduction.....	33
A- Séquence virtuelle.....	33
B- Les discontinuités.....	33
C- Les séquences.....	33
Chapitre IV: CONCLUSION	
Conclusion Générale.....	35
Références bibliographiques.....	36
listes des figures.....	42



Chapitre I
GENERALITES

Introduction

Les dépôts sédimentaires au Paléozoïque sont bien développés dans le Sahara algérien. Il s'agit de terrains allant du Cambrien au Carbonifère. Ces derniers sont généralement transgressifs et discordants sur le socle précambrien (Beuf et *al.*, 1971).

I- Cadre géographique

A- Situation générale des Monts d'Ougarta (Fig. 1)

Notre travail de terrain a été réalisé dans les Monts d'Ougarta. Ces derniers sont situés dans la partie nord-occidentale du Sahara algérien, au Sud de l'Atlas saharien.

La Chaîne d'Ougarta est constituée par deux grandes unités géomorphologiques séparées par Erg er Raoui : le faisceau de la Saoura et celui de la Doura (Fig. 1).

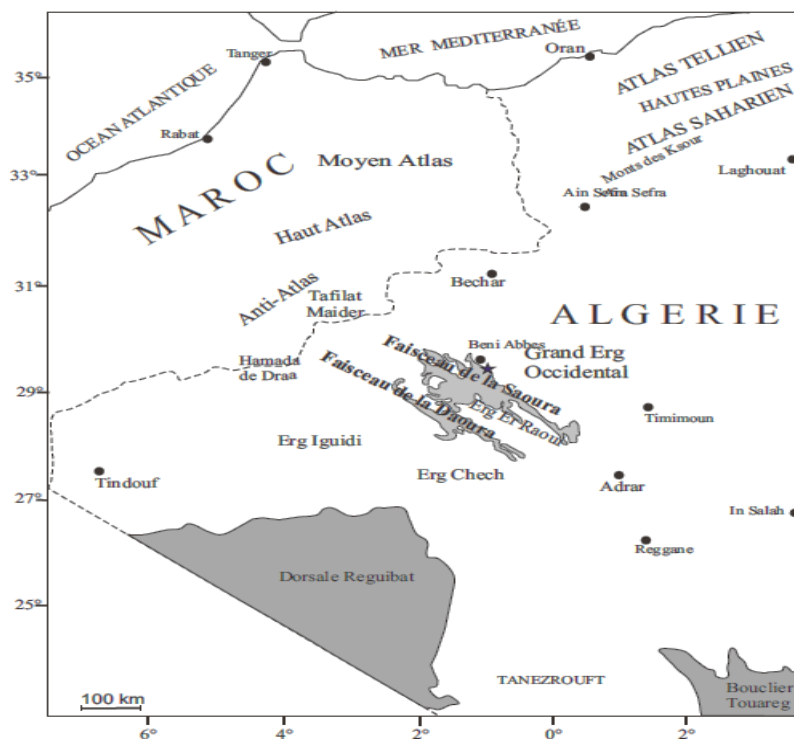


Fig. 1- Situation géographique de la Chaîne d'Ougarta.

Le faisceau de la Saoura correspond aux Monts d'Ougarta au sens strict. Ces derniers sont situés à environ 1000 km au Sud de la ville d'Oran et 250 km au Sud de celle Béchar. Il s'agit d'un massif montagneux, orienté sensiblement NW-SE. Il s'étale sur une longueur de près de 250 km pour une largeur maximale de 50 km, avec une altitude qui ne dépasse pas la 1000 m.

Ces reliefs sont limités par le Grand Erg occidental à l'Est, la Hammada du Guir, les Monts de la Daoura et Erg Raoui, à l'Ouest, Erg Chèche au Sud et l'Anti-Atlas du Tafilat au Nord (Fig. 1).

B- Situation du secteur d'étude

C'est environ à 70 km au SW de la ville de Beni Abbès et une dizaine de km au SE du village d'Ougarta que se trouve notre secteur d'étude. Il est limité au Nord par le Nif el Khaoufi, au Sud par El Kseib, à l'Est par Erg el Djemel et à l'Ouest par El Mizane (Fig. 2).

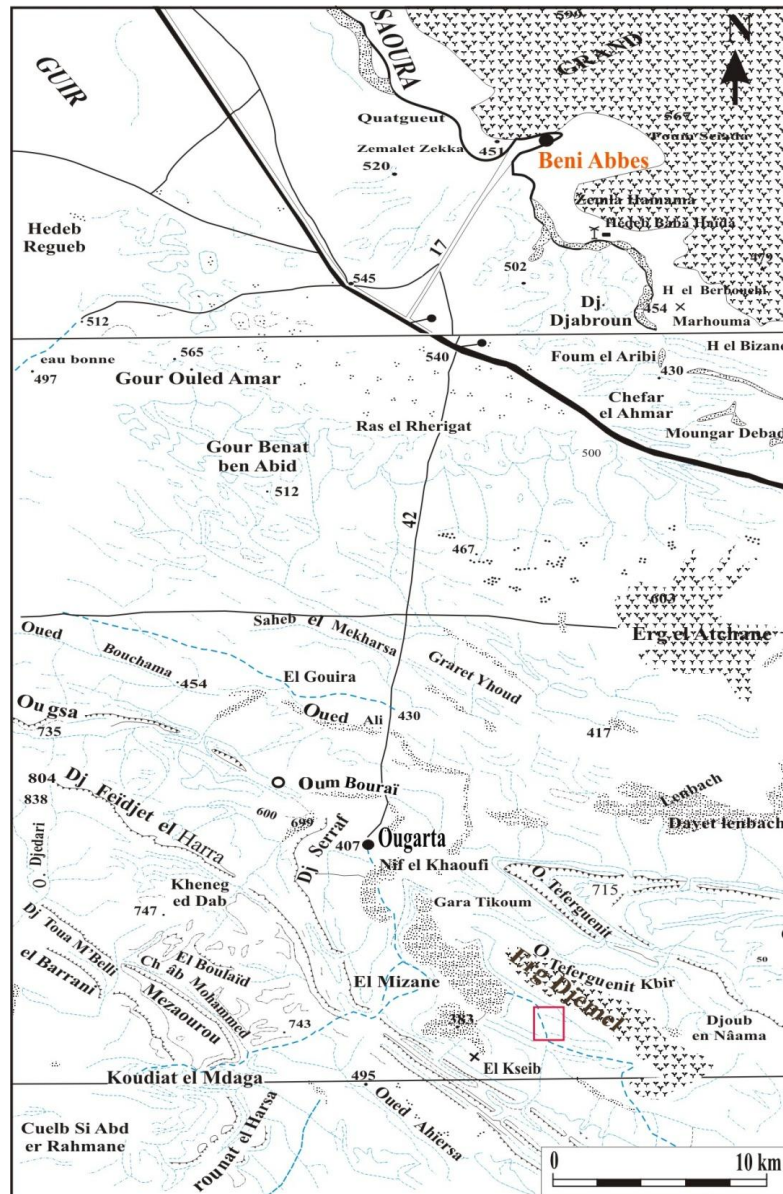


Fig. 2- Situation géographique du secteur d'étude.

II- Cadre géologique

A- Cadre géologique de la Chaîne d'Ougarta

La Chaîne d'Ougarta est représentée par de vastes ensembles de formations paléozoïques plissées, d'une direction majeure NW-SW, affectées par 2 grands cycles orogéniques : l'orogénèse calédonienne et l'orogénèse hercynienne.

Le bassin ougartien est érigé sur l'emplacement d'un ancien sillon subsidient qui borde, à l'Est, la marge de Craton ouest-africain (Menchikoff, 1949 ; Fabre ,1969). Le remplissage paléozoïque correspond essentiellement à une épaisse série de roches détritiques et, à un degré moindre, de roches carbonatées. Il comporte des formations datées du Précambrien au Carbonifère (Fig. 3).

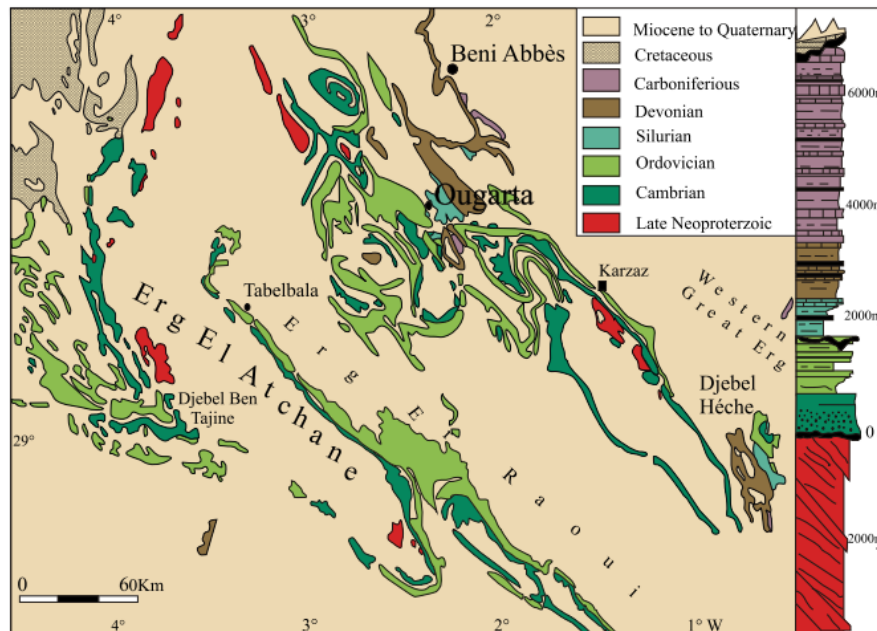


Fig. 3- Carte géologique des Monts d'Ougarta (d'après GUIENNE *et al.* 2007, modifié d'après Bachir, 2017).

B- Cadre géologique du secteur d'étude

Notre secteur d'étude est caractérisé par des formations d'âge dévonien qui s'étendent parallèlement au bord d'Erg el Djemel, sur une dizaine de kilomètres. Ces affleurements se dirigent vers le SW et forment des aires concentriques qui disparaissent sans la hamada (Fig. 4).

Le Dévonien inférieur, essentiellement argileux avec des intercalations des bancs de grès, est constitué par les formations suivantes (Fig. 4 et 5) :

- **Formation du Zeimlet** (Lochkovien inférieur) : cette formation débute immédiatement au-dessus du dernier banc calcaire de la Formation de Oued Ali (Silurien) et s'étend jusque sous la barre de calcaire à orthocères marquant la base de la Formation de Saheb el Djir. Cette formation est constituée de siltstones micacés, à nombreuses intercalations pluri-centimétriques de grès micacés. Localement, de rares petits bancs calcaires à galets silteux sont notés. La puissance de la formation est évaluée de 150 m à 170 m.

- **Formation du Saheb el Djir** (Lochkovien inférieur) : Cette formation est défini par Legrand (1962, 1977). Elle débute par une barre de calcaire à orthocères et se termine sous les premiers niveaux de grès de la Formation de Dkhissa. Elle est essentiellement argileuse mais renferme

quelques bancs de calcaires bioclastiques, ainsi que des nodules et des sphéroïdes siliceux ou carbonates.

- **Formation du Dkhissa** (Lochkovien et Praguien, Bastien *et al.*, 1965) : cette formation débute par des niveaux gréseux individualisés. Son sommet se place sous la barre de calcaire appelée "Barre A". Son épaisseur varie de 340 m à 400 m.

- **Formation du Teferguenit** (Praguien supérieure - Emsien supérieure) : c'est une formation argilo calcaire qui débute par la barre de calcaire à orthocères, ou Barre A ou, encore, *Muraille de Chine* et passe à des combes à dominance argileuse admettant deux autres barres carbonatées, notées B et C. Cette formation est limitée vers le haut par le niveau à coralligène de Lemaitre (1952), ou niveau à *Faunes Benthiques Variées* ou FBV de Ouali Méhadji (2004).

- **Formation du Chefar el Ahmar** (Emsien supérieur - Frasnien inférieure) : Cette formation est formée par des bancs calcaires pélagiques intercalés par un ensemble argilo-marneux contenant une abondance de nodule sphéroïdes carbonatés. Sa puissance totale est de 290 m .

- **Formation de Marhouma** : définie par Bastien *et al.*, (1965), cette formation est formée par une grande combe argileuse qui passe ensuite aux faciès de calcaires griottes à ammonoïdes puis, enfin, à un ensemble gréseux et silteux.

Notre étude concerne uniquement de la Formation du *Chefar el Ahmar* dans la région de de Erg El Djemel.

III- Historique succincte des travaux sur le Dévonien d'Ougarta

Trois périodes peuvent être distinguées concernant les travaux effectués dans les terrains dévoniens d'Ougarta.

