



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 des calcaires noduleux griottes (Famennien III à IV) de Marhouma

Présenté par :

M.Hamidi Moustafa

Soutenu le : 20/09/2021 à 11h00 devant le jury composé de :

Mr.ABBACHE AEK

MC-B. Université de Mascara

Président.

Mr. OUALI MEHADJI Aek

Professeur. Université d'Oran 2

Rapporteur.

Mr. BOUALEM N

MC-B. Université d'Oran 2

Examineur.

Oran, 2021

DEDICACE

**« LOUANGE A DIEU, DONT LA GRACE ET LA MAJESTE DES BONNES ŒUVRES SONT
ACCOMPLIES »**

**A CELUI QUI M'A APPRIS A DONNER SANS ATTENDRE, A CELUI DONT JE PORTE FIEREMENT LE
NOM, JE DEMANDE A DIEU DE PROLONGER VOTRE VIE AFIN QUE VOUS PUISSIEZ VOIR LES
FRUITS QUI ONT ETE RECOLTES APRES UNE LONGUE ATTENTE, ET VOS PAROLES RESTERONT
DES ETOILES QUI GUIDENT EUX AUJOURD'HUI, DEMAIN ET POUR TOUJOURS, MON CHER
PERE.**

**A MON ANGE DANS LA VIE AU SENS DE L'AMOUR A AVEC TENDRESSE ET DEVOUEMENT AU
SOURIRE DE LA VIE ET AU SECRET DE L'EXISTENCE A QUI SA SUPPLICATION ETAIT LE
SECRET DE MA REUSSITE ET DE MA TENDRESSE BAUME CHIRURGICAL A MA TRES CHERE
MERE.**

**A CEUX QUE JE VOIS DE L'OPTIMISME DANS LEURS YEUX ET DU BONHEUR DANS LEURS RIRES
A LA FLAMME DE L'INTELLIGENCE ET DE LA LUMIERE, AUX VISAGES PLEINS D'INNOCENCE
ET POUR TON AMOUR MES JOURS SE SONT EPANOUIS ET LES BOURGEONS SE SONT OUVERTS
POUR DEMAIN MES FRERES : MERIEM, FATIHA, ZOHRA, FATIMA ZOHRA, HADJA EL-
SOLTANA, NACIRA, LES JUMEAUX AHMED ET MOHAMMED ET YOUCEF.**

**JE VOUDRAIS TOUT D'ABORD ADRESSER TOUTE MA GRATITUDE A MA FAMILLE, CHACUN A
SON NOM.**

**À TOUS CEUX QUI M'ONT SOUTENU, POUR QUI LE SUCCES ETAIT SON CHEMIN,
L'EXCELLENCE SON OBJECTIF ET L'EXCELLENCE SON CHEMIN.**

MOURSAFA..

AVANT PROPOS

Après avoir rendu grâce à Dieu le tout puissant le très miséricordieux qui m'a donné la patience, la foi et le courage, m'a guidé et permis d'en arriver là.

Je remercie vivement tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce mémoire à Monsieur **OUALI MEHADJI Abdelkader**, professeur à l'université d'Oran 2, qui a aimablement accepté de m'encadrer.

J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à Mr **ABBACHE Abdelkader**, Maître de Conférences B à Université de Mascara, pour avoir accepté la présidence de ce jury.

À Monsieur **BOUALEM Nour Eddine**, Maître de Conférences B à Université d'Oran2, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du département des Sciences de la Terre, je cite en particulier : **Mr BENHAMOU.M ; Mr BOUTERFA.B ; Mme Benramden.K.**

Un remerciement spécial aux techniciens de laboratoire, **Mr BOUZA Hocine et Mme MEROUANE.F, DERBAL wahid**, pour l'accueil et l'assistance à la réalisation des lames minces.

J'exprime aussi mes remerciements à **MAAZOUZ Med Amine, HOUAT Med Abdelghani, LAGHRIBI Khaled, BOULENOUAR Mustapha, SACI Bahous**, pour leur disponibilité, leur rigueur scientifique et leur sens d'écoute et d'échange.

Résumé :

Les calcaires noduleux étudiés font partie du faciès « griotte » du Famennien de la Saoura. La coupe levée se localise à 30 km au SSE de la ville de Beni-Abbès, au Nord de la pointe du Cheffar El Ahmar entre Marhouma et la RN6.

L'affleurement étudié concerne les calcaires noduleux (faciès griotte) de la Formation dite « Argiles de Marhouma ». L'ensemble étudié est d'âge Famennien III et VI, représentée par une alternance de calcaire griotte et d'argiles en interlits centimétriques ; les bancs de calcaire griotte (lie-de-vin) sont d'aspect noduleux, d'épaisseur centimétrique, contenant des débris de goniatites et brachiopodes. Les argiles sont de couleur verdâtre, feuilletées, de 7 à 13 cm d'épaisseur, d'aspect schisteux, avec des nodules de couleur noire, de forme lenticulaire, et interstratifiés, de diamètre 1-5cm.

L'analyse microscopique sur les calcaires griottes montre une prédominance du ciment micritique, rarement microsparitique, sous des textures mudstone à wackestone, rarement packstone, avec des microfilaments (bivalves à tests minces), ostracodes, quelques foraminifères, débris de trilobites, plaques d'échinodermes, de rares spicules et des grains de quartz fin à silteux.

Les différents microfaciès étudiés confirment l'environnement de bassin, relativement profond, soumis par moments à des restrictions de la circulation des eaux (dysoxie) comme semble le montrer les organismes pyritisés, lors d'une sédimentation de type hémipélagites à passées turbiditiques.

On pense que les niveaux riches en matière organique peuvent être liés à la faune constituée par les microfilaments, foraminifères et ostracodes. Les imprégnations en kérogène soulignent une tendance vers l'enfouissement de cette matière organique et son évolution vers des hydrocarbures.

Mots clés : Beni-Abbès ; Calcaires griottes ; Famennien ; Bassin ; Matière organique.

Abstract :

The nodular limestones are part of the Famennian Griotte limestone of the Saoura. The studied section is located 30 km SSE of the Beni-Abbès city, at the North of the Cheffar El Ahmar termination between the Marhouma and the RN6.

The studied outcrop concerns the nodular limestone (griotte facies) of the « Marhouma clays ». The packed beds are from the Famennian III and VI age, represented by an alternation of griottes limestone and centimetric inter bed clay. The griottes limestone beds (lie-de-vin) are nodular in appearance, centimeter thick, contain gammonoids and brachiopods debris. The clays are greenish in color of 7 to 13 cm thick, schistose in appearance with black nodules, lenticular and inter stratified as 1-5 cm diameter.

Microscopic analysis on griottes limestones shows a predominance of micritic cement, rarely microsparitic, under mudstone to wackestone textures, rarely packstone, with microfilaments (thin shell bivalves), ostracods, some foraminifera, trilobite debris, plaques echinoderms plates, rare spicules and fine to silty quartzose grains.

The different facies studied confirm the basinal environment, relatively deep, subject to water circulation restrictions (dysoxia) as pointed by the pyritized organisms, during a hemipelagite-type sedimentation with turbiditic inter layers.

We think that the rich organic matter levels may be related to the microfauna consisting of microfilaments, foraminifera, and ostracods. The kerogen impregnation underlines a tendency towards the burial of this organic material and its evolution towards hydrocarbons.

Keywords: Beni-Abbès ; Griotte limestone ; Famennian ; Basin ; Organic matter.

TABLE DE MATIERE

Page

Avant propos

Résumé

Abstract

CHAPITRE I : GENERALITES

I-INTRODUCTION.....	01
II-CADRE GEOGRAPHIQUE.....	02
A-LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA CHAINE D'OUGARTA.....	02
B-LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU SECTEUR D'ETUDE.....	03
III-CADRE GEOLOGIQUE	04
A- CADRE GEOLOGIQUE DES MONTS D'OUGARTA.....	04
B- CADRE GEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ETUDE.....	05
IV-APERÇU GEOLOGIQUE DU DEVONIEN SUPERIEUR	05
V-BUT D'ETUDE	07

CHAPITRE II : LITHOSTRATIGRAPHIE

I –INTRODUCTION.....	08
II -LOCALISATION DE LA COUPE.....	08
III -DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.....	09
IV -ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE.....	17

CHAPITRE III : DESCRIPTION DES LAMES

I-INTRODUCTION.....	18
II- DESCRIPTION DES LAMES MINCES.....	18
III- GENERALITES SUR LES ENVIRONNEMENTS SEDIMENTAIRES DES CALCAIRES GRIOTTES (FAMENNIEN III ET IV) DE MARHOUMA.....	31
IV- LE MODELE DE RAMPE.....	32
V- COUPE DE MARHOUMA.....	33
VI- FAMENNIEN III ET IV DE MARHOUMA DANS LE MODELE RMF... 	33
VII-PHENOMENES DIAGENESE.....	36

CHAPITRE IV : CONCLUSION

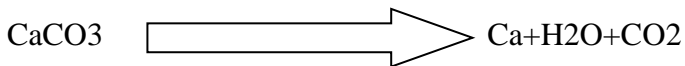
CONCLUSION	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	41
LISTE DES FIGURES	
PLANCHES DES PHOTOS	



CHAPITRE I
GENERALITES

I-Introduction

Les roches carbonates sont des roches sédimentaires constituées 50% d'au moins de carbonate, généralement de calcium (calcite-aragonite) et de magnésium (dolomie). Elles sont caractérisées par leur solubilité dans des eaux chargées de CO₂, et sont généralement de faible dureté et facilement attaquées par les acides.



La relative instabilité des solutions saturées en ions Ca⁺⁺ qui imprègnent les sédiments calcaires les rend particulièrement sensibles à une diagenèse précoce.

La compaction des sédiments fins expulse une eau très fortement saturée en ion Ca⁺⁺ qui tend à précipiter du CaCO₃ dans les sédiments plus grossiers en formant un ciment.

La solubilité des carbonates dans l'eau interstitielle les rend particulièrement sensibles aux phénomènes de mise en solution par pression suivie de précipitation. Ils semblent se produire même sous un enfouissement modéré. La fréquence des stylolithes dans les calcaires montre l'importance des mises en solution sous l'effet des contraintes mécaniques.

Les calcaires noduleux sont un type de roches carbonatées fréquents dans les terrains du Dévonien supérieur dont ceux noduleux et de couleur « griotte » sont appelés « calcaire noduleux griotte ou facies griotte ».

Le facies griotte ou « Goniaticco Rosso », comme « l'Ammonitico-Rosso » du Jurassique, fait partie des faciès disparus « *dead facies* » au sens de Strackov (1960) car sans équivalent actuel. Leur signification est historique, traduisant l'existence de conditions environnementales particulières.

Ces faciès affleurent dans le faisceau de la Saoura en Algérie et s'étendent jusqu'au Tafilalt-Maider au Maroc au N-E.

La genèse des calcaires noduleux est liée à des divers phénomènes responsables de la nodularisation au cours de l'évolution du bassin (Aubouin, 1964 ; Mirouse, 1966 ; Jenckys, 1974 ; Elmi, 1981 ; Bourbon, 1982 ; Franke & Walliser, 1983).

Les couleurs des roches carbonatées sont fortement contrôlées par les conditions de dépôt, la diagenèse et l'altération récente. La quantité et la composition de la fraction non carbonatée sont cruciales pour l'aspect couleur car l'adsorption du fer et du manganèse à la surface des minéraux argileux finement dispersés est souvent responsable de couleurs distinctes.

Les faciès noduleux de type griotte de la Saoura ont été étudiés par divers auteurs (Fabre, 1976, 2005 ; Ameer&Elmi, 1984 ; Abbache, 2001 ; Benhamou et al, 2004 ; Abbache et al, 2019 ; Abbache, 2019). Une particularité de ce faciès dans le paquet du Famennien III à IV est la présente

d'imprégnations noirâtres (oxydes de Manganèse ou matière organique) nous intéresse dans cette présente étude.

II-Cadre géographique

A- Localisation géographique de la chaîne d'Ougarta

Les Monts d'Ougarta sont localisés sur la partie Nord-occidentale du Sahara algérien, à environ 1000 km au Sud de la ville d'Oran et à 240 km de la ville de Béchar.

La chaîne des Monts d'Ougarta est constituée par un ensemble de reliefs orientés du NW-SE, se groupant en deux faisceaux ayant presque la même superficie séparés par l'étroit Erg Er Raoui : il s'agit du faisceau de la Saoura situé au NE et le faisceau de la Daoura au SE.

Ces Monts se prolongent au Nord-Ouest par l'Anti Atlas au Maroc et au S-E par le Bouclier Touareg. Ils constituent une véritable zone de jonction entre ces deux domaines (Fabre, 1976).

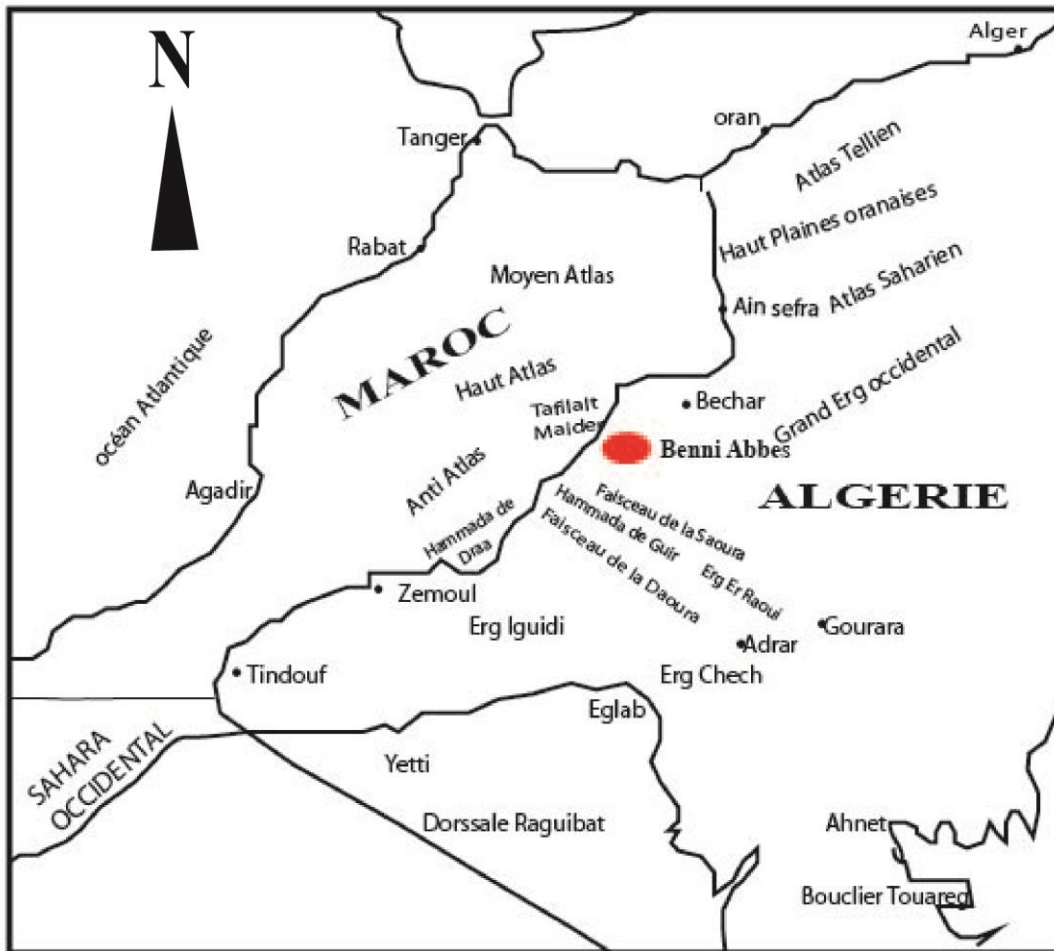


Fig. 1 : Position géographique de la chaîne d'Ougarta

B-Localisation géographique du secteur d'étude

Notre secteurs d'étude se situe à 30 km au SE de la ville de Beni-Abbès, en prenant la RN6 reliant Béchar – Adrar, dans la localité connue sous l'appellation du « km30 » comprenant la «Muraille de chine » des géologues pétroliers.

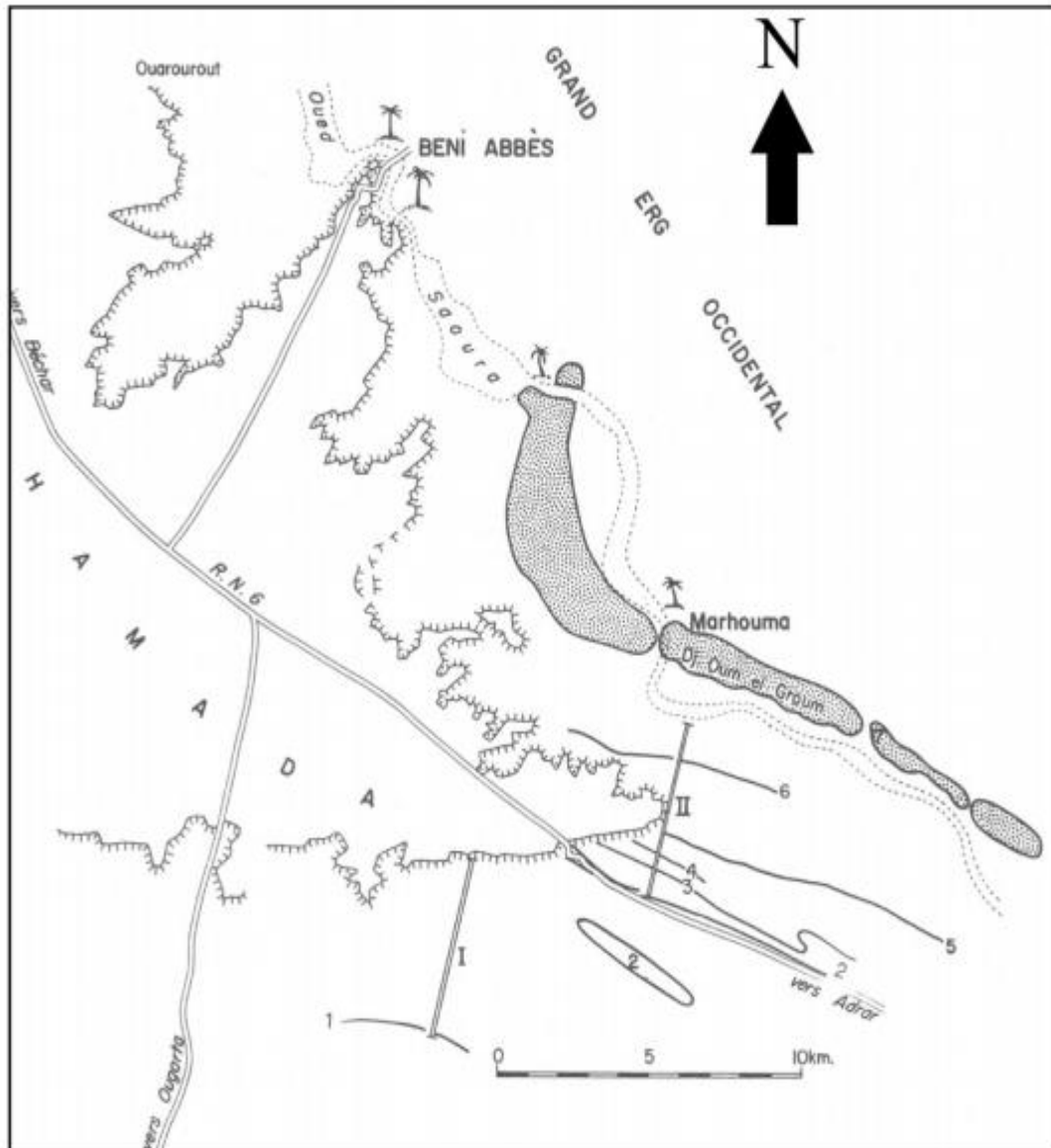


Fig. 2 : Situation de la coupe type du Dévonien de la Saoura au kilomètre 30 (Fabre, 1976).

