



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Faculté de Sciences de la Terre & de l'Univers
Université d'Oran 2
Département de Sciences de la Terre

Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master 2

Option : Géologie des bassins sédimentaires

Thème :

Microfaciès et environnement sédimentaire des calcaires de Sfissifa

(Kimméridgien Supérieur) dans la région d'El Bayadh

(Atlas Saharien centrale, Algérie).

Présenté par : Melle. Dahmani Marwa.

Devant le jury composé de :

- **Président : M.BOUTERFA BOUMEDIENE (MA-A).**
- **Encadreur : M. OUALI MEHADJI ABDELKADER (Professeur).**
- **Examineur : M. MAHBOUBI CHIKH YOUNES (MA-B).**

Année universitaire : 2021/2022

TABLE DE MATIERE

Page

Avant-propos	
Résumé	
Abstract	
CHAPITRE I : GENERALITES	
Introduction	1
I. Généralités	2
I.1. -Cadre géographique général	2
I.2. -Cadre géographique local	2
II. Cadre géologique et structural.....	3
II.1-Cadre géologique général	3
II.2. Cadre géologique local	4
II.3.. Cadre structural de l'Atlas saharien	5
III. But et méthode d'étude	6
IV. Historique des travaux	7
V. Synthèse sur les carbonates (terminologie utilisée et concepts)	8
CHAPITRE II : LITHOSTRATIGRAPHIE	
1-Introduction	16
2- Localisation de la coupe	16
3-Description lithologique de la coupe géologique	18
4-Attribution biostratigraphique	18
CHAPITRE III : DISCRIPTION DES LAMES	
I. Introduction	24
II. Description des lames minces	24
III. Les type de microfaciès (MFT) des calcaires de Sfisifa	48
IV. Conclusion	52
Chapitre IV : CONCLUSION GENERALE	
Conclusion général	55
Liste des figures	56
Référence bibliographique	57

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, et leurs prières tout au long de mes études, et de m'avoir épaulée pour que je puisse compléter mon mémoire de fin d'étude.

A mon âme sœur Ikhlas.

A Mes chers grand-mères Mayma Mebaraka et Messaouda.

Toute Mes vifs remerciements vont à ma famille Dahmani et Bekka pour leurs soutiens tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant les plus chers, et le fruit de votre soutien infailible. Merci d'être toujours là pour moi et plus précisément a Khali Mustapha, sa femme Fairouz et ses petites filles qui m'ont intégré dans leurs petite famille à cœur ouvert.

A tous mes camarades de la promotion, A tous mes amis

Ma source de motivation

A vous chers lecteurs...

À la mémoire de mon cher oncle Hbibbi Allet

Et Cher papa Chakroun.

Marwa...

AVANT PROPOS

Je remercie tout d'abord **Allah** le tout puissant qui ne cesse de me protéger, de m'accorder et de m'avoir donnée le courage de terminer mon mémoire.

La présentation de ce modeste travail m'offre l'occasion d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur **OUALI MEHADJI ABDELKADER**, professeur à l'université d'Oran 2, pour avoir accepté de m'encadrer, qui m'a bien dirigé tout au long de la réalisation de ce mémoire, et m'a accordé de son temps, Je tiens également à le remercier pour l'orientation, a ses nombreux conseils ne m'ont jamais fait défaut, je suis heureuse de lui exprimer ici ma respectueuse reconnaissance.

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude à Monsieur **BOUTERFA BOUMEDIENE**, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de mémoire en Master 2 Géologie des bassins sédimentaires.

Je remercie également **MAHBOUBI CHIKH YOUNES** d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail, mais aussi pour ses discussions scientifiques sur terrain, et ses lames minces qui constituent un outil principal de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du **Département des Sciences de la Terre**.

Un remerciement spécial aux techniciens du laboratoire **Mr. Derbal Wahid** et **Mme. MEROUANE Fatima**, pour l'accueil et au personnel administratif, **Mme. HADJEL Saliha**.

Je tiens à remercier la promotion de **Master 2 GBS 2021/2022**.

En fin, tous ceux qui m'ont encouragé de près ou de loin, **Merci**.

DAHMANI Maroua

Résumé :

La Formation de Sfisifa, d'âge Kimméridgien supérieur, affleure au Djebel Ammour, bien visible à Djebel Er Roken (coupe type), près du village de Sfisifa, 45 km à l'Est de la ville d'El Bayadh. Elle est étudiée ici dans la localité de Laguermi, à environ 09 km au SE d'El-Bayadh.

La formation de Sfisifa est subdivisée en deux membres ; un membre inférieur (08 m) marno-calcaires et un membre supérieur (d'environ 38 m) avec une différence de l'épaisseur des combes marneuses plus développées.

Une étude des microfaciès au niveau des calcaires a été réalisée sur 19 lames minces qui nous ont permis de distinguer différents microfaciès, réunis en trois SMF de rampe carbonatée.

Ces SMF s'organisent en deux méso-séquences transgressives réunies en une séquence d'ordre 3 transgressive. La superposition de cette formation par le complexe continental intercalaire traduit une grande phase de régression.

Mots Clés : El Bayadh ; Kimméridgien supérieur, Microfaciès ; SMF ; Rampe carbonatée

Abstract:

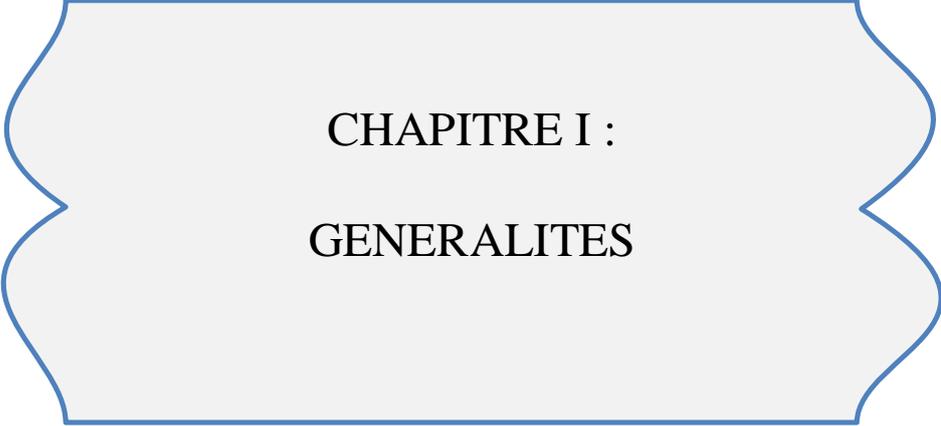
The Sfisifa Formation, of upper Kimmeridgian age, appears in Jebel Ammour, clearly visible at Jebel Er Roken (type section), near the village of Sfisifa, 45 km east of the city of El Bayadh. It is studied here in the locality of Laguermi, about 09 km SE of El-Bayadh.

The Sfisifa formation is subdivided into two members; a lower member (08 m) marly-limestone and an upper member (about 38 m) with a difference in thickness of the more developed marly combs.

A study of the microfacies at the level of the limestones was carried out on 19 thin sections which allowed us to distinguish different microfacies, gathered in three SMF of carbonate ramp.

These SMF are organized in two transgressive mesosequences joined in a sequence of order 3 transgressive. The superposition of this formation by the intercalary continental complex reflects a large phase of regression.

Keywords: El Bayadh; Upper Kimmeridgian; Microfacies; SMF; Carbonate ramp



CHAPITRE I :
GENERALITES

Introduction :

L'Atlas du saharien est circonscrit entre les premiers reliefs qui se développent au Sud des Hautes plaines oranaises et les derniers reliefs à la frange de la plateforme saharienne. Depuis Ritter (1901), cet atlas est subdivisé en trois ensembles de l'Ouest vers l'Est : les monts des ksour (Atlas saharien occidental), le Djebel Amour (Atlas saharien central) et les monts des Ouled Naïl (Atlas saharien oriental) (Mekahli, 1995). A l'Ouest, les affleurements sont dominés par le Jurassique inférieur tandis que vers la partie centrale et orientale, les affleurements sont surtout représentés par des terrains du Jurassique supérieur à Crétacé. Ceci est bien visible par un ensemble de cartes photogéologiques (Galmier et al, 1972) et des travaux de terrain (Bassoulet, 1973 ; Abed, 1982 ; Kazi-Tani, 1986 ; Aït- Ouali, 1991 ; Mekahli, 1998 ; Kacemi, 2013 ; Mahboubi, 2021).

La région d'El Bayadh fait partie de l'Atlas saharien central (ou Djebel Amour). Récemment, une nouvelle nomenclature lithostratigraphique a été proposée par Mahboubi *et al.* (2021) sur la base de repères lithologiques et de niveaux à brachiopodes qui ont fourni des lignes temps

La série du Jurassique supérieur d'El Bayadh est subdivisée en sept formations :

- Formation du Kheneg d'âge Callovien inférieur ;
- Formation de l'Oued El-Bayadh d'âge ? Callovien-Oxfordien inférieur ;
- Formation de Teniet Et-Temar d'âge Oxfordien moyen ;
- Formation de Ksel, Formation de Laguermi, Formation de Boualem d'âge Oxfordien supérieur à Kimméridgien inférieur ;
- et Formation de Sfisifa d'âge Kimméridgien supérieur.

Ces formations lithostratigraphiques proposées sont conformes aux recommandations du guide international de stratigraphie (ISG).

Notre étude est consacrée à l'étude des microfaciès et environnements sédimentaires de la formation des calcaires de Sfisifa d'âge Kimméridgien supérieur.

I. Généralités

I.1. -Cadre géographique général :

Le Nord de l'Afrique est subdivisé en deux domaines séparés par un domaine stable relativement, c'est la Meseta oranaise, le premier se situe au nord c'est la chaîne téllorifaine au nord juxtaposé par le domaine atlasique au sud où l'Afrique du nord se situe entre la Méditerranée et la plate-forme saharienne (**Fig. 1**).

Le Djebel Amour constitue la partie centrale des reliefs bordant la plateforme saharienne au Sud.

Les reliefs sont disposés latéralement en trois grands alignements le long d'un transect N-S :

- Au nord, Djebels Boudaoud et Megress ; Djebel El Beïod, Mekter, Zouireg et Taref;
- Au centre, Djebels Bouderga, Elouastani, Ksel;
- Au sud Djebels Bounokta, Slim, Cherak, Mimouna.

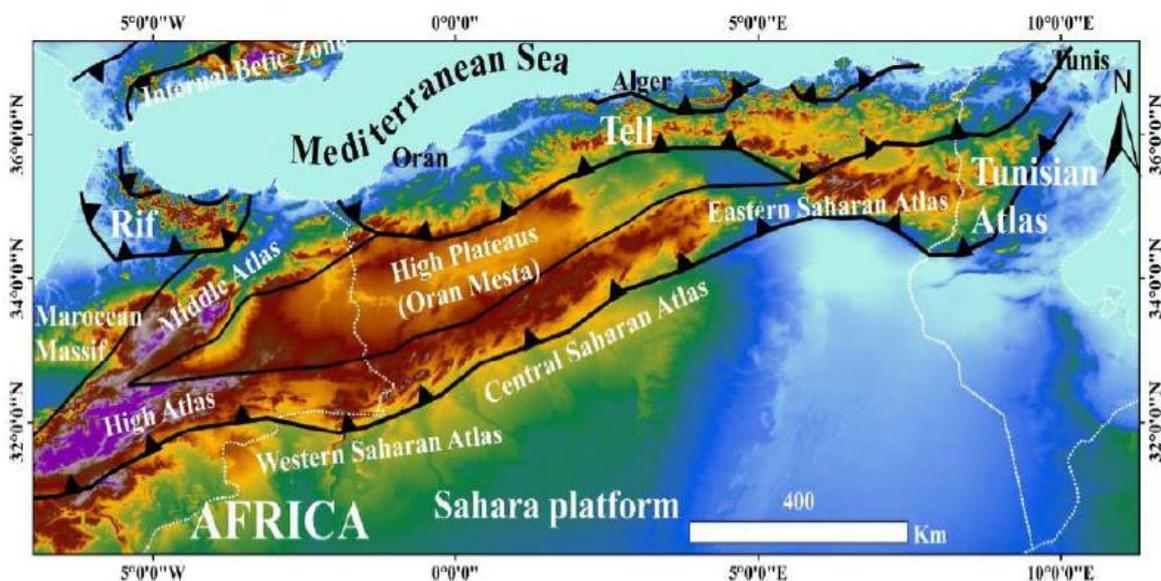


Fig. 1 : Cadre géographique régionale de l'Algérie de Nord (Mahboubi *et al.* 2021).

I.2. -Cadre géographique local :

Djebel Amour est une zone montagneuse composée de multiples reliefs qui constituent la partie centrale de l'Atlas saharien. L'altitude moyenne peut atteindre deux mille mètres.

La coupe-type de notre formation étudiée, se localise au niveau du Djebel Er Roken, près du village de Sfisifa située à environ 45 km à l'Est d'El-Bayadh. La coupe prélevée est au niveau de secteur de Laguemri environ 9 km de la ville (**Fig. 2**).

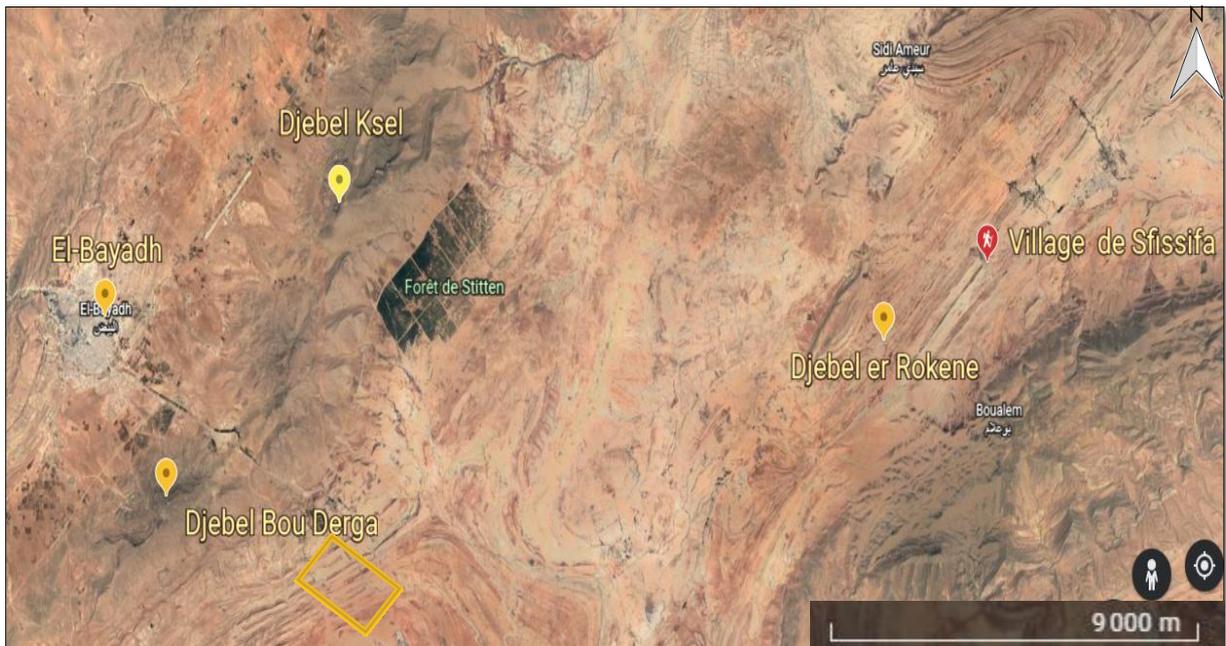


Fig. 2 : Carte des reliefs du secteur d'étude de Sfisifa (Google Earth, 2022).

II. 1-Cadre géologique général :

L'Atlas saharien est connu depuis les travaux de [Flamand \(1911\)](#), [Cornet \(1952\)](#), [Bassoullet \(1973\)](#), [Aït-Ouali \(1991\)](#), [Mekahli \(1998\)](#), [Regagba \(2006\)](#), [Mammeri \(2018\)](#) et [Mahboubi \(2021\)](#). Les terrains de l'Atlas saharien appartiennent essentiellement aux séries d'âge mésozoïque. C'est un long sillon subsident, entre les Hautes Plaines oranaises au Nord et la plate-forme saharienne au Sud. Ce sillon a fonctionné du Trias jusqu'à l'Éocène moyen. Le rôle de la subsidence fut modéré au Lias et s'est accéléré au Jurassique moyen en relation avec l'ouverture de l'Atlantique central ([Kazi Tani, 1986](#)) et sa liaison avec la Téthys.

Les grandes subdivisions chronostratigraphiques sont comme suit (**Fig. 3**) :

- **Le Trias** : affleure sous forme de diapirs (Ain Ouarka, Kerakda, Sidi Tifour), constitué par des argiles versicolores à gypse, surmontées par des évaporites d'épaisseur importante, et recoupés par basaltes tholéïtiques à texture ophitique ([Meddah, 2010](#)).

- **Le Jurassique inférieur (Lias)** : caractérisé par des faciès dolomitiques et marins marno-carbonatés selon [Ait Ouali \(1991\)](#).
- **Le Jurassique moyen (Dogger)** : est carbonaté à la base devenant de plus en plus siliciclastique vers le haut à l'ouest, et argilo-silto-gréseux vers l'atlas saharien central.
- **Le Jurassique supérieur (Malm)** : caractérisé par l'installation du complexe deltaïque des Ksour, à partir du Bathonien-Callovien ([Delfaud et al. 1973](#) ; [Kacemi, 2013](#)) ;
- **Le Crétacé inférieur** : constitué par des formations argilo-gréseuses du continental intercalaire ([Bassoullet, 1973](#)) ;
- **Le Crétacé supérieur** : constitué par des argiles à gypse recouvertes par des calcaires à silex ([Benyoucef, 2020](#)).
- **Le Cénozoïque** : Il comporte une série continentale détritique, grano-décroissante, composée de microconglomérats, de grès et d'argiles attribuées à l'Yprésien inférieur ([Mennad, 2021](#)).
- **Le Quaternaire** : correspond à des argiles, des conglomérats, une assise calcaire et des sables, de dépôts fluvio-lacustres et éoliens.

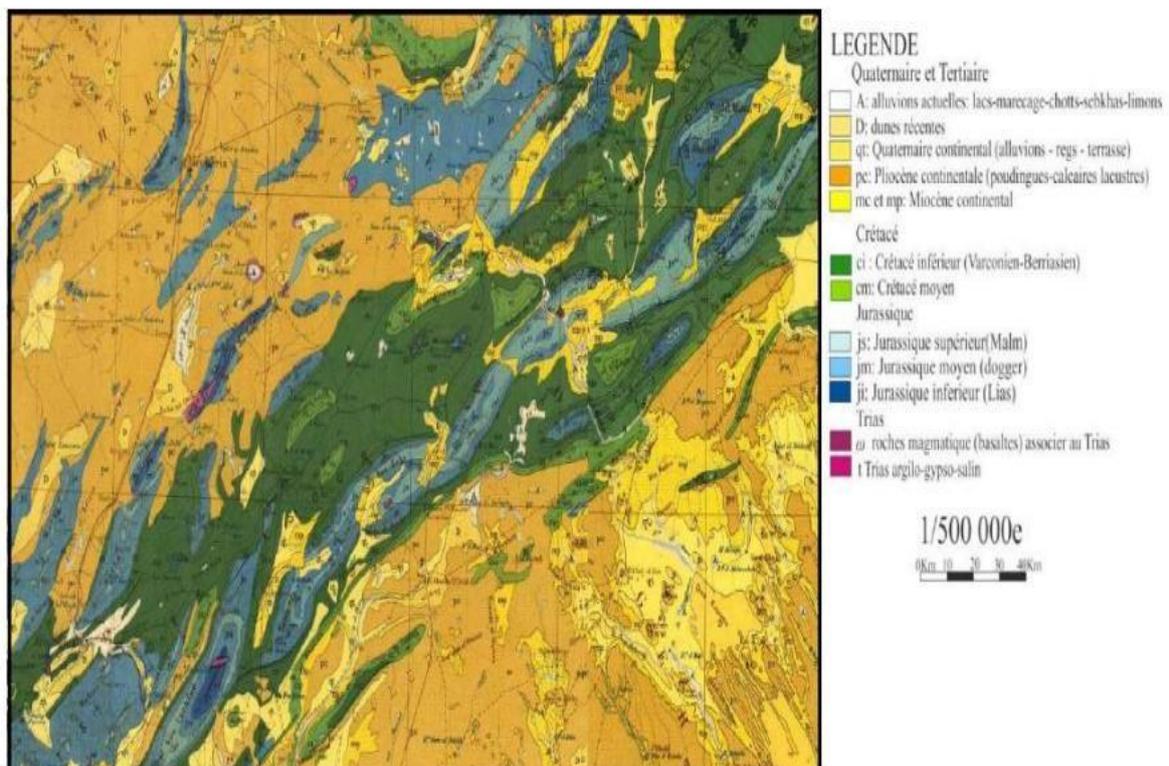


Fig. 3 : Carte géologique de l'Atlas saharien occidental et central (Extrait Carte géologique de l'Algérie au 1/500.000)

II.2. Cadre géologique local

La Formation de Sfisifa a été définie dans l'Atlas saharien central, constituée d'alternances de paquets calcaréo-dolomitiques et de marnes. Elle a livré des brachiopodes du Kimmeridgien supérieur. (Fig.4)

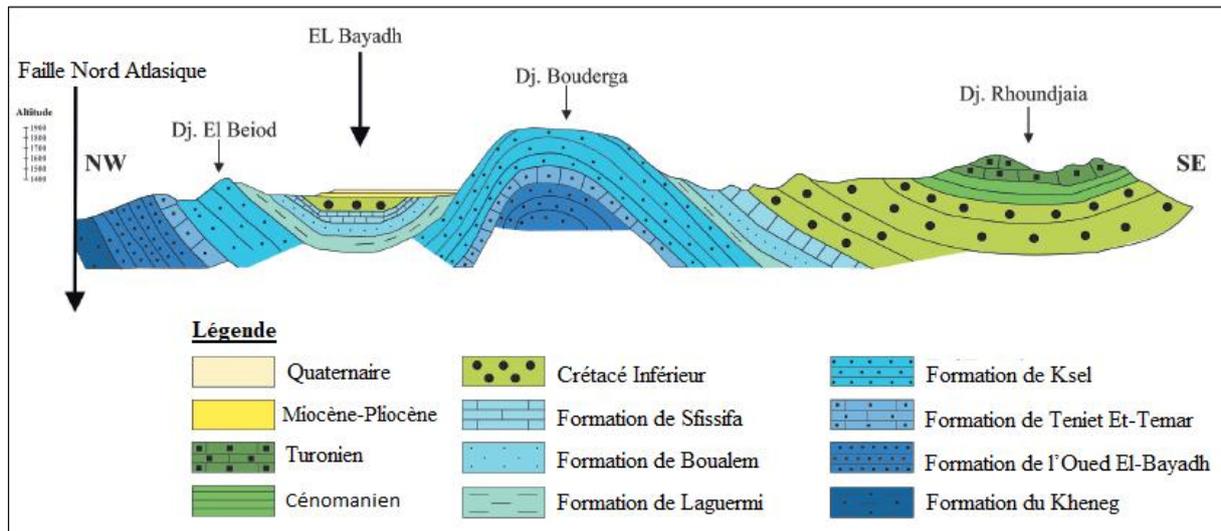


Fig.4 : Coupe transversale NW-SE de la carte géologique au 1/200 000 de Bayadh, modifiée selon la nouvelle proposition et introduite Oxfordien moyen-Kimméridgien supérieur. (Atlas Saharien Central, El-Bayadh, Algérie ; Mahboubi et al. 2021)

II.3. Cadre structural de l'Atlas saharien

L'Atlas saharien est limité au Nord par l'accident Nord atlasique (ANA) et au Sud par l'accident sud atlasique (ASA).

