

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 :

Concrétions et nodules calcaires du Famennien de Fegaguira (Timimoun Sahara algérien) : Caractéristiques pétrographiques et aspects génétiques.

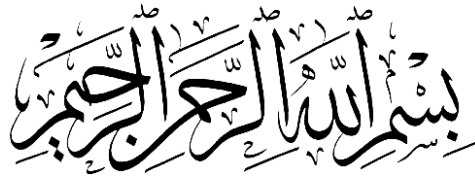
Présenté par

Melle. TADJEDDINE farah

Soutenu le : 21 / 10 / 2020 devant le jury composé de :

Mr.OUALI.M.Aek.	Professeur	Univercité Oran02	Rapporteur
Mm.TANDJAOUL.R.	MA-A	Univercité Oran02	Président
Mr.BELKHEDIM.S.	MA-B	Univercité Oran02	Examineur

Oran, 2020



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*D'abord à mon frère **Hassane**, parce qu'il était mon ami, mon enseignant,
mon conseilère, mon soutien continuel...*

A mes très chers parents, ma source de vie, d'amour et d'affection...

*A mes chers frères et leur enfants **Racim ; Sérine ; Majda et Islam**, ma source
de joie et de bonheur...*

A tous mes amis et mes collègues, ma source d'espoir et de motivation

A vous cher lecteur...

Farah...

AVANT PROPOS

Avant tous, je remercie Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la santé, la force et la patience d'accomplir ce travail.

Mes sincères remerciements vont à Monsieur OUALI MEHADJI ABDELKADER, professeur à l'université d'Oran 02, pour avoir accepté de m'encadrer et m'avoir proposé ce travail, Je tiens également à le remercier pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Je remercie également, Madame TANJAOUI RADIA, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de mémoire.

À Monsieur BELKHEDIM SALIM, pour avoir accepté d'examiner et juger ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du département de science de la terre, je cite en particulier : Mr BOUTERFA.B ; Mr MAHBOUBI.M ; Mr BELKEBIR.L ; Mr BENHAMOU.M ; Mme SEBBAN.A.

Un remerciement spécial aux techniciens de laboratoire, Mr HOUSSINE.H et Mme MEROUANE.F, pour m'accueillir et de m'aider dans ce travail afin de réaliser des lames de haute qualité, aux personnels administratifs, Mme SALIHA.H pour son aimable accueil et son assistance.

J'exprime aussi mes remerciements à mon frère HASSANE d'avoir m'accompagné au terrain. À Mr NEMRA. K pour son aide et ses discussions scientifique sur les concrétions carbonatés et à BENALI.Y et BOUSMAHA. F, mes amis qui m'ont beaucoup aidé pour terminer mon travail.

En fin, je tiens à remercier tous qui m'ont aidé et m'encourager ...

Résumé

La localité du secteur de Hassi Fegaguira est située dans la région du Gourara, à environ 100 km au Sud-Ouest de la ville de Timimoun. Les terrains Dévoniens constituent le cœur du synclinal bordant le Djebel Hêche à ossature cambro-ordovicienne. Notre travail s'inscrit dans les terrains du Dévonien supérieur (Famennien) représenté par une épaisse série argileuse à quelques bancs de calcaires occupant les sebkhas de la région.

Le but est de contribuer à l'étude des structures carbonatées concentriques dites « Concrétions ». Elle est basée sur la forme et la morphologie des concrétions, leur pétrographie et les aspects génétiques.

Deux coupes détaillées ont été levées à la base du Famennien, représentées par une combe argileuse à aspect schisteux, à concrétions calcaires, de forme ellipsoïdales, organisées en 3 niveaux surmontés par un 4^{ème} sous forme d'une couche plus ou moins continue latéralement.

Une concrétion idéale montre des zonations due au changement de faciès et texture. Le modèle de croissance des concrétions et de zonation interne peut être utilisé pour déterminer la chronologie de formation des différentes zones distinguées et donc une cinématique sur l'origine des concrétions étudiées.

Les concrétions sont dominées par un faciès bioclastique qui sous-entend une origine sédimentaire suivie de dissolution (décarbonatation) qui leur procure leur géométrie discontinue lors de la diagenèse précoce et recristallisation ultérieurement (diagenèse tardive) de la micrite en microsparite et remplissage des pores par la calcite drusique.

Mots clés : Gourara ; Famennien ; Concrétion ; Dissolution ; Diagenèse.

Abstract

The Hassi Fegaguira sector is located in the Gourara region, about 100 km southwest of Timimoun town. The Devonian outcrops form the heart of the syncline bordering the Jebel Hêche with the Cambro-Ordovician frame. Our work falls within the outcrops of the Upper Devonian (Famennian) represented by a thick clay series with a few limestone banks occupying the sebkhas of the region.

The goal is to contribute to the study of concentric carbonate structures known as "Concretions". This study is based on the shape and morphology of concretions, their petrography, and genetic aspects.

Two detailed sections were taken at the base of the Famennian, represented by a schistose clay valley, with ellipsoidal limestone concretions, organized in three layers overcome by a fourth one, more or less continuous laterally.

An ideal concretion shows zonations due to facies and texture change. The growth model of concretions and internal zonation can be used to define the genesis chronology of the different distinguished zones, and therefore a kinematic on the origin of the studied concretions.

The bioclastic facies domination in the concretions implies a sedimentary origin, followed by dissolution (decarbonization) which gives them their discontinuous geometry during early diagenesis. Afterward, recrystallization of micrite on microsparite and filling of the pores by the sparry calcite occurred during the late diagenesis.

Keywords: Gourara; Famennian; Concretion; Dissolution; Diagenesis.

TABLE DE MATIERE

Page

Avant propos

Résumé

Abstract

CHAPITRE I : GENERALITES

I-GENERALITES

I-1-CADRE GEOGRAPHIQUE GENERAL..... 01

I-1-1-Cadre géographique de secteur d'étude..... 02

I-2-CADRE GEOLOGIQUE GENERALE..... 02

I-3-CADRE STRUCTURAL..... 06

I-4-APERÇU HISTORIQUE SUR LES CONCRETIONS CARBONATEES..... 06

II-BUT ET METHODOLOGIE

II-1-Le but..... 11

II-2-Démarche..... 11

 2-1-Etude bibliographique..... 11

 2-2-Sur le terrain..... 11

 2-3-Au laboratoire..... 11

II-3-Terminologie utilisé..... 11

 3-1-Classification des concrétions..... 11

CHAPITRE II : LITHOSTRATIGRAPHIE

I-Introduction..... 16

II-Localisation de la coupe..... 16

III-Description de la coupe..... 18

 III-1-Coupe 01..... 19

 III-2-Coupe 02..... 23

CHAPITRE III : DISCRIPTION DES LAMES

I-Introduction..... 28

II-Position des lames dans une concrétion..... 30

III-Description des lames 31

 III-1-Lame C1-N1-HF1..... 31

 III-2-Lame C1-N2-HF7..... 34

 III-3-Lame C1-N3-HF10..... 35

 III-4-Lame C2-N1-HF1..... 38

III-5-Lame C2-N2-HF2.....	39
III-6-Lame C2-N3-HF3.....	40
III-7-Lame C1-N4-HF12.....	42