III-Cadre géologique

A- Cadre géologique des Monts d'Ougarta

La chaîne d'Ougarta comprend un ensemble de formations paléozoïques plissées et affectées par des mouvements hercyniens (Menchikoff, 1933).

Sans lacune sédimentaire majeure, la chaîne d'Ougarta offre l'une des rares régions de l'Algérie où les affleurements des terrains paléozoïque, à noyaux volcaniques et volcano-sédimentaires d'âge Précambrien, sont bien présentés et d'accès facile. Cette série est continue depuis le Cambrien jusqu'au Strunien (passage Dévonien-Carbonifère). Ces terrains reposent sur un Précambrien déterminé par analogie avec l'Anti Atlas et le Hoggar.

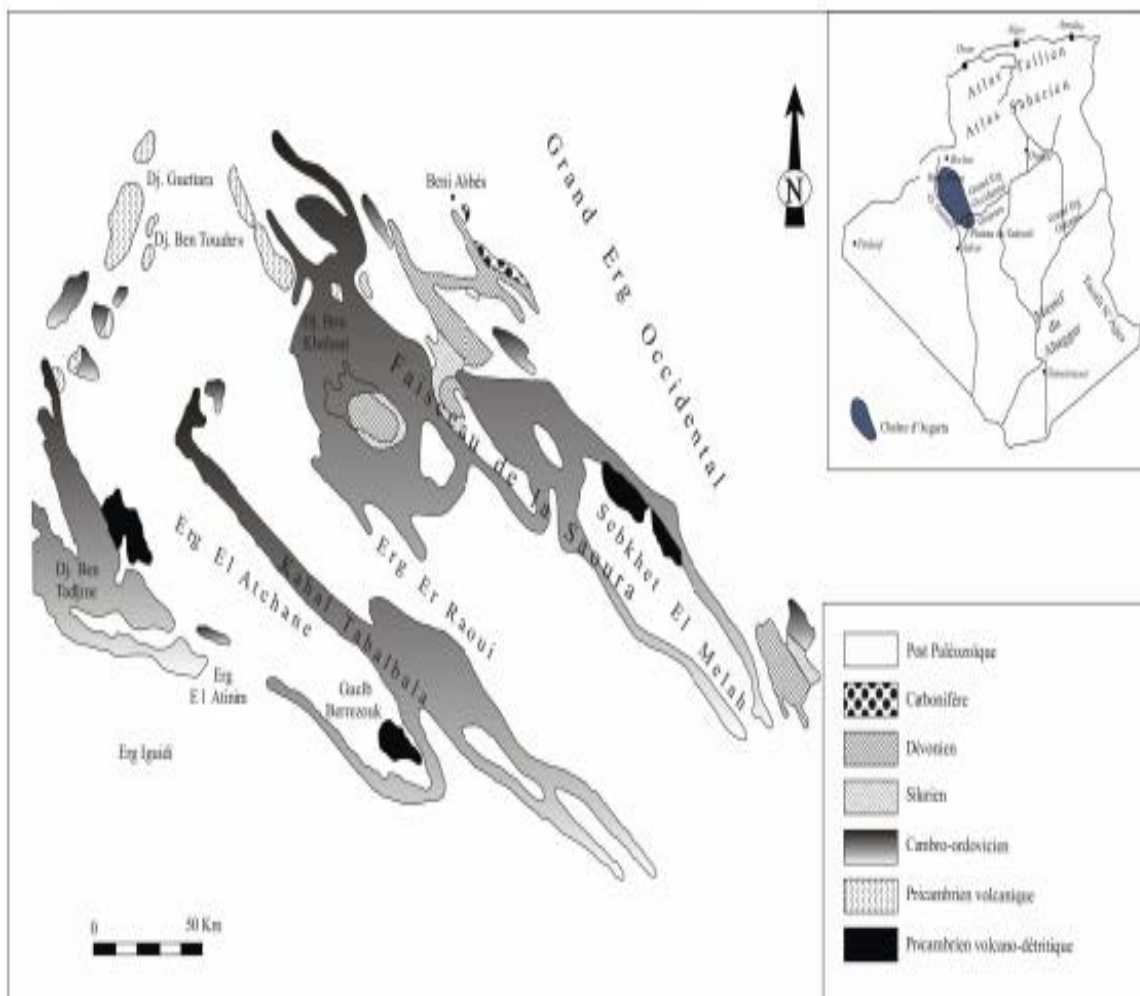


Fig. 3 : Carte géologique des monts d'Ougarta (Chikhaoui & Donzeau, 1972)

B- Cadre géologique du secteur d'étude

Notre secteur d'étude comprend des terrains du Dévonien supérieur (Famennien III à IV). Il s'agit d'une alternance de calcaire griotte, noduleux et ferrugineux, et des argiles vertes, feuilletées.

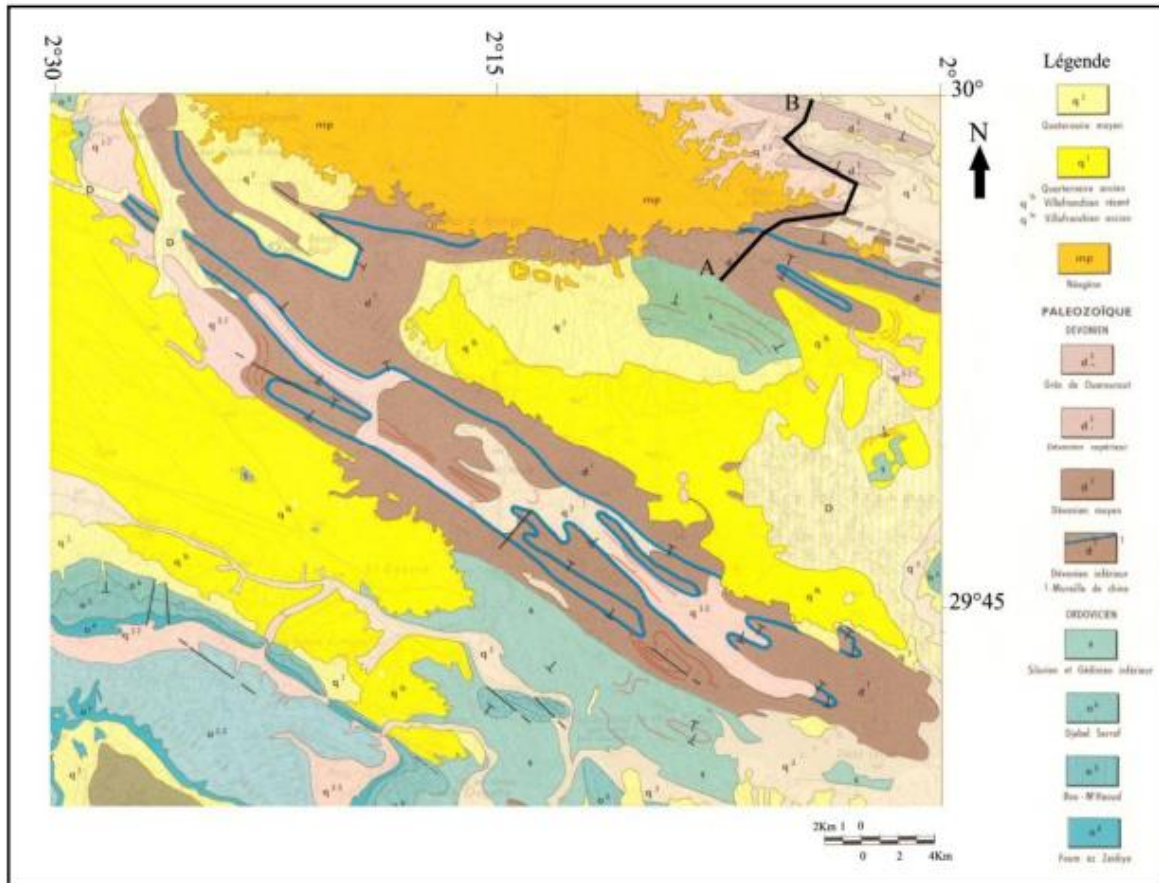


Fig. 4 : Carte géologique des monts d’Ougarta montrant les affleurements des terrains dévoniens. **A-B** représente le tracé de la coupe type dans le Dévonien du « km30 » ou Marhouma. (Extrait carte géologique 1/200 000 Ougarta).

IV-Aperçu géologique du Dévonien supérieur :

Le Dévonien supérieur de la Saoura est marqué par des calcaires noduleux de type "griotte" qui s'échelonnent depuis le Frasnien jusqu'au Famennien. Cet ensemble a fourni une riche faune de Goniatites et de Clyménies (Petter 1952 ; Göddertz, 1987 ; Abbache, 2019). Le passage Givetien terminal - Frasnien est progressif, et le passage Frasnien – Famennien se trouve à quelques mètres au-dessus du niveau calcaire griotte slumpé.

Le Famennien commence par les argiles (Famennien II) à septarias surmontées par des calcaires griottes proprement dits (III et IV). Le passage des calcaires griottes, formés de nodules séparés par des lits argileux, vers des argiles vertes supérieures (Famennien V) se fait par des récurrences

d'argiles rouges à nodules calcaires. Enfin avec l'apparition des barres de grès, on est déjà dans le Famnien VI.

Les attributions stratigraphiques des conodontes dans les griottes sont en accord avec les datations par les ammonoïdes (Massa *et al.* 1965 ; Mahboubi *et al.* 2015), les ostracodes (Casier, 1971) et les brachiopodes (Mottequin *et al.*, 2015).

Le Dévonien supérieur de la Saoura est représenté dans les formations suivantes : partie terminale de la formation de cheffar El Ahmer, la Formation des Argiles de Marhouma et enfin la Formation des Grès de Marhouma (= Grès de Ouarourout). Ces Formations ont été définies par Poueyto (1965) et Bastien *et al.* (1965).

A. Description lithostratigraphique sommaire :

1. Formation de cheffar El Ahmar (140 m)

Elle est caractérisée par un ensemble argilo-calcaire à quelques minces passées gréseuses. Vers le sommet, l'ensemble frasnien est marqué par la combe sous la barre griotte. L'essentiel de cet

2. La Formation des Argiles de Marhouma (850m)

Cette formation est la plus épaisse du Dévonien supérieur. Elle est marquée à sa base par grande combe argileuse à miches décimétriques, calcaires, et riche en faunes pyriteuses, naines (goniatites, clymenies, brachiopodes, bivalves).

3. La Formation des grès de Marhouma (140 m) :

Cette formation est épaisse de 140 m. Il s'agit surtout des grès noirâtres, massifs à interlits argileux. Les niveaux gréseux, métriques, montrent des structures slumpées et des figures sédimentaires de déformations synsédimentaires.

Elle est d'âge Famennien VI (niveau à Wocklumeriade Petter, 1959) dans les rares niveaux minces de calcaires. Vers le haut, les niveaux de grès, quartziques et slumpés, sont recoupés par des failles synsédimentaires avec des figures sédimentaires (dont stratifications horizontales associées à des laminations horizontales, des laminations entrecoupées et des laminations de rides chevauchantes).

V-But d'étude :

Ce travail se fixe un ensemble d'objectifs représentés par :

- Caractérisation macrofaciologique des calcaires « griottes » du Famennien III à IV, par sa lithologie, les structures sédimentaires et son contenu faunique.
- Caractérisation microfaciologique et détermination des environnements sédimentaires par rapport au modèle « Standard Microfacies Types SMF » de Flügel (2010, p. 680).
- Enfin, déterminer les « facies zones » dans un modèle de rampe et qui correspond à notre conception du milieu de sédimentation.



CHAPITRE II
LITHOSTRATIGRAPHIE

I -Introduction

Le Dévonien de la chaîne d'Ougarta est bien connu dans le faisceau de la Saoura alors que dans la Daoura il n'existe qu'un petit affleurement attribué au Dévonien inférieur. Il débute au-dessous du premier niveau du véritable calcaires noduleux giottes. La biostratigraphie est établie depuis les travaux de Petter (1952 ; 1959) basée sur les Goniatites et les Clyménies.

Depuis, d'autres études ont été réalisées sur les ostracodes (Casier 1985), les goniatites et conodontes (Göddertz 1987), les conodontes et foraminifères (Mahboubi, 2015) et goniatite (Abbache, 2019).

Dans le secteur étudié, la coupe constitue une partie de la formation des argiles de Marhouma, regroupant trois membres selon la subdivision de Abbache (2019) ; le membre des « Calcaires à entroques » (7,50 m), le membre des « Griottes calcaires » (5,00 m) et le membre « Griottes argilo-calcaires » (7,00 m). Ces membres couvrent les zones III, IV et V du Famennien.

II -Localisation de la coupe

La coupe levée se localise à 30 km au SSE de la wilaya de Beni-Abbès, Les terrains du Dévonien supérieur affleurent principalement sous la Hamada du Guir et sur la rive droite de l'Oued Saoura.

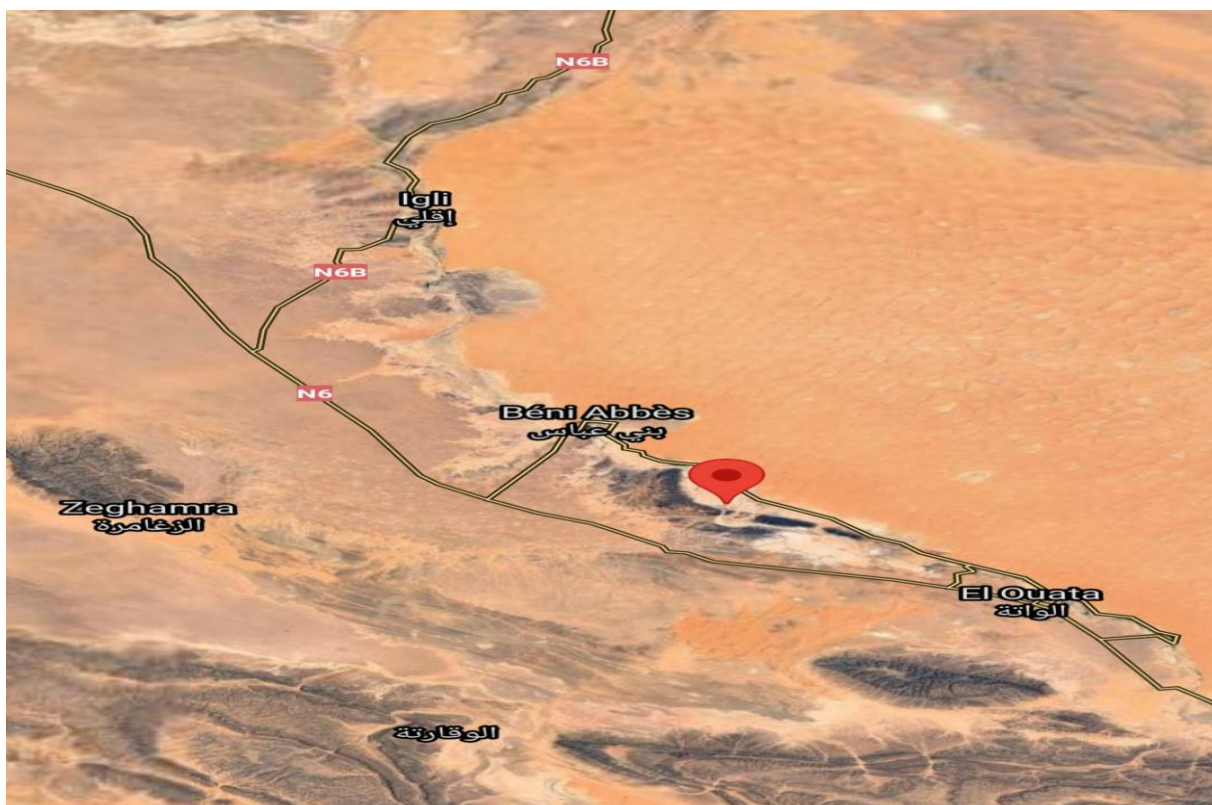


Fig. 5 : Localisation de la région de Marhouma.

III –Description lithologique

Cette coupe est représentée par une alternance de calcaire griotte et d'argile interlits centimétriques. Elle débute par un banc de calcaire griotte (lie-de-vin), noduleux, de (10 à 17 cm) d'épaisseur, à base irrégulière, contenant des débris de goniatite et brachiopode (Fig. 6 et 7). Les argiles sont de couleur verdâtre, feuilletées, de (7 à 13 cm) d'épaisseur, aspect schisteux avec des nodules de couleur noire, de forme lenticulaire et stratifiés de diamètre (1-5cm).

On note un niveau repère de calcaire argileux pseudo-noduleux de couleur jaune, fossilifère (tiges de crinoïdes, brachiopodes) de 13 cm d'épaisseur (Fig.9).

Au-dessus, un niveau d'argile marmorisée d'environ 40-45cm (Fig.10). On remarque que les bancs de calcaires dominant par rapport aux argiles.

La partie médiane de cette coupe est marquée par des bancs de calcaire à vacuoles (traces de goniatites), à goniatites, avec des laminations, à base irrégulière (Fig.11) ; les interlits argileux disparaissent complètement ou se réduisent à de faibles épaisseurs (4-11cm) par contre les bancs calcaires (fig.12) deviennent plus puissants, à surfaces sommitale sculptées et fortement bioturbées.

Vers le sommet de cette coupe, on remarque une diminution de l'épaisseur des bancs de calcaires et une augmentation de l'épaisseur des intervalles argileux (fig.14). La macrofaune associée se compose de débris de brachiopodes et de goniatites.

On a ensuite une combe d'argile de couleur verdâtre (70-120cm) intercalée de bancs de calcaires rougeâtre (lie-de-vin) de 5-7cm d'épaisseurs, bien stratifiés.

En fin, on note que ces bancs calcaires sont caractérisés par un film ferrugineux, beige à marron foncé, représentant des oxydes de fer et/ou manganèse.



Fig. 6 : Moule externe de goniatite.



Fig. 7 : Débris de brachiopode.



Fig. 8 : Photo dans la partie basale de la coupe étudiée.



Fig. 9 : Banc repère de calcaire argileux (à tiges de crinoïdes et brachiopodes).

