

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 Paléoenvironnement



Mémoire

Présenté pour L'obtention du grade

Master II

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

Microfaciès & Environnement sédimentaire du niveau à faune benthique variée (FBV)

(Emsien terminal) dans la coupe du "km30" (Saoura, Algérie)

Présenté par

Mr. LAGHRIBI Khaled

Soutenu le : 20 / 9 / 2021 devant le jury composé de :

Mr. BOUALEM. N.	MC-B	Université Oran02	Président
Mr. OUALI MEHADJI. AEK.	Professeur	Université Oran02	Rapporteur
Melle. BESSEGHIER. F.	MA-B	Université Oran02	Examineur

Oran, 2021

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 ma profonde gratitude et mon vif remerciement à **Mr. OUALI MEHADJI Abdelkader**, 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 pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce mémoire :

Mr. BOUALEM Nour Eddine pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Melle. BESSEGHIER Fatima 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 particulier : **Mr. BOUTERFA Boumediene** ; **Mr. MAHBOUBI M'hamed** ; **Mr. BELKEBIR Lahcen** ; **Mr. BENHAMOU Miloud**.

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

J'exprime aussi mes remerciements à **Mr. MAHBOUBI Chikh Younes** pour son aide et ses discussions scientifiques sur les concrétions carbonatées et son aide pour terminer mon travail.

Je tiens à remercier la promotion de Master 2 GBS 2020/2021.

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

Mr. LAGHRIBI Khaled

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A ma chère mère Fouzia , et mon cher père Faouzi

*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 et sœurs : Charazad , Mohamed Elhadi , Amani , Ahmed Yassine et
Youcef.*

A mes amis(e) proches : Bara Oualiy Eddine , Ouedjdi et Abdel Ouadoud.

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A tous mes camarades de la promotion spécialement :

Moustafa , Mouhamed Amine , Mohamed Abdelghani , Moustapha , Saci.

Et toute ma famille...

Khaled...

Résumé

Le niveau à faune benthique variée (FBV) étudié se localise dans le secteur du « km 30 », situé dans la région d'Ougarta (Faisceau de la Saoura) à environ à 30 km au Sud de la ville de Beni Abbes et à 5 km de l'oasis de Marhouma. Il s'agit de la célèbre coupe de Marhouma. Notre travail a été basé sur l'analyse lithologique et une étude microscopique (microfaciès) du FBV d'âge Emsien terminal (Dévonien inférieur).

L'étude lithologique du niveau FBV montre une alternance entre des marnes grise en combes d'épaisseur décimétriques à métriques et de calcaires bioclastiques riches en faune benthique (Brachiopodes, tiges et articles de crinoïdes, polypiers, trilobites, gastéropodes et bivalves) avec quelques rares formes du necton (orthocères et goniatites). Quelques intercalations de grès beiges comportent des trilobites. L'ensemble de cette faune est d'âge Emsien supérieur.

L'étude des microfaciès a permis de distinguer trois microfaciès ; MF1 de Wackestone à plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes, MF2 Packstone à plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes et MF3 Packstone / Wackestone à Tentaculites. Ces trois microfaciès ont été intégrés dans deux associations (association A et B) qui traduisent un environnement de rampe médiane à début de rampe distale.

Mots-clés : FBV, Ougarta, Emsien supérieur, Microfaciès, Rampe.

Abstract

The studied varied benthic fauna level (FBV) is located in the “km 30” area belonging to the Ougarta chain (Saoura region), about 30 km south of the Beni Abbes city and 5 km from the oasis of Marhouma. It is the famous Marhouma section. Our work was based on the lithologic analysis and microscopic study (microfacies) of this level from the Late Emsian age (Early Devonian).

The lithologic study of the FBV level shows an alternation of grey marls in combs of decimetric to metric thickness and bioclastic limestones rich in benthic fauna (Brachiopods, stems and articles of crinoids, corals, trilobites, gastropods and bivalves) and rare nekton fauna (orthoceras and goniatites). Some few beige sandstones beds contains trilobites. The whole fauna is from the Late Emsian age.

The microfacies study allowed us to distinguish three microfacies: MF1 of Wackestone with echinoderm plates and crinoid articles, MF2 of Packstone with echinoderm plates and crinoid stems, and MF3 of Packston / Wackestone with Tantalulites. These three microfacies are assigned to two associations (association A and B) which reflect a median ramp to distal ramp environment.

Keywords: FBV, Ougarta, Late Emsien, Benthic, Microfacis, Ramp.

Avant propos

Dédicace

Résumé

Abstract

Chapitre I : GENERALITES

I. Cadre géographique	01
I. 1. Situation générale des Monts d'Ougarta	01
I. 2. Situation du secteur de Marhouma (km 30)	01
II. Cadre géologique	01
II. 1. Cadre géologique de la Chaîne d'Ougarta	01
II. 2. Cadre géologique local	02
III. Position du niveau à faune benthique variée (FBV)	05
III. 1. La Formation de Tifergunite (380 m)	05
III. 1. A. Membre inférieur (170 m)	05
III. 2. B. Membre supérieur (210 m)	05
III. 2. Formation de Cheffar el Ahmar (140 m)	05
III. 1. A. Membre 1 (alternance marno-calcaire) (80 m)	05
III. 2. B. Membre 2 (calcaire griotte-marne) (60m)	05
IV. Historique de travaux sur le niveau à faune benthique variée (FBV) de la Saoura	06
V. Objectif et méthodologie du travail	08
V. 1. Objectifs	08
V. 2. Méthodologie du travail	08
V. 2. A. Travaux de terrain	08
V. 2. B. Les travaux au laboratoire	09

Chapitre II : ANALYSE LITHOLOGIQUE

I. Introduction	10
II. Description de la coupe	10
III. Particularités sédimentaires	17
IV. Conclusion	17

Chapitre III : MICROFACIES

I. Introduction	18
II. 1. La classification de Dunham (1962) (Fig.07)	18
I. 2. La classification de Flügel (2010) (Fig.08)	19
III. Analyse Microfaciès	20
IV. Association de faciès et environnements de dépôts	32
IV. 1. Introduction	32
IV. 2. Association de faciès	32
A. MF1. Wackestone à plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes	32
B. MF2. Packstone à plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes	33
C. MF3. Packston / Wackestone à Tantalites	34
IV. 3. Environnements de dépôts	36
V. Production carbonatée (carbonate factory)	36
V. 1. Définition	36
V. 2. Paramètres environnementaux	37
V. 3. Usine de Carbonate	38
V. 4. L'origine des carbonates dans le niveau de FBV	39

Chapitre IV : CONCLUSION GENERAL

Conclusion General.....	41
References Bibliographiques.....	43
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Chapitre I

GENERALITES

I. Cadre géographique :**I. 1. Situation générale des Monts d'Ougarta :**

Au Sud de la ville de Béchar, à environ 250 km, se dressent les reliefs des monts d'Ougarta qui constituent une chaîne de montagnes, d'orientation NW-SE, située sur la partie Nord-Ouest du Sahara algérien (Fig. 01). Cette chaîne de plus de 450 km de longueur et 200 km de largeur est limitée au Nord par la Hamada du Guir, au Nord-Ouest par le Kemkem, à l'Ouest par la Hamada du Draa, au Sud-Ouest par l'Erg Iguidi et Erg Chèche, par le Gourara et Touat au Sud-Est et au Nord-Est par le Grand Erg occidental.

La Chaîne d'Ougarta est subdivisée en deux grandes unités géomorphologiques séparées par Erg Er-Raoui au centre : le faisceau de la Saoura et celui de la Doura (Fig.01).

I. 2. Situation du secteur de Marhouma (km 30) :

Le secteur du « km 30 » est situé à 30 km au Sud de la ville de Beni Abbes et à 5 km de l'oasis de Marhouma. Il s'agit de la célèbre coupe de Marhouma. La limite nord de ce secteur est représentée par le cours de l'Oued Saoura, au Sud par Garet Yhoud et à l'Est par la région de Louata.

II. Cadre géologique :**II. 1. 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. La Chaîne d'Ougarta constitue une zone mobile aulacogène (SHATSKY, 1955 ; DONZEAU, 1974 ; COLOMB & DONZEAU, 1974). Elle est formée par un substratum volcanique et volcano-sédimentaire d'âge précambrien surmonté par une couverture sédimentaire allant du Cambrien jusqu'au Carbonifère inférieur (Fig. 02). La figure 3 résume les principales formations rencontrées.

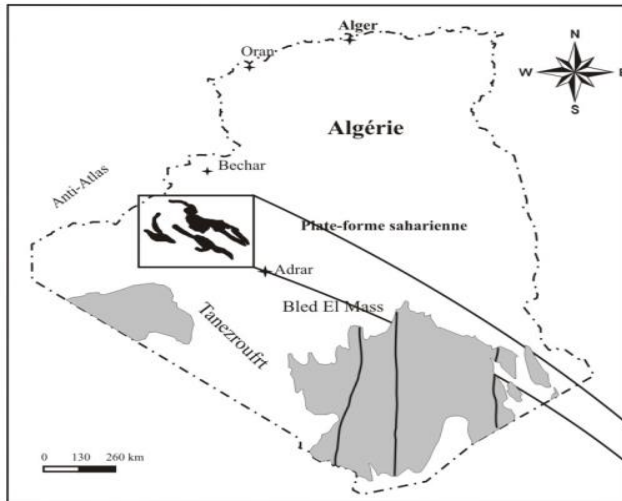


Fig. 1: Situation géographique des monts de l'Ougarta

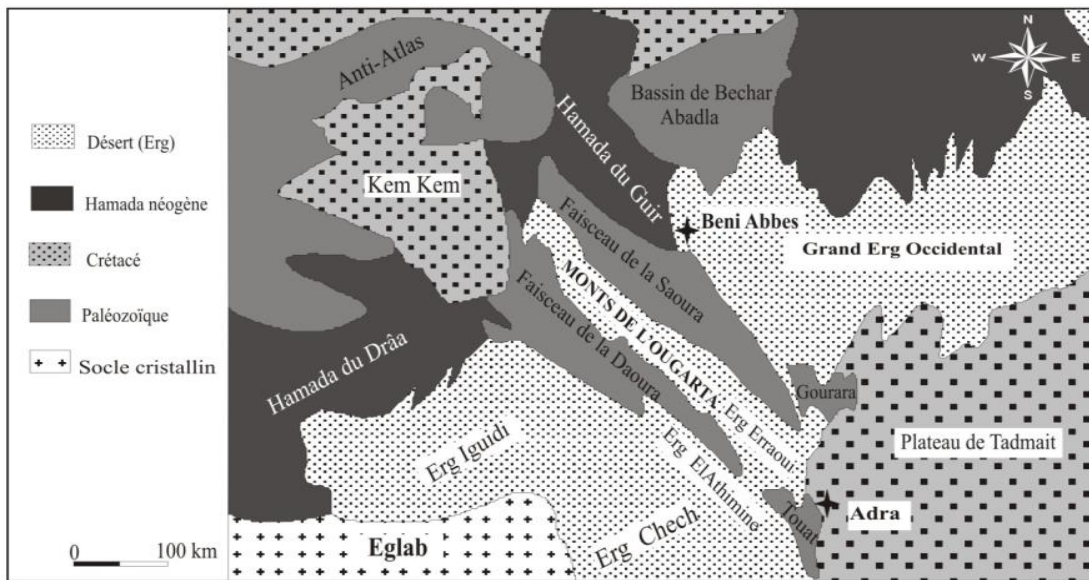


Fig. 01 : A- Situation géographique de la Chaîne d'Ougarta.

B- Esquisse structurale de l'Ougarta (FABRE, 1976.in KHALDI 2014).

II. 2. Cadre géologique local :

Dans le secteur de Marhouman , affleurent les formations du Dévonien dans la coupe référence dite « km 30 ». Le Dévonien inférieur comporte quatre formations, tandis qu'une seule formation caractérise le Dévonien moyen. Ces terrains ont un pendage faible, et sont couverts par endroits par une

barre néogène tabulaire (Hamada du Guir) dont le contact dessin une discordance angulaire bien visible sur le terrain. Les affleurements rencontrés dans notre secteur d'étude intéressent une assise de transition entre le Dévonien inférieur et le Dévonien moyen (Fig.03). Il s'agit, de bas en haut de :

- 1°) Formation argilo-silteuse de Zemlet ;
- 2°) Formation argileuse du Saheb El Djir ;
- 3°) Formation gréseuse de Dkhissa ;
- 4°) Formation argilo- gréseuse de l'Oued Tifergunité ;
- 5°) Formation de calcaire de Cheffar El Ahmar ;
- 6°) Formation argilo- gréseuse de Marhouma.

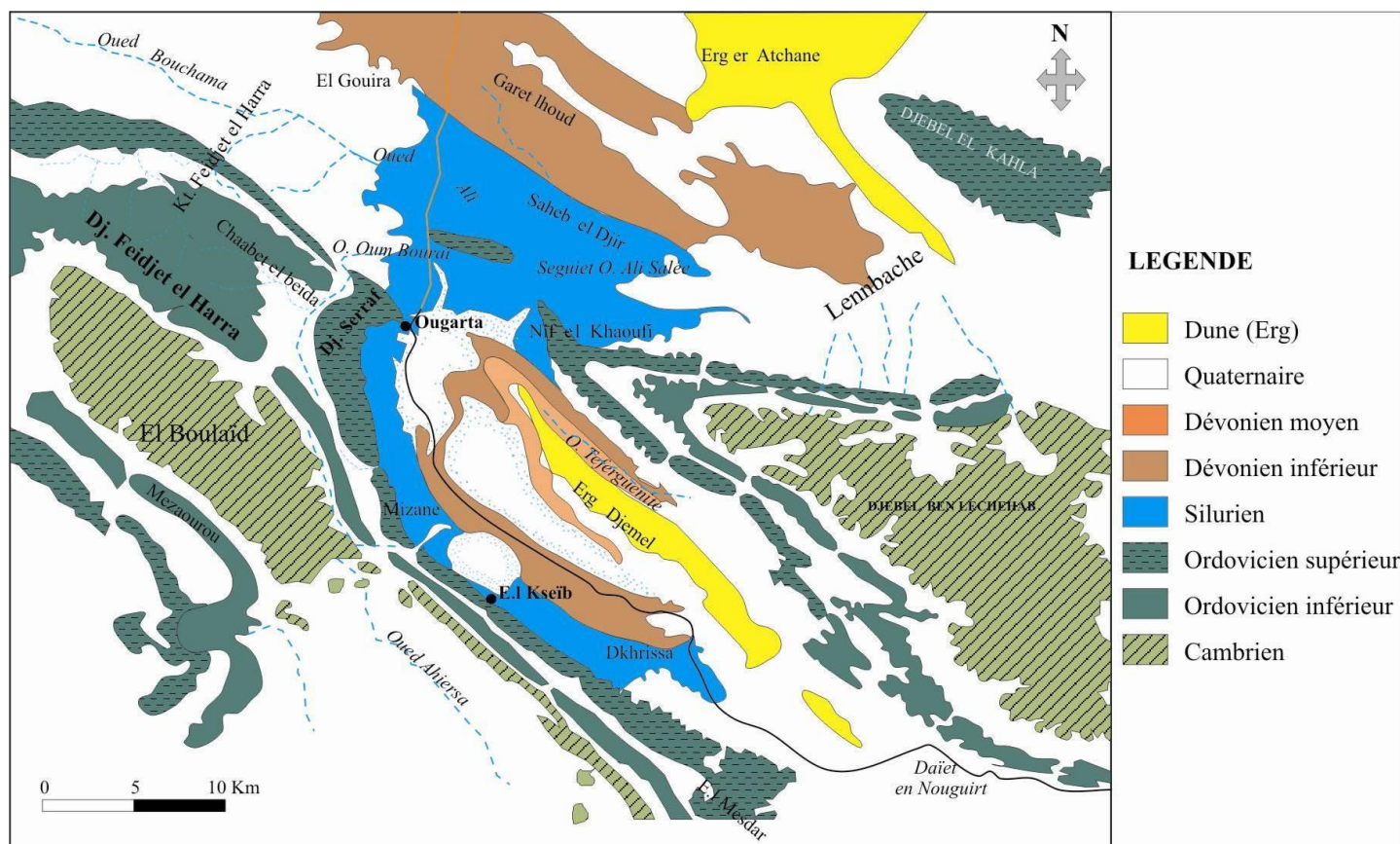


Fig. 02 : Carte géologique des Monts d'Ougarta (Extrait de la carte Géologique Ougarta 1/200 000, modifiée par BERRABEH, 2012).