CHAPITRE IV : CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE.....	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	50

Liste des figures

Liste des tableaux

Planches des photos



Chapitre I
GENERALITES

I-GENERALITES

I-1-CADRE GEOGRAPHIQUE GENERAL

Sur la partie Nord occidentale de la plate-forme saharienne, au Sud-est de l'axe orogénique Hercynien, se manifeste le bassin de Timimoun entre latitude 28° et 31°50' Nord, et longitude 1° et 2°50' Est, avec une superficie de 20 000km². Il est limité au nord par le bassin de Bechar ; le voûte d'Allal et d'Oued Namous. À l'Ouest par les Monts d'Ougarta, le mole d'Idjerane - M'zab à l'Est et prolongé au sud vers le bassin de l'Ahnet dont il est séparé par l'ensellement du Tidikelt-Djoua.

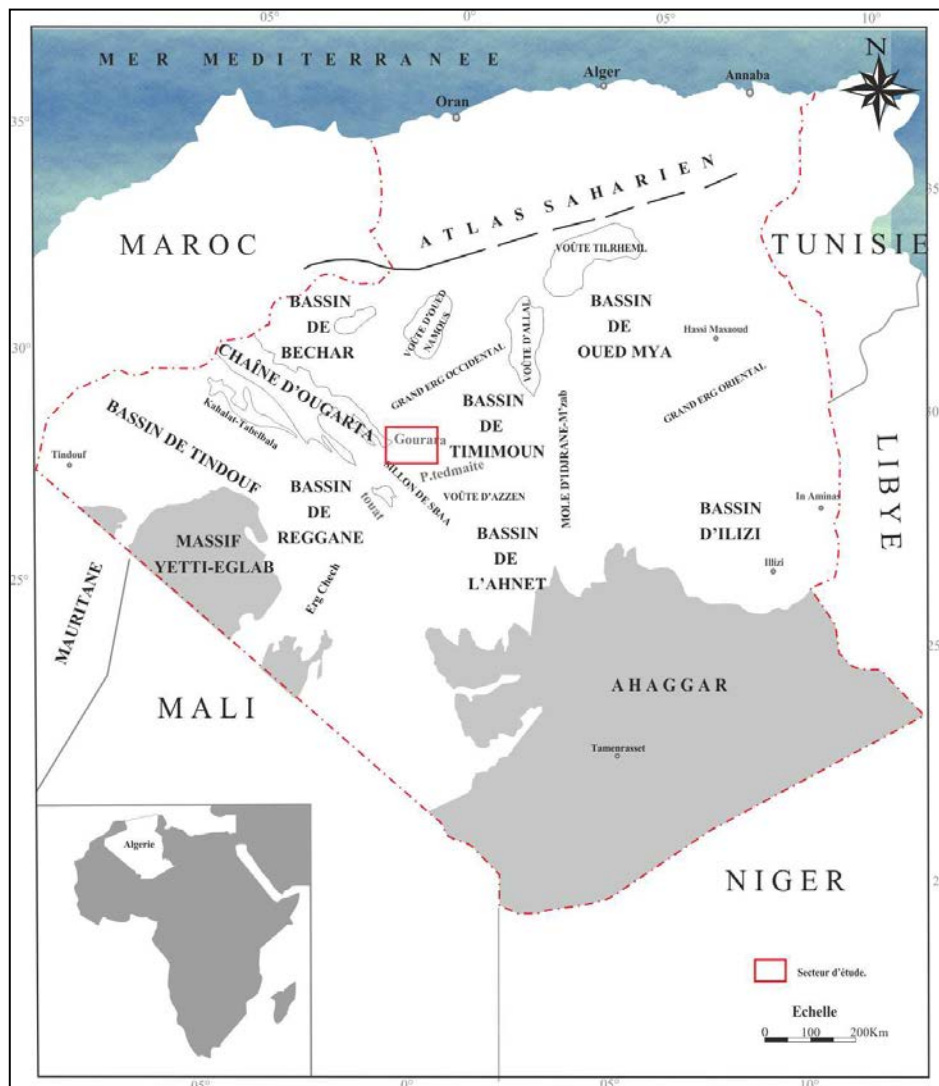


Figure 01 : Situation géographique du bassin de Timimoun
(in.Drid, 1989).

I-1-1-Cadre géographique du secteur d'étude

La zone d'étude est présentée par le secteur de Hassi Fegaguira. Elle est située dans la région de Gourara, sur le flanc occidental de Djebel Hêche, à environ 100 km au Sud-ouest de ville de Timimoun et de 1132Km au sud de la wilaya d'Oran, sur la route national N° 06 qui mène de Bechar vers Adrar.

Cette zone constitue la transition entre les Monts d'Ougarta à l'Ouest et la partie occidentale du bassin de Timimoun à l'Est.



Figure 02 : Localisation du secteur d'étude Hassi Fegaguira.

I-2-CADRE GEOLOGIQUE GENERALE

Le bassin de Timimoun est représenté sous forme d'une dépression remplis par une large couverture d'âge paléozoïque, transgressive et discordante sur le socle infracambrien (Conrad 1984) ; alors que le Méso-Cénozoïque est considérablement moins développé repose en discordance angulaire sur le paléozoïque.

Ere	Période / Etage	Colonne lithologique	Faciès	
Mésocénozoïque	Plio-Pléistocène		Calcaire ,Sable	
	Crétacé sup	Sénonien		Calcaire,gypse
		Turonien		Calcaire
		Cénomanién		Calcaire-Dolomies
	Crétacé inf	Continental Intercalaire		Sables
		Trias-Lias		Anhydrites
	Carbonifère	Namurien		Calcaire , Grés ,Argiles
		Viséen		Argiles
				Grés
		Tournaisien		Argiles Grés argileux
Paléozoïque	Strunien		Grés argileux	
	Famennien		Argiles	
			Calcaire argileux Calcaire Argiles	
	Frasnien		Grés argileux	
	Givétien			
	Couvinein			
	Emsien			
	Siegenien			
Gédinien				
Silurien			Argile	
	Ordovicien		Grés	
Cambrien		Grés quartzitique à Feldspaths		

Figure 03 : Coupe synthétique de la série stratigraphique du bassin de Timimoun (Drid 1989, modifiée).

La région de Gourara enregistre des affleurements occupés par des terrains paléozoïques, allant du cambrien au carbonifère, représenté par la succession lithostratigraphique suivante :

Le Cambro-ordovicien :

Représenté essentiellement dans l'anticlinal de Djebel Hêche, le cœur est occupé par des dépôts silicoclastique d'âge cambrien (Legrand, 1985) ; l'ordovicien est représenté par des grés massifs à figure sédimentaire et des passées argileuses plus ou moins schisteuses (Abbache, 2019).