A- Les travaux avant 1960

Gautier (1902) est le premier à être travailler sur la reconnaissance des Monts de l'Ougarta.

Flamand (1911) retrace les grands traits géologiques et stratigraphiques de ces monts.

Menchinkoff (1924) a étudié le Paléozoïque du Sahara algérien et il a reporté le Grès d'Ougarta au Cambro-Ordovicien.

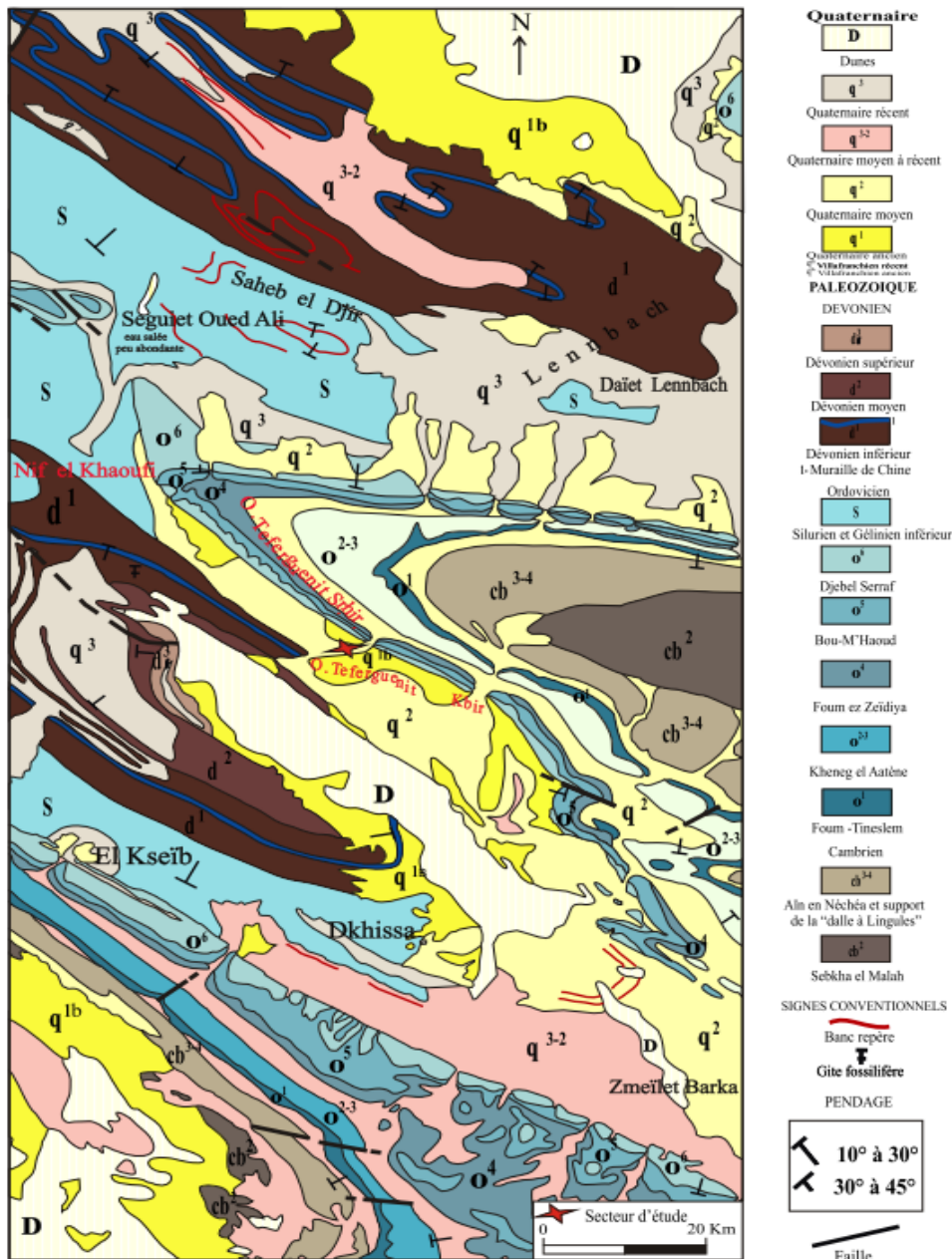
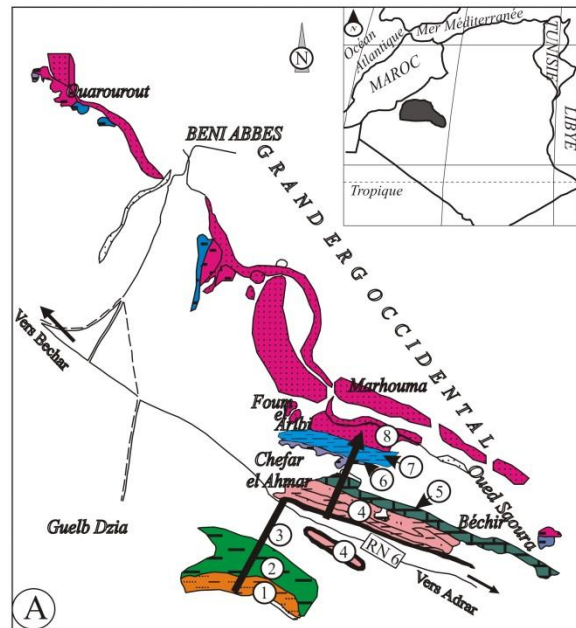
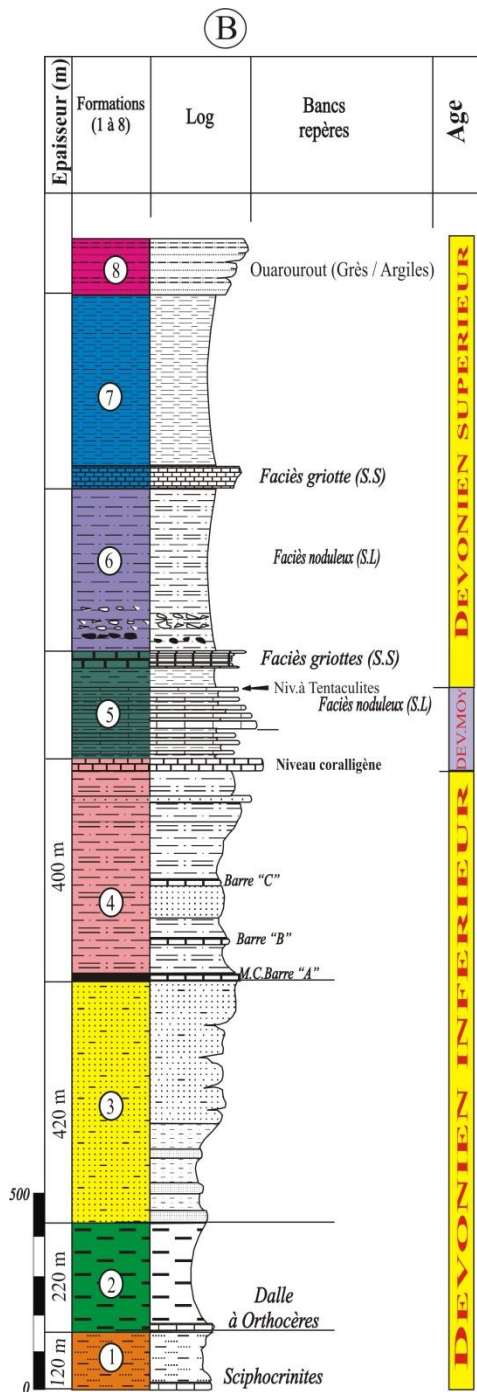


Fig. 4- Carte géologique de la région d'étude (Extrait de la feuille NH-30-X au 1/200 000 d'Ougarta).

Cet auteur reconnaît, par la suite (1933), les faciès ordoviciens et note des observations stratigraphiques et paléontologiques. Des levés cartographiques de région faisceau de la Daoura sont également réalisés.

Alimen et al. (1952) présentent une étude géologique et structurale de la Saoura.

La même année, **Le Maître** étudie les faunes de brachiopodes, polypiers, etc., d'âge dévonien en détail



- 8 : Formation argilo-gréseuse de Ouarourout (Dévonien supérieur-Strunien)
- 7 : Formation carbonatée de Marhouma (Dévonien supérieur)
- 6 : Formation argileuse de Marhouma (Dévonien supérieur)
- 5 : Formation des calcaires de Chefar El Ahmar (Dévonien moyen et supérieur)
- 4 : Formation argilo-gréseuse d'Oued Teferguenite (Dévonien inférieur)
- 3 : Formation gréseuse du Dkhissa (Dévonien inférieur)
- 2 : Formation argileuse du Saheb El Djir (Dévonien inférieur)
- 1 : Formation argilo-silteuse du Zeimlat (Dévonien inférieur)

Fig. 5- Carte de faciès (A) et coupe de référence durant le Dévonien (Bastien, 1967) et le Famennien (Ouali Mehadjji *et al.*, 2012) dans l'Ougarta (Modifiée, d'après Abbache, 2019).

Toujours au cours de cette année, **Choubert** aborde les grands événements géologiques depuis le Paléozoïque jusqu'au Quaternaire.

Burollet *et al.* (1955) a reconnu les différentes formations des Monts d'Ougarta.

Petter (1959) étudia les Goniatites du Dévonien supérieur de la Saoura.

B- Les travaux entre 1960-1980

En 1967, **Bastien** effectue une étude sédimentologique détaillée sur la formation des Grès de Dkhissa d'âge Dévonien inférieur. Ainsi une étude détaillée des variations latérales des faciès et d'épaisseurs a été exécutée au Sud de la région de Chefar el Ahmar, dans une partie du membre supérieur de la formation de Dkhissa. Dans cette formation, cet auteur a distingué sept faciès sédimentologiques numérotés de 0 à 7.

Au cours de la même année, **Le Fèvre** a effectué une étude basée sur les associations d'ostracodes et de conodontes du Silurien et Dévonien moyen dans l'Ougarta.

Donzau, en 1971, décrit la géologie structurale des terrains du Paléozoïque des Monts d'Ougarta.

En 1976, **Fabre** réalise une synthèse sur la géologie du Sahara algérien au cours du Paléozoïque. Au niveau de la coupe de Km 30, cet auteur donne une idée générale sur Dévonien moyen et supérieur.

C- Les travaux récents

En 1987, **Maâche** soutient une thèse de 3^e Cycle sur l'étude lithostratigraphique, diagénétique et paléogéographique des formations du Dévonien d'Ougarta.

En 1997, **Boumendjel *et al.*** réalisent une étude biostratigraphique des formations dévoniennes d'Ougarta (Formations de l'Oued Ali, de Dkhissa, de Teferguinet, de Chefar el Ahmar et de Marhouma) à partir de 8 coupes levées dans différents secteurs. Cette étude est basée surtout sur la faune et la microfaune.

En 1999, **Belaghedji** et **Boutadara** étudient la lithostratigraphie et sédimentologie des formations dévoniennes (Dkhissa, Teferguinite, Chefar el Ahmar et la partie inférieure de Marhouma) dans la coupe de Marhouma (ou coupe « Km 30 »).

La même année, **Lahlali** établit une analyse qualitative et quantitative des bioclastes au niveau des calcaires du Dévonien inférieur et moyen de la coupe de « Km 30 ».

En 2001, **Abbache** réalise un mémoire de Magister sur les calcaires « griottes » du Givétien (Dévonien moyen) et Famménien (Dévonien supérieur) au niveau de 2 secteurs différents dans la région d'Ougarta :

En 2004, **Ouali Mehadji** aborde l'étude lithostratigraphique, paléontologique et sédimentologique du niveau coralligène ("Faunes Benthiques Variées" ou FBV - limite Emsien/Eifélien) dans 3 régions différentes (coupes du « Km 30 », Erg El Djemel et Haci Feguaguira).

Un an plus tard, **Fabre** réalise une synthèse sur le Paléozoïque du Sahara algérien. Au niveau de la Saoura.

En 2013, **Maillet et al.**, présentent une étude biostratigraphique sur les ostracodes de la formation de Chefar el Ahmar (Dévonien moyen) de la coupe de « Km 30 », dans la région de Béni Abbès.

En 2014, **Mairia et Belhadji** abordent, pour la première fois, l'étude lithostratigraphique et sédimentologique des affleurements du Dévonien moyen d'une coupe située au Nord de la coupe classique du « Km 30 ».

