Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté de Sciences de la Terre & de l'Univers Département de Sciences de la Terre Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléoenvironnement



Mémoire Master II

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

Étude lithostratigraphique et environnementale de l'intervalle Emsien terminal-Eifeliens du sud-ouest d'Erg el Djemel, Saoura Ougarta

Présenté par

BEN CHIKH Mohammed Alaeddine

Soutenu le : 01 /07 / 2024 devant le jury composé de

Président : Mr. OUALI MEHADJI. AEK.	**Professeur Université Oran2**
Rapporteur Mr. AHMED YACINE KHALDI	**MAA Université d'Oran 2**
Examinateur Mr.CHIKH YOUNES MAHBOUBI	**MC-B Université d'Oran 2**

Oran, 2024

Avant Propos

Je tiens à remercier en premier dieu " الله تعالى " le Tout puissant de m’avoir donné la santé, le courage ainsi que la volonté pour achever ce modeste travail.

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude et mon vif remerciement à **KHALDI Ahmed Yacine** professeur à l’université d’Oran 02, mon promoteur de mémoire, qui m'a accordé de son temps, son savoir, ces conseils et qui m'a dirigé du début à la fin de ce travail. Je tiens également à remercier messieurs les membres de jury **Mr. Ouali, Abdelkader** de m'avoir fait l'honneur de présider le jury et **Mr. Chikh Mahboubi Younes** qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Mes remerciements s’adressent aussi à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre, je cite en particulièrement : **Mr. BOUTERFA Boumediene** ; **Mme Satoure Linda** ; **Mr. BENHAMOU Miloud, Mr chikh Younes Mahboubi.**

Un remerciement spécial aux techniciens du laboratoire, **Mr. BOUZA** Hocine ; **Mr. Derbal Wahid** e, pour l’accueil et de l’assistance dans la réalisation des lames minces, et au personnel administratif, **Mme. HADJEL Saliha**.

Je tiens à remercier la promo de Master 2 GBS 2024/2023 Sur tout (**Benzaime, Zerhouni, Belloumou**) .

En fin, tous ceux qui m’ont aidé et encouragé, Merci

Dédicace Je dédie ce mémoire :

A ma chère mère, et mon cher père **Kamel** (رحمه الله)Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs. A mes frères : **Omar**, A mes amis proches. Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études. A tous mes camarades de la promo, Youcef et Djmel , zaki . Et toute ma famille...

Sommaire

Liste des Figures 5
Chapitre 01 : Généralités 1
I. Cadre géographique 2
A. Situation géographique des monts d Ougarta : 2
B. Situation géographique de secteur d'étude : 4
II. Cadre géologique : 4
A. La formation de Zeimlet : 5
B. La formation de Saheb El Djir : 6
C. La formation du Dkhissa : 6
D. La formation de Teferguinite : 6
E. La formation de Cheffer el Ahmer 7
III. Historique des recherches 9
A. Sur le terrain 11
B. Au Laboratoire 11
Chapitre 02 : Lithostratigraphie 12
I. Introduction 14
III. Description Lithologique de la coupe de l'Erg el Djemel (sud-ouest d'Erg el Djemel : 15
IV. Attributions stratigraphiques : 16
V. Particularités sédimentaires : 19
VI. Conclusion : 19
Chapitre 03 : 20
I. Introduction 21
II. La classification de Dunham (1962) : 21
III. Concepts de classification de Folk 21
IV. La classification de Flügel (2010) 23
V. Analyse Microfaciès : 24
VI. Association de faciès et environnement de dépôts : 38
VII. Environnements de dépôts : 38
VIII. Organisation séquentielle des faciès : 39
A. Dans le bassin de Tindouf : 43
C. Dans le massif du Ben zireg : 43
D. Dans le bassin d'Illizi : 44
E. Dans le bassin de l Ahnet 44

F. Dans le Touat et l'Azzel Mati, ... 44
B. Dans L'Anti Atlas (Morocco) : 45
Conclusion Générale 47
Références bibliographiques : 49

Liste des Figures

Figure 01 : Situation géographique des monts d'Ougarta en Algérie (Saci et Rebhi, 2021) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 03 : Localisation du secteur d'étude d'Erg el Djemel (extrait de la carte géologique 1/200000) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 04: Succession lithostratigraphique du Dévonien de l'Ougarta (Gomez Silva et al., 1963 ; Legrand, 1967 ; Bastien, 1967 ; Donzeau, 1971) (Modifiée) 8
Figure 05: Légende des figures et symboles utilisés 13
Figure 06 : Carte satellitaire montrant la situation géographique du secteur d'étude. 14
Figure 07: colonne lithologique de la partie inférieure de la formation de Cheffar el Ahmar de la coupe de Erg El Djemel 17
Figure 08: La classification de Dunham (1962) 21
Figure 09 :La classification de Folk. 22
Figure 10: Types de microfaciès (Ramp microfacies type) Flügel (2004) 24
Figure 11 :Types de microfaciès (Ramp microfacies type) Flügel (2004) 36
Figure 12 : Colonne des microfaciès de la coupe de l'Erg El Djemel 37
Figure 13 :Schéma présentative de milieu de dépôt rampe 39
Figure 14: Schéma montrant un exemple la séquence génétique fréquente transgressive/régressive dans la coupe de Erg el Djemel 40
Figure 15 :Organisation séquentielle de la première unité 41
Figure 16 :Organisation séquentielle de la deuxième unité 42

LISTE DES TABLEAUX

Tab 01 : Tableau de description des lames minces selon Flügel (2004) 35
Tab. 02 : Tableau d'association de microfaciès 38

Résumé

La Chaîne d'Ougarta qui se situe dans la partie nord-occidentale du Sahara algérien, au Sud de l'Atlas saharien, montre une succession d'affleurements dévoniens, à environ 70 km Sud-ouest de Beni Abbés.

Sur le plan litho stratigraphique, l'intervalle Emsien terminal-Eifelien, est représenté par la base de la formation de Cheffar el Ahmar qui est subdivisée en plusieurs niveaux carbonatés d'environ 105 m d'épaisseur.

Sur le plan microscopique, l'analyse des lames minces des niveaux carbonatés, montrent des textures packstone, wackstone et mudstone à faune variée.

Du point de vue sédimentologique, ces carbonates suggèrent un environnement distal dans une rampe médiane à externe. L'organisation séquentielle montre des séquences génétiques du 3ème ordre qui se regroupent dans des séquences du 2ème ordre.

Mots clés : Dévonien ; Cheffar el Ahmar, Carbonates ; Emsien supérieur ; Eifelien, Ougarta.

Abstract

The Ougarta Range, which is located in the northwestern part of the Algerian Sahara, south of the Saharan Atlas, shows a succession of Devonian outcrops, approximately 70 km southwest of Beni Abbés. On the lithostratigraphic level, the terminal Emsian-Eifelian interval is represented by the base of the Cheffar el Ahmar formation, which is subdivided into several carbonate levels approximately 105 m thick.

On a microscopic level, the analysis of thin sections of the carbonate levels shows packstone, wackstone and mudstone textures with varied fauna.

Sedimentologically, these carbonates suggest a distal environment in a middle to outer ramp. Sequential organization shows 3rd order genetic sequences clustering into 2nd order sequences.

Key words: Devonian; Cheffar el Ahmar, Carbonates; Upper Emsian; Eifelian, Ougarta

ملخص

سلسلة أوغارتا الواقعة في الجزء الشمالي الغربي من الصحراء الجزائرية، جنوب أطلس الصحراء، تظهر تعاقبًا من التعرضات الديفونية، على بعد حوالي 70 كم جنوب غرب بني عباس.

من الناحية الطبقية الحجرية، الفاصل بين نهاية العصر إيمسيان والعصر إيفيلي، يتمثل في قاعدة تكوين شفار الأحمر والذي ينقسم إلى عدة مستويات كربونية بسمك حوالي 105 متر.

من الناحية المجهرية، تحليل الشرائح الرقيقة للمستويات الكربونية يظهر أنسجة بكستون وواكستون ومادستون مع سحنة متنوعة.

من ناحية الرواسب، هذه الكربونات تشير إلى بيئة بعيدة في منحدر أوسط إلى خارجي. التنظيم التتابعي يظهر تسلسلات جينية من الرتبة الثالثة تتجمع في تسلسلات من الرتبة الثانية.

Chapitre 01 : Généralités

I. Cadre géographique

A. Situation géographique des monts d Ougarta :

Les Monts d'Ougarta sont une chaîne de montagnes située dans la partie nord-occidental du Sahara algérien, au sud de l'Atlas saharien (figure01). Cette chaine qui s'étend sur environ 450 km de long et 200 km de large, joue un rôle important en tant que zone de transition géologique entre les massifs de l'Anti-Atlas marocain au nord et les reliefs méridionaux de Bled El Mass et du Tanezrouft au sud **(Fig. 01).**

Au Nord des Monts d'Ougarta se trouve la Hamada du Guir, une vaste zone désertique qui masque sa jonction avec l'Anti-Atlas marocain et le bassin carbonifère de Bechar. À l'Est se trouve le grand Erg Occidental, un vaste erg de dunes de sable, tandis qu'à l'Ouest et au Sud-Ouest se trouvent la Hamada du Draa, l'Erg Chech et l'Erg Iguidi, des régions désertiques caractérisées par des plateaux rocheux et des dunes **(Fig. 02).**

Les Monts de l'Ougarta sont composés de deux faisceaux distincts intercalés par Erg Eraoui :

- Le faisceau de la Saoura au Nord représentant les Monts de l'Ougarta proprement dits, il est formé d'anticlinaux et de synclinaux qui donnent une topographie de crêtes et de cuvettes. Ces structures plissées permettent l'affleurement des terrains cambro-ordoviciens et siluro-dévoniens. On y trouve des formations rocheuses telles que des argiles, des grès et des calcaires. **(Fig. 02).**
- Le faisceau de la Daoura au Sud, il comprend les Monts de la Daoura, le Kehal Tabelbala et le Djebel Ben Tadjine. Cette partie de la chaîne est située à l'aplomb de la suture panafricaine. Les terrains dans cette région sont principalement du Cambrien et de l'Ordovicien. On y trouve des formations rocheuses telles que des grès, des schistes et des quartzites.

La géologie des Monts d'Ougarta témoigne de l'histoire géologique complexe de la région, marquée par des processus tectoniques, des dépôts sédimentaires et des transformations métamorphiques au fil du temps. L'étude de cette chaîne de montagnes permet de mieux comprendre l'évolution de la région et de son passé géologique.

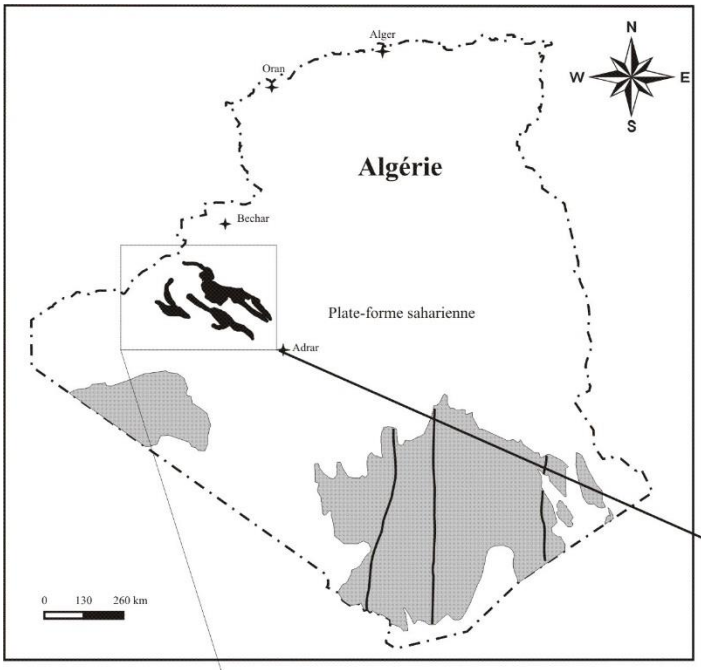


Fig1: Situation géographique des Monts de l'Ougarta
Khaldi 2014

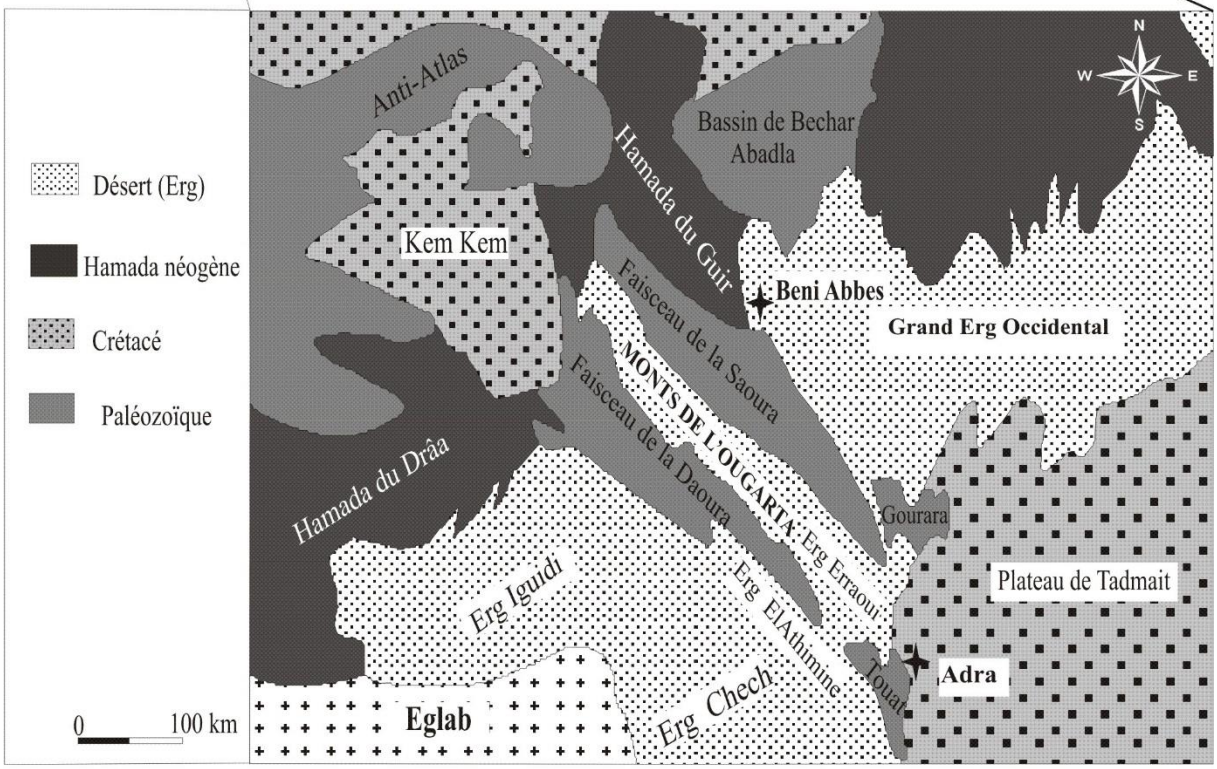


Fig 2 : Esquisse structurale d'Ougarta (Fabre 1976) *in* Khaldi 2014

B. Situation géographique de secteur d'étude :

Le secteur d'Erg El Djemel est situé à environ 70 km au Sud de la ville de Beni Abbes et à 7 km au sud du village de l'Ougarta. Il est limité au sud par la sebkha de l'Ougarta et au Nord par Nif El Khoufi. La coupe a été réalisée sur le flanc Sud d'Erg El Djemel. **(Fig. 03).**

II. Cadre géologique :

Sur le plan structural, l'Ougarta est une chaîne de chevauchement à faible raccourcissement, orientée du nord-est au sud-ouest. Selon Hevouet & Duée, (1996), elle est composée de cinq unités structurales distinctes :

Deux unités constituent le faisceau de la Saoura, l'unité septentrionale regroupant trois sous-unités (Sebkha Melah, Dar Oussakh et Gerzim), et l'unité Boukbeissat-Erg Atchan. Les deux autres unités, Kahal Tabelbala et l'Erg Athimine, forment le faisceau de la Daoura, tandis que la cinquième unité, Erg Chech, représente l'autochtone ou l'avant-pays de la chaîne (Hervouet & Duée, 1996).

La série paléozoïque d'Ougarta est affectée par des plis. Ces plis sont le résultat d'une réactivation de failles inverses dans le socle. Cela a conduit à la formation de plis en genou de grande ampleur, ainsi qu'à la mise en place d'un chevauchement donnant des rampes et des paliers appelés "Kink-Band" (Donzeau, 1971 ; Zazoun et al. 2004). (In khaldi, 2014) La Chaîne d'Ougarta est considérée comme un aulacogène Donzeau (1974) et Colomb & Donzeau (1974). Elle est constituée d'un substratum volcanique et volcanosédimentaire d'âge précambrien, surmonté par une couverture sédimentaire allant du Cambrien au Carbonifère.

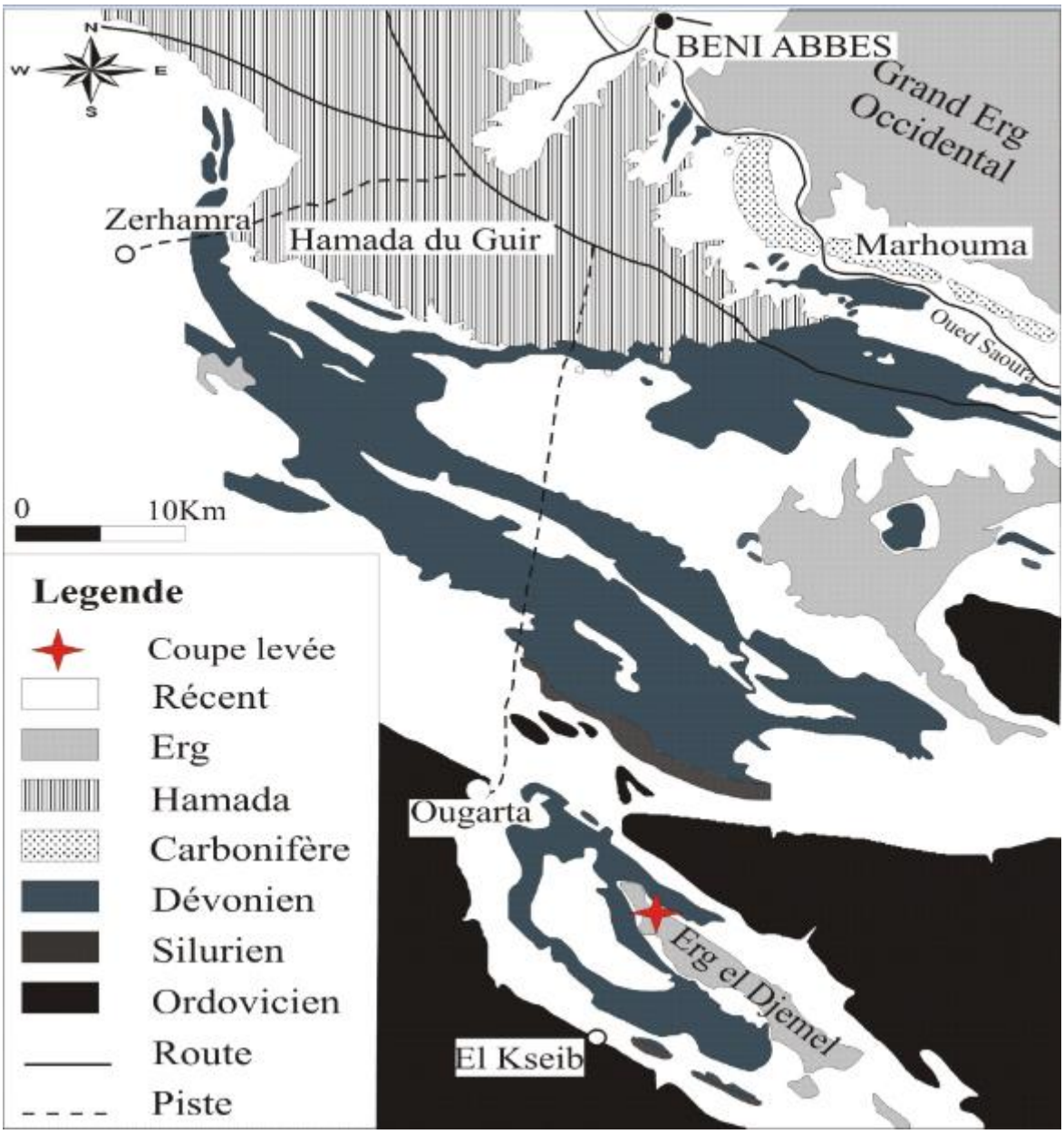


Fig 03: Localisation des secteurs du "km 30" et de Erg el Djemel in Khaldi 2014

Le Dévonien affleure au centre des dépressions synclinales et dans la vallée de la Saoura, il s'étend sur 3000m environ. Les travaux antérieurs, Flamand (1911), Menchikoff (1936), Alimen et *al.*, (1952), Le Maître (1952) et Legrand (1977), ont été repris dans un travail de synthèse relativement plus récent (Boumenjel et *al.*, 1997). Ces travaux ont permis de distinguer six unités lithologiques (formations) dans le Dévonien de l'Ougarta.