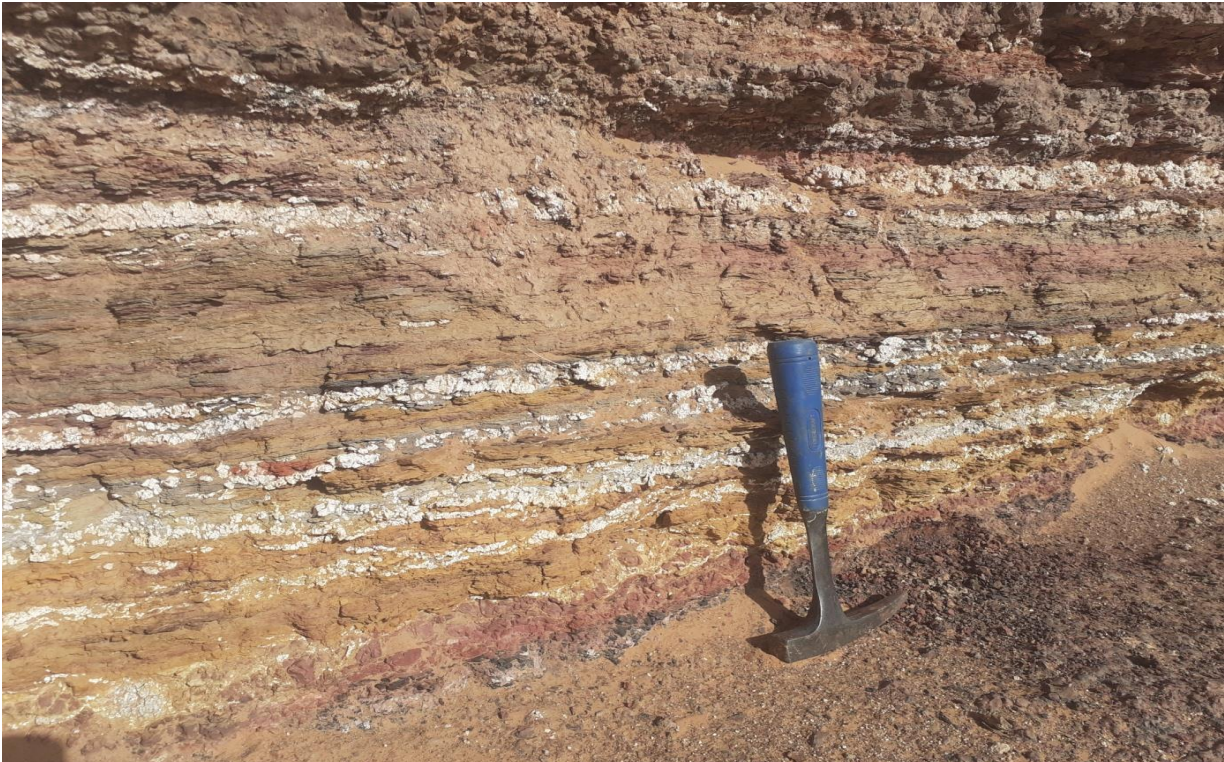


Fig. 10 : Niveau d'argile marmorisée.

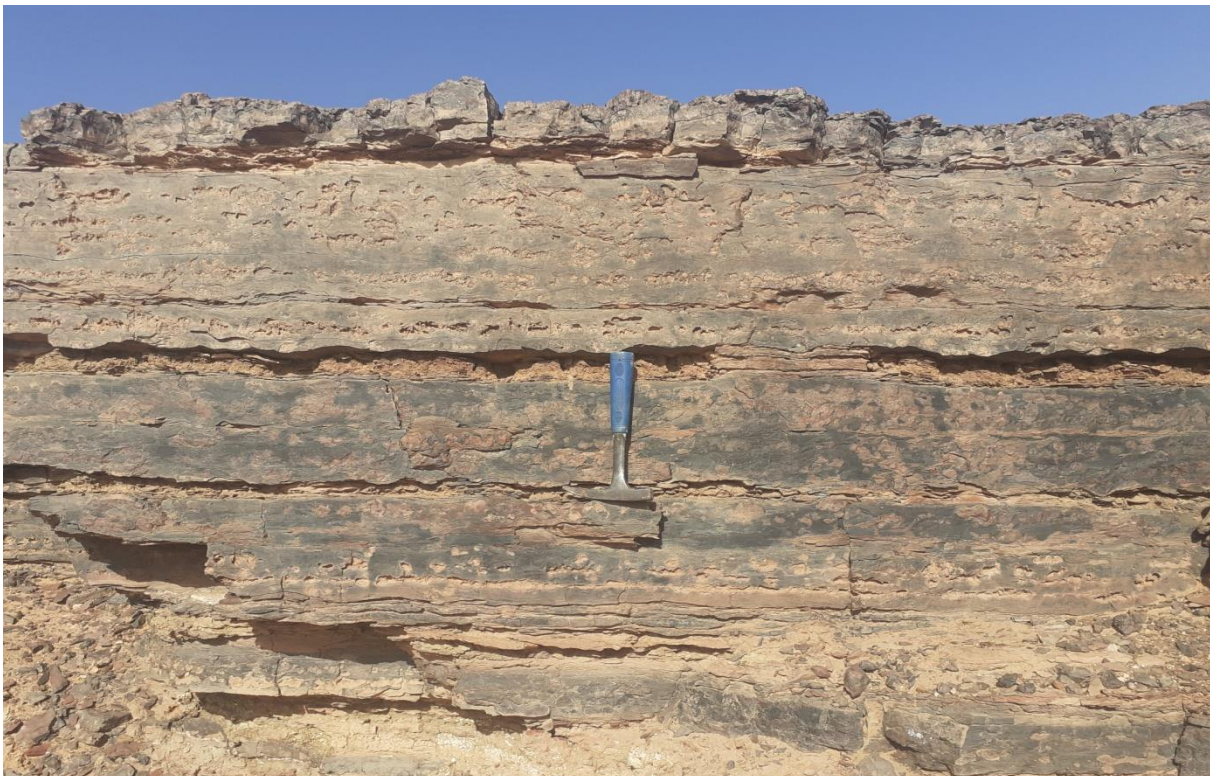


Fig. 11 : Calcaire griotte vacuolaire (goniatitedissoute) avec des laminations.



Fig. 12 : Bancs de calcaires épais par rapport aux interlits argileux.

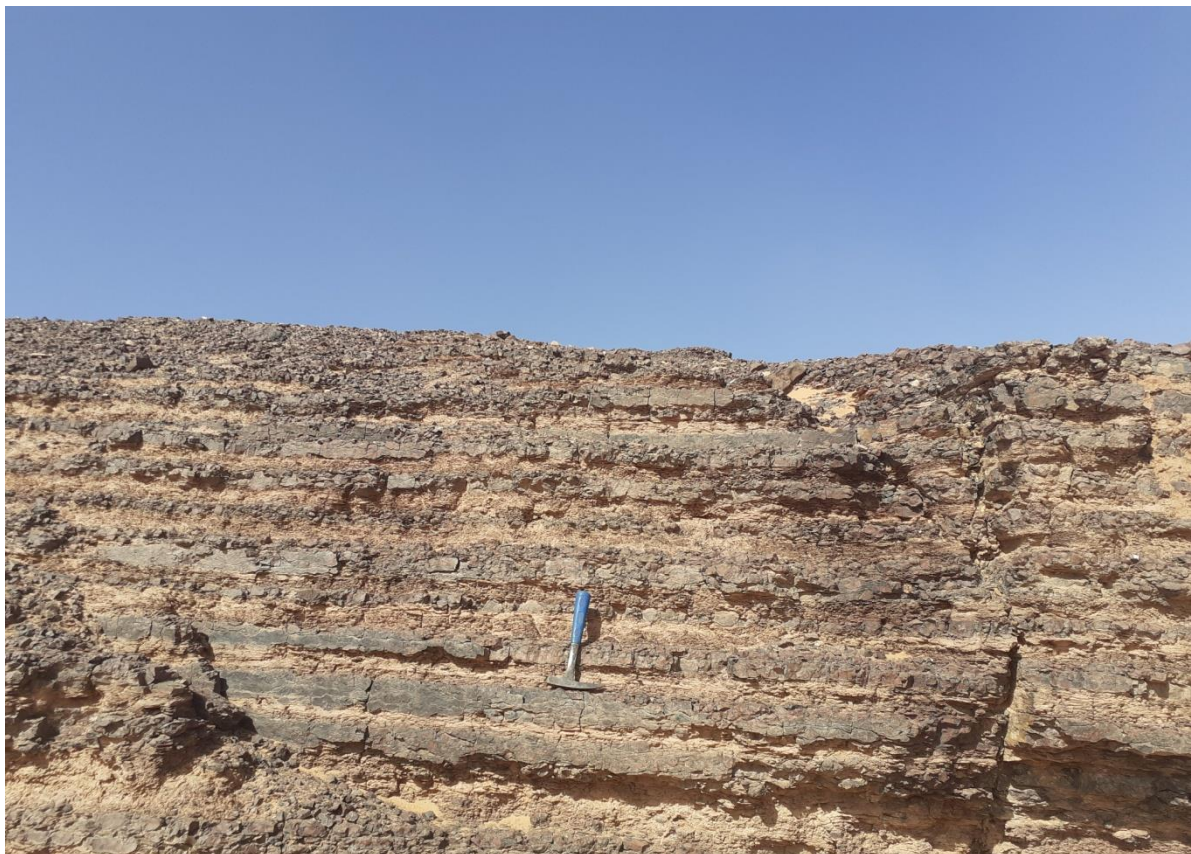


Fig. 13 : Partie médiane de la coupe.

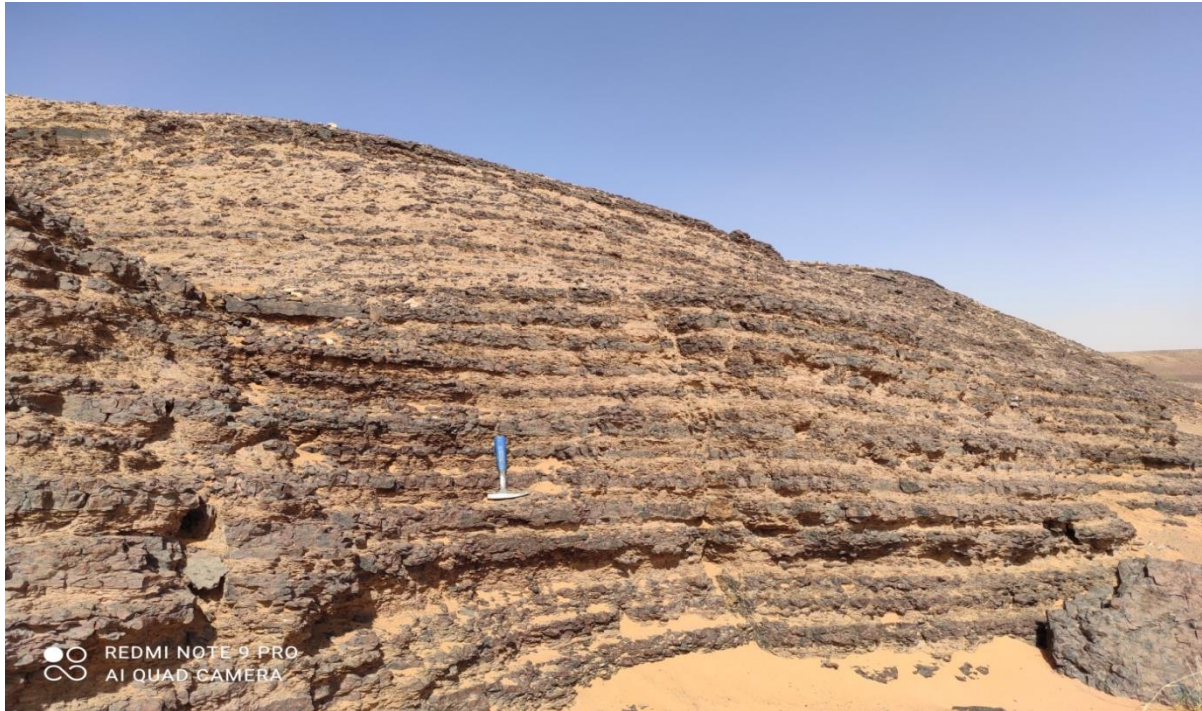

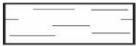



Fig. 14 : Diminution d'épaisseur des calcaires dans la partie terminale de la coupe.

Les facies

	Calcaire griotte noduleux
	Argile
	Calcaire argileux

Les faunes




	Goniatite
	Brachiopode
	Plaque d'échinoderme

Fig. 15 : la légende dans cette coupe étudiée.

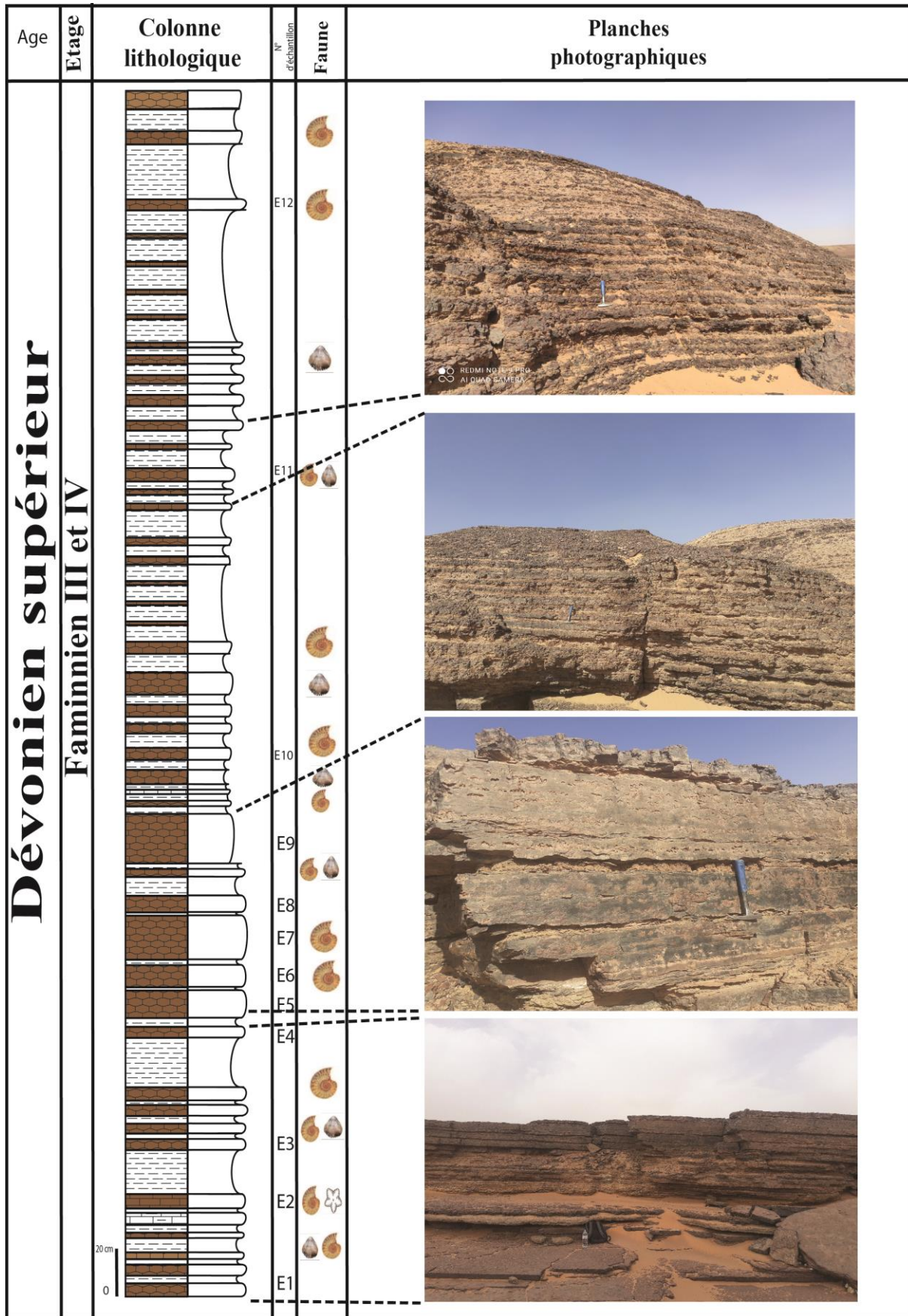


Fig. 16 : Colonne lithologique de la coupe étudiée (Formation de Marhouma, Famennien III, IV et V) dans le secteur du « km 30 ».

IV -Attribution stratigraphique

Le membre des « Calcaires à entroques » a livré des *Planitornoceras* et *Sporadoceras* du Famennien III.

Le membre des « Calcaires griottes » contient *Prionoceras*, *Platyclymenia* et *Kosmoclymenia* du Famennien IV. (Abbache, 2019 ; Abbache et al. 2019).

Nos récoltes de goniatites et clyménies n'ont pas été déterminées.

CHAPITRE III

DESCRIPTION DES LAMES

I. Introduction

Ce chapitre aborde l’analyse microscopique de 12 lames minces issues de la coupe étudiée. Cette étude est réalisée sous microscope pétrographique standard, usant la terminologie et la nomenclature de Flügel (2010).

Nous identifions d’abord les éléments figurés (allochems) et les phases de liaisons (orthochems) ainsi que les textures selon les textures de Duham (1962) (Fig. 16).