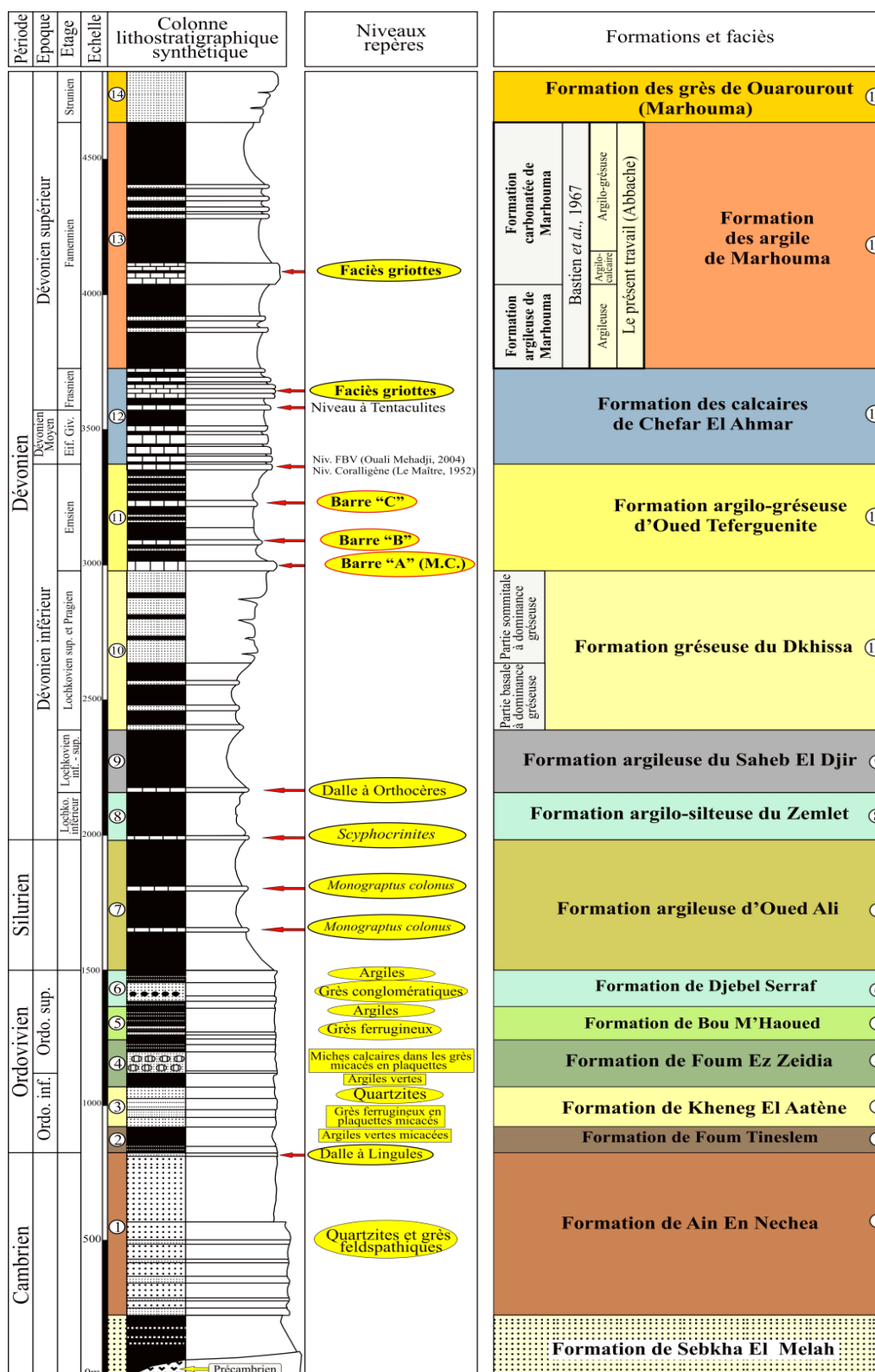


Fig. 3 : Succession lithostratigraphique du Paléozoïque de l'Ougarta (Gomez Silva *et al.*, 1963 ; Legrand, 1967 ; Bastien, 1967 ; Donzeau, 1971) (Modifiée).

III. Position du niveau à faune benthique variée (FBV) :**III. 1. La Formation de Tifergunite (380 m) :**

Dans la coupe du « km30 », la formation de Tifergunite qui débute avec la première barre de calcaire appelée « Muraille d Chine » ou barre A. 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 grès 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 argilo-gréseux peuvent atteindre 10 m à 12m d'épaisseur, de grès à fines intercalations de calcaire à tiges de crinoïdes. Vers 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.

III. 2. Formation de Cheffar el Ahmar (140 m) :

III. 1. A. Membre 1 (alternance marno-calcaire) (80 m) : débute par le niveau coralligène de Le Maître (1952) correspondant au niveau à faune benthique variée de Ouali Mehadji *et al.* (2004). Il est caractérisé par une alternance de calcaires et de marnes, riche en faune benthique (Tetracoralliaires, Rugueux, Brachiopodes, tiges de Crinoïdes, Trilobites et Gastéropodes).

III. 2. B. Membre 2 (calcaire griotte-marne) (60m) : cette alternance irrégulière montre une grande combe marneuse à intercalations de calcaires griottes et se termine par une barre de calcaires griottes affectées par des slumps. Ce calcaire de couleur lie-de-vin (= griotte) montre un aspect noduleux et riche en goniatites et quelques trilobites.

IV. Historique de travaux sur le niveau à faune benthique variée (FBV) de la Saoura :

Les travaux consacrés à ce niveau majeur à faune benthique variée (FBV) sont à intérêts paléontologiques et sédimentologiques.

Le premier travail paléontologique réalisé et consacré à ce niveau est celui de Le Maître (1952), tout en lui attribuant le nom « banc coralligène ». Elle a étudié principalement le Dévonien inférieur et moyen dans les régions suivantes : km 30 ou « Marhouma », El Kseib, Erg el Djemel, Fegaguira (Hassi Abd el Adhim). Elle a établi une étude paléontologique détaillée sur les polypiers, les brachiopodes et les trilobites, en identifiant 210 espèces dans ces trois groupes.

Pour Le Maître (1952), le coralligène est un faciès de calcaire, noduleux, caractérisé par la richesse et la diversification de la faune essentiellement épibenthique caractéristique d'une faune récifale typique. Tabulata massifs sont représentés par : *Praemichelinia convexa* (Le Maître, 1952) atteignant un mètre de diamètre, *Favosites styriaca* Penecke, 1894, *Paleofavosites saourensis* (Le Maître, 1952) ; *Holacanthopora fascialis* (Le Maître, 1952); *Saouraepora gigantea* (Le Maître, 1952) puis des *Combophyllum* sp. Milne-Edwards & Haime, 1858. Des anthozoaires cornus sont aussi présents avec d'autres groupes tels que des colonies de bryozoaires, de brachiopodes, de crinoïdes et de trilobites. Cette faune est attribuée à l'Eifelien inférieur.

En 1959, Petter a étudié les *Ammonoidea* récoltés dans les affleurements du Dévonien moyen et supérieur de la vallée de la Saoura et des environs d'Ougarta. Dans ce niveau (FBV), elle a cité deux espèces d'*Ammonoidea* : *Agoniatites occultus* (Barrande, 1865) et *Foordites Platypleura* Frech, 1899.

Göddertz (1987) présente un travail sur les goniatites de la coupe du km 30 (Saoura) et les corrèle aux zones standards de conodontes du Dévonien moyen. Ce travail lui a permis de mettre en évidence une zone dans laquelle se produit le passage Dévonien inférieur – Dévonien moyen. Le niveau coralligène est attribué à l'Emsien supérieur (Zone à *Patilus*).

Boumendjel et al. (1997) attribuent ce niveau à l'Emsien terminal, tout en actualisant la liste des faunes aux différentes coupes levées.

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 localité.

Parallèlement à cette étude, Ouali Mehadji (2004) a étudié le peuplement des brachiopodes de ce niveau majeur. La diversité spécifique est très élevée représentées par 26 espèces 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 orbignyianus* Sartenaer, 1970. A l'Erg el Djemel, il met en évidence deux associations (association à *Athyris (A.) concentrica* et association à *Uncinulus orbignyianus* (= *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 chaîne de la Saoura est considéré par ces auteurs comme un événement 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'est obtenu 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.

V. Objectif et méthodologie du travail :

V. 1. Objectifs :

Le travail effectué dans le niveau à faune benthique variée (FBV) d'âge Emsien terminal pour but :

- * Un complément de la description lithologique.
- * Une étude sédimentologique (microfaciès) pour la caractérisation des différents microfaciès selon le concept du « *Standar Microfaces Type* » (SMT) de Flügel (2010).
- * Enfin identification de l'environnement de dépôts.

V. 2. Méthodologie du travail :

Cette étude est basée sur une étude de terrain (coupe géologique avec échantillonnage) complétée par les travaux de laboratoire.

V. 2. A. Travaux de terrain :

Le travail de terrain a commencé par la localisation de la coupe (début et fin de coupe), sa réalisation banc par banc avec prises des échantillons et de photos pour les différents niveaux étudiés.

V. 2. B. Les travaux au laboratoire :

Dix (10) lames minces ont été élaborées au niveau du laboratoire du Département des Sciences de la Terre (Université Oran 2) pour faire l'objet d'une analyse microscopique descriptive, ensuite des prises de photos au microscope du Laboratoire LPSP.

Chapitre II
ANALYSE
LITHOLOGIQUE

I. Introduction :

Ce chapitre est consacré à la description lithologique du niveau à faune benthique variée (FBV) dans le secteur du km 30 ou Marhouma. La description est basée sur les observations macroscopiques observées sur terrain (l'épaisseur des couches, la lithologie, les particularités sédimentaires et le contenu fossile).

Notre secteur d'étude est représenté principalement par la partie basale de la formation du Cheffar el Ahmar. D'abord considéré d'âge Eifélien inférieur (Le Maître, 1952 ; Fabre, 1976 ; Nedjari *et al.*, 2006), il est ensuite attribué à l'Emsien supérieur par Gôddertz (1987) sur la base des goniatites, Boumendjel *et al.* (1997) sur la base des chitinozoaires, brachiopodes et polypiers, Ouali Mehadji *et al.* (2004) sur la base des brachiopodes et enfin Tandjaoui (2014) sur la base des conodontes.

II. Description de la coupe :

On a subdivisé cette coupe en 10 niveaux (de KL1 à KL10). Chaque niveau est composé par une combe marneuse avec un ou plusieurs bancs de calcaire argileux bioclastique (Fig. 04).

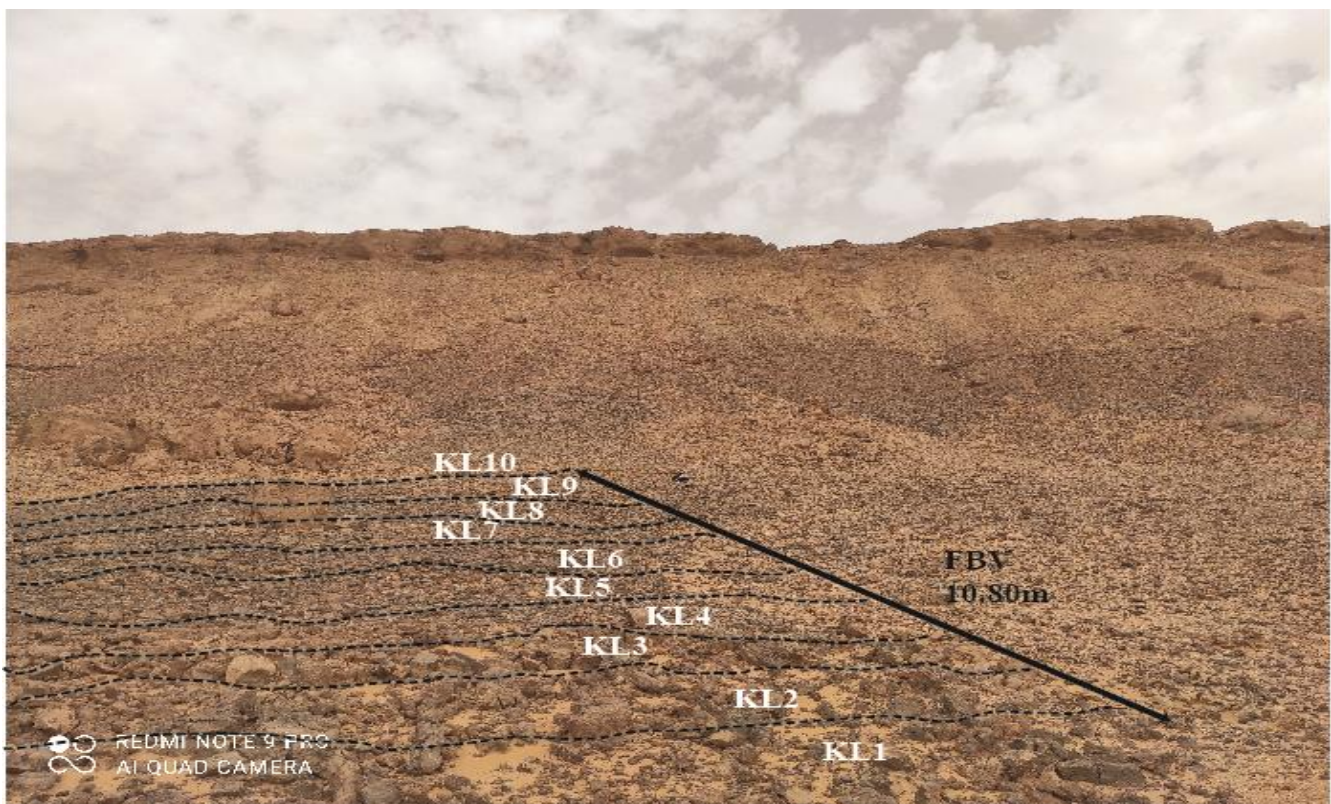


Fig. 04 : Vue générale sur le trait de coupe du FBV.

KL1 et KL2 : Banc d'épaisseur de 0.15 m (PL. 1-Fig. 1a, 1b et 2), subdivisé en 2 parties : la partie basale est constituée par des grés de 0.08 m d'épaisseur et de couleur beige, la partie sommitale est constituée par un niveau de calcaire bioclastique de couleur grise de 0.07 m d'épaisseur avec une surface bioturbée, riche en tiges des crinoïdes, des orthocères et des brachiopodes. Ce banc est surmonté par une combe marneuse d'épaisseur de 0.40 m. Le niveau de calcaire dans KL2 (0.15 m) est plus épais que dans KL1.

KL3 : est représenté par un banc de calcaire argileux à bioclastes (PL. 1-Fig. 3), de 0.20 m d'épaisseur, grisâtre, contient des tiges de crinoïdes, des orthocères et quelques brachiopodes, surmonté par une combe de marnes d'épaisseurs d'un mètre.

KL4 : Banc de calcaire argileux bioclastique (PL. 1-Fig. 4), d'épaisseur de 0.20 m, de couleur grise, renferme des tiges de crinoïdes, des brachiopodes, et surmonté par une combe de marnes de 2.5m.

KL5 : ce niveau est représenté par un banc de calcaire marneux à bioclastes (PL. 1-Fig. 5), d'épaisseur de 0.20 m, riche en faune (brachiopodes, tiges des crinoïdes et les orthocères) de couleur grise, avec une base irrégulière par endroit, surmonté par une combe de marnes en plaquettes de 0.70 m d'épaisseur.

KL6 : Banc de calcaire argileux à bioclastes (PL. 2-Fig. 6), de 0.15 m d'épaisseur, grisâtre, à base irrégulière, riche en tiges de crinoïdes et quelques gastéropodes, brachiopodes et polypiers. Il est surmonté par une combe marneuse grise de 0.40 m d'épaisseur.

KL7 : représenté par un banc de calcaire argileux bioclastique (PL. 2-Fig. 7), de couleur grise, d'épaisseur de 0.07 m, riche en faune, surmonté par une combe marneuse d'épaisseur de 0.80 m.

KL8 : Ce niveau est constitué par un banc de calcaire bioclastique d'épaisseur de 0.30 m (PL. 2-Fig. 8), plus ou moins dur à quelques traces et fragment de trilobites et des tiges des crinoïdes. Surmonté par une combe de marnes en plaquettes, grise, de 1.80 m d'épaisseur. Cette dernière est intercalée par un banc pseudo-noduleux noirâtre (PL. 2-Fig. 10).

KL9 : représenté par un banc de calcaire bioclastique de 0.25 m d'épaisseur (PL. 2-Fig. 9), riche en faune (brachiopodes, tiges de crinoïdes et quelques trilobites). Ce calcaire est dur, de couleur grise, surmonté par une combe de marnes en plaquettes d'épaisseur de 0.40 m.

KL10 : Ce niveau est composé par trois bancs de calcaires, successivement de 0.20 m, 0.20m et 015m d'épaisseurs, grisâtre à beige à la patine, surmontés par un niveau marneux d'épaisseur de 0.20 m de couleur grise. Ces calcaires sont riches en trilobites et en fragments de polypiers.