A. La formation de Zeimlet :

A été définie par Legrand (1962), sa limite basale est au-dessus du dernier banc calcaire de la formation d'Oued Ali (Silurien), tandis que sa limite supérieure correspond à la barre calcaire à Orthocères sur laquelle démarre la formation de Saheb El Djir. Cette formation est

généralement composée de silt, avec des intercalations décimétriques de grès micacés, et parfois même de rares bancs carbonatés sont signalés.

Legrand (1977) a attribué à la formation de Zeimlet un âge Lochkovien inférieur pro parte (Zone à *Monograptus uniformus uniformus*)**.** Cette attribution a été confirmée par des études sur les Chitinozoaires (Zone à *Eisenackitina bohemika*) menées par Boumenjel & Paris (1997), ainsi que par la présence de trilobites tels que *Warburgella regulosa maura* et *Acastella jaquemonti* (Morzadec, 1997).

B. La formation de Saheb El Djir :

faisant 230m de puissance, cette formation débute par la barre carbonatée à Orthocères et disparait sous les premiers niveaux gréseux de la formation de Dkhissa (Legrand, 1977 ; Boumenjel et al., 1997). Elle est essentiellement constituée d'argiles, avec des intercalations de bancs de calcaires bioclastiques d'épaisseur pluri-décimétrique et datée du Lochkovien inférieur / Lochkovien supérieur pro-parte (Zone à *Monograptus uniformus uniformus* et *Monograptus hercynicus*) (Legrand, 1965, 1967 et 1977). Cette datation est confirmée par la persistance de la zone à *Eisenackitina bohemika* des Chitinozoaires (Boumenjel et al., 1997), ainsi que par la présence du Trilobite *Acastella levi* (Morzadec, 1997).

C. La formation du Dkhissa :

d'une épaisseur de 340 à 400 mètres, elle a été définie par Bastien (1967). Sa limite inférieure correspond à l'apparition des premiers niveaux gréseux surmontant la formation du Saheb El Djir, tandis que sa limite supérieure se situe à la base de la première barre de calcaire appelée "Muraille de Chine" selon Poueyto (1965) ou barre A.

Le travail de synthèse réalisé par (Boumenjel et a)l. (1997) a permis de réviser la stratigraphie établie par Legrand (1965, 1967 et 1977) et de scinder cette formation en trois membres : membre inférieur argilo-calcaire, membre médian argilo gréseux et membre supérieur argilo-calcaire. Les deux premiers membres sont attribués au Lochkovien supérieur (Legrand, 1967) tandis que le dernier membre est daté au Praguien (Le Maitre, 1952). Cette datation est confirmée par des études biostratigraphiques basant sur les Chitinozaoaires. (Boumendjel & Paris, 1997).

D. La formation de Teferguinite :

Dans la coupe du « km30 », la formation de Tiferguenite qui débute avec la première barre de calcaire appellée « Muraille d Chine » ou barre A **(sensu Le Maître, 1952).**

Cette formation est subdivisée en deux membres : III. 1. A. Membre inférieur (170 m) : ce membre est caractérisé par la présence de 3 barres (A, B et C) séparées par des combes argileuses à des passées silteuses. Les argiles sont d'un aspect feuilleté, friable, de couleur généralement verdâtre, constituant des combes pluri-décamétriques, intercalées par des niveaux des grés à laminations obliques en mamelons (HCS), stratification horizontale, et flaser bedding. Ce membre prend fin au toit de la barre C. Les barres généralement de nature calcaire à entroques, de couleur grisâtre à la cassure et à la patine. La barre A de 4m à 5m d'épaisseur, montre une variation latérale d'épaisseur, alors que la barre B montre une épaisseur de 0,60 m. enfin, la dernière barre C montre une épaisseur de 0,80m à 1,20 m. Ces barres sont riches en des orthocères. III. 2. B. Membre supérieur (210 m) : il s'agit d'alternance irrégulière d'argiles avec des passées de grès à ciment siliceux et de calcaires spathiques à tige de crinoïdes. Les barres de grès d'épaisseur 3m à 4m se présentent en paquets dans la partie inférieure. Vers la partie supérieure, des niveaux argilogréseux peuvent attendre 10 m à 12m d'épaisseur, de grès à fines intercalations de calcaire à tiges de crinoïdes. Ver le sommet de ce membre, on a des calcaires argileux verdâtres à Zoophycus et quelques rares bancs de grès à ciment calcaire, d'aspect ruiniforme par. (**Boumendjel & Paris, 1997)**

E. La formation de Cheffer el Ahmer

d'une épaisseur de 140 mètres, elle est formée de deux parties, La partie inférieure est représentée par le niveau à faune benthique variée (FBV) (Ouali Mehadji 2004), également connu sous le nom de niveau coralligène selon Le maître (1952) et Boumenjel et *al*. (1997). La partie supérieure est caractérisée par une alternance d'argiles et de calcaires nodulaires à Goniatites, appelés "calcaires griottes".

Le niveau à faune benthique variée est attribué à l'Emsien supérieur en raison de la présence du céphalopode *Anarcestes lateseptatus* et de l'association des polypiers *Pleurodictyum crassum* et *Paracleistopora smythi* (Plusquellec, 1997). Le passage Emsien supérieur / l'Eifelien (Dévonien inférieur/Dévonien moyen) est juste au-dessus de ce niveau (Göddertz, 1987 ; Boumenjel et *al.*, 1997 ; Paris et al., 1997 ; Ouali Mehadji 2004). Cette formation se poursuit jusqu'au Frasnien (Göddertz, 1987).

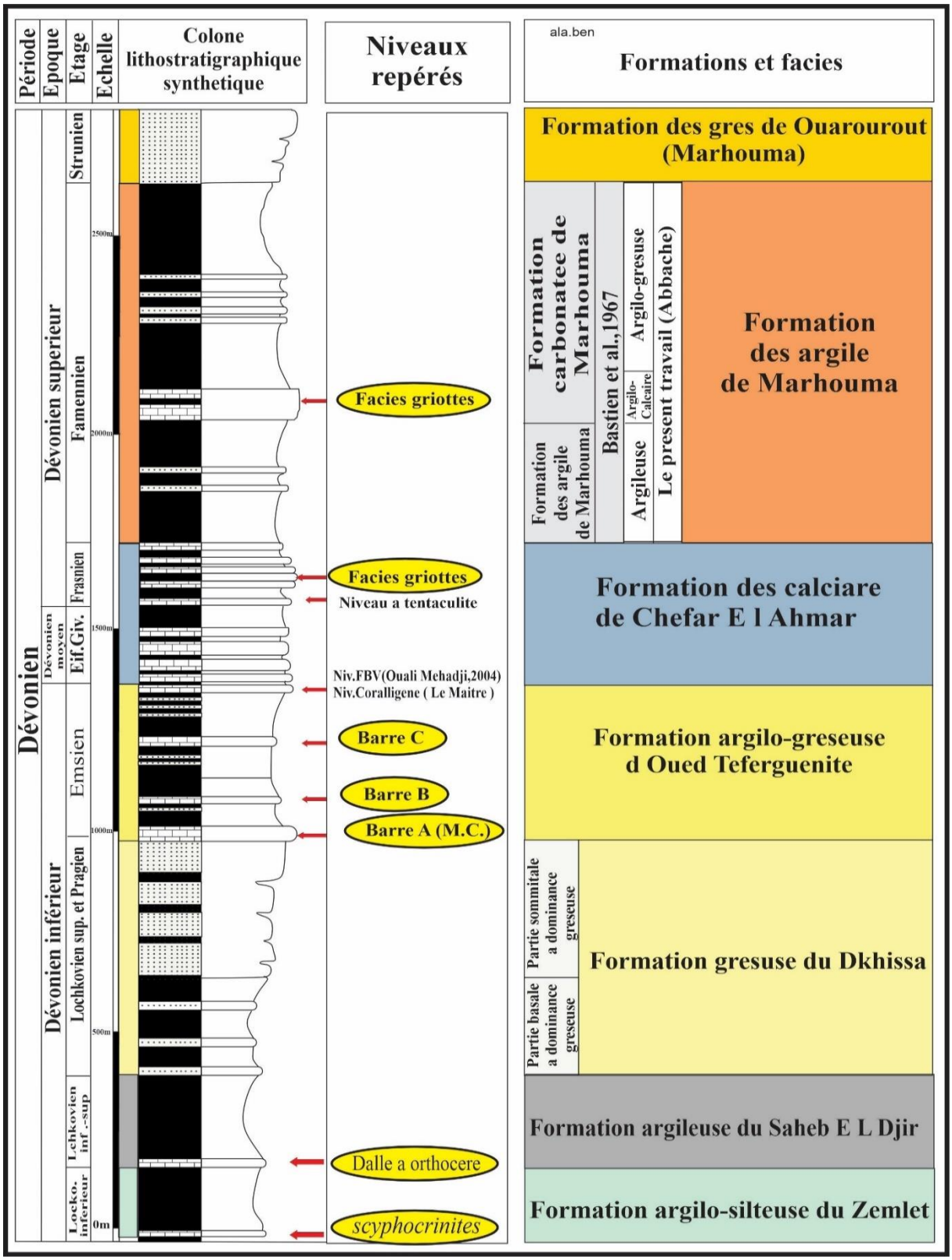


Figure 04: Succession lithostratigraphique du Dévonien de l'Ougarta (Gomez Silva et al., 1963 ; Legrand, 1967 ; Bastien, 1967 ; Donzeau, 1971) (Modifiée)

III. Historique des recherches

La recherche géologique dans le Sahara algérien est passée par trois étapes distinctes. **L'étape de la reconnaissance géologique** qui s'est basée sur la description des unités lithostratigraphiques et les attributions stratigraphiques. Des géologues comme, Duveyrier (1964), Grad (1872), Shirmer (1893) et Flamand ont contribué à la connaissance géologique de la région la Saoura tandis que Joleaud (1990), Gautier (1903), ont fait des recherches approfondies sur le bassin carbonifère de Bechar qui est riche en gisements de charbon.

L'étape de l'épanouissement de la recherche géologique saharienne qui a débuté au début du XXe siècle, elle marquée par la découverte de pétrole à Hassi Messaoud. Les travaux de chercheurs tels que Flamand, Menchikoff et Legrand ont été influents et considérés comme pionniers dans le domaine de la géologie saharienne.

Dans les années 1950, Des chercheurs géologues de la Compagnie française de pétrole (CFP) tels que Pouyeto, Gomez Silva, Massa et Bastien ont contribué à la définition de la nomenclature lithostratigraphique de la Saoura. D'autres chercheurs, tels que Petter et Legrand, se sont concentrés sur l'étude des céphalopodes, graptolites et brachiopodes du Dévonien du Sahara algérien.

La période actuelle de recherche, La période actuelle de recherche, à partir des années 1970, a été menée par l'Office de recherche géologique et minière en Algérie (ORGM). Des chercheurs algériens, tels que Ait Kaci, ont étudié l'évolution lithostratigraphique et sédimentologique du Cambrien de l'Ougarta. Des études structurales sur les monts de l'Ougarta ont également été réalisées.

En ce qui concerne l'étude des trilobites, des chercheurs tels que Geyer, Destombe, Alberti, Morzadec, Cronier et Feist ont contribué à la connaissance des trilobites au Maroc. En Algérie, les premiers trilobites ont été récoltés par Menchikoff et étudiés par Le Maître. Alberti a également étudié les trilobites du Dévonien en Algérie et proposé un découpage biostratigraphique. Morzadec s'est intéressé aux trilobites du Dévonien de l'Ougarta et a défini plusieurs espèces.

Ces recherches ont permis de mieux comprendre la géologie et la paléontologie de la région saharienne, notamment en ce qui concerne les formations géologiques, les faunes fossiles et la stratigraphie

Depuis sa première description de la faune par Le Maître (1952), ce niveau fossilifère a souvent été cité et pris comme un "coralligène" jusqu'à Ouali Mehadji (2004), dans sa thèse de Doctorat, remonte à l'origine du terme "coralligène". Dans ces travaux (Thèse et publications), il évoque la différence entre les niveaux observés à l'Ougarta et le véritable « coralligène ». Il le décrit comme un niveau majeur à faune benthique variée (FBV) en proposant d'utiliser cette dénomination accompagnée du nom de sa localitéParallèlement à cette étude, Ouali Mehadji (2004) a étudié le peuplement des brachiopodes de ce niveau majeur. La diversité spécifique est très élevée représentées par 26espèces réparties en 19 genres au « km30 » ; 35 espèces représentant 29 genres à l'Erg el Djemel et enfin 17 espèces représentées par 16 genres à Haci-Fegaguira. Dans la même étude, trois associations ont été définies Au km 30 : association à Alatiformia jaeckeli (Scupin, 1900), association à Athyris (Athyris) concentrica (Buch, 1834) et association à Uncinulus orbignyanus Sartenaer, 1970. A l'Erg el Djemel, il met en évidence deux associations (association à Athyris (A.) concentrica et association à Uncinulus orbignyanus (= Cuninulus melanopotamicus Sartenaer, 2005). Tandis qu'à Haci-Feguaguira, quatre associations ont été définies (trois associations trouvées au km 30 suivie par une quatrième association à Warrenella sp. cf. apodecta Crickmay, 1953). Ouali Mehadji et al. (2004) ont publié un travail, dans lequel ils ont présenté les caractéristiques des niveaux majeurs à brachiopodes, et interprété la prédominance de la faune benthique, par des condensations et télescopage chronologique (time averaging) dû au faible taux de sédimentation. Un milieu de dépôt offshore a été proposé, avec des courants discontinus. Les communautés benthiques bénéficient d'un balayage du biotope par des courants non violents, et l'instabilité des peuplements fauniques est due à la colonisation des Rugosa aux fonds parsemés de microhabitats. Ouali Mehadji et al. (2011) ont établi la dynamique sédimentaire du dépôt et définissent des cycles eustatiques dans la coupe du Marhouma « km 30 » (Saoura, Ougarta). Le FBV présent à l'échelle de toute la chaine de la Saoura est considéré par ces auteurs comme un évènement annonçant une transgression générale dans la partie occidentale du Sahara africain. Cette transgression semble être différente d'un secteur à un autre en fonction de la bathymétrie, de la position paléogéographique et du taux de production carbonatée par la faune benthique. Cette dernière est contrôlée dans le FBV de la Saoura par des cycles eustatiques de haute fréquence (Bande E1 de 400 ka de l'excentricité de Milankovitch). Dans la même année, Benachour (2011) a réalisé un mémoire de magister à l'Université d'Oran. Dans laquelle, a étudié les modalités de la transgression du Dévonien moyen qui a envahi les grandes aires de la plateforme saharienne. Il a décrit les différents faciès rencontrés dans les coupes étudiées et tenté de tracer des lignes temps à partir des données établies par les goniatites, les brachiopodes

et les trilobites. La fin de l'année 2011, El Hadj a soutenu son mémoire du magister à l'Université d'Oran. Il a établi une étude lithostratigraphique, environnements et séquence de dépôts des terrains du Dévonien inférieur. Il a déterminé le milieu sédimentaire de la coupe du « km 30 » qui correspond à un environnement marin peu profond d'une plate forme détritique, qui se charge progressivement de carbonates vers l'Emsien terminal et le début de l'Eifélien (Niveau majeur FBV). En 2014, Besseghier s aoutenu son mémoire de magister à l'Université d'Oran, sur une étude systématique sur les Anthozoaires de l'Emsien terminal du niveau majeur à faune benthique variée (FBV) de la coupe du « km 30 » et d'Erg El Djemel. Dans la même année, Khaldi réalise un mémoire de magister à l'Université d'Oran dans lequel a étudié les trilobites du niveau à faune benthique variée (FBV) de la coupe du « km30 » et de l'Erg. el Djemel. La même année 2014, Tandjaoui présente un travail de Magister sur les bioévénements du Dévonien moyen à base des conodontes. Enfin, Limam et al. (2021) et Bouchemla et al. (2021) ont présenté des données sur les ichnofaciès du Dévonien inférieur et moyen avec les caractéristiques des environnements sédimentaires identifiés, de type rampe médiane /distale.

VI. Méthodologie de travail :

A. Sur le terrain

Le travail est divisé en trois parties essentielles. Premièrement, la documentation consiste à rassembler des informations et des données antérieures sur la région d'étude. Deuxièmement, sur le terrain, il s'agit d'identifier les différentes séries géologiques de la région en réalisant un trait de coupe géologique et en observant les successions faciologiques, ainsi que la collecte de fossiles et de fragments.

B. Au Laboratoire

La préparation des échantillons de roches pour observation au microscope nécessite la création de lames minces. Cette fabrication se déroule en trois étapes principales : la découpe de la roche, le collage de l'échantillon sur une lame de verre, et enfin la fabrication de la lame mince par usure de l'échantillon. Ces lames minces sont essentielles car la plupart des minéraux en grains qui composent les roches ne permettent pas le passage des rayons lumineux, rendant ainsi l'observation au microscope impossible sans cette préparation spécifique.

1) Tronçonnage de la roche :
2) Fabrication du Sucre :
3) Le collage sur lame de verre
4) La réalisation d'une lame mince

Chapitre 02 : Lithostratigraphie

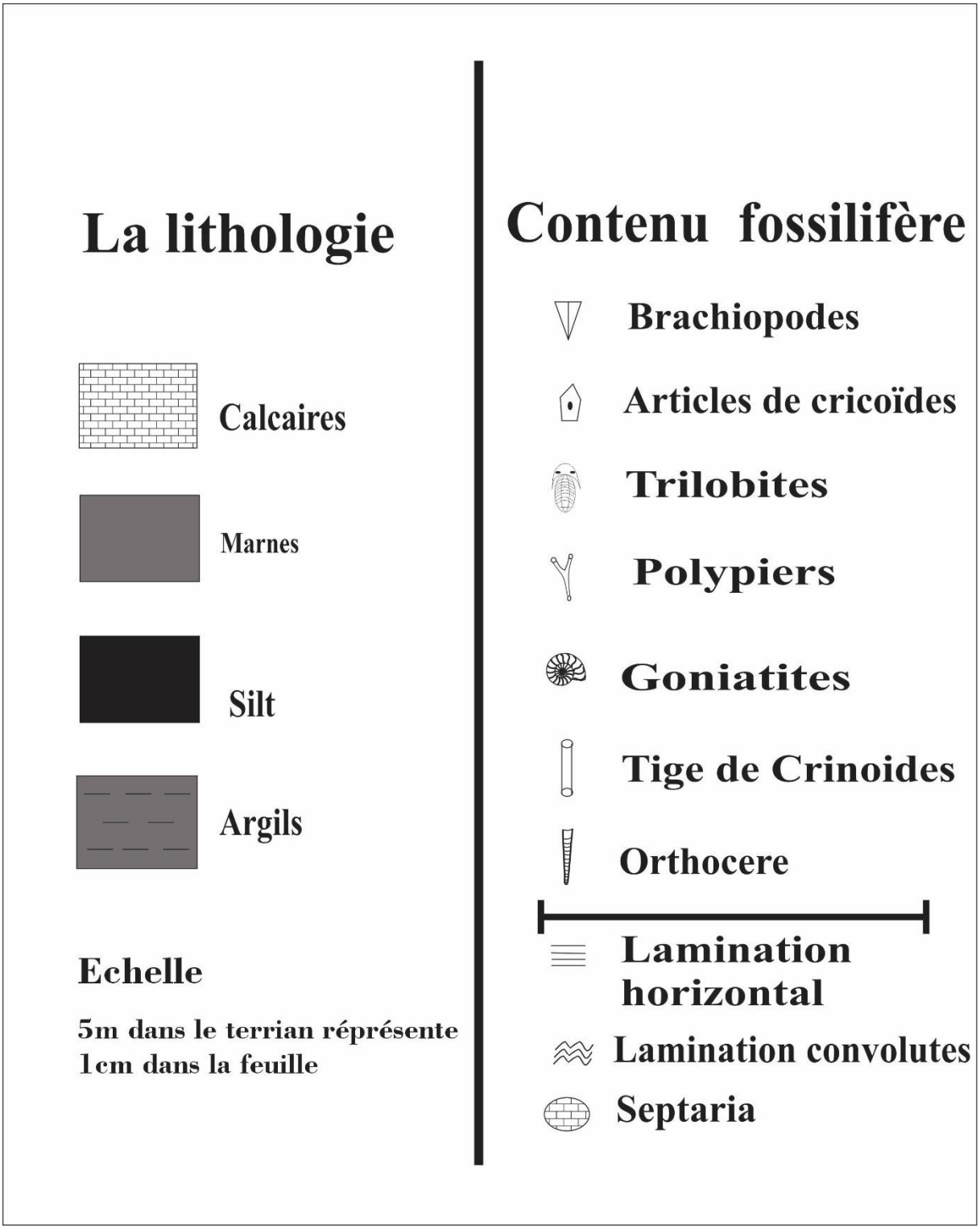


Figure 05: Légende des figures et symboles utilisés

I. Introduction

Dans cette partie, nous allons présenter une étude descriptive de la succession lithologique de la partie inférieure de la formation de Cheffar el Ahmar de la coupe sud de l'Erg el Djemel Ougarta. Une coupe géologique détaillée a été levée, banc par banc, avec une description des faciès rencontrés (lithofaciès et chromofaicès). Cette coupe fera l'objet d'une analyse microscopique pour étudier les microfaciès et les fossiles récoltés afin d'identifier les caractéristiques pétrographiques et paléontologiques.