Le Silurien :

C'est la formation des argiles de Hassi Fegaguira, la base est représenté par des argiles noir à graptolithe, devenant silteuses et micacées vers le haut avec de rare passées des calcaires bioclastiques et des intercalations des grés (Abbache, 2019).

Le Dévonien :

Dans la région de Gourara, le dévonien est bien individualisé sur les bordures de sebkha Fegaguira, par une puissante série sédimentaire orientée NNW-SSE représenté successivement par :

1-Le Dévonien Inférieur : il est généralement détritique, correspond à trois ensembles différents (Abbache, 2019) :

1-1. Un ensemble basale d'âge Lochkovien, argilo-gréseux composé par des alternances des argiles silteuses et par des grés quartzitiques.

1-2. Un ensemble moyen d'âge Pragien, formé par une barre gréseuse massive intercalé par des rares passées d'argiles silteuses.

1-3. Un ensemble sommital d'âge Emsien, la limite inférieure marquée par un niveau carbonaté fossilifère la limite supérieure est composée par des grés à ciment argileux ou carbonaté, contenant des galets d'argiles remaniés.

2-Le Dévonien Moyen : Comprend à la fois l'Eifélien et le Givétien, correspond à des calcaires riches en fossiles (trilobites, orthocères, brachiopodes et des polypiers), et quelques niveaux argilo-gréseux vers sa partie supérieur.

3-Le Dévonien Supérieure : l'ensemble de dévonien supérieur est formé par une série argilo-schisteuse marqué de bas en haut par des niveaux carbonatés renferment des goniatites et des brachiopodes qui caractérisent le Frasnien et des niveaux contiennent en abondance de nombreuses clymenies du Famennien (Gautier, 1906 ; Meyendorf, 1939).

Il est bien individualisé dans la région de Charouine par des niveaux de calcaires fossilifères surmontés par des argiles rougeâtres d'un aspect schisteux, et dans la région de Hassi Fegaguira par une épaisse série argileuse et quelques bancs de calcaires occupés souvent par les sebkhas.

Le Carbonifère :

Il affleure surtout au nord du Gourara sur la bordure des dunes (Abbache, 2019) ; correspond à une importante masse argileuse, intercalé par des niveaux de gré et de calcaire fossilifère. Au cour de carbonifère inférieure le bassin de Timimoun enregistre une transgression marine (Conrad, Pareyn et Weyant, 1970). Le passage dévono-carbonifère renferme le membre inférieur « des Grés inférieur de Kahla », daté encore du Famennien terminal (Strunien), et surmonté par « des grés supérieur de kahla » d'âge Tournaisien suiviez par la formation des argiles inférieure de Timimoun dont la base est marqué par la dalle à *Merocanites* considérée comme la base du Viséen ensuite les grés de Rhnet surmonté par la formation des argiles supérieure de Timimoun qui renferme deux membre :un membre basale du Viséen supérieur, comporte des argiles à goniatite *Beyrichoceras gilbertsoni* ; et un membre supérieur contient des brachiopodes *Neospirifer fascicostatus* , les grés d'Arhlad et les calcaires de Tala par la suite renferme une séries sédimentaire daté de Viséen supérieur .

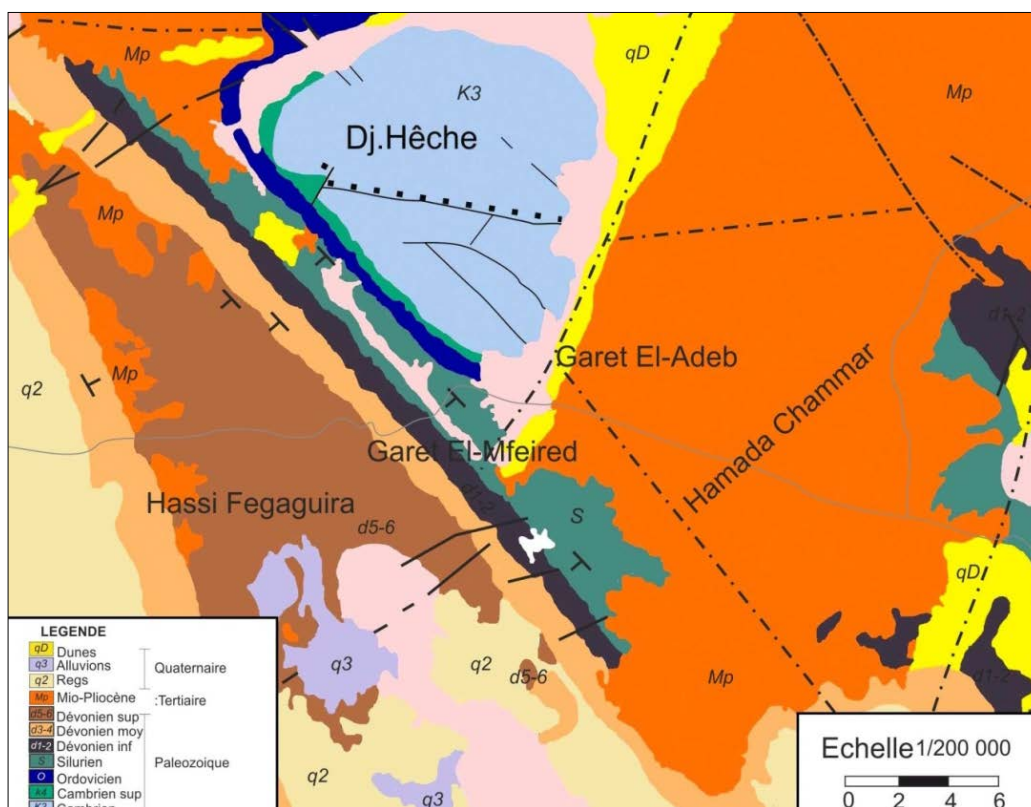


Figure 04 : Carte géologique du secteur d'étude (Extrait de la carte géologique de KARZAZ 1 /500.000).

I-3-CADRE STRUCTURAL

Le bassin de Timimoun est subdivisé en deux domaines : Un domaine nord, qui comprend les parties centrales et septentrionales faiblement structurées, recouverte par les dunes du Grand Erg Occidental, et un domaine sud occidentale et sud orientale intensément structuré (Beghoul, 1991).

La région d'étude se prolonge sous forme d'un axe anticlinale à cœur cambro-ordovicien au niveau de Djebel Hêche, qui passe à l'Ouest en axe synclinal comprenant la région de Fegaguira dite : Fegaguira Nord. Le synclinal dévonien de la région de Charouine va s'étendre dans le secteur du Fegaguira Sud.