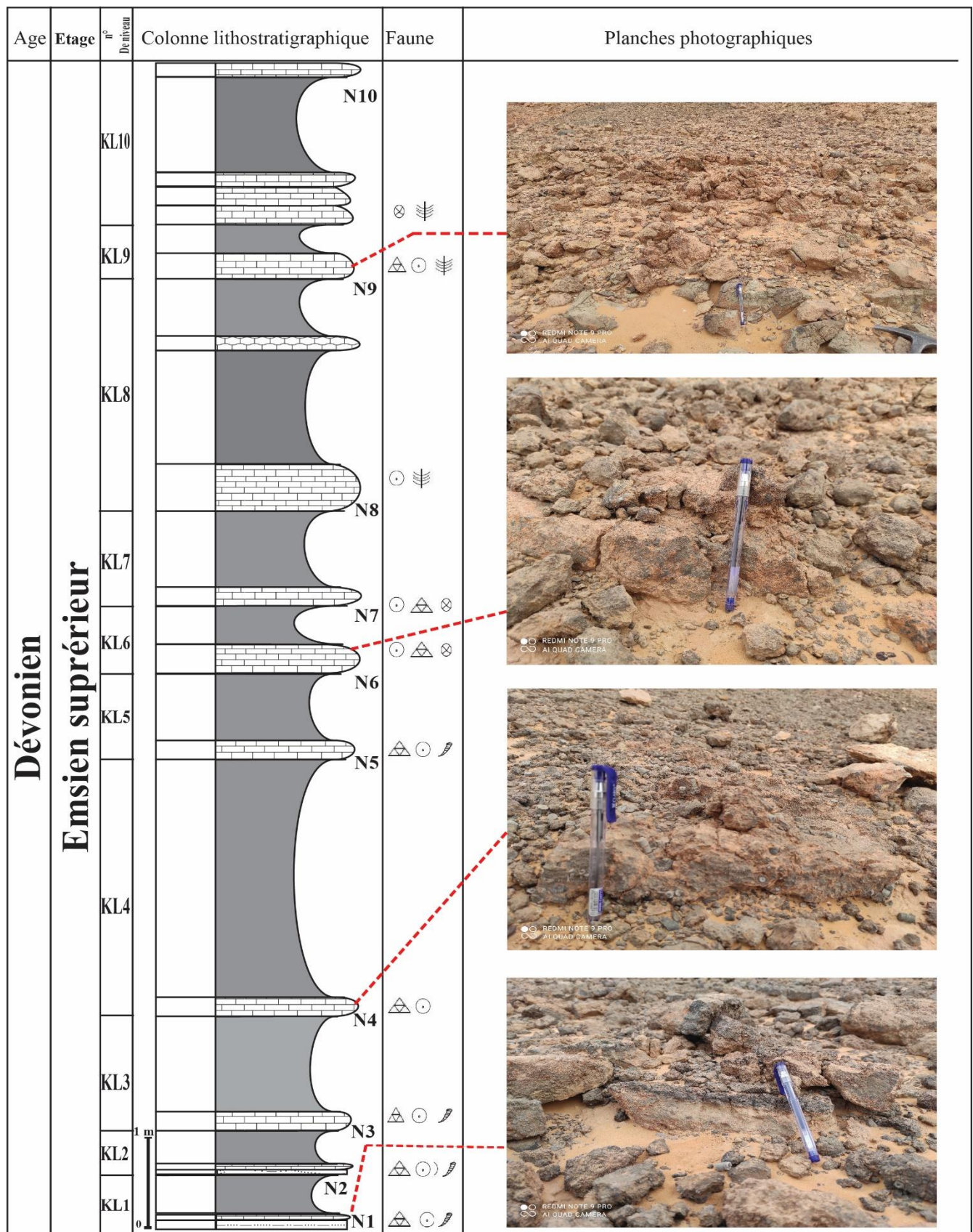


Fig. 05 : Colonne lithologique de la coupe du FBV au km 30.

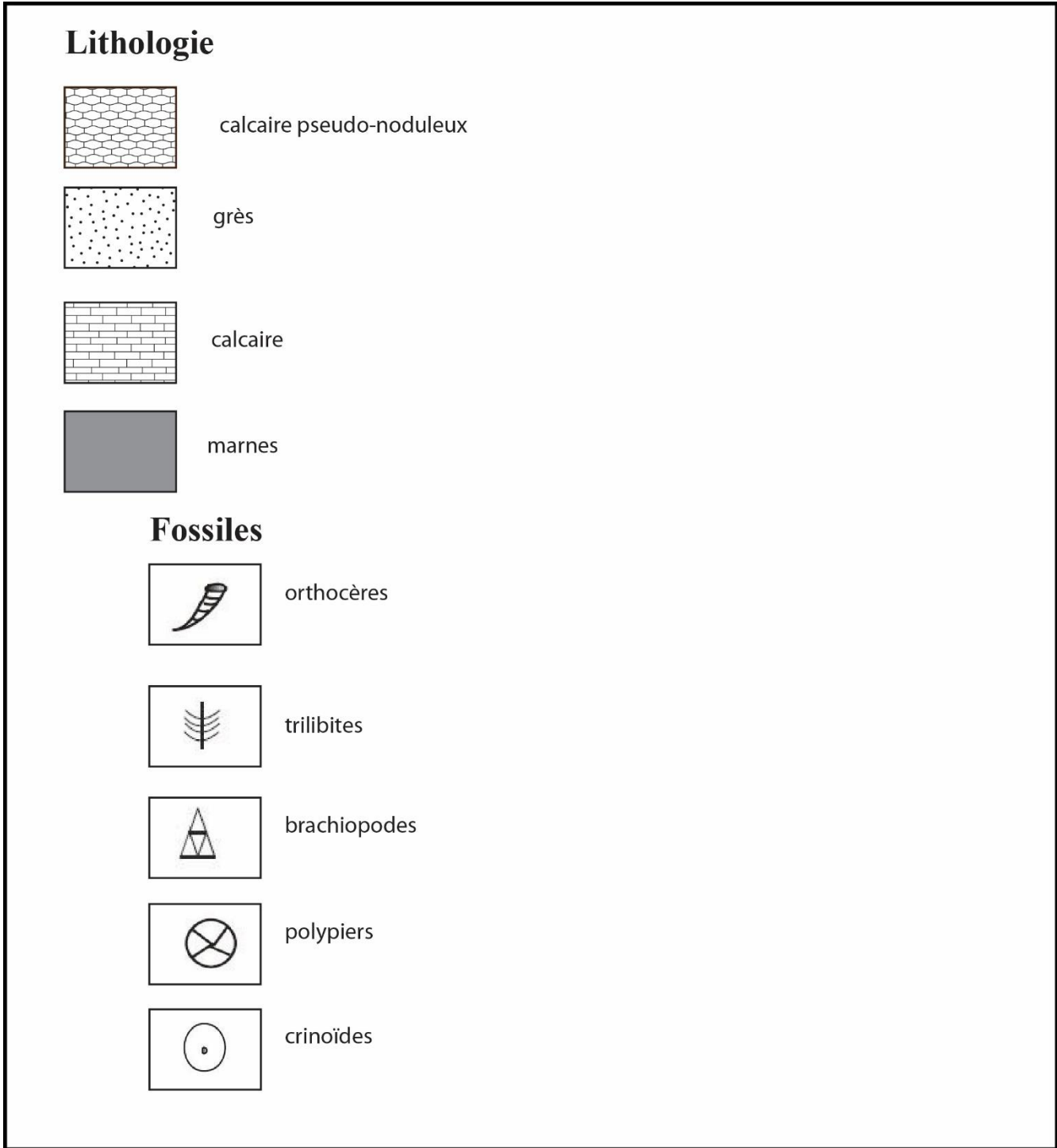


Fig. 06 : Légende des figures et symboles utilisés.

Planche 1

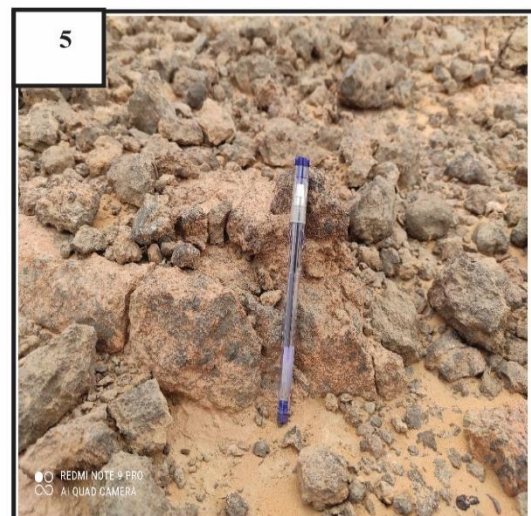
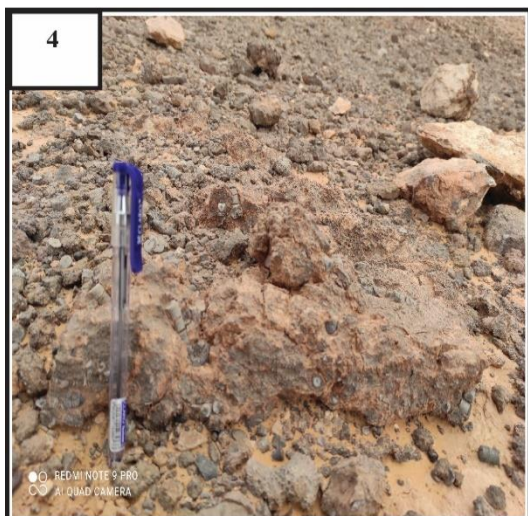
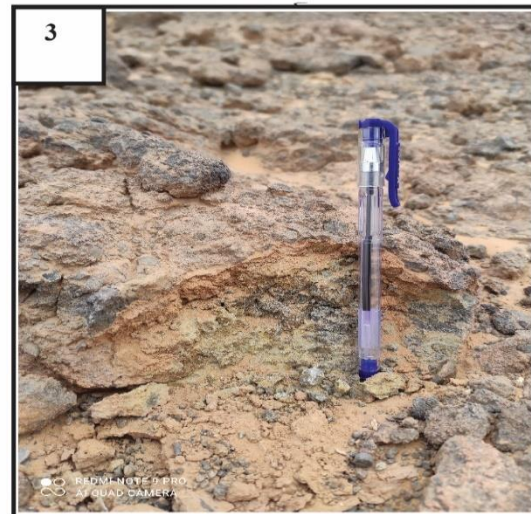
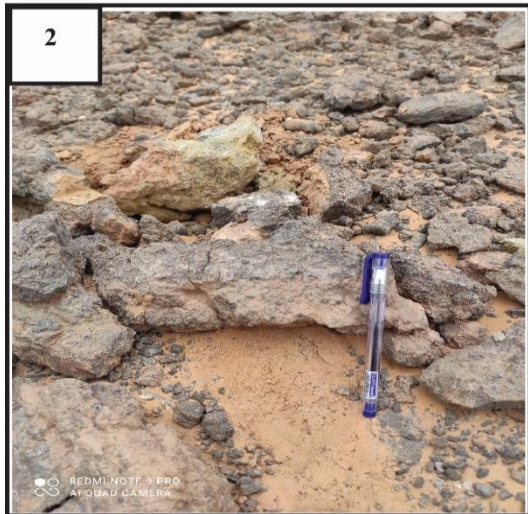
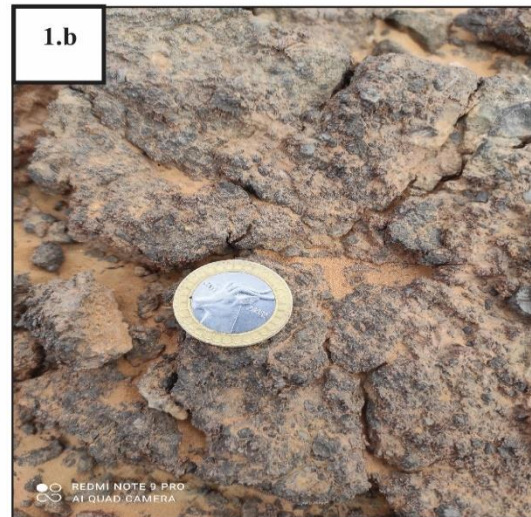
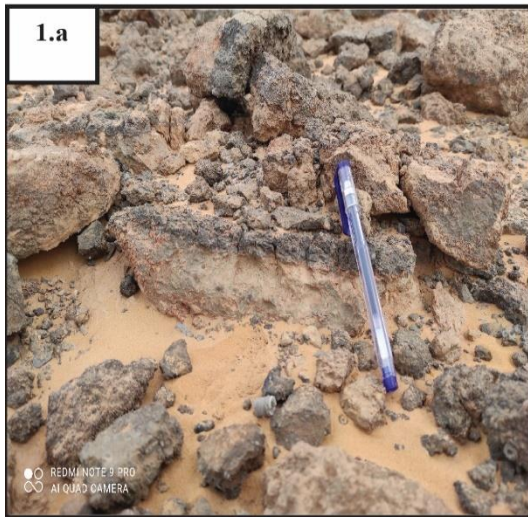
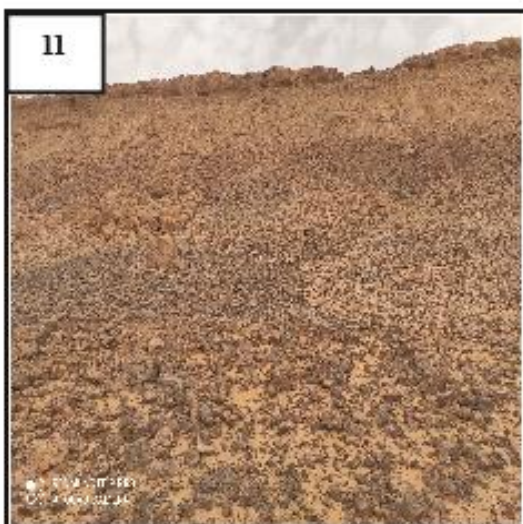
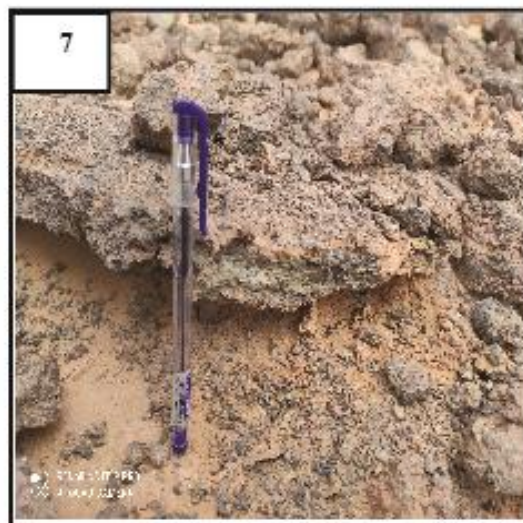


Planche 2



III. Particularités sédimentaires :

D'une épaisseur totale de 10.80m, le FBV montre quelques particularités par rapport aux faciès sous et sus-jacents :

1. Riche en faune benthique par ordre de dominance Tabuler et rugueux, Crinoïdes (tiges et articles), Brachiopodes, Trilobites, Bivalves et Gastéropodes.
2. Le necton est représenté par les orthocères et quelques rares goniates.
3. Les bancs calcaires passent latéralement à des bancs irréguliers parfois pseudo-noduleux.
4. Présence de traces de type *Zoophycus* (signalée par Limam *et al.*, 2021).
5. Les bancs de grès sont friables et montrent surtout une richesse en trilobites.
6. Les intervalles marneux sont plus épais que les bancs calcaires bioclastiques.
7. La richesse en faune benthique est élevée dans cet intervalle (FBV), et faible dans les niveaux qui l'encadrent.

IV. Conclusion :

Le niveau FBV dans la coupe du km 30 est représenté par une alternance de 10,80 m d'épaisseur, constituée de ; i) marnes grise en combs décimétriques à 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 goniates), iii) des grès beiges souvent à trilobites.

Cette faune classique de la Saoura est d'âge Emsien supérieur.

Chapitre III
MICROFACIES

I. Introduction :

L'étude sédimentologique est réalisée dans notre travail sur la base de la définition et interprétation des faciès. Les données sédimentologiques utilisées pour la détermination des faciès sont : la lithologie, les éléments figurés, la texture, l'épaisseur des bancs, la géométrie et le contenu paléontologique. Chaque faciès est interprété en terme de la dynamique sédimentaire et du processus de dépôt.

Les roches carbonatées ont été 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. 07) et la classification de Flügel (2010) (Fig.08).

II. 1. La classification de Dunham (1962) (Fig.07) :

S'intéresse beaucoup plus sur l'arrangement des constituants au moment du dépôt, qu'à 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 (inférieure ou supérieure à 10%).

Texture reconnaissable								Texture non reconnaissable	
Les éléments ne sont pas liés pendant le dépôt					Les éléments liés organiquement pendant le dépôt				
Existence de la boue		Grains jointifs	Absence de la boue, et grains jointifs	>10% de grains > 2 mm		Boundstone Peut être subdivisé en trois types			
Grains non jointif	Grains jointifs			Support par la matrice	Support par des éléments >2 mm				
<10% de grains	>10% de grains					Par des organisme qui s'organisent comme des cloisons	Par des organismes incrustés	Par des organisme construisant des tests épais	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	

Fig. 07 : Classification de Dunham (1962), complétée par Embry & Klovan (1971).

I. 2. La classification de Flügel (2010) (Fig.08) :

L'interprétation des milieux de dépôt a été établie à partir de la définition des faciès, des microfaciès et de leurs associations. Les faciès ont été subdivisés en unités de composition similaire, correspondant à des environnements de dépôt spécifiques selon le modèle de Flügel (2010). Cela exige d'intégrer les données des microfaciès des roches carbonatées : lithofaciès (texture et composition) et biofaciès (contenu fossilifère). Le but étant de définir les types de microfaciès (Microfacies Types ou MFT) présents dans le secteur étudié et les comparer aux types de microfaciès rampe (*Ramp microfacies type* ou *RMF*) établis par Flügel (2010) afin de définir un milieu de dépôt spécifique.