II. Situation géographique de la coupe de Erg el Djemel :

La coupe est située à 20 km au Sud du village de l'Ougarta et à environ 70 km de Beni Abbes, dans le sud-est de l'Erg el Djemel. Elle se trouve à 10 km de la piste et des constructions en ruine de l'ancienne prison coloniale, présentée par une ligne blanche **(Fig. 06).**

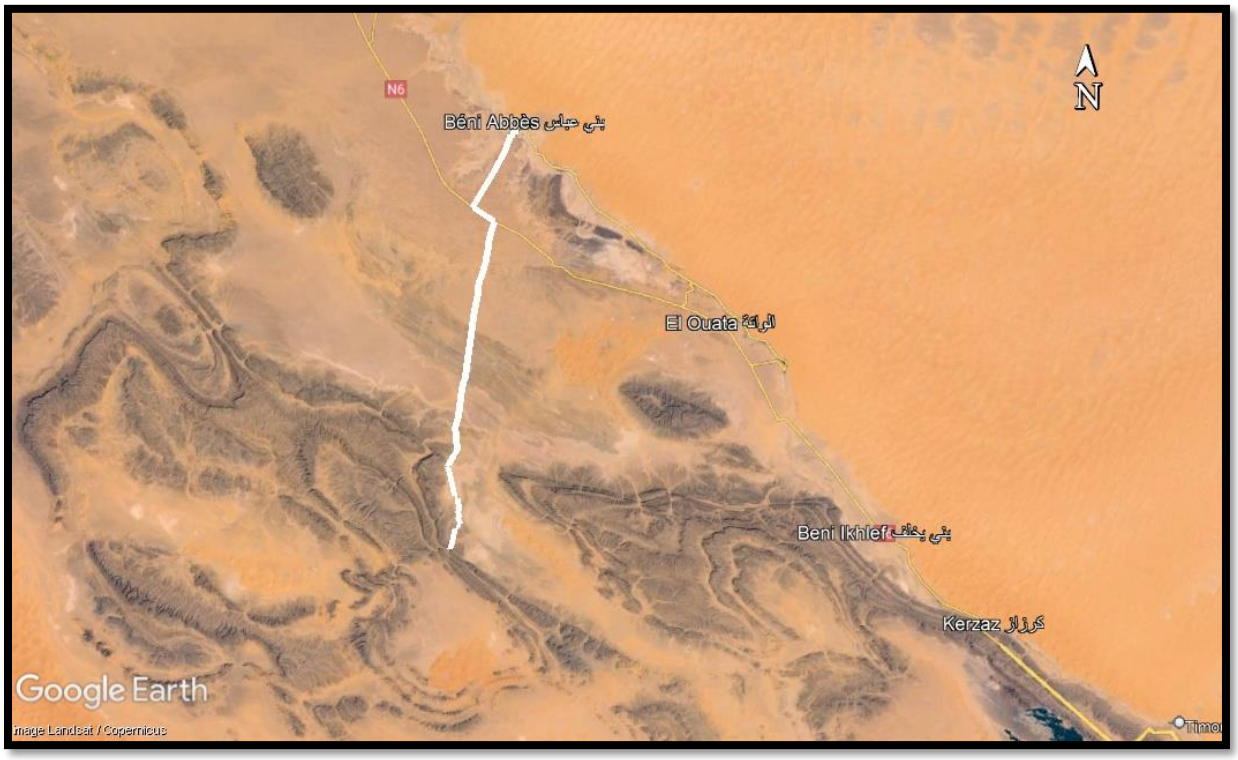


Figure 06 : Carte satellitaire montrant la situation géographique du secteur d'étude.

III. Description Lithologique de la coupe de l'Erg el Djemel (sud-ouest d'Erg el Djemel :

Nous avons subdivisé cette coupe en niveaux carbonaté indurés intercalé par des combes marneuses tendres :

- **Le banc Es1 (0.6m à 0.8 m) :** Grès plus ou moins carbonatés, d'épaisseur décimétrique irrégulière, de couleur grisâtre à la cassure et gris à brunâtre à la patine avec des laminations horizontales. ; Suivi d'une combe argileuse de couleur grise-verdâtre de **4 m** de puissance (**Fig.07)**.
- **Le banc Es2 (0.4m à 0.6m) :** calcaire bioclastique gris d'épaisseur centimétrique qui varie latéralement ; riche en entroque et les tiges de crinoïde et des brachiopodes et des trilobites ; Suivi par une combe argileuse verdâtre de **3** mètres.
- **Le banc Es3 (0.7 m) :** calcaire marneux parfois friable d'épaisseur centimétrique et couleur bleuâtre à la patine riche en faune benthique Brachiopodes, trilobites les tiges de crinoïde orthocère suivi de 2 m d'argile verdâtre.
- **Le niveau Es4 et Es5 et Es6 (0 .5 à 0 .7 m) :** représentent une succession de trois bancs carbonatés marneux de couleur grise, riches en faune benthique à épaisseur centimétrique intercalés par des marnes grises verdâtre avec **0.4** à **0.7** mètres d'épaisseur.

- **Le banc Es7 (0.5 0.8) :** il est constitué banc carbonate plus grisâtre Il contient aussi une faune benthique diversifiée (trilobites, orthocère et brachiopodes).

- Suivi par une puissante combe marneuse **20 m**, de couleur grise.

- **Le banc Es8 (0.4 à 0.6 m)** : c'est un banc de calcaire marneux gris, à brachiopode, et de rares trilobites, de 0,4 m à 0.5 m d'épaisseur.

- **Le banc Es9(0 .6m)** : niveaux carbonaté ferrugineux (présente en boules de calcaire à Goniatites pyritisés) de couleur verdâtre à brunâtre à la patine et noirâtre à rougeâtre à la cassure.

- **Le banc Es10** : niveau carbonaté surmonté par un des argiles d'épaisseur entre 0.5m a 0 .7m De couleur gris clair à la patine, noirâtre à la cassure et riche aux matières organiques.
- Le banc Es11 (0,6 m): un banc de calcaire micritique de colleur noirâtre à la patine et à la cassure d'épaisseur centimétrique à décimétrique.
  Suivi par une combe d'argiles verdâtre d'épaisseur 10m.

- **Le banc Es12 :** Niveau carbonaté de couleur gris à gris foncé à la patine et à la cassure avec la présence de fossiles tel que : les polypiers et brachiopodes, suivi d'une combe argileuse verdâtre à passées silteuses de 0. 6 à 0.9 m d'épaisseur.
- **Le banc Es13 :** c'est un banc de calcaire friable peu consolidé à épaisseur métrique.

- Suivi par alternance marno-calcaire de plus 30 m, d'épaisseur des bancs de calcaire variée entre 1m a 2.5m.
- Terminée cette coupe par un barre de grès lamination convolutes de couleur maronne à grisâtre de 2 mètres d'épaisseur.

IV. Attributions stratigraphiques :

La limite entre l'Esmein sup /Eifelien se place au-dessus du niveau « FBV » (Ouali,2004) ou niveau « Coralligène » sensu Le Maître 1952 selon (Goddertzz ,1987 ;Boumendjel et al.,1997 Paris et al.,1997) est la partie basale de formation Cheffar el Ahmar ,selon (Le Maître, 1952 ; Fabre, 1976) . Ce passage s'effectue par une combe marneuse de l'Eifelien qui surmonte le sommet de FBV (Ouali Mehadji, 2004).

Les trilobites récoltés ont été déterminé par Khaldi et ils ont donné le résultat suivent :

Pour l'échantillon **ES 2 :** (*Barrandeops chattertoni, Austerops legrandi, Austerops speculator speculator, Hollardops mesocristata, Cornuproetus cornutus djemelensis*)

Pour l'échantillon **ES 3 :** (*Barrandeops granulops, Acastoides aff. Zguilmensis*)

Pour l'échantillon **ES 4 :** (*Hollardops mesocristata, Cornuproetus cornutus djemelensis, Phacops sp.*).

Les trilobites de ces trois niveaux (**ES 2, ES3et ES4**) indiquent un âge Emsien supérieur à Emsien terminal, ils pourront être l'équivalant du **Fbv** de Ouali Mehadji, 2004, niveau coralligène sensu (Le Maître 1952)

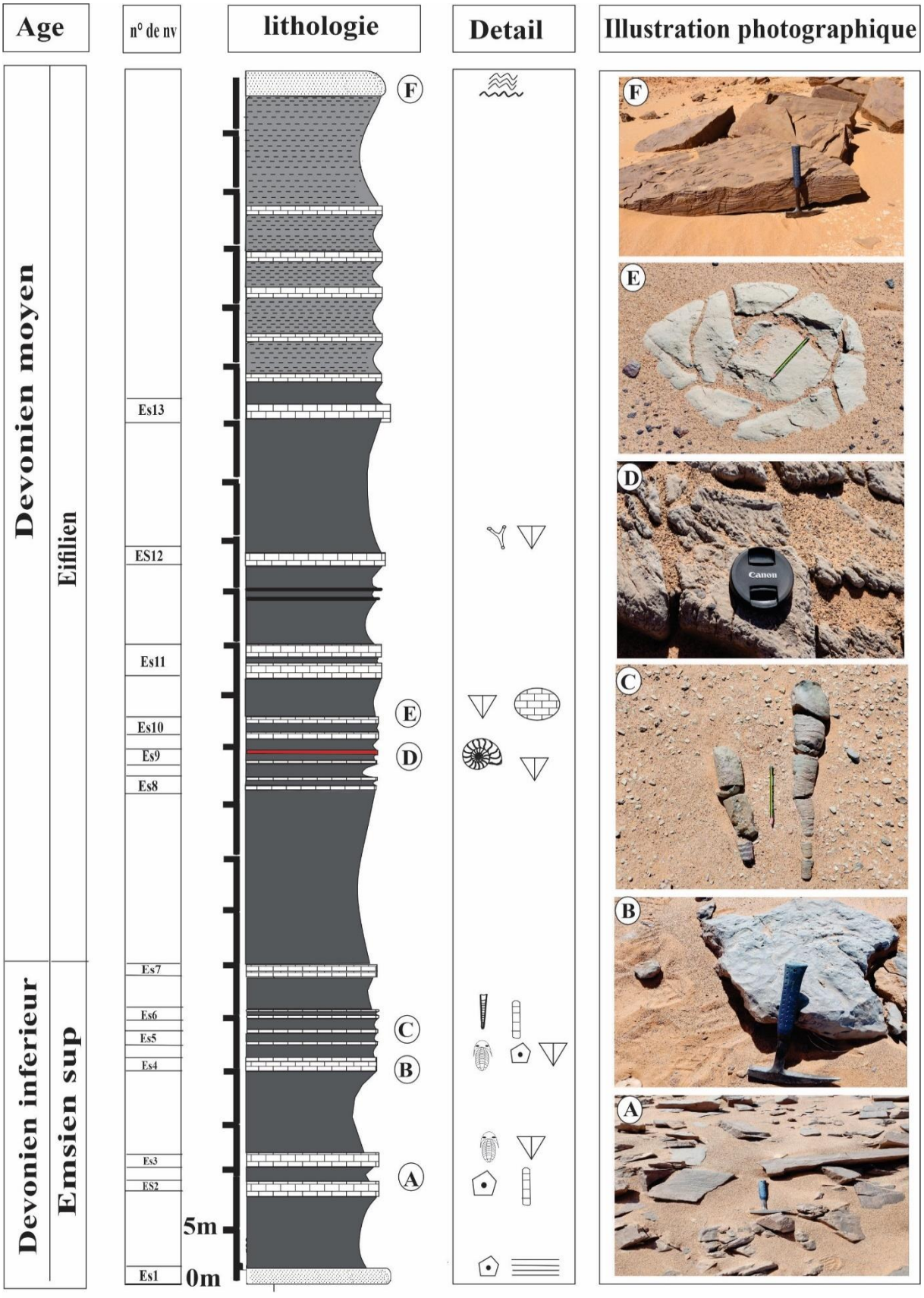


Figure 07: colonne lithologique de la partie inférieure de la formation de Cheffar el Ahmar de la coupe de Erg El Djemel

La détermination des brachiopodes par Ouali Mehadji a donné le résultat suivant :

ES2: *Sieberella sieberi, Schizophoria sp. Oglu semiorbis , Xystostrophia umbraculum , Septalaria sp***.,** *Glossinulus mimicus*

ES3: *Uncinulus lodanensis, Glossinulus mimicus, Sieberella sieberi, Uncinulus orbignyanus, Schizophoria striatula, Atrypa (Planatrypa) squamifera, Xystostrophia umbraculum* **,** *Teichostrophia lepis.*

ES4: *Athyris concentrica , Teichostrophia lepis*

ES 8: *Athyris concentrica* (nombreux exemplaires de petites tailles)

ES10 : *Uncinulus orbignyanus* , *Septalaria subtetragona* (plusieurs exemplaires).

Ces brachiopodes suggèrent que L'Eifélien débute sous le niveau **ES10** car *Septalaria subtetragona* est connue exclusivement à partir de l'Eifélien.

Conclusion : en se basant sur la faune des brachiopodes et les trilobites et sur les données des travaux antérieurs (Le Maître 1952, Boumendjel et al. 1997, et Ouali Mehadji, 2004) nous pourrons placer la limite Emsien/Eifélien dans cette après le niveau **ES7.**

V. Particularités sédimentaires :

D'une épaisseur totale d'environ de 90 m, la coupe levée montre quelques particularités par Rapport aux faciès sous et sus-jacents :

1. Riche en faune benthique par ordre de dominance Brachiopodes, rugueux, Crinoïdes (tiges et articles), Trilobites et Gastéropodes.
2. Le necton est représenté par quelques orthocères et des goniatites pyritisés.
3. Les bancs calcaires sont parfois friables et marneux.
4. Les intervalles marneux sont plus épais que les bancs calcaires bioclastiques.
5. La coupe se termine par des grès à laminations convolutées de couleur marron à grisâtre

VI. Conclusion :

Le passage Esmein terminal et l'Eifelien basale dans la coupe du sud d'Erg Djemel est représenté par une alternance de 90 m réel d'épaisseur, constituée de ; i) argiles grise en combes métriques, ii) de calcaires bioclastiques riches en faune benthique (Brachiopodes, tiges et articles de crinoïdes, polypiers, trilobites, gastéropodes et bivalves) et une faune de necton (orthocères et goniatites).

Chapitre 03 : Sédimentologie

I. Introduction

L'étude sédimentologique réalisée dans notre travail repose sur la définition et l'interprétation des faciès. Les données sédimentologiques utilisées pour la détermination des faciès incluent la lithologie, les éléments figurés, la texture, l'épaisseur des bancs, la géométrie et le contenu paléontologique. Chaque faciès est interprété en termes de dynamique sédimentaire et de processus de dépôt. Les roches carbonatées sont classées en fonction de leurs textures, matrices ou ciments et les grains. Les classifications utilisées font appel à des paramètres accessibles sur échantillon ou en lame mince comme les éléments figurés et leurs rapports aux matrices/ciments déterminant les textures. Il s'agit de la classification de Dunham (1962) **(Fig.08)** et la classification de Flugel (2010) **(Fig.10)**.

II. La classification de Dunham (1962) :

S'intéresse beaucoup plus sur l'arrangement des constituants au moment du dépôt, qu'a la nature des grains. Elle est fondée sur trois critères principaux :

-la présence ou l'absence de la boue carbonatée.

-la disposition des grains, jointive ou non jointive.

-la proportion des grains (inferieure ou supérieure à 10%).

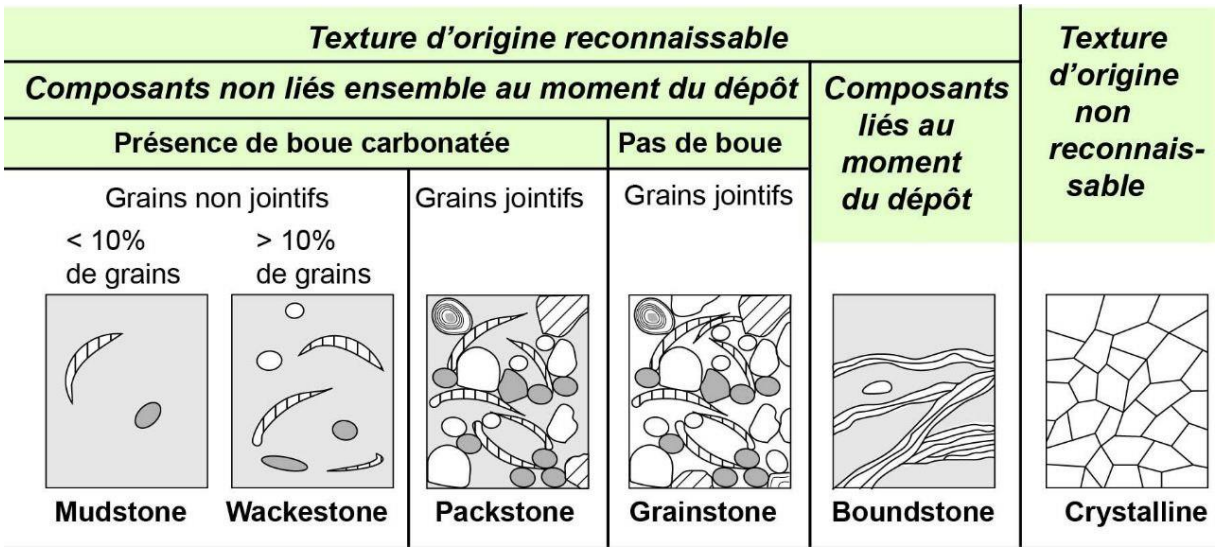


Figure 08: La classification de Dunham (1962)

III. Concepts de classification de Folk

La classification de Folk est une méthode utilisée pour décrire les roches carbonatées, en se basant sur la similarité de leur mode de dépôt avec les roches siliciclastiques. Selon cette

classification, les roches carbonatées sont composées de trois éléments principaux : des grains carbonatés distincts (appelés "allochimiques"), une matrice de calcite microcristalline et de la calcite sparitique qui remplit les espaces vides. (Flugel,2010). (**Figure 09)**

En fonction des proportions relatives de ces éléments, les roches carbonatées sont classées en différentes catégories. Les roches allochimiques sparitiques sont principalement composées de grains cimentés par de la calcite sparitique. Les roches allochimiques microcristallines sont composées d'une matrice microcristalline et de diverses quantités de grains. Les roches microcristallines sont principalement composées de calcite microcristalline et contiennent peu ou pas de grains. (Flugel, 2010).

La classification de Folk permet également de subdiviser davantage ces catégories en fonction du rapport entre les grains, la sparite et la matrice de micrite, ainsi que du type de grains présents. Elle est utilisée pour nommer et classer les différents types de roches carbonatées en prenant en compte la proportion de chaque élément. (Flugel,2010)

Il est important de noter que l'utilisation stricte de la classification de Folk nécessite de prendre en compte certains points, tels que le sens non génétique des noms des grains et le classement précis des grains en fonction de leur importance. (Flugel,2010)

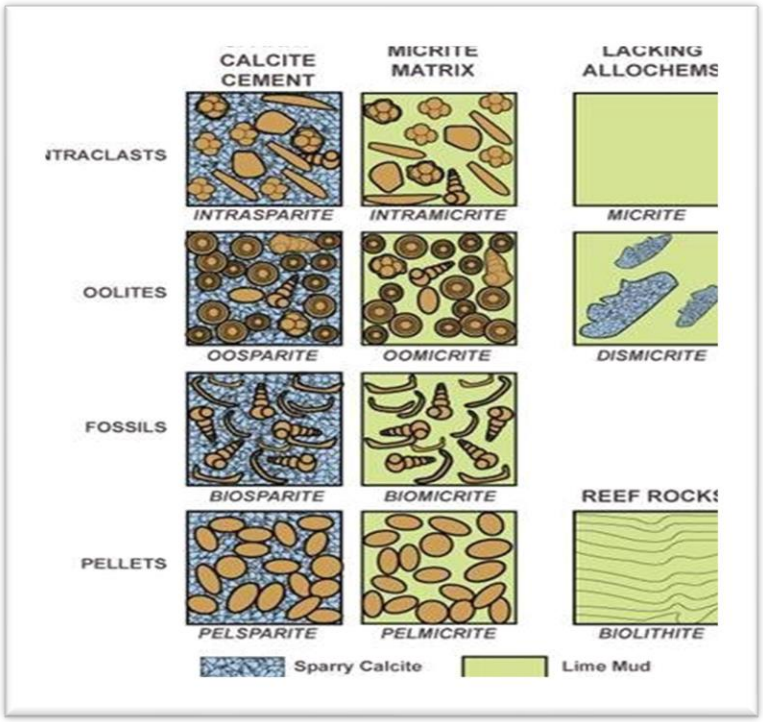


Figure 09 :La classification de Folk.