Enfin, en 2019, **Abbache** étudie la paléobiodiversité et les événements eustatiques au cours du Dévonien supérieur, depuis Ben-Zireg, au Nord, jusqu'au Gourara, au Sud, en passant par la coupe du « Km 30 », près de Beni Abbès. Il montre une différenciation des aires sédimentaires à faciès griottes au Nord par rapport aux ensembles argilo-gréseux, équivalents, de la zone méridionale du Sahara qui semble bien calquer sur un morcellement du socle.

IV- But et méthodologie de travail

A- But de travail

Le travail effectué dans la région de Erg el Djemel est consacré à la réalisation d'un levé de coupe géologique de la formation du *Chefar el Ahmar*.

B- Méthode d'étude

Un levé de coupe détaillé, "banc par banc", accompagné d'une description lithologique a été réalisé sur le terrain. Au cours de ce levé, nous nous sommes intéressés à tous les divers

phénomènes, tels que la couleur, la stratonomie, la granulométrie, les structures sédimentaires et le contenu fossilifère.

Ce travail a été suivi d'une étude sédimentologique basée sur la définition des faciès et des sous-faciès afin de reconstituer les environnements de dépôts. Enfin, un essai d'application de la stratigraphie séquentielle a été réalisé pour comprendre l'évolution spatio-temporelle des faciès.

Chapitre II

LITHOSTRATIGRAPHIE

Introduction

Ce chapitre sera consacré à l'étude la formation du *Chefar el Ahmar* de la région d'Erg el Djemel.

La coupe a été levée à environ 10 km au SE du village d'Ougarta, suivant une direction sensiblement E-W. Elle a pour coordonnées GPS:

- **A** : N29° 34' 36,90"

- **B** : W02° 34' 44,11"



Fig. 6 : Situation (A) et photo panoramique (B) des affleurements de la formation du *Chefar el Ahmar*.

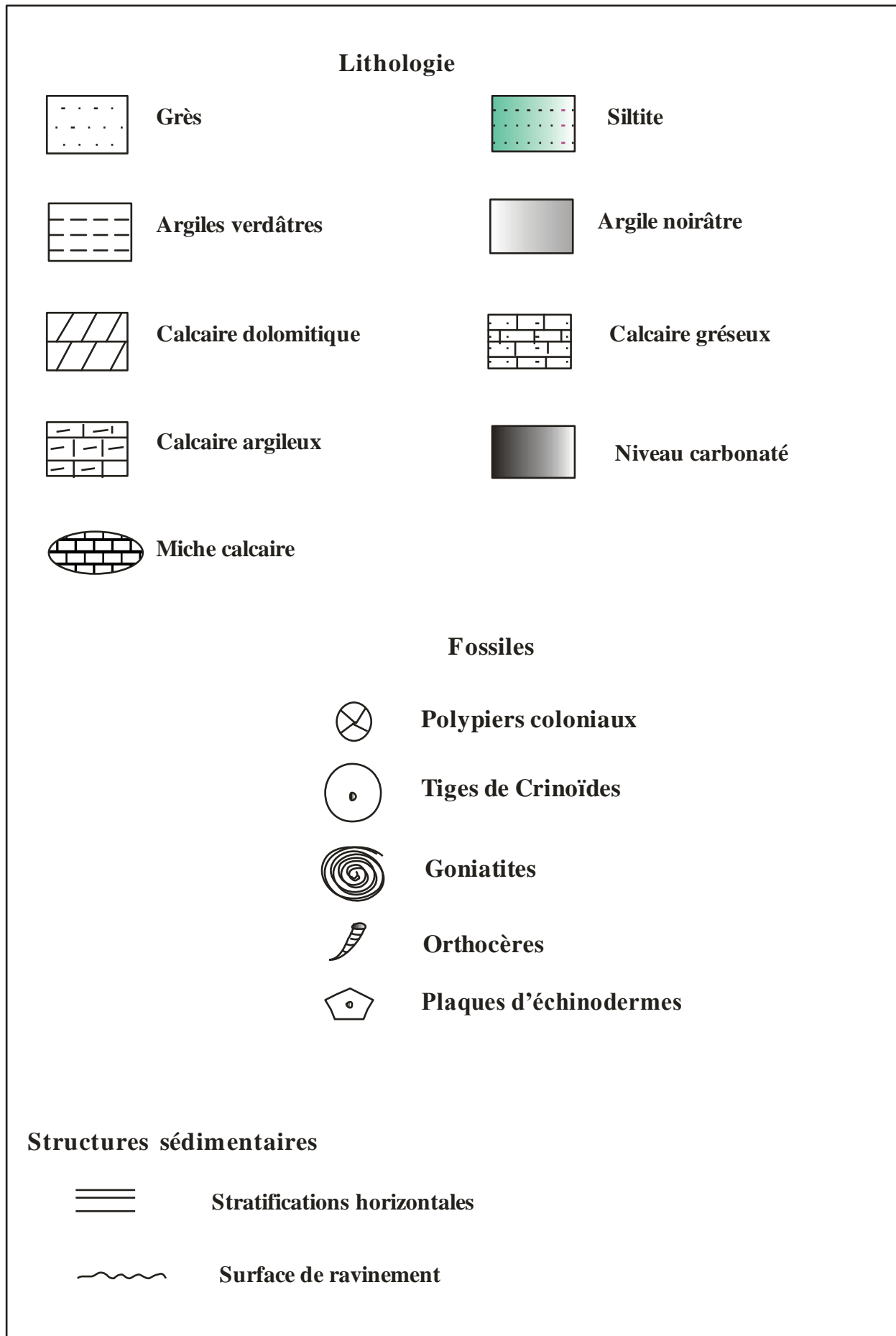


Fig. 7 : Symboles et figurés utilisés dans la coupe.

I- Description lithostratigraphique

La formation du *Chefar el Ahmar* a été définie pour la première fois par Gautier (1902) dans la coupe classique de Marhouma. On peut subdiviser notre coupe géologique en 3 membres (Fig. 8).

A-Membre inférieur: Alternance argilo-carbonatée inférieure

Ce membre commence par une alternance irrégulière d'argiles intercalées par des niveaux carbonatés, s'effritant parfois en boules (Fig. 9B) et par de petites miches calcaires noirâtres de dimensions centimétrique (15 cm à 30 cm).

Les argiles sont couleur noirâtre, à aspect feuilleté, d'épaisseur allant de 1 à 5 m. Le facies carbonaté est représenté par des bancs de calcaires indurés bleuâtre, d'épaisseur de 0,2 à 0,5 m). (Fig.9A),

Ce membre se poursuit par une alternance d'argiles et de calcaire dolomitique(Fig.9 D,D'). Celle-ci débute par des argiles de 1,5 m d'épaisseur, de couleur verdâtre à noirâtre, d'aspect feuilleté (schisteux), intercalées par des passées silteuses(Fig.9C,C'). Les bancs de calcaire dolomitique, au nombre de deux (0,15 et 0,60 m), sont de couleur grisâtre à la patine et à la cassure et prennent une forme ondulée.

B- Membre moyen: Alternance argilo-gréso-silteuse

Ce second membre de la formation est caractérisé par des argiles chloriteuses, de teinte verdâtre, feuilletées et d'épaisseur métrique (1,5 à 5,0 m). Celles-ci sont intercalées par des passées de grès carbonatés.

La partie inférieure du membre montre d'abord un niveau gréseux en plaquettes, d'aspect ondulé (Fig. 10A), devenant plus induré vers le haut et montrant, en surface, des traces d'activités organiques (bioturbation). Cette partie est surmontée par une intercalation de bancs ou de passées gréseuses, parfois à litages horizontaux (Fig. 10C). Des articles de crinoïdes sont notés au sommet d'une strate (Fig. 10B).

La partie sommitale du membre est caractérisée par une alternance argilo-silteuse plus serrée (Fig. 10D), montant dans sa partie médiane des passées carbonatées. Les argiles sont feuilletées, de couleur noirâtres. Il y'a lieu de signaler, enfin, la présence au sein d'un niveau silteux (Fig.10E) des restes de tiges de crinoïdes et de tentaculites.