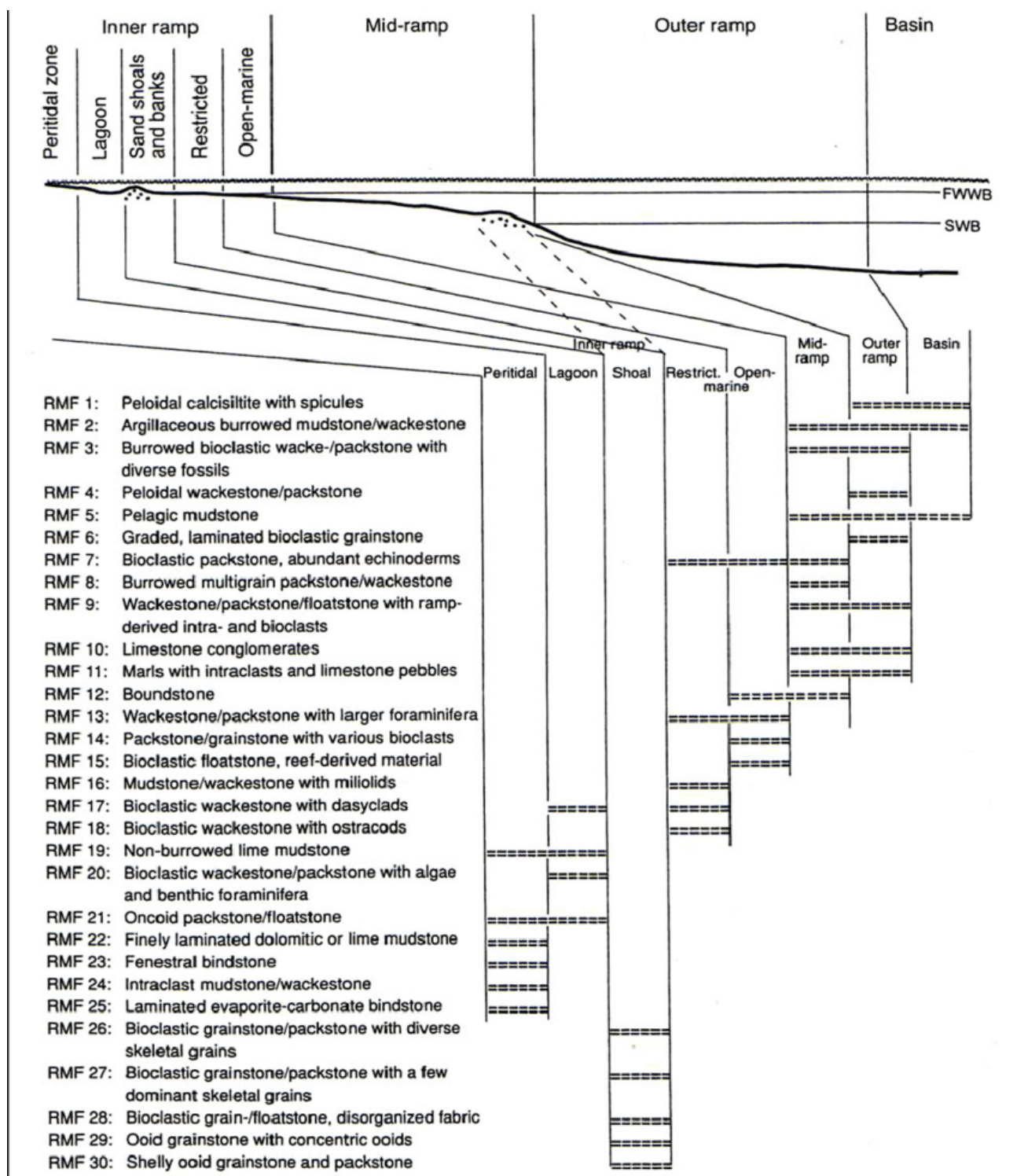
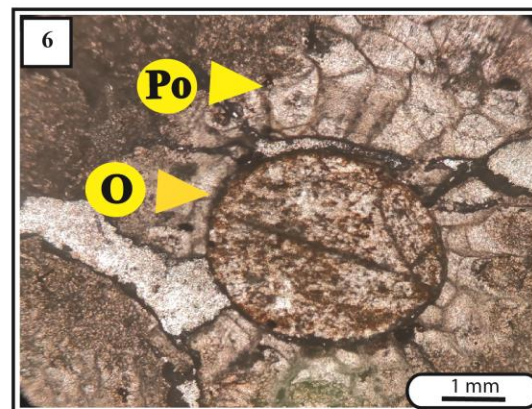
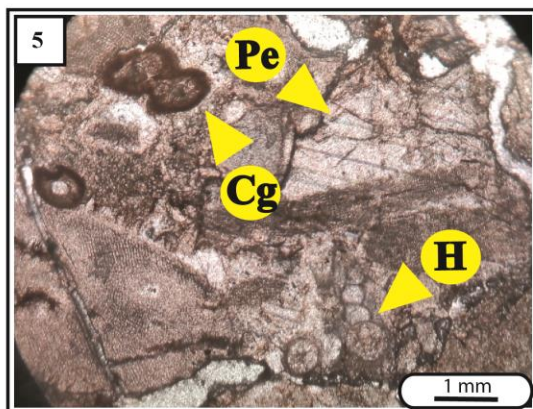
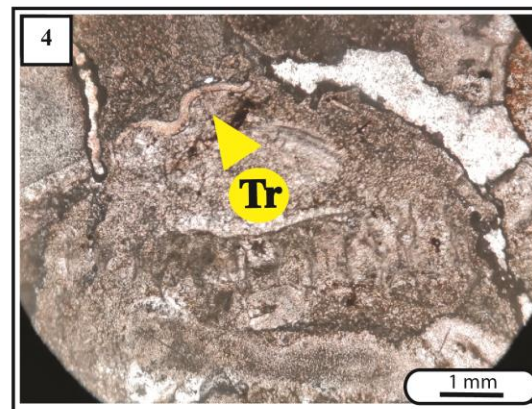
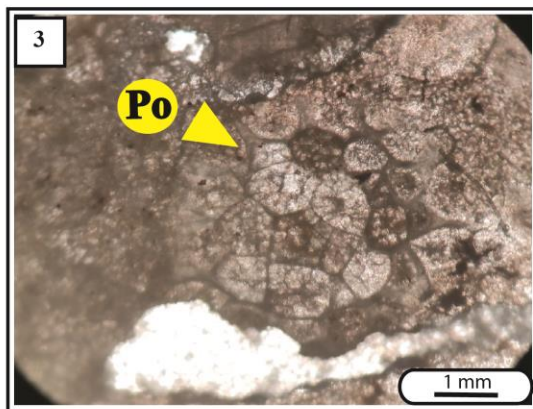
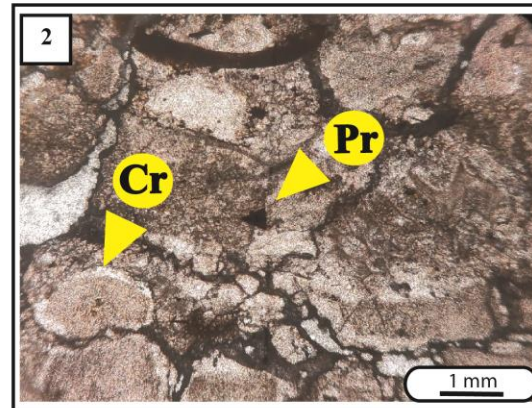
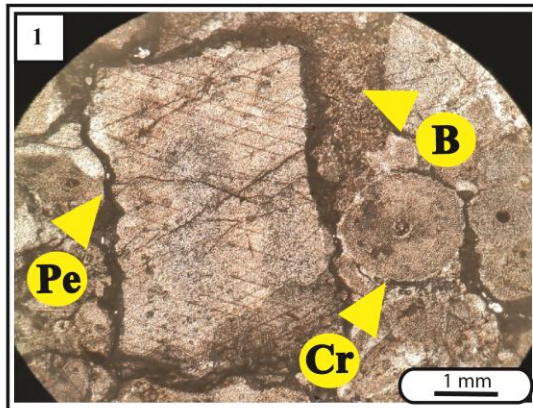


Fig. 08 : Types de microfaciès (Ramp microfacies type) Flügel (2010).

III. Analyse Microfaciès :

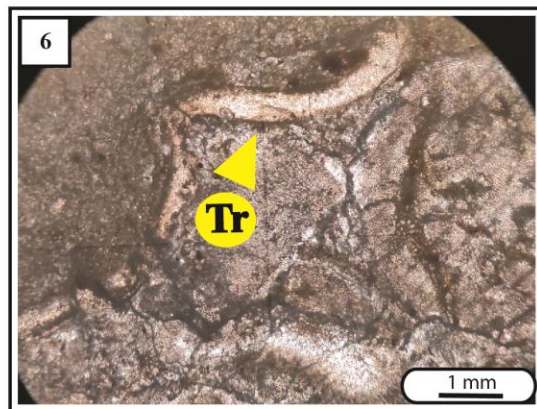
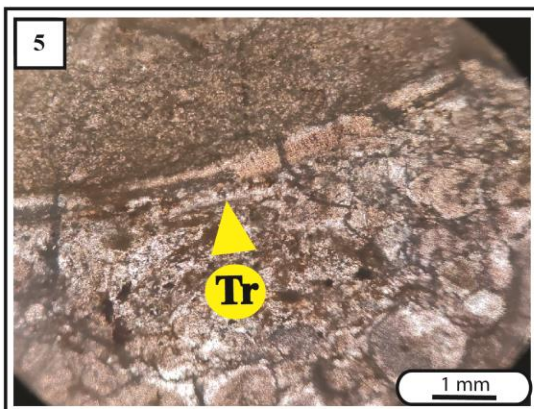
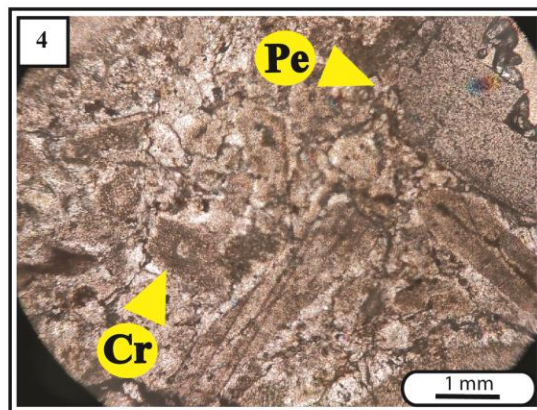
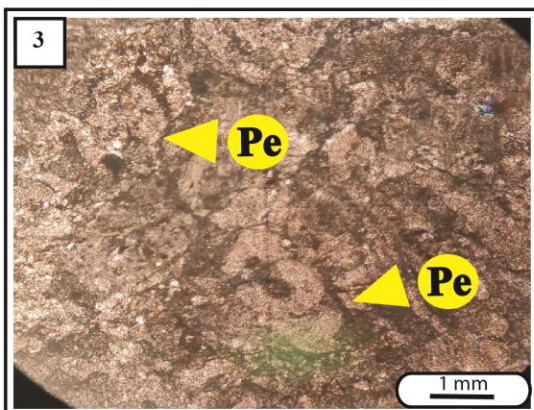
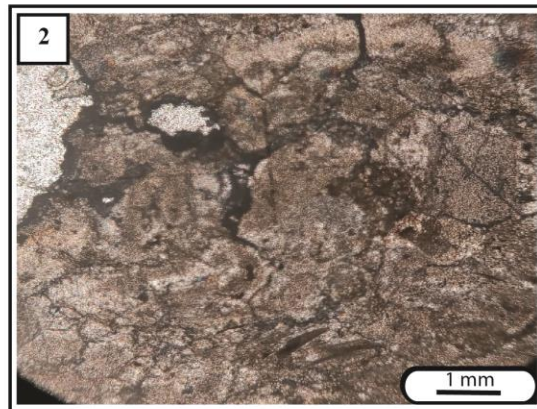
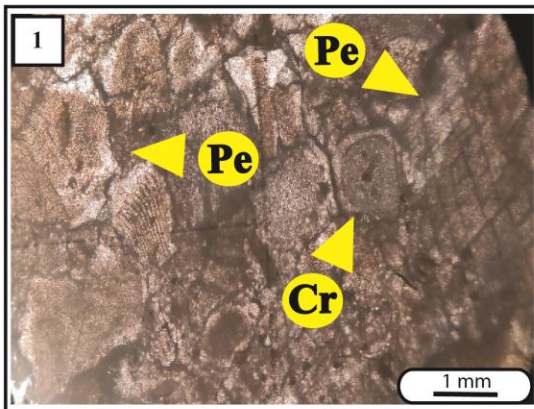
L'analyse microscopique nous a permis d'identifier les microfaciès figurés sur les planches suivantes :

PLANCHE 03 : Lame 01



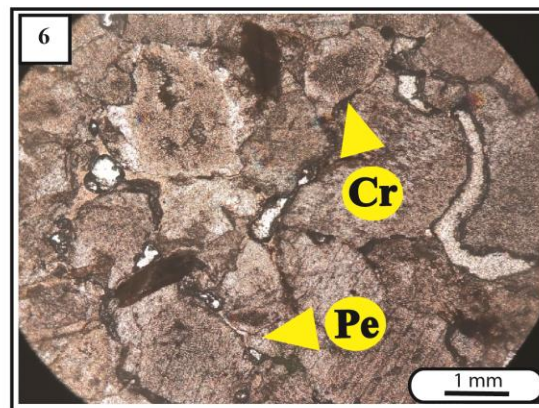
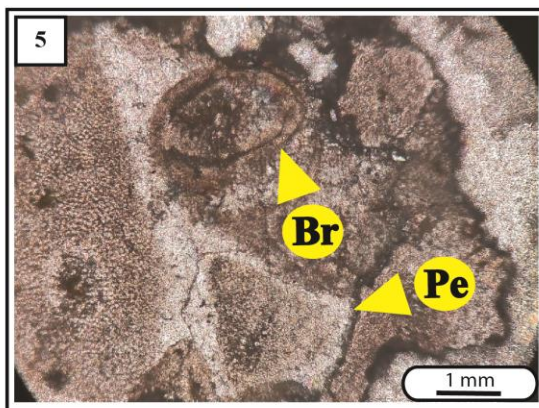
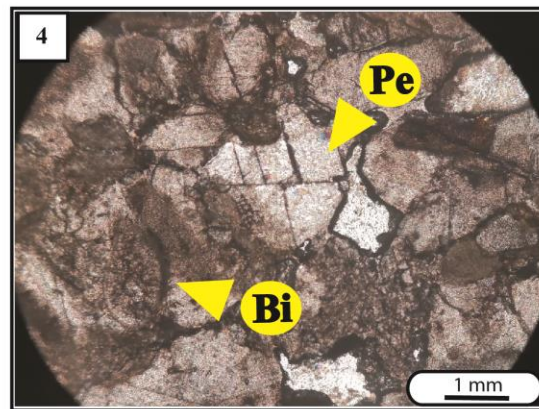
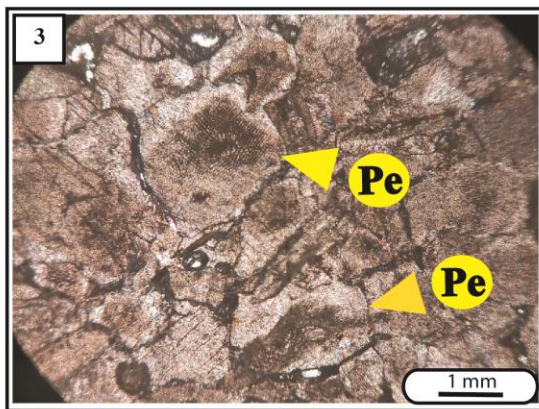
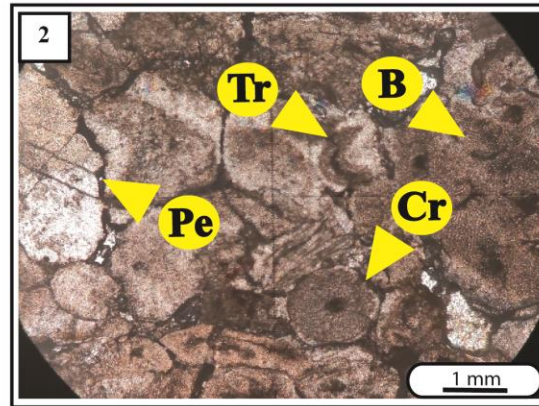
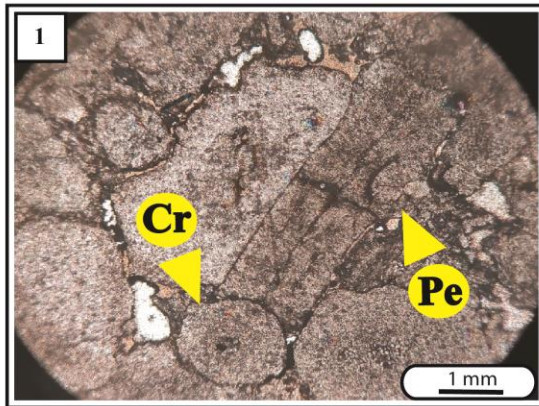
1 : Plaque d'échinoderme (Pe) avec 2 plans de clivage de la calcite, et articles de crinoïdes (Cr), ciment de micrite grise, biomercrite (B) de texture packstone; 2 : Plaques des crinoïdes à bordures corrodées, avec trace de compaction (en zigzag), ciment micritique (micrite grise) et présence de pyrite (Pr); 3 : Section de polypier (Po); 4 : Section de trilobite (Tr); 5 : Plaques d'échinodermes et algues (Halysis) (H) avec "coated" grains (Gg); 6 : Sections de polypier (Po) et orthocère (O).