IV. La classification de Flügel (2010)

Repose sur l'interprétation des milieux de dépôt à partir des faciès, des microfaciès et de leurs associations. Les faciès sont subdivisés en unités de composition similaire, correspondant à des environnements de dépôt spécifiques selon le modèle de Flügel (2010). Cette approche intègre les données des microfaciès des roches carbonatées, incluant les lithofaciès (texture et composition) et les biofaciès (contenu fossilifère). L'objectif est de définir les types de microfaciès (Microfacies Types ou MFT) dans la zone d'étude et de les comparer aux types de microfaciès rampe (Ramp microfacies type ou RMF) établis par Flügel (2010) pour caractériser un milieu de dépôt spécifique. (Flugel,2010) **(Fig.10)**.

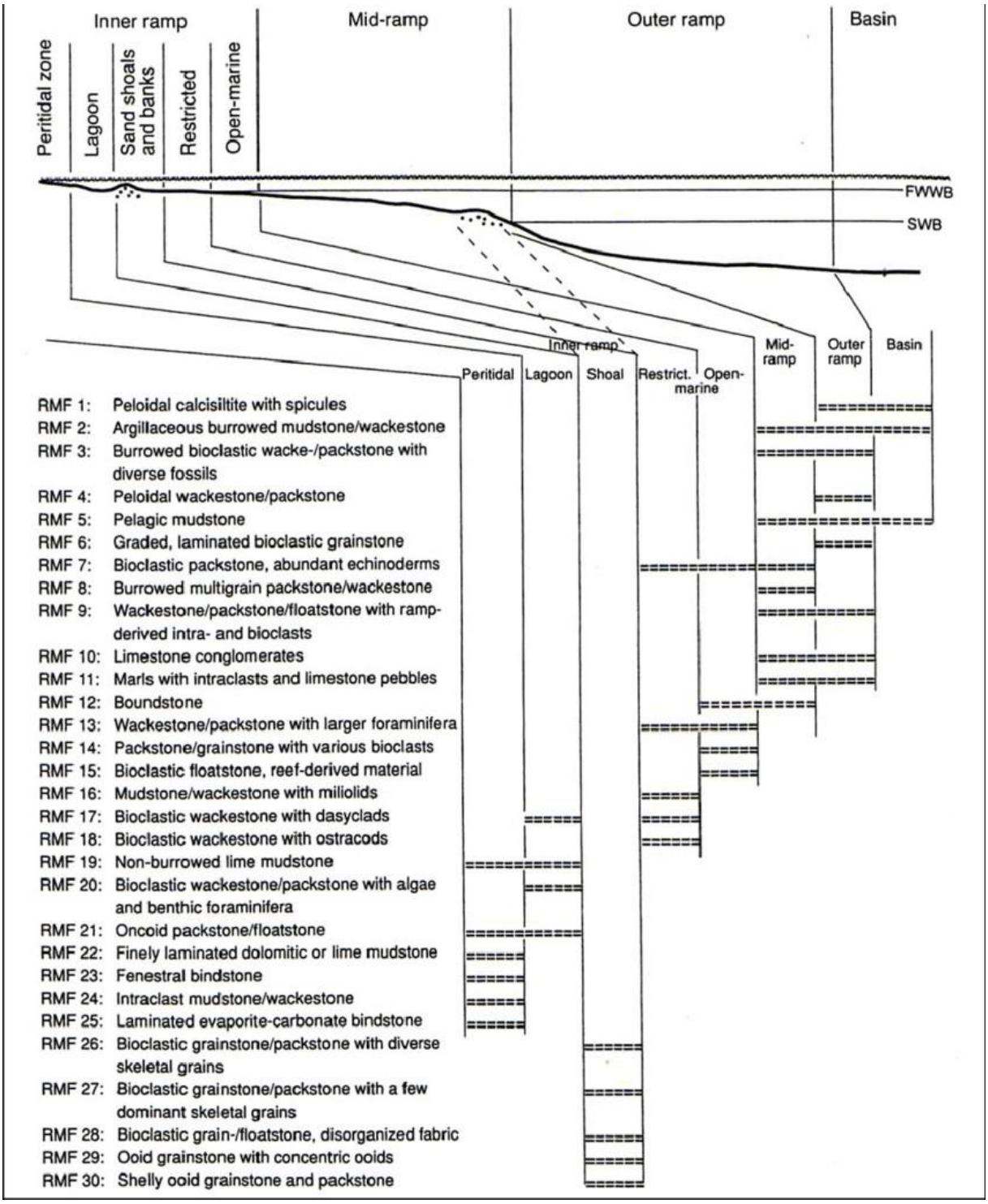
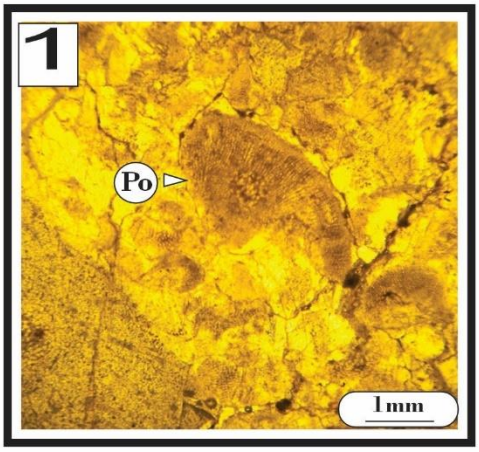


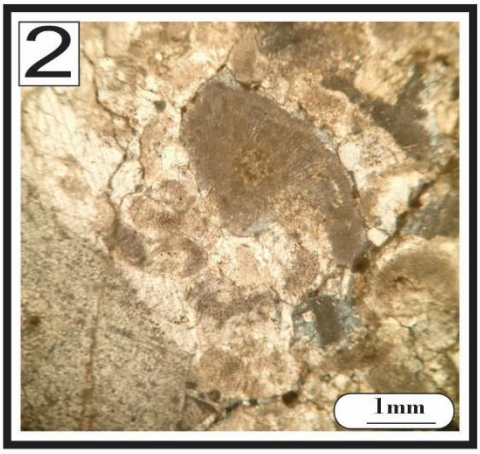
Figure 10: Types de microfaciès (Ramp microfacies type) Flügel (2004)

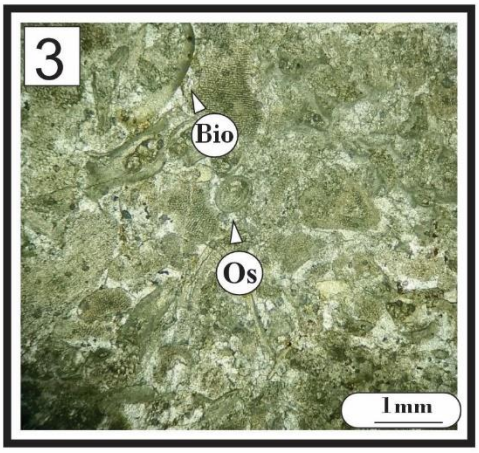
V. Analyse Microfaciès :

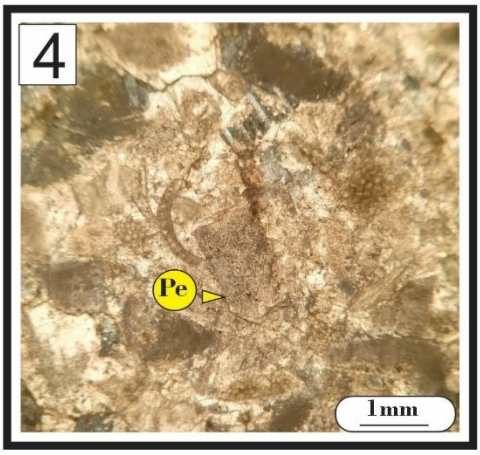
L'analyse microscopique nous a permis d'identifier les microfaciès figures sur les blanches suivantes :

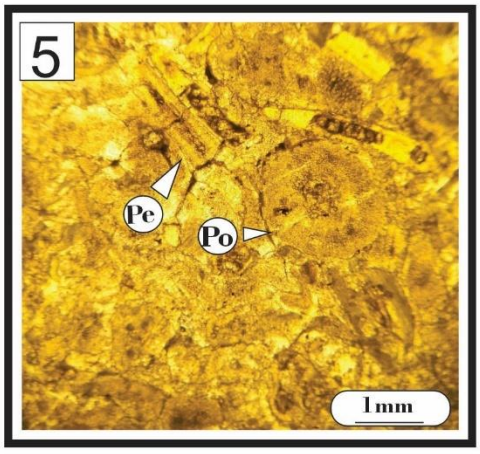
Planche 01:lame Es2

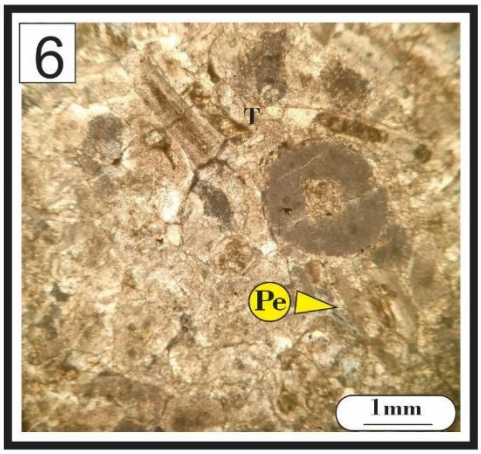






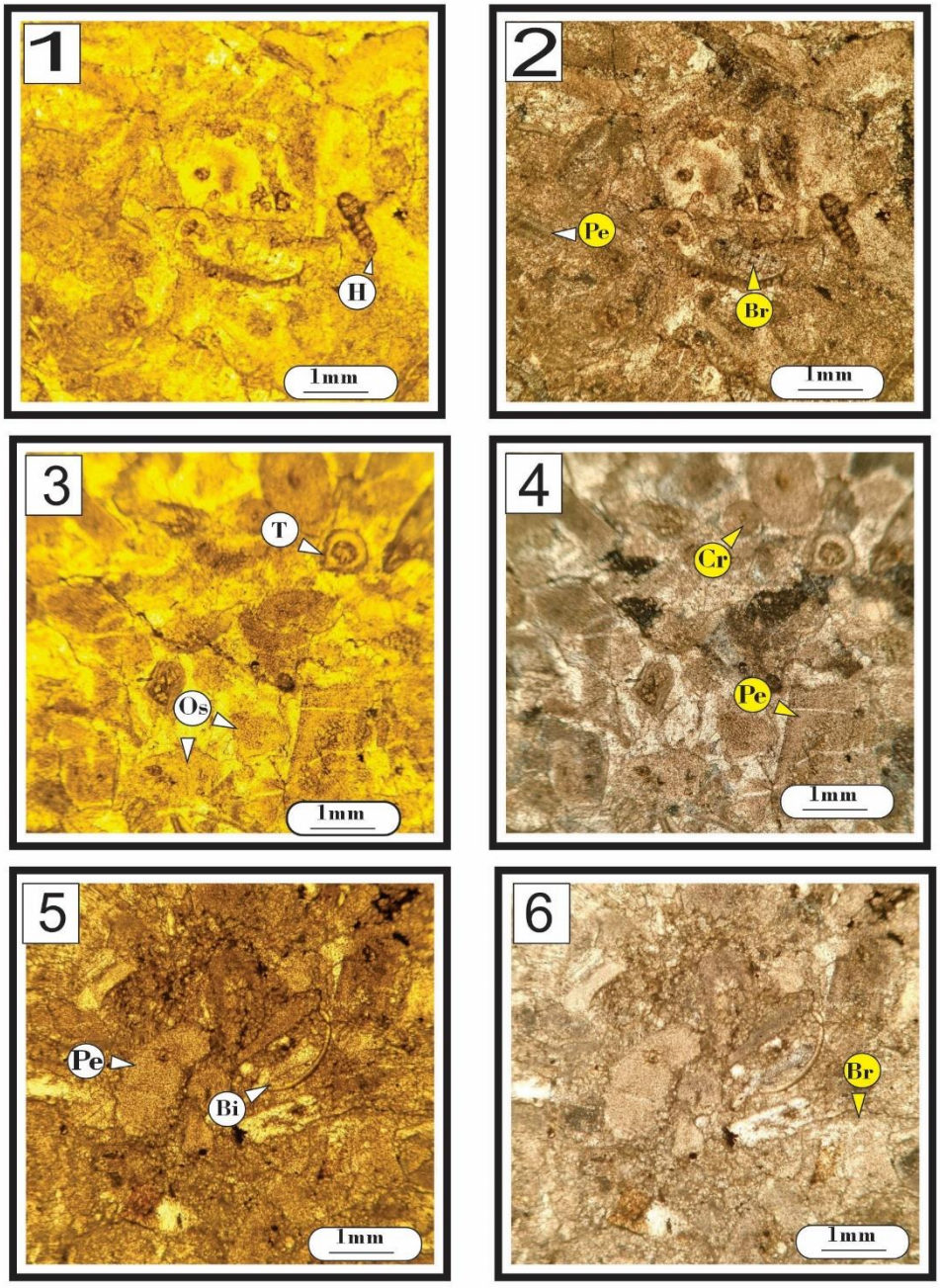






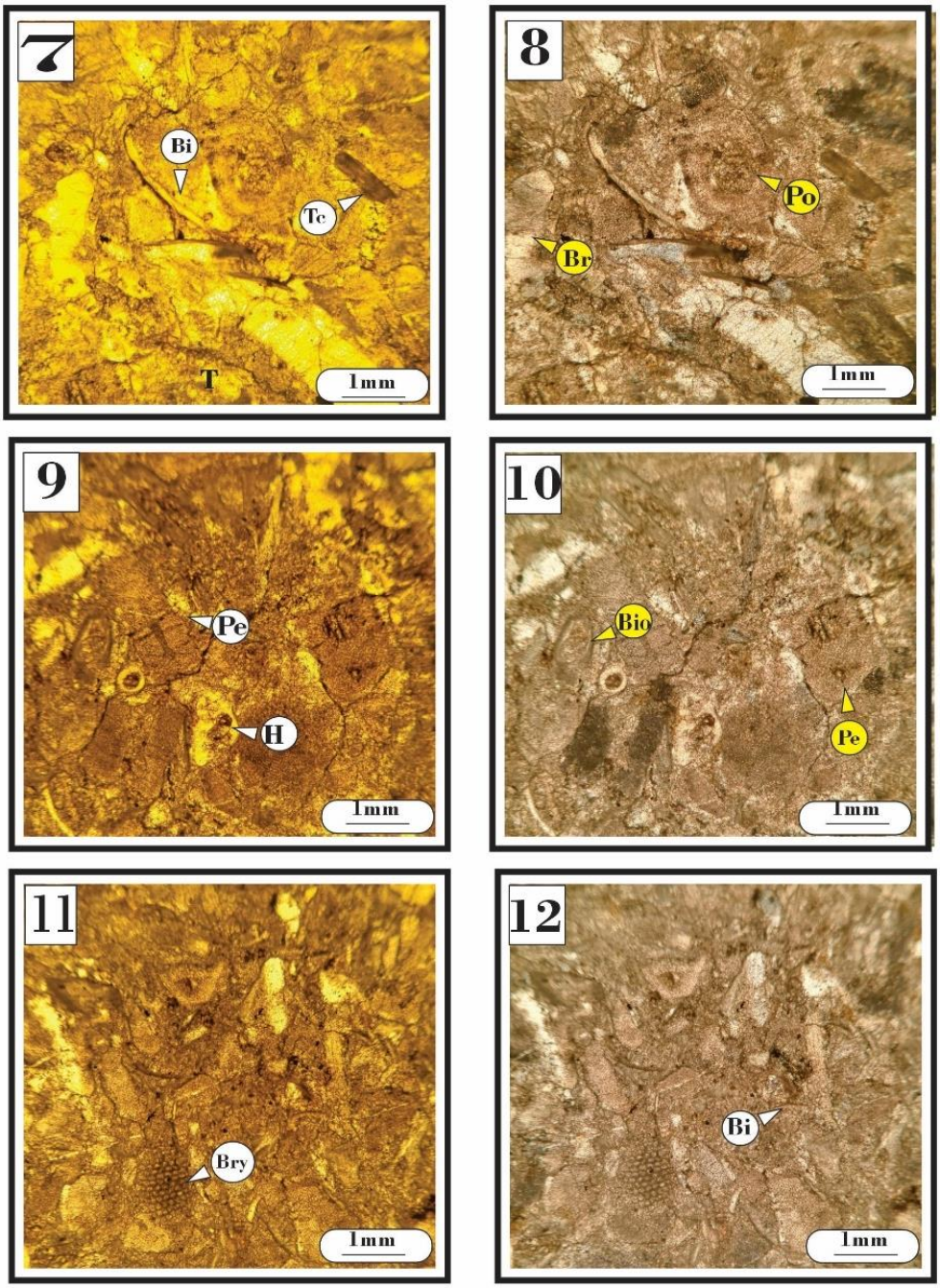
1: Section de Polypier (Po) , 2:ciment microsparitique a sparitique , de texture packstone ,3: Ostracods section (Os) , bioclaste (Bio),4 : Plaque d échinoderme (Pe) ,5 : plaque d échinoderme, et Article de crinoïde(Cr) Section de Polypier (Po) , 6 : Plaque d échinoderme (Pe) .

Planche02 :Lame Es3



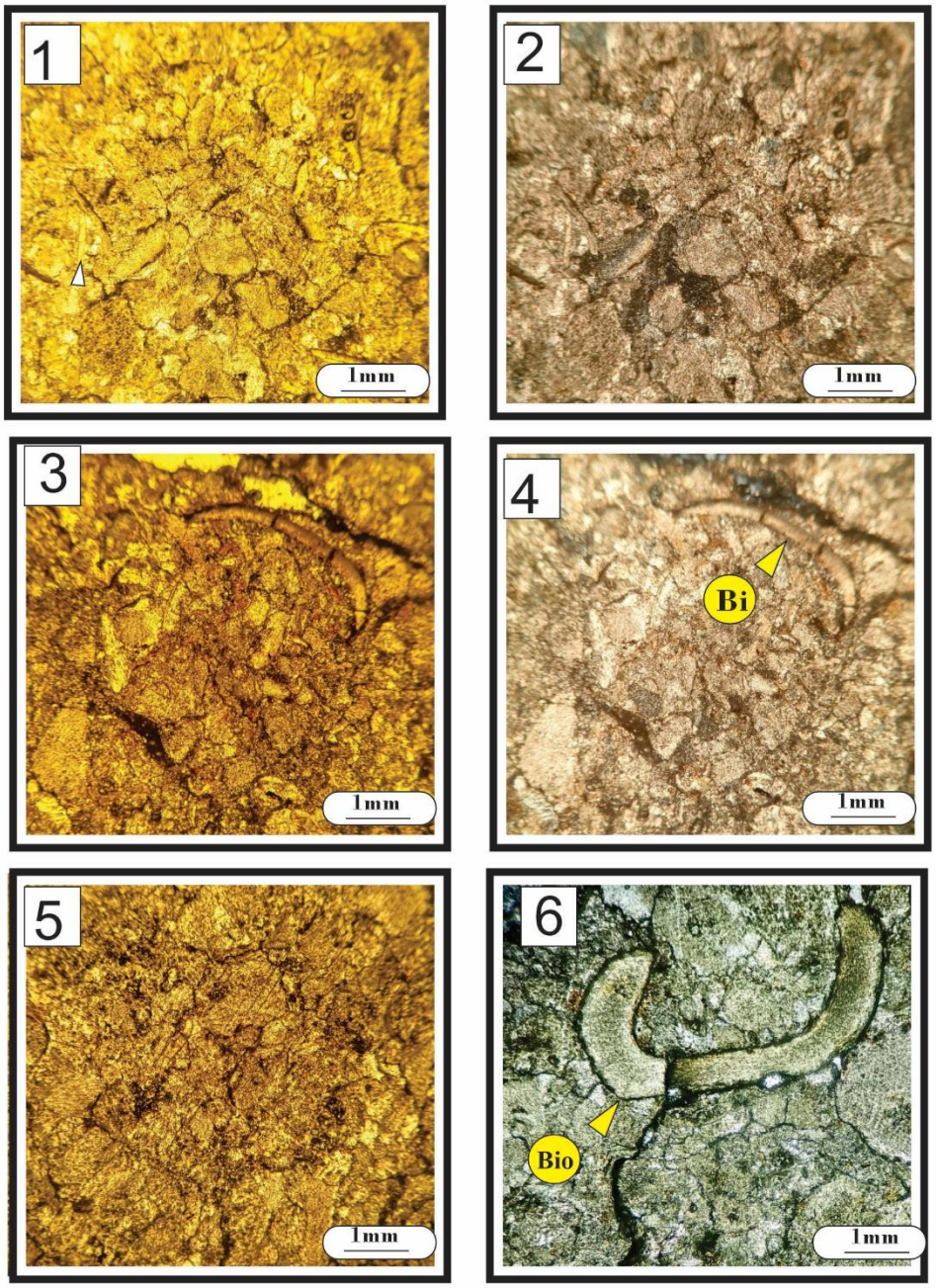
1:algues (Halysis) (H) et , sparit a mircosparit packstone avec legere dolomite , 2:Plaque d echinoderme (Pe) et section brachiopode (Br) 3: Section d ostracode (Os) 4:Plaque d echinoderme(Pe), artic de Crinoid (Cr) 5: Plaque d echinoderme (Pe) fragment de bivalve (Bi) section brachiopode (Br).