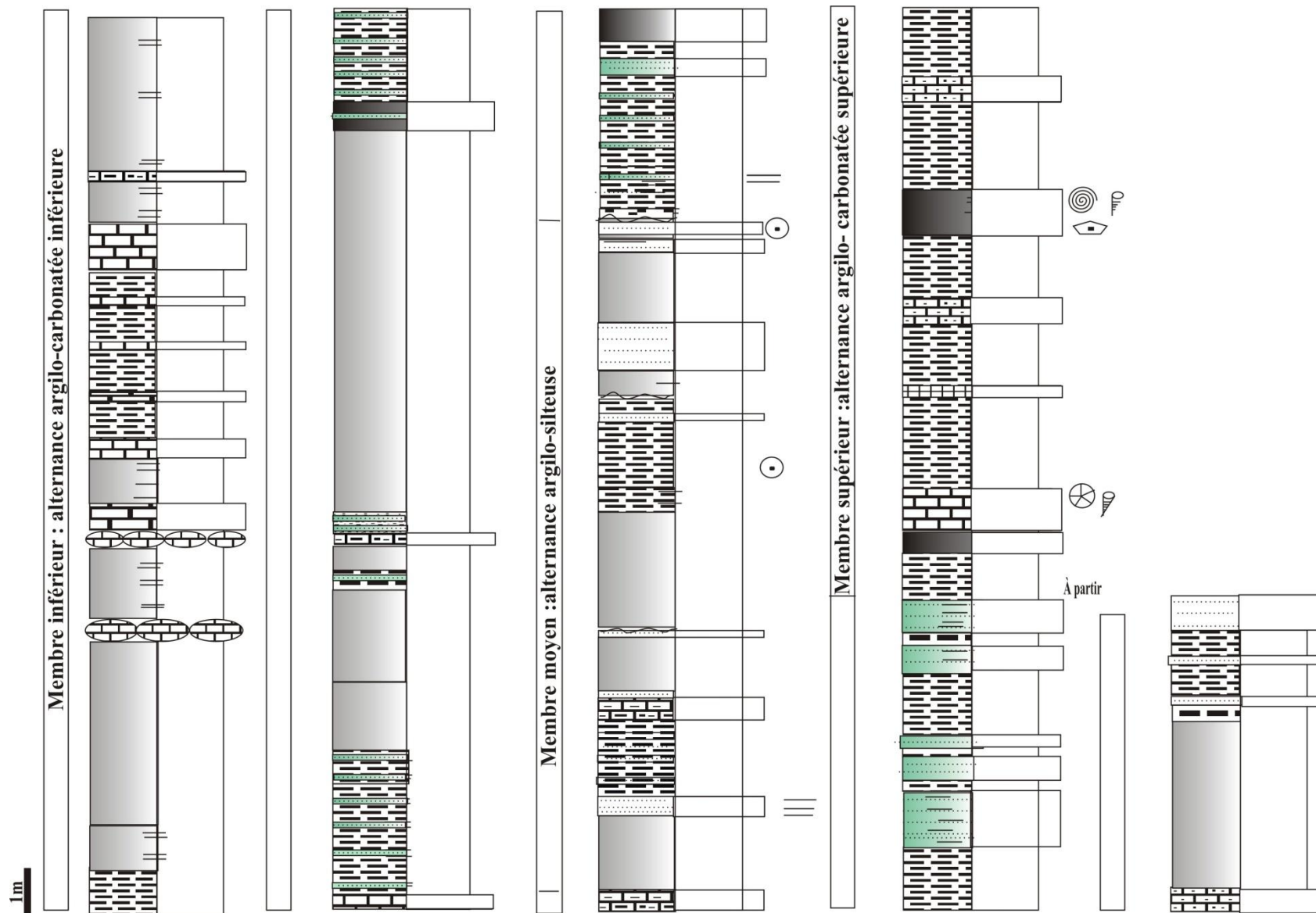


Fig. 8 : colonne lithostratigraphique de coupe d'Erg el Djemel

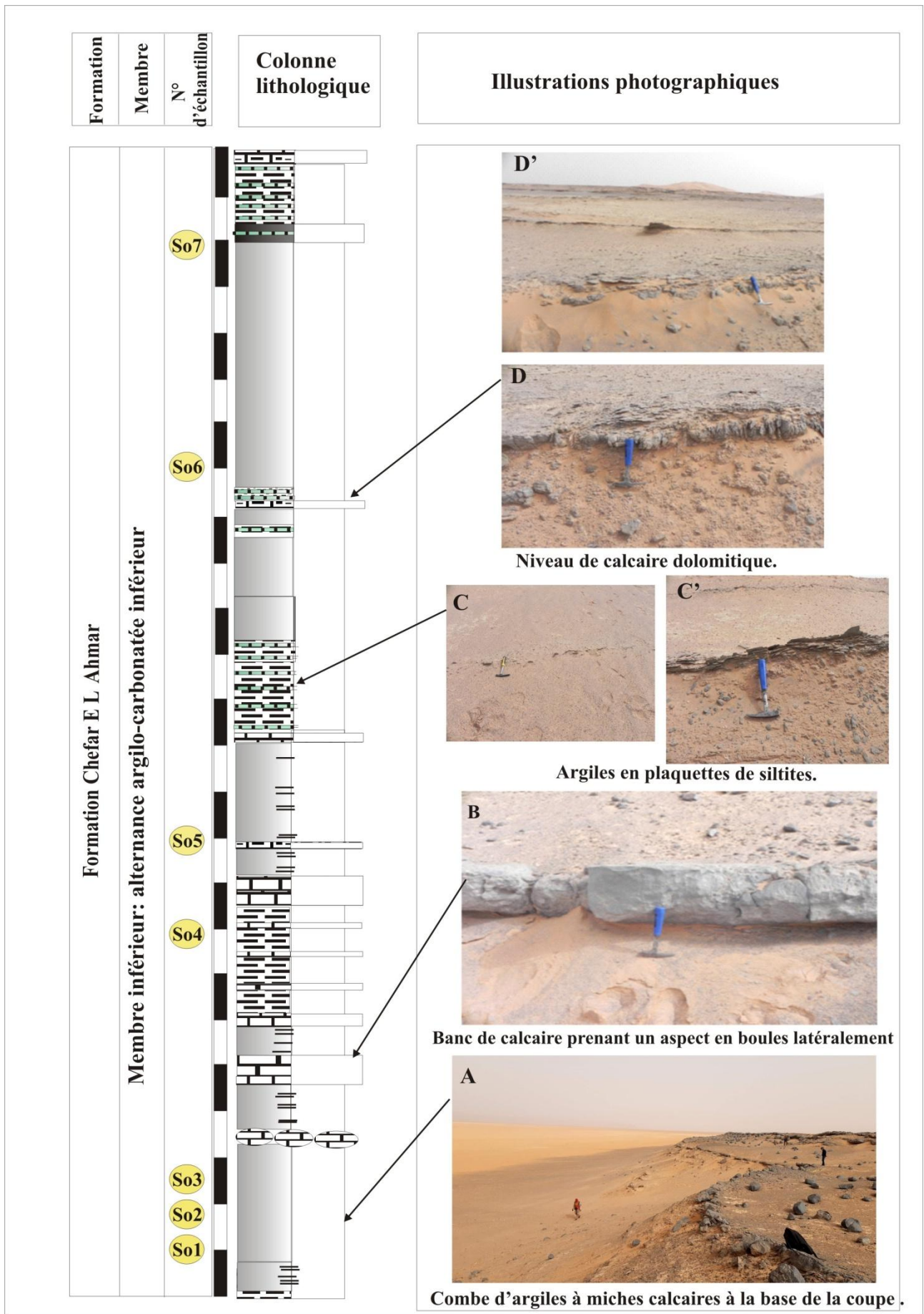


Fig. 9 : Colonne lithostratigraphique du membre inférieur.

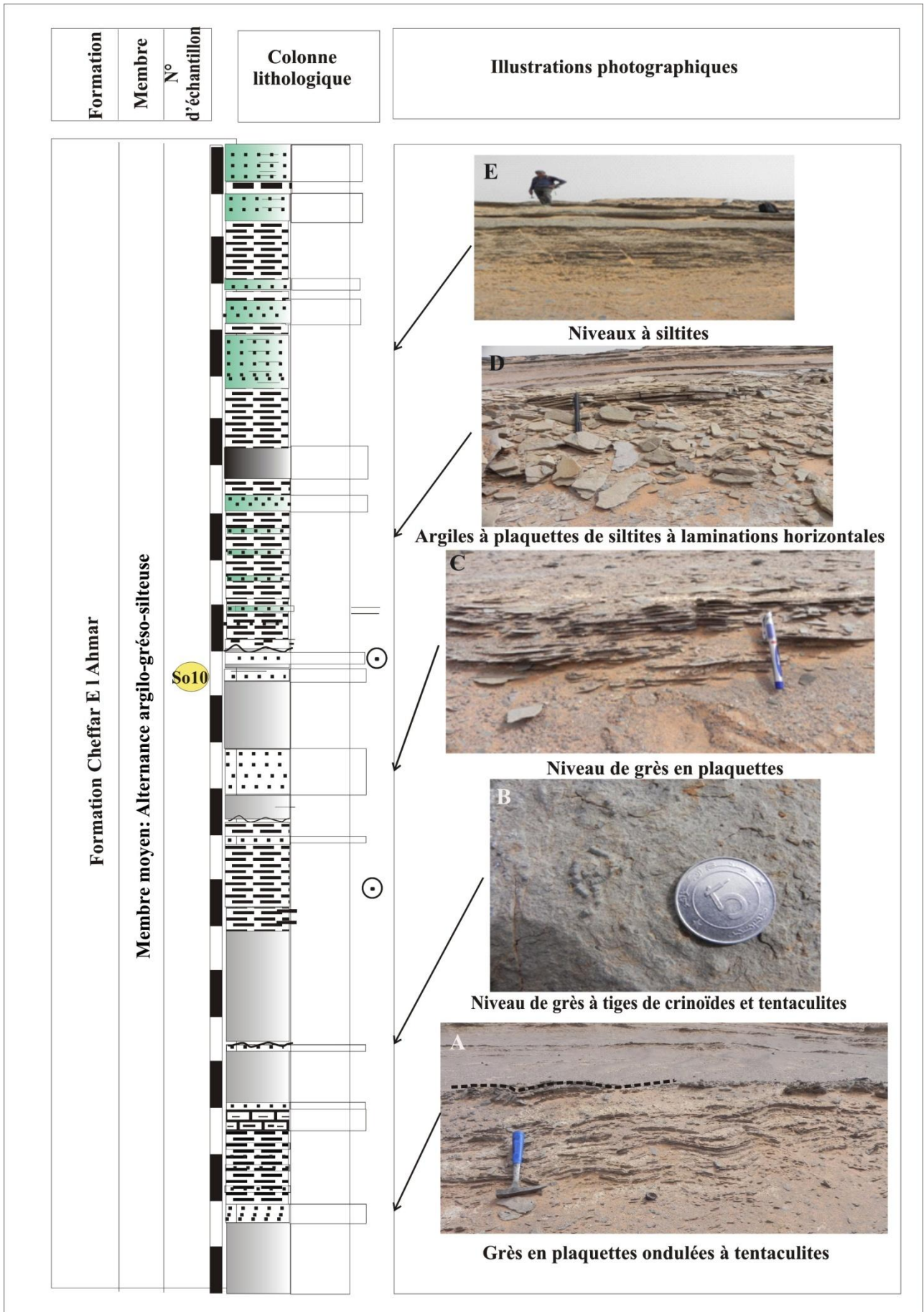


Fig. 10 : Colonne lithostratigraphique du membre moyen.

C- Membre supérieur: Alternance argilo-carbonatée supérieure

La partie basale de ce dernier membre de la formation du *Chefar el Ahmar* est représentée par une épaisse combe d'argiles de couleur verdâtre à grisâtre, d'épaisseur métrique, intercalées par de rares passées centimétriques (inférieurs à 0,15 m) de calcaires riche en faune (orthocères, polypiers coloniaux)

La partie médiane du membre commence par une alternance métrique d'argiles verdâtres feuilletée à tentaculites (Fig.11B), comportant, par endroits, de fines passées silteuses centimétriques d'aspect feuilleté(Fig.11C). Cette alternance est intercalée par des rares niveaux carbonatés de 0,25 à 0,60 m de puissance, de couleur noirâtre à la patine et claire à cassure. Le sommet est marqué par des bancs de calcaires bleuâtres à quelques concrétions carbonatées, à restes d'orthocères et de polypiers coloniaux, surmonté par un niveau carbonaté riche en plaques d'échinodermes, goniatites et orthocères (Fig.11E).

Enfin, la partie sommitale du membre est formée par des argiles plus épaisses (jusqu'à 30 m) verdâtres à passées de grés fins. Elle commence par une alternance argilo-grésocalcaire (Fig.11D). Les passées gréseuses sont de couleur verdâtre et séparées par des bancs centimétriques (de 0,1 à 0,3 m) de calcaire gréseux noirâtre, plus ou moins noduleux.

II- Attribution biostratigraphique

La formation du *Chefar el Ahmar* a été définie pour la première fois par Poueyto (1965) et Bastien *et al.* (1965).

Dans les Monts d'Ougarta, cette formation est limitée à la base par le "banc coralligène" *sensu* Le Maître (1952), correspondant au niveau à *Faunes Benthique Variée* ou *FBV* de Ouali Mehadji (2004). Cet intervalle a été attribué à l'Emsien terminal par Le Maître (1952) et Göddertz (1987) et à l'Emsien terminal-Eifélien basal par Ouali Mehadji *et al.* (2004).

Goddertz (1987) note l'abondance particulière des goniatites dans les niveaux carbonatés avec des conodontes de la zone à *costatus* confirme l'âge Eifélien supérieur

Pour Boumendjel *et al.* (1997), cette formation débute dans l'Emsien supérieur au sommet du niveau coralligène. La présence de chitinozoaires de la zone à *Ancyrochitina cornigera* ainsi que leur équivalence de la zone de conodontes à *varcus* a confirmé également l'âge Givétien a ces auteurs

Par ailleurs, Brice (1997) a reconnu la limite supérieure du Givétien grâce à la présence d'un brachiopode rhynchonellide de l'espèce *Phlogoiderhynchus marocanensis*.

Enfin, pour Abbache (2001), la formation du *Chefar el Ahmar* débute par l'Eifelien au-dessus du niveau coralligène de Le Maitre (1952) et se termine dans la partie sommitale du faciès griottes daté du Frasnien.

En conclusion, nous pouvons attribuer les affleurements étudiés de la formation du *Chefar el Ahmar* à l'Eifelien terminal - Givétien vu l'absence du niveau coralligène (Emsien terminal) et des calcaires griottes dans notre coupe.

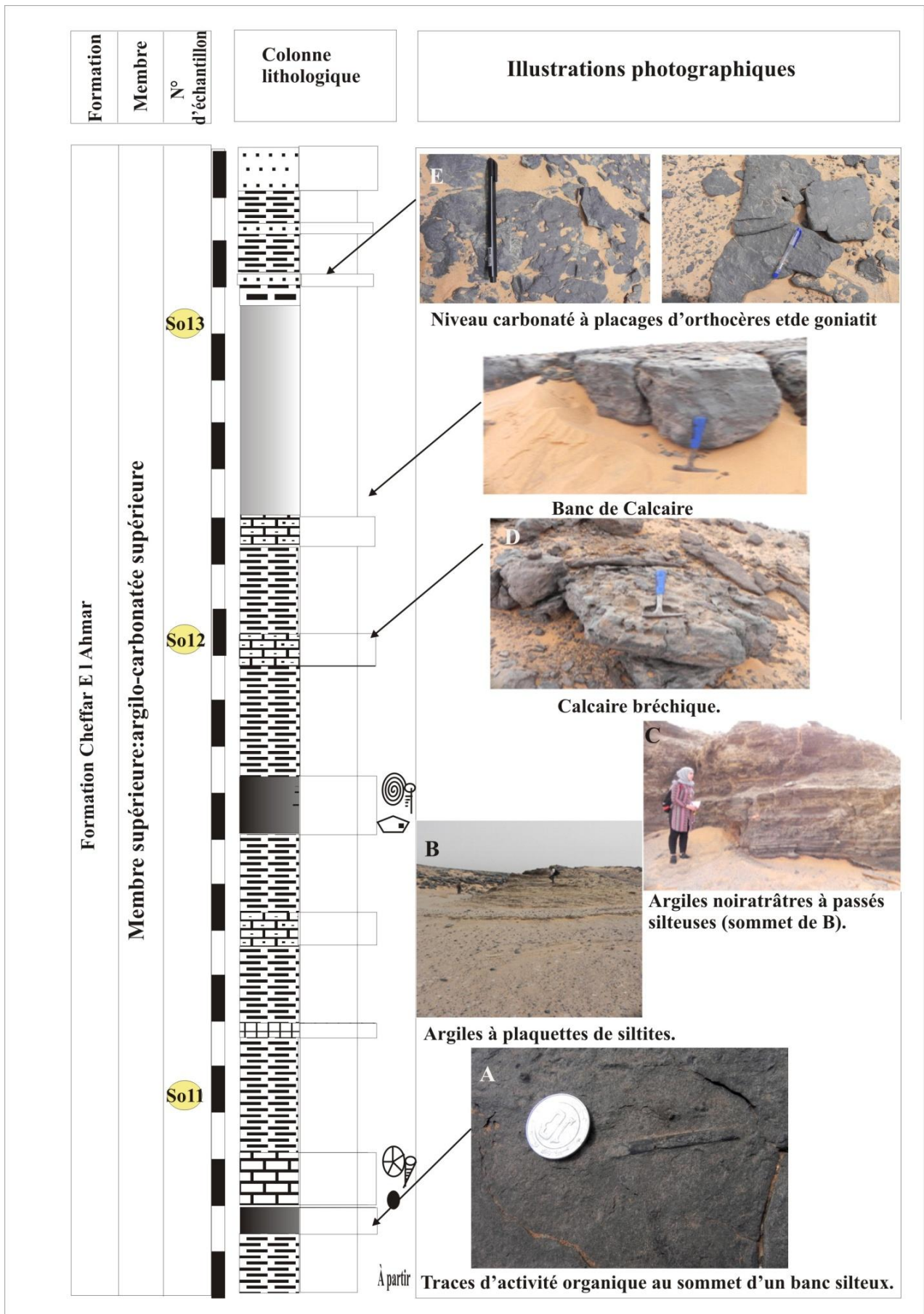


Fig. 11 : Colonne lithostratigraphique du membre supérieur.