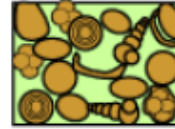
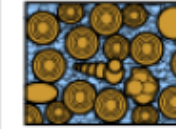
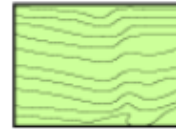
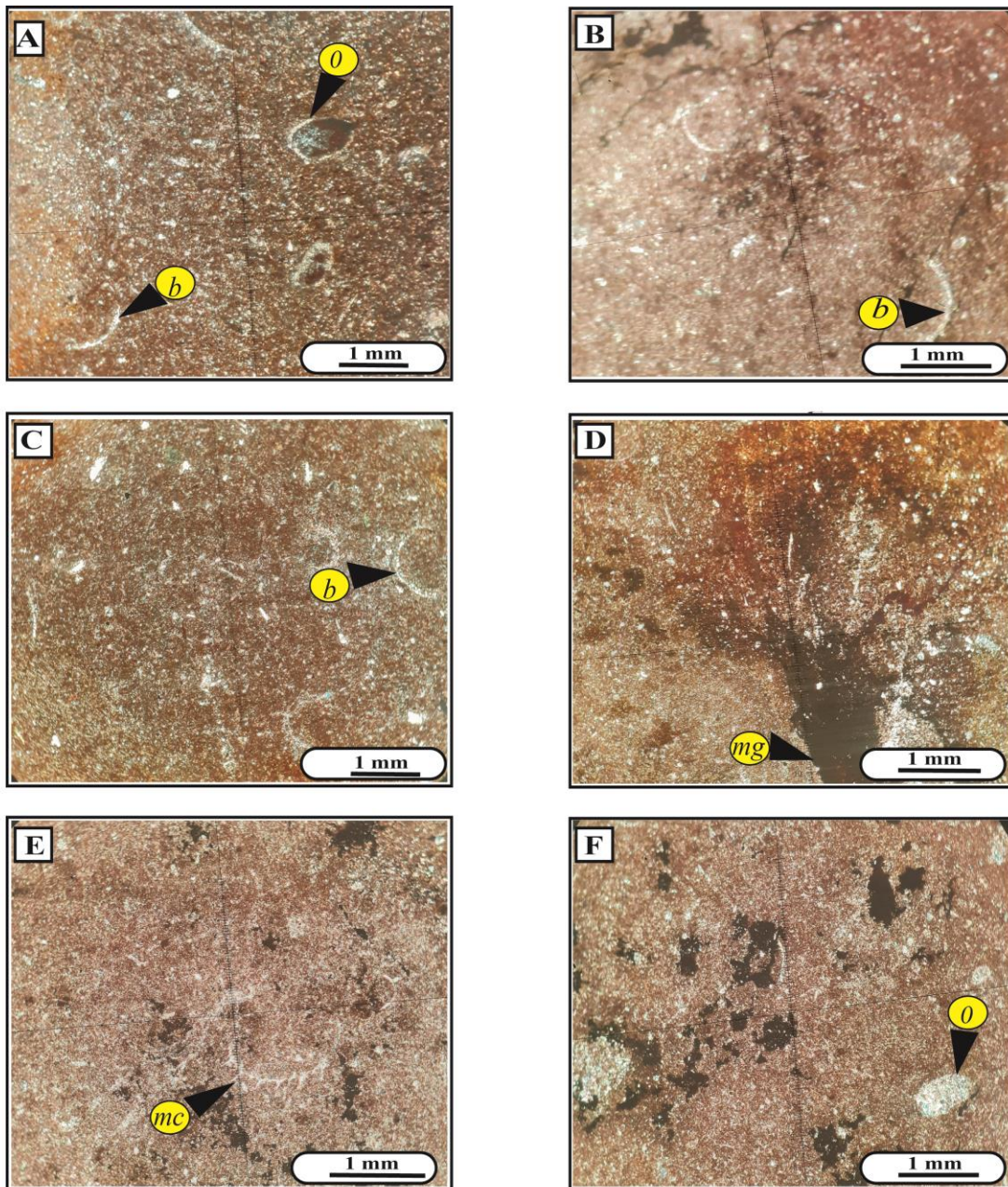
Original components not bound together at deposition				Original components bound together at deposition. Intergrown skeletal material, lamination contrary to gravity, or cavities floored by sediment, roofed over by organic material but too large to be interstices
Contains mud (particles of clay and fine silt size)		Lacks Mud		
Mud-supported		Grain-supported		
Less than 10% Grains	More than 10% Grains			
Mudstone 	Wackestone 	Packstone 	Grainstone 	Boundstone 

Fig. 17 : Classification de Dunham (1962).

II. Description des lames minces

LameE1 :

Calcsiltite, avec micrite bioclastique ; la fraction biogène est représenté par des bivalves à tests mines et de rares ostracodes (Pl. I Ph A, F) avec des grains de pyrite (Pl. I Ph F), et microfilaments (Pl. I Ph C) ; plages hématisées (début de nodularisation) ; mudstone à plages wackestones.

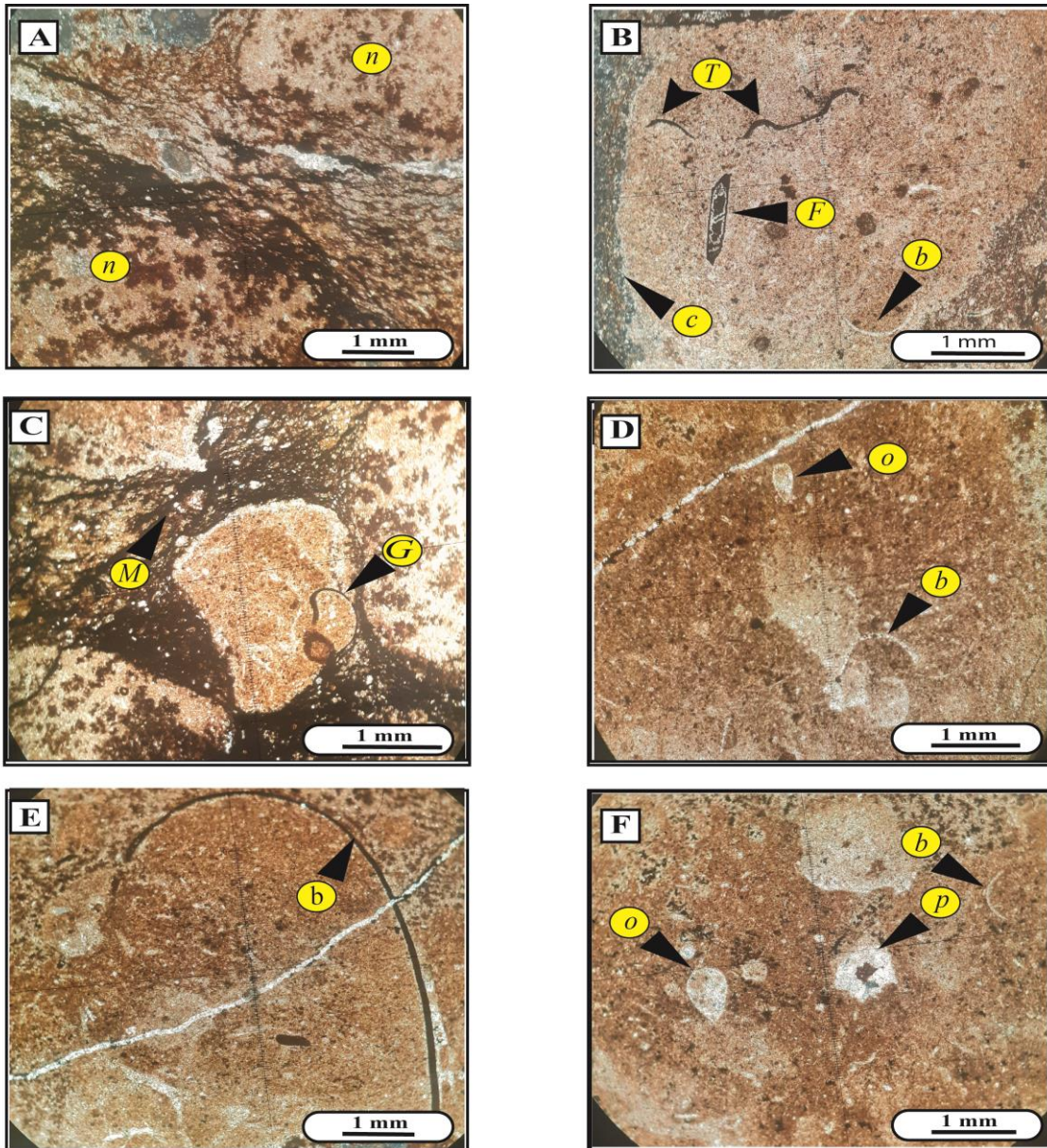


(A) Biomicrite mudstone avec bioclastes de bivalve et ostracode (B) Biomicrite mudstone à test fin de bivalve (C) Biomicrite mudstone à microfilaments et tests fins de bivalves. (D) Biomicrite à plage hématisée et imprégnation de matière organique. (E) Biomicrite à microfilaments. (F) Biomicrite à ostracode recristallisé et plages pyritisées.

Planche I : Microfaciès de la lame E1.

LameE2 :

Calcsiltite, avec micrite bioclastique ; une abondance de bivalves (Pl.II Ph B-D-F) et ostracodes (Pl. II Ph D-F), et traces de fluage (Pl. II Ph A) des microfilaments (nodularisation), avec imprégnation à l'argile (lie-de-vin) ; nodularisation (Pl. II Ph C) ; texture wackestone.

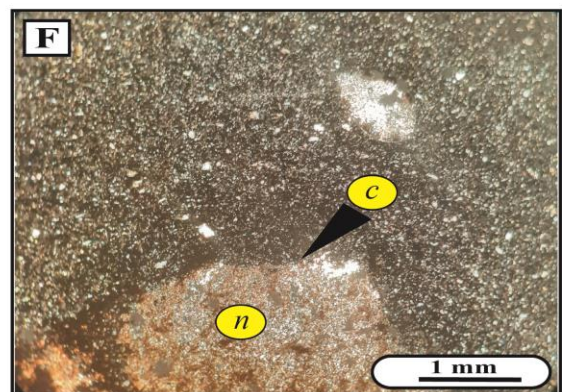
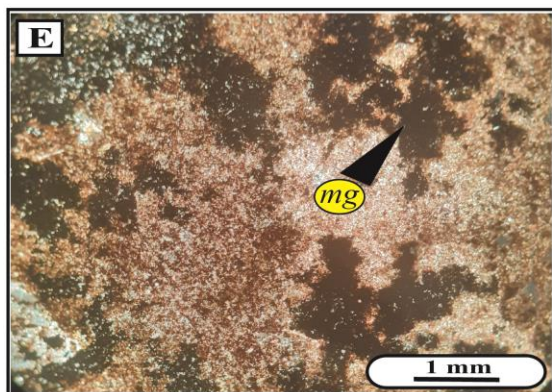
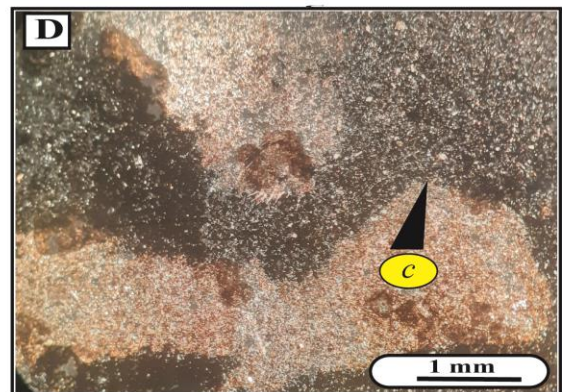
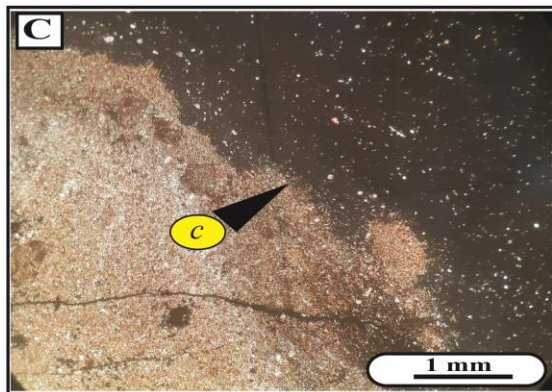
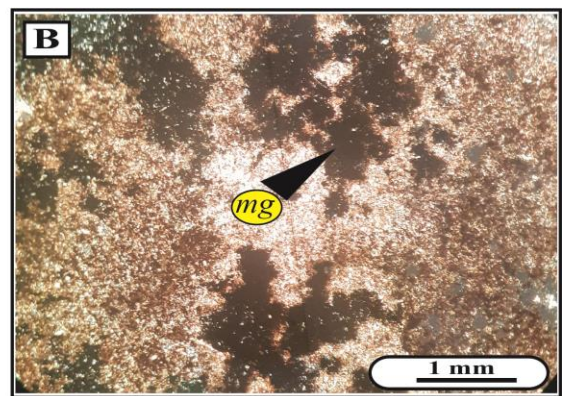
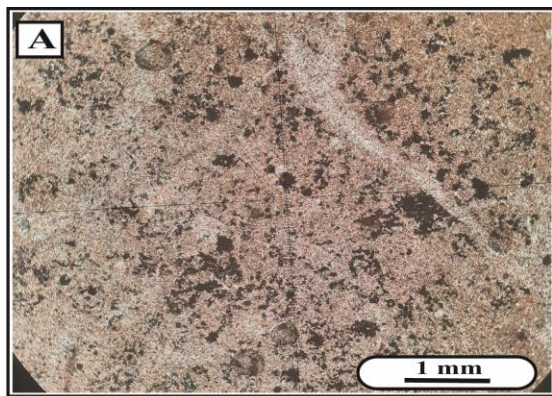


(A) Nodules (n) à contacts flous , avec matière organique (marron) d'aspect en fluage . (B) Nodule (n) à bioclastes (T: trilobite; F: foraminifère; b: bivalve) en contact (c) avec une matrice de micrite . (C) Gravelles carbonatées, biosparite à bioclaste (bivalve?), M : matrice micrite imprégnée de matière organique. (D) calcisiltite wackestone à bivalves et ostracodes (o). (E) calcisiltite à test fin de bivalve. (F) Microsparite à ostracode, plaque d'échinoderme (p) et bivalve .

Planche II : Microfaciès de la lameE2.

LameE3 :

Calcisiltite, avec micrite bioclastique (d'aspect « moucheté ») (Pl. III Ph. F) ; quelque fragment de bivalves, des plages de matière organique (Pl. III Ph B) de couleur brune à noire, microfilaments (Pl III Ph C), et nodularisation (Pl. III Ph C, D et F) de texture wackestone.

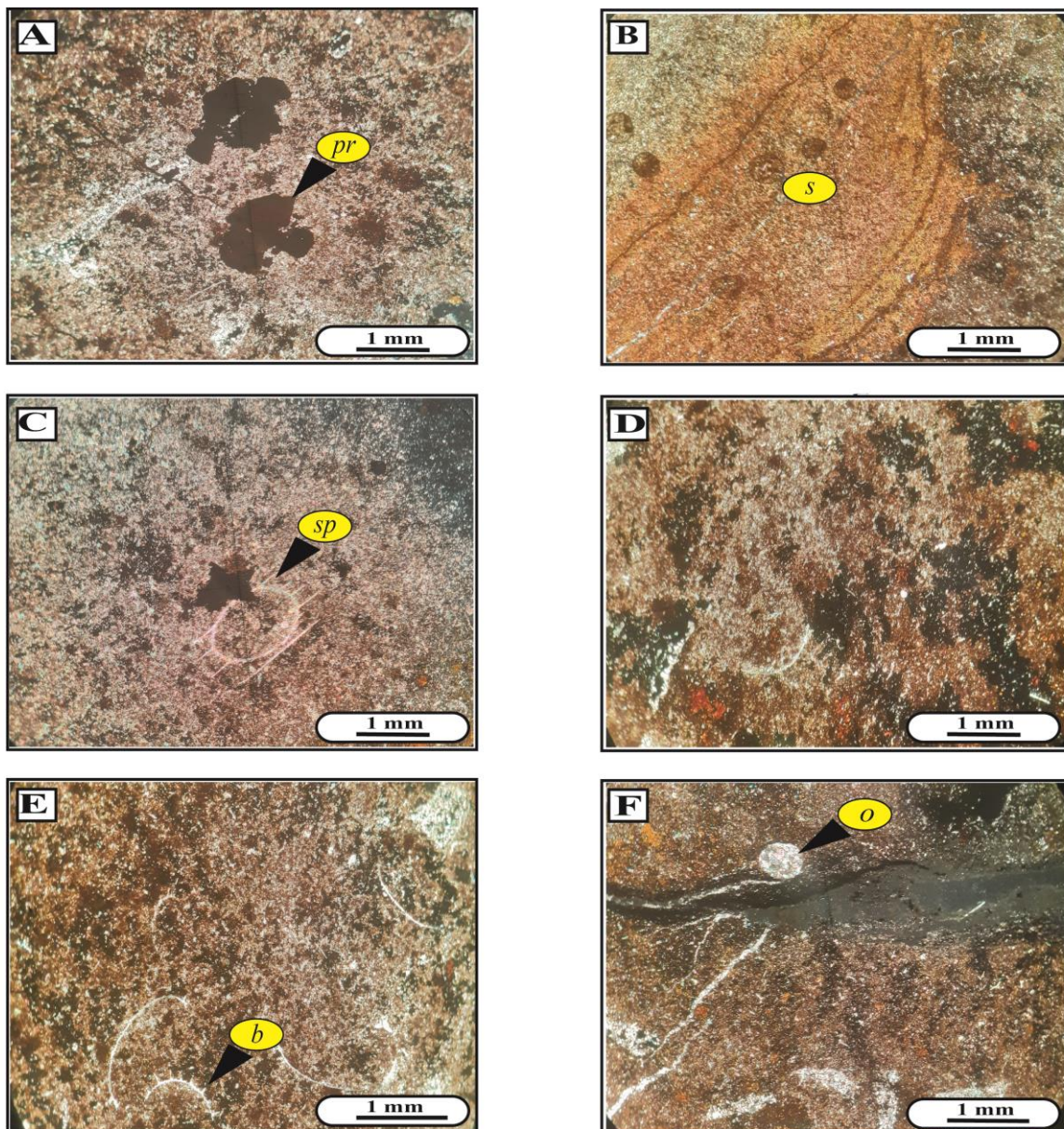


(A) Biomicrosparite à plages sombres de micrite imprégnée de matière organique. (B) Biomicrosparite avec plages de matière organique. (C) Sparite à microfilaments à contact net. (D) Biomicrosparite en nodules à contact net avec de la micrite. (E) Microsparite à plage de matière organique. (F) Nodule microsparite à contact net avec micrite grise "mouchetée".

Planche III : Microfaciès de la lameE3.

Lame E4 :

Calcisiltite, avec micrite bioclastique ; abondance de bivalves (Pl. IV Ph- A) à test mince de différente taille (Pl. IV Ph E) et ostracodes (Pl. IV Ph F) avec des grains de pyrite et bioclaste (spicule ?)(Pl. IV Ph C). On a observé aussi des laminations cynano-bactériennes (Pl. IV Ph B) donnant une plage boundstone; texture wackestone à packstone.

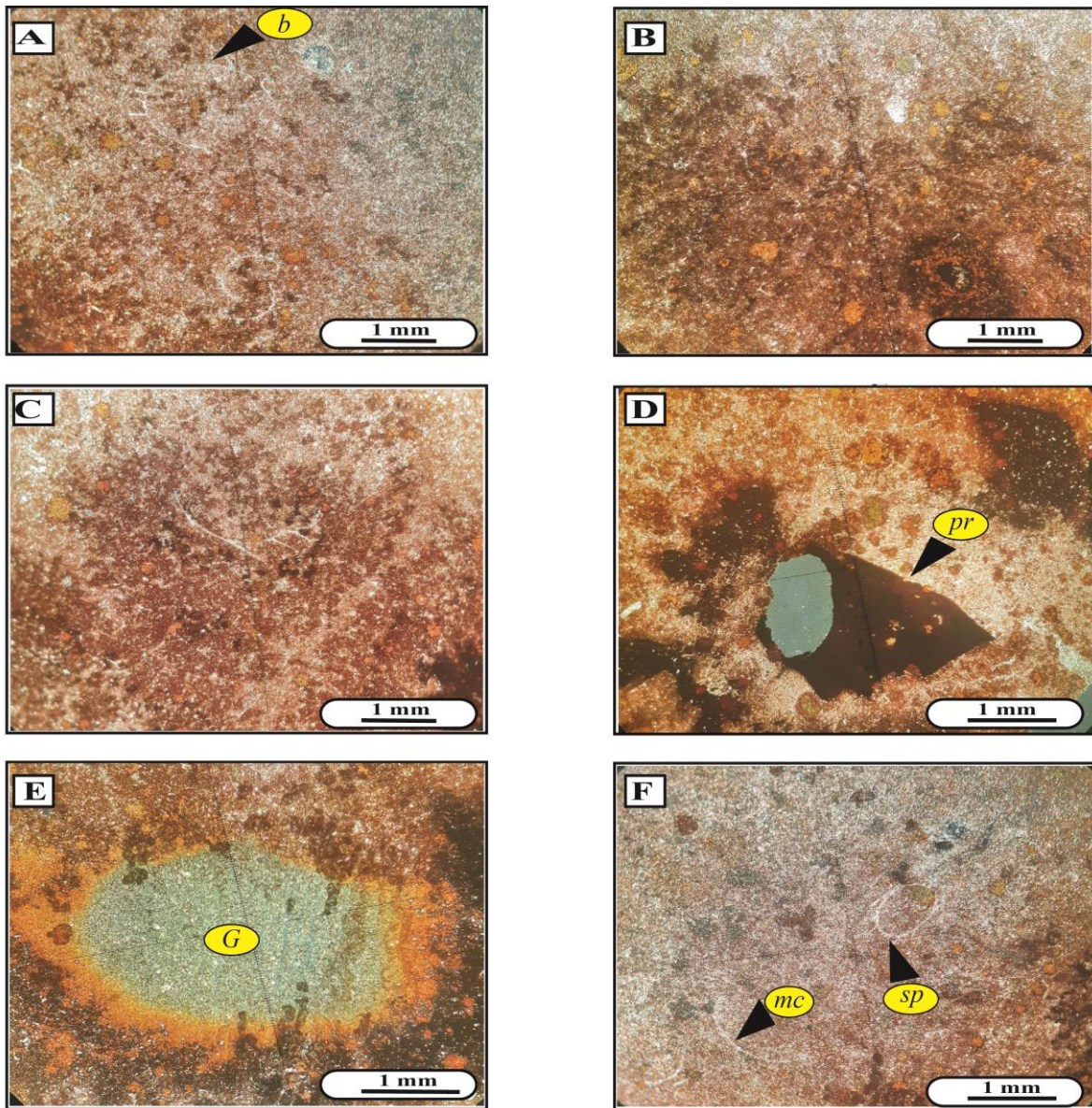


(A) Biomicrosparite à microfilaments et plages à pyrite. (B) Laminations stromatolitiques avec des grains de quartz silteux en contact progressif avec de la micrite (lie-de-vin). (C) Pyrite et bioclaste (spicule ?). (D) Microsparite et pyrite. (E) Micrite avec bivalve et microfilaments. (F) Microsparite avec micro-fractures à remplissage de calcite et ostracode.