Planche 03 :Lame ES3



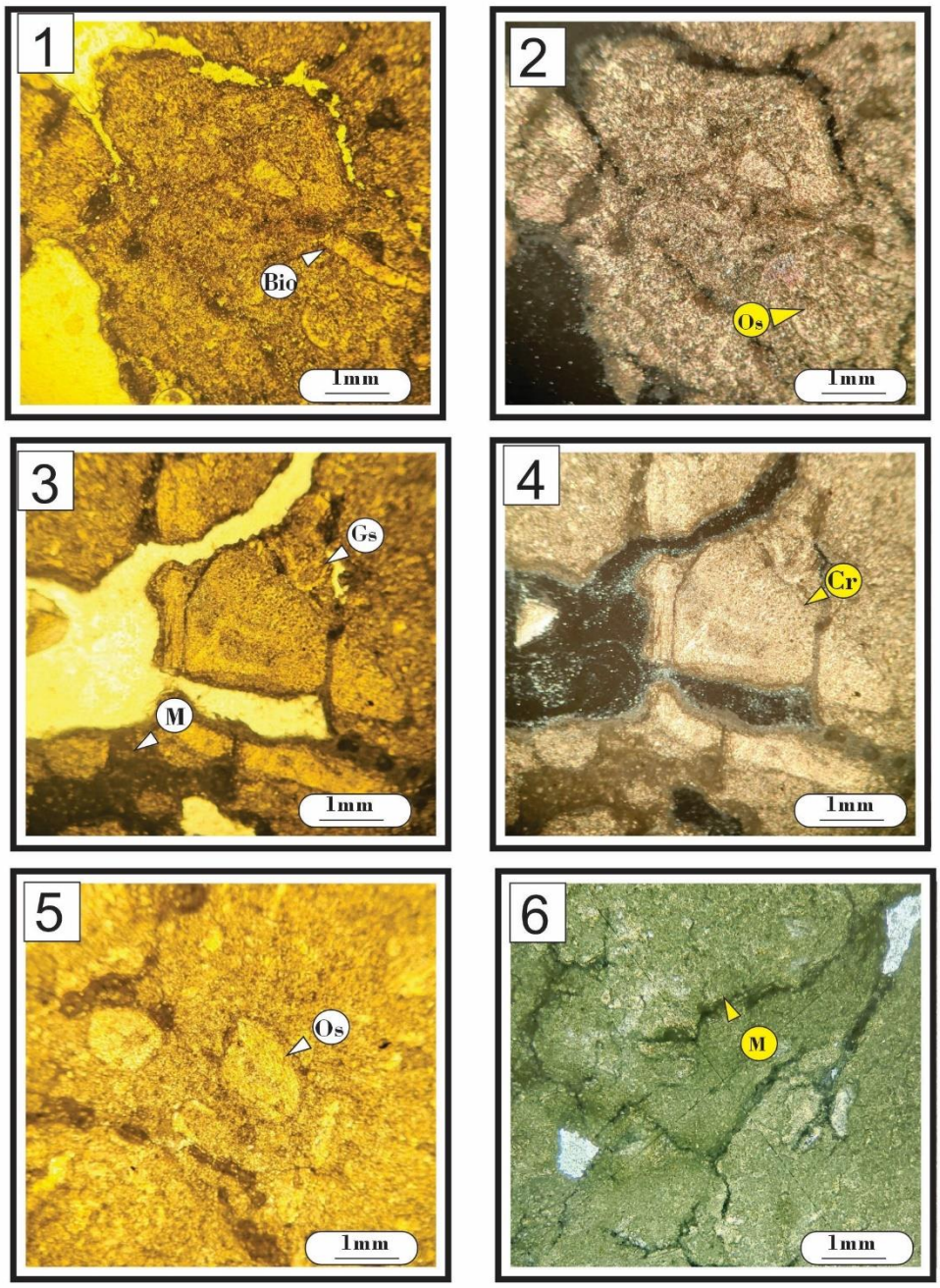
7: fragment Bivalve (Bi) , ciment de Micro sparitique a sparitique texture packstone a dolomitisation partiel , 8: Plaque d echinoderme (Pe), Section de polypier (Po) 9:Plaque d echinoderme (Pe) ,
, 10: Plaqued echinoderme (Pe) bioclaste (Bio), 11: bryozoaire (Bey) , 12 : fragment de Bivalve (Bi),

Planche04:Lame ES4



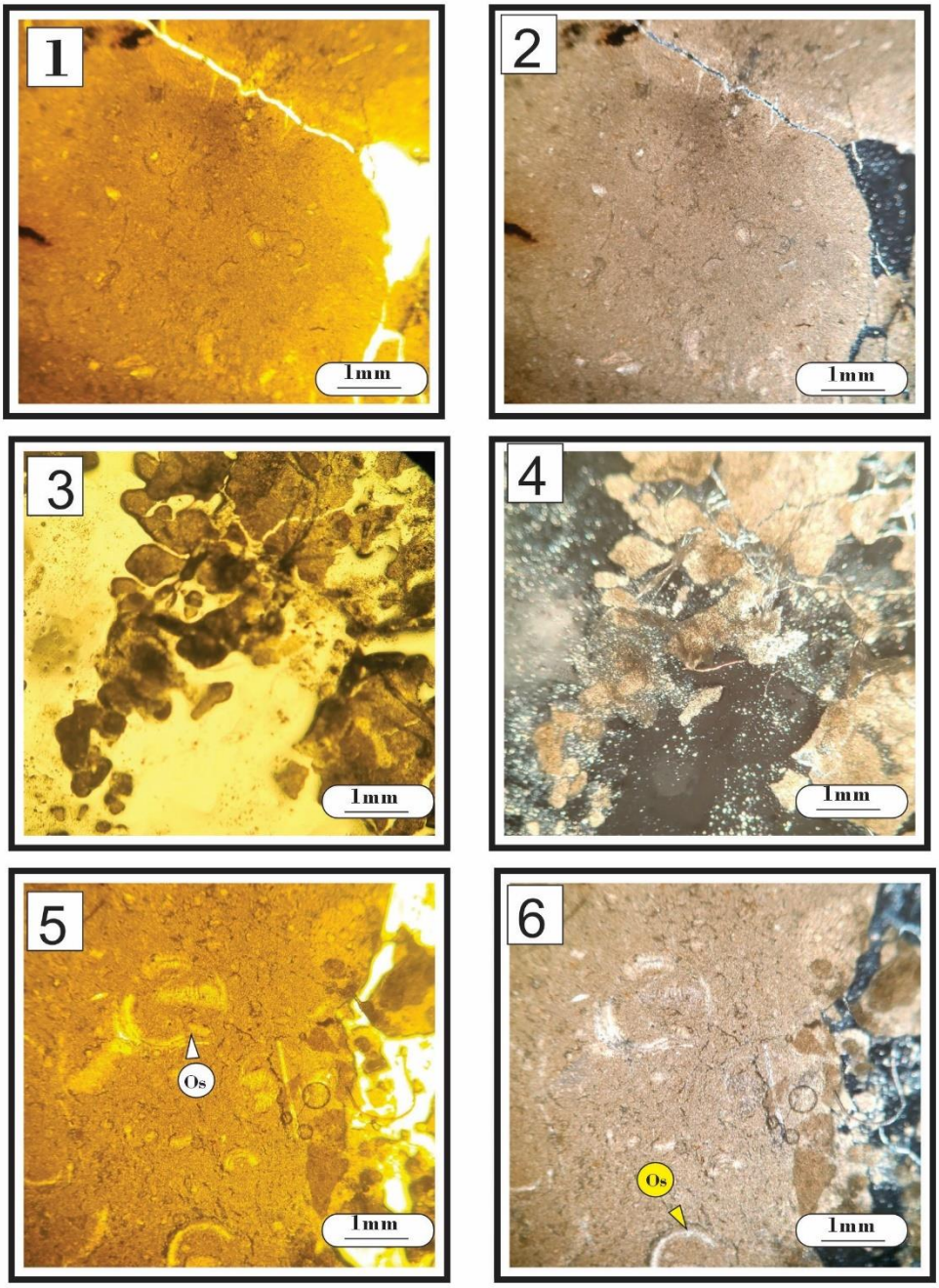
microsparit a sparit de texture Packstone et
avec trace compaction 5 : fragment de bivalve (Bi),6: bioclast ,

Planche05:Lame ES6



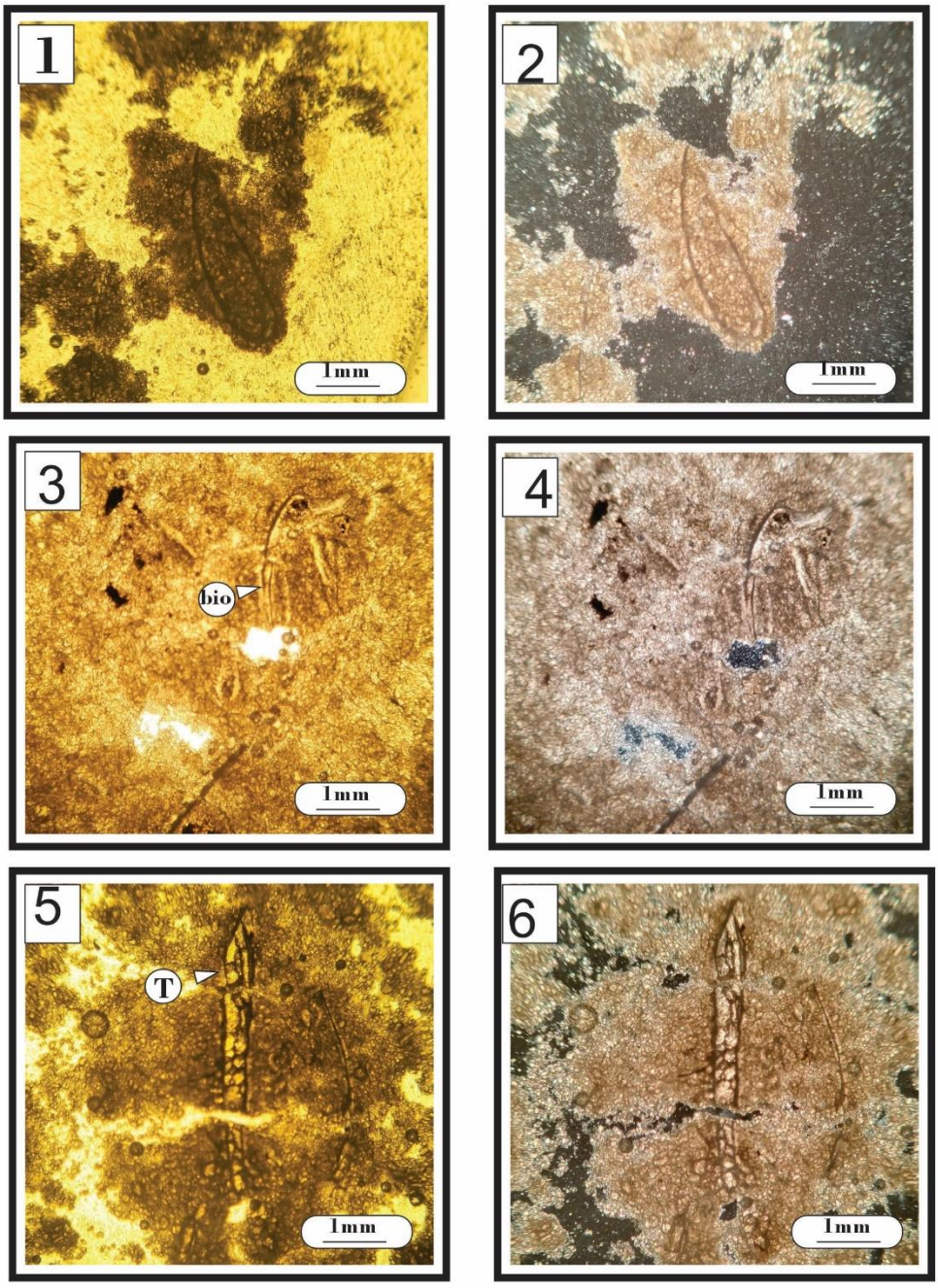
1:Bioclast (Bio), Section d Ostracode (os) , ciment de micritetexture packstone a wackstone avec legére dolomitistion ,Prosité intergranulaire 2: Section de gastéropode (Gs) ,3 : Matier noire (M) Section de gastéropode (Gs) 4: Article de crinoïde (Cr) , 5 et 6 : Section de ostracode , Matierè noire (M)

Planche06:Lame Es7



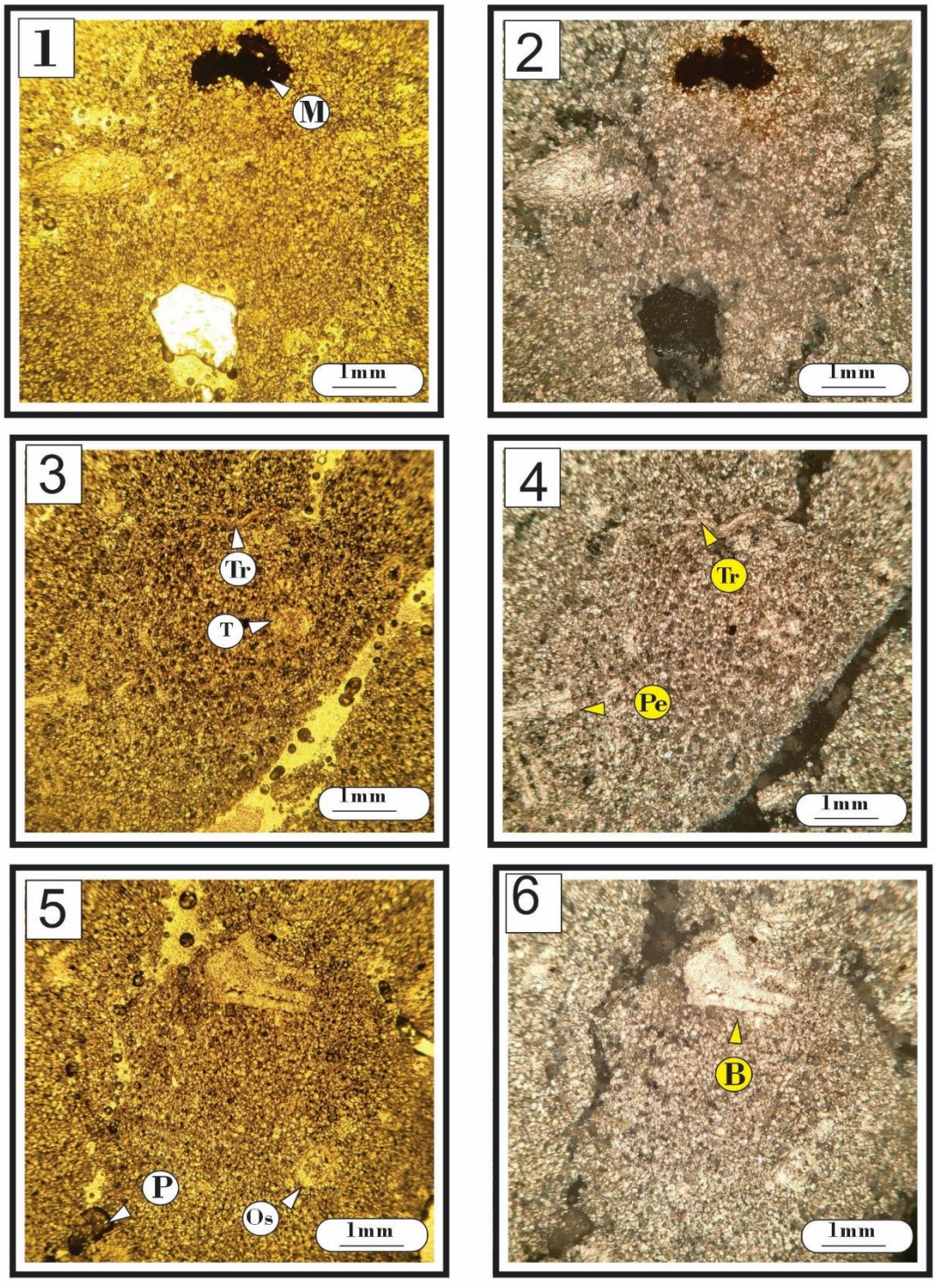
5 et 6 : Section de osracod (Os)
ciment de micrite gris texture packstone a wackstone

Planche07:Lame Es9



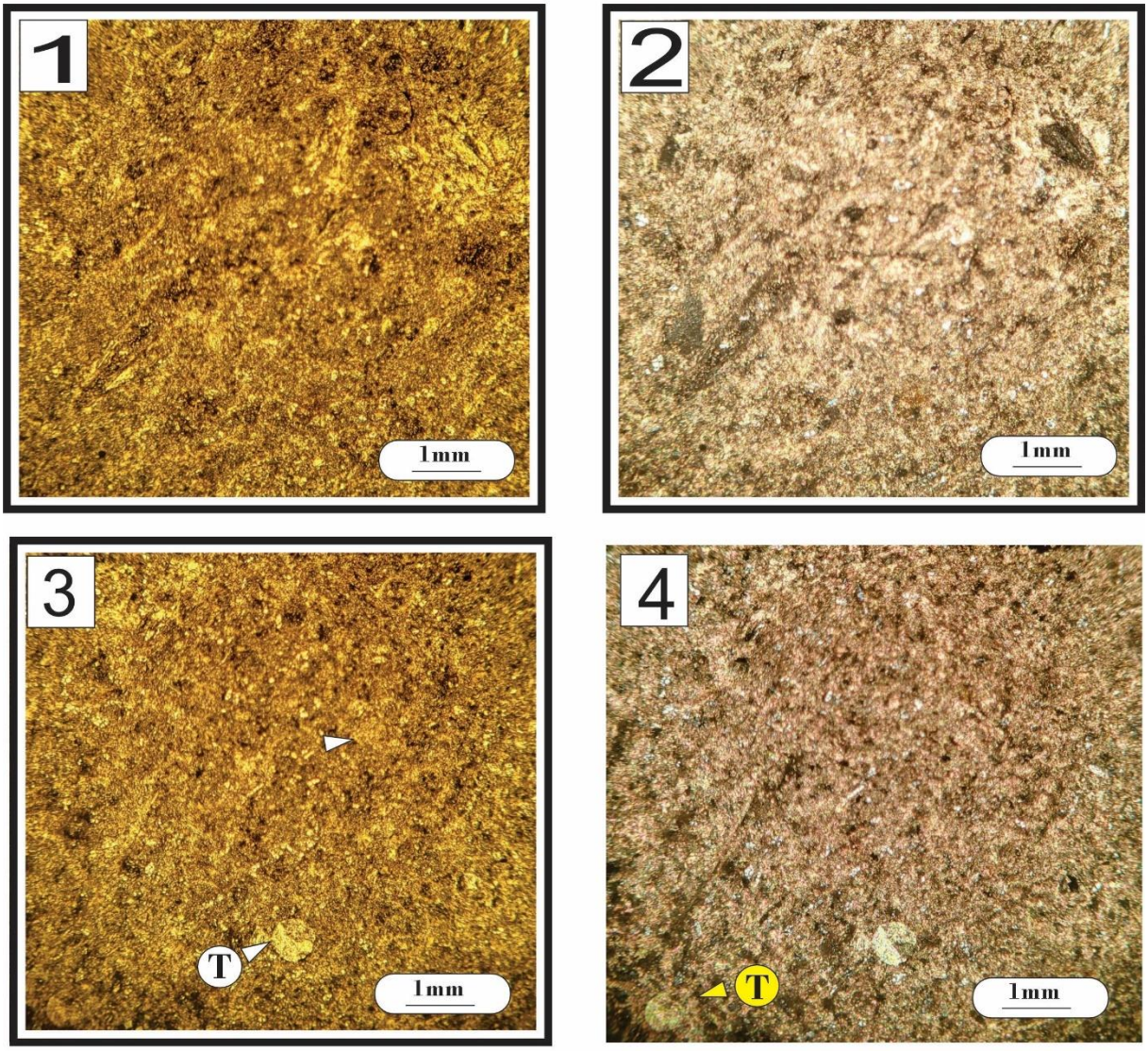
1 et 2: section de ostracode (Os) bourdure a pyrite avec un ciment de micrite gris , avec dolomisation partiel texture wackstone , 3 et 4 :Bioclaste(Bio) , 5 et 6 :tantaculite (T).