II.3.1. - Les Accidents de l'Atlas Saharien :

II.3.1.1 - L'Accident Nord atlasique :

Il s'agit d'un tracé tectonique discontinu avec un changement rapide de direction, séparant les Hautes plaines oranaises – Haut plateaux au Nord des véritables reliefs de l'Atlas saharien au Sud. Cet accident, de direction Nord-Est/Sud-Ouest (vers l'Ouest) à Est-Ouest (vers l'Est au niveau de Bou Saada), se suit de Bou Arfa au Maroc jusqu'à Zahrez Chergui en Algérie. Dans l'Atlas Saharien Central, il se prolonge du NE d'El-Bayadh jusqu'au Nord de la ville d'Aflou, et se manifeste par une interruption de toute structure plissée vers le Nord (Cornet, 1952).

II.3.1.2. - L'accident Sud Atlasique:

L'Accident Sud Atlasique est une longue ligne tectonique séparant la chaîne atlasique et la plateforme saharienne. Elle va d'Agadir au Maroc jusqu'à Gabes en Tunisie sur plus de deux mille kilomètres. Cette ligne tectonique est marquée par une série d'accidents sous forme de flexures, plis-failles et de failles dont l'ensemble constitue ce que l'on appelle aussi la « flexure saharienne » (Moretti, 1990).

II.3.1.3. - Les failles transversales :

On distingue dans l'Atlas Saharien deux directions principales de fractures (Fig.5):

- Les failles de directions N-S à N060, bordent ou prennent en écharpe les structures monoclinales, sont généralement des décrochements senestres.
- Les failles de direction E-W sont très fréquentes et correspondent à des décrochements dextres.

II.3.1.4 - Le Plissement :

L'Atlas Saharien montre un plissement particulier très caractéristique de la chaîne. L'orientation générale des plis est N040 à N050 E, et oblique à la direction générale de la chaîne qui est de direction N60°.

- Les anticlinaux sont coffrés, étroits et allongés, à flancs redressés souvent réduits à des voûtes anticlinales. Les synclinaux sont à fonds larges et plats et parfois perchés.
- Les anticlinaux étroits de l'Atlas Saharien sont disposés en échelon, séparant de larges cuvettes synclinales. Cette morphologie en vallées anticlinales et en synclinaux perchés est due principalement à l'érosion différentielle très intense.

Flamand (1911) décrit ces plis qui s'étendent sur de grandes distances avec des terminaisons périclinales qui s'arrêtent localement par le nom de « plis en chenille processionnaire » (Kazi Tani, 1986).

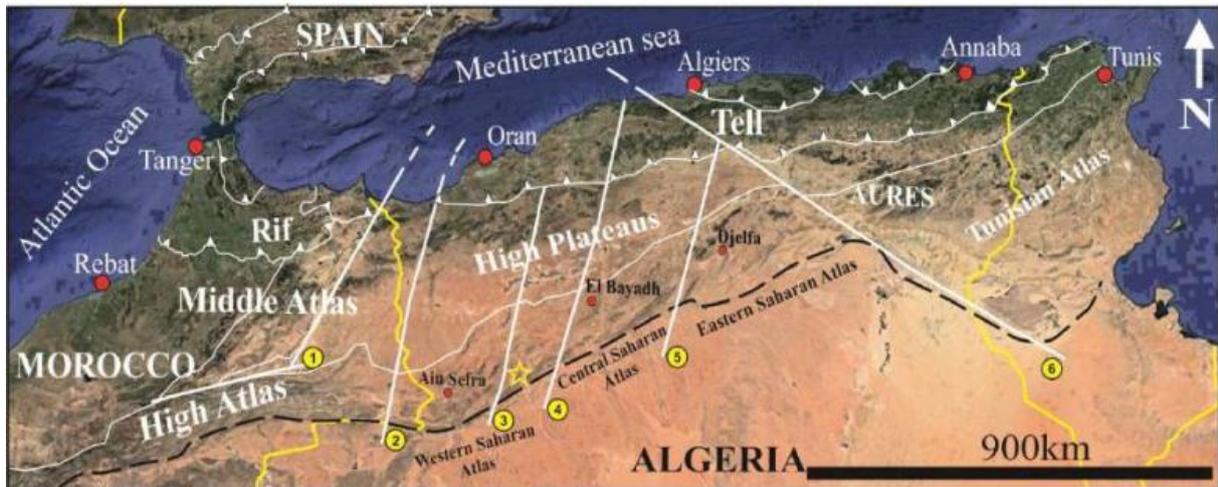


Fig.5 : Les grands traits structuraux de la mosaïque de l'Afrique du Nord-Ouest.

(D'après [Elmi, 1978](#), modifiée par [Mahboubi, 2021](#)).

III. But et méthode d'étude :

Notre objectif est une contribution à l'étude d'une formation lithologique du Jurassique supérieur de la région d'El-Bayadh. Elle consiste en une caractérisation des faciès de la Formation des calcaires de Sfisifa (Kimmeridgien supérieur) par la description des caractères macroscopiques, la caractérisation des microfaciès, et leur regroupement en MFT (*Microfacies Types*) et leurs environnements sédimentaires.

Le travail de terrain a été réalisé avec la collaboration de Mahboubi Cheikh Younes où nous avons d'abord repéré la coupe, ensuite on a procédé à un prélèvement systématique des échantillons des niveaux calcaires, appuyés par des prises de photos. Ce travail entre dans le cadre du mémoire de Master GBS et dans le cadre des travaux de recherches Post-Doc de Mahboubi C. Y.

Au labo, des lames minces ont été confectionnées (sucres, collage des lames, passage à la rectifieuse, et enfin finition avec un abrasif très fin) afin de réaliser une étude sur les microfaciès.

IV. Historique des travaux :

Depuis le 19^{ème} siècle l'Atlas Saharien a fait objet de nombreuses recherches géologiques dont une grande partie est consacrée aux Monts des Ksour à cause de la richesse en faune (permettant de meilleures lignes temps).

1. Période avant 1900

Mares (1857) attribua aux grès près d'El-Bayadh un âge Crétacé inférieur. Des argiles et des sels dans le Djebel Melah ont été signalés par Laville (1858) alors que Pouyanne & Perron (1874-1883) ont reconnu les formations du Crétacé dans la région d'El-Bayadh.

2. Période 1900-1970 :

Flamand (1911) a établi les grands traits stratigraphiques et la structure du Lias et du Dogger dans la région des Ksour. Les travaux stratigraphiques de Savornin (1931), ceux de Russo (1934-1939) et enfin ceux de Laffitte (1939) ont concerné le contenu de l'Atlas saharien et ses prolongements à l'Ouest et à l'Est (Maroc et Tunisie).

Cornet (1950-1952) apporta quelques précisions à l'échelle stratigraphique ainsi qu'une analyse structurale globale. Il synthétisa la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000ème où il remarqua la diminution des épaisseurs des terrains jurassiques du SW vers le NE (marins au Jurassique inférieur), devenant gréseux au Jurassique moyen et persistent jusqu'au Crétacé inférieur.

3. Période 1970 jusqu'à nos jours

Galmier (1970) réalisa neuf cartes photo-géologiques au 1/100 000ème de la région d'Aïn Sefra. Il définit des unités lithostratigraphique et permet une synthèse sur la tectonique du faisceau des Monts des Ksour. Les repères lithologiques et chronostratigraphiques sont ainsi corrélés au Djebel Amour.

Plusieurs travaux stratigraphiques ont été ensuite établis dans le Ksour (Bassoullet, 1973 ; Douihasni, 1976 ; Alméras et al., 1994 ; Mekahli, 1995 ; Ouali Mehadji, 1995 ; Tlili, 1995 ; Elmi et al., 1999 ; Kacemi, 2013) pour définir des lignes-temps.

En 1982, Abed donna une analyse détaillée sur les séries du Jurassique du Djebel Amour, et Kazi Tani(1986) présente une synthèse de l'évolution géodynamique de la bordure Nord – Africaine, mettant en évidence deux grands groupes à caractères opposés : transgressif du Trias au Lias moyen et régressif du Toarcien à l'Oxfordien.

Regagba (2006) s'étend vers l'Est par une étude sédimentologique et stratigraphique de la série du Jurassique moyen et supérieur de la région d'El-Bayadh.

Mahboubi et al. (2004), Bensalah et al. (2005), Mahboubi et al. (2007), Mammeri (2008), Bessedik et al. (2008), Mammeri et al. (2011) et Mammeri (2018), décrivent des empreintes de pas de dinosaures abondamment dans l'Atlas saharien, sur des dalles de grès, d'argilites ou de grès argileux finement conglomératiques dans les sites de la wilaya d'El Bayadh.

Récemment Mahboubi et al. (2021) ont proposé une nouvelle nomenclature lithostratigraphique sur la base de repères lithologiques et de niveaux à brachiopodes dans

des séries argilo-gréseuses avec quelques passées carbonates, dans l'Atlas saharien central (région d'el Bayadh), qui ont fourni des lignes temps dans la série du Jurassique supérieur.

V. Synthèse sur les carbonates (terminologie utilisée et concepts)

La sédimentation carbonatée (et donc les carbonates) est complètement différente de la sédimentation siliciclastique. Les carbonates sont "nés" ; ils prennent naissance sous forme de grains squelettiques ou de précipités sur place (*in situ*) ou transportés vers l'environnement de dépôt. En revanche, les sédiments clastiques terrigènes sont formés principalement par la désintégration de roches mères et sont transportés vers le milieu de dépôt.

1. La classification de Dunham (1962) (Fig. 5) :

Elle porte sur l'arrangement des constituants au moment du dépôt, fondée sur trois critères principaux :

- la présence ou l'absence de boue carbonatée (micrite).
 - la disposition des grains, jointifs ou non jointifs.
 - la proportion des grains (inférieure ou supérieure à 10%).
- la taille des grains fut ensuite intégrée afin de compléter l'aspect descriptif.

Structure reconnaissable							Structure de dépôt non reconnaissable
Moins de 10% d'allochems > 2mm				Plus de 10% d'allochems > 2mm		Constituants mis en connexion par des organismes durant le dépôt (bioconstructions)	
Présence de boue carbonatée			Absence de boue carbonatée	Grains non en contact	Grains en contact		CALCAIRE RECRISTALLISÉ
Grains non en contact		Grains en contact					
Moins de 10% de grains	Plus de 10% de grains			Grains non en contact	Grains en contact		
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	FLOATSTONE	RUDSTONE	BOUNDSTONE	

Fig. 6. Classification texturale de Dunham (1962) et d'Embry et Klovan (1972)

A. Eléments figurés (grains) et phase de liaison

1. Eléments figurés

Flügel (2010, p. 100) distingue cinq (5) catégories de grains squelettiques (**Fig. 6**) :

- les peloides (*peloids*),
- les grains enrobés (*coated grains*) comportant les cortoïdes, les oncoïdes, les ooïdes
- les grains agrégés (agrégats)

- les clastes
- les grains squelettiques (débris d'organismes)

PELOIDS			Petits grains micritiques, généralement sans structure interne. De forme sub-arrondie, sphérique, ovoïde ou irrégulier. Taille comprise entre <0,02 et environ 1 mm, généralement 0,10 à 0,50 mm.
COATED GRAINS	CORTOIDS		Grains squelettiques arrondis et autres grains recouverts d'une fine enveloppe de micrite. Limite entre le grain central et l'enveloppe indistincte. Taille comprise entre <1 mm à quelques centimètres.
	ONCOIDS		Gros et petits grains constitués d'un noyau plus ou moins distinct (par exemple un fossile) et d'un cortex épais formé de lamines micritiques irrégulières, non concentriques, se recouvrant partiellement. Les lamelles peuvent présenter des structures biogènes. Aucune tendance à d'augmenter la sphéricité pendant la croissance. Taille de <1 mm à quelques décimètres.
	OIDS		Grains sphériques ou ovoïdes, constitués de lamelles lisses et régulières formées de revêtements concentriques successifs autour d'un noyau. Les lamelles peuvent présenter des microfabriques tangentielle et radiales. Taille comprise entre 0,20 et environ 2 mm, couramment entre 0,5 et 1 mm.
	PISOIDS		Gros grains subsphériques et de forme irrégulière, constitués d'un noyau le plus souvent non biogène et d'un cortex épais formé de lamines bien visibles, souvent densément espacées, présentant des microfabriques tangentielle et radiales. Les pisoides se présentent sous forme de grains isolés ou sont incorporés dans des croûtes. Taille >2 mm, jusqu'à >1 cm.
GRAIN AGGREGATES			Grains composés consistant en deux ou plusieurs particules initialement séparées (exp des oïdes, des grains squelettiques) qui ont été liés et cimentés ensemble, formant des grumeaux en forme de raisin ou arrondis. Les espaces inter-grains sont remplis de micrite ou de spar. Contours irrégulier, lobulaire ou arrondi. Taille de 0,5 à plus de 2 mm.
CLASTS			Clastes calcaires synsédimentaires ou postsédimentaires, sédiment carbonaté partiellement consolidé remanié ou matériel déjà lithifié, de sédiments carbonatés ou de matériaux déjà lithifiés. Forme et taille sont variables : anguleuses à arrondies. taille varie entre <0,2 mm et plusieurs décimètres. Les très petits clastes sont difficilement distinguables des peloids.
SKELETAL GRAINS			Squelettes fragmentés ou complets d'organismes. Taille de 0,05 mm à plusieurs centimètres.

Fig. 7: Catégories des grains carbonatés (Flügel, 2010)

2. Phase de liaison

La phase de liaison est indiquée par le terme ciment (*cement*) d'origine chimique ou matrice (*matrix*) d'origine détritique.

La phase de liaison des calcaires comprend des matériaux fins tels que la micrite, la microsparite, la sparite ou la calcisiltite.

La micrite est l'abréviation de "calcite microcristalline ». Elle est crypto- à microcristalline, dont la taille est fixée à <4 µm.

La microsparite correspond à une trame de calcite constituée de cristaux de 5 à environ 30 µm de diamètre, le plus souvent entre 5 à 7 µm, et présentant souvent une distribution de taille uniforme.

La calcisiltite (limon de calcite) est caractérisée par une matrice à grain fin, composée de particules de calcite détritique de taille silteuse. Le limon comprend une classe de taille comprise entre 2 et 62 µm (Assally et al. 1998). La limite supérieure de la taille correspond approximativement à la plus petite taille qui peut être différenciée à l'œil nu.

La sparite correspondant une calcite à cristaux à limites nettes et bien visibles.

2.1. Classification des micrites :

Les boues carbonatées à grain fin proviennent d'environnements non marins (par exemple, des milieux pédogéniques et lacustres) et d'environnements marins comprenant des milieux inter et subtidaux marins peu profonds (par exemple, des chenaux de marée, des tapis d'algues, des lagons, des plates-formes), des récifs et des fonds marins profonds.

Les principales hypothèses, à partir de Sorby (1879), expliquent l'origine de la calcite microcristalline dans les calcaires par (1) la formation en place de carbonate à grain fin déclenchée par des facteurs biochimiques et physico-chimiques, (2) la désintégration post mortem d'algues calcaires, (3) l'abrasion physique ou biologique de matériel squelettique, (4) l'accumulation de plancton calcaire pélagique, et (5) le résultat de processus diagénétiques comprenant la cimentation et la recristallisation. Honjo (1969) a différencié les micrites formées par la croissance du carbonate en place ou résultant de la destruction, de l'accumulation et du dépôt de particules carbonatées préexistantes caractérisées par des grains de calcite polygonaux subédriques se rencontrant aux interfaces (orthomicrites), et les micrites composées de biote pélagique calcaire (nannoagorite). Ces micrites primaires sont souvent mises en contraste avec les micrites secondaires et les pseudomicrites résultant de processus diagénétiques (Wolf, 1965).

2.1.1. Modes de formation des micrites :

Les micrites sont générées par différents processus et sont d'une importance capitale pour les interprétations paléoenvironnementales, l'analyse des bassins et la compréhension des propriétés des roches carbonatées à grain fin. Actuellement, on compte douze modes qui peuvent conduire à la formation de micrites.

1-Précipitation physico-chimique déclenchée par les fluctuations de la salinité et de la température de l'eau.

2-Précipitation carbonatée par médiation bactérienne à partir de matrices organiques (macromolécules organiques liant le Ca), provoquant une organomérisation et la formation d'organomicrite.

3-Processus métaboliques des bactéries hétérotrophes et chimiolithotrophes et d'autres microbes provoquant un microenvironnement qui induit la précipitation des carbonates.

4-Processus métaboliques des cyanobactéries et des algues phototrophes et des algues provoquant la précipitation des carbonates.

5-Désintégration des algues calcaires benthiques en fragments sub-microscopiques (modèle Halimeda).

6-Désintégration des épibiontes vivant sur les algues et macro-algues marines.

7-Désintégration des squelettes d'invertébrés.

8-Bioérosion par abrasion détritique et microbilles provoquant une "micritisation".

9-Accumulation de plancton calcaire (foraminifères ; cocco- lithophoridés et autres nannofossiles provoquant des "nannomicrites").

10-Érosion mécanique des calcaires, par exemple sur les côtes.

11-Ciments carbonatés micro et cryptocristallins.

12-Recristallisation et "diminution des grains" (remplacement des anciens gros cristaux par de plus petits).

2.1.2. Micrites diagénétiques (pseudo-micrites)

La reconnaissance du caractère diagénétique des roches carbonatées microcristallines est d'une importance cruciale, notamment pour interpréter les récifs anciens et spéculer sur le niveau d'énergie pendant le dépôt de sédiments à grain fin sur les plates-formes et les rampes.

2.2. Microsparite

Les roches carbonatées microcristallines présentent une large gamme de tailles moyennes de cristaux. Folk (1959, 1965) a fait la distinction entre les " micrites " (<4 μm) et la " microsparite" (4-30 μm).

Ce terme désigne une matrice de calcite à grain fin, caractérisée par des cristaux de calcite de taille plutôt uniforme, subhédraux et euhédraux, dont le diamètre varie de 5 à plus de 20 μm (Folk 1959). D'autres auteurs utilisent des limites de taille de cristaux différentes : 4-10 μm (Tucker, 1981) ou 5-50 μm (Bathurst, 1975). (**Fig.8**)

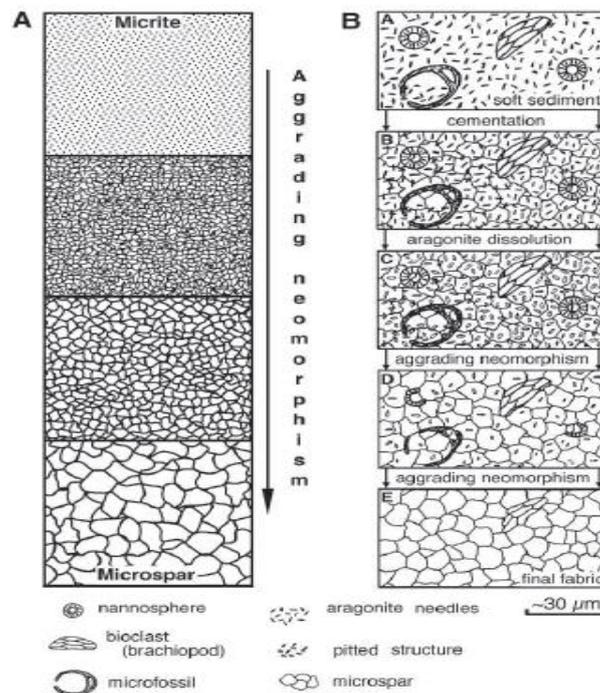


Fig. 8 : Deux modèles expliquant la formation de microsparite dans les calcaires à grain fin (Flügel, 2010).

A : Néomorphisme aggradant (Folk 1959, 1965). La texture de la microsparite est formée par la conversion de petits cristaux de calcite à haute teneur en magnésium (en haut) en grands cristaux de calcite (en bas) par élargissement progressif en maintenant une taille de cristal uniforme à tout moment.

B : Transformation d'une boue calcaire dominée par l'aragonite en microsparite sans stade de micrite (Lasemi et Sandberg 1984). Le croquis, basé sur l'étude des calcaires siluriens microcristallins, illustre les processus menant à la formation de la microsparite (Munnecke, 1997).