Planche IV : Microfaciès de la lame E4.

Lame E5 :

Calcsiltite, avec micrite bioclastique ; fragment de bivalve (Pl. V Ph A) et plages ondulées (bactérienne) (Pl. V Ph C) qui semblent suivre l'allure des nodules. On a aussi des pellets (Pl. V Ph A, B, C et D), un grain de glauconie (Pl. V Ph E) et bioclaste (spicule) et microfilaments (Pl. V Ph F), avec quelques rares points de pyrites ; texture wackestone.

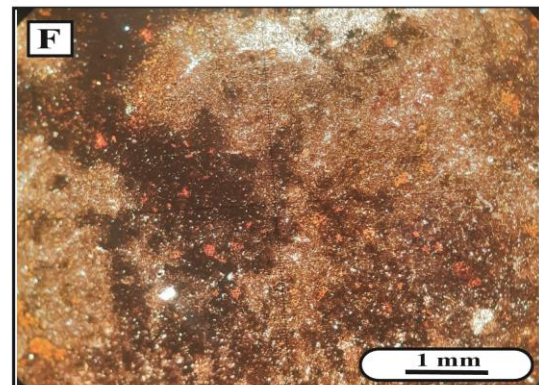
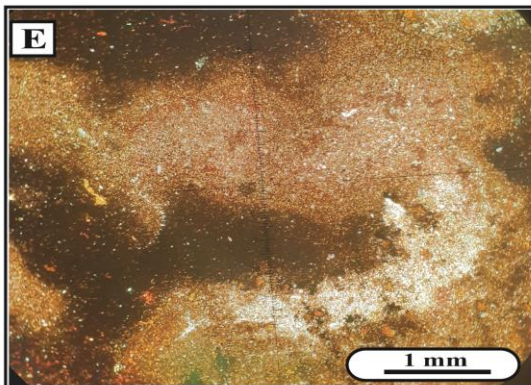
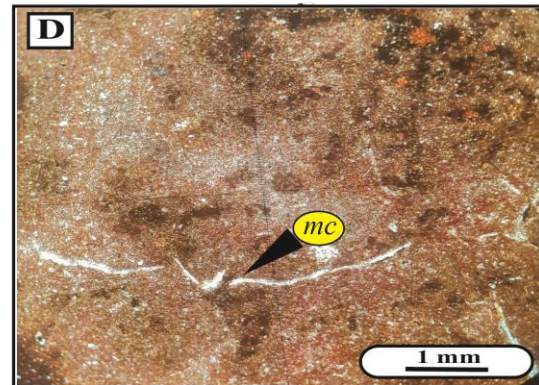
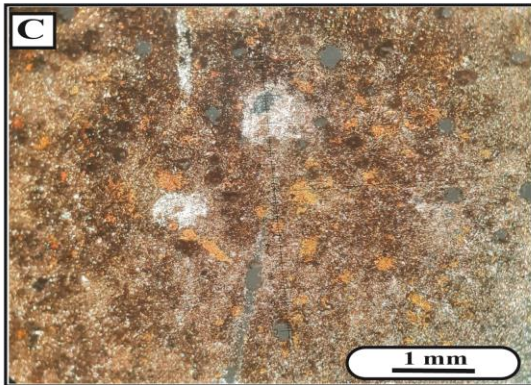
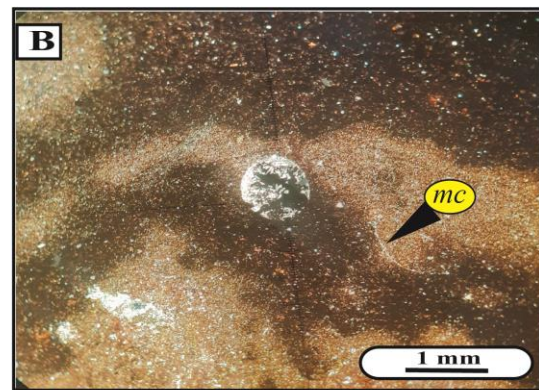
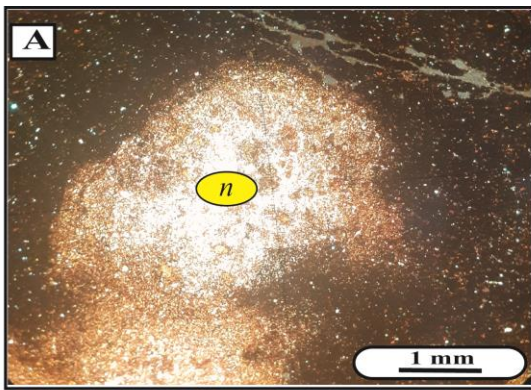


(A) *Microsparite à bivalve.* (B) *Microsparite à petit d'argile* (C) *Microsparite à plages ondulées (bactérienne).*
 (D) *Microsparite à pyrite.* (E) *Gravelle de glauconie (?) hématisée.* (F) *Biomicrosparite à microfilaments et spicule (?)*

Planche V : les photos montent à l'échelle microscopique dans la lame5(E5).

LameE6 :

Calcsiltite, avec micrite bioclastique ; pellets (Pl. VI Ph C et D), de rares bivalve et ostracode, et microfilaments (Pl.VI Ph B, D), à nodule de microsparite à contact net d'un côté et progressif vers la droite (Pl. VI Ph A, B) témoignant d'une nodularisation (Pl VI Ph A, B E, et F) ; granules circulaires d'hématite (Pl. VI Ph F) ; texture wackestone.

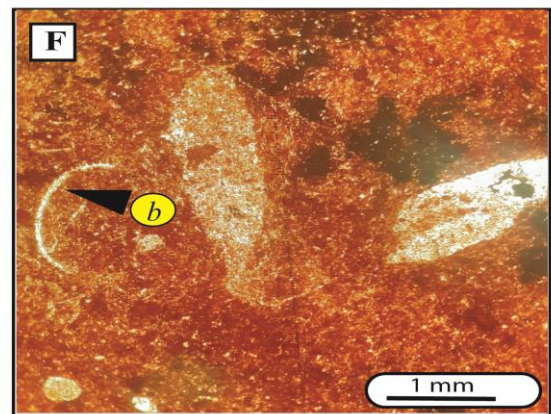
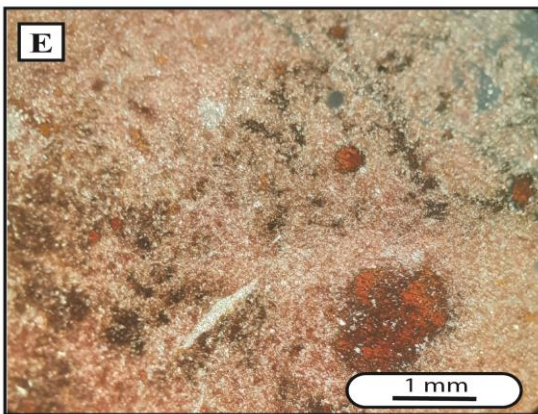
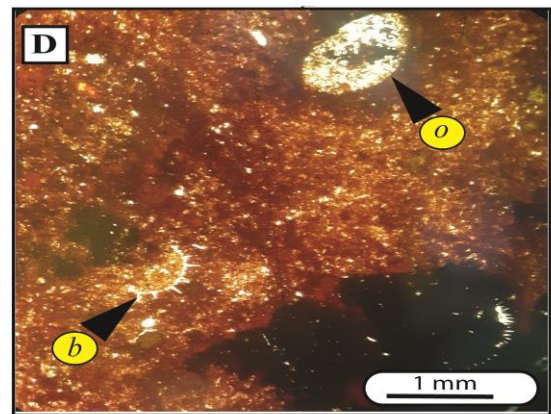
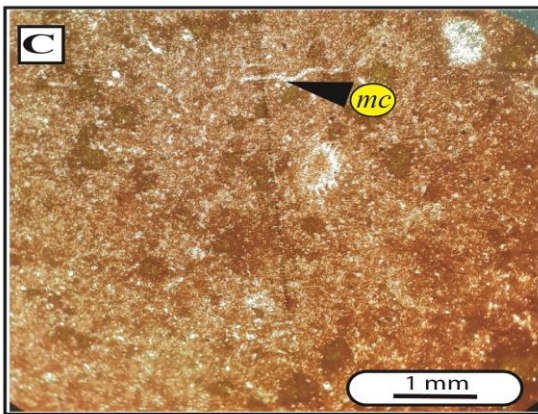
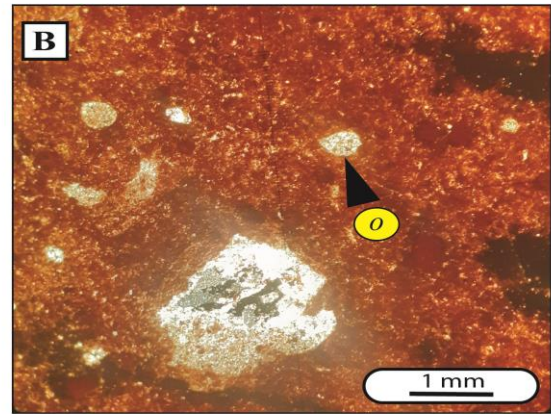
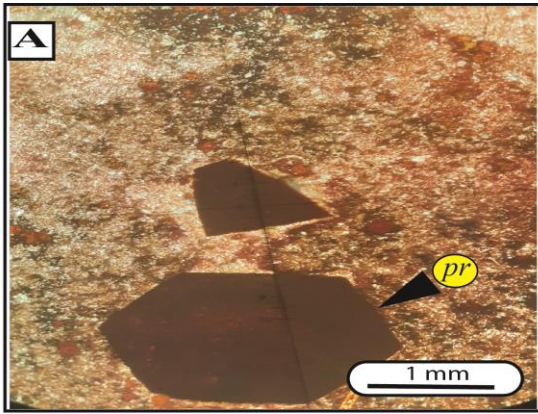


(A) Micrite "mouchetée" à nodule de microsparite à contact progressif (droite) sur un côté et net (gauche).
 (B) Microsparite à microfilament. (C) Microsparite à granules circulaires hématisées et en gris non identifiées.
 (D) Microsparite à microfilament. (E) Microsparite à microfilaments. (F) Microsparite à microfilaments et granules circulaires d'hématite.

Planche VI : Microfaciès de la lameE6.

LameE7 :

Calcisiltite hématisée, avec micrite bioclastique ; de nombreux d'ostracode (Pl.VII Ph B, D) et bivalves (Pl. VII Ph D, F), de la pyrite (Pl. VII Ph A), quelques pellets (Pl. VII Ph C), et granules hématisés (Pl. VII Ph E) ; on peut observer aussi de petites plages pyritisées à l'intérieur d'une plage de micrite bioclastique "mouchetée" (Pl. VII Ph D) ; texture wackestone à packstone.

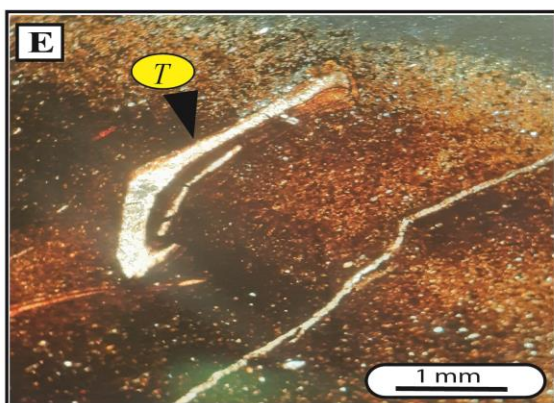
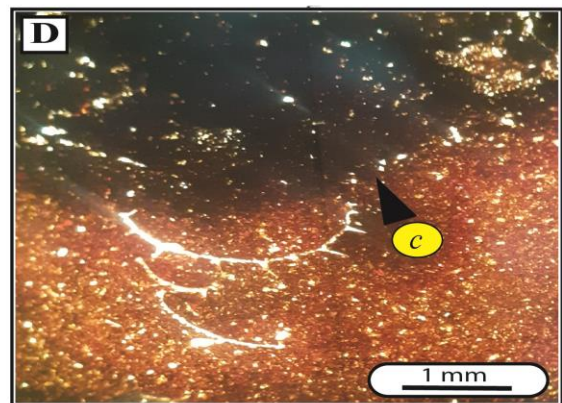
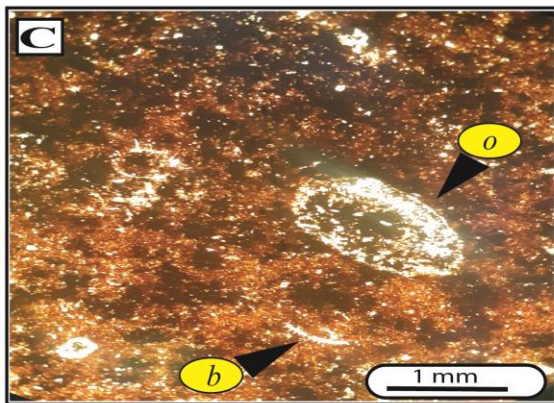
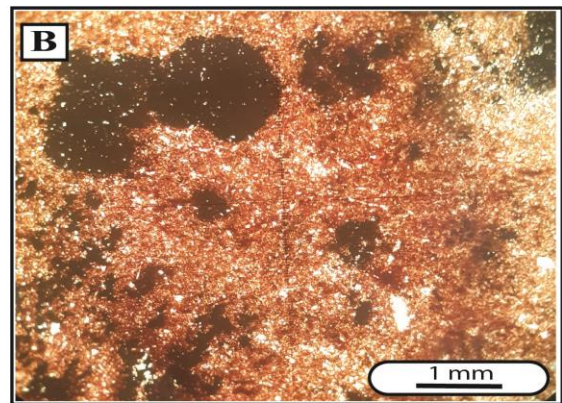
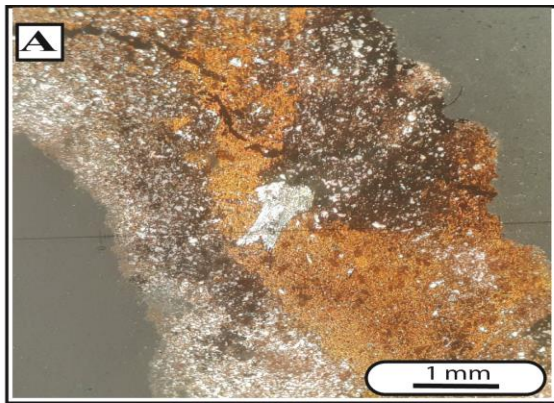


(A) Microsparite à pyrite. (B) Biomicrite à microfilaments et ostracodes. (C) Biomicrite à microfilaments. (D) Plage de micrite "mouchetée" à ostracodes et bivalves (E) Microsparite à granules d'hématite. (F) Biomicrite à plages pyritisées et bivalves.

Planche VII : Microfaciès de la lame E7.

Lame E8 :

Calcisiltite, avec micrite bioclastique ; fragment de bivalve à test mince, ostracode et quelques pellets (Pl. VIII Ph C), avec plage botroïdale de pyrite (Pl. VIII Ph B), fragment de trilobite et microfracture (Pl. VIII Ph E) ; aspect fluidal des microfilaments autour d'un « axe » de bioturbation » souligné par un liseré ferrugineux (Pl. VIII Ph F) ; texture wackestone.