Planche08:Lame Es10



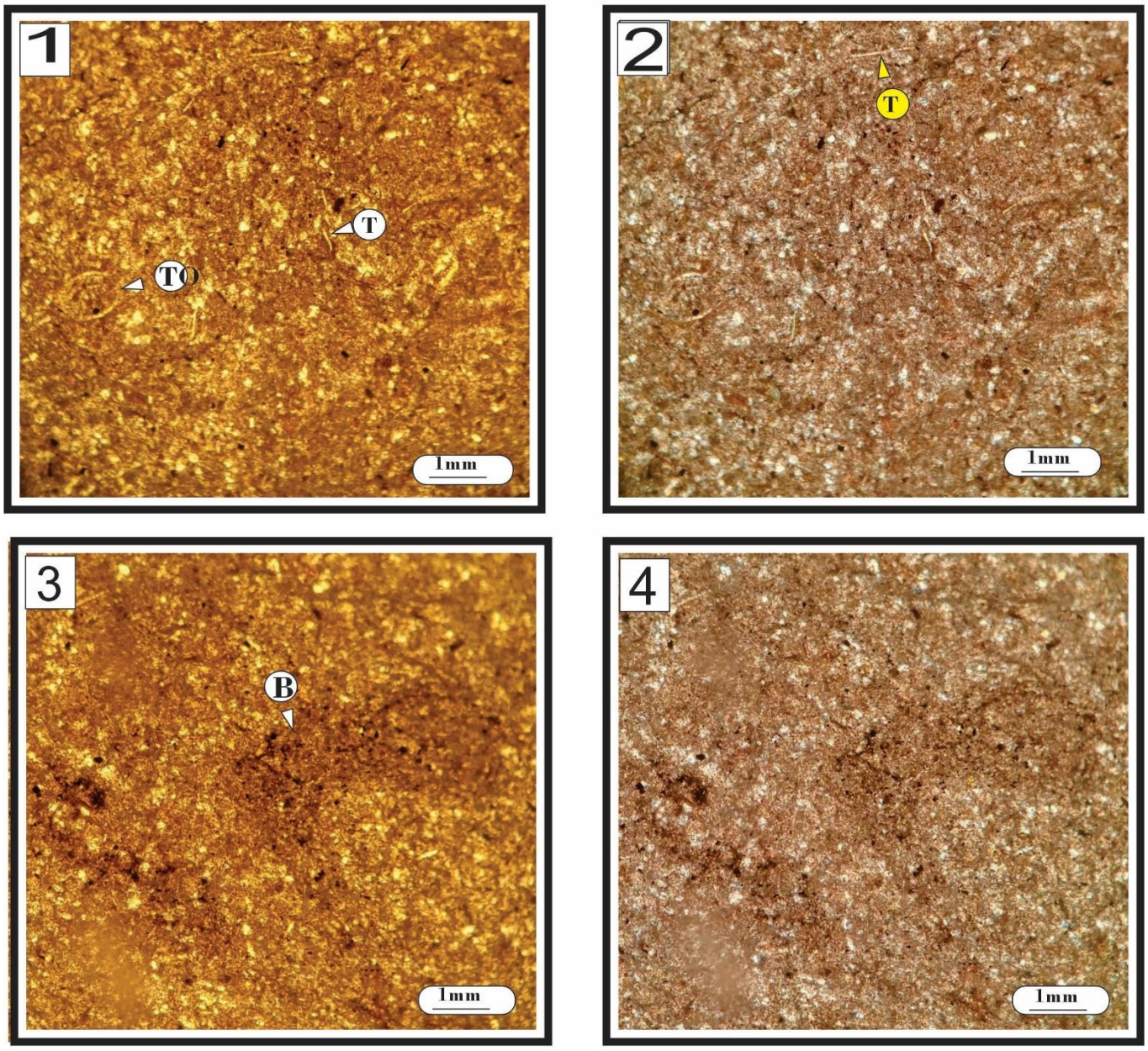
1 et 2 : Micrite , bioclastique rare ciment sparitique texture mudstone 3: section de Tantaculite (T) , 4 : fragment de trilobite (Tr) Plaque d echinoderme (Pe) , 5 : section de Ostracode (Os) Peliod (P) 6 : bioclastique (B)

Planche09 :Lame Es11



3 et 4: :tantaculite (T) , quelque fontome de gonaitite un ciment de microsparit a sparite , a texture wackstone

Planche10 :Lame Es13



1: tantaculite (T) Sectionun ciment de microsparite a sparite, a texture wackstone: tantaculite (T)3: biomecrite(B)

Le Banc	N° les facies	TEXTURE	LES COMPOSANTS	CIMENT	Corrélation selon Flügel (2010)
Es2	MF1	Packstone	Polypier, ostracode, plaque d'échinoderme, article de crinoïde, bioclastes, fragment de bivalve	Sparite à microsparite	RMF7 : Bioclastic packstone Abundant echinoderms
Es3	MF2	Packstone	Section de polypier, plaque d'échinoderme, bioclastes, Bryozoaire	Sparite à microsparite	RMF7 : Bioclastic packstone Abundant echinoderms
Es4	MF3	Packstone	Plaque d échinoderme plus de 80% Bioclastes moins de 5%	Sparite a microsparite	RMF7 : Bioclastic packstone Abundant echinoderms
Es6	MF4	Wackstone	Quelque bioclaste, cavité remplie par ciment sparitique Des fissures remple par matière noire (matière organique ?)	Micrite	RMF9 : wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts
Es7	MF5	Wackstone	Rare bioclastes et ostracode ?	Micrite	RMF9 :wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts RMF3 :Burrowed bioclastic Wacke/packstone/packstone With divers fossils
Es9	MF6	Wackstone	Calcaire partiellement dolomitiser Plus 5% de bioclastes Cavité remplie par matière noire	Micrite	RMF9: wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts RMF 3 : Burrowed bioclastic Wacke/packstone/packstone With divers fossils
Es10	MF7	Mudstone à wakstone	Peloides (microbien ?) Calcaire avec quelque peloides Micritisé à rare Bioclastes, Tantaculites	Sparite à microsparite	RMF4:Peloidal wackestone/packstone RMF9: wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts
Es11	MF8	Mudston à wackstone	Calcaire à quelques bioclastes, Tantaculites	Sparite à microsparite	RMF9 :wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts RMF5 :pelagic mudston
Es13	MF9	Mudstone à wackstone	Calcaire micritique Tantaculite	Sparite à microsparite	RMF9 :wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts RMF5 : pelagic mudston

Tab 01 : Tableau de description des lames minces selon Flügel (2004)

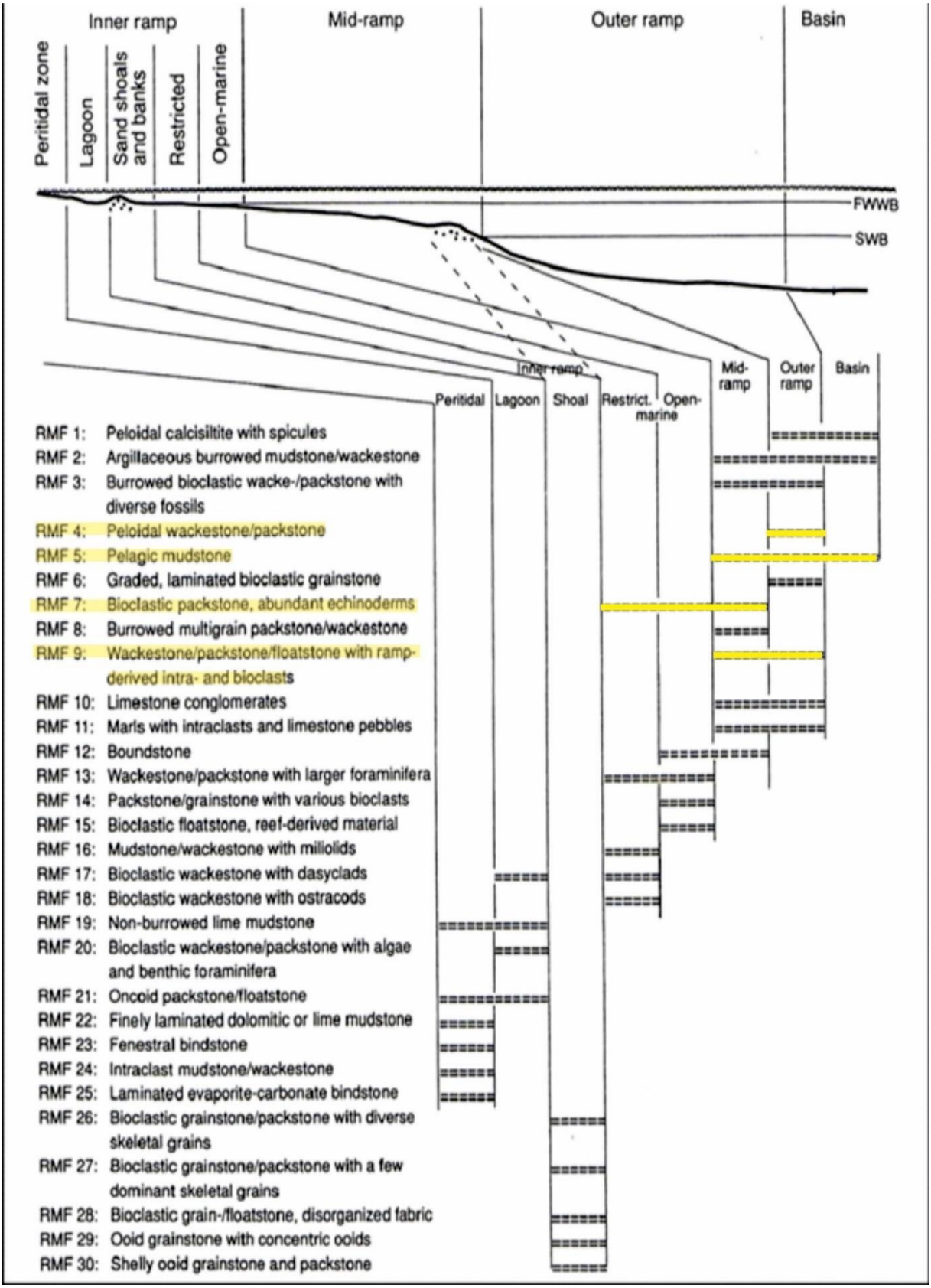


Figure 11 :Types de microfaciès (Ramp microfacies type) Flügel (2004)

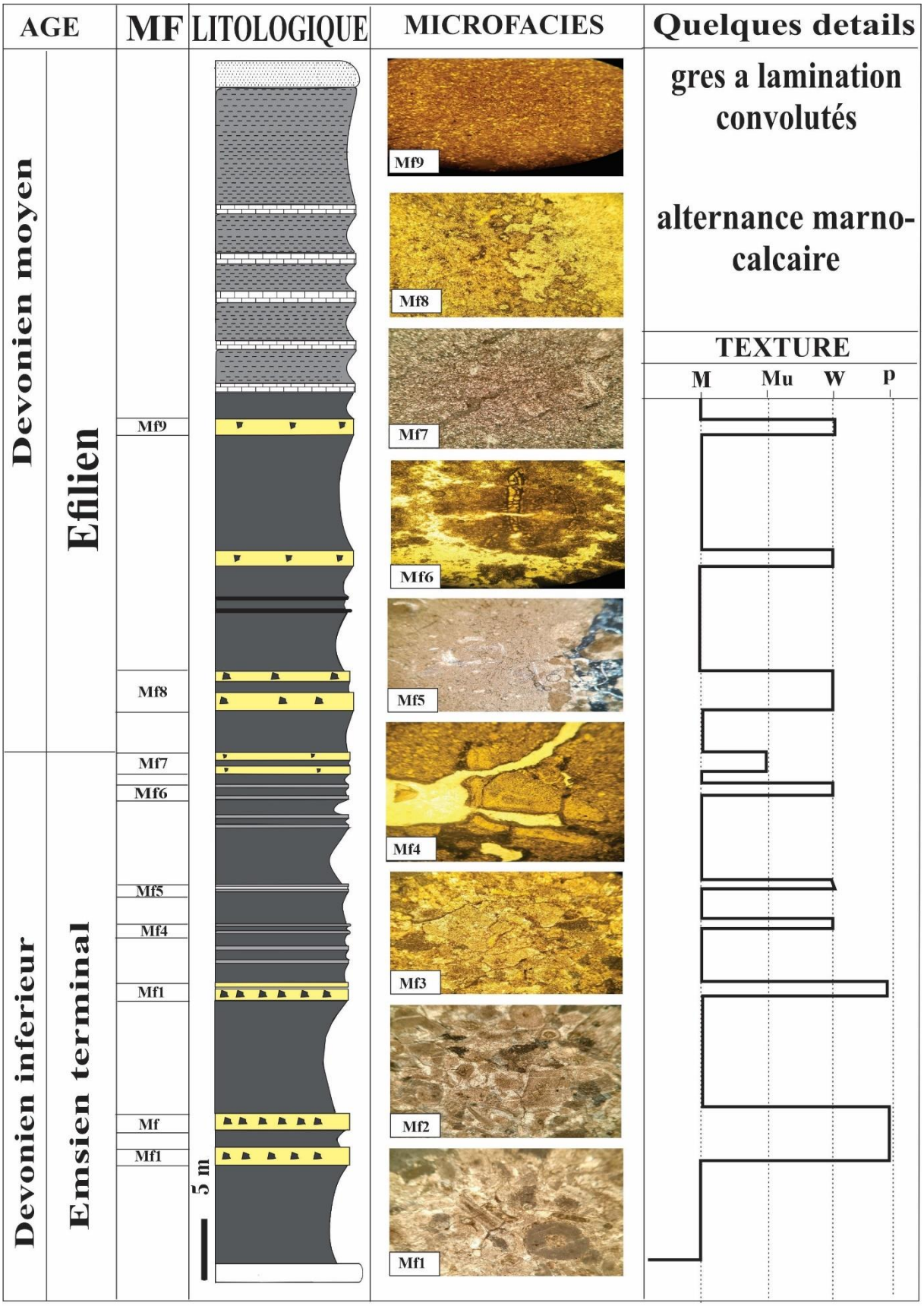


Figure 12 : Colonne des microfaciès de la coupe de l'Erg El Djemel

VI. Association de faciès et environnement de dépôts :

I. Introduction

Les travaux antérieurs (Ouali Mehadji, 2004 ; Ouali Mehadji et al., 2004 ; 2011 ; Maillet et al., 2013 ; Tandjaoui, 2014 ; Besseghier F, 2014 ; Khaldi, 2014 ; Limam et al., 2021) ont décrit un environnement de dépôt de type rampe dans sa partie médiane, qui est une variété de plateforme homoclinale sans bioconstruction, conformément à la définition de (Ahr 1973) et de (Burchette & Wright 1996).

Notre étude vise à identifier les types de microfaciès standards (SMT) dans le passage Emsien terminal à l'Eifelien de la coupe de l'Erg Djemel. Nous cherchons également à fournir une évaluation bathymétrique de cette passage riche en faune benthique pour mieux comprendre son importance stratigraphique par rapport aux unités géologiques adjacentes

Les unités	N° Banc	Association de Facies	N° MF	Microfaciès	Corrélation selon fleguel (2010)	Energie de dépôts	Milieux de dépôts
Unités 01	**ES2**	**MFA 1**	MF1	Packstone a échinoderme et bioclastes	**RMF7:** Bioclastic packstone Abundant echinoderms	moderée	Mid-ramp
	ES3						
	ES4						
Unités 02	**ES6**	**MFA2**	MF2	Wakeston a bioclaste	**RMF9:** wakstone/packstone/floatstone With ramp-drived intra-and bioclasts	Faible	Mid-ramp a outer ramp.
	ES7						
	ES9						
	ES10						
	ES11		MF3	Mudstone a tantaculit	**RMF5 :** Pelagic mudstone		
	ES13						

Tab. 02 : Tableau d'association de microfaciès

VII. Environnements de dépôts :

L'étude des faciès et microfaciès nous a permis de définir deux associations principales :

MFA1 : Caractérisée par des textures packestone avec la présence d'échinodermes et de bioclastes. Cela indique une énergie modérée.

MFA2 : Composée principalement de textures wackestone à mudstone, avec des bioclastes, peloides, ostracodes, bivalves et tentaculites. Cela indique un faible régime hydrodynamique.

Les faciès varient donnant des microfaciès de type **rampe** (type RMF7 à RMF9 et RMF5) évoluant entre la rampe médiane et la rampe externe.

Cela suggère un environnement de dépôt dans la zone entre la rampe médiane et la rampe externe.

La présence de marnes à passées silteuses et de **grès à laminations convolutées** dans vers la fin de la coupe indique des épisodes de déformation syn-sédimentaire, probablement liés à des perturbations du régime hydrodynamique, comme des courants de turbidité ou des glissements sous-marins. Ces structures sédimentaires témoignent de conditions de dépôt plus énergétiques et instables, dans un environnement de rampe externe à transition avec le bassin.

En résumé, les associations de faciès et les microfaciès, ainsi que la présence de grès convolutés, indiquent un environnement de dépôt de type rampe carbonatée, entre la rampe médiane et la rampe externe, avec des conditions énergétiques variant de modérées à plus énergétiques et instables dans la partie supérieure, en lien avec des processus gravitaires (Burchette & Wright, 1992 ; Mulder & Alexander, 2001).

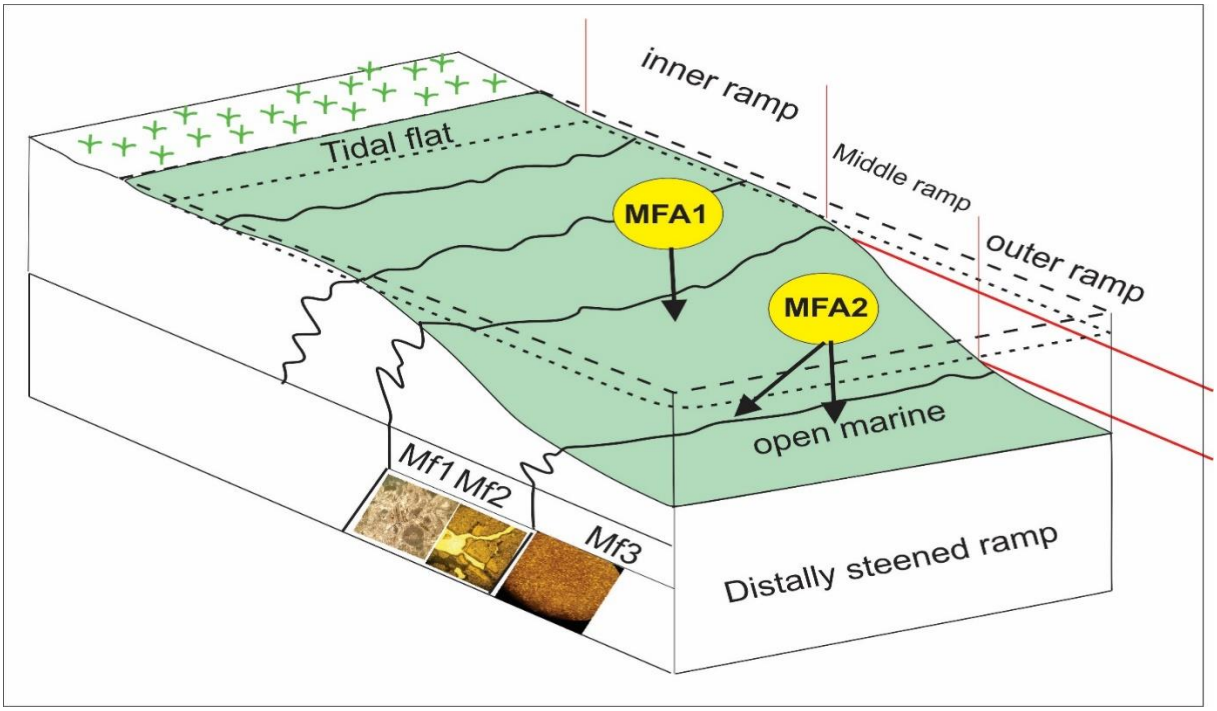


Figure 13 : Schéma présentative de milieu de dépôt rampe

VIII. Organisation séquentielle des faciès :

Nous proposons ici le modèle d''organisation séquentielle des dépôts des affleurements du

De deux unités 01(FVB) et 02 (Eifélien) :

Ce modèle est basé sur le concept des séquences Transgressive / Régressive (séquence T-R)

Selon JOHN et MURPHY (1984), JOHNSON et al. (1985), EMBRY et JOHANNESSEN

(1992) et CATUNEANU et al. (2009).