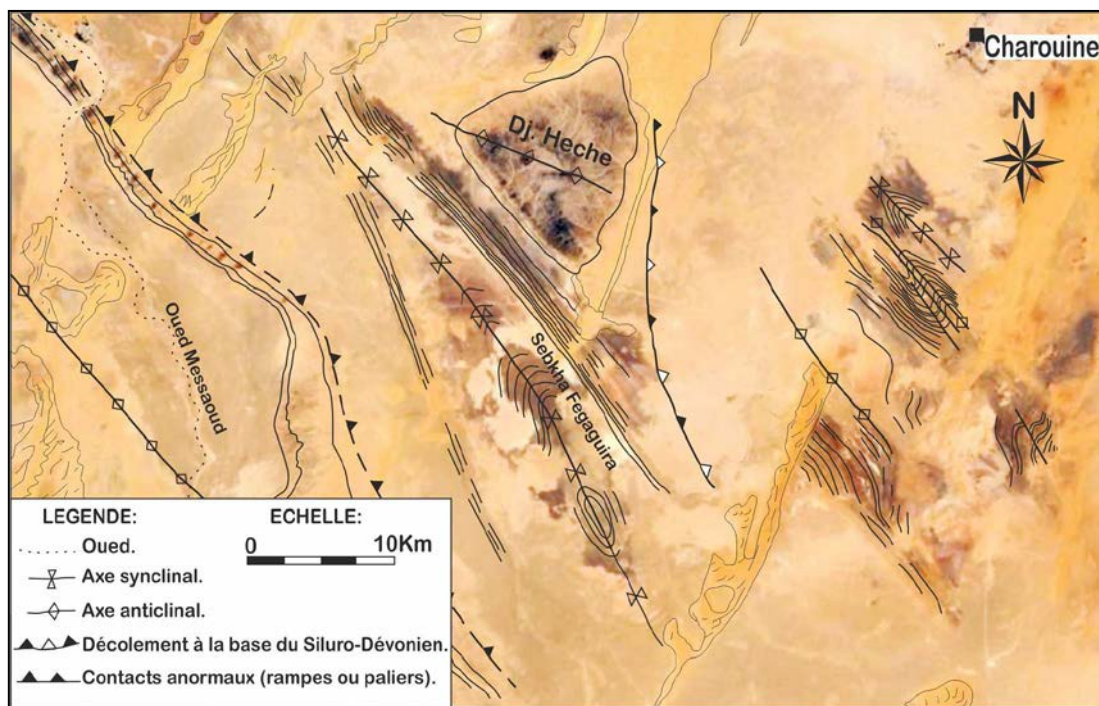


Figure 05 : Photo satellitaire montre les grandes structures de la région du Djebel Hêche. (Hervouet et Duee, 1997)

I-4-APERÇU HISTORIQUE SUR LES CONCRETIONS CARBONATEES

NEWBERRY (1873) a établi la première référence sur l'origine des concrétions carbonatés dans les schistes d'Ohio au États-Unis, il à déclaré qu'elles étaient formées syngénitiquement avec les schistes non consolidés, et que la déformation du schiste autour de la concrétion due au compaction postérieur des sédiments environnants.

ORTON (1878) a accepté la théorie de Newbeery (1873) sur l'origine syngénitique et ajoute la variété des minéraux et des fossiles renfermé dans ces concrétions.

DALY (1900) a ajouté une nouvelle référence et discuté l'origine des concrétions carbonatés à Kettle Point, Ontario (corrélatif avec le schiste de l'Ohio). Il a proposé que le schiste été déformé pendant la croissance épigénétique des concrétions.

STAUFFER *et al.* (1911) ont mentionné les concrétions dans une discussion sur le schiste de l'Ohio noté que le plan de la stratification du schiste pouvait être tracé dans les concrétions et que les concrétions étaient secondaires en raison de la déformation du schiste qui les entoure et de l'uniformité de leur composition.

WESTGATE (1926) a discuté les concrétions en détail et écrit qu'elles étaient typiquement épigénétique, il pensait qu'elles étaient liées à la circulation de fluide juste au-dessus de la roche encaissante imperméable. Il a observé que la largeur entre deux lamines augmente du bord qu'au centre des concrétions. Westgate a proposé que ces lamines été séparées physiquement lors du dépôt du matériau concrétionnaire ; son point de vue est donc proche de celui de Daly (1900).

TARR (1921) a écrit que les concrétions dans les schistes ont généralement une origine syngénétique, si elles sont épigénétiques, elles doivent écraser et déformer le schiste latéralement.

TWENHOFEL (1932) a également discuté la croissance des concrétions. Il a soutenu l'origine syngénétique des concrétions dans les schistes avec le même raisonnement que Tarr (1921).

Remarque :

Il convient de noter que Tarr (1921) et Twenhofel (1932) ; ont tous les deux utilisé le terme « syngénétique » pour désigner la formation des concrétions lors de dépôt et « épigénétique » appliqué à la croissance après le dépôt. Les auteurs utilisé le terme « épigénétique » pour désigner la formation des concrétions après la compaction et la consolidation de la roche encaissante.

RICHARDSON (1921) a désigné trois âges relatifs auxquels les concrétions pouvaient se former :

-Les concrétions contemporaines : se forment en même temps et à peu près au même rythme que le sédiment qui les entoure ; « contemporain » correspond à « syngénétique » comme l'ont utilisé Tarr (1921) et Twenhofel (1932).

-Les concrétions pénécontemporané : ce terme est défini comme une formation plus ou moins proche de la surface d'un matériau récemment déposé.

-Les concrétions postérieures : se forment après le dépôt lorsque les strates sont largement consolidées. Celles-ci seraient classée comme épigénétique par Westgate (1926).

CLIFTON (1957) a estimé que la croissance des concrétions est pénécontemporanée, pensant que la compaction des sédiments progressait à mesure que les concrétions se développaient vers l'extérieur et remplissaient l'espace des pores. Selon l'hypothèse de Clifton (1957), la largeur entre les plans de stratification diminuerait progressivement du centre vers la bordure de la concrétion ; finalement

lorsque la croissance s'arrêterait, le schiste se déformerait autour de la concrétion comme le suggère Newberry (1873).

PETTIJOHN (1957) résume le point de vue généralement accepté selon lequel les concrétions carbonatées résultent de la précipitation localisée de carbonate de calcium dans les pores de sédiments non consolidés. Autant que les précipitations se produisent à une échelle très réduite.

PANTIN (1958) a proposé de remplacer les termes « contemporain », « penecontemporané » et « Postérieur » établis par Richardson (1921) par les termes déjà cités « syngénétique » « diagenétique » et « épigénétique », il a établi un rapport entre la croissance des concrétions et le degré de compaction de la roche encaissante. Dans sa classification, tous les concrétions carbonatées qui se développent à l'interface eau-sédiment sont considérés comme étant d'origine « syngénétique », tous ceux qui se forment sous une faible couverture et avec la compaction des sédiments, attribuer une origine « diagenétique ». Et enfin, d'origine « épigénétique » sont considérés comme tous les concrétions carbonatées qui se développent après la compaction et la consolidation de la roche encaissante.