PLANCHE 04 : Lame 02



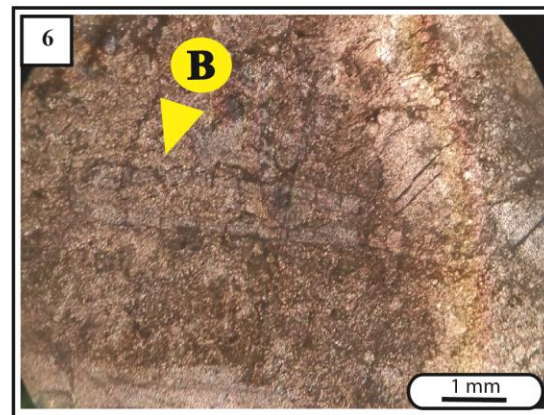
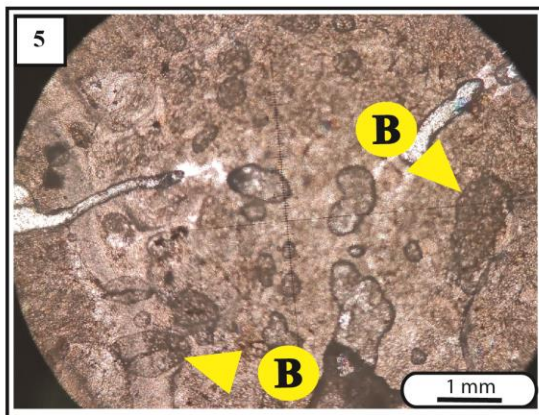
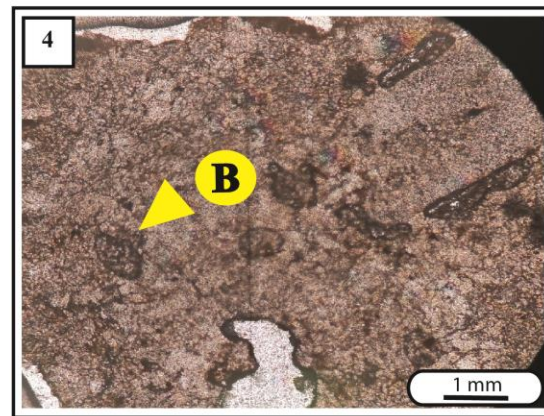
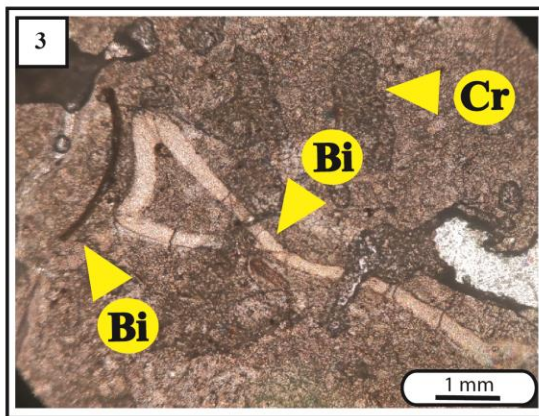
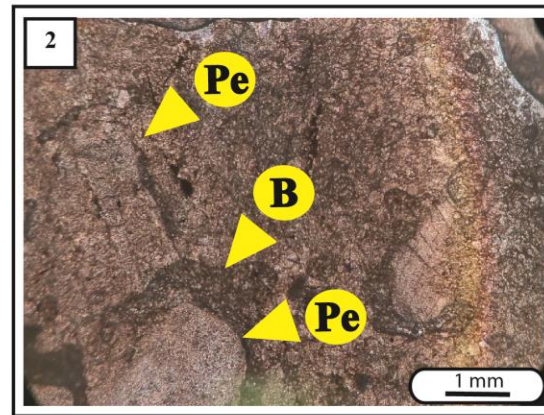
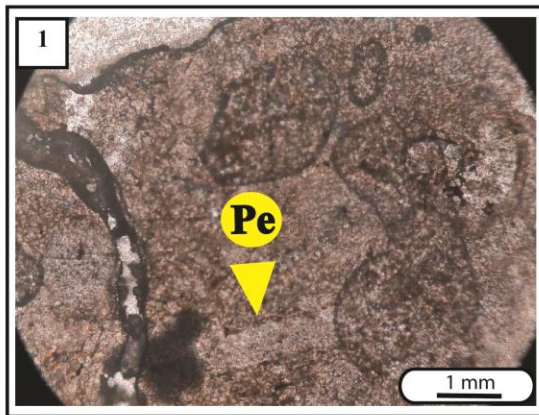
1 : Plaques d'échinodermes (Pe) avec 2 plans de clivage de la calcite, et articles de crinoïdes (Cr) à ciment de micrite grise, de texture packstone, bordures corrodées, avec légère dolomitisation;
 2 : Plaque dolomitisée; 3 : Plaques d'échinodermes (Pe) à bordures de micrite, et dolomitisation avancée; 4 : Plaque d'échinodermes (Pe) et articles de crinoïdes (Cr), bordures à des bioclastes en micrite ; 5 et 6 : idem avec section de Trilobite (Tr) vers le haut de la lame.

PLANCHE 05 : Lame 03



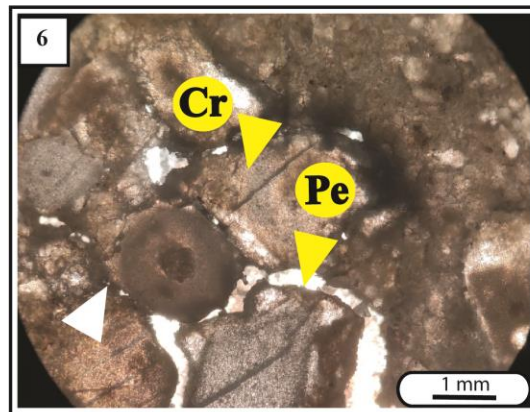
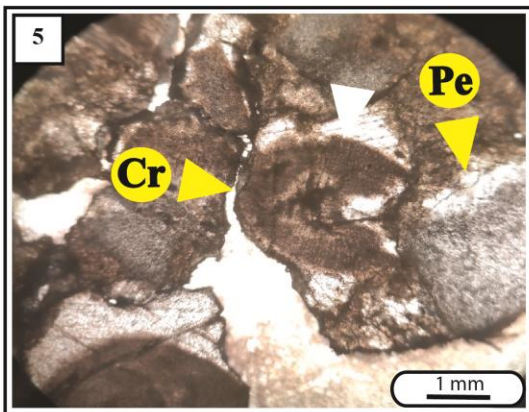
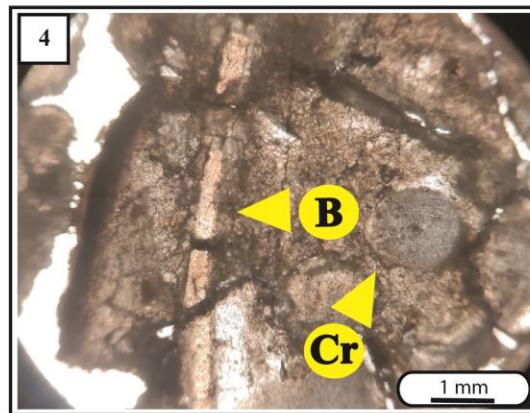
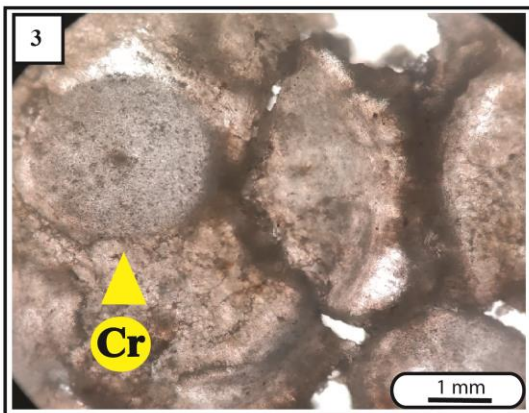
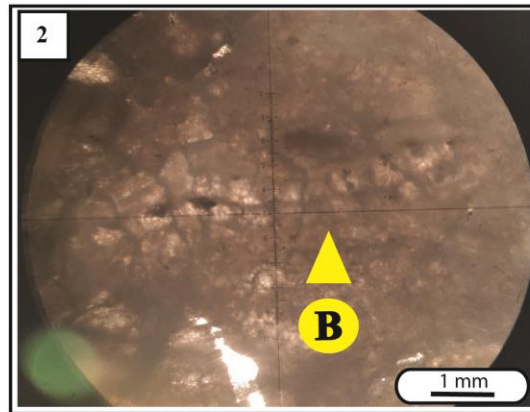
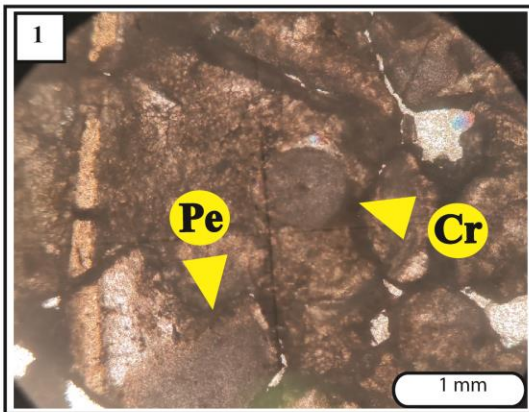
1 : Plaque d'échinoderme (Pe), et articles de crinoïdes (Cr), jointive de texture packstone; 2 et 3 : Plaque d'échinoderme (Pe) avec un plans de clivage de la calcite, articles de crinoïdes (Cr), à bordures corrodées, avec trace de compaction (en zigzag), et fragment de trilobite (Tr), ciment micritique, biomcrite (B); 4, 5 et 6 : Plaque d'échinoderme (Pe), et articles de crinoïdes (Cr) à bordures corrodées, section de bivalve (Bi), et section de brachiopode (Br).

PLANCHE 06 : Lame 04



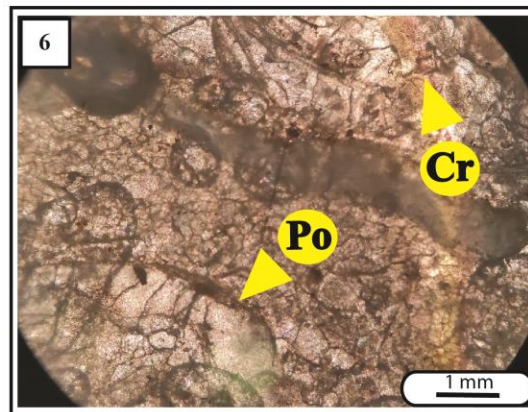
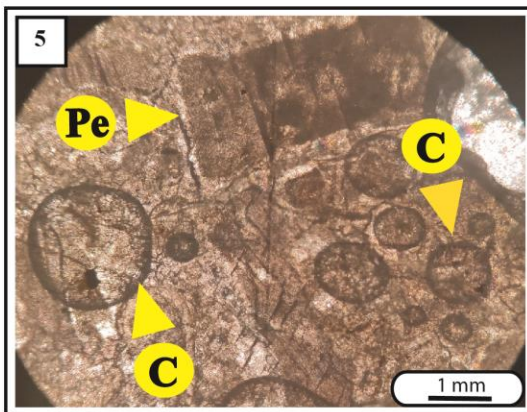
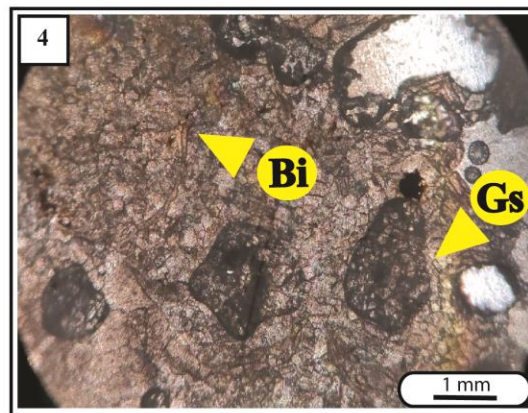
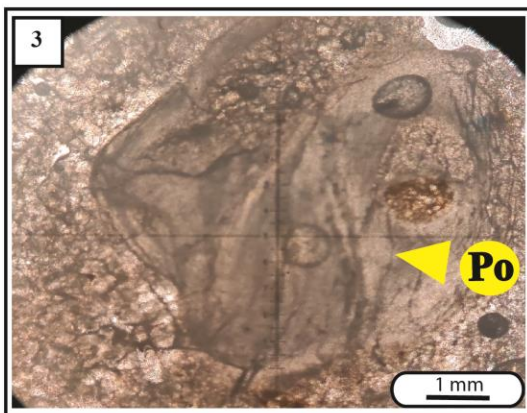
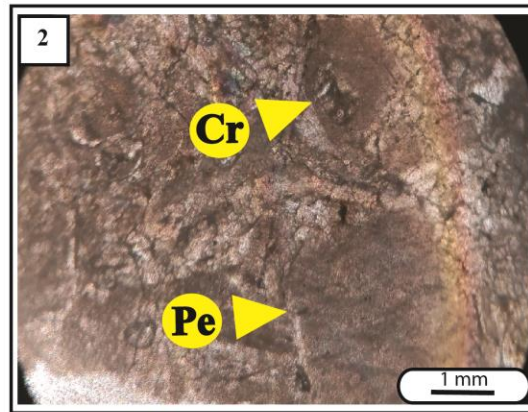
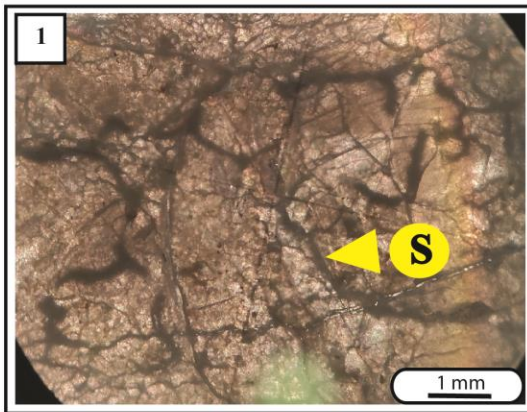
1 et 2 : Plaque d'échinoderme (Pe), ciment de micrite grise, biomcrite (B) de texture wackestone, avec dolomitisation; 3 : Plaques et articles de crinoïdes dolomitisés, avec section de bivalve à perforation par un terrier; 4, 5 et 6 : dolomitisation avancée.