Le découpage séquentiel de notre coupe nous a permis de reconnaitre plusieurs paraséquences, chacune de ces séquences correspond à une phase transgressive (T) caractérisée.

par l'abondance des dépôts argileux ou marneux, suivie d'une autre régressive (R), matérialisée par les calcaires.

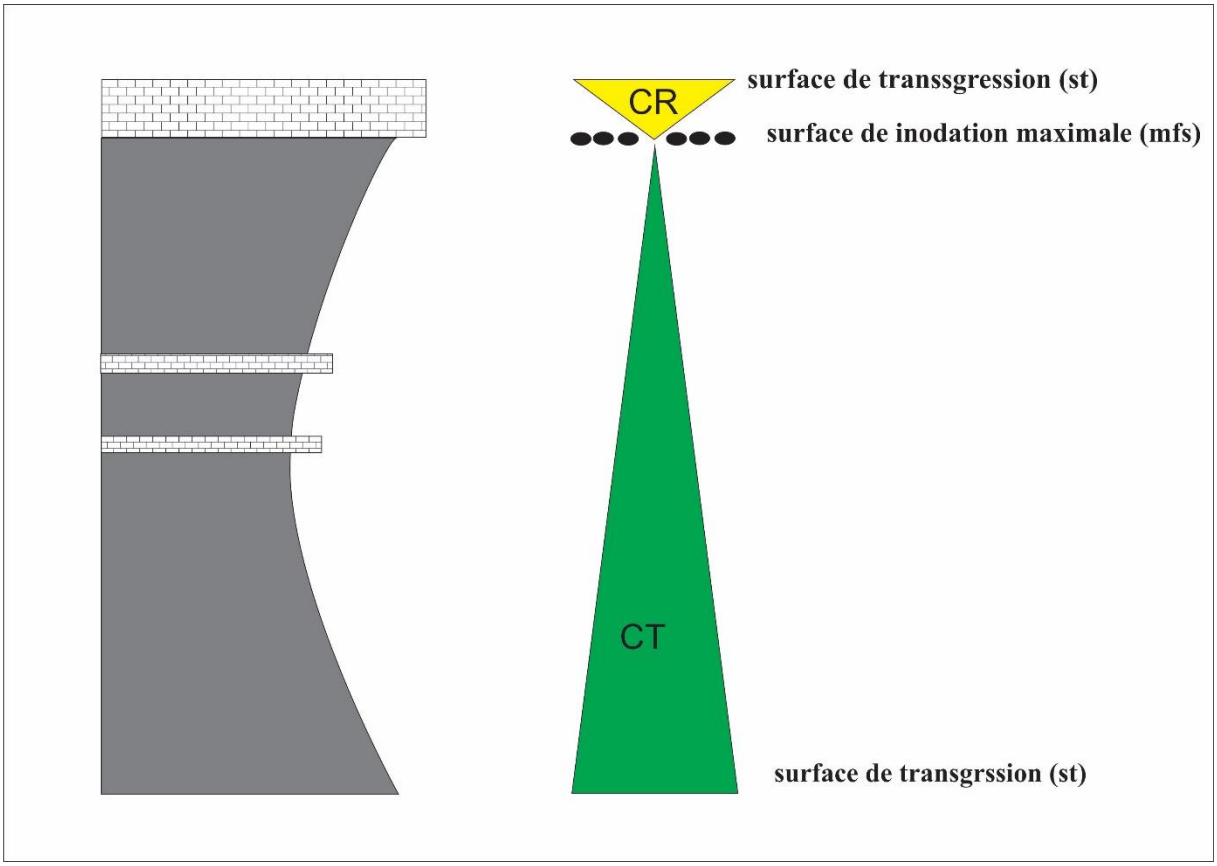


Figure 14: Schéma montrant un exemple la paraséquence fréquente transgressive/régressive dans la coupe de Erg el Djemel

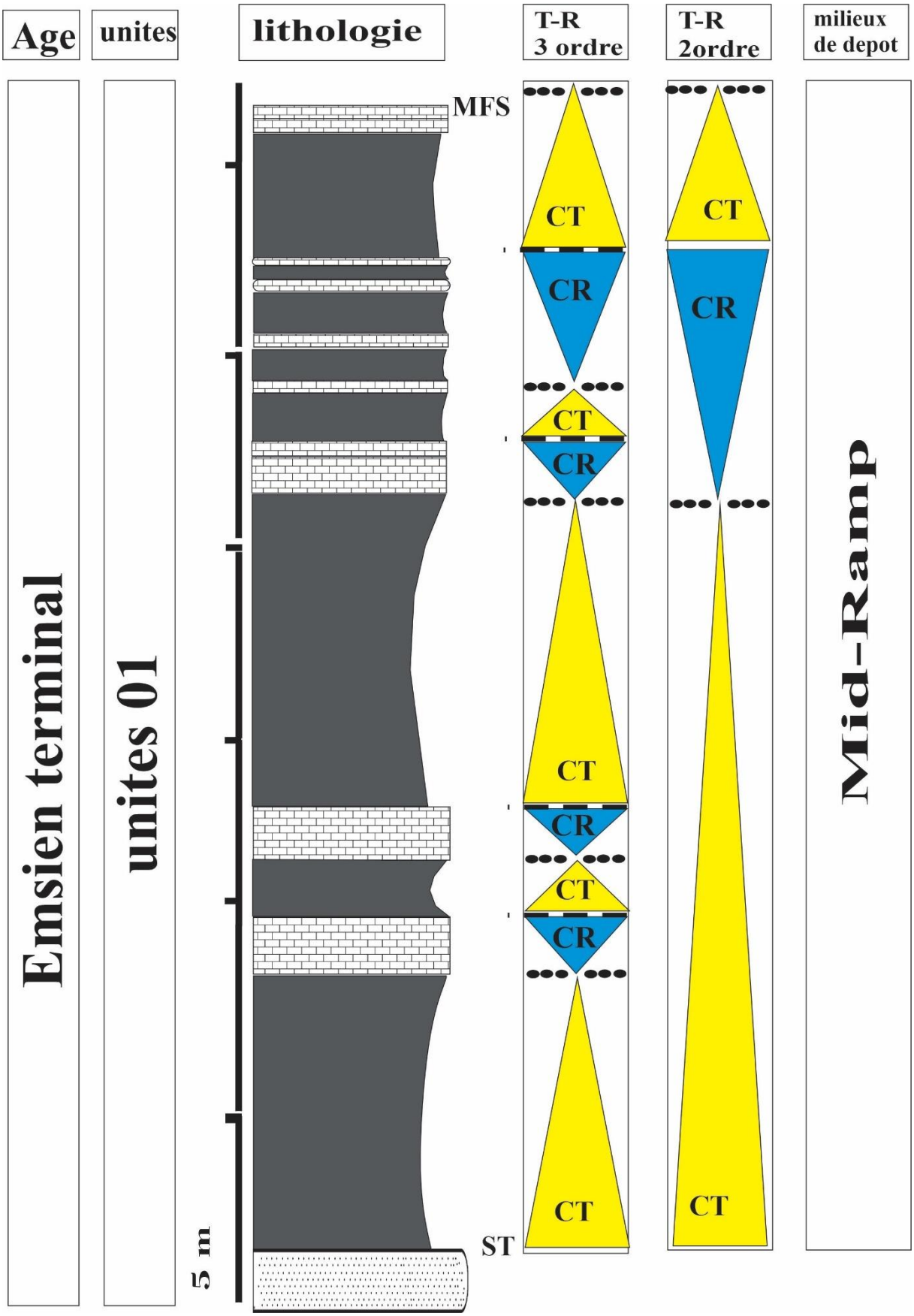


Figure 15 : Organisation séquentielle de la première unité

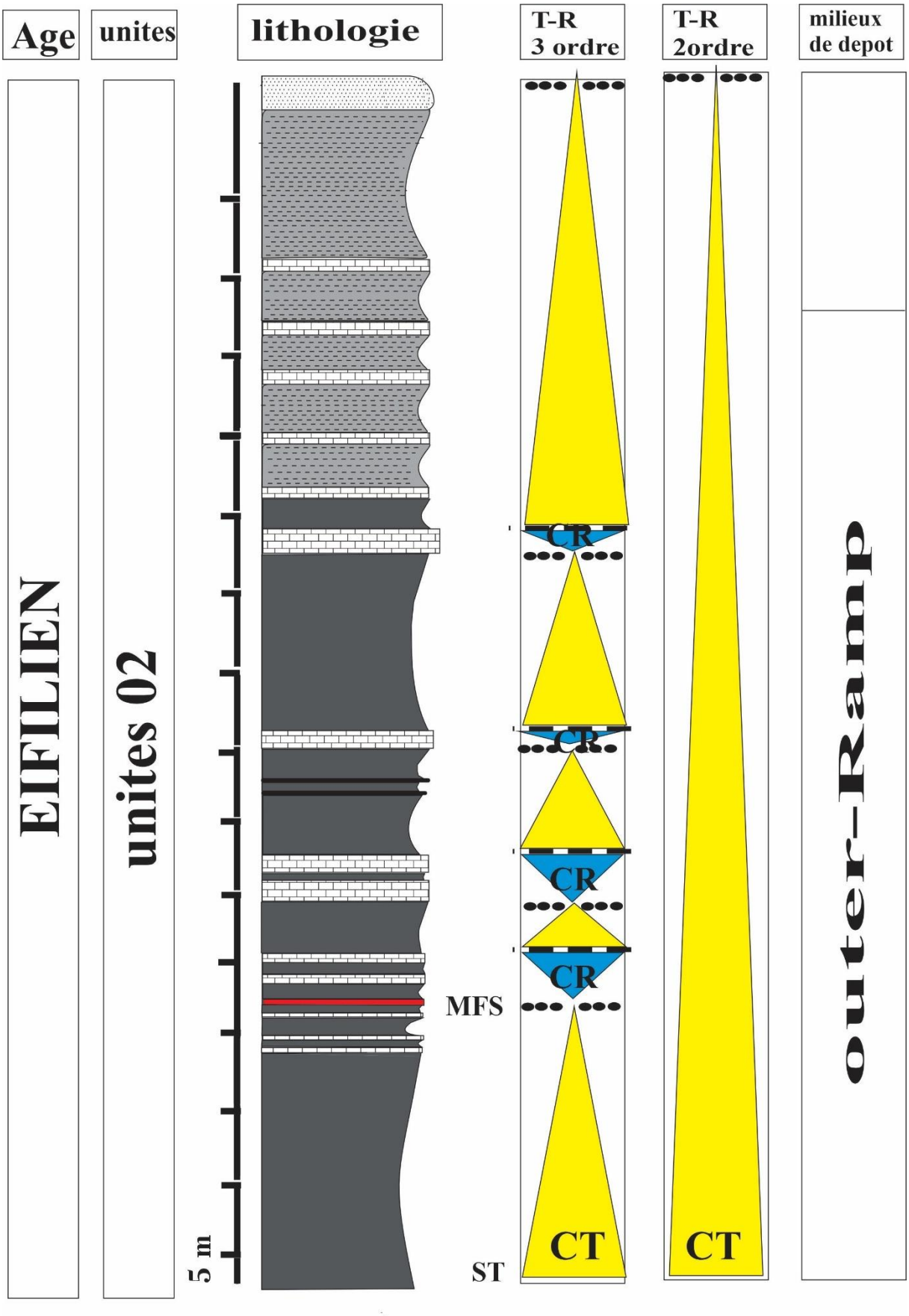


Figure 16 : Organisation séquentielle de la deuxième unité

Interprétation séquentielle

La coupe du sud-ouest de Erg El Djemel montre une organisation séquentielle constituée para séquences génétiques dans les deux unités étudiées de l'intervalle Emsien terminal/Eifélien qui s'intègrent dans des séquences du 3ème ordre ces dernières, sont regroupées en séquences de 2ème ordre qui sont généralement transgressives.

Le cycle de deuxième ordre qui représente l'unité 2 (Eifélien) de la coupe témoigne la transgression eifélienne qui est matérialisée par l'installation d'une rampe carbonatée distale. **(Fig.16)**

CORRELATIONS ET PALEOGEOGRAPHIQUE

I. Introduction

Les corrélations effectuées entre les terrains du Dévonien inférieur et moyen du Sahara algérien, de l'anti-atlas oriental marocain et la coupe étudiée (Erg El Djemel) montrent des variations latérales et verticales. Ces variations sont orchestrés par des phénomènes internes (tectonique et subsidence) et externes (eustatisme).

Pour esquisser ces variations et leur donner une interprétation significative, nous proposons ici de faire des comparaisons et des corrélations à différentes échelles.

II. Corrélation à l'échelle Bassine saharienne

A. Dans le bassin de Tindouf :

Le sommet de la formation de Gara Djebilet est d'âge Esmein terminal, caractérisé par des calcaires surmontés par des grès ferrugineux riches en plusieurs genres de brachiopodes. La formation basale d'Oued Talha marque le début de l'Eifelien inférieur. Elle se caractérise par des argilites déposées dans un système de vasière abritée recevant des particules fines avec quelques rares épisodes de remobilisations sous-marines sans apports frais. (Ouali et al 2011)

C. Dans le massif du Ben zireg :

L'Emsien terminal, Il s'agit du membre A de la formation des carbonates d'Oued des trois palmiers (Fellah, 2009), d'une formation composée d'alternances de calcaires argileux et de niveaux argileux blanchâtres, allant de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseur, contenant des grumeaux calcaires. On y trouve parfois des couches calcaires gréseuses d'érosion

à base centimétrique. Les couches calcaires, d'une épaisseur variant de 0,05 à 0,40 mètres, renferment des grumeaux ressemblant à des intraclastes carbonatés et présentent une faune riche en bivalves, quelques orthocères sans orientation préférentielle, de nombreuses tiges de crinoïdes et quelques rares trilobites en alternance d'Argiles feuilletées d'aspect schisteux, fines, perturbées parfois par bioturbation. On observe également de rares strates gréseuses qui s'intercalent dans ces argiles.

L'Eifelien de Ben Zireg pourrait correspondre au membre B de la formation des carbonates d'Oued des Trois palmiers, C'est une alternance de marno-calcaire à faune pélagique (57m) formée par des bancs calcaires noduleux en alternance avec des interlits marneuse sombres. Les marnes admettent des passées centimétriques de grès ou de grès graveleux, ainsi que des bancs de calcaires à entroques (Fellah, 2009).

D. Dans le bassin d'Illizi :

L'Esmein supérieur représente la partie sommitale de la formation d'Orsine Went et al (2009). Cette formation se caractérise par une alternance grèso-argileuse (et se termine par d'épaisses couches de grès présentant de nombreuses stratifications obliques (membre supérieur).

L'Eifelien est représenté par la première partie de la formation d'Illizi cette nomenclature a été proposée par Went el a.l en 2009, elle est constituée d'une alternance marno-calcaire d'une dizaine de mètres Went et al (2009).

E. Dans le bassin de l Ahnet

L'âge Esmein terminal est proposé pour le sommet de la Formation de l'Oued Samene a été prouvé par brachiopodes à Bled el Mas (Went et al, 2006), l'Esmein terminal se distingue par la présence d'argiles silteuses noires et de grès, abondamment peuplés de brachiopodes graptolites et trilobites et tantalite (Legrand, 1962-1977).

Le début de l'Eifelien est marqué par une transgression marine, engendrant des dépôts argileux légèrement carbonatés et de schistes qui contiennent quelques brachiopodes en coquinas. (Went et al , 2006) et (Ait Kaci, 1984)

F. Dans le Touat et l'Azzel Mati,

. L'Emsien terminal est représenté par le sommet de la formation argilo- gréso-carbonatée (Khaldi et Elmoumen, 2008), âge prouvé par les brachiopodes déterminés par Ouali Mehadji.

L'Eifelien correspond à la première partie de la formation des calcaires de l'Azzel Matti (Abbache et al, 2021), il est représenté par une alternance marno-calcaire de 60m d'épaisseur, très riche en faune benthique.

B. Dans L'Anti Atlas (Morocco) :

L Esmein terminal de anti atlas Morocco correspond dans Tafilalt la base de la formation Amerboh et dans la formation de Maider la partie basale El Otfal. Il est caractérisé par des bancs décimétriques à bi décimétriques de calcaires nodulaires et/ou légèrement argileux se trouvent généralement intercalés dans des shales. Ces calcaires sont des calcilutites et des calcarénites, riches en tentaculites et parfois en trilobites, brachiopodes, crinoïdes, ostracodes et gastéropodes. On peut également observer des coraux, des bryozoaires et des céphalopodes, tels que des orthocères et des goniatites, de manière occasionnelle. La texture et les proportions des différents composants varient. (Tirée de Robertson Res.int.Ltd,1993) in (Driss Mounji ,1999).

L'Efiélien inférieur de Maider est constitué dans sa base par 55 m de calcaires bioclastiques argileux avec des crinoides, brachiopodes, et traces fossiles telles que les Zoophycos (Tirée de Robertson Res.int.Ltd,1993) in (Driss Mounji ,1999).

II. PALEOGEOGRAPHIQUE :

La corrélation des formations géologiques entre les différents bassins permet de comprendre les variations de faciès et les environnements de dépôt à l'échelle régionale. Les séquences sédimentaires observées dans Erg el Djemel montrent des similitudes avec celles des autres bassins, indiquant des conditions de dépôt similaires durant le Dévonien. Les environnements de dépôt varient de milieux calmes à des vasières abritées et des dépôts marno-calcaires, reflétant des transgressions marines et des variations de la profondeur marine.

Etage	L 'Ougarta	Bassin de Reggane	Bassin de l'Ahnet	Bassin de Tindouf	Bassin d'Illizi		Ben zireg
Eifelien	La formation de Cheffer el Ahmer	Correspond à la première partie de la formation des calcaires de l'Azzel Matti (Abbache et al, 2021), il est représenté par une alternance marno-calcaire de 60m d'épaisseur, très riche en faune benthique.	Dépôts argileux légèrement carbonatés et de schistes qui contiennent quelques brachiopodes en coquinas	Caractérise par des argilites déposées dans un système de vasière abritée recevant des particules fines avec quelques rares épisodes de remobilisations sous-marines sans apports frais. (Ouali et al 2011).	Représenté par la première partie de la formation d'Illizi cette nomenclature a été proposée par Went el *a.l* en 2009, elle est constituée d'une alternance marno-calcaire d'une dizaine de mètres W ent et *al* (2009).		Correspondre au membre B de la formation des carbonates d'Oued des trois palmiers, C'est une alternance de marno-calcaire à faune pélagique (57m) formée par des bancs calcaires noduleux en alternance avec des interlits marneuse sombres
	La partie inférieure de formation cheffer el Ahmer est représentée par le niveau à faune benthique variée (FBV) (Ouali Mehadji 2004),	Membre supérieur (225m) formé par des alternances Argilo-gréseuse et qui se termine par les Calcaires marneux riche en faunes « FBV »	Alternance Gréso-argileuse qui débute par un banc de calcaire Prériopode, L'épaisseur est de 129m	Il débute par des Argiles gréseuse feuilletés dont l'épaisseur varie de 28 à 80m. Il s'achève par un complexe Détritique formé de Grés quartzite à passées lumachelliques et des Grés grossiers, ferrugineux et de microconglomérat l'épaisseur varie de 30 à 133m	Essentiellement Gréseux à stratification oblique et entrecroisé et des Calcaires Biodétritiques, Oolithiques	Réservoir F4	Alternance de Siltstone et d'Argilite Alternance d' Argilite de microconglomérat et de Grés quartzeux et des lentilles d'oolithe ferrugineuse	Il s'agit du membre A de la formation des carbonates d'Oued des trois palmiers (Fellah, 2009) Formation composée d'alternances de calcaires argileux et de niveaux argileux blanchâtres
Emsie	Formation de Tefernguenit						

Conclusion Générale

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la base de la Formation de Cheffar El Ahmar du Dévonien de la chaine de l'Ougarta.

Conclusion Générale

La coupe à été levée dans le Sud Est de Erg el Djemel, à 10km de la piste et des constructions de l'ancienne prison. Elle est Constituée de niveaux carbonatés indurés intercalés par des combes marneuses tendres.

Ces niveaux sont caractérisés par la présence d'une faune variée (brachiopodes, trilobites, polypiers, goniatites et orthocères …etc), qui nous a aidée à attribué cette coupe à l'Emsien supérieur/ Eifelien.

L'analyses microscopique de 10 lames minces sur les carbonates selon Dunham (1962), Folk et Flugel (2010), nous à permis d'identifiés des textures packstone, wackstone et mudstone caractérisés par la présence des bioclastes et microfossiles.