HOLLMAN (1962, 1964) a établi une étude détaillée sur les calcaires nodulaires dans le Nord de l'Italie, Hollman interprète les nodules comme des restes de solution de lits continus déposés sur le fond marin. Sur la base d'études des fossiles dissous et corrodés, il est parvenu à la conclusion que la dissolution s'est produite à la fois pendant que la couche de carbonate était exposée sur le fond marin et après l'enfouissement, Tandis que Hallam(1967) à décrit l'origine des calcaires nodulaires à un processus de formation diagénétique précoce. Hollman et Hallam représentent donc deux points de vue opposés sur l'origine des nodules de calcaire.

RAISWELL (1969) a décrit que les concrétions carbonatées dans les schistes où les argiles ne constitués pas de carbonate pur, mais un pourcentage de carbonate correspondant à l'espace poreux disponible dans la roche encaissante.

BJORLYKKE (1973) a étudié les calcaires nodulaires dans la région d'Oslo au nord de l'Europe, il a supposé que les nodules sont des restes de solution des lits calcaires contenus en combinaison avec la bioturbation. Cette interprétation est étayée par la ressemblance entre la lithologie des nodules et celle des lits de calcaire continus dans la région étudiée.

DICKSON et BARBER (1976) ont mentionné la présence de la matière organique dans les concrétions carbonatées, résulte soit de la dissolution de grand teste des macrofossiles, soit d'une concentration volumétriques importantes des microfossiles. Ils ont également indiqué que les concrétions contenant des microfossiles sont réparties le long ou à proximité des plans de stratification et sont espacées latéralement. Ces observations ont conduit à la conclusion que la

décomposition de la matière organique en conditions anaérobies est le facteur de la croissance des concrétions.

BLOME (1985) a établi un travail basé sur l'importance des concrétions carbonatées, noté que les microfossiles extraits des concrétions carbonatées sont les mieux conservés, plus abondants et plus diversifiés, Cette meilleure préservation est due à la formation (croissance) rapide de concrétions dans des conditions anaérobies à l'interface sédiments-eau avant la compaction de la roche encaissante.

MOZLEY (1996) a établi une étude sur la structure interne des concrétions carbonatées dans les Mud-rocks et ajoutée une évaluation critique du modèle concentrique standard de la croissance des concrétions. Mozley a proposé une analyse pétrographique détaillée utilisant une méthode pétrographie à haute résolution (l'imagerie de l'ESB) doit être effectuée de façon systématique pour caractériser la structure de la concrétion et la zonation chimique avant l'interprétation des données texturales, minéralogiques et géochimiques.

SELLSMARTINEZ (1996) a discuté les caractéristiques morphologiques des corps concrétionnaires en proposant des différentes classifications et des critères impliqués dans ces classifications. La signification des termes « syngénétique », « diagénétique » et « épigénétique » liés au moment relatif et à l'environnement de la croissance des corps concrétionnaires est également examinée et discutée, il a proposé de remplacer les classifications morphologiques qui conduisent à des résultats contradictoires, par des classifications basées sur des caractéristiques de texture.

PRATT (2001) a réalisé une étude sur les caractéristiques de base des concrétions septariennes, basé sur l'origine des fissures interne (Septaria) qui caractérise ce genre des concrétions. Pratt a noté que les fissures internes sont provoquées par des tremblements de terre synsédimentaires et classe les concrétions septariennes dans le groupe des structures sédimentaires et des couches déformées appelées « sismite » qui enregistrent les effets de l'activité tectonique synsédimentaire.

MOZLEY et DAVIS (2005) a établi une étude sur la structure interne et le mode de croissance des concrétions allongées, il a proposé trois types de concrétions allongées en fonction de leurs caractéristiques macroscopiques : uniformes, composites et zonées. Mozley suppose que l'allongement des concrétions est le résultat de précipitations dans des structures allongées dont la chimie de l'eau est favorable, et de telles structures pourraient résulter de la dégradation microbienne des particules de matière organique.

NYMAN *et al.* (2010) ont établi une étude morphologique sur les concrétions tubulaires dans la région de Whangaeahu en Nouvelle-Zélande, et discuté l'origine de leur formation.

DABARD et LOI (2012) ont présenté une étude sur le rôle de l'environnement dans le contrôle de la formation des concrétions carbonatées, il montre que la genèse des concrétions se déroule en deux

étapes : La première étape « phosphogénèse » se produit dans la zone suboxique et la seconde étape « silicification » se produit plus tard dans la zone anoxique. Sur un profil de plateau dominé par les tempêtes, les processus de phosphogénèse se déroulent entre le plateau médian et le plateau intérieur distal et les processus de silicification sur le plateau distal.

MARSHALL et PIRRIE (2013) ont expliqué comment et où les concrétions se forment, ils ont discuté des preuves allant des données d'affleurement aux analyses de laboratoire qui peuvent être utilisées pour déterminer leurs origines. Les rôles des microbes, de la compaction et de la circulation des fluides sont mis en évidence.

NELSON *et al.* (2017) ont mentionné les concrétions en tube (coniques et allongées) caractérisées par un conduit central, et marquant l'emplacement des fluides enrichis en hydrocarbures migrant vers le haut sur le fond marin peu profond dans un système dit cold-seep.

YOSHIDA *et al.* (2018) a proposé des conditions générales de la formation des concrétions carbonatées sphériques autour de la matière organique en décomposition au début de la diagenèse précoce.

NEMRA *et al.* (2019) ont mentionné des concrétions carbonatées dans les affleurements marneux du Miocène dans la région de Ténès en Algérie, basé sur des études morphologiques, géochimiques et leur position stratigraphique, il décrit l'origine de ces concrétions à l'activité microbienne et aux circulations des fluides.

NEMRA (2020) a établi une étude génétique des concrétions calcaires des terrains Miocène dans la région de Ténès en Algérie.

II-BUT ET METHODOLOGIE

II-1-Le but

Le but de ce travail est de contribuer à la compréhension des structures carbonatées concentriques dit « Concrétions » dans les terrains du dévonien supérieur de secteur Hassi Fegaguira. Cette étude est basée sur la morphologie des concrétions, sédimentologie, et distribution stratigraphique.

II-2-Démarche

2-1-Etude bibliographique :

Cette étape consiste sur la collecte des ouvrages et références (thèses, articles, mémoires...etc) et toutes les informations disponibles concernant la région et le phénomène étudié.

2-2-Sur le terrain :

Nous avons réalisé deux missions de terrain, la première est basée sur la reconnaissance générale de la région étudiée et le choix des meilleurs affleurements. Deux coupes détaillées ont été levées prenant en considération l'observation détaillée de chaque concrétion (lithologie, forme, l'épaisseur, le contenu fossilifère et la distribution latéral.) suivi par un échantillonnage systématique des calcaires et les argiles. Puis une seconde, pour objectif de vérifier et récolter les échantillons afin de compléter les coupes.