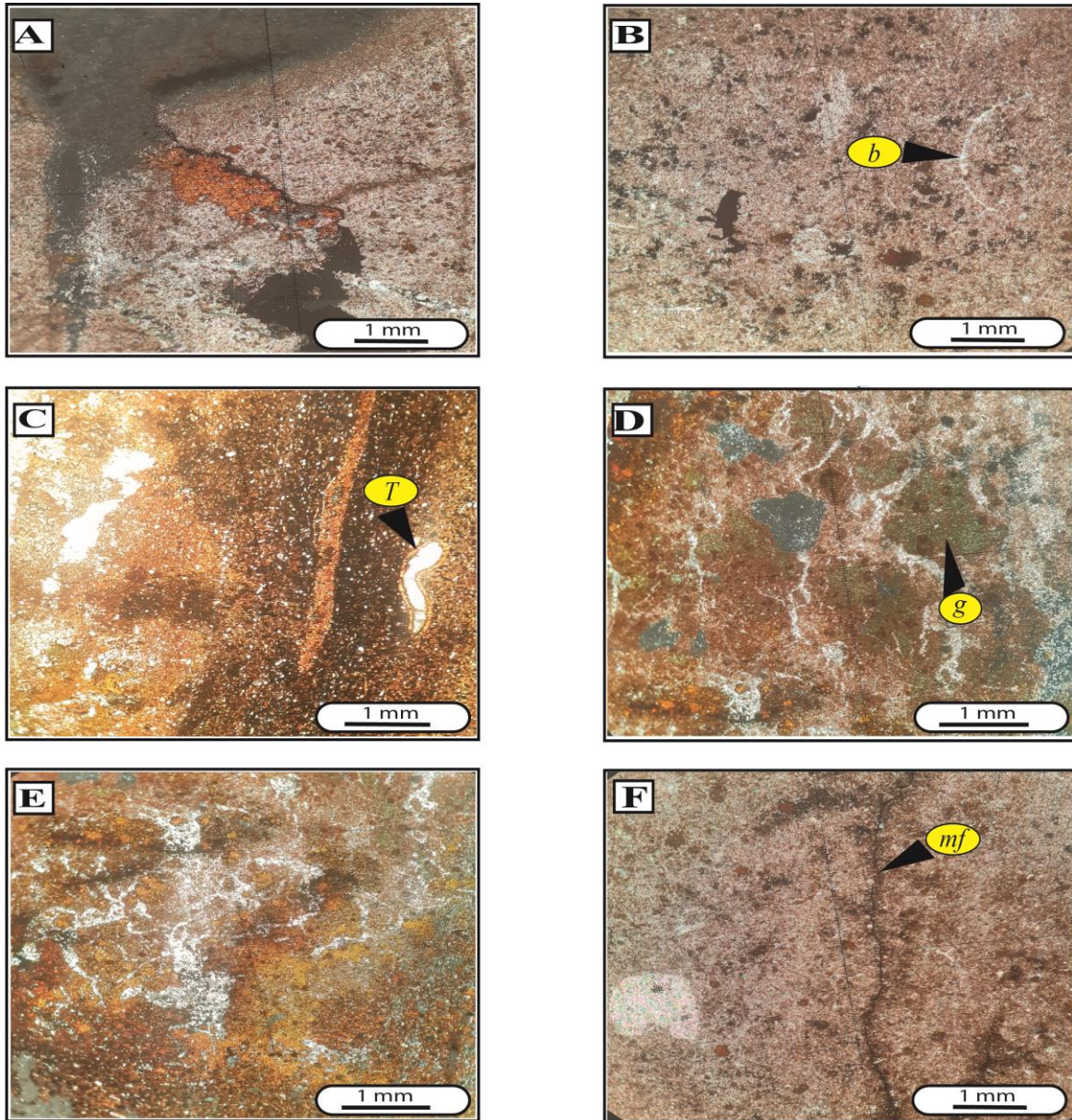


(A) Micrite à plage de microsparite hématisée. (B) Microsparite à plage botroïdale de pyrite. (C) Microsparite à ostracode et bivalve et pyrite botroïdale. (D) Micrite pyritisée en contact avec micrite rouge à microfilaments. (E) Micrite à fragment de trilobite et microfracture. (F) Microsparite.

Planche VIII : Microfaciès de la lameE8.

LameE9 :

Calcsiltite, avec micrite bioclastique ; bivalve à test mince (Pl. IX Ph B) et fragment de trilobite (Pl. IX Ph C) ; quelque grains de pyrites et plages de glauconie (verte) (Pl. IX Ph D) dans une matrice micritique ; microfracture (Pl. IX Ph F) soulignée par une micrite brune (matière organique) ; des gravelles ou nodules micritiques dans une matrice de recristallisation (calcite blanche) rappelant la structure chaotique des carbonates de « *seepage or seep carbonates* » ; nodularisation (Pl. IX Ph D E) ; texture grainstone à wackestone.

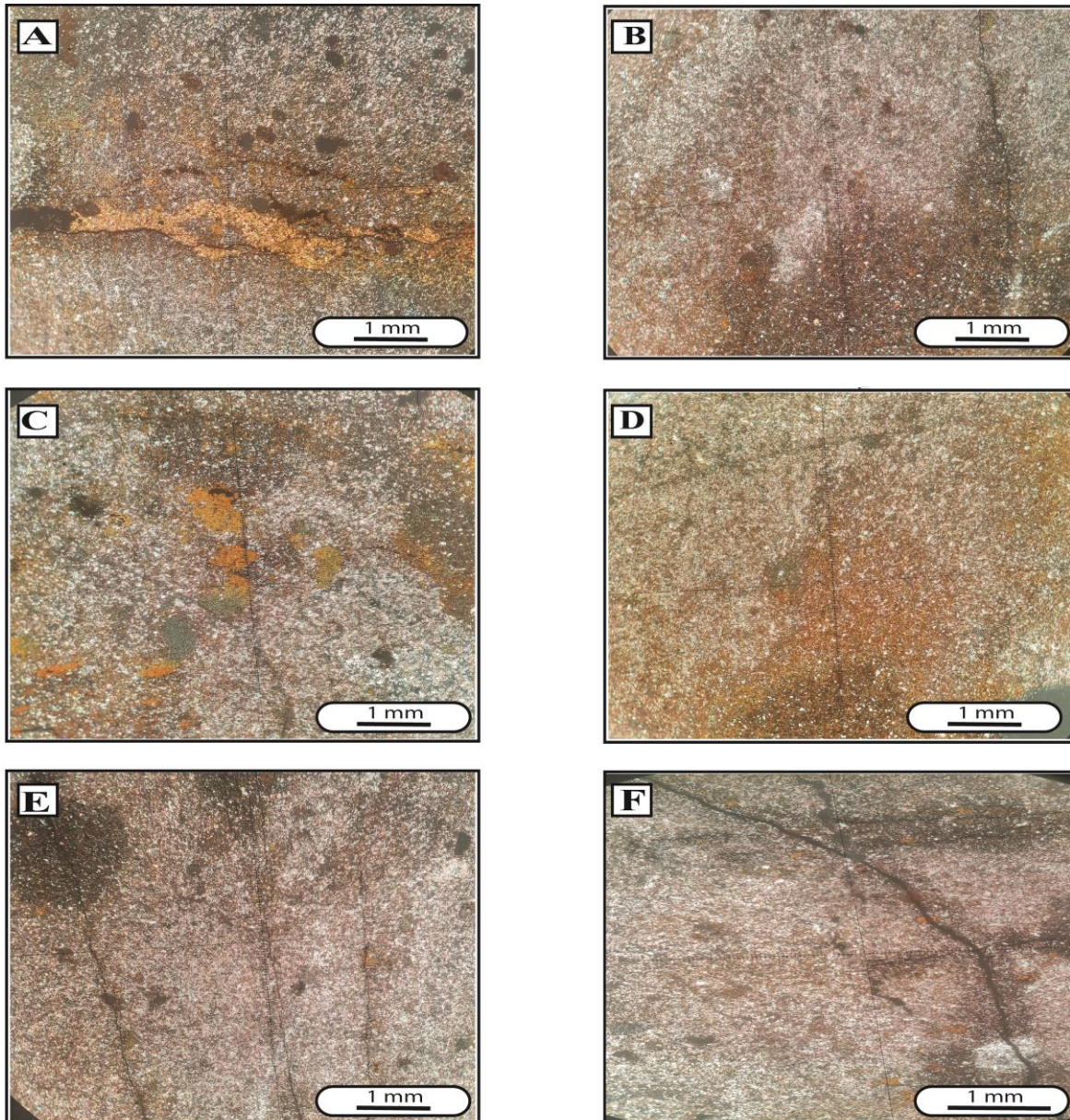


(A) Microsparite hématisée (B) Microsparite à bivalve et pyrite (C) Micrite “mouchetée” à fragment de trilobite . (D) Microsparite à plages de glauconie (verte), gravelles (en gris) et microsparite hématisée (en orange). (E) Idem que D. (F) Microsparite avec microfracture à remplissage pyritisé.

Planche IX : Microfaciès de la lame E9.

Lame E10 :

Calcisiltite, avec micrite bioclastique ; des grains de pyrite ; lamine hématisée (hard-ground) (Pl. X Ph A) et grains de glauconie (Pl. X Ph C), et plages hématisées (Pl. X Ph B et D) correspondant à une nodularisation. En effet les plages hématisées correspondent à un stade précoce de la nodularisation ; microfracture (Pl. X Ph F) soulignées par des imprégnations argileuses ; texture wackestone à packstone.

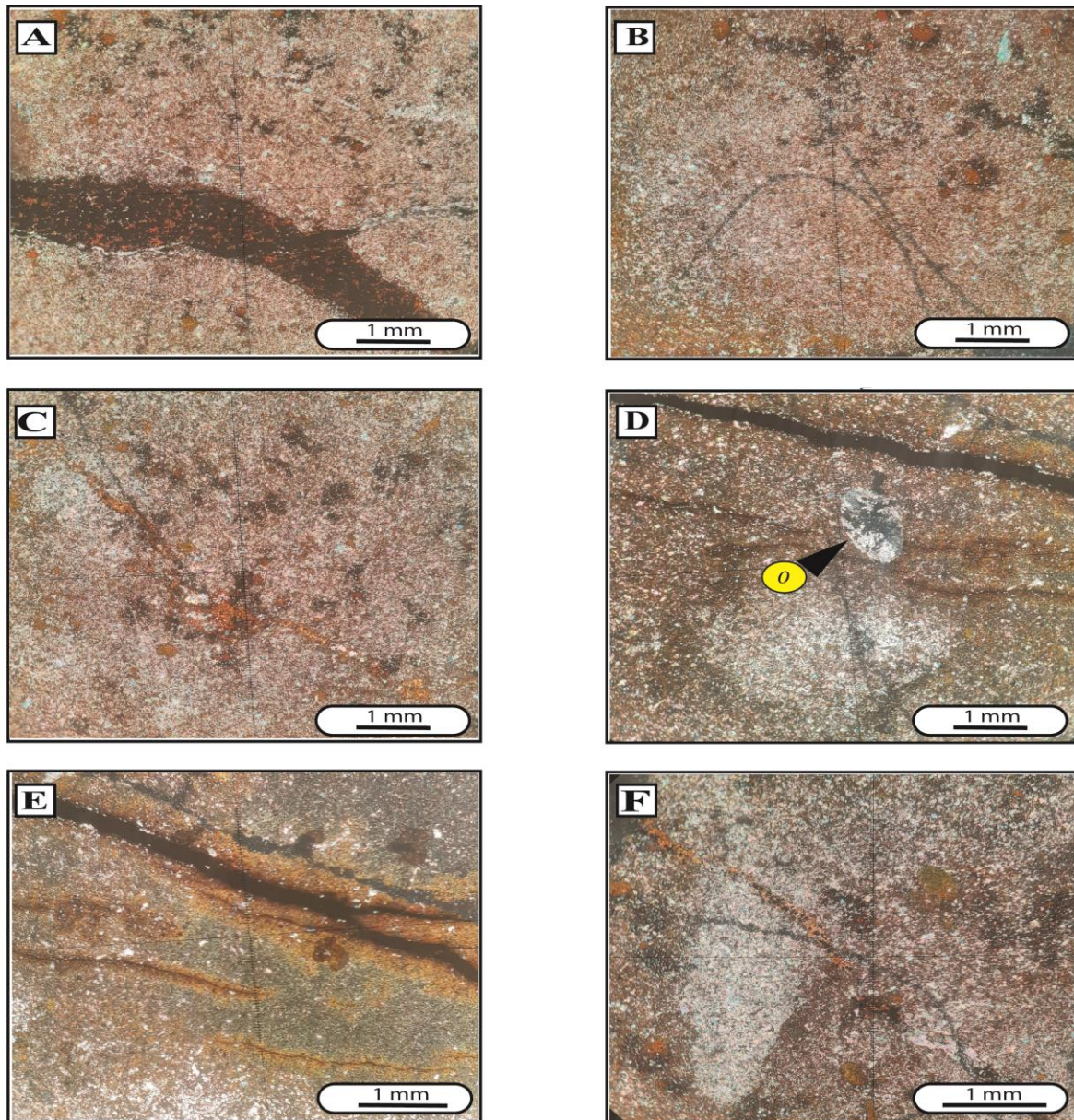


(A) *Microsparite à grains de pyrite et lamine hématisée (hard ground).* (B) *Microsparite.* (C) *Microsparite à grains de glauconie et grains hématisés.* (D) *Microsparite à plages hématisées.* (E) *Microsparite.* (F) *Microsparite avec microfracture.*

Planche X : Microfaciès de la lame E10.

LameE11 :

Calcisiltite, avec micrite bioclastique (Pl. XI Ph D, E), de rares pellets (Pl. XI Ph A, F), avec des nodules à bords diffus (Pl. XI Ph A, B et D) recristallisés en microsparite, et ostracodes (Pl. XI Ph D), rares bivalves, et lamines ferruginisées (hard-ground) d'origine algaire (bactérien) (Pl. XI Ph E) ; un grain de muscovite (Pl. XI Ph B) ; texture wackestone.

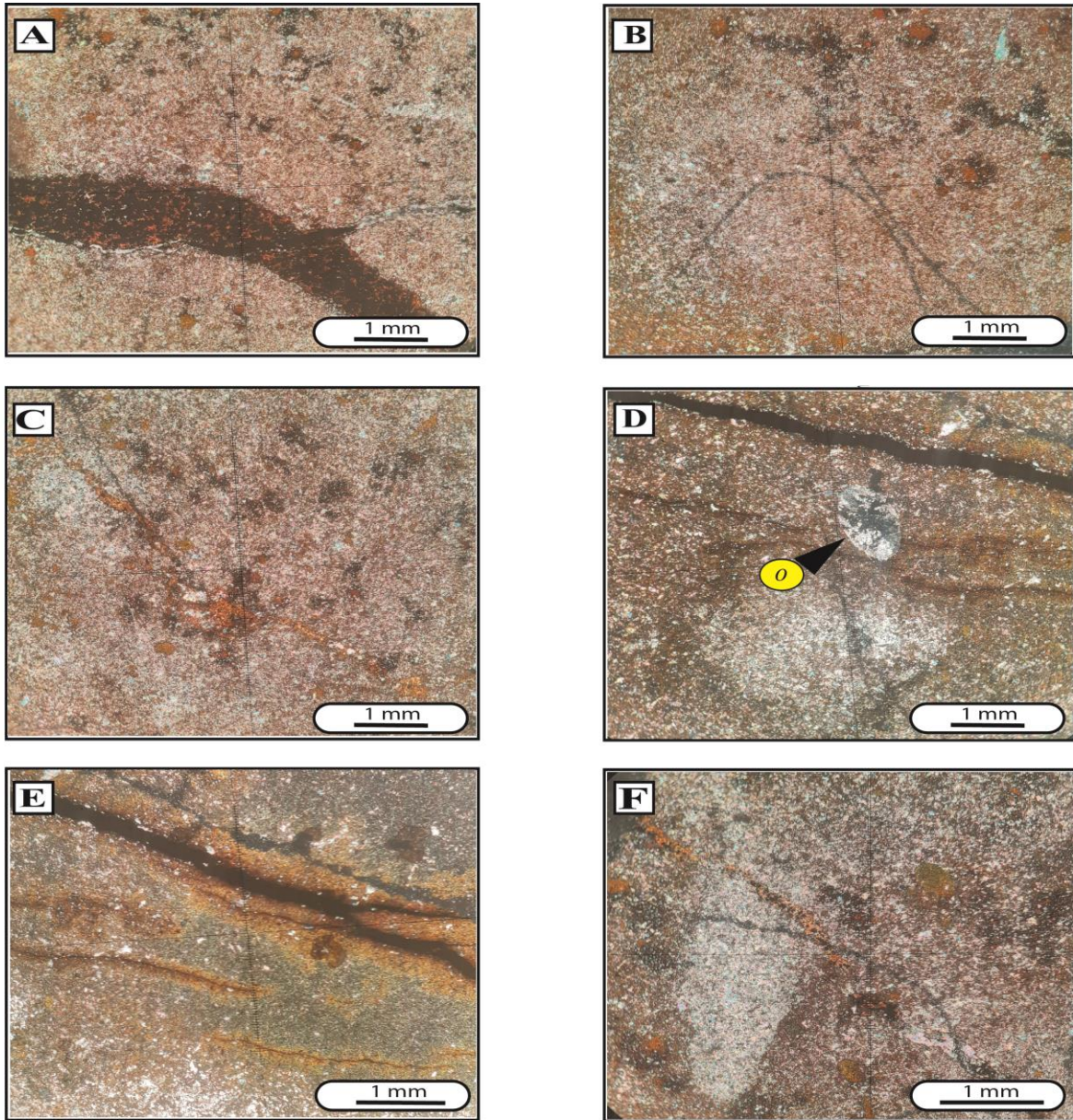


(A) *Microsparite à microfilaments et lamines obliques (?) de micrite pyritisée.* (B) *micrite et grains de siltité.*
 (C), (D) *Microsparite à ostracode.* (E) *Lamines ferruginisées (hard ground) d'origine algaire (bactérien).*
 (F) *Microsparite hématisée.*

Planche XI : Microfaciès de la lameE11.

LameE12 :

Calcisiltite, avec micrite bioclastique ; rares pellets (Pl. XII Ph A et C), plages de microsparites (Pl. XII Ph B, D et E), foraminifère (Pl. XII Ph F), ostracode (Pl. XII Ph C), et microfilament. Les clastes (ou nodules) en voie de formation montrent un contact franc (Pl. XII Ph B, D) ; plages pyritisées et grains de glauconie (Pl. XII Ph B, E) ; texture wackestone.



(A) *Microsparite à microfilaments et lamines obliques (?) de micrite pyritisée.* (B) *micrite et grains de siltite.*
 (C), (D) *Microsparite à ostracode.* (E) *Lamines ferruginisées (hard ground) d'origine alguaire (bactérien).*
 (F) *Microsparite hématisée.*

Planche XII : Microfaciès de la lame E12.

III. Généralités sur les environnements sédimentaires des calcaires griottes (Famennien III et IV) de Marhouma

Les travaux sur les faciès des calcaires griottes de Marhouma (Elmi&Ameur, 1984 ; Benhamou et al. 2004 ; Ait-Ouali et al. 2007 ; Ouali Mehadji et al. 2012 ; Abbache et al. 2019) s'accordent sur un environnement de type talus à bassin.

De tels environnements sont connus par « environnement profond » (*deep marine environment*) qui commence au-delà du talus bordant les plateformes péricontinentales mais aussi les parties profondes des plateformes ouvertes, péri et épicontinentales (Flügel, 2010). Les processus de sédimentation sont ceux du régime pélagique caractérisé par les restes des organismes pélagiques (organismes nectoniques et planctoniques, de mer ouverte) qui contribuent à la formation des boues carbonatées. Les apports terrigènes combinés à cette sédimentation constituent les hémipélagites. Les sédiments biogéniques participent par la dissolution des coquilles, tests et carapaces à l'interface eau-sédiment ou dans la colonne d'eau.

Les boues carbonatées sont caractérisées par la micrite (calcite microcristalline inférieure à 4 micromètres). Souvent, le terme est utilisé dans le sens de boue calcaire, *calcimudstone* ou calcisiltite. Cette boue microcristalline provient de la sédimentation *in situ* de carbonate, fin, déclenchée par des facteurs physico-chimiques ou biochimiques ; désintégration d'algues calcaires ; abrasion physique ou biologique de matériel squelettique ; accumulation de plancton calcaire ; processus diagénétique (Flügel, 2010, p. 75).

Généralement, la micrite issue de la dissolution de la faune et microfaune constitue l'allomicrite. L'automicrite est la variété autochtone formée sur le fond ou à l'intérieur du sédiment.

Calcisiltite (terme de Kay, 1951) pour les calcaires prédominés par la calcite détritique de taille entre 2-63 micro-m. Lindholm (1969) utilisa le terme calcisiltite pour des carbonates finement grenus et non triés (de 5 à 15 micro-m) provenant de la destruction de matériel squelettique.