La boue carbonatée précurseur (en haut, A) se compose d'aiguilles d'aragonite, de bioclastes calcitiques à faible teneur en magnésium et calcitiques et aragonitiques à forte teneur en magnésium, et de minéraux argileux. La cimentation (B) dans les pores intergranulaires commence par la précipitation de cristaux de microsparite qui enferment des aiguilles d'aragonite plus petites et des bioclastes dans le sédiment proche du fond de la mer.

3. Concepts MFT et SMF (Flügel, 2010)

Le microfaciès observé sur une lame mince n'est pas nécessairement identique latéralement et verticalement. L'approche des microfaciès est largement descriptive, et les types de microfaciès doivent être définis par des critères précis (texturaux et compositions).

3.1. Les types de microfaciès significatifs

Les types de microfaciès des calcaires autochtones sont définis par des critères différents de ceux des autres calcaires allochtones.

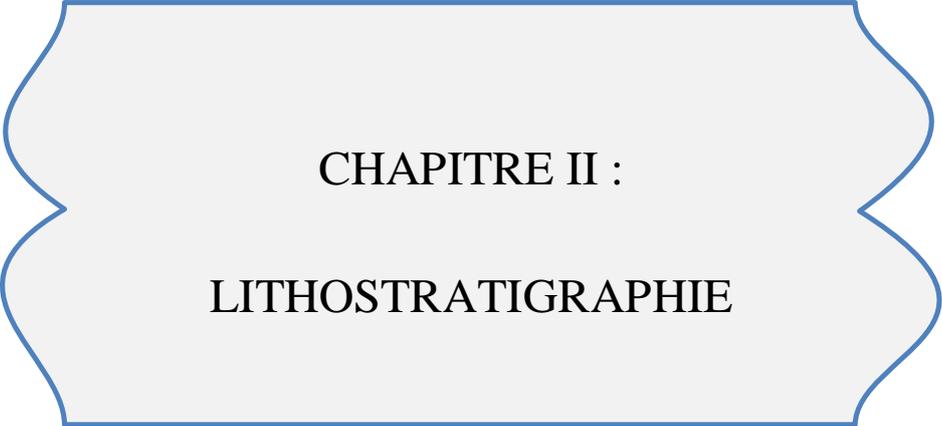
Les calcaires autochtones comprennent les calcaires récifaux et les carbonates microbiens. Dans les calcaires récifaux, les MFT sont différenciés en fonction du type de fossiles constructeurs de récifs. En général, les taxons récifaux les plus communs, combinés à la texture dominante (framestone, bafflestone, bindstone ou boundstone) et au type de matrice, sont utilisés pour définir un MFT.

Les calcaires allochtones sont définis par la texture et la composition à petite échelle ou à l'échelle de l'unité de dépôt et reflètent la dynamique du dépôt au moment de la sédimentation. La similitude, de la composition, de la texture et du biofaciès, n'exprime pas des milieux de dépôt forcément identiques, mais des conditions hydrodynamiques et écologiques similaires.

3.2. Les microfaciès standard (SMF)

Les microfaciès basés sur l'analyse des sections minces subdivisent les faciès en unités d'aspect et de composition similaires qui reflètent des conditions des environnements de dépôt. L'intégration des données de microfaciès (texture et composition) combinée aux critères de litho- et biofaciès à plus grande échelle, permet d'identifier des Types de Microfaciès Standards, qui correspondent à des catégories virtuelles liés à des zones de faciès.

La plupart des types de microfaciès standard sont basés sur seulement quelques caractéristiques dominantes comprenant les types de grains, le biote ou les textures de dépôt. Deux modèles sont proposés ; plateforme barrée (*rimmed platform*) et plateforme sans barrière (*non-rimmed platform*)



CHAPITRE II :
LITHOSTRATIGRAPHIE

1-Introduction :

Le présent chapitre est consacré à une description lithologique de la Formation de Sfissifa du Kimméridgien supérieur dans le secteur d'El Bayadh (Atlas saharien central). Cette formation a été définie par [Mahboubi *et al.* \(2021\)](#). La description est basée sur les observations macroscopiques sur terrain (épaisseur des couches, nature lithologique, les particularités sédimentaires et le contenu fossile).

Le nom de cette formation est issu du village de Sfissifa où la formation est bien exposée. La coupe-type est située dans le Djebel Er Roken, près du village, et à 45 km à l'Est de la ville d'El-Bayadh.

2- Localisation de la coupe :

La coupe a été prélevée dans la région d'El-Bayadh, dans le secteur de Laguermi, à environ 09 km SE d'El Bayadh. La coupe correspond à la Formation de Sfissifa (caractérisée par une alternance marno-calcaréo-dolomitiques), facilement identifiée sur terrain par ses barres de calcaires-dolomitiques de couleur jaune.

La coupe a été levée dans le secteur dit Laguermi, suivant une direction sensiblement NW-SE, parallèlement à la route nationale N47 qui relie El-Bayadh à Aflou (**Fig. 9**).



Fig.9 : Photo satellitaire montrant la localisation du secteur d'étude.

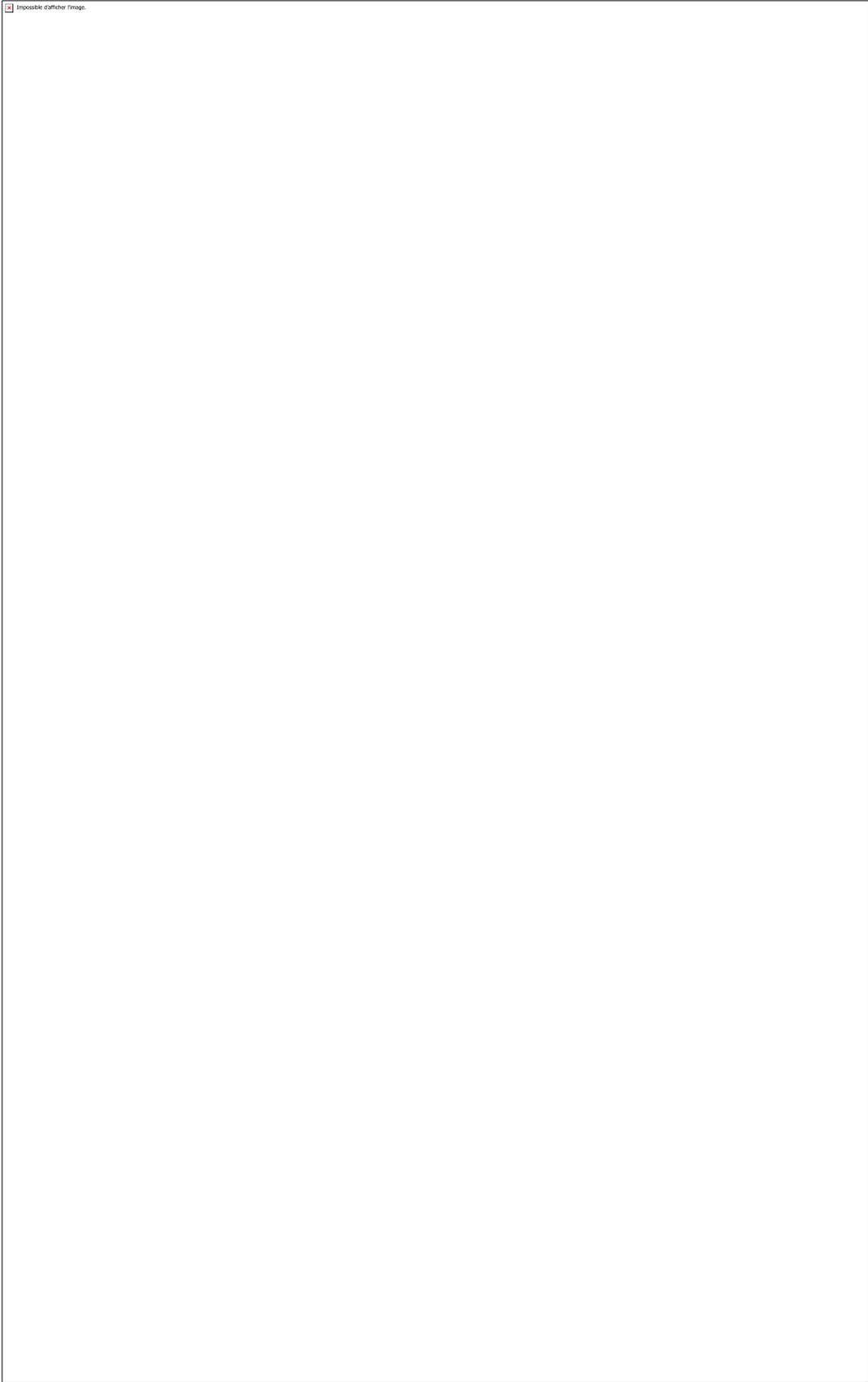


Fig.10: Subdivision lithostratigraphique du Jurassique supérieur de l'Atlas saharien central ;
Région d'El-Bayadh (Mahboubi et *al.* 2021).

3-Description lithologique de la coupe géologique :

La Formation de Sfisifa montre une épaisseur d'environ 47 m. Elle débute par une surface irrégulière, correspond à une alternance irrégulière de calcaires, de marnes et de passées de calcaires dolomitiques. Elle surmonte la formation détritique de Boualem, et prend fin sous le complexe continental intercalaire. Les caractères lithologiques nous ont permis de distinguer deux (02) membres ; un membre inférieur (08 m) et un membre supérieur (38,70 m).

3-1-Membre inférieur (08 m) :

Ce membre est facilement identifiable en affleurement, et correspond à un horizon bien visible dans le paysage, sous forme d'une barre jaune. La partie basale de ce membre débute par une barre métrique de calcaire dolomitisé (**Pl. 1, Fig. A, B**), jaune à la patine et à la cassure, à surface irrégulière à sa base. On observe une alternance rapprochée de bancs calcaires, décimétrique à métrique (**Pl. 1, Fig. B**), à huîtres (**Pl. 1, Fig. E**) et à brachiopodes (**Pl. 1, Fig. F**), en surface, et des marnes de couleur jaune, centimétrique, lumachelliques (**Pl. 1, Fig. D**). Les coquilles et bioclastes (**Pl. 1, Fig. C**) sont par endroits jointifs, séparés en d'autres endroits du banc. Ces marnes sont riches en bivalves (dont certains brisés et d'autres en position de vie) et des oursins. Le sommet de ce membre est matérialisé par une barre de calcaire de 1,5 m d'épaisseur formant une surface structurale, caractérisée par une surface bioturbée.

3-2-Membre supérieur (38,70 m) :

Il débute avec une combe de marnes (**Pl. 2, Fig. A**), d'aspect schisteux, de 5m d'épaisseur, suivie par des bancs calcaires, riches en bioclastes (**Pl. 2, Fig. B**), centimétriques (0,10 à 0,30 m), jaune, à traces de bioturbations (*Thalassinoides* isp.), et faune benthique (Échinodermes, Brachiopodes et Bivalve) (**Pl. 2, Fig. C, D, E et F**). Vers le haut, les combes sont matérialisées par des argiles vertes à passées de bancs calcaires bioclastiques (sur 16 m).

Les combes marneuses (**Pl. 3, Fig. A, B et C**) sont riches en brachiopodes (**Pl. 3, Fig. E**) associés à des oursins. Le sommet de ce membre est marqué par une surface de taraudage (**Pl.3, Fig. F**), représentée par des *Skolithos* et *Diplocraterion*.

Au-dessus, on observe les premières barres détritiques de la formation à grès grossiers à dragées de quartz, connue sous « le complexe du continental intercalaire », d'âge Crétacé inférieur.

4-Attribution biostratigraphique :

Les brachiopodes collectés sont dominés par *Xestonia arguta* Cooper 1983 (dans la Formation de Sfisifa) ; cette espèce est surtout connue dans le Kimmeridgien supérieur (à la transition entre la Zone à *Eudoxus* celle à *Autissiodorensis*) ([Mahboubi et al. 2021](#)).

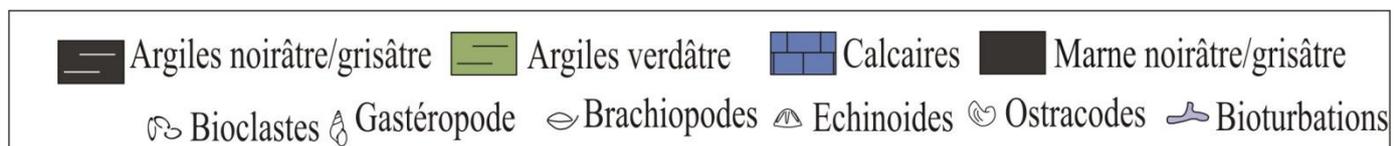
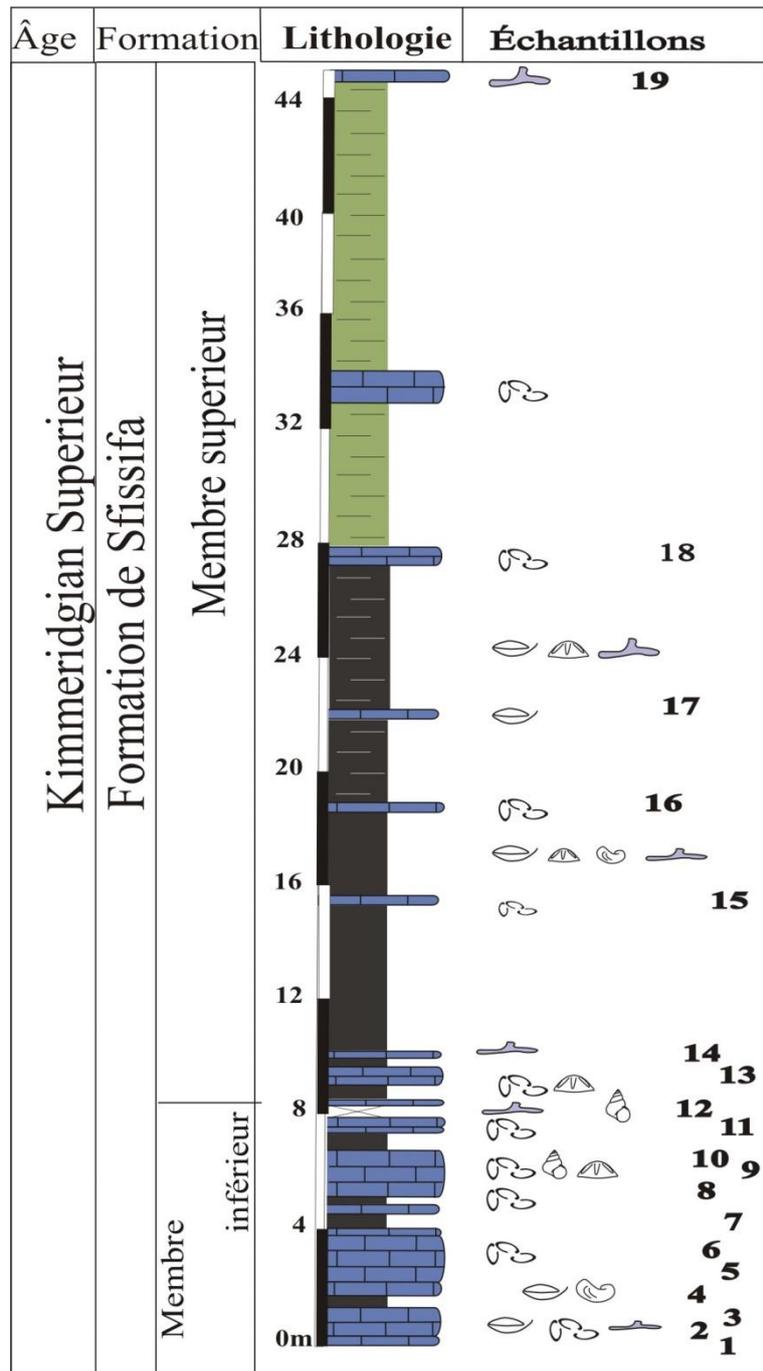


Fig.11: Colonne lithostratigraphique de la formation de Sfisifa (kimméridgien supérieur),

Secteur Laguermi (Atlas du Sahara central, région d'El-Bayadh).

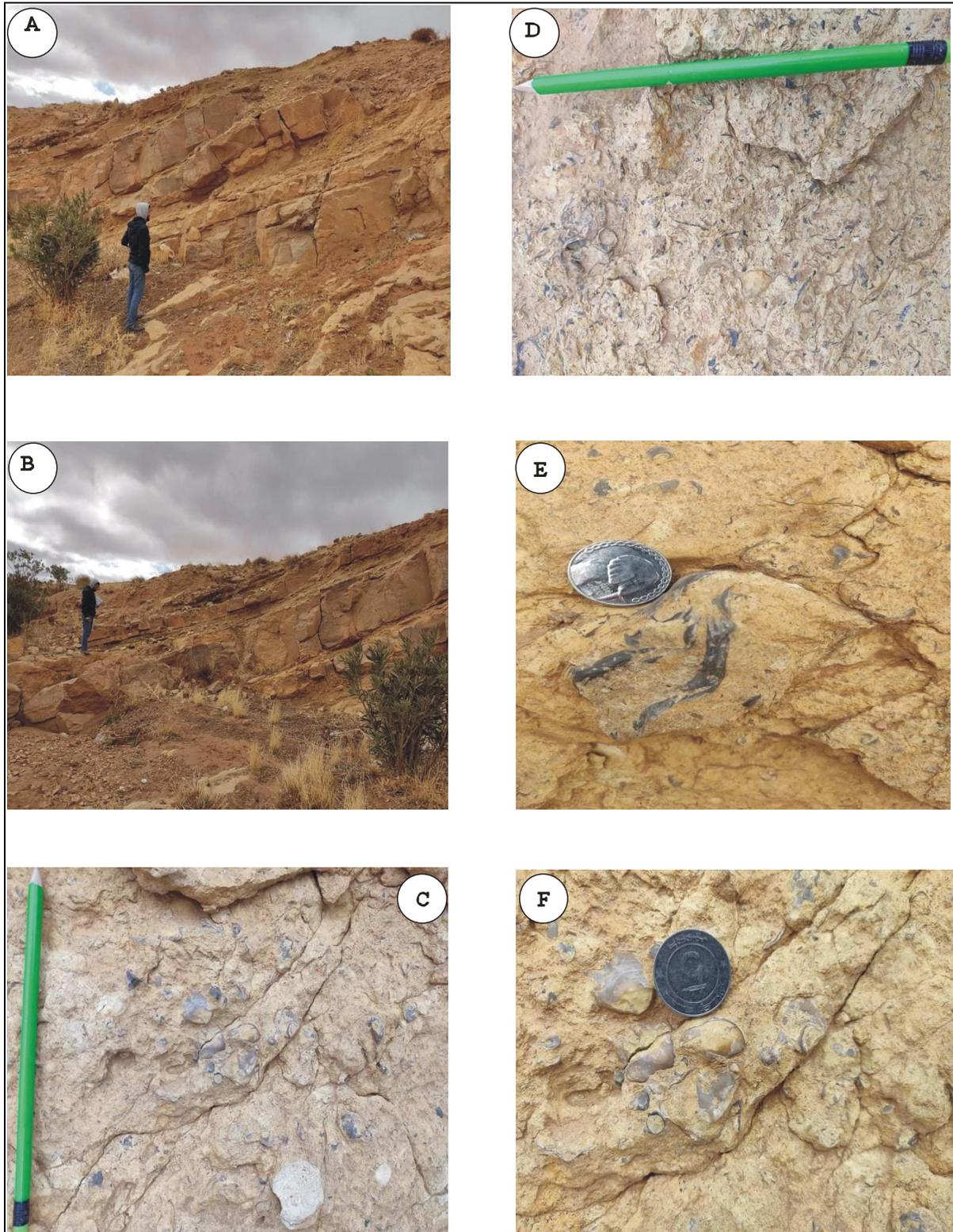


Planche 1 : Membre inférieur. A, B) La barre calcaréo-dolomitique de la base ; C) Calcaire bioclastique ; D) Calcaire lumachelliques ; E) Huîtres ; F) Brachiopodes.