PLANCHE 07 : Lame 05



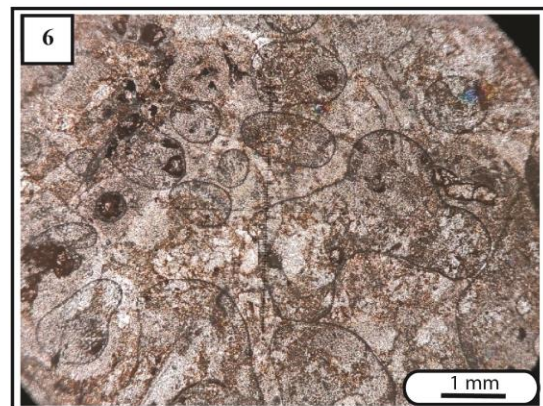
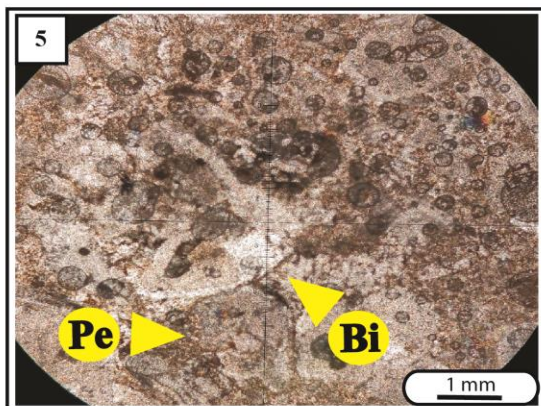
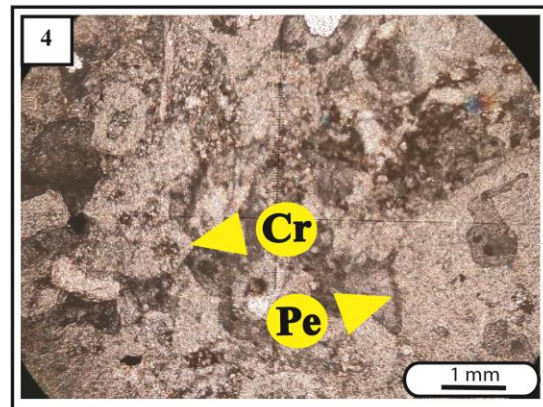
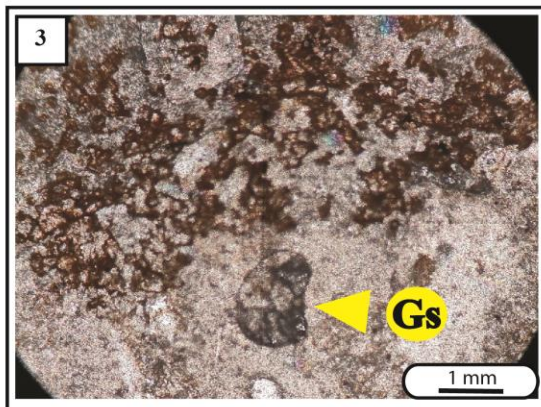
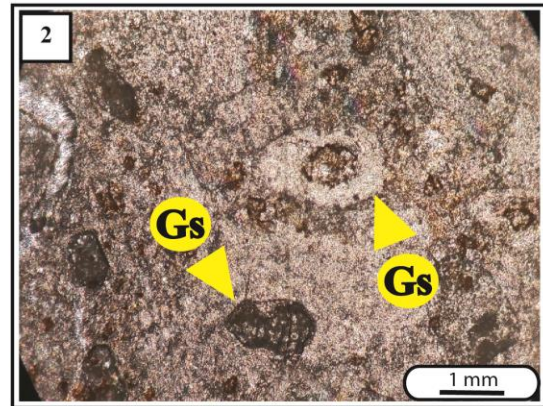
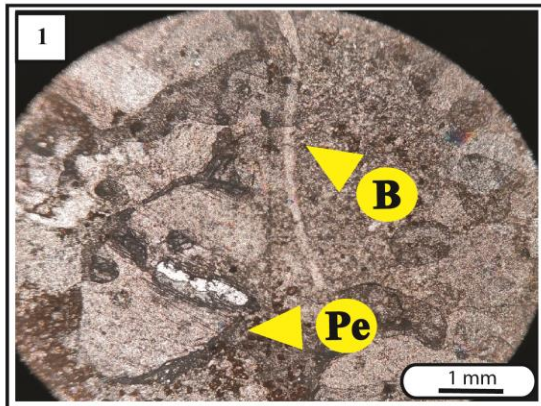
1 : Plaque d'échinoderme (Pe) et articles de crinoïdes (Cr) avec ciment micrite grise, porosité inter granulaire, texture packstone; 2 : Calcaire micritique à fantômes de bioclastes; 3 : Articles de crinoïdes (Cr) entourées par la micrite grise, porosité inter granulaire; 4, 5 et 6 : Idem et en plus Plaque d'échinoderme (Pe).

PLANCHE 08 : Lame 06



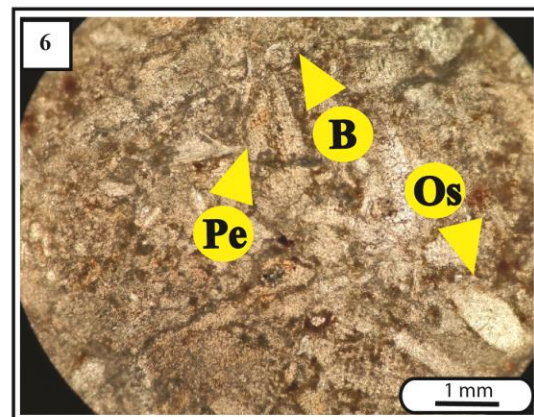
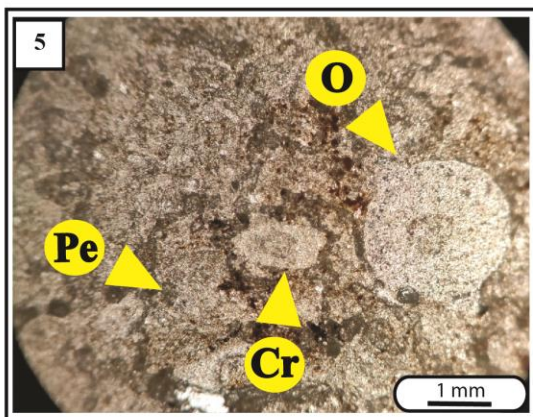
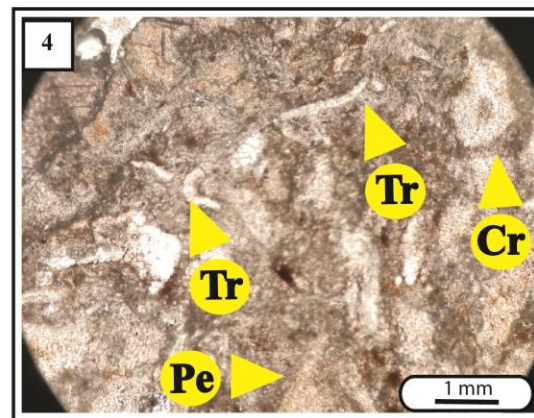
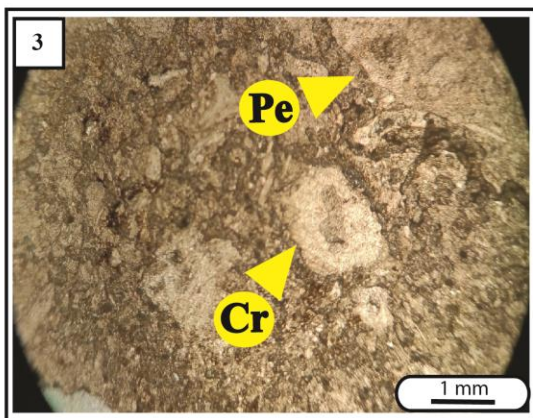
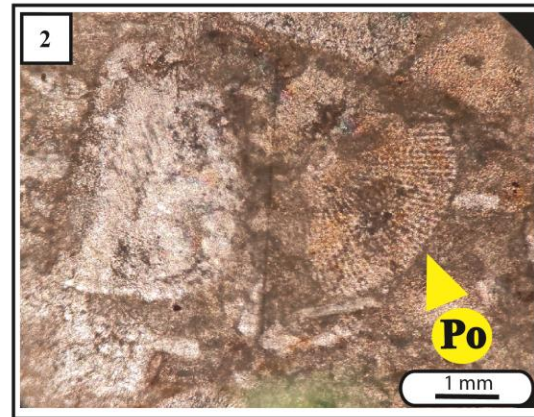
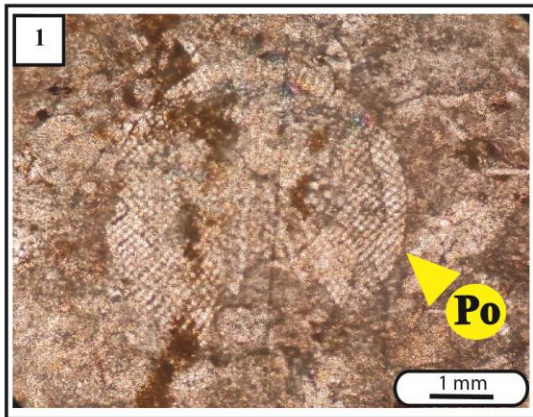
1: Plage dolomitisée avec des stylolites (S) remplée par ciment de micrite grise; 2 : Plaque d'échinoderme (Pe), articles de crinoïdes (Cr), bordures à des bioclastes en micrite, et dolomitisation avancée, de texture packstone; 3 : section de polypier (Po), bordures de micrite, et dolomitisation avancée; 4 : Section de gastéropode; 5 : Plaque d'échinoderme (Pe), et des coraux (C) partiellement dolomotisé; 6 : Articles de crinoïdes (Cr), et section de polypier (Po).

PLANCHE 09 : Lame 07



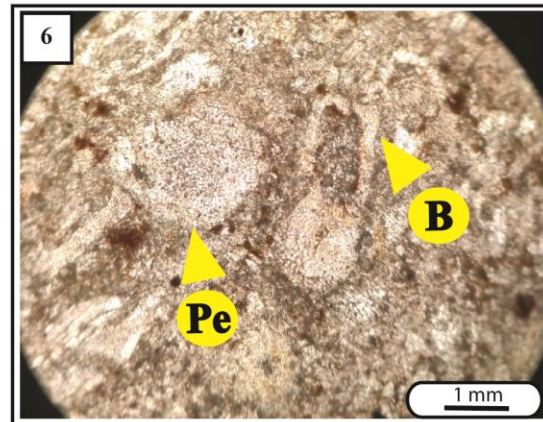
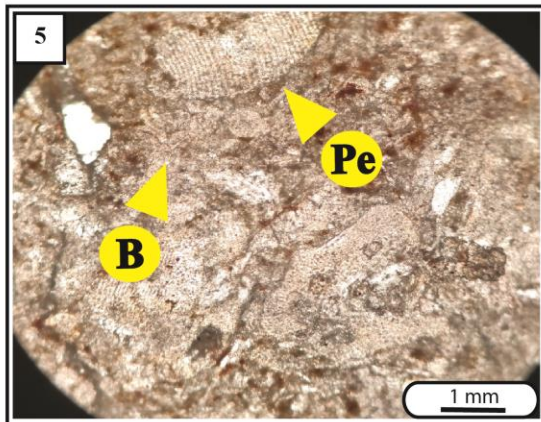
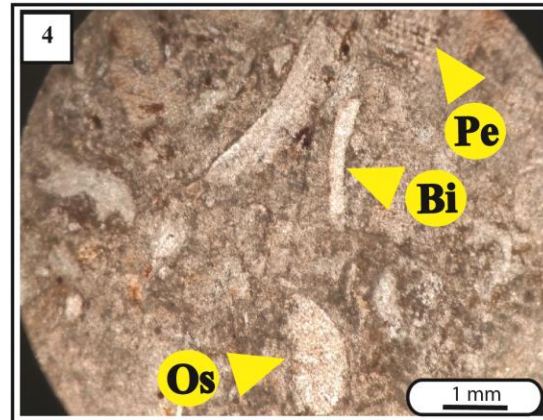
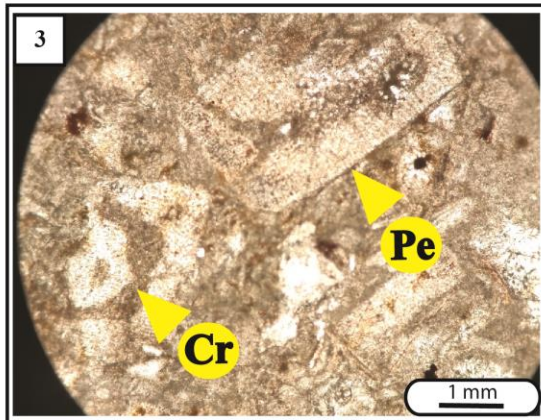
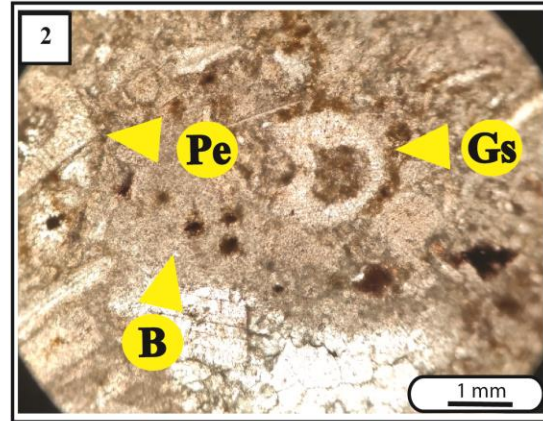
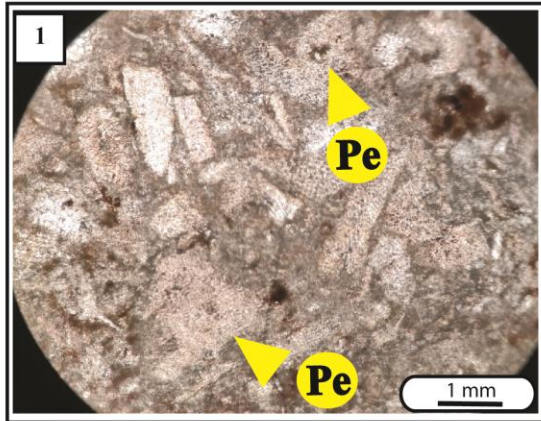
1 : Plaque d'échinoderme (Pe), bordures à des bioclastes (B) en micrite, de texture wackestone avec légère dolomitisation; 2 et 3 : Section des gastéropodes (Gs) entourées par la micrite grise, avec dolomie ferruginase (Ankerite); 4 : Plaque d'échinoderme (Pe), articles de crinoïdes (Cr), bordures à des bioclastes en micrite, 5 : Plaque d'échinoderme (Pe), et section de bivalve (Bi); 6 : Plage dolomitisée.

PLANCHE 10 : Lame 08



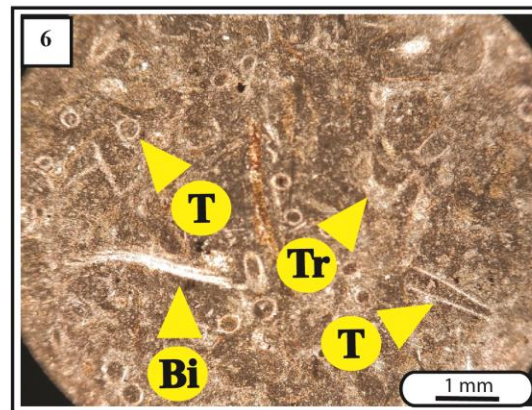
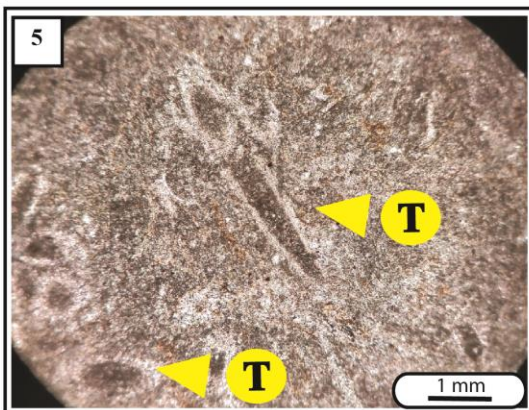
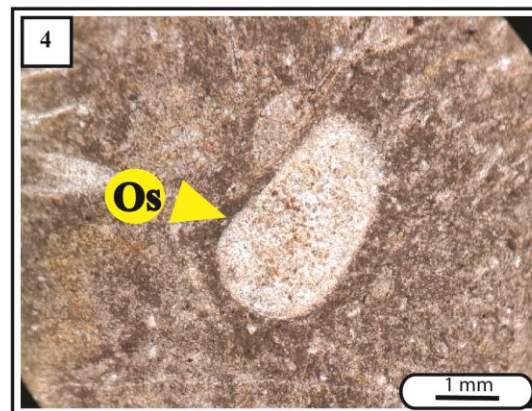
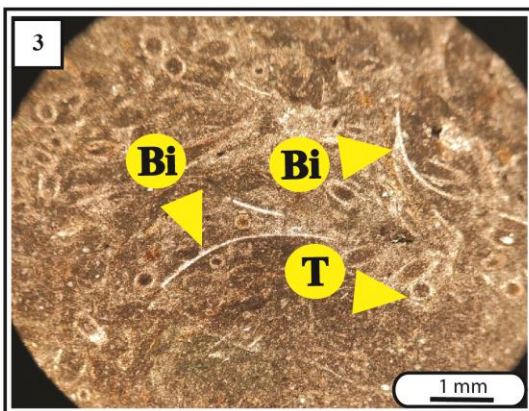
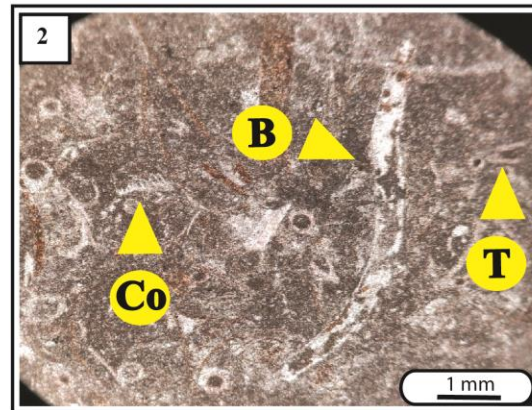
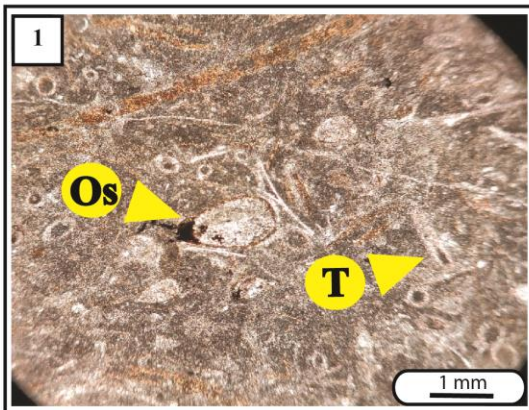
1 et 2 : Section de polypier (Po), entourées par la micrite grise, de texture wackestone, et légère dolomie ferruginase 3 : Plaque d'échinoderme (Pe), et articles de crinoïdes (Cr), ciment de micrite grise, biocrinite (B); 4 : Plaque d'échinoderme (Pe), articles de crinoïdes (Cr), et fragments des trilobites (Tr); 5 : Plaque d'échinoderme (Pe), articles de crinoïdes (Cr), et section d'orthocère, bordures à des bioclastes en micrite; 6 : Plaque d'échinoderme (Pe), section d'ostracode (Os), et des bioclastes (B)

PLANCHE 11 : Lame 09



1 : Plaque d'échinoderme (Pe), et articles de crinoïdes (Cr), ciment de micrite grise, biomicrite (B) de texture packstone; 2 : Plaque d'échinoderme (Pe), et section de gastéropode (Gs), ciment de micrite grise, avec légère dolomie ferruginase (Ankerite); 3 : Plaque d'échinoderme (Pe) à bordures de micrite, et articles de crinoïdes (Cr), bordures corrodées, 4 : Plaque d'échinoderme (Pe) avec 2 plans de clivage de la calcite, section d'ostracode (Os), et section de bivalve (Bi); 5 et 6 : Plaque d'échinoderme (Pe), à bordures de micrite, et légère dolomie ferruginase (Ankerite).