Au Dévonien moyen, la Saoura est occupée par une sédimentation à caractère de rampe au sens d'Ahr (1973) et Burchette & Wright (1996) ; il s'agit d'un type de plateforme sans bioconstruction (Ouali Mehadji, 2004 ; Ouali Mehadji et al., 2004 ; Ouali Mehadji et al., 2011) qui passe à un environnement de type talus à bassin à partir du Frasnien et Famennien (Elmi&Ameur, 1984 ; Benhamou et al., 2004 ; Ouali Mehadji et al., 2012 ; Abbache et al., 2019 ; Limam et al. 2021). Le modèle de faciès standards correspond à celui d'une rampe carbonatée qui débouche sur un talus et bassin.

IV. Le Modèle de rampe

Le modèle des faciès de rampe (Ahr, 1973 ; Wilson, 1975 ; Burchette & Wright, 1996 ; Flügel, 2010) montre un enchaînement latéral de faciès (et microfaciès). Chaque environnement est caractérisé par ses faciès dans un modèle de faciès de rampe (*Ramp Model facies RMF*) (Fig. 17).

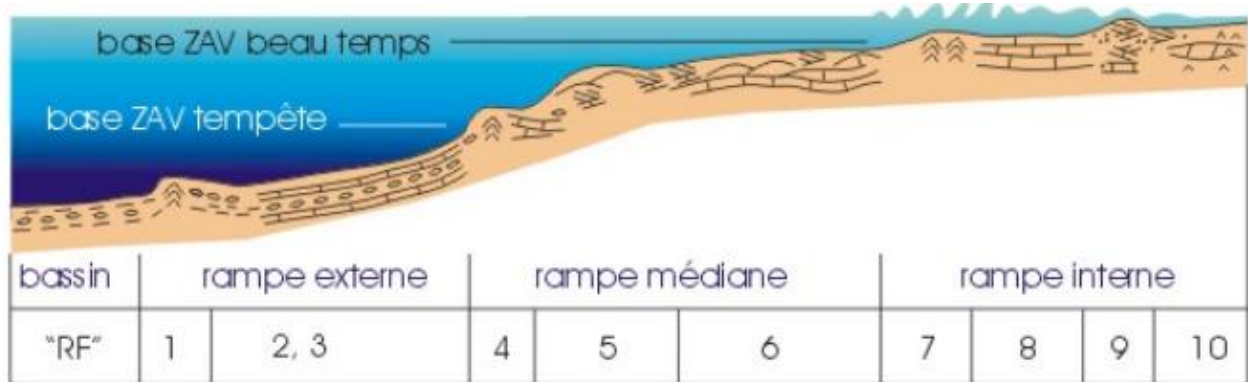


Fig. 18 : Répartition des faciès "RMF" sur un modèle de rampe carbonatée (wilson, 1975).

RMF1 : Calcsiltite et mudstone à péloïdes, très fines débris squelettiques, spicules d'éponges, parfois laminées finement.

RMF2 : mudstone et wackestone argileux ; rares foraminifères agglutinés, ostracodes, échinodermes.

RMF3 : Wackestone et packstone bioclastiques enfouis avec des fossiles divers, communs à abondants (bivalves, brachiopodes, échinodermes) et des péloïdes. Grains squelettiques.

RMF4 : Wackestone peloïdale et packstone.

RMF5 : Mudstone pélagique avec microfossiles planctoniques et fossiles nectoniques en mer ouverte.

La rampe externe est située sous la limite d'action des vagues de tempêtes, aphotique, et comporte les termes distaux et fins des tempestites gradées, des sédiments fins calcaires (mud à wackestones) et parfois allochtones (packstones) inters stratifiés avec des marnes, argiles et siltites La faune est représentée par du necton (ammonites) associée aux planctons. La faune benthique est représentée par des bryozoaires, foraminifères, des éponges, des brachiopodes, des mollusques et des échinodermes (Flügel, 2010).

V. Coupe de Marhouma :

L'analyse pétrographique des lames minces montre une prédominance de la micrite et accessoirement de la microsparite sous des textures mudstone à wackestone, rarement packstone, à abondance de microfilaments (bivalves à tests minces) et ostracodes. Les bioclastes associés sont représentés par des microfilaments de bivalves, des ostracodes, quelques foraminifères, débris de trilobites, spicules d'éponges, plaques d'échinodermes et des grains de quartz de la taille des silts. Les voiles cyano-bactériens souligneraient les surfaces durcies qui marquent des arrêts sédimentaires (*Hard-grounds*).

Les résultats de l'analyse des ichnofaciès (Bendella & Ouali Mehadji, 2014) montrent des traces de bioturbation de l'assemblage des *Nereites* qui caractérise les environnements profonds.

La présence d'imprégnations de kérogène ou bitume (*migrabitumen*) est signalée dans certains niveaux calcaires et silts du Famennien III à VI (Ouali Mehadji et al., 2018). En absence d'analyses géochimiques on utilisera le terme kérogène pour ces imprégnations de matière organique.

Les niveaux argileux, finement lités, à silts, et foraminifères (Mahboubi et al., 2015) traduisent une sédimentation de type hémipélagites (Ouali Mehadji et al., 2012) qui se mettent en place en milieu talus à bassin.

VI. Famennien III à IV de Marhouma dans le modèle RMF :

Les niveaux étudiés montrent un seul microfaciès dominant ; Calcisiltites à micrite bioclastique, à quelques peloïdes, associées à une composante biologique constituée par :

- i) Microfaune : ostracodes
- ii) Macrofaune benthique : débris d'échinodermes (crinoïdes), trilobites, brachiopodes et surtout des microfilaments qui représentent une dégradation de coquilles de bivalves à tests minces.
- iii) Macrofaune nectonique : représentée par des goniatites souvent pyritisées.

Ces composants se retrouvent sous une texture mudstone à wackestone dominant avec quelques plages packstones.

Ces niveaux calcaires s'alternent avec des marnes feuilletées à ammonoïdes.

Les ostracodes étudiés par Casier (1982) renferment des formes de milieux profonds.

Les trilobites (Cronier et *al.*, 2015) renferment des formes dites aveugles (*Blind trilobites*) connus dans les milieux aphotiques et souvent profonds.

Les foraminifères agglutinés (Mahboubi et *al.*, 2015 ; Derrycke et *al.*, 2017) sont de milieux profonds.

Ce faciès traduit une mise en place dans un environnement calme, sous la limite d'action des tempêtes (= RMF1 à RMF 5). Il s'agit souvent de carbonates allochtones, produits par exportation vers le bassin par des tempêtes (sur la plateforme ou la rampe qui produit ces carbonates).

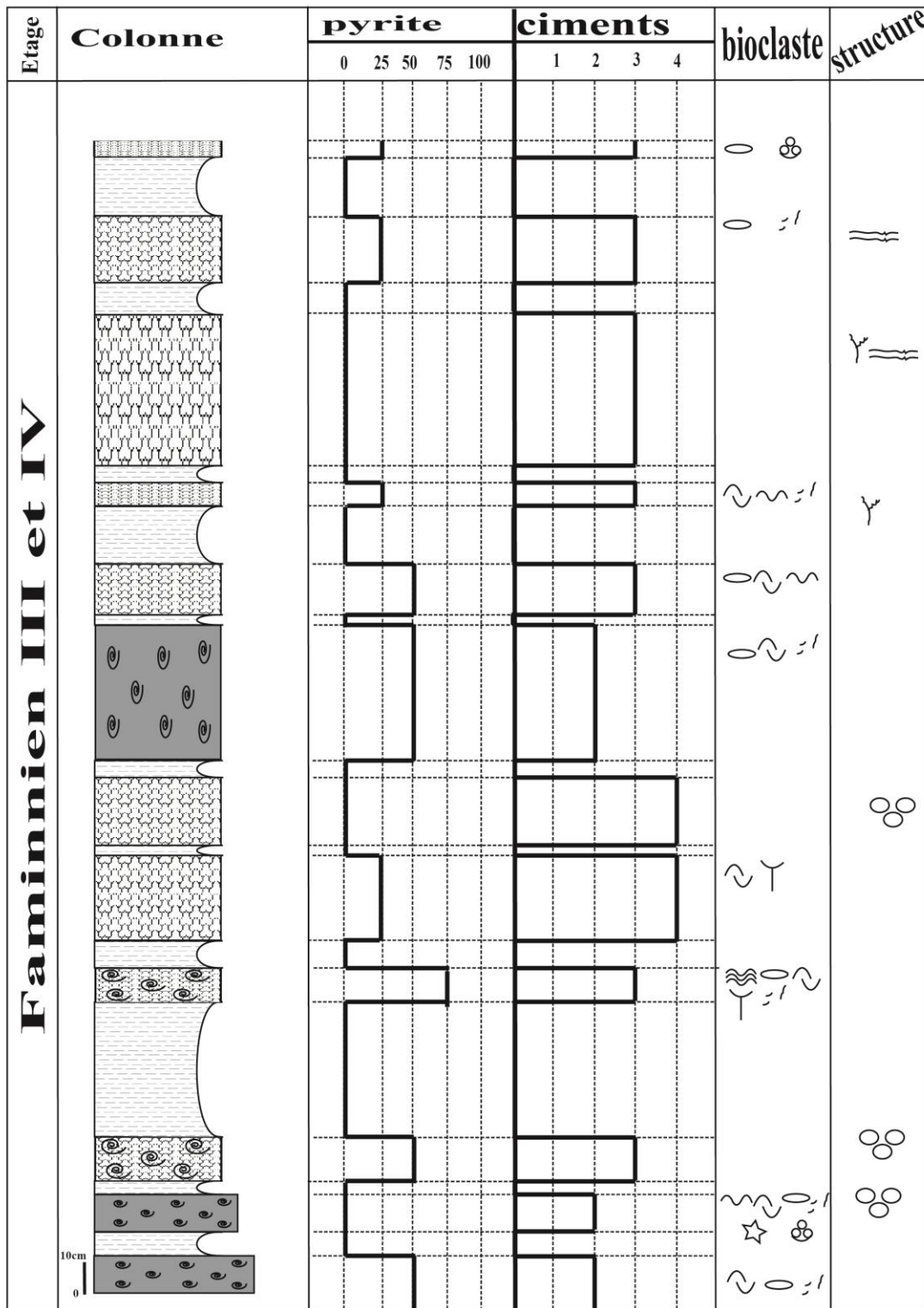


Fig. 19 : Coupe/microfaciès Famennien III à IV de Marhouma (1 : Micrite ; 2 : Biomicrite ; 3 : Microsparite ; 4 : Biomicrosparite).

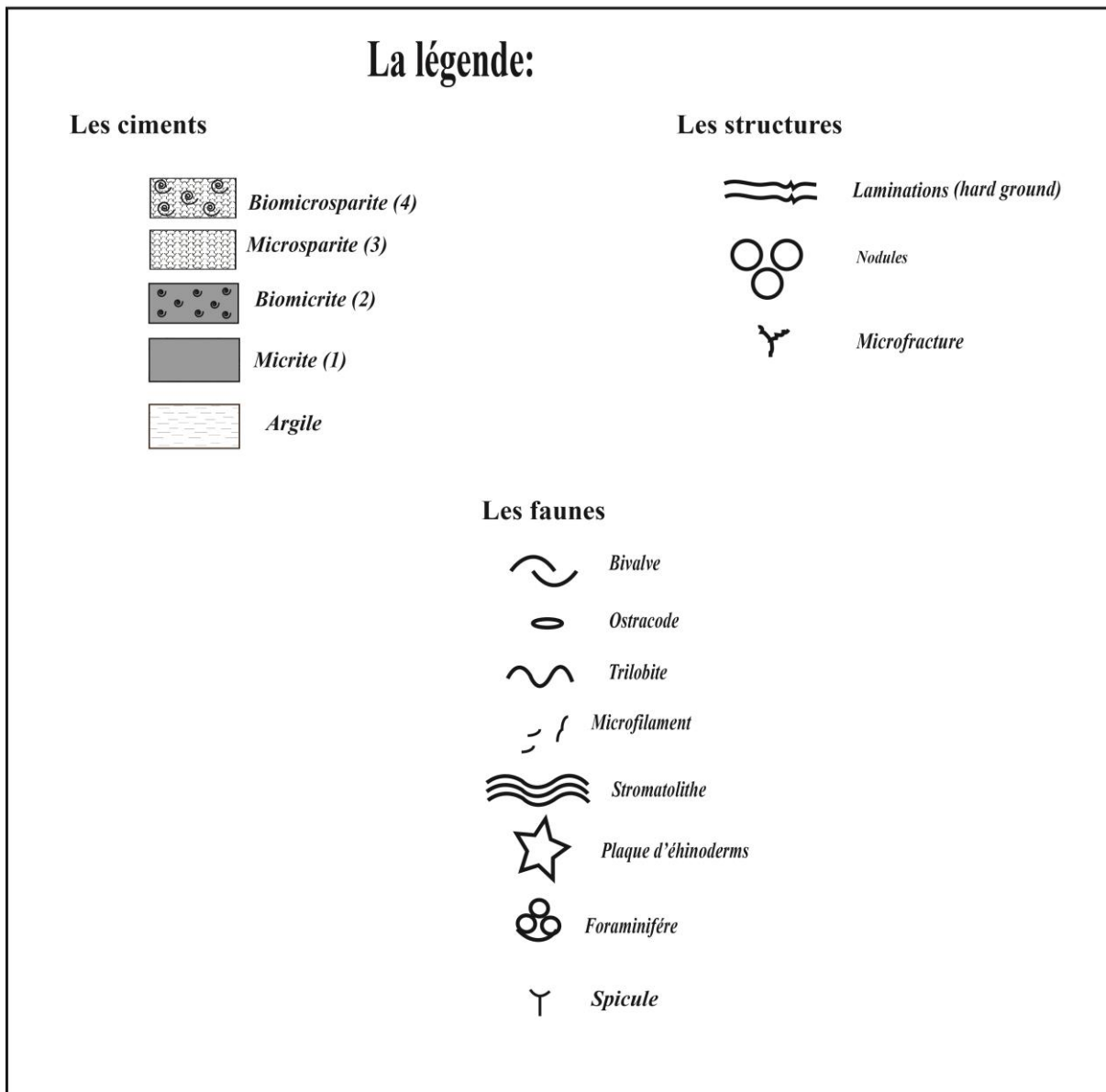


Fig. 20 : légende de cette coupe.

VII-Phénomènes diagénèse :

A- Nodules :

Les structures noduleuses sont présentes dans la coupe étudiée (les alternances argileux-calcaires), L'origine de la fabriquer nodulaire a été expliquée par des processus diagénétiques, sédimentaires et tectoniques. Les processus diagénétiques comprennent les processus de mise en solution ainsi que la cimentation et la croissance de nodules dans le sédiment (Elmi&Ameur, 1984 ; Benhamou et *al.*, 2004).

Les calcaires nodulaires en lits présentent un tissu remarquable caractérisé par des nodules centimétriques et décimétriques, souvent « arrondis », flottant dans une matrice généralement micritique. Les nodules sont décrits en fonction de leur composition, de leur forme, de leurs limites et de leur taille. La composition (microfaciès, fossiles à l'intérieur et à la périphérie des nodules) peut être identique ou différente de celle de la matrice environnante.

Les calcaires nodulaires sont généralement supportés par la boue. La matrice correspond à un mudstone ou un wackestone, avec quelques bioclastes. Les variations de couleur de la matrice et des nodules sont dues à des différences dans la quantité d'hydroxydes de fer, de sulfures et de carbone organique.

B-Hard ground :

Les surfaces d'arrêts de sédimentation (*Hard-ground*) sont des surfaces de fond marin durci avant le dépôt des sédiments sus-jacents. Ils sont liés à une combinaison de non-dépôt ou de faibles taux de sédimentation et de condensation.

Les surfaces dures sont le résultat d'une cimentation sous-marine par précipitation d'aragonite et de calcite magnésienne directement à partir de l'eau de mer circulant à travers les quelques centimètres ou dizaines de centimètres supérieurs d'un fond marin sableux poreux. Le développement des hard-grounds est probablement lié à la saturation en eau de surface par rapport au carbonate de calcium. Les hard-grounds du plateau sont généralement minéralisés par la glauconite, des sels de phosphate de calcium et des hydroxydes de fer (goethite, limonite). Dans certains sols durs, le carbonate de calcium a été remplacé par la baryte (Lindström 1979). Les imprégnations ferrugineuses dans les griottes sont présentes dans tous les bancs calcaires, cependant un seul niveau montre des voiles cyano-bactériens (E10).

C-Pyrite :

La pyrite attire les sédimentologues, car le minéral est un indicateur précieux des processus chimiques (Wilkin et al., 1996) et des étapes diagénétiques (Hudson, 1992).

La plupart de la pyrite dans les roches sédimentaires est d'origine diagénétique, bien qu'il y ait aussi de la pyrite détritique et syngénétique. La pyrite authigène se forme généralement dans des conditions réductrices remplaçant la matière organique ou à proximité immédiate de la matière organique.

Trois facteurs principaux limitent finalement la quantité de pyrite formée dans les sédiments (Bernier, 1985) : (1) la quantité et la réactivité vis-à-vis de la réduction bactérienne des sulfates de la matière organique fournie aux sédiments ; (2) la quantité et la réactivité vis-à-vis du H₂S des minéraux détritiques apportés aux sédiments ; et (3) la disponibilité du sulfate dissous. La pyrite est présente presque dans tous les niveaux (visibles soit à l'œil nu, soit sur lames minces).

D-Microfracture :

Les microfractures ont un grand potentiel pour évaluer l'histoire post-sédimentaire des roches carbonatées. Des fractures plus grandes et plus petites dans les roches souterraines sont connues pour conférer la perméabilité nécessaire à la récupération économique des hydrocarbures des roches réservoirs.

La fracturation des roches carbonatées améliore la perméabilité et la porosité, qui sont toutes deux importantes dans le potentiel du réservoir. De nombreux grands réservoirs d'hydrocarbures sont liés à des fractures.

Les détails de la fracturation à petite échelle aident à comprendre les relations entre les structures tectoniques et la distribution des fractures et leur origine dans un cadre géologique régional (Flügel et Kirchmayer, 1962 ; Logan et Semeniuk, 1976; Mc Quillan, 1985).

Les fractures peuvent augmenter la perméabilité des roches réservoirs d'hydrocarbures. De nombreux calcaires présentent des microfractures de quelques millimètres à quelques décimètres remplis de calcite ou de sédiments.

E-Hematite :

L'intensité de la coloration rouge peut dépendre de la quantité de matière détritique et de fer (Hallam, 1967 ; Flügel, 2010 et Tietz, 1971). Le sédiment et à l'interface sédiment/eau favorisent le développement de couleurs rouges.

Des bactéries et des champignons incrustés de fer ont produit la couleur rouge des monticules de boue du Dévonien (Boulvain et *al.*, 2001).

CHAPITRE IV

CONCLUSION

CONCLUSION

Le secteur de Marhouma fait partie du faisceau de la Saoura qui se localise sur la partie Nord-occidentale du Sahara algérien. Il est situé à 30 km au SE de la ville de Beni-Abbès. Le Dévonien supérieur de la Saoura est marqué par des calcaires noduleux de type "griotte", en intercalations dans des paquets argilo-gréso-silteux, du Frasnien jusqu'au Famennien.

Le but de ce travail est de contribuer à la compréhension des environnements sédimentaires par rapport au modèle « *Standard Microfacies Types* » de Flügel (2010).