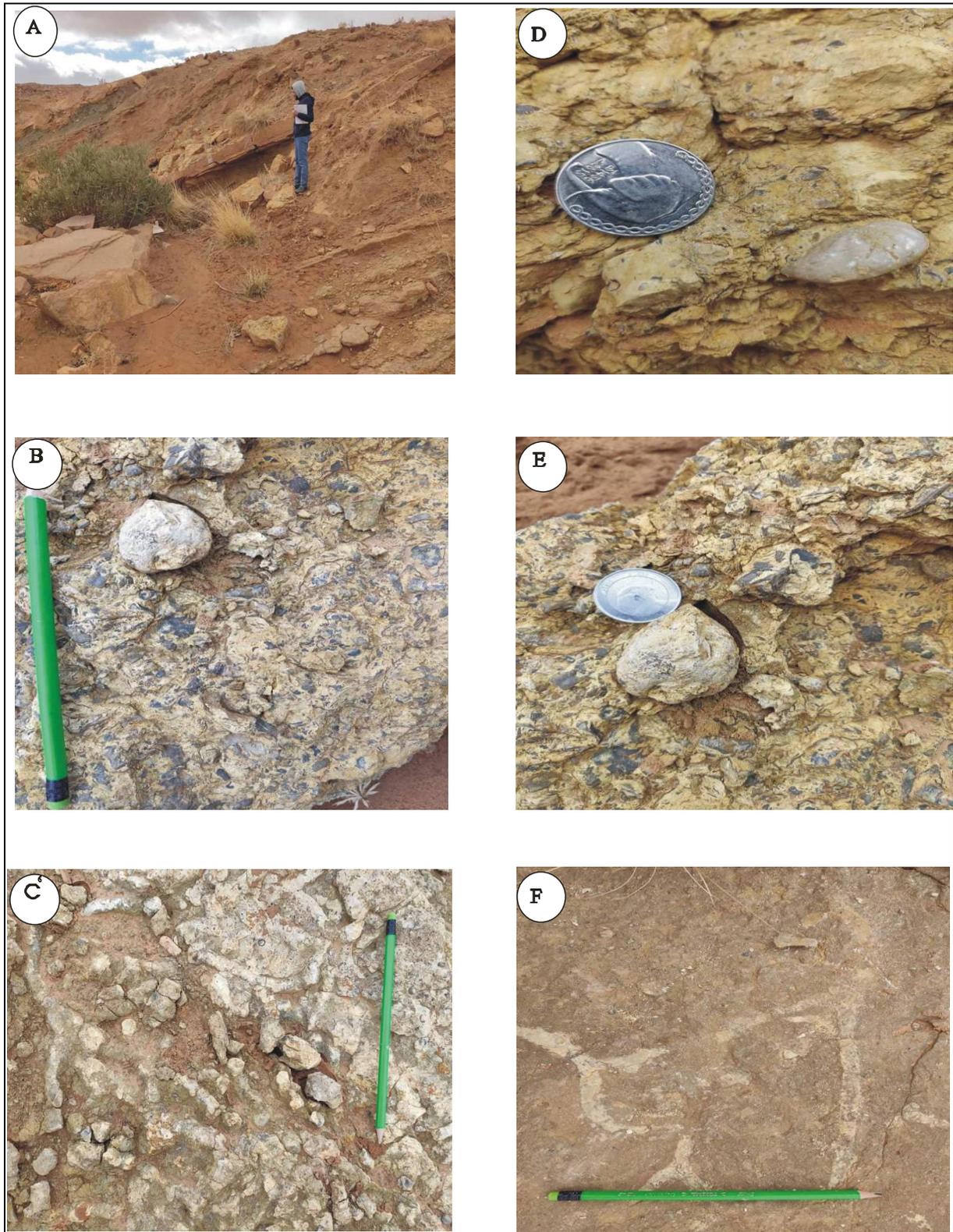


Planche 2 : Membre supérieur. A) Vue sur les premiers niveaux marneux ; B) Calcaire bioclastique ; C) Bioturbation ; D) Échinoderme ; E) Brachiopode ; F) Thalassinoides

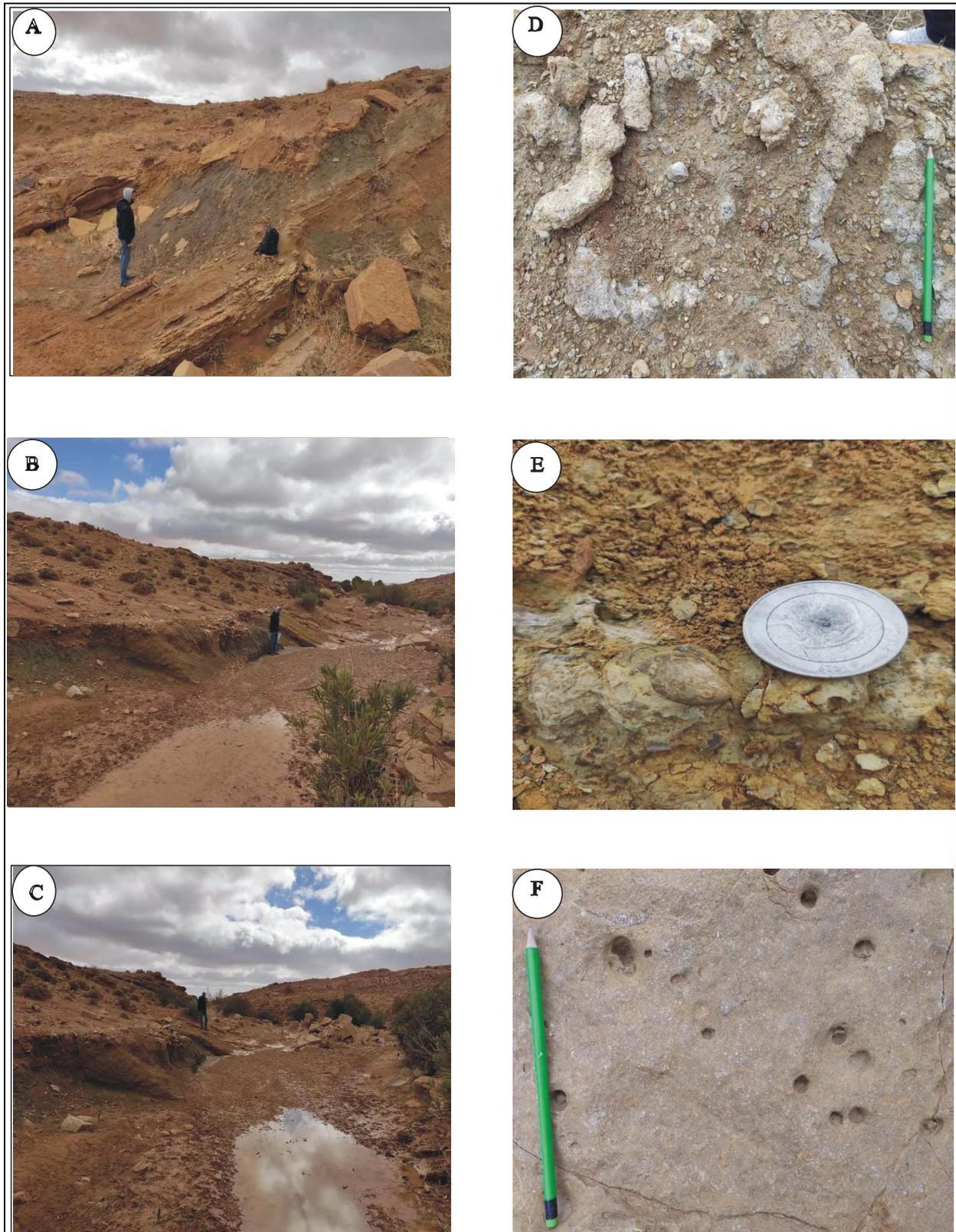
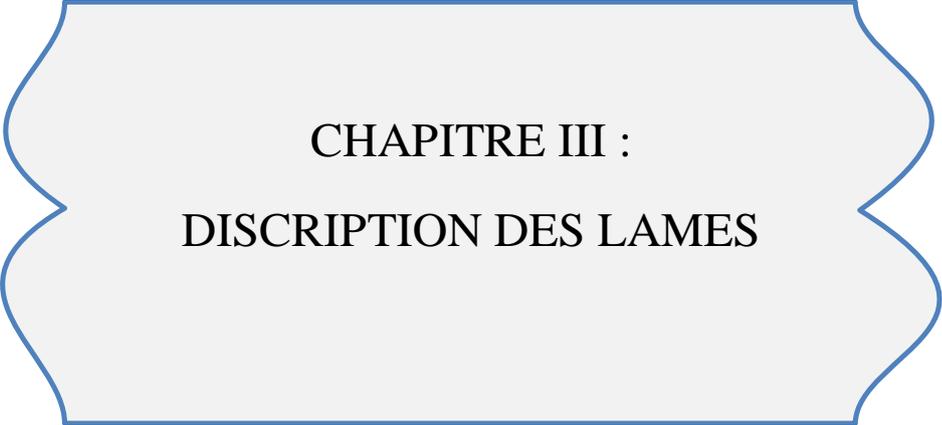


Planche 3: Membre supérieur ; Photos A, B et C) vue générale du Membre Supérieur et Début du premier banc de la combe marneuse ; D) Bioturbation ; E) Brachiopodes ; F) Surface terminale taraudée (perforations).



**CHAPITRE III :
DISCRIPTION DES LAMES**

I. Introduction :

L'étude des microfaciès de la Formation des calcaires de Sfisifa a pour objectifs :

- i) Une caractérisation des microfaciès (lithologie, éléments figurés, texture),
- ii) Une subdivision en Types de microfaciès (*Microfacies Type* of Flüggel, 2010),
- iii) Enfin, nous prenons en compte les structures sédimentaires observées sur terrain et les combinons aux aspects microscopiques,
- iv) Une comparaison aux modèles permettant de proposer des environnements de leurs mises en place.

II. Description des lames minces :**Lame 01 :****- Éléments figurés :**

Grains squelettiques : plaques d'échinodermes ; ostracode ; bivalves ; gastéropodes ; bioclastes ; algues.

Pelloïdes : pellets

Cortoïdes : rares

Grain de Quartz : rares, subarrondis à anguleux

- Phase de liaison

Ciment : micrite

Texture : Packstone

Lame 02 :**- Éléments figurés :**

Grains squelettiques : Bivalves ; plaques d'échinodermes ; Algues ;

Minéraux : évaporite.

- Phase de Liaison

Ciment : micrite à microsparite.

Texture : Rudstone.

Lame 03 :

- **Éléments figurés :**

Grains squelettiques : Bivalves, plaques d'échinodermes, algues, gastéropodes, ostracodes, Foraminifère.

Clastes : intraclastes

Grains de quartz : rares, subarrondis à anguleux.

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite ferrugineuse

Texture : Floatstone.

Lame 04 :

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : bivalves dont fragments d'huîtres (Ostrea !), plaques d'échinodermes ; fragment de bryozoaire.

Pelloïdes : pellets

Cortoïdes : rares

Grains de quartz : rares.

- **Phase de Liaison**

Ciment : microsparite.

Texture : Floatstone.

Lame 05 :

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : gastéropodes, bivalves, plaques d'échinodermes, phyloïdes, rhomboèdres de dolomite, foraminifère.

Pelloïdes : pellets,

Oncoïdes : rares

Ooïdes : oolithes

- **Phase de Liaison**

Ciment : Dolomie ferrugineuse.

Texture : Rudstone.

Lame 06 :

- **Éléments figurés**

Grains squelettique : ostracodes, bioclastes recristallisés, plaques d'échinodermes, bivalves, bryozoaires.

Grains de quartz : rares, subarrondis.

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite

Texture : Floatstone/Rudstone

Lame 07

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : Brachiopode, Bivalves, gastéropode, bryzoaire, phyloïdes. Dendrite.

Oncoïdes : rares

Clastes : présents mais rares

Grains de quartz : rares, anguleux.

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite

Texture : Floastone à Rudstone

Structure : Dendrites

Lame 08 :

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : algues, foraminifères, plaques d'échinodermes.

Ooïdes : oolithes

Clastes : fragment de calcaire oolithique

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite ferrugineuse /dolomie.

Texture : Rudstone

Lame 09

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : Algues, bivalves, plaques d'échinodermes.

Oncoïdes : oncolithes

Clastes : lithoclastes calcaires

- **Phase de Liaison** :

Ciment : microsparite

Texture : Floatstone/ wackestone.

Lames 10 et 11 :

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : gastéropodes, algues, bivalves, ferruginisation

Pelloïdes : Pellets

Grains de quartz : rares

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite à microsparite

Texture : Floatstone

Lame 12

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : bivalves, gastéropodes, algues, plaques d'échinodermes, phyloïdes ; foraminifères, charophyte.

Cortoïdes : présents

Grains de quartz : rares

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite à microsparite ferrugineuse

Texture : Rudstone

Lame 13

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : bivalves à tests minces ;

Grains de quartz : fréquents, anguleux

- **Phase de Liaison**

Ciment : micrite et rhombes de dolomites

Texture : wackestone

Lame 14

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : bivalves ; plaques d'échinodermes ; phyloïdes ;

Oncoïdes : oncolithes

Ooïdes : oolithes

- **Phase de Liaison**

Ciment : microsparite et rhombes de dolomites

Texture : Grainstone

Lame 15

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : plaques d'échinodermes ; bivalves phyloïdes ; gastéropodes ;

Oncoïdes : oncolithes

Ooïdes : oolithes

Clastes : lithoclastes (calcaire oolithique)

- **Phase de Liaison**

Ciment : microsparite

Texture : Floatstone/Rudstone

Lame 16 et 17

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : Bivalves jointifs par endroits et flotants ;

Grains de quartz : rares, subanguleux

- **Phase de Liaison**

Ciment : microsparite et rhombes de dolomites

Texture : Floatstone à rudstone

Lame 18

- **Éléments figurés**

Grains squelettiques : bivalves ; plaques d'échinodermes ; phyloïdes ;

Ooïdes : oolithes

Oncoides : oncolithes

Grains de quartz : rares.

- **Phase de Liaison** : microsparite

Ciment : microsparite et rhombes de dolomites

Texture : Rudstone

Lame19

- **-Éléments figurés**

Grains squelettiques : Bivalves.

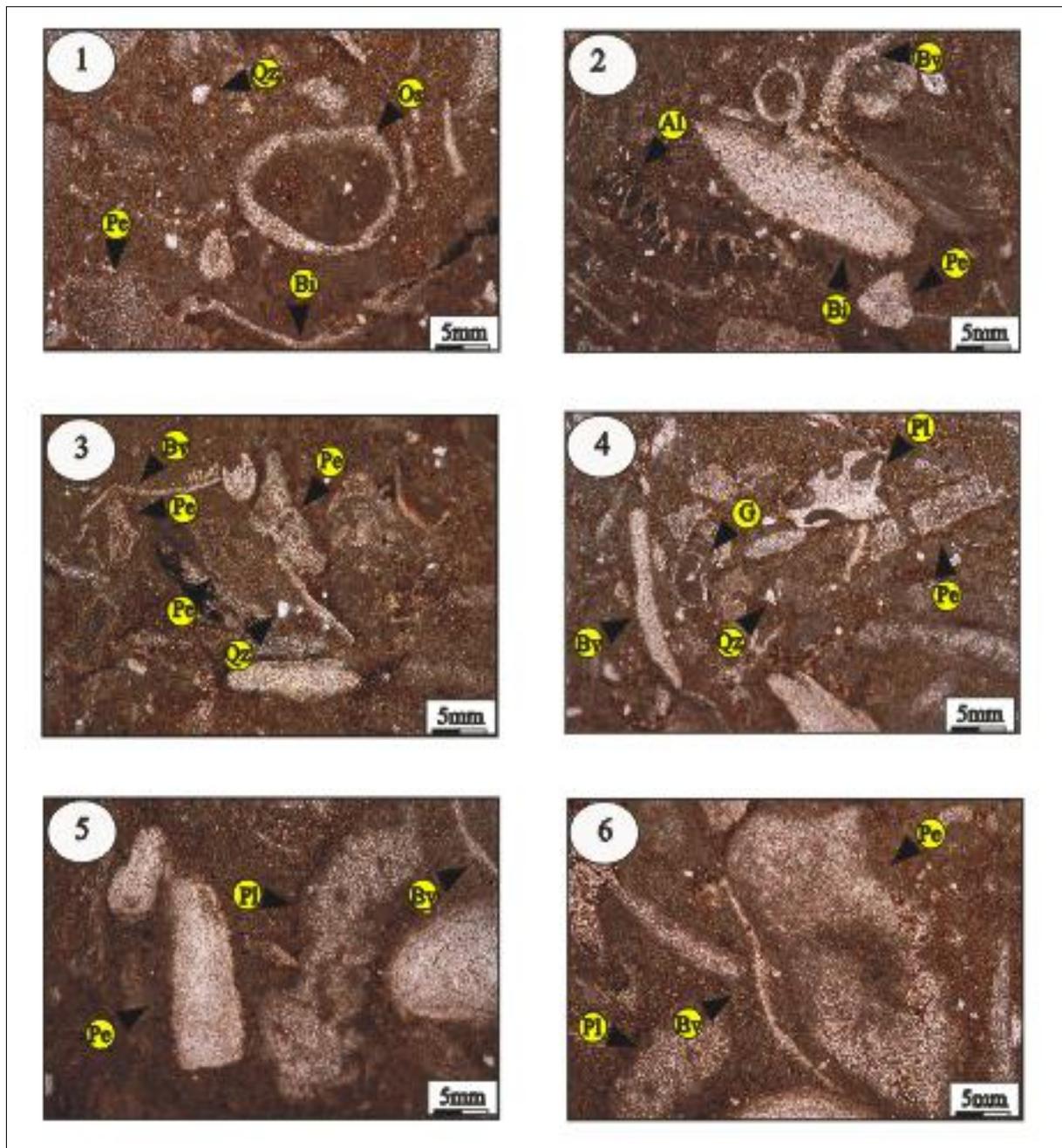
Pelloïdes : Pellets

- **Phase de Liaison** :

Ciment : microsparite et dolomites

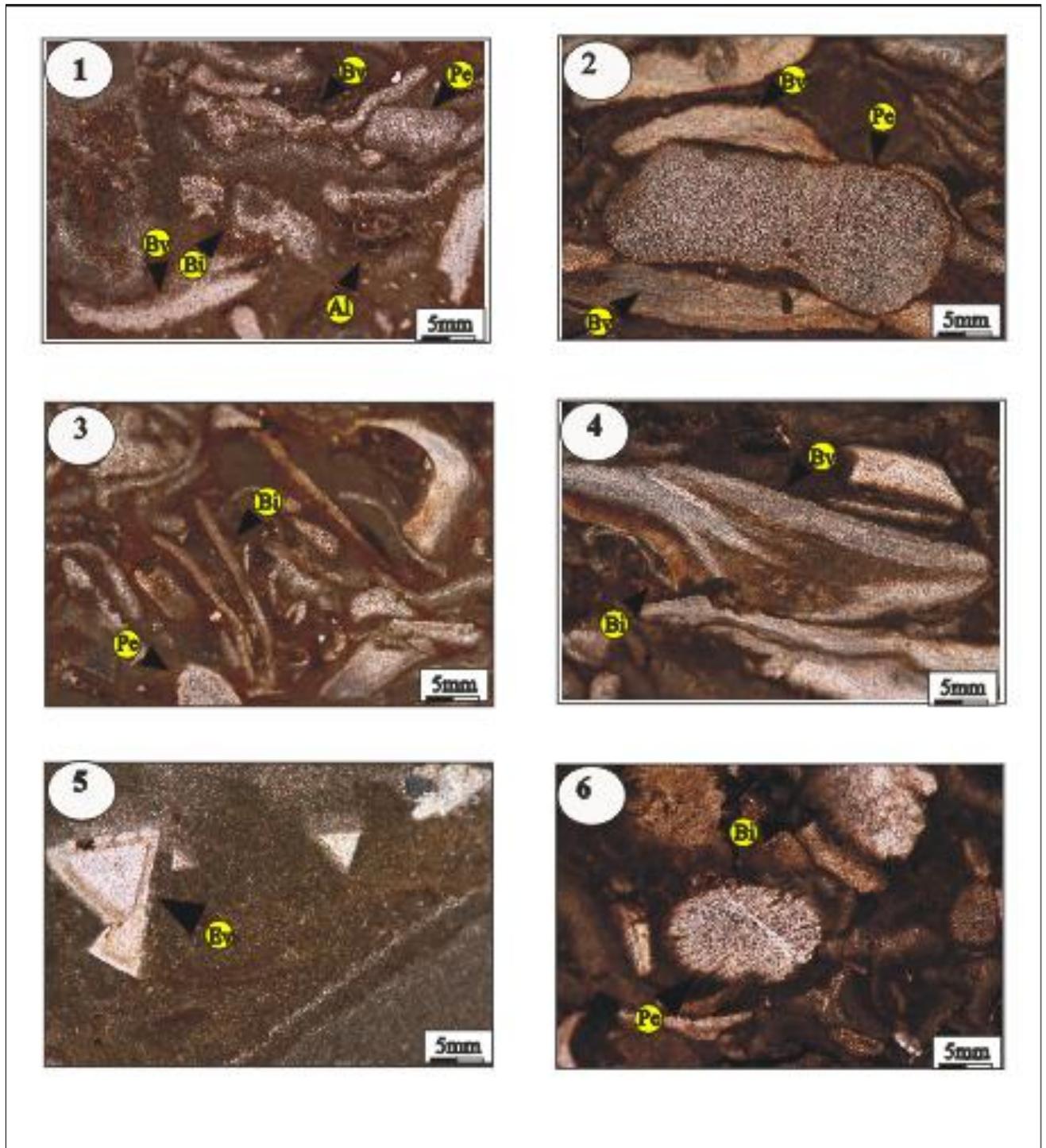
Texture : Floatstone.

Planche 1

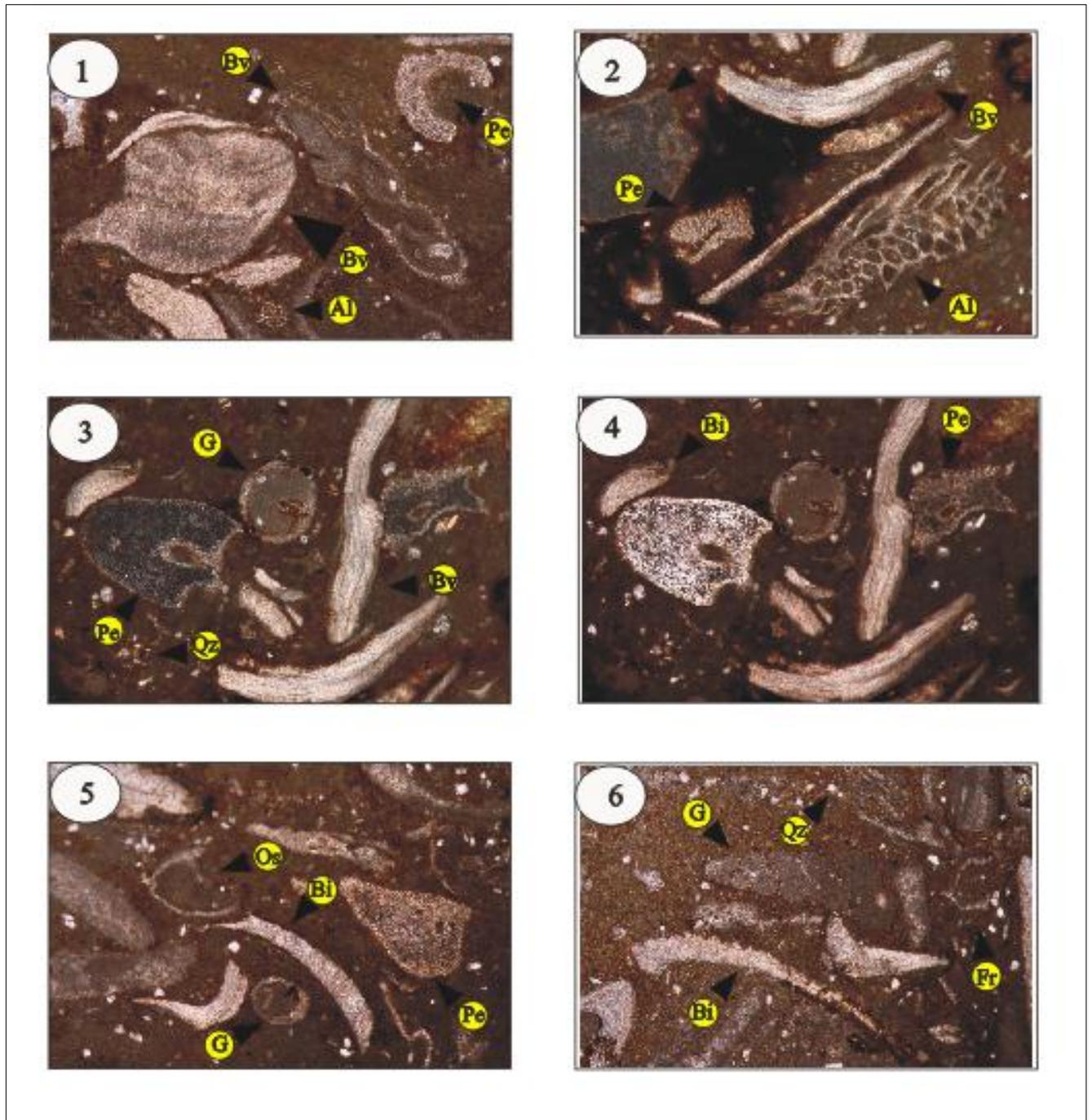


Pl 01 : Pe : plaques d'échinodermes ; Os : ostracode ; Bv : bivalves ; G : gastéropodes ; Bi : bioclastes ; Cr : cortoïdes ; Al : algues ; Pl : pelletes ; Qz : quartz.