2-3-Au laboratoire :

Le travail au laboratoire consiste au :

- ✓ Perfectionnement des lames minces passant par trois étapes principales : Le sciage de la roche en forme d'un sucre, le collage sur une lame de verre et Polissage du sucre afin d'obtenir une épaisseur de 30 μ m environ.
- ✓ L'observation microscopique des caractères microfaciologiques, selon la texture (Dunham 1962 et Flügel, 2010).
- ✓ Lavage des argiles (tamis utilisé 0,63 et 0,1 mm).

II-3-Terminologie utilisé :

3-1-Classification des concrétions :

La classification des concrétions carbonatées est basée sur de nombreux critères tels que : la forme les caractéristiques morphologiques, la composition chimique et la relation avec la roche encaissante.

En fonction de la forme : La forme générale des concrétions est contrôlée par plusieurs facteurs (compaction, enfouissement...etc) dont la perméabilité du sédiment hôte est le plus important (Sellsmartinez, 1996 ; Raiswell, 1971).

Marchel et Pirrie (2013) ont expliqué la relation entre la forme des concrétions et la perméabilité suggérant que les concrétions de forme sphérique sont formées dans un sable pur, constitué de

grains sphériques plus ou moins équidistants, où la perméabilité est similaire dans toutes les directions. Cependant, dans une boue, avec un mélange de minéraux argileux, où la perméabilité est moins importante, il sera beaucoup plus facile pour les cristaux de se développer dans des directions parallèles au tissu argileux et donnent des concrétions en forme ellipsoïdale. À partir de ce point de vue, les concrétions carbonatées peuvent être regroupées en plusieurs formes : ellipsoïdale sphérique, irrégulière, botryoïde, tubulaire, stratiforme... etc.

En fonction de la morphologie : Les concrétions carbonatées sont regroupées en plusieurs types morphologiques dont les plus courants sont les nodules et les concrétions qui présentent plusieurs sous-types : Concrétion, Géode, Saptarienne, Drusoïde.

1. Concrétion ellipsoïdale isolée
2. Couche continue des concrétions ellipsoïdales coalescentes.
3. Horizon nodulaire ; nodules partiellement fusionnés en nodules composés.
4. Deux horizons nodulaires. Quelques nodules composés = nodules coalescents des deux horizons.
5. Concrétions reliées par du calcaire en feuillets.
6. Couche calcaire en concrétions, continue.
7. Concrétion discoïdale.
8. Concrétions plates.
9. Concrétions plates rapprochées ; deux sont fusionnées à droite.
10. Concrétions en couche contenue.
11. A gauche : Une couche nodulaire avec des trous. A droite : Calcaire en concrétions de forme tubulaire.

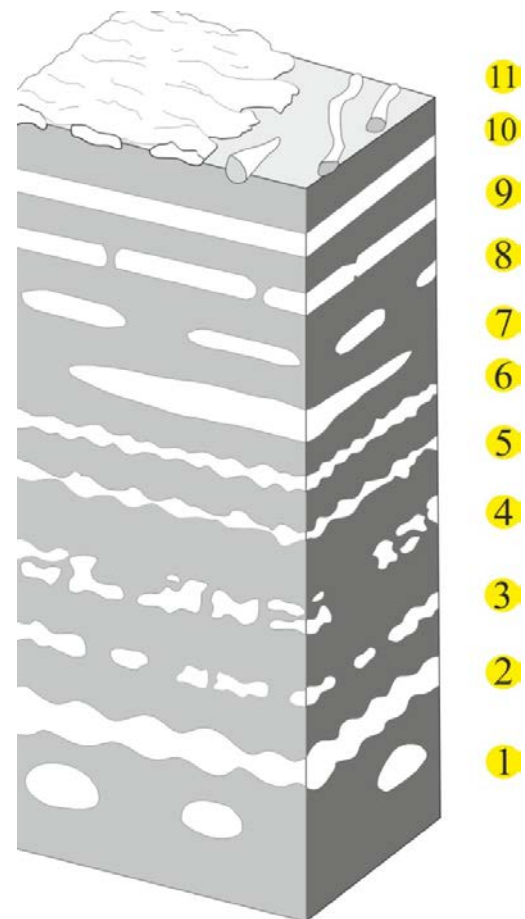


Figure 06 : Quelques formes associées aux types morphologiques des calcaires en concrétions (Henningsmoen, 1974).

En fonction de la composition chimique (minérale) :

Les concrétions carbonatées sont divisés en deux types : monominéral et poly-minéraux. La plupart des nodules appartiennent à la première catégorie, tandis que les concrétions appartiennent à l'autre (Sellsmartinez, 1996).

Généralement le ciment minéral des concrétions est différent ou plus abondant que celui de la roche encaissante. Le carbonate de calcium (calcite) est le plus courant cependant on peut trouver aussi le carbonate de fer (sidérite) particulièrement commun dans les sédiments non marins, le magnésium comme la dolomite ou ankérite, et la pyrite ou des minéraux plus exotiques.

En fonction de leur temps de croissance par rapport à celui des dépôts de la roche encaissante :

1. Para-sédimentaire : concrétion formée hors de la roche encaissante.
2. Syn-sédimentaire : concrétion formée pendant le dépôt de la roche encaissante. Ce stade est lié aux termes « Syngénitique » proposé par Tarr (1921), Pantin (1958) et Sellesmartinez (1996), et « contemporaines » proposé par Richardson (1921).
3. Pré-compaction : concrétion formée après le dépôt de l'hôte mais finit de croître avant d'atteindre un degré de compaction complet. Ce stade correspond au terme « diagénitique » par Pantin (1958) Sellsmartinez (1996) et Marchel et Pirrie (2013).
4. Syn-compaction : une partie importante de la croissance est contemporaine au compaction.
5. Post-compaction : la croissance de la concrétion est postérieure à la compaction complet de la roche encaissante. Ce stade correspond au terme « épigénitique » proposé par Tarr (1921), Westgate (1926) et Sellsmartinez (1996), et au terme « postérieur » par Richardson (1921).

Marchel & Pirrie (2013) a également proposé un modèle qui montre comment les observations sur le terrain peuvent nous permettre de déterminer la croissance des concrétions par rapport au compaction des sédiments et explique le développement des concrétions carbonatées avant, pendant et après la compaction des sédiments (Fig.07). Les lamines étaient initialement horizontale plane et peuvent être tracées à travers et autour des concrétions.

1. concrétion diagénétique précoce formée avant le compaction.
 2. concrétion diagénétique précoce qui a continué à croître lors du compaction (les lamines sont déformées à l'intérieur et à l'extérieur de la concrétion).
 3. et 4. Représentent les concrétions qui se sont formées après le compaction.
- (3) sont plus courants dans les mudstones (argile).