Cette étude est basée sur la description détaillée du macro et microfaciès.

Notre coupe levée dans le secteur de Marhouma d'âge Famennien III à IV, correspond à une alternance de calcaire griotte, noduleux, de couleur rougeâtre (lie-de-vin), à goniatites et brachiopodes, et des argiles de couleur verte, feuilletées à aspect schisteux, comportant des nodules de couleur noire à la base. Certains bancs calcaires montrent des vacuoles (dissolutions des coquilles de goniatites) avec des surfaces sommitales sculptées, fortement bioturbées, à faible dureté par rapport à la partie basale de la coupe, et montrant une diminution de l'épaisseur des bancs de calcaires (strato-décroissance) et une augmentation de l'épaisseur des intercalations d'argiles.

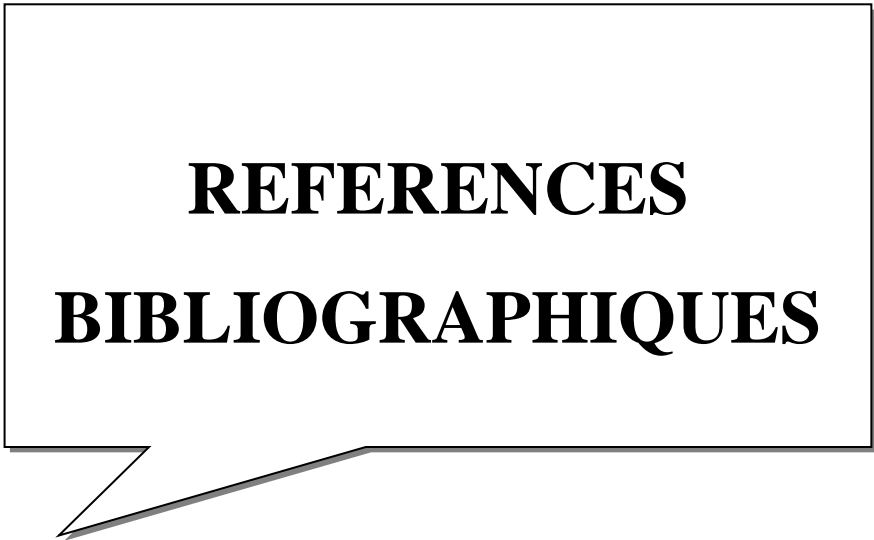
L'analyse microscopique de 12 lames minces sur des calcaires griottes montre généralement un ciment micritique, rarement microsparitique, sous des textures mudstone à wackestone, rarement packstone, avec des bioclastes (microfilaments (bivalves à tests minces), ostracodes, quelques foraminifères, débris de trilobites, spicules, plaques d'échinodermes et des grains de quartz). Les voiles cyano-bactériens souligneraient les surfaces durcies qui marquent des arrêts sédimentaires (*Hard-grounds*).

Les travaux antérieurs (Elmi&Ameur, 1984;Maache (1987);Abbache et al., 2000 ; 2019 ; Benhamou et al., 2004 ; Bendella, 2002 ; Ouali mehadji et al., 2012) proposent un environnement de type talus à bassin. Ces carbonates traduisent une mise en place par glissement synsédimentaire (olistostrome de Ouali Mehadji et al., 2012) dans un cycle régressif (*Failing Stage System Tract FSST* au sens de Catuneanu et al., 2002) alors que ces paquets calcaires sont interprétés comme la base de système transgressif (TST) par Lubeseder *et al.*, (2009) dans l'Anti-Atlas marocain. . Abbache et al. (2019) proposent un système de « tablier de talus » (*slope apron*) recevant des carbonates fines, allochtones, issues d'exportations de particules fines à partir d'une rampe soumise à l'action des tempêtes (Ben Zireg ?) située vers le NW.

Les faciès étudiés confirment l'environnement de bassin, relativement profond, soumis par moments à des restrictions de la circulation des eaux (dysoxie) comme semble le montrer les organismes pyritisés, lors d'une sédimentation de type hémipélagites à passées turbiditiques.

La présence de niveaux riches en matière organique pose une question sur l'origine ; On pense que l'origine peut être liée à la faune constituée par les microfilaments, foraminifères, et ostracodes. Les imprégnations en kérogène soulignent une tendance vers l'enfouissement de cette matière organique et son évolution vers des hydrocarbures.

En absence d'analyses géochimiques, on ne peut donner plus de précisions sur le degré de maturité de cette matière organique et des migrations potentielles de ces fluides.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbache A. (2001)** – Étude sédimentologique des « calcaires griottes » et faciès associés (Givetien – Dévonien supérieur) des environs d'Ougarta (Béni-Abbés, Sahara occidental). Mém. Magister. Univ. Oran.
- Abbache, A., Ouali Mehadji, A., Cronier, C., Allaire, N., & Monnet, C. (2019)** -Le Dévonien supérieur du Sahara nord-occidental (Algérie): faciès, environnements et signification géodynamique des calcaires griottes. Carnets de géologie. Abh. 119, 22-82.
- Abbache A. (2019)** – Paléobiodiversité et événements eustatiques du Dévonien supérieur de Ben-Zireg et Gourara (Sahara nord-ouest ; Algérie). Th. Doct. Univ. Oran2. 15 pl. 20 tab. 140 fig., 345 p. inédites.
- Ahr W. M. (1973)** - The carbonate ramp : an alternative to the shelf model.
- Aït Ouali R, 2007.** Les Calcaires griottes. Une période d'instabilité et de vacuité. Mem. Serv. Géol. Nat., 14, pp. 73-77. In : Nedjari, A. 2007.
- Aubouin, J 1964** – Réflexions sur les faciès « ammonitico rosso ». *Bull. Soc. Géol. France*, S. 7, VI, 475-501, 10 fig., Paris.
- Bastien C., Chennaux G., Mazelet P., Umbach P. & Bascone-Lehmann J. (1965)** – Dévonien de l'Ougarta. Etude sédimentologique. *SN – REPAL. rapport interne* (inédit).
- Benhamou M., Abbache A., Elmi S., Mekahli L., Ouali-Mehadji A., Racheboeuf P. & Boumendjel K. (2004)** - Les « calcaires griottes » et faciès associés du Dévonien supérieur des environs de Beni-Abbés et Djebel Hèche (Saoura, Algérie). *Bull. Serv. Géol. d'Algérie*.
- Benhamou M., Elmi S., Abbache A., Ouali-Mehadji A., Malti F.Z. & Mekkaoui A (2000)** – The « griottes » nodular facies of the Western Saharian Frasnian (Ougarta through, Algeria).
- Boulvain F., Belanger I., Delsate D., Ghysel P., Godefroit P., Laloux M., Monteyne R. & Roche M. (2001)** - « Triassic and Jurassic lithostratigraphic units (*Belgian Lorraine*) », *Geologica Belgica* [En ligne], volume 4 (2001).
- Boumendjel, K., Morzadec, P., Paris, F. & Plusquellec, Y. 1997.** Le Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Annales de la Société Géologique du Nord* 5, 105–108.
- Bourbon M. (1982)** - La genèse des calcaires noduleux en Biaconnais (Haute-Alpes) : une conséquence de l'instabilité tectonique de ce domaine au Malm inférieur. *Mém. Géol. Univ. Dijon*, 7, pp. 129-138
- Burchette & Wright (1996)** -Shallow-Water Carbonate Environments. In: Reading, H.G., Eds., *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, Black-well Science, Oxford
- Casier J.G. (1982).**- Les ostracodes du Frasnien et de la base du Famennien de la coupe du Km 30 (Saoura, Sahara algérien).- *Bulletin de la Société belge de Géologie*, vol. 91, p. 195-207., 325-394.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Casier J. G. (1985)** – Les ostracodes de la partie supérieure de la Formation de Teferguenite (Givétien) et la Formation de Marhouma (Givétien – Famennien) de la coupe du Km 30 (Saoura, Sahara algérien). *Géobios*, 18, p. 833-846.
- Catuneanu O. (2002)** - Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences*, 35 (1), pp. 1-43
- Crônier, C. & François, A. 2014.** Distribution patterns of Upper Devonian phacopid trilobites: paleobiogeographic and paleoenvironmental significance. *Palaeogeography, Palaeo-climatology, Palaeoecology* 404, 12–23.
- Derycke C., Maillet S., Vachard D., Randon C., Nicollin J.P., Du Chatelet A., Crônier C., Hubert B., Recourt Ph. & Abbache A. (2015).**- Palaeoenvironment input of new faunas from Upper Famennian levels of Ouarourout (Ougarta, Algeria).- *Strata (Série 1), Symposium Brussels*, vol. 16, p. 44-45.
- 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.
- Elmi S. (1981)** - Classification typologique et génétique des Ammonitico-Rosso et des faciès noduleux ou grumeleux: essai de synthèse. *In Farinacci A. & Elmi S. (Eds): Rosso Ammonitico Symp. Proc., Ed. Tecnoscienza, Roma. 233-249, 1 fig., 3 pl.*
- Elmi S. & AMEUR M. (1984)** - Quelques environnements des faciès noduleux mésogiens. *Estrato da Geol. Romana*, vol. XXIII, p. 13-22, 11fig.
- Fabre J. (1976)** - Introduction à la géologie du Sahara Algérien. Soc. Nat. Ed. 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, 572 p.
- Flügel, E et Kirchmayer, M. 1962** : Zur terminologie der Ooide, Onkoide und Pseudooide, *N. Jb. Geol. Pal., Monastshefte*, 3.
- Franke W. & Walliser O. H. (1983)** – « Pelagic » carbonates in the Variscan Belt-their sedimentary and tectonic environments. In : *Intracontinental fold belts*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 77-92.
- Göddertz, B. 1987.** Devonische Goniatiten aus SW-Algerien und ihre stratigraphische Einordnung in die Conodonten- Abfolge.
- Hallam, A (1967)** -Sedimentology And Palaeogeographic Significance Of Certain Red Limestones And Associated Beds In The Lias Of The Alpine Region. *Scottish Jour.Geology* 3, Pp195-220.
- Hollard H. (1960 b)** – Une phase tectonique intra-famennienne dans le Tafilalet et le Maider (Maroc présaharien). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci. , Paris*, **250**, 1303-1305.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hudson J A 1992** Rock Engineering Systems, Theory And Practice (Chichester : Ellis Horwood Ltd) P 185.
- Jenkyns H. C. (1974)** - Origin of red nodular limestones (Ammonitico Rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean Jurassic : a diagenetic model. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., 1, 8 fig. pp. 249-271.
- Kay, M., 1951**, North American geosynclines : Geol.soc.America Mem. 48,143p.
- Hicham Limam & Abdelkader Ouali Mehadji & Mohamed Bendella (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).
- Lindholm (1969)** ; Carbonate Petrology Of Onondaga Limestone (Middle Devonien), New York ; a case for calcisiltite. Journal Of Sedimentary Research ; 39 (1) : 268-275.
- Maurtis Lindström., 1979 - probable** sponge borings in lower ordovician limestone of sweden. Geology ; 7 (3) : 152-155.
- Lubeseder S., Redfern J. & Boutib L. (2009)** - Mixed siliciclastic-carbonate shelf sedimentation - Lower Devonian sequences of the SW Anti-Atlas, Morocco. Sedimentary Geology, 215 (1), pp. 13-32.
- Logan et Semeniuk, 1976** : Dynamic Metamorphism : Processes And Products In Dévonien Carbonate Rocks, canning Basin, Western Australia. - Geol. Soc. Australia Spec. Publ.6, 1378S. 97 Abb., 11Tab., sindey.
- Maâche N. (1987)** - Étude sédimentologique : lithostratigraphie, diagenèse et paléogéographie des séries du Dévonien de la Saoura, Monts de l'Ougarta, (Sahara nord-occidental, Algérie). Th. Doct. 3ème Cycle Univ. Pris-Sud (Orsay), 1 vol., 65 fig., 10 pl. photo, 10 tabl. H. t., 6 tabl. 176 p.
- Mahboubi A., Feist R., Cornée J. J., Ouali Mehadji A. & Girard C. (2015)** - Frasnian (Late Devonian) conodonts and environment at the northern margin of the Algerian Sahara platform : The Ben-Zireg section. Geological Magazine. pp. 1-14.
- Mahboubi, A. 2015**. Microfaunes (conodontes, foraminifères) et environnement au supérieur du Sahara algérien nord-occidental. 168 pp. Doctorate thesis, University of Montpellier.
- Massa, D., Combaz, A. Et Mandersheid, G. (1965)**.- Observations sur les séries siluro-dévonniennes des confins algéro-marocains du Sud.- Notes et Mémoires, Compagnie française des Pétroles, Paris, vol. 8, p. 1-187.
- Mc Quillan, H., 1985**. Fracture-controlled production from the Oligo-Miocene Asmari Formation In Gachsran And Bibi Hakimeh Fields, Southwest Iran In Roehl, P.O., and Choquette, P.W. In (Eds.), carbonate petroleum reservoirs. Spriger, Berlin, pp. 513-523.
- Menchikoff, (1933)** - La série Primaire de la Saoura et des chaînes d'Ougarta. Bull. Serv. Carte Géologique de l'Algérie, 11, pp. 109-123.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mirouse R. (1966)** - Recherches géologiques dans la partie occidentale de la zone primaire axiale des Pyrénées. Mémoire pour servir à l'Explication de la carte géologique de la France : 451 p.
- Mottequin B., Malti F.Z., Benyoucef M., Crônier C., Samar L., Randon C. & Brice D. (2015).**- Famennian rhynchonellides (Brachiopoda) from deep-water facies of the Ougarta Basin (Saoura Valley, Algeria).- Geological Magazine, vol. 152, p. 1009-1024.
- Ouali-Mehadji A. (2004)** -Les Brachiopodes du niveau majeur Emsien supérieur Eifélien inférieur de la Saoura (Sahara Nord -occidental, Algérie). Marqueur évènementiel de la transgression fini-Emsien. (Paléontologie, Biostratigraphie, Taphonomie et Environnement sédimentaires). Th. Doct. État, Univ. Oran, pp. 1-226, 97 fig, 3 pl.
- Ouali Mehadji A, Elmi S, Rachebœuf 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). C.R Géoscience, 336 (14), pp. 1283-1292.
- Ouali-Mehadji A., Atif K., Bouterfa B., Nicollin J. & Besseghier F. (2011)** – Environnements sédimentaires de la Saoura Ougarta (Sahara Nord-Ouest, Algérie) au Dévonien inférieur (Lochkovien supérieur pro parte – Emsien). Geodiversitas. 33(4) (2011) pp. 553-580.
- Ouali Mehadji A., Bendella M., Atif K., Belkacemi K. & Abbache A. (2012)** - Estimation de l'épaisseur réelle et des environnements de dépôts d'âge Famennien (Dévonien supérieur) de la région de Marhouma (Saoura, Sahara nordOuest, Algérie). Bull. Serv. Géol. National, 23, pp. 3-27.
- Ouali Mehadji A, Abbache A, Fellah AH, Tandjaoui-Arif R, Khaldi AY, Mekkaoui A, Limam H (2018)** Hydrocarbures minéralisés (type épiimpsonite ?) dans les strates du Dévonien de la vallée de la Saoura (Sahara NW, Algérie). 26e Réunion des Sciences de la Terre. Lille. Octobre 22-26, 66
- Petter G. (1952)** - Goniatices dévoniennes du Sahara. Serv. Carte Géol. Algérie, Paléontologie, Mém. 2 (Nlle série), 313 p., 26 pl., h.t.
- Petter G. (1959)** - Goniatices dévoniennes du Sahara. Publications du Service de la Carte Géologique d'Algérie (Nouvelle Série). Paléontologie. Mém. 2, Alger. 28 pl., 58 fig., 313 p.
- Poueyto A. (1965)** - Devonien De L'ougarta. SN-REPAL, rapport interne (inedit).
- Strackov N. M. (1960)** - Osnovy teorii lithogenesa., Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Moskva 1, 221 p.
- Tietz, 1971** Index géographique et thématique. In : Le Beach-rock. Colloque tenu à Lyon les 28 et 29 novembre 1983. Lyon : Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, 1984. pp. 193-197. (*Travaux de la Maison de l'Orient*, 8).
- Tucker M. E. (1974)** – Sedimentology of Paaleozoic pelagic limestones : the Devonian Griotte (Southern France) and Cephalopodenkalk (Germany). *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 1, 71-92, 18 fig.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Wilkin, H. L. Barnes, And S. L. Brantley. (1996) - The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions Received December 28, 1995; accepted in revised form June 20, 1996.

Wilson J. L. (1975) - Carbonate facies in geological history. 471 pp.

LISTES DES FIGURES

page

Fig. 01 : Position géographique de la chaîne d'Ougarta.....	02
Fig. 02 : Situation de la coupe type du Dévonien de la Saoura au kilomètre 30 (Fabre, 1976).....	03
Fig. 03 : Carte géologique des monts d'Ougarta (Chikhaoui & Donzeau, 1972).....	04
Fig. 04 : Carte géologique des monts d'Ougarta montrant les affleurements des terrains dévoniens. A-B représente le tracé de la coupe type dans le Dévonien du « km30 » ou Marhouma. (Extrait carte géologique 1/200 000 Ougarta).....	05
Fig. 05 : localisation de la région de Marhouma.....	08
Fig. 06 : débris de goniatite.....	10
Fig. 07 : débris de brachiopode.....	11
Fig. 08 : photo dans la partie basale de la coupe étudiée.....	11
Fig. 09 : banc repère de calcaire argileux (à tiges de crinoïdes et brachiopodes).....	12
Fig. 10 : niveau d'argile marmorisée.....	12
Fig. 11 : calcaire griotte vacuolaire (goniatite dissoute) avec des laminations	13
Fig. 12 : bancs de calcaires épais par rapport aux interlits argileux.....	13
Fig. 13 : Partie médiane de la coupe.....	14
Fig. 14 : Diminution d'épaisseur des calcaires dans la partie terminale de la coupe.....	14
Fig. 15 : Colonne lithologique de la coupe étudiée (Formation de Marhouma, Famennien III, IV et V) dans le secteur du « km 30 ».....	15
Fig. 16 : La légende dans cette coupe étudiée.....	16
Fig. 17 : Classification de Dunham (1962).....	18
Fig. 18 : répartition des faciès "RMF" sur un modèle de rampe carbonatée.....	32
Fig. 19 : coupe/microfaciès Famennien III à IV de Marhouma (1 : argiles ; 2 : micrite ; 3 : biomicrite ; 4 : microsparite ; et 5 : biomicrosparite).....	35
Fig. 20 : légende de cette coupe.....	36

LISTES DES PLANCHES	Page
Planche I : Microfaciès de la lame E1.....	19
Planche II : Microfaciès de la lameE2.....	20
Planche III : Microfaciès de la lameE3.....	21
Planche IV : Microfaciès de la lameE4.....	22
Planche V : les photos montant à l'échelle microscopique dans la lame5(E5).....	23
Planche VI : Microfaciès de la lameE6.....	24
Planche VII : Microfaciès de la lame E7.....	25
Planche VIII : Microfaciès de la lameE8.....	26
Planche IX : Microfaciès de la lame E9.....	27
Planche X : Microfaciès de la lameE10.....	28
Planche XI : Microfaciès de la lameE11.....	29
Planche XII : Microfaciès de la lame E12.....	30