Planche 02

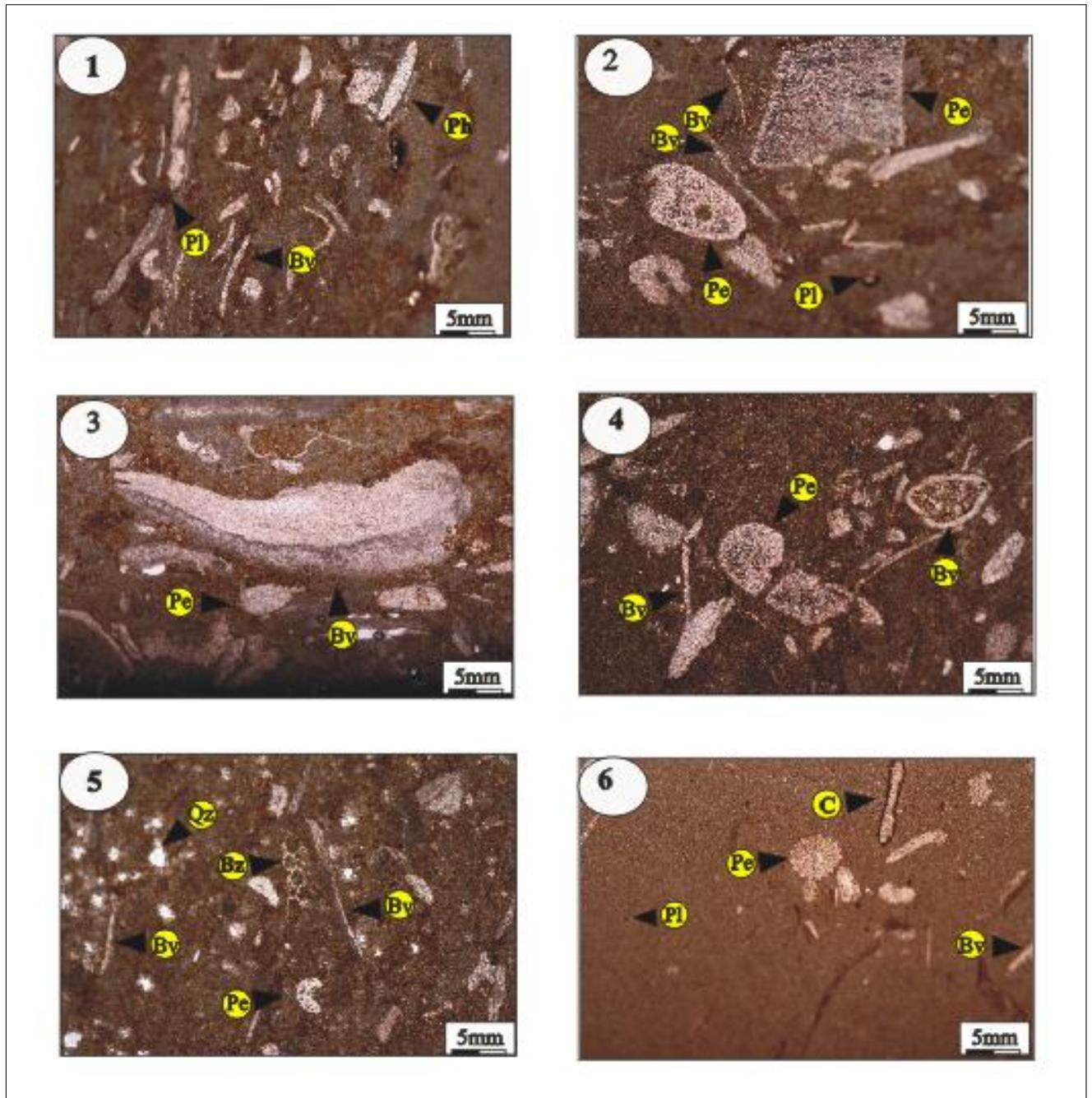


Pl 02 : Bv : bivalves ; Bi : bioclaste ; Pe : plaques d'échinodermes ; Al : Algues ; Ev : évaporites

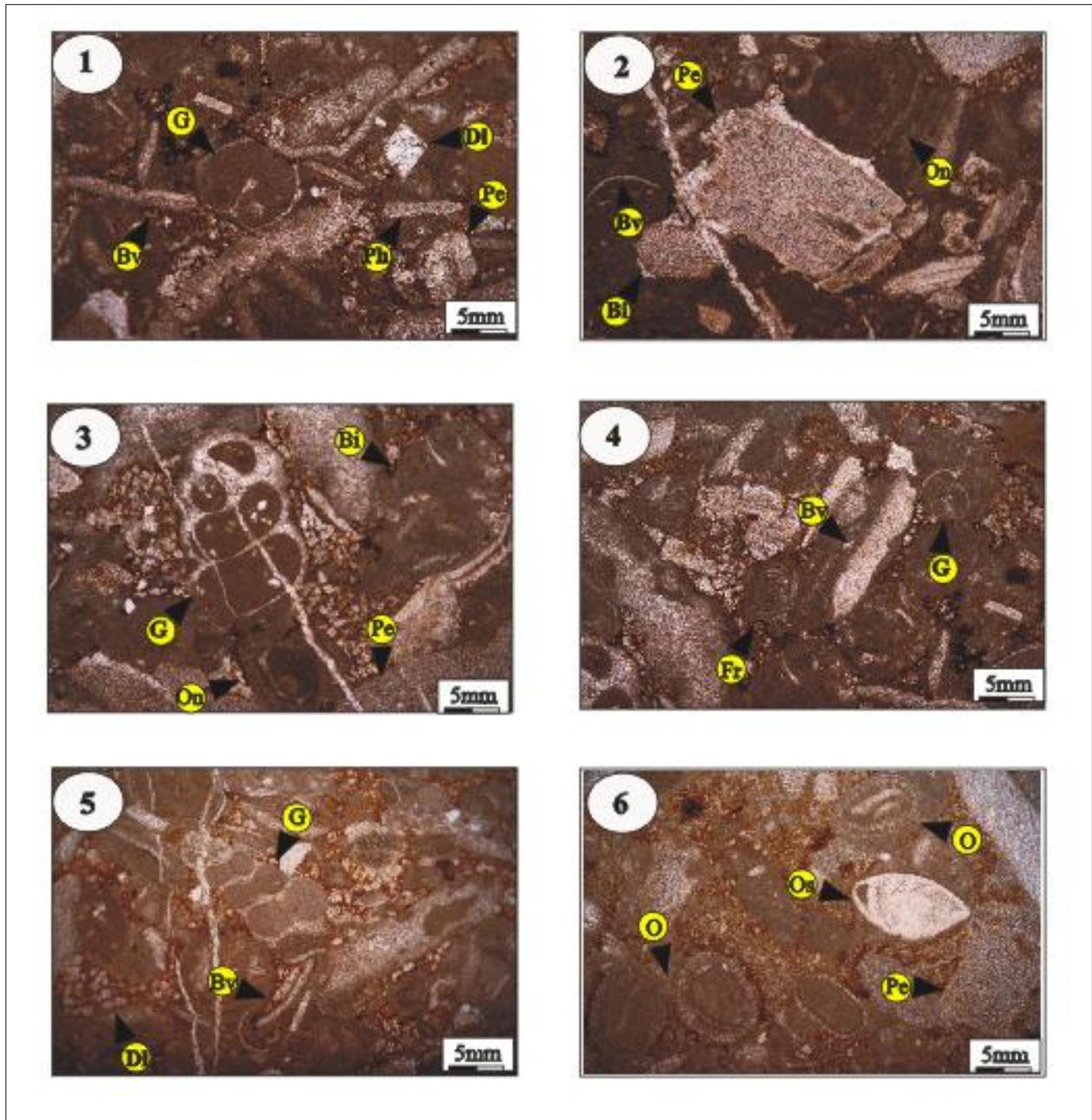
Planche 03

Pl 03 : Bv : bivalves ; Bi : bioclaste ; Pe : plaque d'échinodermes ; Al : Algues ; G : gastéropodes ; Qz : quartz ; Fr : foraminifères ; Os : ostracodes.

Planche 04

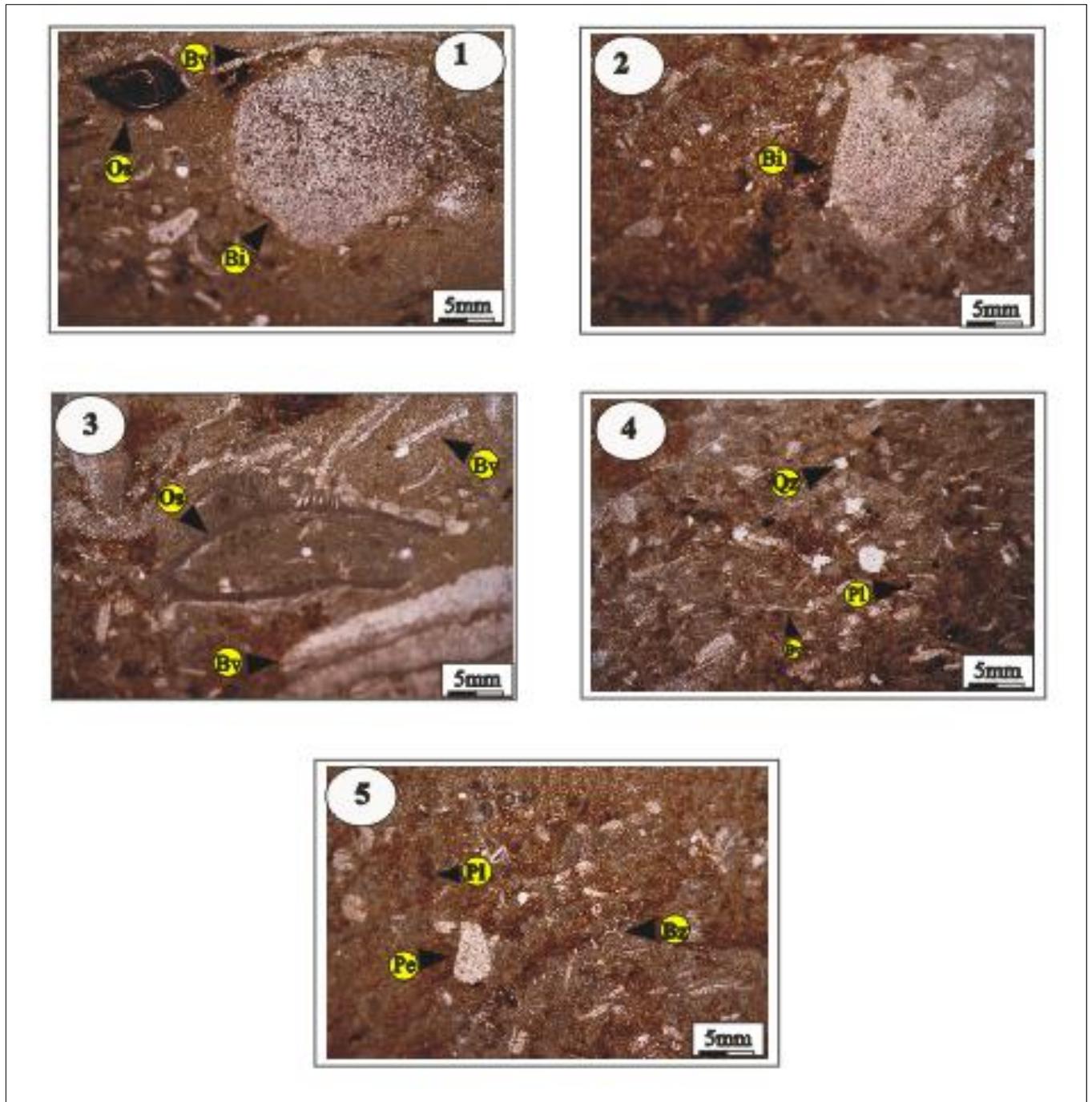


Pl 04 : Pl : pellets ; Ph : phyloïdes ; Pe : Plaques d'échinodermes ; Bv : bivalves ; Bz : bryozoaires ; C : cortoïdes .

Planche 05

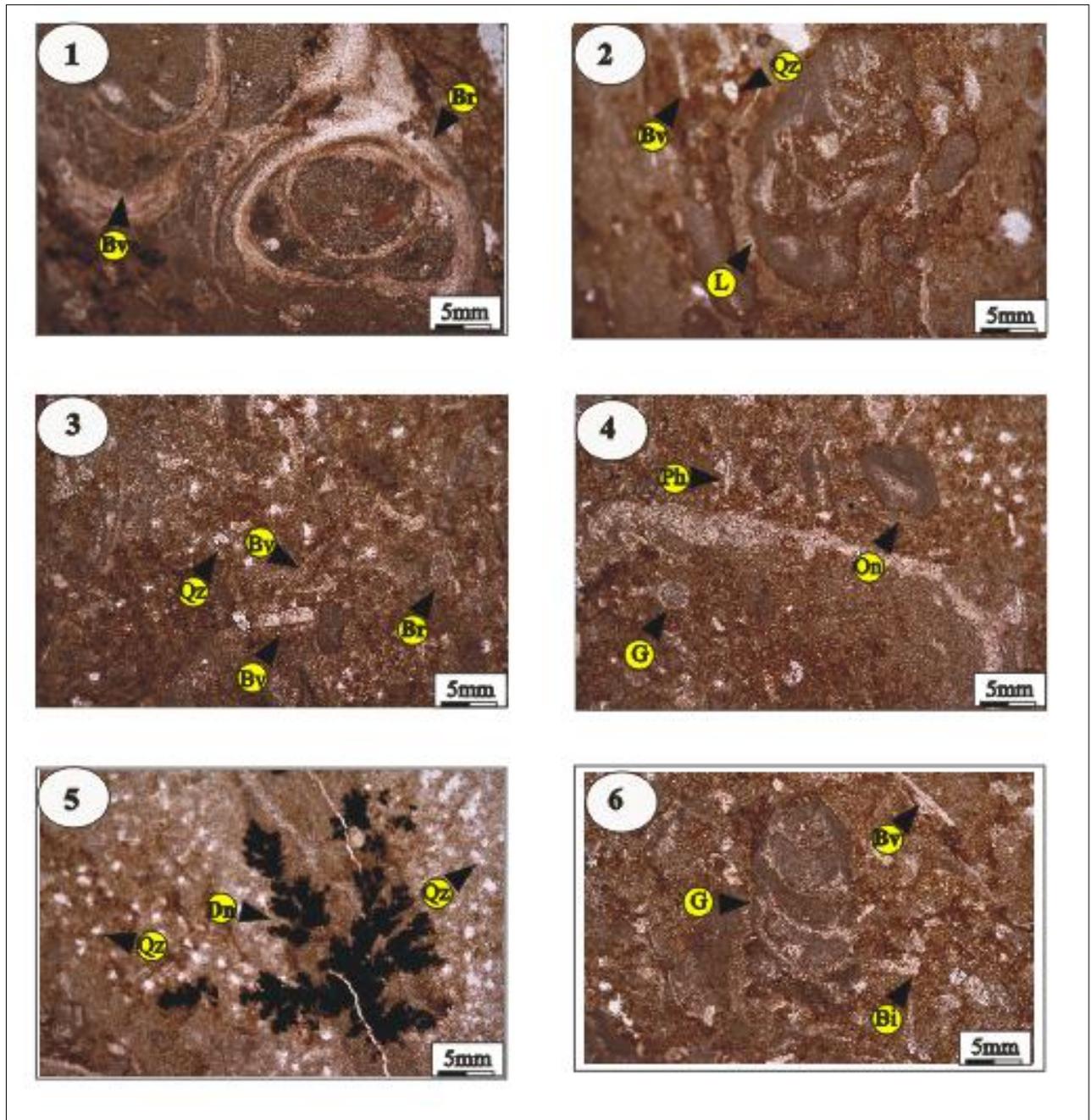
Pl 05 : G : gastéropodes ; Bv : bivalves ; Dl : Dolomie ; Pe : plaque d'échinodermes ; Ph : phylloïdes ; Bi : bioclastes ; On : oncoïdes ; Fr : Foraminifères ; O : oolithe ; Os : ostracodes.

Planche 06



Pl 06 : Bv : bivalves ; Os : ostracodes ; Bi : boiclasates ; Pl : pellets ; Bz : Bryozoaires ; Qz : quartz.

Planche 07



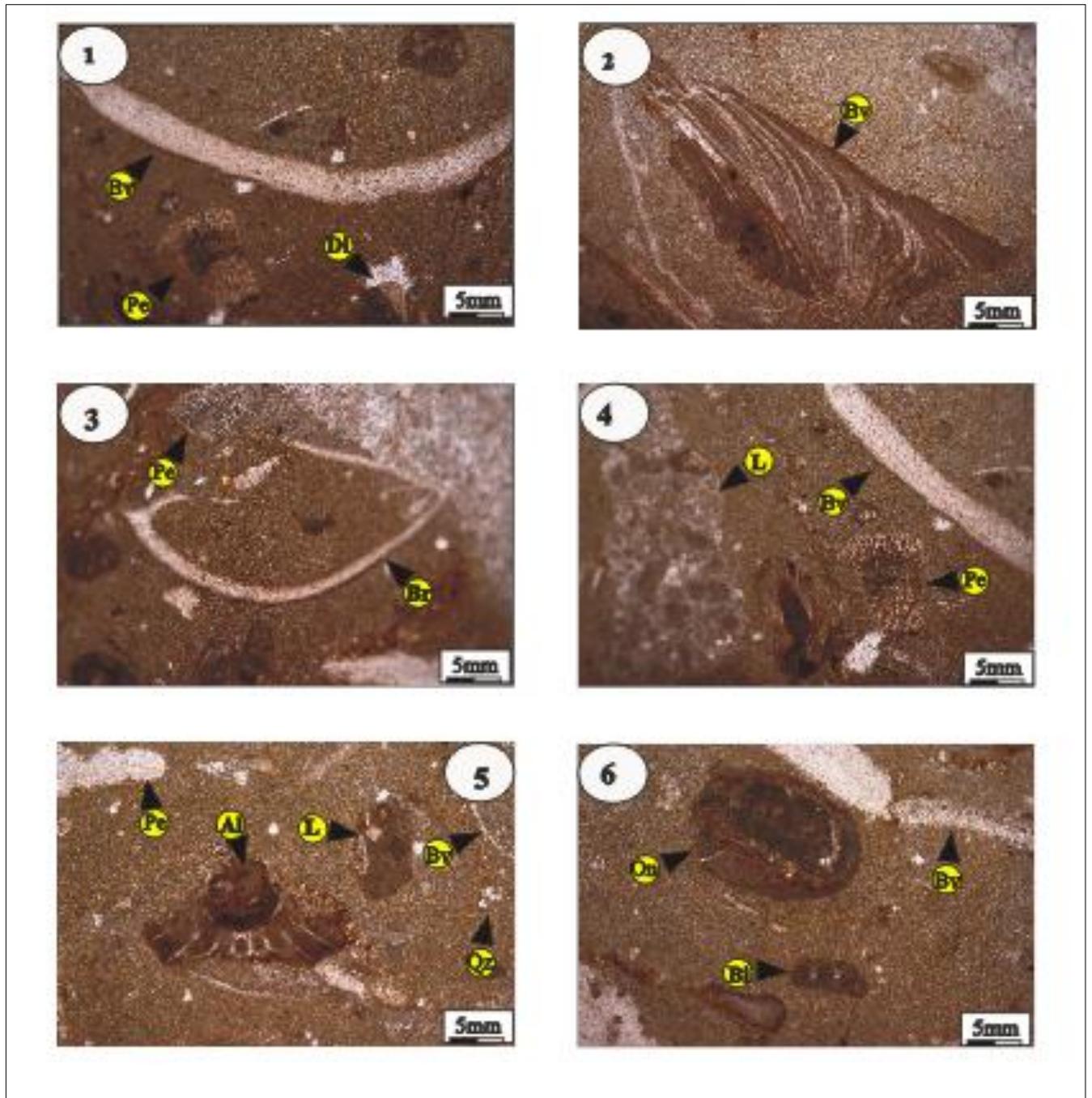
Pl 07 : Br : brachiopodes ; Bv : bivalves ; G : gastéropodes ; Ph : phyloïdes ; On : oncoïdes ; Bi : bioclaste ; L : lithoclaste ; Qz : quartz ; Dn : dendrites.