Chapitre III

Sédimentologie et Stratigraphie séquentielle

INTRODUCTION

Ce chapitre est basé sur l'étude sédimentologique et l'organisation séquentielle de la formation du *Chefar el Ahmar*. Elle sera basée sur la définition des faciès et sous-faciès en se basant essentiellement sur les caractéristiques lithologiques, granulométriques et la couleur; le but étant de les interpréter en termes d'environnement sédimentaires.

I- Notions de faciès et leurs associations

A- Notion de faciès

On peut définir un faciès comme une catégorie dans laquelle on peut ranger une roche ou un ensemble de roches, caractérisée par un ensemble des caractères lithologiques (lithofaciès) ou paléontologique (biofaciès) spécifiques. Ce terme est employé également pour désigner un milieu ou un domaine de sédimentation.

2 - Notions d'associations de faciès

C'est l'assemblage de plusieurs faciès qui permet de déterminer un milieu de dépôt bien défini. Il est donc nécessaire de rassembler les faciès en groupe ou pôle lithologique, pour les présenter dans un même milieu de sédimentation. Une association de faciès correspond ainsi à la sécession verticale ou latérale de plusieurs faciès qui se retrouvent à différents niveaux de la série.

II- DESCRIPTION DES FACIES (Fig. 12)

On distingue 4 faciès sein de la formation du *Chefar el Ahmar*, notés F1, F2, F3 et F4.

Pôle faciologique	Faciès et sous-faciès		Codes
	Faciès	Sous-faciès	
Détritique	Argiles (F1)	Argiles noires	F1a
		Argiles verdâtres	F1b
	Siltites (F2)	-	F2
	Grès (F3)	-,	F3
Carbonaté	Calcaire (F4)	Calcaire argileux	F4a
		Calcaire dolomitique	F4b
		Calcaire bleuâtre	F4c
		Calcaire gréseux	F4d

Fig. 12- Tableau représente les différents types de faciès et sous faciès.

A- Faciès argileux (F1)

Dans le secteur d'Erg el Djemel, les argiles sont abondantes. Elles sont généralement d'aspect schisteux et feuilleté et occupent des combes métriques où elles s'intercalent à des miches calcaires (Membre inférieur) et des niveaux silteux, gréseux ou carbonatés.

En fonction de la couleur, on distingue 2 types de sous-faciès : F1a (argiles noirâtres) et F1b (argiles jaunâtres).

1- Sous-faciès F1a : Argiles noires (Fig. 13)

1.1- Description

Les argiles noires occupent le membre inférieur de la formation. Elles sont d'épaisseur métrique (2 à 5 m), de type *black Shales*, d'aspect friable et feuilleté (Fig. 13a) et sont intercalées parfois par des miches calcaires (Fig. 13b).

1.2- Interprétation

Les argiles noires sont considérées comme étant des dépôts installés au cours d'une phase hydrodynamique calme, par décantation, sans transport sédimentaire. L'absence de bioturbation indique des conditions dysoxiques (eau mal oxygénée) ou anoxiques (eau manquant d'oxygène) (Abbache, 2019).

Ces argiles correspondent aux *black shales sensu* de Tyson (1987). Ce sont des roches à grains fins, de couleur sombre présentant des caractéristiques sédimentologiques, paléoécologiques et géochimiques, liées à un dépôt des eaux de fond dysoxique ou anoxiques. Leur couleur noire est due à deux facteurs (Schieber, 1978) : (1) la matière organique contenue, et (2) la présence de pyrite finement disséminée. Elles sont généralement riches en carbone d'origine organique. Lorsque la concentration de l'oxygène dissous diminuée, l'abondance, la taille et l'activité des organismes benthiques diminuent (Tyson et Pearson, 1991 ; Tyson, 1995, *in* Abbache, 2019).

Quatre principaux modèles de sédimentation des *black shales* ont été définis par Arthur et Sageman, (1994, *in* Mairia et Belhadji, 2014) :

- (1) des bassins confinés de type Mer Noire, caractérisés par une importante zone anoxique et une forte productivité en H₂S ;
- (2) des bassins profonds en bordure continentale (Sud Californie) ou sur les talus ouest continentaux (zone d'upwelling côtier), caractérisés par une importante couche dysoxique ;

(3) des bassins peu profonds stratifiés (estuariers, fjords, Mer Baltique...), caractérisés par une superposition de deux couches d'eau oxiques, de salinité différente ;

(4) des zones côtières et intertidales (lagons...), caractérisées par apports en sédiment très riches en MO.

Enfin, concernant les miches calcaires, celles-ci sont les résultats de l'effet d'oxydation entraîné par les courants de fond thermohalin dans un milieu à hydrodynamisme élevé (*in* Tandjaoui-Arif, 2014).

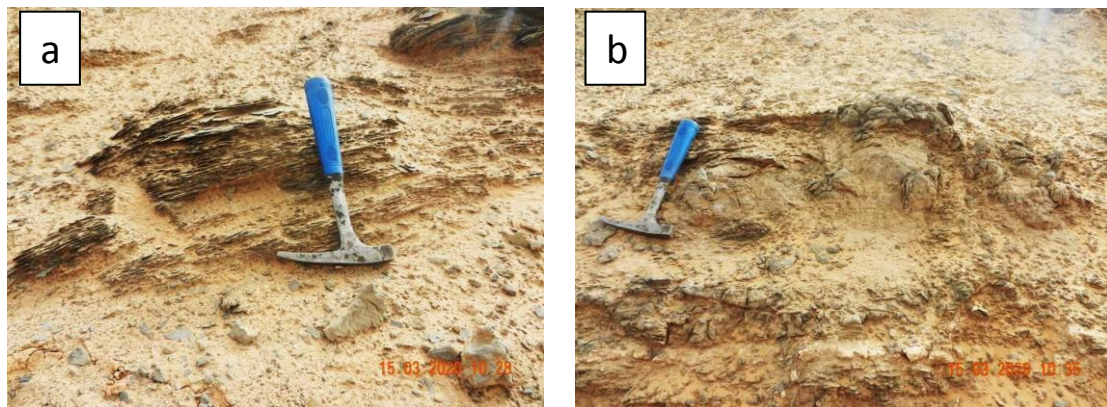


Fig. 13- Argiles noirâtres feuilletées (a) à miches calcaires (b).

2- Sous faciès F1b : Argile verdâtres (Fig. 14)

2.1- Description

Ce sous-faciès affleure dans les membres médian et supérieur de la formation du *Chefar el Ahmar*. Ces argiles sont parfois à aspect schisteux et en plaquettes ondulées. Elles montrent, par endroits, la présence de tentaculites.

2.2- Interprétation

Les argiles verdâtres se forment également au moment de la chute de la vitesse de courant, par phénomène de décantation.

Les tentaculites sont des faunes reliées par certains auteurs aux ptéropodes (Massa *et al.*, 1965 ; Hollard, 1974, 1981), et par d'autres aux styliolinidés (Wendt et Aigner, 1985). La majorité des auteurs considèrent les tentaculites comme étant des organismes pélagiques d'eaux profondes (Wilson, 1975 ; Flügel, 1982, 1998 ; Wendt, 1993 ; Kaufmann, 1996).



Fig. 14- Argile verdâtres admettant des passées de siltites.

B- Faciès F2 : Siltites (Fig. 15)

1- Description

Ce faciès vient s'intercaler aux niveaux argileux verdâtres dans les membres moyen et supérieur (Sous-faciès F1b). Il est soit en plaquette, soit en petits bancs d'épaisseur variable (10 à 50 cm) (Fig. 10E, p.19). Il est de couleur sombre à la patine et grisâtre à verdâtre à la cassure et montre parfois la présence de laminations horizontales (Fig. 10D, p.19) et de traces de bioturbation au sommet des bancs (Fig. 11A, p. 22).

2- Interprétation

La présence de siltites au sein des argiles coïncide avec l'arrivée de décharges détritiques relativement grossières. Cette arrivée nécessite un transport par une énergie hydrodynamique capable de mettre en mouvement des grains de silts (quartz).

Quant aux laminations horizontales notées dans certaines strates, celle-ci correspondent vraisemblablement à des lits plats inférieurs induits par un régime d'écoulement inférieur (Blatt *et al.*, 1980 ; Allen, 1985 ; Payros *et al.*, 2000).

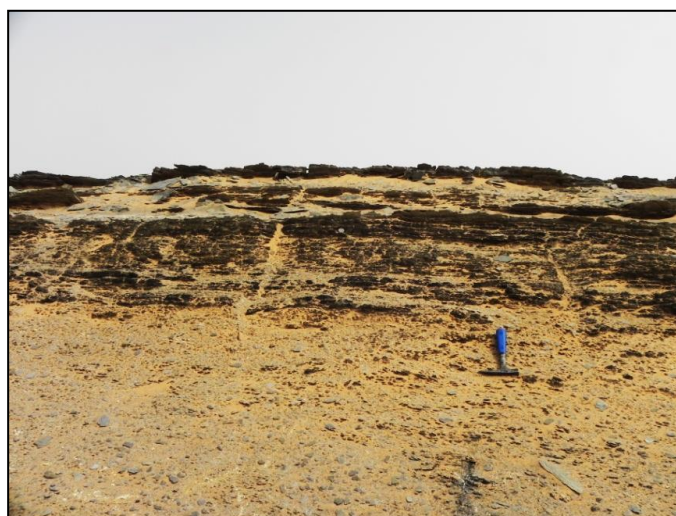


Fig. 15- Niveaux de siltites en plaquettes intercalées à des argiles verdâtres (Membre moyen).

C- Faciès F3 : Grès (Fig. 16)

1- Description

Ce faciès caractérise surtout le membre médian de notre formation. Il est intercalé par des argiles verdâtres (Sous-faciès F1b). Il s'agit des niveaux des grès en plaquettes ou en bancs, verdâtres à la patine et à la cassure, d'épaisseur millimétrique à centimétrique. On note aussi la présence de restes de tiges de crinoïdes (Fig. 10B, p19.) ainsi que des tentaculites.

2- Interprétation

A l'instar du faciès précédemment cité (siltites), les grès intercalés aux argiles correspondent également à des arrivées de décharges détritiques grossières, liée à des courants capables de remobiliser et transporter des grains de la taille des arénites.



Fig. 16- Niveaux de grès au sein des argiles verdâtres.

D- Faciès F4 : Calcaires

Dans notre secteur d'étude, le pôle des carbonaté est représenté généralement par des niveaux calcaires plus ou moins épais (centimétrique à décimétriques). 3 types de sous-faciès ont été reconnus.

1- Sous-faciès F4a : Calcaire argileux (Fig. 17)

1.1- Description

Il est observé dans le membre inférieure de la formation (Fig. 9A et B, p.18). Ce sont des calcaires argileux, souvent en bancs disloqués, de couleur grisâtre, d'épaisseur centimétrique (jusqu'à 40 cm).

1.2- Interprétation

Ce sous-faciès se forme lors de la formation des carbonates, avec apport de fraction fine de minéraux argileux.



Fig. 17- Banc de calcaire argileux.

2- Sous faciès F4b : Calcaire dolomitique

2.1- Description

Il s'agit de 2 bancs de 5 à 30 cm d'épaisseur, de couleur sombre à grisâtre à la patine et à la cassure, pauvre en fossiles (fantômes de tiges de crinoïdes) (Fig. 9D et D, p.18).