PLANCHE 12 : Lame 10



1 : Sections des tenticulites (T), et Ostracode (Os), bordure à pyrite avec une ciment de micrite grise, biocrite (B), à texture wackestone à packstone; 2 : Tenticulites (T), section de conodonts (Co) et bioclastes (B) rencontrées; 3 : Bivalves à tests minces, et des section des Tenticulites; 4 : Section d'Ostracode (Os), bordures à des bioclastes en micrite; 5 : Sections des Tenticulites (T) avec ciment de micrite grise; 6 : Sections des tenticulites (T), section de de bivalve (Bi) à test mince et section de trilobite (Tr).

Le tableau suivant résume l'ensemble des microfaciès rencontrés :

Le banc	N° Lame	Texture	Les composants	Ciment
1	N1	Packstone	Plaque d'échinodermes (Pe), Orthocère (O), Polypier (Po), Trilobite (Tr), coated grain (Cg), bioclastes (B), Plaques de crinoïdes (Cr) et algue (Halysis).	Micrite
2	N2	Packstone	Plaque d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïde (Cr), et Trilobite (Tr).	Micrite
3	N3	Packstone	Plaques d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïdes (Cr), Trilobite (Tr), Bivalve (Bi) et Brachiopode (Br).	Micrite
4	N4	Wackestone	Plaque d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïdes (Cr), Bivalves (Bi), bioclastes (B).	Micrite
5	N5	Packstone	Plaque d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïdes (Cr), et bioclastes (B).	Micrite
6	N6	Packstone	Plaque d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïdes (Cr), Polypier (Po), Gastéropodes (Gs), Bivalve (Bi), et Coraux (C).	Micrite
7	N7	Wackestone	Plaque d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïdes (Cr), bioclastes (B), Gastéropodes (Gs) et Bivalves (Bi)	Micrite
8	N8	Wackestone	Plaque d'échinodermes (Pe), Plaques de crinoïdes (Cr), Polypier (Po), Trilobites (Tr), Orthocère (O), Ostracodes (Os) et bioclastes (B).	Micrite
9	N9	Packstone	Plaques d'échinodermes (Pe), Bivalve (Bi), Gastéropodes (Gs), Ostracodes (Os) et bioclastes (B).	Micrite
10	-			
11	-			
12	-			
13	N10	Wackestone Packstone	Tantaculites (T), Bivalves (Bi), Trilobites (Tr), Ostracodes (Os), Conodonte (Co) et bioclastes (B).	Micrite

Tableau 1 : Récapitulation des microfaciès du FBV.

IV. Association de faciès et environnements de dépôts :**IV. 1. 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) proposent un environnement de dépôt de type rampe (au sens de Ahr, 1973 ; Burchette & Wright, 1996) dans sa partie médiane. Cette rampe constitue une variété de plateforme, homoclinale, sans bioconstruction.

Notre contribution se veut de préciser les types de microfaciès standards (*Standard Microfacies Types SMT*) présents dans le FBV de la coupe du « km 30 » et proposer une appréciation bathymétrique de ce niveau particulier riche en faune benthique afin de comprendre sa signification par rapport aux assises qui l'encadrent.

Limam *et al.* (2021) ont signalé la prédominance des *Zoophycos* et accessoirement les *Chondrites* dans le FBV et ont proposé un ichnoassemblage de la rampe médiane.

La faune présente est dominée par les formes benthiques par ordre décroissant : Tabuler et rugueux, Crinoïdes (tiges et articles), Brachiopodes, Trilobites et Gastéropodes ; de rares goniatites peuvent éventuellement être récoltées. Il s'agit d'une association de type *Heterozoan*, et donc aphotique.

IV. 2. Association de faciès :**A. MF1. Wackestone à plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes :**

Microfaciès des niveaux N 4, 7 et 8 ; il est composé par 20 à 30 % de plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes ; ces plaques arrondies, parfois sub-arrondies, et rarement de forme rectangulaire à (à bordure corrodée), avec trace de compaction, de taille (1 à 4 mm) et non jointifs. Nous avons aussi remarqué la présence d'une algue rapportée à *Halysis*. Le ciment est micritique à microsparitique avec des stylolites remplis par une couleur grisâtre à noirâtre (peut être la matière organique). Ce microfaciès est corrélé par Rampe microfaciès type RMF9- Wackestone/packstone/floatstone with ramp derived intra- and bioclastes de Flugel (2010).

B. MF2. Packstone à plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes :

Microfaciès des niveaux N1, 2, 3, 5, 6 et 9 ; il est composé par 50 à 70% de plaques d'échinodermes et articles de crinoïdes jointifs à non jointifs par endroits ; la forme des plaques est arrondie à subarrondie de taille (1 à 4 mm). Le ciment est micritique. Ce microfaciès est corrélé au *Ramp microfacies type RMF 7 : Bioclastic packstone, abundant echinoderms* de Flugel (2010).

C. MF3. Packston / Wackestone à Tantaculites :

Ce microfaciès caractérise le niveau N10 ; il est composé par 50 à 60% de Tentaculites de différentes tailles (1 à 6 mm), de morphologie arrondie en section transversale, et parfois de forme U avec un fond conique et étroit ; Nous avons remarqué la présence de quelques débris de trilobites, ostracodes, conodontes et bivalves à tests minces. Le ciment est micritique. Ce microfaciès est corrélé au *Ramp microfacies type RMF 7 : Bioclastic packstone, abundant echinoderms* de Flugel (2010).

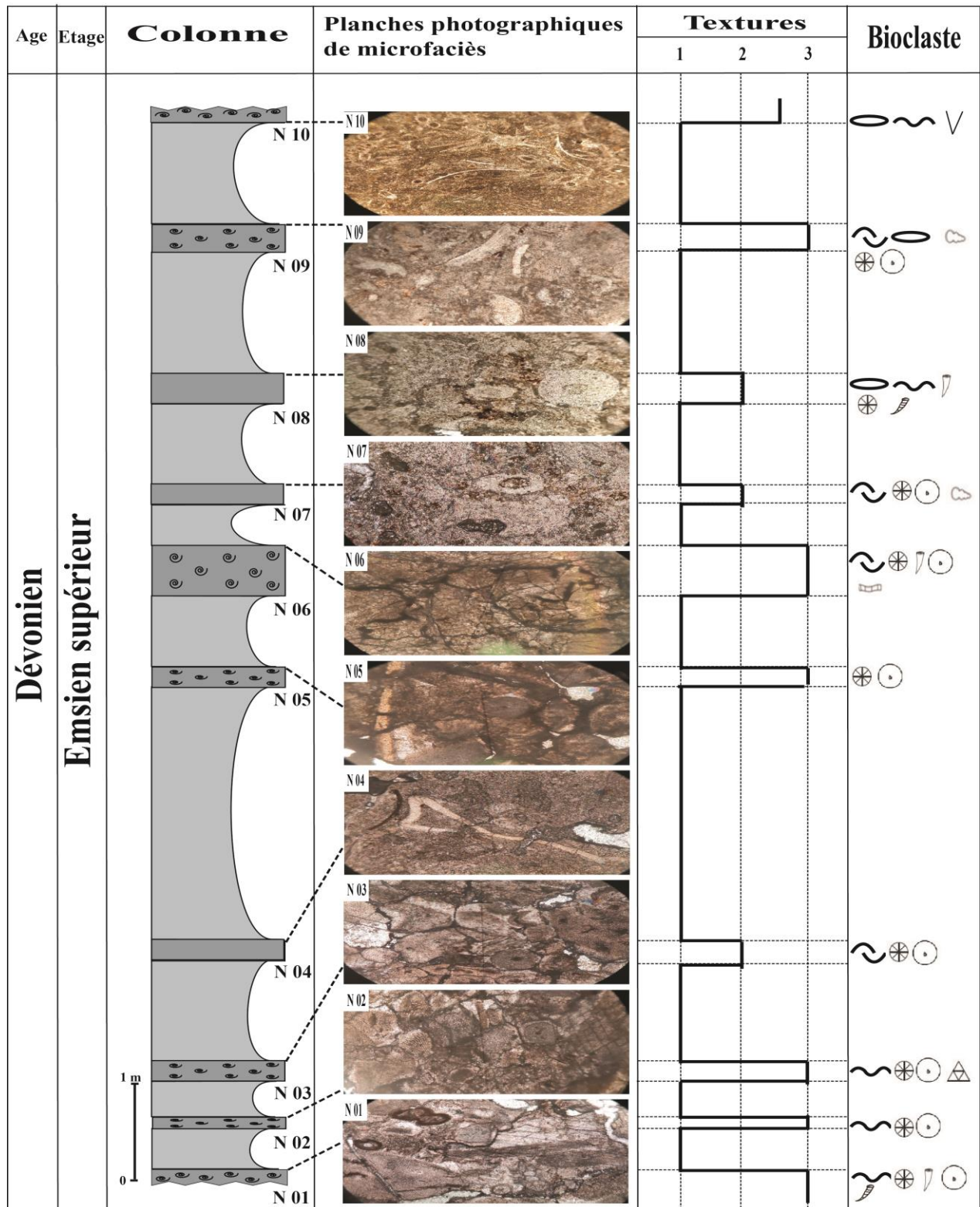

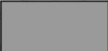



Fig. 09 : Colonne microfaciès de la coupe du FBV au km 30 (1 = marnes ; 2 = wackestone ; 3 = packstone).

La légende:

Les textures

-  *Packstone (3)*
-  *Wackestone (2)*
-  *Marnes (1)*

Les faunes


-  *Bivalve*
-  *Ostracode*
-  *Trilobite*
-  *Plaque d'échinodermes*
-  *Plaques des crinoïdes*
-  *Orthocère*
-  *Polypier*
-  *Brachiopodes*
-  *Gastéropodes*
-  *Tantaculites*
-  *Coraux*

Fig. 10 : Légende des figures et symboles utilisés.

IV. 3. Environnements de dépôts :

L'étude et la description des faciès et microfaciès nous permis de définir deux associations principales ; A traduite par les niveaux N4, N7, et N8, et B traduite par les niveaux N1, N2, N3, N5, N6, N9. Le N10 montre un changement de faciès (packstone à tentaculites).

L'association des faciès A est caractérisée par des texture wackestone avec bioclastes, trilobites, ostracodes, conodontes et bivalves.

L'association des faciès B se compose principalement de textre packestone avec la présence des orthocères et bioclastes à échinodermes.

La texture wackestone indique un faible régime hydrodynamique alors que celle du packestone indique une énergie plus élevée.

Ces faciès alternent avec des marnes à barchiopodes (périodes de décantation, calmes).

Les faciès varient dans le *Ramp microfacies type RMF 7 à RMF9* qui évoluent entre la rampe médiane à début de la rampe externe. Les intervalles mrneux de décantation traduiraient des moments de sédimentation sous la limite d'action des vagues de tempêtes. La résultante place l'environnement de dépôt dans la zone de transition entre la rampe médiane à externe.

Le dépôt de la partie inferieur de la Formation du Cheffar el Ahmer (FBV) est représenté généralement par une alternance (marne-calcaire) et la présence des défferentes faune benthiques (Coreux, bivalves, trilobites) et un faible présence de la faune pélagique s'inscrit dans la zone néritique. Les tentaculite et la faune pélagique (orthocères) sont des éléments fondamentaux qui indiquent un milieu marin ouvert, plus profond tandis que les marnes grise à noire sont des indicateurs d'un environnement calme à périodes de dysoxie.

V. Production carbonatée (carbonate factory) :**V. 1. Définition :**

Les usines de carbonate, ou systèmes de production, sont des associations de carbonates benthiques qui montrent des variations dans leur mode de précipitation dominant, leur composition minérale et leur gamme de profondeur de production ainsi que leur potentiel de croissance (Schlager, 2000).

Le terme usine de carbonate a été introduit pour définir la zone de profondeur étroite où sont produits les carbonates détritiques et les carbonates tropicaux (Tucker & Wright, 1990; James & Kendall, 1992 ; Reading & Levell, 1996). Sur la base du principe de l'usine de carbonate, Schlager (2000) a proposé une subdivision triple des systèmes de production de carbonate benthique, avec l'usine de carbonates planctoniques comme quatrième système. Cette dernière est traditionnellement traitée dans le cadre de la paléo-océanographie. Le concept d'usine de carbonate de Schlager (2000) est basé sur le style de précipitation de carbonate dans les domaines aquatiques : abiotique, biotiquement induite et biotiquement contrôlée (Lowenstam, 1981). Dans cette dernière catégorie, une distinction peut être faite entre les organismes contrôlés par la lumière du soleil (phototrophes) et les organismes contrôlés par les nutriments (hétérotrophes).

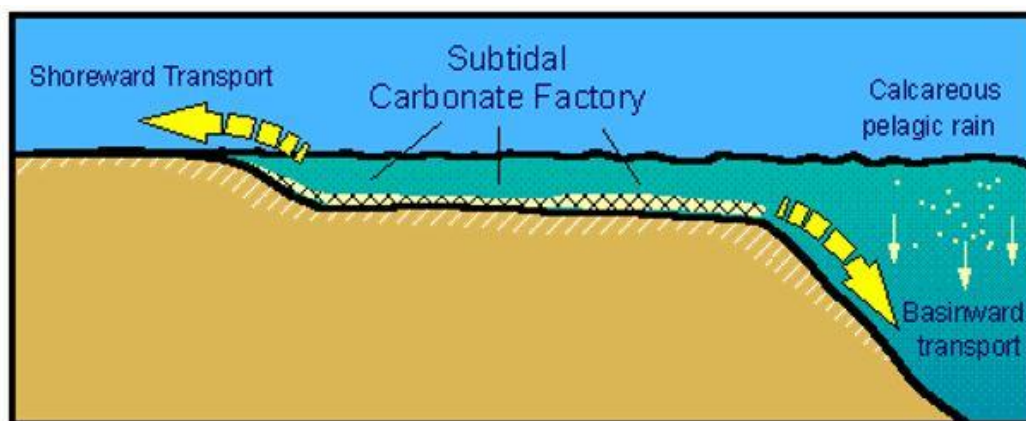


Fig. 11 : Model systèmes de production de carbonate (modifiée par James, 1984).

V. 2. Paramètres environnementaux :

Une série de paramètres environnementaux orientent les différents modes de précipitation du carbonate. Le mode abiotique est normalement rencontré dans les milieux aquatiques marins et d'eau douce. La différenciation trouvée dans le mode de précipitation contrôlée biologiquement est contrôlée par une série de facteurs environnementaux qui entraînent des variations environnementales, dont les facteurs les plus importants sont: la lumière, la température, les nutriments et la salinité. Ces facteurs fixent les limites pour les styles de précipitation carbonatée et les profils de production de sédiments, mais aussi pour la production et la distribution de sédiments. En conséquence, le développement morphologique global du système carbonaté est lié à la dominance de facteurs spécifiques.