Planche 08



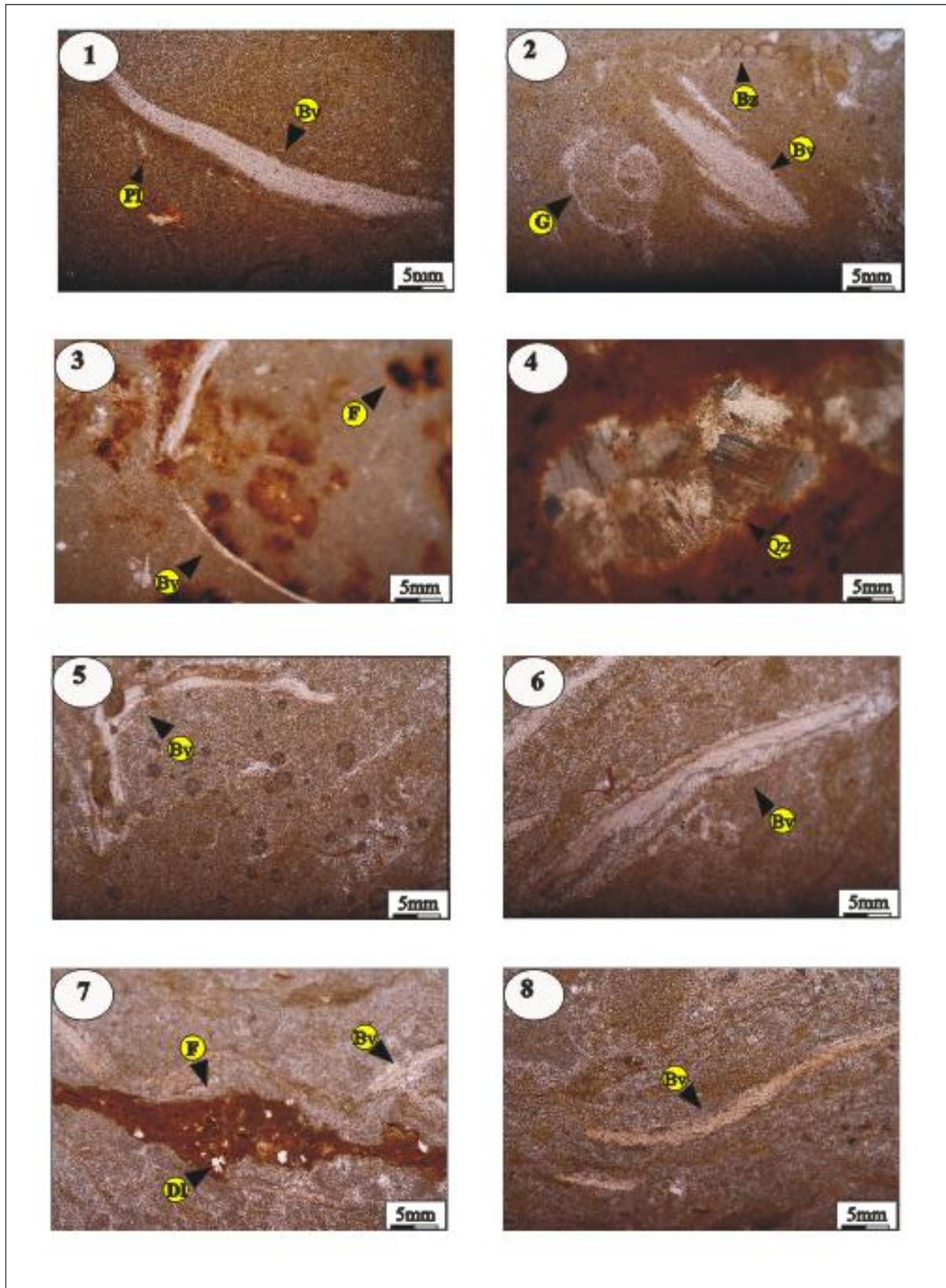
Pl 08 : Co : calcaire oolithique ; O : oolithe ; Al : Algues ; Bv : Bivalves ; Bi : bioclastes ; G : gastéropodes ; Dl : Dolomite ; On : oncolithes ; Pe : plaque d'échinodermes ; Fr : Foraminifères ;

Planche 09



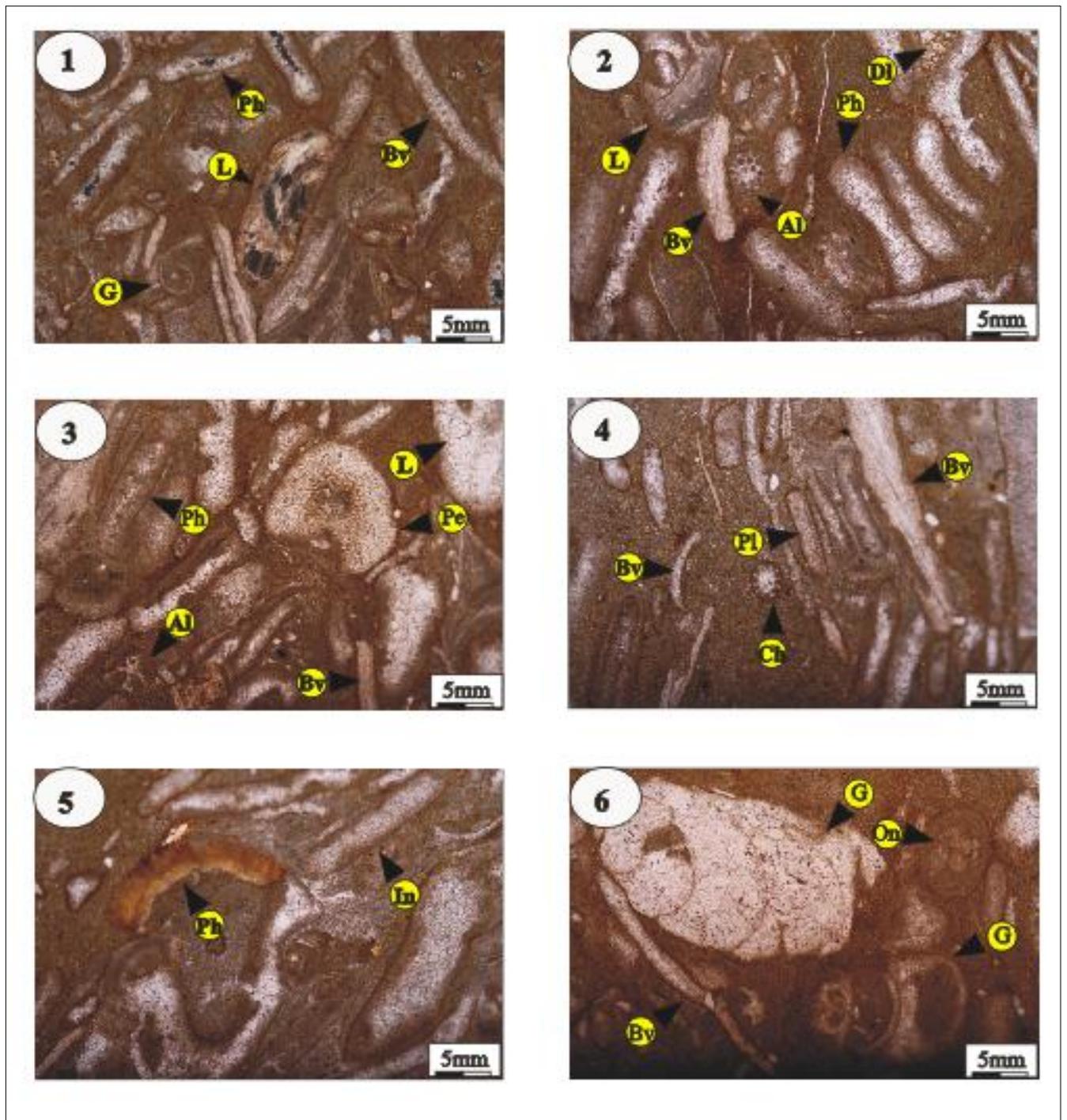
Pl 09 : Bv : bivalves ; Pe : plaques d'échinodermes ; On. oncolithes ; Dl : Dolomite ; Br : Brachiopodes ; L : lithoclaste ; Al : Algues ; Qz : quartz.

Planche 10/11



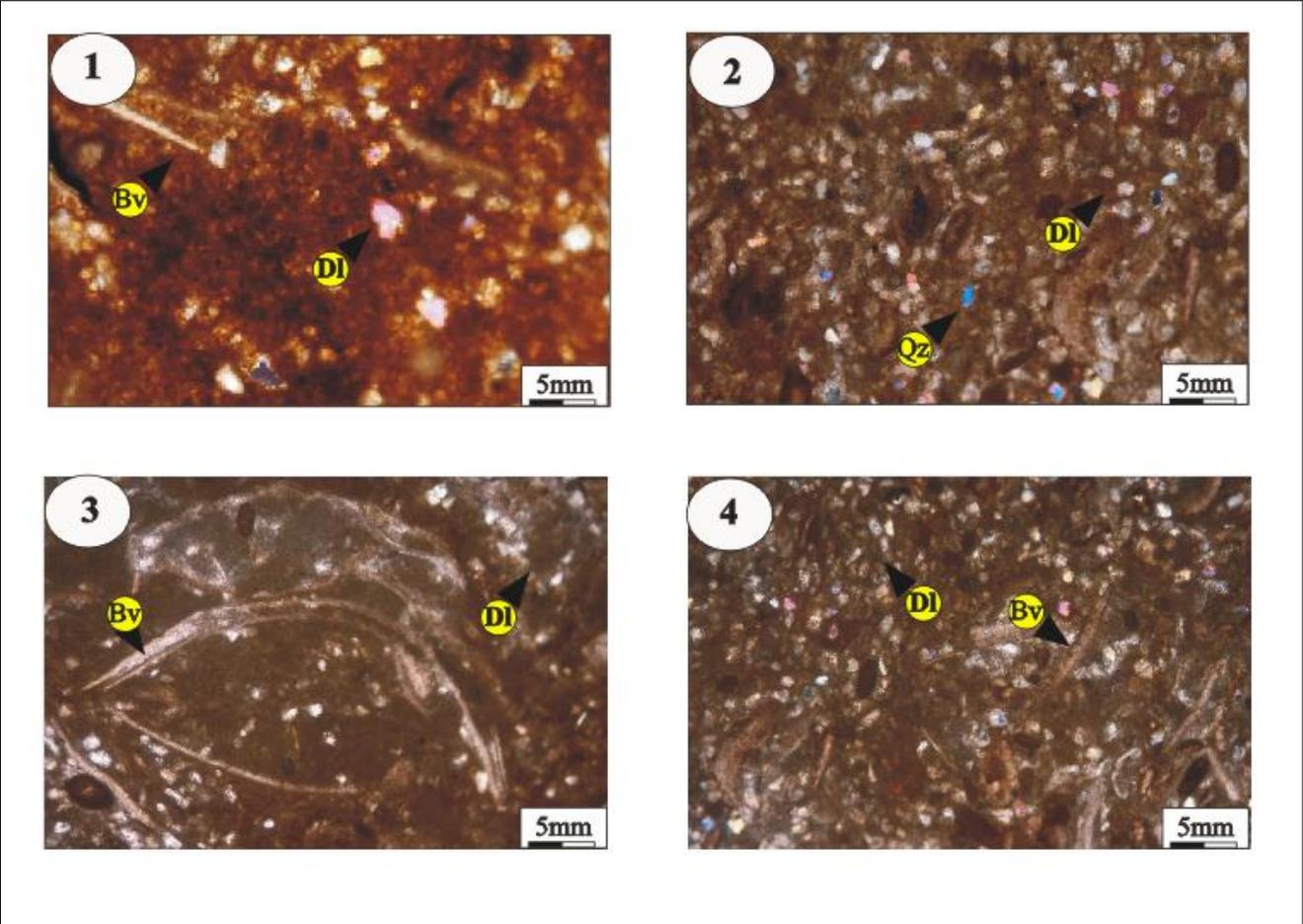
Pl 10/11 : Bv : bivalves ; Pl : pellets ; Bz : bryozaires ; G : gastéropes ; Dl : Dolomies rhomboédrique ; Qz : quartz ; F : ferrugination

Planche 12



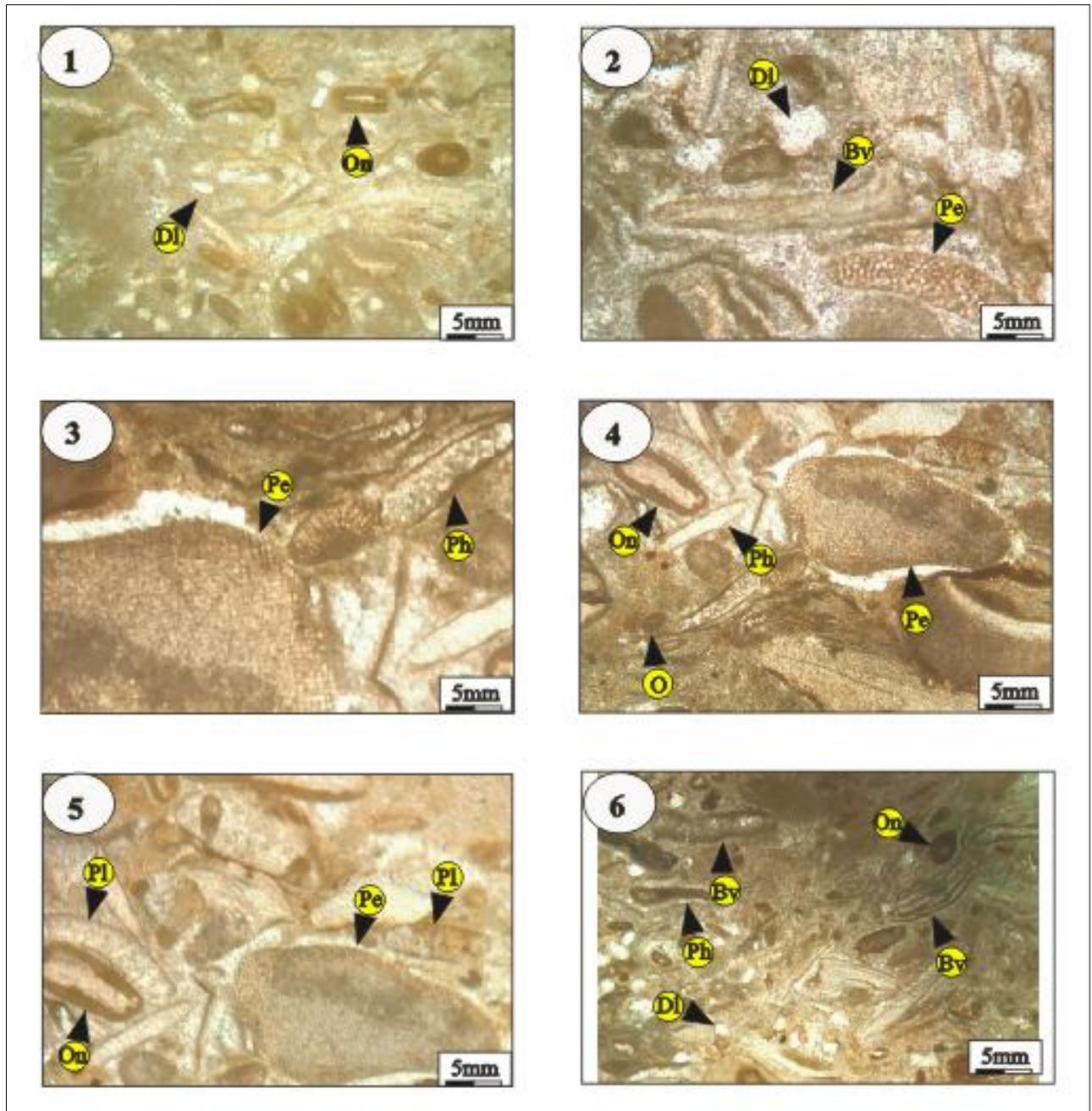
Pl.12 : Bv : bivalve, G : gastéropodes, Al : algues, Pe : plaques d'échinodermes, Co :
cortoïdes , Ph : phyloïdes ,Fr : foraminifères ; Ch : charophyte

Planche 13



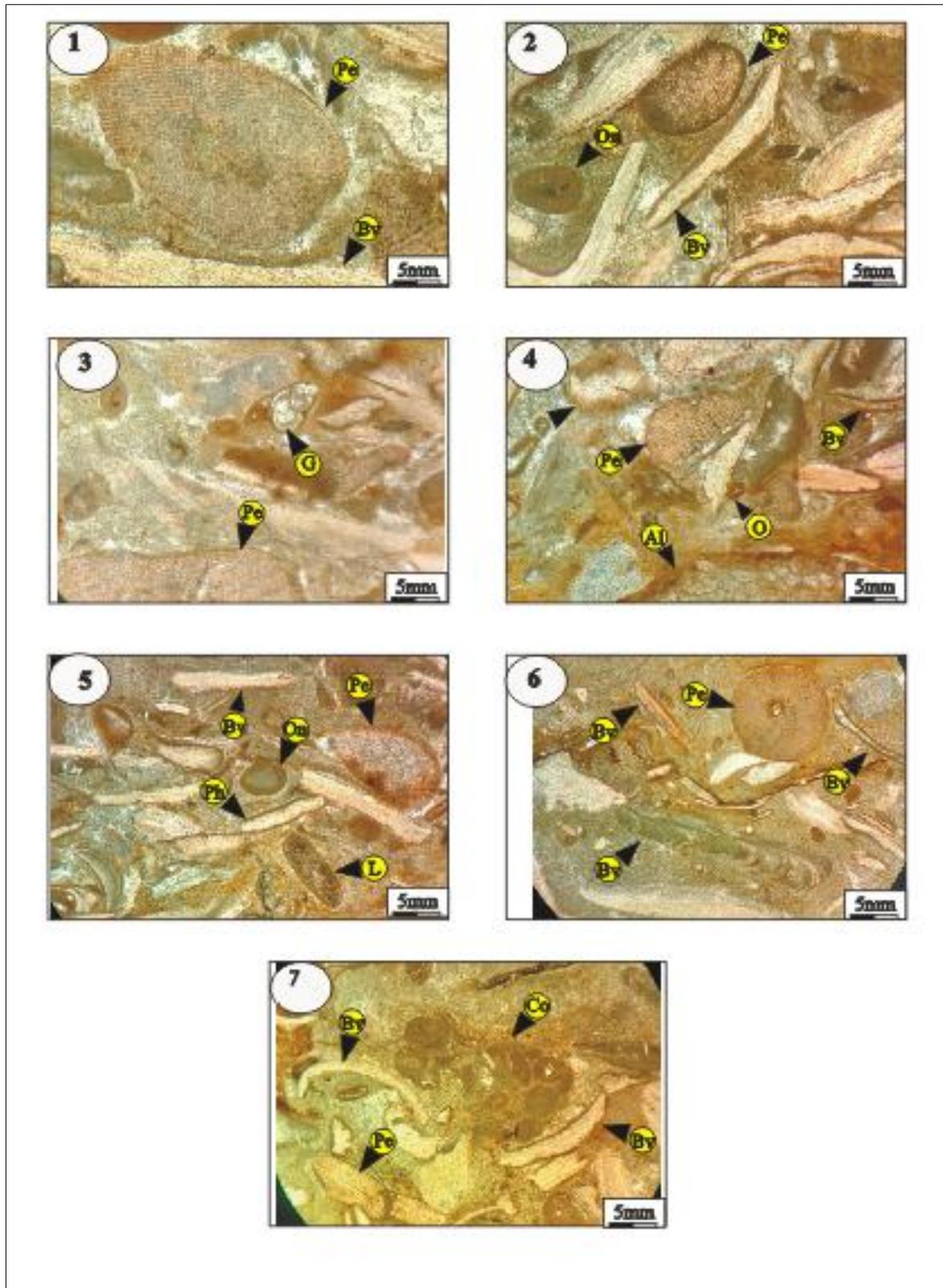
Pl 13 : Bv : bivalves ; Dl : rhombes de dolomites ; Qz : quartz

Planche 14



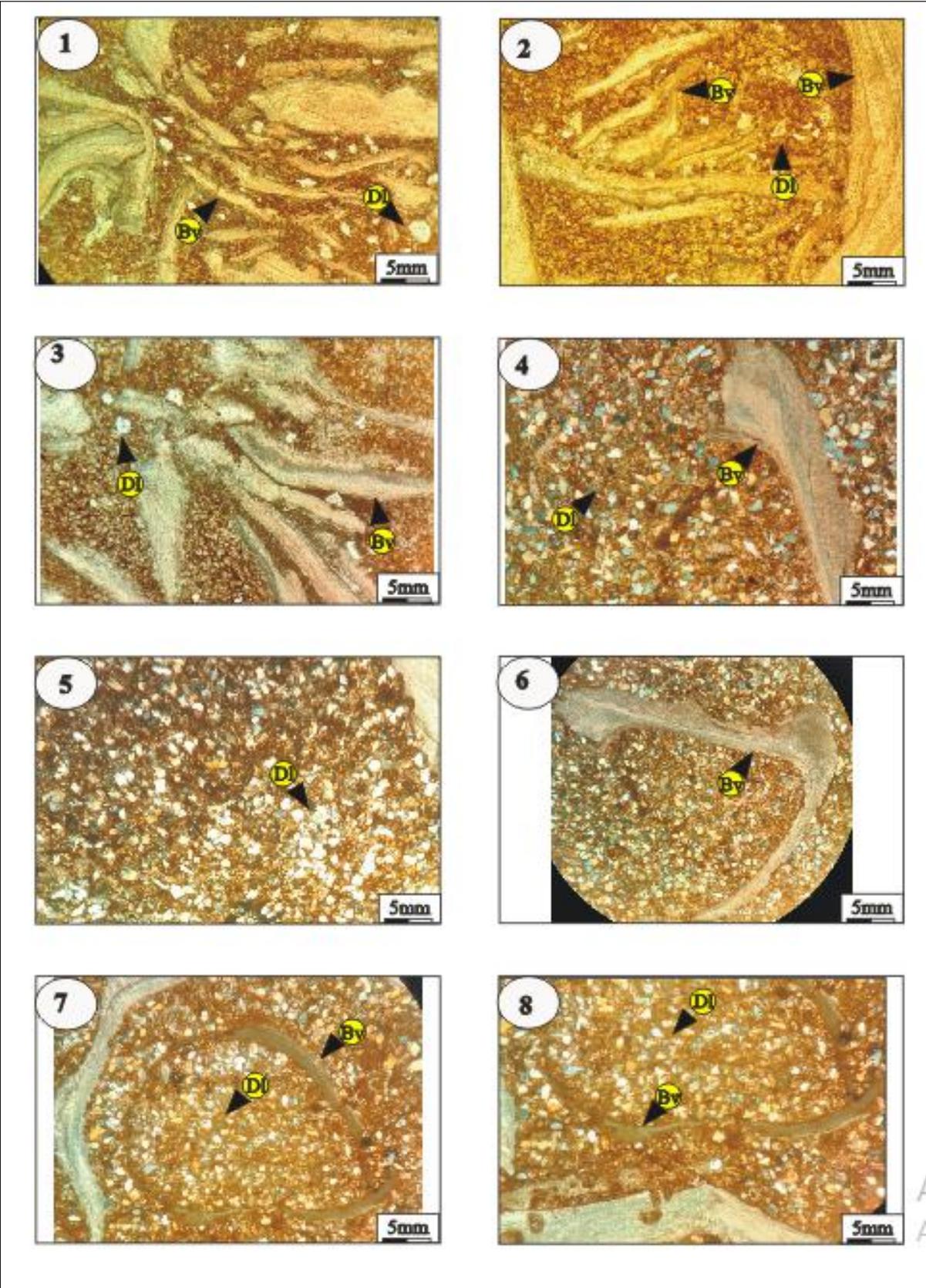
Pl 14 : On : oncoïdes ; Bv : bivalves ; Pe : plaques d'échinodermes ; Ph : phyloïdes ; O : oolithe ; Dl : Dolomies Rhomboédrique