2.2- Interprétation

Ce faciès serait le résultat d'une diagenèse ayant touché à l'origine des niveaux calcaires (dolomitisation secondaire).

3- Sous faciès F4c : Calcaire bleuâtre

3.1- Description

Ce sous-faciès est rencontré dans le membre supérieur de la formation II est induré (Fig. 11D', p.22), parfois bréchique (Fig. 11D, p. 22), d'épaisseur allant de 40 à 60 cm. On note par endroits la présence de concrétions carbonatées (nodules) et de faune à prédominance benthique (polypiers coloniaux) et quelques fragments de formes pélagiques (placage de goniatites) et parfois nectobenthique (orthocères).

3.2- Interprétation

Ce sous-faciès se forme par précipitation directe de carbonate de calcium.

4- Sous faciès F4d : Calcaire gréseux

4.1- Description

Ce dernier sous-faciès carbonaté est observé au sommet des affleurements de la formation du *Chefar el Ahmar*. Il est de couleur grisâtre, d'épaisseur centimétrique (10 à 15 cm), parfois à nodules de concrétions calcaires. On y note la présence d'organismes benthiques (échinodermes et

polypiers coloniaux) et pélagiques (plaquage de goniatites et des orthocères) ainsi que des traces d'activité organiques (Fig. 18).

4.2- Interprétation

La présence de ce faciès plaide pour l'arrivée de décharges détritiques grossières dans un milieu marqué par une sédimentation carbonatée chimique.

Le groupement d'organismes benthiques (échinodermes et polypiers coloniaux) avec les goniatites (organismes pélagiques d'eaux profondes), suggère un milieu de dépôt relativement profond.

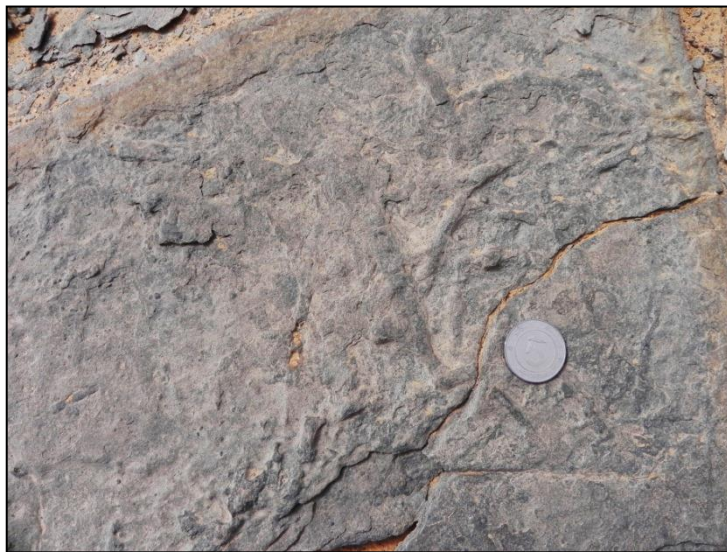


Fig. 18- Calcaire gréseux à traces d'activités organiques au sommet du banc.

III- ASSOCIATIONS DE FACIÈS & MILIEUX DE DEPOT

Trois associations de faciès et/ou de sous-faciès peuvent être distinguées (Fig. 19).

A- Association I

Cette association coïncide avec le membre inférieur de la formation du *Chefar el Ahmar*. Elle englobe principalement les argiles noirâtres ou *Black Chales* (Sous-faciès F1a) et les siltites (Faciès 2).

Du point de vue dynamique, cette association s'est mise en place dans un environnement relativement confiné, dysoxique à anoxique, soumis épisodiquement à l'arrivée de sédiments détritiques terrigènes grâce à l'action d'un flot hydrodynamique, dans un régime d'écoulement inférieur.

Cette association s'est mise en place vraisemblablement dans un fond océanique (milieu bassin), en conditions anoxiques.

B- Association II

Cette seconde association correspond au membre moyen de la formation. Elle est constituée d'argiles verdâtres (Sous-faciès F1b) intercalées par des siltites (Faciès F2) et de grès (Faciès F3). Ces argiles admettent la présence de tentaculites.

Le milieu de dépôt correspond à un environnement relativement calme permettant la décantation des argiles, mais soumis parfois à une augmentation de la vitesse du flot hydrodynamique responsable du transport et de la mise en place des détritiques grossiers (siltites et grès). Par ailleurs, comme on l'a vu précédemment, les tentaculites représentent, pour la plupart des auteurs, des organismes pélagiques. De ce fait, nous proposons un milieu de type bassin pour cette association de dépôts.

C- Association III

Cette dernière association correspond au membre supérieur de la formation. Elle regroupe deux principaux faciès, les argiles verdâtres (F1b) et les calcaires (F4), notamment les calcaires bleuâtres (Sous-faciès F4c) et gréseux (Sous-faciès F4d). Notons que certains bancs de calcaires bleuâtres ont révélé la présence de polypiers coloniaux, de crinoïdes et de placages de goniatites.

Du point de vue dynamique, nous pouvons dire que cette association s'est mise en place dans un environnement relativement calme, attesté par la prédominance des argiles, favorisant par moment une sédimentation chimique (calcaires bleuâtres). Cependant, la présence de calcaire gréseux plaide pour des arrivées épisodiques de décharges gréseuses dans cet environnement, par remobilisation des grains de quartz par un courant hydrodynamique.

De plus, la présence d'organismes tels que les plaquages de goniatites suggère un milieu ouvert, probablement de type bassin.

Enfin, il y'a lieu de noter que Abbache (2019, p. 181) considère les dépôts la partie sommitale de cette formation comme étant des hémipélagites les place dans un ombilic.

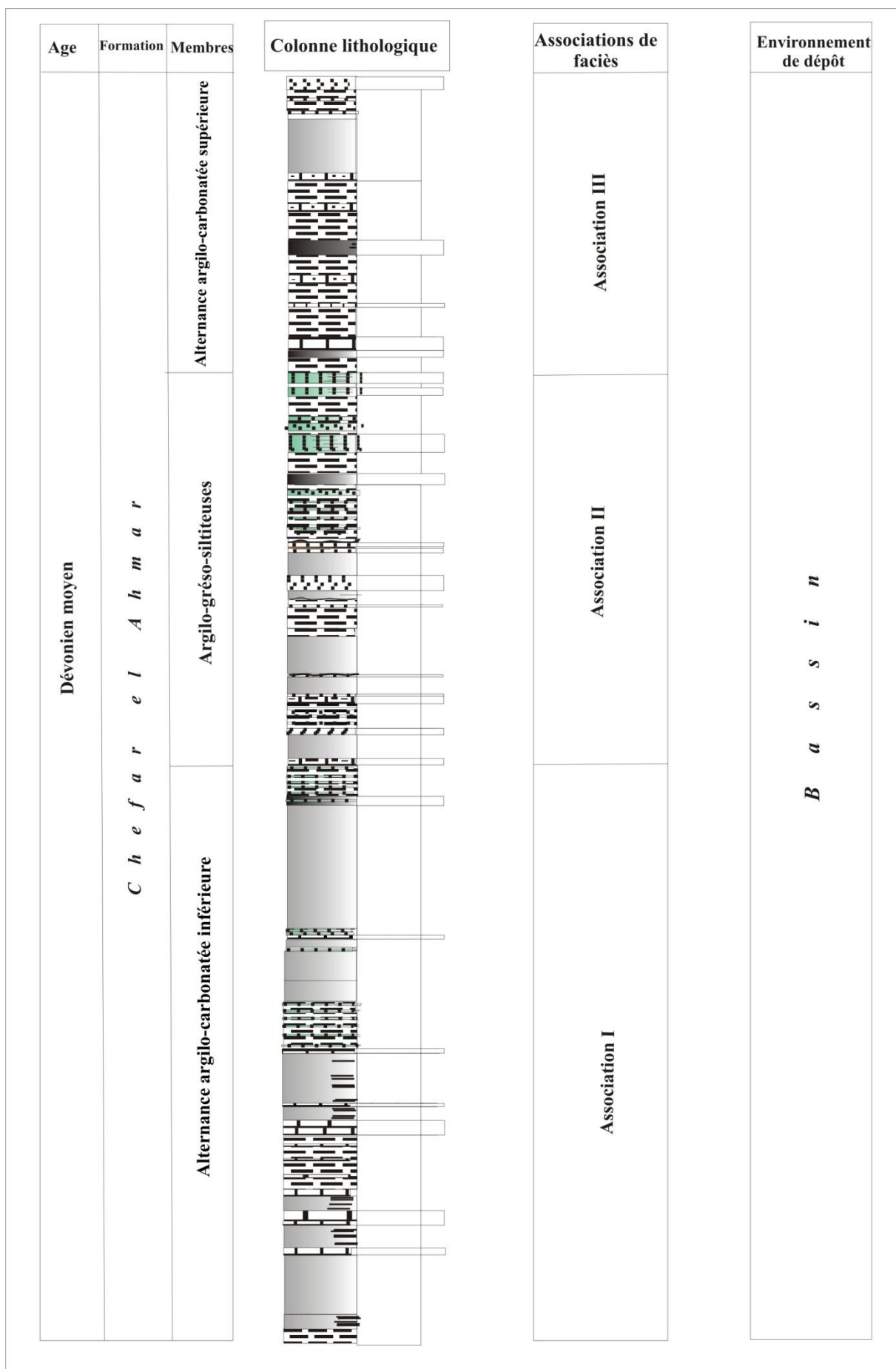


Fig. 19 - Association des faciès et milieu de dépôts des Formations de Chefar el Ahmar

IV- ORGANISATION SEQUENTIELLE

Introduction

L'enchaînement vertical des dépôts de la formation du *Chefar el Ahmar* sera abordé en appliquant le concept de l'analyse tel que défini par Lombard (1956), Delfaud (1973, 1974) et Kazi-Tani (1986).

Le découpage séquentiel sera fait à partir de deux étapes : (1) la définition de la séquence virtuelle de la série et (2) la définition des discontinuités.

A- Séquence virtuelle

La séquence virtuelle de notre série d'étude peut être considérée comme étant d'ordre 2 *sensu* Delfaud (1974). Elle prend en considération la granulométrie et la lithologie, c'est-à-dire l'augmentation de la taille des grains selon un profil vertical décroissant (*coarsening upward*), reflétant une élévation de l'énergie du milieu. Elle comprend les termes suivants : Argiles (A) - Siltites (S) - Grès (G) - Calcaire (C) (Fig. 20).

B- Les discontinuités

les discontinuités définies dans la coupe ne sont matérialisées généralement que par un changement lithologique, sans qu'il y ait interruption dans les dépôts . Il s'agit du passage entre les deux faciès définis précédemment.

C- Les séquences

La colonne lithologiques de notre coupe peut-être subdivisée en 9 séquences, chacune constituée par la succession de deux termes principaux, un terme inférieur à dominante argileuse (Faciès F1) et un terme supérieur à dominante gréseuse, silteuse et/ou carbonatée (Faciès F2, F3 et F4) (Fig. 20). Ces séquences peuvent-être considérées comme étant d'ordre 2 *sensu* Delfaud (1973,1974) et KAZI-TANI(1986), traduisant un comblement d'une unité topographique et significative d'un certain mécanisme de dépôt. Ce mécanisme est de nature physique car reflétant souvent une augmentation graduelle de l'énergie du milieu.

L'empilement vertical des séquences traduit une tendance générale vers le comblement (Fig. 20).