Tandis que des corps plus sphérique. (4) se trouvent dans les grès, cela reflète les différences de perméabilité horizontale et verticale dans les différents types de sédiments.

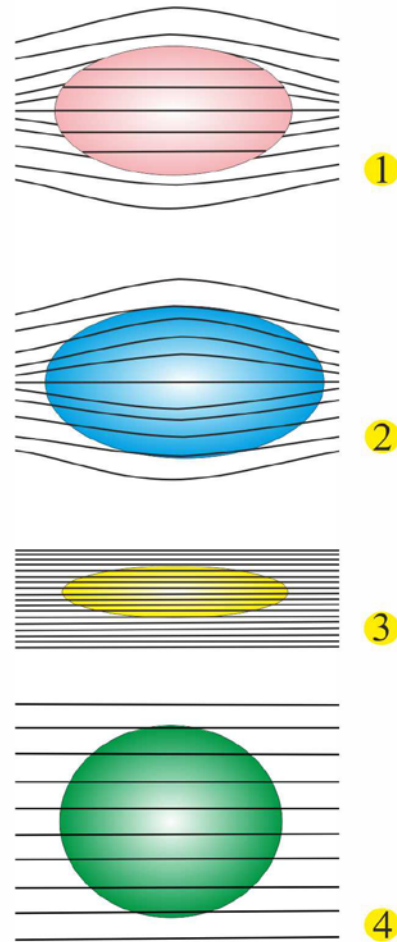






Figure 07 : Modèle proposé par Marchel et Pirrie (2013), montre le développement des concrétions carbonatées avant, pendant et après le compaction des sédiments.




Chapitre II

LITHOSTRATIGRAPHIE

Légende***Faciès :***

	Argiles
	Calcaire
	Nodules
	Concrétions carbonatées

Fossiles :

	Tentaculites
	Bivalves
	Goniatites
	Brachiopodes
	Tiges des crinoïdes

I-Introduction

À l'Ouest de la ville de Timimoun, à environ 30 km, les terrains dévoniens constituent le cœur du synclinal bondant le Djebel Hêche à ossature cambro-ordovicienne. Cette région fut étudiée par les premiers explorateurs (Meyendorff, 1938; et Legrand, 1962; 1967). Sur les terrains dévoniens, on a plusieurs travaux réalisés par l'Université d'Oran, dans le cadre de mémoires d'ingénieurs et de masters (Guessal, 2002; Messaoudi, 2008; Brahim, 2008; Khaldia & Omari, 2011) et récemment la thèse de Doctorat de Abbache (2019) et Abbache *et al.* (2019).

La sebkha de Fegaguira occupe une dépression molle représentée par les argiles du Dévonien supérieur constituant la majeure partie de la Formation des « Argiles de Kahla » (630 m). Cette formation a été subdivisée par Abbache *et al.* (2019) en trois membres : Un Membre inférieur « Argiles à niveaux de calcaires griottes » (40 m) du Frasnien ; Membre des « Argiles à grès en plaquettes » (310m) et Membre des « Argiles à calcaires silteux » (280 m) du Famennien.

Nos coupes concernent la base du Membre Moyen, à environ 20 m de sa base. Ces coupes étaient de la base du Famennien.

II-Localisation de la coupe :

Deux coupes lithologiques détaillées ont été levées à proximité de puits du Fegaguira à environ 03 Km de piste au sud de la route national N°06 qui relie la wilaya de Bechar à Adrar (Fig.08).

Coupe 01 : situé à environ 60 mètre au Nord-Est du puits Fegaguira, de coordonnées géographiques :

X : 28°50'13,42'' N

Y : 00°39'57,95'' N

Coupe 02 : situé à environ 500 mètre au Sud-Est du puits Fegaguira, de coordonnées géographiques :

X : 28°49'57.24'' N

Y : 00°39'51.24'' N

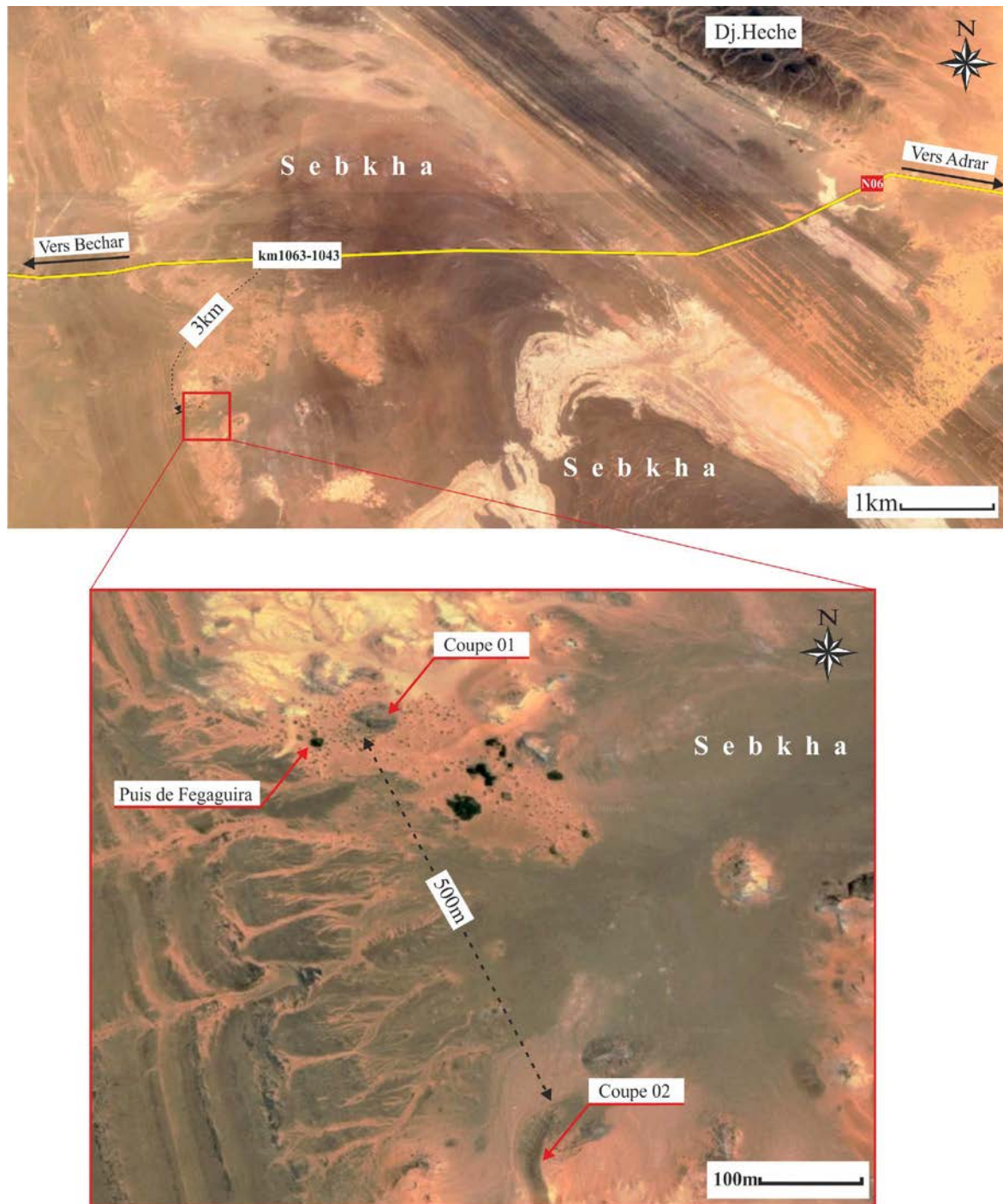


Figure 08 : Photo satellitaire montrant la localisation des coupes 01 et 02 dans le secteur Fegaguira.