Planche15



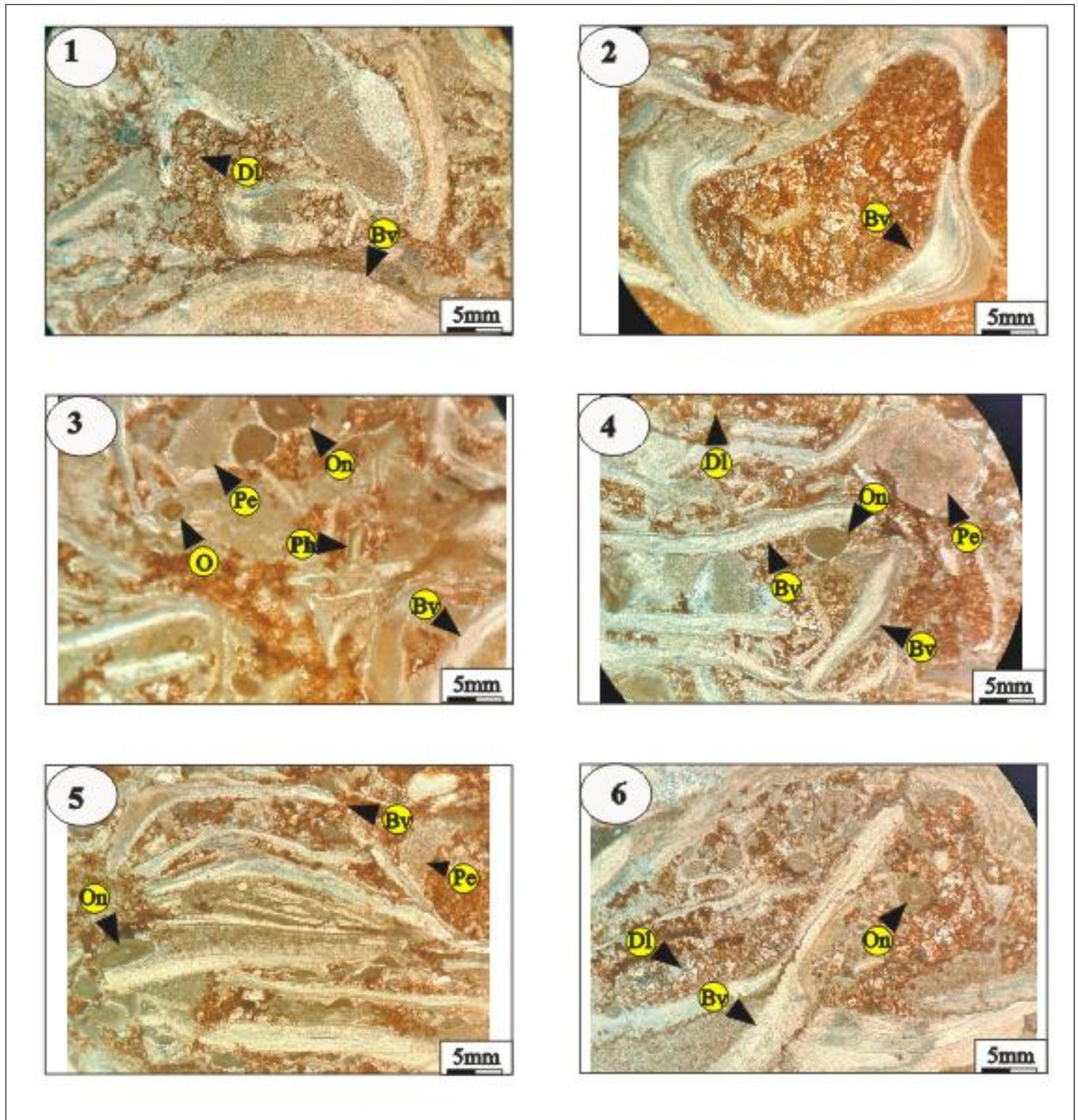
Pl 15 : Pe : plaques d'échinodermes ; Bv : bivalves ; On : oncolithes ; O : oolithes ; Ph : phyloïdes ; G : gastéropodes ; Co : calcaires oolithiques ; L : lithoclastes

Planche 16/17



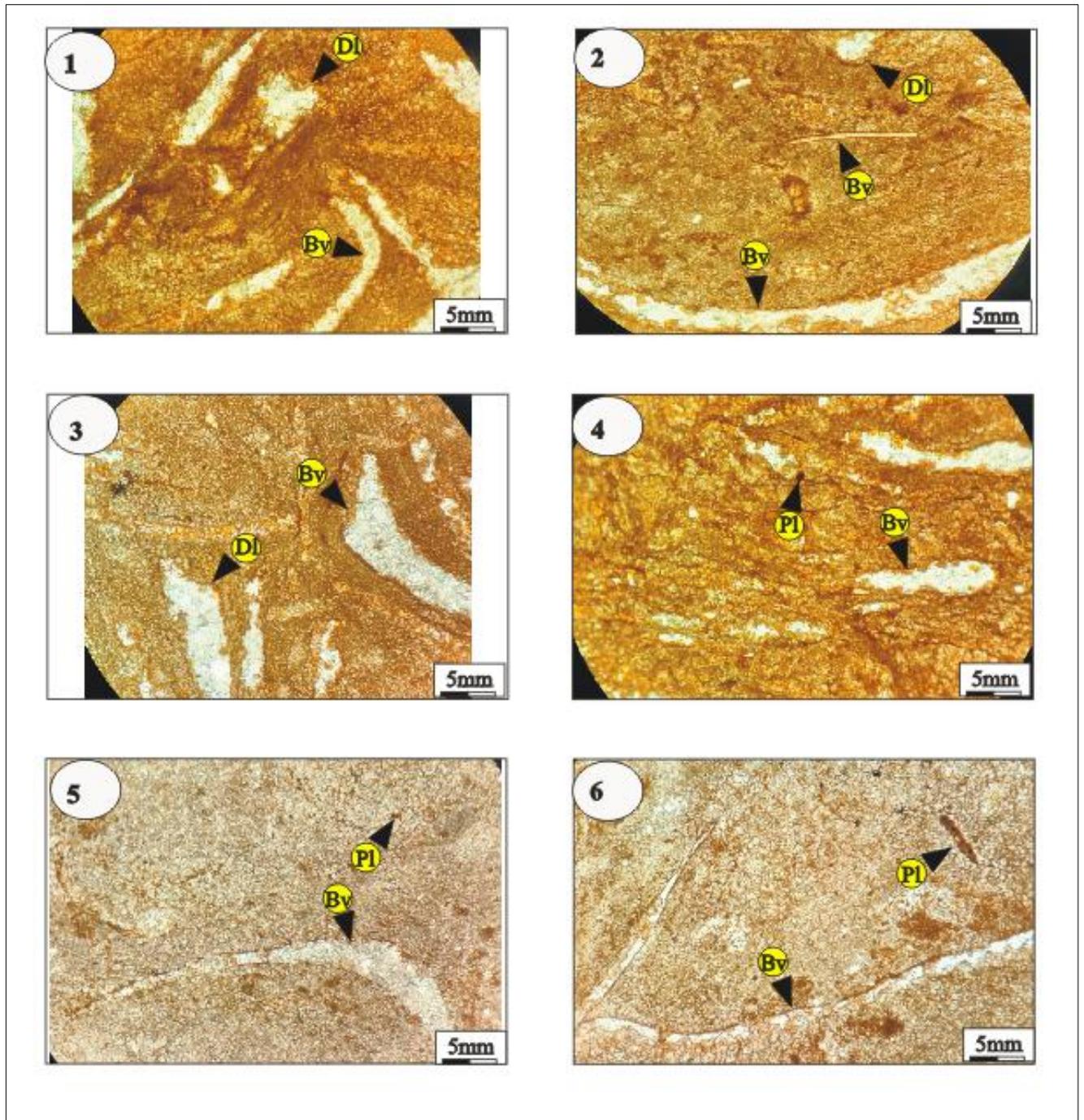
Pl 16/17 : Bv : bivalves. ; Dl : rhombes de dolomites ; Qz : grains de quartz

Planche 18



Pl 18 : Bv : bivalves ; Pe : plaques d'échinodermes ; Ph : phylloïdes ; On : oncolithes, O : oolites ; Dl : Rhombes de dolomite.

Planche19



Pl 19 : Bv : bivalves ; Pl : pellets ; Dl : Rhombes de dolomites.

1. Tableau récapitulatif des microfaciès identifiés :

Le tableau (Fig.12) correspond à un récapitulatif des différents constituants et leurs phases de liaison identifiés dans les niveaux calcaires de la Formation de Sfisifa. Il servira de base de données pour les intégrer dans des MFT selon les modèles proposés par Flüggel (2010).

Banc	N° Lame	Les composants	Ciment	Texture
1	N°1	Plaques d'échinodermes ; ostracode ; bivalves ; gastéropodes ; bioclastes ; cortoïdes ; algues ; pellets ; quartz.	Micrite	Packstone
2	N°2	Bivalves ; plaques d'échinodermes ; Algues ; évaporite.	Micrite à microsparite	Rudstone
2	N°3	Bivalves, plaques d'échinodermes, algues, intraclastes, gastéropodes, ostracodes, Foraminifères.	Micrite	Floatstone
4	N°4	Bivalves dont fragments d'huîtres (Ostrea !), plaques d'échinodermes ; fragment de bryzoaire. Pelloïdes.	Microsparite	Floastone
5	N°5	Gastéropodes, bivalves, plaques d'échinodermes, phyloïdes, rhomboèdres de dolomite, foraminifère ; Pelloïdes, Ooïdes.	Dolomie ferrugineuse	Rudstone
6	N°6	Ostracodes, bioclastes recristallisés, plaques d'échinodermes, bivalves, bryzoaires ; Grains de quartz	Micrite	Floatstone/Rudstone
8	N°7	Brachiopode, Bivalves, gastéropode, bryzoaire.	Micrite	Floastone/Rudstone
10	N°8	Algues, foraminifères, plaques d'échinodermes Ooïdes, lithoclastes de calcaire oolithique	Micritique ferrugineuse /dolomitique	Floastone/Rudestone
11	N°9	Algues, bivalves, plaques d'échinodermes, Oncoïdes, lithoclastes calcaires.	Micrite/ Microsparite	Floastone/ Packstone
12/13	N°10/11	Gastéropodes, algues, bivalves, ferruginisation, Pelloïdes.	Micrite/ Microsparite	Floastone
15	N°12	Bivalves, gastéropodes, algues, plaques d'échinodermes, phyloïdes ; foraminifères, charophyte. Cortoïdes	Micrite/ Microsparite très ferrugineuse	Floastone/Rudstone
16	N°13	Bivalves ; Rhombes de dolomitesn ; quartz	Micrite	Wackestone
17	N°14	Bivalves ; plaques d'échinodermes ; phyloïdes ; Oncoïdes, Ooïdes.	Microsparite	Grainstone
19	N°15	Plaques d'échinodermes ; bivalves phyloïdes ; gastéropodes ; Oncoïdes, Ooïdes, lithoclastes	Microsparite	Floastone/Rudstone
21/23	N°16/17	Bivalves ; Grains de Quartz.	Microsparite/ dolomie rhomboèdre	Floastone/Rudstone
25	N°18	Bivalves ; plaques d'échinodermes ; phyloïdes ; Ooïdes, Oncoïdes.	Microsparite	Rudstone
29	N°19	Bivalves ; pelloïdes.	Microsparite/Dolomitisation	Floatstone

Fig. 12 : Tableau récapitulatif des différents constituants dans les niveaux calcaires de la Formation de Sfisifa.

I. 2. Les Types de microfaciès (*Microfacies Types*) MFT de Flügel (2010) :

Les milieux de dépôt sont interprétés à partir de la définition des faciès (microfaciès) et de leurs associations. Selon le modèle de Flügel (2010) les faciès ont été subdivisés en unités de composition similaire, correspondant à des environnements de dépôt spécifiques pour intégrer les données des microfaciès et des roches carbonatées : lithofaciès (texture et composition) et biofaciès (contenu fossilifère).

Pour but de définir les types de microfaciès (*Microfacies Types ou MFT*) présents dans la formation étudiée, et de les comparer aux modèles proposés. Les microfaciès sont classées en : i) en standard microfaciès (Standard Microfacies Type SMF) (**Fig. 13**), et ii) microfaciès de rampe (*Rampe Microfacies Type* RMF) (**Fig. 14**) et ii), avec des équivalences entre certains types. En effet certains types de microfaciès ont des distributions assez larges, d'où l'utilité de comparer les deux modèles en usant du « *microfacies neighbour* ».

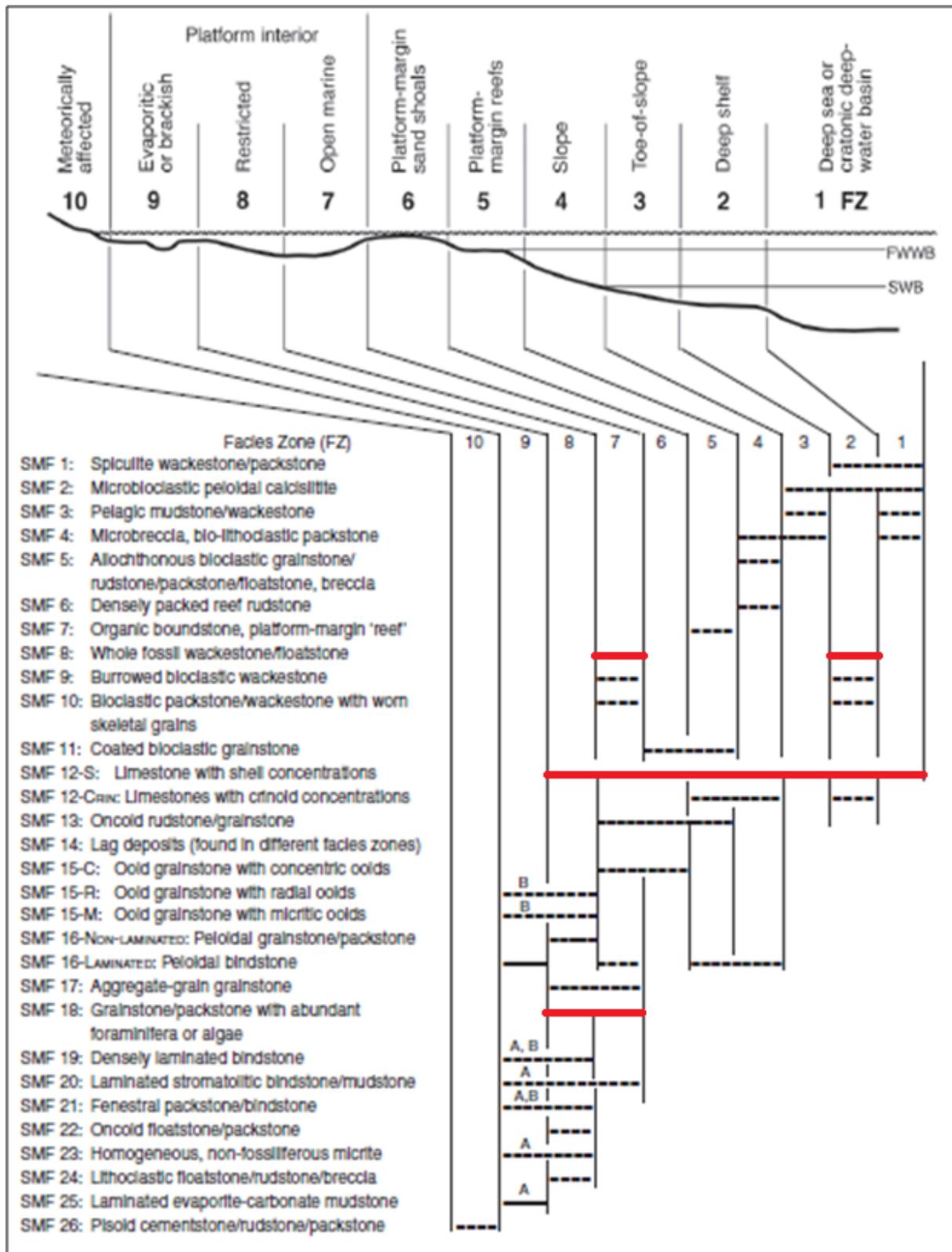


Fig.13: Distribution des types de SMF dans les zones de faciès du modèle de plate-forme carbonatée bordée. (Flügel, 2010).

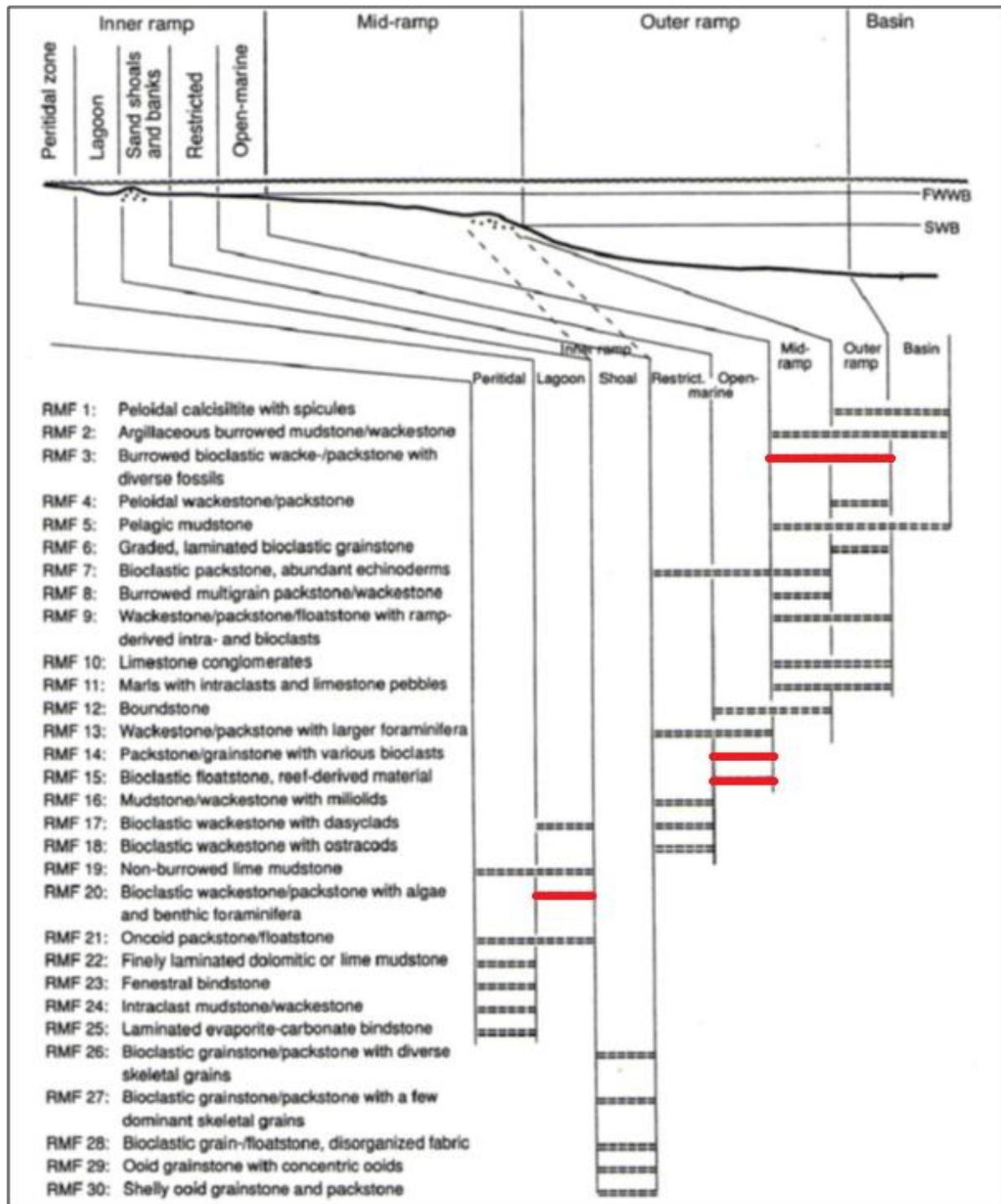


Fig14: Distribution des types de microfaciès du Paléozoïque et Mésozoïque (*Ramp microfacies type*) (Flügel, 2010).