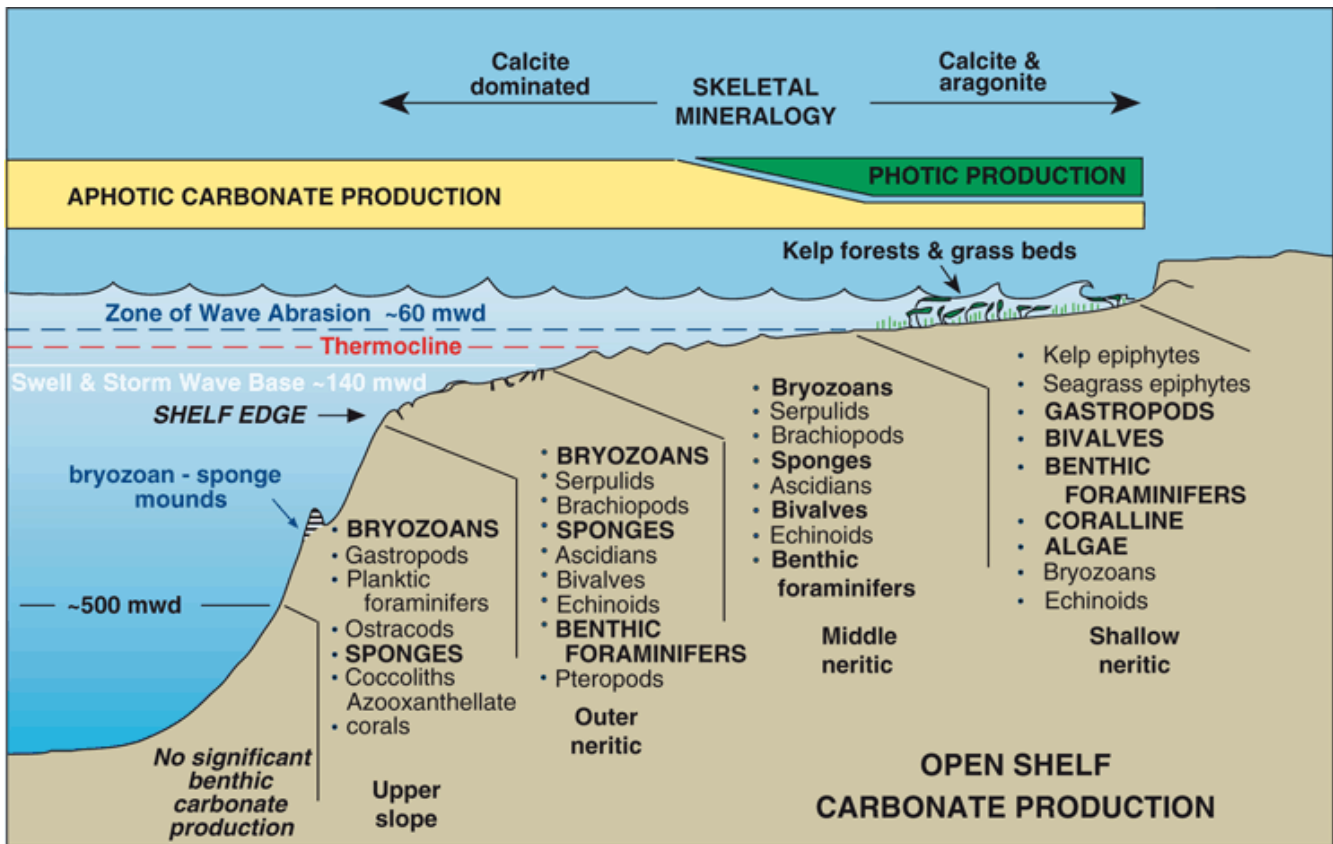


Fig. 12 : L'usine de carbonate néritique.

V. 3. Usine de Carbonate :

Les trois usines principales qui ont été distingués sont :

- (1) T-factory, dans lequel le T est dérivé de tropical ou "hauteur de la colonne d'eau" (Schlager, 2005).
- (2) C-factory, dans laquelle le C signifie eau froide ou précipitations contrôlée.
- (3) Mud-usine, dans laquelle M représente un monticule microbien, de micrite ou de boue (Schlager, 2003 ; 2005).

Une quatrième usine pourrait être distinguée dans les systèmes de récifs d'eau froide qui partagent les caractéristiques de l'usine en T à travers le type de constructeur squelettique dominant par exemple les coraux scléactiniens et avec le type d'usine en C en raison du profil de la profondeur de production et du mode de production de carbonate contrôlé par les nutriments et indépendamment de la lumière.

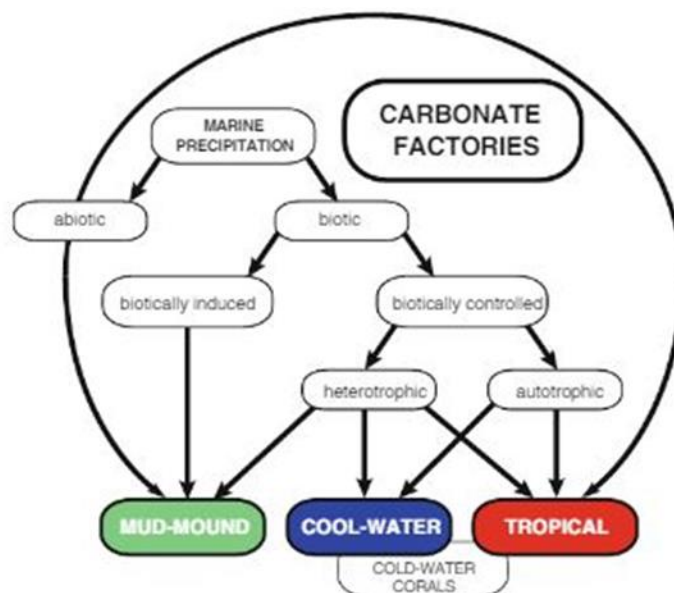


Fig. 13 : Les trois usines principales (Modifiée par Schlager, 2003).

V. 4. L'origine des carbonates dans le niveau de FBV :

L'étude des microfaciès du FBV du km 30 montre une prédominance de calcaires bioclastiques à textures packstone à wackestone, ciment micritique, et abondances de faune benthique. Aucune structure de tempêtes ou de litages d'indices de haute énergie n'ont été observés dans ce niveau. La présence de Tétracoralliaires et rugueux n'ont pas permis de véritables bioconstructions (Ouali Mehadji et al., 2004 ; 2011). Il s'agit de bio-accumulation, et correspondraient soit à des tempestites distales ou à une autre forme de bioaccumulation. La présence de *Zoophycus* implique une exploitation de nutriments par des formes détritivores (intervalles marneux) dans la tranche médiane d'une rampe (Limam *et al.*, 2021). Cette alternance de phases à coquilles et de phases boueuses (marnes) traduit une position offshore-transition. Dans les cycles de haute fréquence cette alternance est du 5^o ordre (Haute Fréquence) modulée par les précessions des équinoxes au Dévonien (Ouali Mehadji et al., 2011). Le maintien de la production carbonatée est sensible le long de la biozone à *Patulus* (au moins 1 million d'années).

Cette faune, présente dans le FBV est hétérotrophe ; notons que nous n'avons pas trouvé des traces de faune ou flore autotrophe (même après lavage des marnes). La seule microfaune rencontrée est représentée par les chitinozoaires (Boumendjel et al., 1997), les conodontes (Göddertz, 1987 ;

Tandjaoui, 2014), ostracodes (Casier, 1983 ; Maillet et al., 2013) ou encore des tentaculites ; toute cette microfaune n'est pas autotrophe.

En absence d'analyse géochimiques, il est difficile de déterminer l'origine du carbone du radical carbonate (CO₃) qui est lié à cette production carbonatée en relation directe avec la prolifération de la faune benthique. Pour Ouali Mehadji et al. (2004), il s'agit d'un niveau majeur de premier ordre qui souligne une transgression marine sur toute la plateforme saharienne au passage Dévonien inférieur-Moyen. Cette production carbonatée liée à la faune benthique correspondrait au C-factory, en position médiane, à offshore-transition, et donc vers la transition à la rampe distale en construction. La position paléogéographique de la faune saharienne constitue un stock méridional de la faune « *Old Realm* » de Boucot (1971), et se situe entre 30°S à 60°S (Penn-Clark & Harper, 2020 ; Abbache et al., 2021) constituant le stock nord saharien (Racheboeuf, 1990).

CONCLUSION
GENERALE

Le travail effectué dans le niveau à faune benthique variée (FBV) du km 30 d'âge Emsien terminal (Dévonien inférieur). Ce niveau marque le début de la Formation du Cheffar El-Ahmar. Notre étude a été réservée à l'analyse lithologique, sédimentologique (microfaciès) pour la caractérisation des différents microfaciès selon le concept du « *Standar Microfaces Type* » (SMT) de Fügel (2010) et l'identification de l'environnement de dépôt de ce niveau FBV.

Sur le plan lithostratigraphique:

Le niveau FBV dans la coupe du km 30 est représenté par une alternance de 10,80 m d'épaisseur, constituée de :

- Bancs des calcaires bioclastiques qui passent latéralement à des bancs irréguliers, parfois pseudo-noduleux, riches en faune benthique (Brachiopodes, tiges et articles de crinoïdes, polypiers, trilobites, gastéropodes et bivalves) et une faune de necton (orthocères et goniatites).
- Bancs de grès beige, friables, qui montrent surtout une richesse en trilobites.
- Combes de marnes, grise, décimétriques à métriques.

Sur le plan sédimentologique:

Nous avons réalisé la description de dix lames minces pour caractériser les microfaciès. L'analyse microscopique montre une prédominance de calcaires bioclastiques (biomicrite), à textures packstone à wackestone, à ciment micritique, et abondances débris de faune benthique.

Deux associations de microfaciès principaux sont identifiés (associations A et B).

L'association des faciès A est caractérisée par des texture wackestone avec bioclastes de trilobites, ostracodes, conodontes et bivalves.

L'association des faciès B se compose principalement de texture packstone avec présence des orthocères et bioclastes à échinodermes.

La texture wackestone indique un faible régime hydrodynamique alors que celle du packstone indique une énergie plus élevée.

Ces associations sont corrélées au *Ramp microfacies type RMF 7 et RMF 9*, qui se situent entre la rampe médiane à début de la rampe externe.

Finalelement le dépôt de la partie inférieure de la Formation du Cheffar el Ahmer (FBV) est représentée généralement par une alternance (marne-calcaire) et la présence de débris de différentes faune benthique (Coreux, bivalves, trilobites) et un faible présence de la faune pélagique.

Synthèse :

Le niveau à faune benthique variée (FBV) dans le secteur du km 30 (ou Marhouma) dans les monts d'Ougarta est formé d'une alternance marno-calcaire qui marque la base de la Formation du Cheffar El Ahmar d'âge Emsien terminal.

La faune benthique est représentée par des brachiopodes, des tiges et articles de crinoïdes, des polypiers, des trilobites, quelques rares gastéropodes et bivalves, et une faune de necton (orthocères et goniatites). Ce niveau marque l'installation des dépôts carbonates connus Durant le Dévonien moyen sur toute la plateforme saharienne (Fabre, 1976 ; 2005 ; Ouali Mehadji *et al.*, 2004 ; 2011). Il s'agit d'un niveau majeur soulignant une transgression marine globale.

L'absence d'analyse géochimique ne nous permet pas de déterminer l'origine du carbone du radical carbonate (CO₃) qui est lié à cette production carbonatée en relation directe avec la prolifération de la faune benthique. Pour Ouali Mehadji *et al.* (2004), il s'agit d'un niveau majeur de premier ordre qui souligne une transgression marine sur toute la plateforme saharienne au passage Dévonien inférieur-Moyen. Cette production carbonatée liée à la faune benthique correspondrait au C-factory, en position médiane, à offshore-transition, et donc vers la transition à la rampe distale en construction. La position paléogéographique de la faune saharienne constitue un stock méridional de la faune « *Old Realm* » de Boucot (1971), et se situe entre 30°S à 60°S (Penn-Clark & Harper, 2020 ; Abbache *et al.*, 2021) constituant le stock nord saharien de Racheboeuf (1990).

Le contrôle de ce niveau semble être eustatique (precession des équinoxes au Dévonien (Ouali Mehadji *et al.*, 2011) par contre une influence hydrothermale a été proposée par Limam *et al.* (2021) corrélée à un événement magmatique discret autour de 399 Ma signalé par Mekkaoui (2015). Aucune preuve sédimentologique ne conforte cette hypothèse qui nécessite maintenant des analyses géochimiques des isotopes du Carbone et de l'Oxygène afin de déterminer l'origine et carbone et la température de cristallisation.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES 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.

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

Barrande J. (1865) – Défense des colonies, III: Etude générale sur nos étages G-H., p.367, pl. 2. Prague, Paris. *In* PETTER, 1959.

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.

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.

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.

Besseghier 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.

Bouchemla *et al.* (2021)

Boucot A.J. (1971) - Malvinokaffric Devonian marine community distribution and implications for Gondwana: Anais da Academia Brasileira de Ciências, Vol. 43, suplemento, p. 23–49.

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

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

Burchette, T.P. & Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79: 3-57.

Caisier J. G. (1983) : Les Ostracodes du Frasnien et de la base du Fammeniende la coup» du «km 30» (Saoura, Sahara algérien). *Bull. Soc. belge Géol.*, 91, 4, p. 195-207, 1 Fig.]Tabl., 2 PI, Bruxelles.

Colomb P. & Donzeau M. (1974) : Relation entre kink-bands décamétriques et fractures du socle dans l'hercynien des Monts d'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Tectonophys.*, 24, p. 213- 242.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Donzeau M. (1971)** - Etude structurale dans le Paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Th. Doct. 3ème Cycle, Fac. Sci. Orsay, Univ. Paris- Sud.*
- Donzeau M. (1974)** - L'Arc de l'Anti-Atlas-Ougarta (Sahara nord-occidental, Algérie Maroc). *C. R. Acad. Sci. Paris* 278, pp. 417-420.
- 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.*
- Elhadj H. (2011)** – Etude lithostratigraphique, Environnements et séquences de dépôts des terrains du Dévonien inférieur des coupes du « km30 » (Ougarta) et de Ain Cheikh (Reggane) (Sahara Algérien en Nord-Ouest et central). *Mém. Magist. Univ. Oran*, p. 113, fig. 48, pl. 4.
- Embry, A.F. & Klovan, J.E. (1971)**-Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT: *Canadian Petroleum Geology Bulletin*, v. 19,no. 4; p. 730-781.
- 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.
- Flügel E. (2010)** - Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. *Springer-Verlag, Berlin*, 984 p.
- Göddertz B. (1987)** – Devonische Goniatiten aus SW- Algerien und ihre stratigraphische Einordnung in die Conodonten – Abfolge. *Paläentogr., A.*, 197, 4-6, p. 127-220.
- Gomez Silva *et al.*,1963 ;
- 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*.p108.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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. (1967)** - Nouvelles connaissances acquises sur les limites des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara Algérien. *Mém du B.R.G.M.*, 33, pp 119-137.
- Limam, H., Mehadji, A.O. & Bendella, M. (2021)** - The Chefar El Ahmar Formation (late Emsian-Frasnian Ib) in the Marhouma section (Saoura, Algerian Sahara): insights from ichnology and sedimentology. *Arab J Geosci* 14, 274 (2021).
- Lowenstam, H. A. (1981)** - Minerals formed by organisms. *Science*, **211**, 1126–1131.
- 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.
- Mekkaoui A. (2015)** - Le magmatisme basique de l'axe Damrane-Kahal Tabelbala (Daoura, Monts de l'Ougarta, Sud-Ouest, Algérie): Géologie, Pétrologie, Géochimie et Contexte Géodynamique. Thèse Doctorat d'État Université Oran, 232 (inédit).
- Milne-Edwards H. M. & Haime J. (1858)** - In LE MAÎTRE D., 1952.
- 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. (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., Elmi S., Racheboeuf P. & Mekahli L. (2004)** - Caractéristiques et signification d'un niveau coquillier majeur à brachiopodes, marqueur évènementiel 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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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;

Racheboeuf PR. (1990) - Paléobiogéographie de la marge nord-gondwanienne au Dévonien inférieur et moyen: nouvelles données déduites de l'étude des Brachiopodes Chonetacés. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers. Sciences de la Terre*. 310(11):1481–1486.

Reading, H. G., and Levell, B. K. (1996) - Controls on the sedimentary rock record. In Reading, H. G. (ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3rd edn. Oxford, UK: Blackwell, pp. 5–52.

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.

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.

Tandjaoui-Arif R. (2014) - les canodontes du devonien moyen de la coupe du Km30 (Saoura, Algérie): bioévénements et environnements. *Mem. Magister. Univ. Oran*, 73p.

Tucker, M.E. & Wright, P.V. (1990) - *carbonate Sedimentology*, Blackwell Scientific Publications, Cambridge, Mass.

LISTE DES FIGURES	Page
Fig. 01 : A- Situation géographique de la Chaîne d'Ougarta.	
B- Esquisse structurale de l'Ougarta (Fabre, 1976 <i>in</i> Khaldi 2014)	02
Fig. 02 : Carte géologique des Monts d'Ougarta (Extrait de la carte Géologique Ougarta 1/200 000, modifiée par Berrabeh, 2012).....	03
Fig. 03 : Succession lithostratigraphique du Paléozoïque de l'Ougarta (Gomez Silva <i>et al.</i> , 1963 ; Legrand, 1967 ; Bastien, 1967 ; Donzeau, 1971) (Modifiée).....	04
Fig. 04 : Vue générale sur le trait de coupe du FBV.....	10
Fig. 05 : Colonne lithologique de la coupe du FBV au km 30.....	13
Fig. 06 : Légende des figures et symboles utilisés.....	14
Fig. 07 : Classification de Dunham (1962), complétée par Embry & Klovan (1971).....	18
Fig. 08 : Types de microfaciès (Ramp microfacies type) Flügel (2010).....	20
Fig. 09 : Colonne microfaciès de la coupe du FBV au km 30 (1 = marnes ; 2 = micrite ; 3 = biomicrite).....	34
Fig. 10 : Légende des figures et symboles utilisés.....	35
Fig. 11 : Model systèmes de production de carbonate.....	37
Fig. 12 : L'usine de carbonate néritique.....	38
Fig. 13 : Les trois usines principales.....	39

LISTE DES TABLEAUX	Page
Tableau 1 : Récapitulation des microfaciès du FBV.....	31