L'environnement de dépôt correspond à un milieu distal dans la rampe médiane à externe d'après l'étude des microfaciès trouvés dans la coupe du sud-ouest de Erg el Djemel.

L'organisation séquentielle a permis de définir des paraséquences génétiques dans les 2 unités étudiées qui s'intègrent dans des séquences du 3ème et 2ème ordre.

Les microfaciès de la région d'Erg el Djemel (Algérie) reflètent une bio-accumulation de calcaires bioclastiques déposés dans un milieu calme, avec des épisodes de dépôts coquillés.

La fin de la coupe correspond à une sédimentation argilo-silteuse clôturée par un banc de grés à stratifications horizontales et convolutées témoignant un approfondissement des milieux.

Références bibliographiques :

ABBACHE, A., OUALI MEHADJI, A., AHMED YACINE, K., ABDENNASSER, E., & ABDELKADER, B. (2021) - Middle Devonian brachiopods of the Reggane area (Algerian Sahara): palaeontology, stratigraphy and environments. Historical Biology, 1–19.

ALIMEN H., LEMAITRE D., MENCHIKOFF N., PETTER G. & POUEYTO A. (1952): Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. 19emeCongr. géol. Intern., Alger,l ere série, Algérie, 15, p. 1-114.

AHR W. M. (1973) - The carbonate ramp : an alternative to the shelf model.

ATKINSON, M. J., CARLSON, B., AND CROW, G. L., 1995. Coral growth in high-nutrient, low-ph seawater:a case study of corals cultured at Waikiki Aquarium, Honolulu, Hawaii. Coral Reefs, 14(4),215–223.in (Reijmer,2014)

BOUMENDJEL ET AL. (1997) - Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara Occidental, Algérie). Ann. Soc. Géol. Nord, 5 (2ème série), p. 89-116

Burchette, T.P., & Wright, V.P. (1992). Carbonate ramp depositional systems. Sedimentary Geology, 79(1-4), 3-57.

BSTIEN Ch.(1967) : Essai d'étude sédimentologique des grès de Dkhissa (Région d'OugartaDévonien inférieur). Publ. Serv. géol. Algérie, 35 : p.81-88.

BERTI G.K.(1981) :Beziehungenzwischen « herzynischen » Trilobiten-faunenaus NWMorokko und Deutschland (Unter-und Mittel-Devon). Natur. Muséum, 11, p. 362-369.

BESSEGHIER F. (2014) - Systématique et paléontologie du Rugosa et Tabulata (Anthozoires) des niveau faune benthique variée du "km30" et d'Erg El Djemel (Saoura - Ougarta , Algérie).Mém.Magister.Univ.Oran.p105.

BUCH VON H. (1834) - Über Terebrateln. Abhandlingen der Deutschen Akademie der Wissenschaften, Berlin [für 1833], p. 21-144. In OUALI MEHADJI A., 2004

BENACHOUR H. B. (2011) - Modalités de la transgression du Dévonien moyen à partir des coupes du km 30 (vallée de la Saoura) et d'Aïn Cheikh (Bassin de Reggane). Mém. Magis. Univ. Oran, p. 69, fig.36, pl. 8.

CHAZOTTES, V., REIJMER, J. J. G., AND CORDIER, E., 2008. Sediment characteristics in reef areas influenced by eutrophication-related alterations of benthic communities and bioerosion processes. Marine Geology, 250(1–2), 114–127.

CORREA, T. B. S., GRASMUECK, M., EBERLI, G. P., REED, J. K., VERWER, K., and PURKIS, S., 2012. Variability of cold-water coral mounds in a high sediment input and tidal current regime, Straits of Florida. Sedimentology, 59(4), 1278–1304.

DRAVIS, J. J., 1996. Rapidity of freshwater calcite cementation – implications for carbonate diagenesis and sequence stratigraphy. Sedimentary Geology, 107, 1–10

DONZEAU M. (1971): Etude structurale dans le paléozoïque des Monts d'Ougarta. Th. 3ème cycle, Univ. Orsay

DUNHAM, R. J. (1962) -Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of carbonate rocks (W.E.Ham.ed.).Am. Assoc. Petrol. Geol., Mém. (1), pp108-121.

DELLA PORTA, G., KENTER, J. A. M., AND BAHAMONDE, J. R., 2004. Depositional facies and stratal geometry of an Upper Carboniferous prograding and aggrading high-relief carbonate platform (Cantabrian Mountains, N. Spain). Sedimentology, 51, 267–295.

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 et A, p. 1 -1001.

FLLAH AHMED H .(2009): Magiter L'Anticlinal de Ben Zireg :Lithostratigraphie, Evolution séquentielle Environnements de dépôts au Dévonien inférieur et moyen

(Béchar, Sahara algérien nord- occidental)

FLÜGEL E. (2010) - Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. SpringerVerlag, Berlin, 984 p

GÖDDERTZ B. (1987) – Devonische Goniatiten aus SW- Algerien und ihre stratigraphishe Einordnung in die Conodoten – Abfolge. Paläenotogr., A., 197, 4-6, p. 127-220. Gomez Silva et al.,1963 ;

GAUTIER E.F. (1903) : Le Sahara oranais. Ann. Géogr., 12, p. 235.

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, 7, 5, p. 134-141 3 Fig

GRAMMER, G. M., CRESCINI, C. M., MCNEILL, D. F., AND TAYLOR, L. H., 1999. Quantifying rates of syndepositional marine cementation in deeper platform environments – new insight into a fundamental process. Journal of Sedimentary Research, 69(1), 202–207.

HERVOUET Y. &DUEE 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, 57 Fig.

HALFAR, J., GODINEZ-ORTA, L., MUTTI, M., VALDEZ-HOLGUÍN, J. E., AND BORGES, J. M., 2004. Nutrient and temperature controls on modern carbonate production. An example from the Gulf of California, Mexico. Geology, 32(3), 213–216.

HALFAR, J., GODINEZ-ORTA, L., MUTTI, M., VALDEZ-HOLGUIN, J. E., AND BORGES, J. M., 2006. Carbonates calibrated against oceanographic parameters along a latitudinal transect in the Gulf of California, Mexico. Sedimentology, 53, 297–320.

HARRIS, P. M., ELLIS, J., AND PURKIS, S. J., 2013. Assessing the extent of carbonate deposition in early rift settings. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 97(1), 27–60.

JOHNSON J. G. & MURPHY M. A. (1984) - Time rock model for Siluro-Devonian continental shelf, western United States. Geological Society of America Bul., 95, p. 1349- 1359.

JOHNSON J.G., KLAPPER G., SANDBERG C.A. (1985) - Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. Geol. Soc. America Bul., 96, p. 567-587

JAMES, N. P., AND KENDALL, A. C., 1992. Introduction to carbonate and evaporite facies models. In Walker, R. G., and James, N. P. (eds.), Facies Models – Response to Sea Level Change. St. John's: Geological Society of Canada, pp. 265–275.

KHALDI A. Y. (2014) - Les Trilobites du niveau à faune benthique variée (FBV) dans la Saoura-Ougarta Systématique & Paléoécologie (Saoura - Ougarta , Algérie).Mém.Magister.Univ.Oran.

KEIM, L., AND SCHLAGER, W., 2001. Quantitative compositional analysis of a Triassic carbonate platform (Southern Alps, Italy). Sedimentary Geology, 139, 261–283.

KENTER, J. A. M., HARRIS, P. M., AND DELLA PORTA, G., 2005. Steep microbial boundstone-dominated platform margins – examples and implications. Sedimentary Geology, 178, 5–30.

LE MAITRE D. (1952a) : La faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg el Djemel (Sud oranais). Mat. Carte géol. Algérie. Paléont.,12, p. 1-170.

LEGRAND. (1967) : Nouvelles connaissances acquises sur la limite des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara algérien. Bull. Rech. Géol. Min., 33, P . 119-137.

LEGRAND Ph. (1962) : Connaissances acquises sur la limite des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara septentrional. Symposium Siluro- Devonien, Grenze, Bonn, 1960, p. 151-159, 2 Fig., 2 table

LEGRAND Ph.(1985) : Lower Palaeozoic rocks of Algeria In HOLLAND C.H.(ed.) Lowerpalaeozoic rocks of the world. Volume 4 : Lower Palaeozoic of north-westem and west central Africa. A Wiley-Intersc. Publ., p. 5-89.

LEGRAND Ph. (1983) : Aperçu sur l'histoire géologique de l'Algérie paléozoïque : Le Paléozoïque inférieur et le Dévonien In FABRE J., Afrique de l'Ouest (introduction géologique et termes stratigraphiques). LexiqueStrat. Intern.,série 1, IUGS : 96-104.

LEGRAND Ph. (1967) : Nouvelles connaissances acquises sur la limite des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara algérien. Bull. Rech. Géol. Min., 33, P . 119-13

LOWENSTAM, H. A., 1981. Minerals formed by organisms. Science, 211, 1126–1131. Malone, P. G., and Dodd, J. R., 1967. Temperature and salinity effects on calcification rate in Mytilus edulis and its paleoecological implicatons. Limnology and Oceanography, 12(3), 432–436.

LEES, A., 1975. Possible influence of salinity and temperatures on modern shelf carbonate sedimentation. Marine Geology, 19, 159–198.

LEES, A., AND MILLER, J., 1995. Waulsortian banks. In Monty, C. L. V., Bosence, D. W. J., Bridges, P. H., Pratt, B. R. (eds.), Carbonate Mud-Mounds – Their Origin and Evolution. International Association of Sedimentologists, Oxford-London (UK), pp. 191–271.

MASSA D., COMBAZ A. & MANDERSSCHEID G. (1965) : Observations sur les séries silurodévoniennes des confins algéro-marocains du Sud (1954-1955). C. F. P.,Notes &Mém., 8, p. 1-187.

MENCHIKOFF N. (1936) : Etudes géologiques sur les confins algéro-marocains du Sud, Bull. Soc. géol. France, 5, 4 : 132

MORZADEC, P. (1997) : Les Trilobites Asteropyginae du Dévonien de l'Ougarta (Algérie). PalaeontographicaAbteilung A, 244:143–158

MOUNJI DRISSE (1999) : les plates-forme carbonates devonienes du Tafilat-Maider , anti - atlas oriental,Maroc .

MIENIS, F., DUINEVELD, G. C. A., DAVIES, A. J., ROSS, S. W., SEIM, H., BANE, J., AND VAN WEERING, T. C. E., 2012. The influence of near-bed hydrodynamic conditions on cold-water corals in the Viosca Knoll area, Gulf of Mexico. Deep Sea Research, Part I, 60, 32–45.

Maillet, S. et al. (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

MORZADEC, P. (1997) : Les Trilobites Asteropyginae du Dévonien de l'Ougarta (Algérie). PalaeontographicaAbteilung A, 244:143–158.

MORZADEC P. (1997) : Trilobites. In Boumendjelet al. Les faunes du Dévonien de I'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). Ann. Soc. Géol. Nord, 5 (2eme Série), p. 114-115

MIENIS, F., DUINEVELD, G. C. A., DAVIES, A. J., ROSS, S. W., SEIM, H., BANE, J., AND VAN WEERING, T. C. E., 2012. The influence of near-bed hydrodynamic conditions on cold-water corals in the Viosca Knoll area, Gulf of Mexico. Deep Sea Research, Part I, 60, 32–45.

Mulder, T., & Alexander, J. (2001). The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. Sedimentology, 48(2), 269-299.

OLEAUD E. (1900): Le terrain carbonifériendans le Sud de l'Algérie. Mém. Acad. Vaucluse, 6 décembre.

OUALI MEHADJI A. (2004) – Les Brachiopodes du niveau majeur Emsien supérieur-Eifélien inférieur e la Saoura (Sahara Nord-occidental, Algérie), Marqueur évènementiel de la

transgression fini-emsienne. (paléontologie, biostratigraphie, taphonomie et evenements sédimentaires). Thèse Doctorat d'Etat, Université d'Oran, p. 229, fig. 97

OUALI MEHADJI A. ET AL. (2011) - Environnements sédimentaires de la Saoura-Ougarta (Sahara NordOuest, Algérie) au Dévonien inférieur (Lochkovien supérieurpro parte-Emsien) Pub. Sc. du Mus. nat. d'His. naturelle, Paris. Geodiversitas •.pp. 1-572

PLUSQUELLEC Y. (1997) : Coraux Tabulata et Rugosa. In BOUMENDJEL et al., Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). Ann.Soc. géol. Nord, 5 (2eme série), p. 95-99.

PENN-CLARKE CR, HARPER DAT. (2020) - Early-Middle Devonian brachiopod provincialism and bioregionalization at high latitudes: a case study from southwestern Gondwana. The Geological Society of America, Bulletin. 8 figures; 1 supplemental file. doi:10.1130/B35670.1

. **POUEYTO A. (1951) :** Contribution à l'étude des terrains paléozoïques de la basse Daoura (Sahara occidental). C. R. Soc. géol. France, 10, p. 156-157.

PARIS F., BOUMENDJEL K., MORZADEC P. & PLUSQUELLEC Y. (1997): Synthèse chronostratigraphique du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). Ann. Soc. géol. Nord, 5 (2eme Série), p. 117-121.

RACHEBOEUF P.(1990) : Paleobiographie de la marge nord-gondwanienne au Devonien inferieur et moyen : nouvelles donnees deduites de l eude des Brachiopodes chonetaces .C.R.Acad.Sc. 310,2,p.1481-1486.

SCUPIN H. (1900) - DIE Spiriferen Deutschlands. Palaeontol. Abh., 1, 8, H, 3, p. 207-344 [3-140], fig. 14, pl. 24-33 [1-10]. In OUALI MEHADJI A., 2004.

SCHLAGER, W., 2000. Sedimentation rates and growth potential of tropical, cool-water and mud-mound carbonate systems. In Insalaco, E., Skelton, P. W., and Palmer, T. J. (eds.), Carbonate Platform Systems: Components and Interactions. London: The Geological Society, pp. 217–227.

SCHLAGER, W., 2003. Benthic carbonate factories of the Phanerozoic. International Journal of Earth Sciences, 92, 445–464

SCHLAGER, W., 2005. Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy. Tulsa: SEPM (Society for Sedimentary Geology). SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology, Vol. 8. 200 pp.

SCHLAGER, W., REIJMER, J. J. G., AND DROXLER, A. W., 1994. Highstand shedding of carbonate platforms. Journal of Sedimentary Research, B64(3), 270–281.

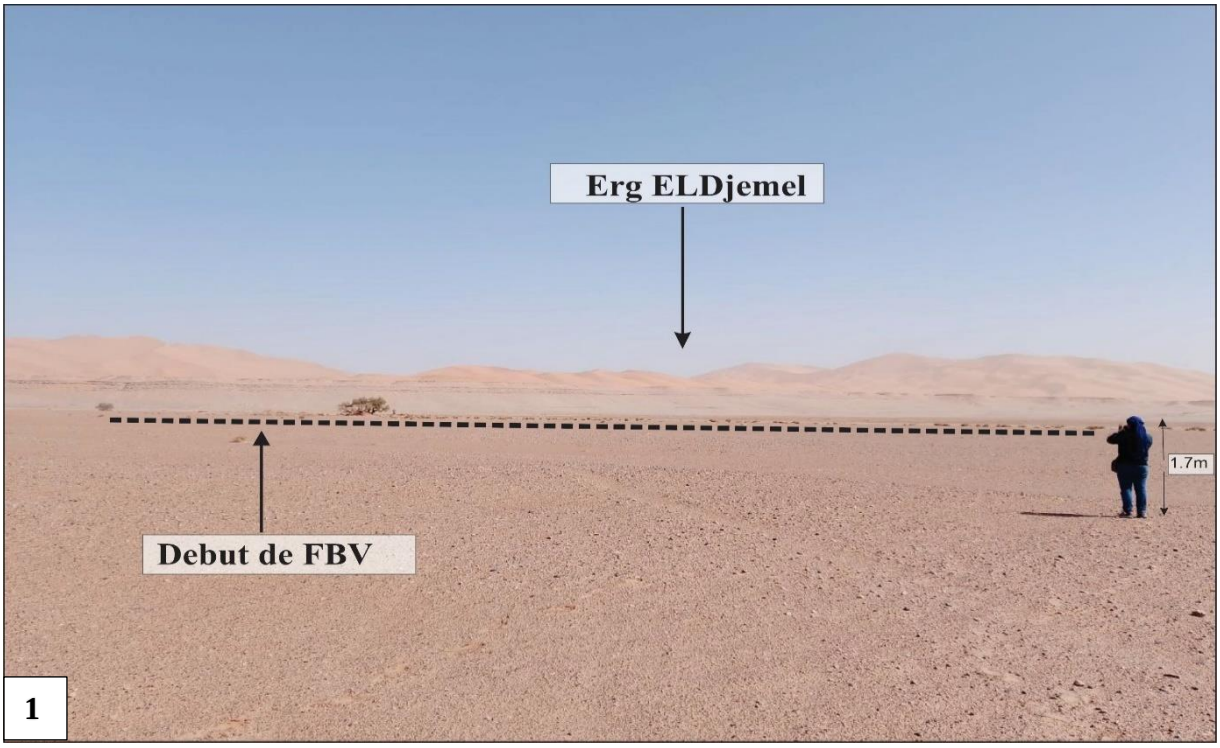
TANDJAOUI-ARIF R. (2014) - les canodontes du devonien moyen de la coupe du Km30 (Saoura, Algérie): bioévènements et environnements. Mem. Magister. Univ. Oran, 73p

VAIL P., AUDEMARD F., BOWMAN S., EISNER P., PEREZ-CRUZ G. (1990) - Stratigraphic signatures separating tectonic, eustatic and sedimentologic effect on sedimentary sections. In: EINSELE G., SEILACHER A. (2012). Cyclic and event stratification. Springer Science & Business Media.

WENT ET AL. (2009 Devonian stratigraphy and depositional environments in the southern Illizi Basin (Algerian Sahara)**)**

Planches Photographiques

Planche I



1



2

Planche I

Fig. 1 :

Le débute du niveau à faune benthique varie FBV

Fig. 2 .

Calcaire marneux du FBV

Planche II

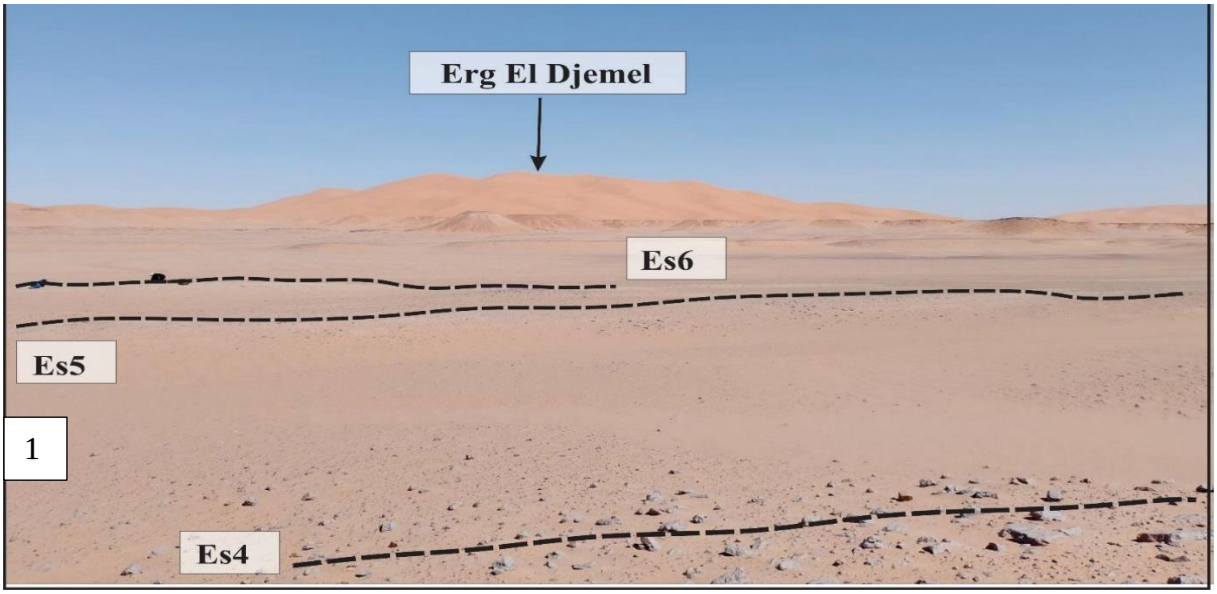






Planche II

Fig. 1.

Les niveaux carbonatés Es4 et Es5 et Es6

Fig. 2 .

Le niveau ferrugineux à goniatites

Fig. 3 .

Calcaire à Septaria ? Es10

Planche III







Planche III

Fig1.

Les niveaux de calcaire Es12 et Es 13

Fig2 .

Alternance marno-calcaire

Fig3 .

Grés à laminations convolutées et horizontale