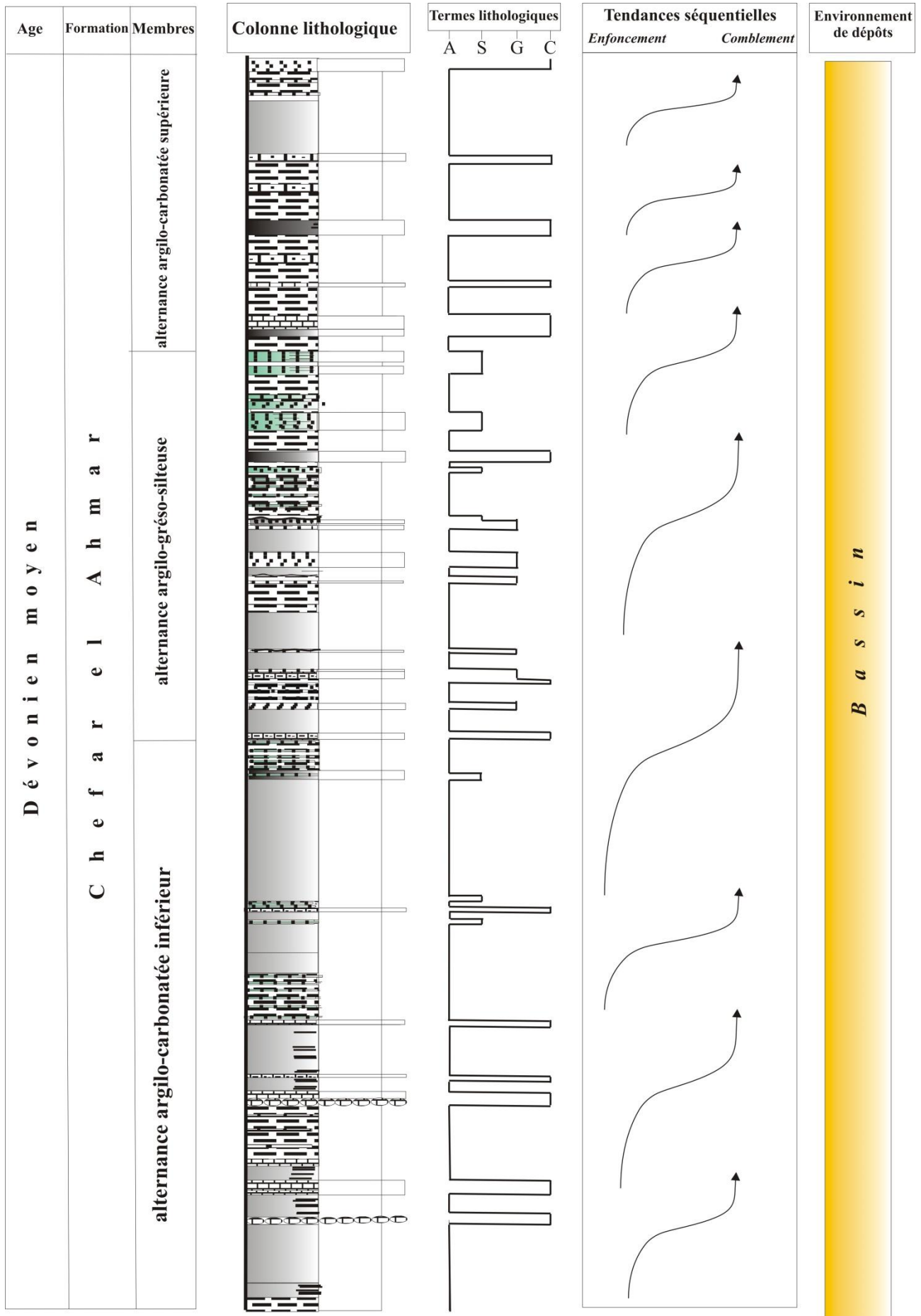


Fig. 20- Evolutions séquentielle de la formation du Chefar el Ahmar.

Chapitre IV

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

Notre étude a été réservée à l'analyse lithostratigraphique, sédimentologique et l'interprétation séquentielle de la formation du *Chafar el Ahmar* (Dévonien moyen) du bassin d'Ougarta. Dans cette vision, ont a établie, pour la première fois, une coupe à l'Ouest d'Erg el Djemel.

Sur le plan lithostratigraphique :

La formation du *Chafar el Ahmar* correspond a été subdivisée en 3 membres (subdivision de Boumendjel *et al.*, 1997) .

- un membre inferieure (alternance argilo-carbonatée inferieure) correspondant des combes argileuses noirâtres (*Black Shales*) , riches en tentaculites, à miches calcaires, à passées de siltites et à bancs calcaires dolomitiques.

- un membre médiane (alternance argilo-gréso-silteuse) est formé par des argiles verdâtres, surmontées par une alternance de grès en plaquettes et de passées de siltites. Les niveaux gréseux sont parfois à litages horizontaux. On note la présence de restes de tentaculites, de tiges de crinoïdes des traces d'activité organique (bioturbation).

- un membre supérieure (alternance argilo-carbonatée supérieure) représenté par des argiles verdâtres à passé de calcaire gréseux à tiges de crinoïdes, placages de goniatites, plaques d'échinodermes et fragments d'orthocères.

Sur le plan sédimentologique:

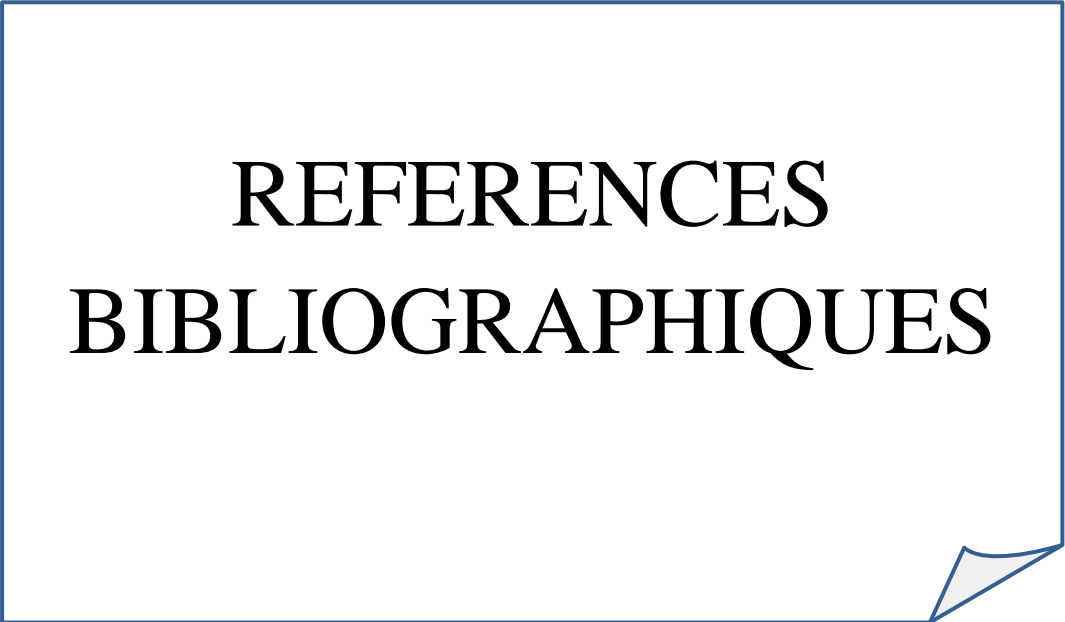
L'études sédimentologique, basée sur la lithologie, la granulométrie et la couleur, nous a permis de définir 4 faciès principaux, argileux (F1), siltites (F2), grès (F3) et calcaire (F4). Certains de ces faciès ont été subdivisés en sous-faciès.

Par la suite, des associations de faciès, au nombre de trois, ont été définies. Leurs interprétations plaident pour un environnement de dépôt de type bassin.

Sur le plan de l'évolution séquentielle :

Le découpage séquentielle a été réalisé suivant le concept de l'analyse séquentielle. Celle-ci nous a permis de définir 9 séquences de 3^{ème} ordre, *sensu* Delfaud (1973, 1974) et Kazi-Tani (1986). Chacune d'elles montre un terme inférieur à dominance argileuse, et un autre supérieur, dominé par les autres faciès. L'évolution et montre une tendance vers le comblement.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques

- Abbache A. (2001)** – Etude sédimentologique des « calcaires griottes » et faciès associés (Givetien - Dévonien supérieur) des environs d'Ougarta (Béni-Abbès, Sahara occidental). *Mém. Magister. Univ. Oran.* . inédit 11 pl. 48 fig., pp .154.
- Abbache A. (2019)**- Paléobiodiversité et événements eustatiques du Dévonien supérieur de Ben Zireg et Gourara (Sahara nord ouest, Algérie)(Doc diss, univ Oran2).
- Aigner T. (1982)** - Calcareous tempestites: storm-dominated stratification in Upper Muschelkalk limestones (Middle Trias, SW-Germany). In *Cyclic and event stratification*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 180-198.
- Aigner T. (1985)** - Biofabrics as dynamic indicators in nummulite accumulations. *Journal of Sedimentary Research*, 55 (1).
- Aigner T. & Reineck H.E. (1982)** - Proximal trends in modern storm sands from the Helgoland Bight (North Sea) and their implications for basin analysis. *Senckenbergiana maritima*, 14 (5-6), pp. 183-215.
- Aït Ouali R. & Nedjari A. (2006)** - Le bassin d'Ougarta: Une mobilité permanente au Paléozoïque. *Mémoire du Service Géologique National*, 13, pp. 23-40.
- Ait-Kaci A. (1990)** - Evolution lithostratigraphique et sédimentologique du Cambrien des Monts d'Ougarta (Sahara Algérien nord-occidental), *Thèse Doct. 3ème Cycle U.S.T.H.B.*, Alger.
- Aliev M. (1971)** - Geological structures and estimation of oil and gas in the Sahara in Algeria. SONATRACH.
- Alimen M. H., Le Maitre D., Menchikoff N., Petter G. & Poueyto A. (1952)**. - Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. *Impr. la Typo-litho et J. Carbonel réunies*.
- Allen J. R. L. (1985)** - Principe of physical sedimentology. *Allen et Unwin Ltd*, analysis. *Senckenbergiana maritima*, 14 (5-6), pp. 183-215. Application. *Springer-Verlag, Berlin*, 984 p.
- Belghedji L. & Boutadara A. (1999)** - Etude lithostratigraphique, sédimentologique et reconstitution paléogéographique du Dévonien de la coupe du « Kilomètre 30 ». (Ougarta, Sahara algérien Nord-occidental). *Mém. Ing. Etat, Univ. Oran*, p. 1-72.
- Beuf S., Biju-Duval B., Rognon O., Gariel O. & Bennacef A. (1971)** - Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. *Publ. I F. P. Coll. « Sciences et Techniques du Pétrole »*, 18, 357 fig., 30 pl., 1 carte h. t., pp. 1-464.
- Bastien C. (1967)** - Essai d'étude sédimentologique des grès de Dkhissa (région d'Ougarta – Dévonien inférieur). *Publications du service géologique d'Algérie*, 35, pp. 81-88.

- Bastien C., Chennaux G., Mazelet P., Umbach P. & Bascone-Lehmann J.P. (1965)** - Dévonien de l'Ougarta, étude sédimentologique. *SN-REPAL, rapport interne (inédit)*.
- Berrabeh A. (2012)** - aspect sédimentologique de la formation de " Formation de Djebel el Sarraf " (Fini-Ordovicien) au Ksar D'Ougarta et ces environs .*thèse.Magister .univ.Oran .p90*.
- Bessegheir F. (2014)** - Systématique et paléontologie du Rugosa et Tabulata (Anthozoaires) des niveau faune benthique variée du "km30" et d'Erg El Djemel (Saoura - Ougarta , Algérie).*Mém.Magister.Univ.Oran.p105*.
- Beuf S., Biju-Duval B., Rognon O., Gariel O. & Bennacef A. (1971)** - Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. *Publ. I F. P. Coll. « Sciences et Techniques du Pétrole », 18,357 fig., 30 pl., 1 carte h. t., pp. 1-464*.
- Blatt H., Middleton G. & Murray R. (1980)** - Origin of sedimentary rocks. *Second édition. Prentice. Hall, Englewood cliffs, New Jersey, 782 p.*
- Boumendjel K., Morzadec P., Paris F., Plusquellec Y., Brice D., Copper P., Gourvenec R., Jahnke H., Lardeux H., Le Menn J., Melou M. & Racheboeuf P. (1997)** - Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Ann. Soc. Géol. Nord, 5 (2ème série), pp. 89-116*.
- Choubert G. (1952)** - Histoire géologique du domaine de l'Anti-Atlas. *In : Géologie du Maroc. Notes et mém. Serv. Géol. Maroc, 100, pp. 1-77*.
- Collinson J. D. (1969)** - The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit : a deltaic complex in the Namurian of northern England. *Journal of Sedimentary Research, 39 (1)*.
- Cross T.A. (1988)** - Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, USA.
- Donzeau M. (1971)** - Etude structurale dans le Paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Th. Doct. 3ème Cycle, Fac. Sci. Orsay, Univ. Paris- Sud*.
- Fabre J. (1976)** - Introduction à la géologie du Sahara Algérien. *Soc. Nat. Ed. et Diff., Alger, pp. 1-422*.
- Fabre J. (2005)** - Géologie du Sahara occidental et central. *Tervuren African Geoscience collection, Musée Royal de l'Afrique Centrale. Tervuren, Belgique, 108, pp. 1-572*.
- Flamand G. B. M. (1911)** - Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). *Th. Sc. Univ. Lyon, 47, pp. 1-1001*.
- Flügel E. (1982)** - Evolution of Triassic reefs: current concepts and problems. *Facies, 6 (1), pp. 297-327*.
- Flügel E. (2010)** - Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. *Springer-Verlag, Berlin, 984 p.*