III. Les types de microfaciès (MFT) des calcaires de Sfisifa :

III.1. SMF B : Wackestone / Floatstone à fossiles entiers préservés

Cet ensemble de microfaciès est représenté dans les lames de l'ensemble 4, 5, 6, 7 et 8, et l'ensemble 13, 14 et 15. Il s'agit du SMF 8 de Flügel (2010). Dans les calcaires de Sfisifa, on rencontre des bivalves dominants associés accessoirement à des gastéropodes, des échinodermes et des brachiopodes, baignant dans une matrice de micrite à grains de quartz.

Le SMF B (= SMF 8) correspond à des packstones et grainstones, bioturbés, à intraclastes, oncoïdes et peloïdes. Il correspond au RMF 3 wackestones et packstones bioclastiques avec diverse faune (bivalves, brachiopodes et échinodermes) et peloïdes, avec présence de fossiles entiers.

Le SMF 8 correspond au FZ 7 (marin proximal ouvert) et FZ 2 (partie distale et profonde de la plateforme). Le RMF 3 caractérise des faciès de rampe moyenne à externe.

III. 2. SMF A : Grainstones / Packstones bioclastiques à ostracodes et algues vertes

Il s'agit des niveaux des lames 1, 2 et 3, et de la suite 9, 10/11 et 12, dominés par des plaques d'échinodermes et de fragments de bivalves associés à des ostracodes et algues vertes. C'est l'équivalent du SMF 18 de Flügel (2010) ; les variants du SMF 18 dépendent du peuplement dominant. Dans la Formation de Sfisifa, on a SMF 18-bivalves et SMF 18-brachiopodes, et la microfaune dominée par les ostracodes associés à des foraminifères benthiques.

Dans un système de rampe, ce faciès standard correspond aux wackestones bioclastiques à ostracodes (RMF 14 et RMF 20, Flügel, 2010, p. 719). Le SMF 18 caractérise l'environnement de rampe interne (proximale) ouverte fluctuant de restreint à ouvert (*Facies Zone* FZ 7 à 8), le RMF 14 de rampe ouverte, et RMF 20 de lagon.

III. 3. SMF C : Calcaire à concentration de bivalves

Ce faciès standard est représenté par les niveaux allant de 16/17 à 19. Il s'agit surtout de lumachelles à bivalves avec accessoirement des plaques d'échinodermes, phyloïdes, oolithes et oncoïdes. C'est l'équivalent du SMF 12-bivalves au sens Flügel (2010).

Ce faciès standard se rapproche aussi du RMF 15 de floatstones bioclastiques avec du matériel variable dérivant de récif (avec des débris d'algues et de bivalves pour la formation de Sfisifa).

Le SMF 12-bivalves caractérise tous les environnements allant du restreint au bassin par contre le RMF 15 caractérise uniquement la partie ouverte (distale) de la rampe interne.

IV. Conclusion :

L'analyse des microfaciès des niveaux calcaires de la formation de Sfisifa montre l'enchaînement des SMF suivants :

- SMF A (= SMF 18) de la lame 1 à 3 : Le SMF 18 caractérise l'environnement de rampe interne (proximale) fluctuant de restreint à ouvert (*Facies Zone* FZ 7 à 8), le RMF 14 de rampe ouverte, et RMF 20 de lagon.

- SMF B (SMF 8) de la lame 4 à 8 : Le SMF 8 correspond au FZ 7 (marin proximal ouvert) et FZ 2 (partie distale et profonde de la plateforme). Le RMF 3 caractérise des faciès de rampe moyenne à externe.

- SMF A (SMF 18) de la lame 9 à 12 : idem

- SMF B (SMF 8) de la lame 13 à 15 : idem

- SMF C (SMF 12) de la lame 16/17 à 19 : Le SMF 12-bivalves caractérise tous les environnements allant du restreint au bassin par contre le RMF 15 caractérise uniquement la partie ouverte (distale) de la rampe interne.

Il s'agit d'un enchaînement de cinq ensembles qui pourraient constituer cinq mésoséquences. Ces mésoséquences s'organisent en deux séquences transgressives d'ordre inférieur transgressives. L'ensemble constitue une séquence de Type T dont le terme régressif manque (**Fig. 15**).

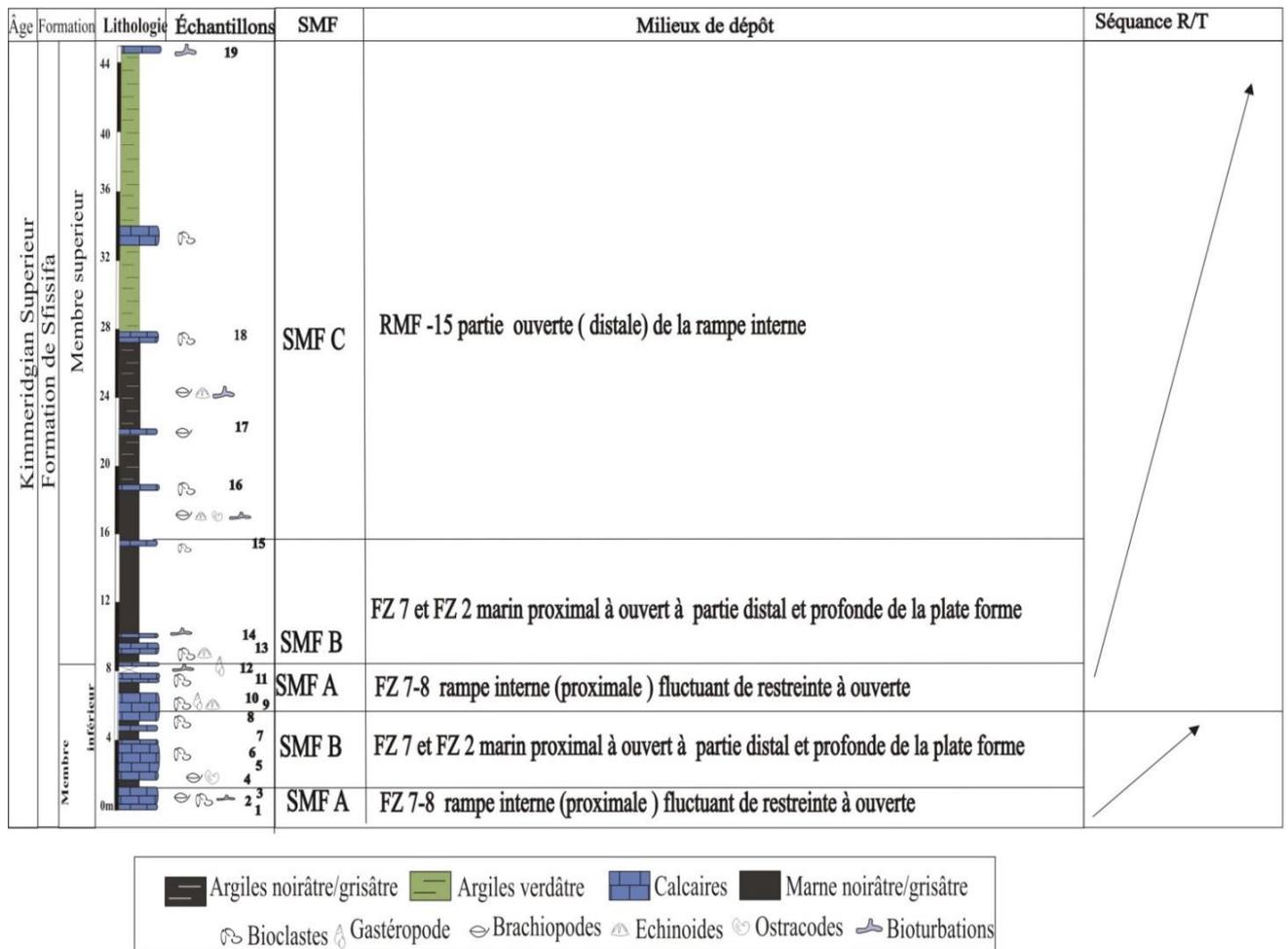


Fig15. : Interprétation de la coupe de la Formation de Sfisifa (secteur Laguermi)

CHAPITRE IV :

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La région d'étude est située dans la région d'El Bayadh (Atlas saharien central ou Djebel Amour). Plusieurs formations ont été définies par Mahboubi *et al.* (2021), et parmi lesquelles, on a la Formation de Sfisifa, définie à Djebel Er Roken, près du village de Sfisifa, à 45 km à l'Est de la ville d'El-Bayadh.

Notre secteur d'étude concerne la localité de Laguermi, localisée à environ 09 k au SE d'El-Bayadh, où la Formation de Sfisifa affleure sous forme de barres calcaires et de combes de marnes.

Cette Formation de Sfisifa, d'âge Jurassique supérieur (Kimméridgien supérieur), a été subdivisée en deux membres ; un membre inférieur (8m) à alternances marno-calcaire. Les niveaux marneux sont noirs à gris, à faune benthique (Echinodermes, bivalves, brachiopodes) et sont relativement réduits en épaisseur, en alternance avec des calcaires bioclastiques ; un membre supérieur (38,7m) à combes marneuses plus développées, d'épaisseurs décamétriques, et des passées calcaires à bivalves et débris de brachiopodes.

L'étude des microfaciès des niveaux calcaires concerne 19 lames minces. Les caractéristiques des éléments figurés et de la phase de liaison (ciment) nous ont permis de distinguer différents microfaciès réunis en SMF selon la nomenclature et les modèles de Flügel (2010). Trois principaux SMF ont été identifiées : SMF A (Grainstones / Packstones bioclastiques à ostracodes et algues vertes), SMF B (Wackestones / Floatstones à fossiles entiers préservés) et SMF C (Calcaires à concentrations de bivalves).

- SMF A (= SMF 18 de Flügel, 2010) de la lame 1 à 3 : Le SMF 18 caractérise l'environnement de rampe interne (proximale) fluctuant de restreint à ouvert (*Facies Zone* FZ 7 à 8), le RMF 14 de rampe ouverte, et RMF 20 de lagon.

- SMF B (SMF 8) de la lame 4 à 8 : Le SMF 8 correspond au FZ 7 (marin proximal ouvert) et FZ 2 (partie distale et profonde de la plateforme). Le RMF 3 caractérise des faciès de rampe moyenne à externe.

- SMF A (SMF 18) de la lame 9 à 12 : idem

- SMF B (SMF 8) de la lame 13 à 15 : idem

- SMF C (SMF 12) de la lame 16/17 à 19 : Le SMF 12-bivalves caractérise tous les environnements allant du restreint au bassin par contre le RMF 15 caractérise uniquement la partie ouverte (distale) de la rampe interne.

Ces SMF caractérisent deux méso-séquences transgressives réunies en une séquence d'ordre 3 transgressive.

La superposition de cette formation par le complexe continental intercalaire traduit une grande phase de régression, représentée par la lacune du Portlandien, absent dans notre secteur. Il serait représenté vers le NE du Djebel Ammour (région de Laghouat) ou encore il serait érodé avant l'arrivée des épandages deltaïques et alluvionnaires du continental intercalaire.

Liste des Figures :

Fig.1 : Cadre géographique régionale de l'Algérie de Nord (Mahboubi *et al.* 2021).

Fig.2 : Carte des reliefs du secteur d'étude de Sfisifa (Google Earth, 2022).

Fig.3 : Carte géologique de l'Atlas saharien occidental et central (Extrait Carte géologique de l'Algérie au 1/500.000)

Fig.4: Coupe transversale NW-SE de la carte géologique au 1/200 000 de Bayadh, modifiée selon la nouvelle proposition et introduite Oxfordien moyen-Kimméridgien supérieur. (Atlas Saharien Central, El-Bayadh, Algérie ; Mahboubi *et al.* 2021)

Fig.5 : Les grands traits structuraux de la mosaïque de l'Afrique du Nord-Ouest. (D'après Elmi, 1978, modifiée par Mahboubi ,2021).

Fig.6. Classification texturale de Dunham et d'Embry et Klovan(1962)

Fig.7: Catégories des grains carbonatés (Flügel, 2010)

Fig.8 : Deux modèles expliquant la formation de microsparite dans les calcaires à grain fin (Flügel, 2010).

Fig.9 : Photo satellitaire montrant la localisation du secteur d'étude.

Fig.10: Subdivision lithostratigraphique du Jurassique supérieur de l'Atlas saharien central ; Région d'El-Bayadh (Mahboubi *et al.* 2021).

Fig.11 : Colonne lithostratigraphique de la formation de Sfisifa (kimméridgien supérieur), Secteur Laguermi (Atlas du Sahara central, région d'El-Bayadh).

Fig.12 : Tableau récapitulatif des différents constituants dans les niveaux calcaires de la Formation de Sfisifa.

Fig.13: Distribution des types de SMF dans les zones de faciès du modèle de plate-forme carbonatée bordée. (Flügel, 2010).

Fig.14: Distribution des types de microfaciès (*Ramp microfacies type*). (Flügel, 2010).

Fig.15. : Model de la méso-séquence d'ordre inférieur transgressif dans la formation de Sfisifa (Kimméridgien supérieur).

Références Bibliographiques :

ABED, S (1982) Lithostratigraphie et sédimentologie du jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour (Atlas saharien central, Algérie). Thèse 3ème cycle, PAU, 2p.

ABED, S (1982) Lithostratigraphie et sédimentologie du jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour (Atlas saharien central, Algérie). Thèse 3ème cycle, PAU, 242p.

AIT OUALI, (1991) Le rifting des monts des Ksour au lias. Organisation du bassin, diagénèse des assises carbonatées. Place dans les ouvertures mésozoïque du Maghreb, thèse de Doctorat_és_ sciences, Alger, 297 p, 297 p, 147 fig., 16 tab, 16 pl.

ALMERAS, Y., ELMI, S., MEKAHLI L., OUALI MEHADJI, A., SADKI, D., & TLILI, M (1994) Biostratigraphie des Brachiopodes du Jurassique moyen dans le domaine atlasique (Maroc Algérie). Contraintes environnementales et relation avec l'évolution verticale des peuplements d'ammonites. In: Cresta, S., Pavia, S. (Eds.), Proceedings of 3rd International Meeting on Aalenian and Bajocian Stratigraphy, Marrakech, 25–31 May 1994. Miscellanea 5, Roma 219–241

BASSOULLET, J.P (1973) Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). Thèse. Sci. Nat., Paris VI, 497 p. 50, 32pl.

BESSEDIK, M., MAHBOUBI, M., MAMMERI, C., & BELKEBIR, L (2020) Les restes de dinosaures et leurs traces en Algérie. Mém Bull Serv Géol Nat Algérie.21:19–28.

BENSALAH, M., ADACI, M., HEBIB, H., BESSEDIK, M., BELKEBIR, L., MAHBOUBI, M., MANSOURI, M., MAMMERI, C., & MANSOUR, B. (2005). Présence d'empreintes de pas de Dinosauriens dans le Crétacé au nord d'El Bayadh (Djebel Amour, Algérie). *Sciences & Technologie. B, Sciences De l'ingénieur*, (23), 107–109.

CORNET, A (1952) L'Atlas saharien sud-Oranais- XIXèmeCong. Géol. Intern., Alger, Monographies régionales. 1ère sér., 12, 51p. 9 fig., 1 pl.

BENYOUCEF, M., MEBARKI, K., FERRE, B., ADACI, M., BULOT, L. G., DESMARES, D., VILLIER, L., BENSALAH, M., FRAU, C., IFRIM, C., & MALTI, F.Z. (2017). Litho- and biostratigraphy, facies patterns and depositional sequences of the Cenomanian-Turonian deposits in the Ksour Mountains (Saharan Atlas, Algeria) *In Cretaceous Research* (Vol. 78, pp. 34–55).

DELFAUD, J., DOUIHASNI M., & ROLET, J (1973) Mise en évidence de tectoniques superposées dans la région d'Aïn Ouarka (Monts des Ksour, Algérie). C.R.Acad. Sci. Paris, sér. D, 278, pp. 1817-1820.

DOUIHASNI, M (1976) Etude géologique la région d'Aïn Ouarka-Boussemghoun (Partie centrale des Monts des Ksour) - Analyse structurale -Tome I : Stratigraphie. Thèse 3ème cyc. Oran : Université d'Oran, 115p, p208, fig. 49.

Dunham, R.J.(1962) Classification des roches carbonatées selon la texture des dépôts. Dans: Classification of Carbonate Rocks (Ed. W.E. Ham), Am. Assoc. Animal de compagnie. Geol. Mem., 1, 108–121. Wikipedia site: fr.wiki5.ru

ELMI, S., ALMERAS, Y., AMEUR, M., BASSOULLET, J.B., BOUTAKIOUT, M., BENHAMOU, M., MAROK, A., MEKAHLI, L., MEKKAOU, A., & MOUTERDE, R (1998) Stratigraphic and palaeogeographic survey of the Lower and Middle Jurassic along a north-south transect in western Algeria. *Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*, 179, 14 5 -211.

- Embry, Ashton F. ; Klován, J. Edward (01/12/1971).** "Une zone récifale du Dévonien tardif sur le nord-est de l'île Banks, T.N.-O.". Bulletin de géologie pétrolière canadienne. 19 (4): 730–781. ISSN0007-4802 Wikipedia site:fr.wiki5.ru
- 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). Thèse Sci. Lyon, n°47, A. Rey (*édit*), Lyon. 1001 p., 157 Figure, 6 cartes et dpt, 16 pl.
- FLÜGEL, E (2010)** Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Springer, Heidelberg.
- KACEMI, A (2013)** - Evolution lithostructurale des Monts des Ksour (Atlas saharien, Algérie) au cours du Trias et du Jurassique : Géodynamique, Typologie du bassin et Télédétection. Thèse Doc. Sci. Tlemcen : Université a.b.b Tlemcen, 229p, p.32, fig. 06.
- KAZI TANI, (1986)** Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche méga-séquentielle. *Thèse Doctorat d'Etat, Pau*, 2 tomes, 784 p., 361 fig.
- LAFFITTE, (1939)** Etude géologique de l'Aurès. *Thèse es science, Paris, Bull. Paris, Pub. Serv. carte geol. Nouv. Série, N°46, t.I, 217p, et t.II 281p.*
- MEDDAH, A. (2010)** La Provence magmatique de l'atlantique central (CAMP) dans le bassin des ksour (Atlas saharien occidental, Algérie) Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Oran.
- MORELLI, C., NICOLICH, R., 1990.** A cross section of the lithosphere along the European Geotraverse Southern Segment (from the Alps to Tunisia). *Tectonophysics* 176(1e2), 229e243.
- MAHBOUBI, M., BESSEDIK, M., BELKEBIR, L., ADACI, M., HEBIB, H., BENSALAH, M., MAMMERI, C., MANSOUR, B., & MANSOURI M.H (2007)** Première découverte d'empreintes de pas de dinosaures dans le Crétacé inférieur de la région d'El Bayadh (Algérie). *Mém. Bull. Serv. Géol., National, Algérie*, 18, 2, pp. 127-139.
- MAHBOUBI, C.Y (2014)** Environnements sédimentaires du Callovo-Oxfordien de l'Atlas Saharien centrale (Région d'El-Bayadh, Algérie). *Mém. de master. Université d'Oran*. 54 p.
- MAHBOUBI, C.Y (2021)** Les indices de fluides et diagenèse précoce dans les terrains du Jurassique de la région d'Aïn-Ouarka et d'El-Bayadh (Atlas Saharien, Algérie) Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Oran, p67.
- MEKAHLI, L (1995)** Hettangien, Bajocien supérieur des Monts des Ksour. Biostratigraphie, évolution paléogéographique et stratigraphie séquentielle. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Oran, 358 p., 67 fig., 49pl. h.t.
- MEKAHLI, L. (1998)** Evolution des Monts des Ksour (Algérie) de l'Hettangien au Bajocien. Biostratigraphie, sédimentologie, évolution paléogéographique stratigraphie séquentielle. *Doc. Lab. Géo. Lyon, France, n°147,319 p., 67 Figure, 49 pl.*
- MENNAD, A., ADACI, M., TABUCE, R., MARTIN-CLOSAS, C., BENYOUCEF, M., BENSALAH, M., OTERO, O., SARR, R., & ZAOU, D. (2021).** Découverte de charophytes et ostracodes de l'Yprésien inférieur dans les Monts des Ksour (Algérie) : biostratigraphie et paléoécologie. *In Annales de Paléontologie (Vol. 107, Issue 1, p. 102466).*
- Moretti, S. Wu, and A.W. Bally.** Computerized balanced cross-section LOCACE to reconstruct an allochthonous salt sheet, Offshore Louisiana. *Marine and Petroleum Geology*, 7 : 371–377, 1990.
- NOUAR O.B (1992)** Télédétection dans l'Atlas saharien central. Structures de réactivation dans le Djebel Amour d'après l'analyse d'images Landsat et SPOT. *Mém. de Magister, CNTS, Arzew*, 106 p.
- OUALI MEHADJI, A (1995)** : Brachiopodes des Monts des Ksour (Bajocien supérieur, Bathonien inférieur) (Atlas saharien occidental, Algérie). *Mémoire de Magister Univ. Oran*. 220p, 90fig, 3pl

REGAGBA, A (2006) Etude sédimentologique et stratigraphique de la série du Jurassique moyen et supérieur de la région d'El-Bayadh (Atlas saharien central, Algérie). Mém magistère univ Oran, Algérie; p.113.

RITTER, E. (1901) Le Djebel Amour et les Monts des Oulad Nail. Mémoires et Bulletins du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, 2ème série : stratigraphie. In-8°, 102 p., 16 fig, 4 pl. h.t.

RUSSO, P. et RUSSO, L. (1934). Le grand accident Sud Atlasien. Bull. Soc. Géol. Fr., (5), 4, (4-5), 28 mai, p. 375-384.

SAVORNIN, J, ROMAN, F., DARESTE de la CHAVANNE, J., 1931. La région d'Oujda. Esquisse géologique et étude paléontologique. Notes et Mem. Serv. Mines et Carte géol. Maroc(16)

TLILI, M (1995) Le phénomène récifal du Bajocien de la bordure méridionale de l'Atlas saharien occidental (secteur d'Aïn Ouarka).- Mém. Magister, Univ., Oran, Algérie, 154 p., 48 fig., 9 pl.