- Galloway W. E. (1989)** - Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *AAPG bulletin*, 73 (2), pp. 125-142.
- Gautier E. F. (1902)** - Sur les terrains paléozoïques de l'Oued Saoura et Gourara. *C. R. Acad. Sc.*, 125 (23), pp. 1071-1073.
- Gödderz, W., Illert, M., & Yamaguchi, T. (1987)**. Efferent pattern of fictive locomotion in the cat forelimb: with special reference to radial motor nuclei. *European Journal of Neuroscience*, 2(8), 663-671.
- Hollard H. (1974)** - Recherches sur la stratigraphie des formations du Dévonien moyen, de l'Emsien supérieur au Frasnien, dans le Sud du Tafilalt et dans le Maïder (Anti-Atlas oriental). *Notes du Service géologique du Maroc*, 36 (264), pp. 7-68.
- Hollard H. (1981a)** - Principaux caractères des formations dévoniennes de l'Anti- Atlas. *Notes et Mémoires du service Géologique du Maroc*, 42, pp. 15-22.
- Hollard H. (1981b)** - Tableaux de corrélations du Silurien et du Dévonien de l'Anti- Atlas. *Notes Serv. géol. Maroc*, 42 (23), 5 p.
- Homewood P., Guillocheau F., Eschard R. & Cross T. A. (1992)** - Corrélations haute résolution et stratigraphie génétique: une démarche intégrée. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, 16 (2), pp. 357-381.
- Kaufman, L., & Ochumba, P. (1993)**. Evolutionary and conservation biology of cichlid fishes as revealed by faunal remnants in northern Lake Victoria. *Conservation Biology*, 7(3), 719-730.
- Lahlili S. (2006)** – Cortèges bioclastiques du Dévonien inférieur et moyen de la coupe de Marhouma et leurs relations avec les variations relatives du niveau marin (ougarta, Sahara Nord-Ouest, Algérie). *Mém. d'Ing. Univ. d'Oran*, p. 1-65, 30 fig.
- Le Fèvre J. (1963)** - Microfaunes de l'Emsien et du Dévonien moyen de la région Ougarta - Saoura (Sahara). *Thèse, Université de Bordeaux et S.N.P.A.*, Direction Exploitation et Production, Centre de Recherches de Pau, 180 p.
- Le Fèvre, R. J. W., & Radom, L. (1967)**. Molecular polarisability. Carbon-carbon bond polarisabilities in relation to bond lengths. *Journal of the Chemical Society B: Physical Organic*, 1295-1298.
- Le Maître D. (1952)** - La faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg El Djamel (Sud oranais). *Matériaux pour la Carte Géologique de l'Algérie, Paléontologie*, Lille, 12, pp. 1-170.
- Legrand P. (1962)** - Comparaison des séries cambro-ordoviciennes reconnues en affleurement dans la région d'Amguid et en forage au centre du bassin saharien occidental. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7 (1), pp. 132-135.

- Legrand P. (1968)** - Le Dévonien du Sahara algérien. *In* : Oswald O.H. Ed. International Symposium on the Devonian system. Calgary, 1967. *Alberta Society of Petroleum Geologists*. I. pp. 245-284.
- Legrand P. (1977)** - Les chaînes d'Ougarta au Sahara algérien. *In* : Martinsson A. éd. The Silurian–Devonian Boundary. *IUGS Series A. 5, schweizerbart'sche ; Stuttgart*, pp. 195-202.
- Legrand P. (1983)** - Aperçu sur l'histoire géologique de l'Algérie paléozoïque : Le Paléozoïque inférieur et le Dévonien. *Lexique Stratigraphique International, Nouvelle Série, I*, pp. 96-108.
- Legrand P. (1985 a)** - Réflexions sur la transgression silurienne au Sahara algérien. *Actes 110ème Congrès Nat. Soc. Savantes, Montpellier*, pp. 233-244.
- Legrand P. (1985b)** - Lower Paleozoic rocks of Algeria. *In* : Hollard C.H. ed. Lower Paleozoic of north-western and west central Africa. *John Wiley & Sons Ltd*, pp. 5-89.
- Legrand-Blain M. (2002)** - Le Strunien et le Tournaisien au Sahara algérien: limites, échelles lithostratigraphiques et biostratigraphiques régionales. *Mém Serv Carte Géol Alger, 11*, pp. 61-85.
- Maâche N. (1987)** - Etude sédimentologique : lithostratigraphie, diagenèse et paléogéographie des séries du Dévonien de la Saoura, Monts de l'Ougarta, (Sahara nordoccidental, Algérie). *Thèse Doct. 3ème Cycle Univ. Pris-Sud (Orsay)*, 1 vol., 65 fig., 10 pl.photo., 10 tabl. H. t., 6 tabl. 176 p.
- Malti F. Z. (2012)** - Passage Dévonien-Carbonifère dans l'Ougarta ; Sahara occidental, Algérie. *Thèse de Doctorat Sciences. Université Univ. Oran*, 49 fig., 19 tabl., 224 p.
- Massa D. (1965)** - Observations sur les séries siluro-dévoniennes des confins algéromarocains du Sud (1954-1955). *Notes Mém. Comp. Franc. Pétroles*, **8**, 187 pp.
- Massa D., Combaz A. & Manderscheid G. (1965)** - Observations sur les séries siluro-dévoniennes des confins algéro-marocains du Sud. *Compagnie Française des Pétroles*, Paris, 15 fig., 152 p.
- Maillet S. (2013)** - Les ostracodes du Givétien (Dévonien moyen) de l'Ardenne Paléobiodiversité, paléoécologie et bioévénements : Réponse biotique face aux changements environnementaux d'une plate-forme carbonatée. *Thèse Doctorat Paléontologie, Univ. Lille I*, Tome I, 78 fig., 471 p.
- Mairia L. & Belhadji B. (2014)** - Etude lithostratigraphique et sédimentologique d'une nouvelle coupe de la formation du Cheffar el Ahmar (Eifelien-Givétien-Frasnien) dans la Saoura (Sahara algérien nord-occidental). *Mém. Ingén. Etat, Université d'Oran*, 60 p.
- Menchikoff N. (1924)** – Sur l'âge des grès d'Ougarta (Sahara occidental). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 187, p. 733-734.

- Menchikoff N. (1933)** - La série Primaire de la Saoura et des chaînes d'Ougarta. *Bulletin du Service de la Carte Géologique de l'Algérie*, **11**, pp. 109-123.
- Menchikoff N. (1934)**.-Sur le rivage méridional de la Mésogée jurassique dans les confins algéro-marocains. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, **198**, pp. 1617-1619.
- Menchikoff N. (1949)**- Quelques traits de l'histoire géologique du Sahara occidental. Livre jubilaire Charles Jacob. *Annales Hébat et Haug*, vol. 7, p. 303-325.
- Nedjari A., Aït-Ouali R. A., Chikhi F. Aouimeur L. B. & Bitam L. (2007)** - Le bassin de l'Ougarta au Paléozoïque: une mobilité permanente. (*Livret guide*, 2), *Mém. du Serv. Géol. Nat.*, n 14.
- Ouali Mehadji A., Elmi S., Racheboeuf P. & Mekahli L. (2004)** - Caractéristiques et signification d'un niveau coquillier majeur à brachiopodes, marqueur événementiel dans l'évolution dévonienne de la Saoura (Sahara du Nord-Ouest, Algérie). *Comptes rendus Géoscience*, **336** (14), 1283-1292.
- Ouali Mehadji A. et al.(2011)** - Environnements sédimentaires de la Saoura-Ougarta (Sahara Nord-Ouest, Algérie) au Dévonien inférieur (Lochkovien supérieur *pro parte*-Emsien) Pub. Sc. du Mus. nat. d'His. naturelle, Paris. *Geodiversitas* •pp. 1-572.
- Ouali Mehadji A., Bendella M., Atif K., Belkacemi K. & Abbache A. (2012)** - Estimation de l'épaisseur réelle et des environnements de dépôts d'âge Famennien (Dévonien supérieur) de la région de Marhouma (Saoura, Sahara nord-Ouest, Algérie). *Bulletin du Service Géologique National*, **23**, 3-27.
- Payros A., Astibia H., Cearreta A., Pereda-Suberbiola X., Murelaga X. & Badiola A. (2000)** - The Upper Eocene South Pyrenean Coastal deposits (Liedena sandstone, navarre) : Sedimentary facies, benthic foraminifera and avian ichnology. *Facies*, **42** (1), pp. 107-131.
- Petter G. (1959)** - Goniatices dévoniennes du Sahara. *Pub. du Ser. Carte géol. Algérie (Nlle Sér.)*. *Paléontologie. Mémoire* 2, Alger. 28 pl., 58 fig., 313 p.
- Petter G. (1960)** - Clymenies du Sahara. *Publ. Serv. carte géol.*, Algérie, *Nelle Sér. Paléont.*, *Mém.* N°6, pp. 53-56.
- Poueyto A. (1950)** - Coupe stratigraphique des terrains gothlandiens à graptolithes au Nord d'Ougarta (Sahara occidental). *CR somm. Soc. Géol. Fr*, pp. 44-46.
- Poueyto A. (1965)** - Dévonien de l'Ougarta. *SN-REPAL*, *rapport interne* (inédit).
- Seilacher A. (1982)** - Distinctive features of sandy tempestites. In *Cyclic and event stratification*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 333-349.
- Seilacher A. & Aigner T. (1991)** - Storm deposition at the bed, facies, and basin scale: the geologic perspective. In: *Cycles and Events in Stratigraphy* (Einsele et al., ed.), Springer, Berlin. pp. 249-267.

- Schieber J. (1978)**- Black shales. *In: Sedimentology. Encyclopedia of Earth Science.* Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tyson T.A.I. (1989)** - Sedimentology of the Minette oolite ironstones of luxembourg and Lorraine. A Jurassic subtidal sandwawe complex. *Sédimentology* ,31:195-311.
- Tandjaoui-Arif R. (2014)**- les canodontes du devonien moyen de la coupe du Km30 (Saoura, Algérie): bioévènements et environnements. *Mem. Magister. Univ. Oran*, 73p.
- Tandjaoui R. Randon C. Ouali Mehadji A. (2018)**) - Les bioévénements du Dévonien Moyen dans le Sahara Algérien Nord occidental : l'apport des microfaunes (Conodontes, Tentaculites)..
- Wendt J. (1985)** - Disintegration of the continental margin of northwestern Gondwana: Late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Morocco). *Geology*, 13 (11), pp. 815-818.
- Wendt J. (1993)** - Steep-sided carbonate mud mounds in the Middle Devonian of the eastern Anti-Atlas, Morocco. *Geological Magazine*, 130 (01), pp. 69-83.
- Wilson J. L. (1975)** - Carbonate facies in geological history. 471 pp.

Listes des Figures

Fig. 1- Situation géographique de la Chaîne d'Ougarta.....	p. 4
Fig. 2- Situation géographique du secteur d'étude.....	p. 5
Fig. 3- Carte géologique des Monts D'Ougarta.....	p. 6
Fig. 4- Carte géologique de la région d'étude.....	p. 8
Fig. 5- Carte de faciès (A) et coupe de référence durant le Dévonien et le Famennien dans l'Ougarta.....	p. 5
Fig. 6 : Situation (A) et photo panoramique (B) des affleurements de la formation du <i>Chefar el Ahmar</i>	p. 14
Fig. 7 : Symboles et figurés utilisés dans la coupe.....	p. 15
Fig. 8 : colonne lithostratigraphique de coupe d'Erg el Djemel.....	p. 17
Fig. 9 : Colonne lithostratigraphique du membre inférieur.....	p. 18
Fig. 10 : Colonne lithostratigraphique du membre moyen.....	p. 19
Fig. 11 : Colonne lithostratigraphique du membre supérieur.....	p. 22
Fig. 12- Tableau représente les différents types de faciès et sous faciès.....	p. 24
Fig. 13- Argiles noirâtres feuilletées (a) à miches calcaires (b).....	p. 26
Fig. 14- Argile verdâtres admettant des passées de siltites.....	p. 27
Fig. 15- Niveaux de siltites en plaquettes intercalées à des argiles verdâtres (Membre moyen).....	p. 27
Fig. 16- Niveaux de grès au sein des argiles verdâtres.....	p. 28
Fig. 17- Banc de calcaire argileux.....	p. 29
Fig. 18- Calcaire gréseux à traces d'activités organiques au sommet du banc.....	p. 30
Fig. 19 - Association des faciès et milieu de dépôts des Formations de Chefar el Ahmar...p.	32
Fig. 20- Evolutions séquentielle de la formation du Chefar el Ahmar.....	p. 34