III-Description de la coupe :

Deux coupes ont été levées dans Dévonien supérieur (Famennien) du secteur de Hassi Fegaguira (Pl. 1, A).

Il s'agit d'un faciès qui correspond à une combe argileuse de couleur rougeâtre et verdâtre à aspect schisteux, donnant de petites collines individualisées par des cours d'eaux, montrent des structures de déformation synsédimentaire (Slumps) (Pl. 1, B) et renferme des corps concrétionnaires noyées dans les argiles d'une manière dispersée ou alignée parallèlement au plan de la stratification de la roche encaissante.

Ces corps, « concrétions », présentent une grande variété de forme et de géométrie, généralement en ellipsoïdes isolés, quelque fois coalescentes et/ou alignées.

Ces concrétions contiennent des réseaux de fissures qui sont plus larges près du centre de la concrétion et s'effilent vers les bords. Ces fissures sont souvent remplies par des cristaux grossiers d'une couleur noirâtre.

La taille de ces concrétions varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Les plus petits (corps à l'échelle du cm) appelés « nodule », le centre de certains d'entre eux présente une structure septarienne.

Parfois, elles renferment des microfossiles bien conservés à l'intérieure, et des fossiles de petites tailles sur leurs surfaces, généralement les fossiles extraits des concrétions carbonatées ont tendance à être mieux conservés, plus abondants et plus diversifiés que les fossiles extraits des roches environnantes (Argiles), qui sont pyriteuse et moins diversifier.

Le contact Concrétion-Argile est marqué par une pellicule (pyrite !) puis une couche rougeâtre (ferrugineuse) donnant une zonation en section transversale (Pl.1, C).

III-1-Coupe 01 :

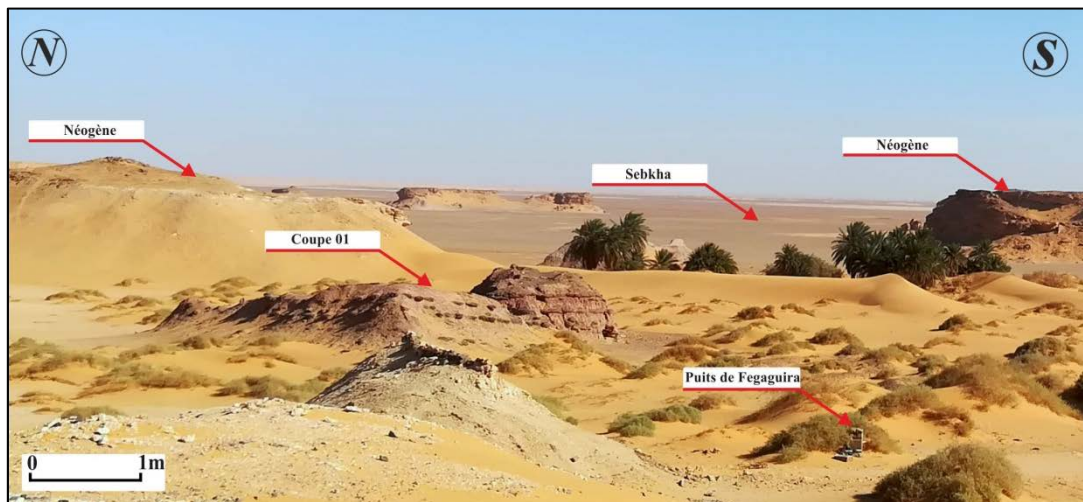


Figure 09 : Photo panoramique de la coupe 01.

Cette coupe se présente sous forme d'un petit relief orienté Nord-ouest / Sud-est, de 15 mètre de longueur et environ 08 mètre d'épaisseur, montre quatre (04) niveaux des concrétions carbonatées définies de bas en haut par :

Niveau 1 :

Constitué par 6 concrétions en ellipsoïdes aplaties, généralement isolées et séparés les unes des autres, de couleur noirâtre à la patine, grisâtres à la cassure, avec un enduit ferrugineux par endroit. La partie centrale des concrétions contient de gros cristaux d'une couleur noirâtre à aspect vitreux entourés par une zone de calcaire, dur et massif, riche en microfossiles (tentaculites goniatite et divers bioclastes), et se terminent vers l'extérieure par des lamines silteuse friables.

Ce niveau est surmonté par une combe d'argile bariolée à aspect schisteux (Pl.1, D), épaisse de 3m20 environ, à tentaculites, possède des petits nodules de calcaire de forme circulaire, enveloppés dans une matrice ferrugineuse et dispersés latéralement (Pl.2, A), leur centre est constitué de fossiles (brachiopode, goniatite) de petite taille.

Niveau 2 :

12 concrétion isolées et parfois coalescentes, de forme ellipsoïdale plus en moins aplatie, noirâtre à la patine, grisâtre à la cassure, avec un enduit ferrugineux par endroit. Ces concrétions sont des calcaires à gros cristaux au centre (gros cristaux gris-noirs à aspect vitreux) contiennent des microfossiles (tentaculite, goniatites et bioclastes), enveloppés par des silts sous forme de lamines suivi par une combe d'argile bariolée de 1m50.

Niveau 3 :

7 concrétions isolées, identiques aux concrétions du niveau 1 et 2 ; certaines montrent des tiges de crinoïdes à la surface. Ensuite, on a une combe d'argile rouge à aspect schisteux, de 1m10, à microfossiles (tentaculites) et possède des petits nodules de calcaire partiellement Cristallisé, de 0,20m de diamètre, enveloppés par matrice jaunâtre (pyrite !) puis une matrice rougeâtre (ferrugineuse) donnant une zonation en section transversale (Pl.2, B).

Niveau 4 :

Correspond aux concrétions aplaties, de 1m60 de longueur (Pl.2, C1), surmontés par des calcaires sous forme d'un lit massif, relativement continu (Pl.2, C2), noirâtre à la patine, gris à la cassure, de 0,25 m d'épaisseur, avec une extension latérale limitée (quelques mètres).

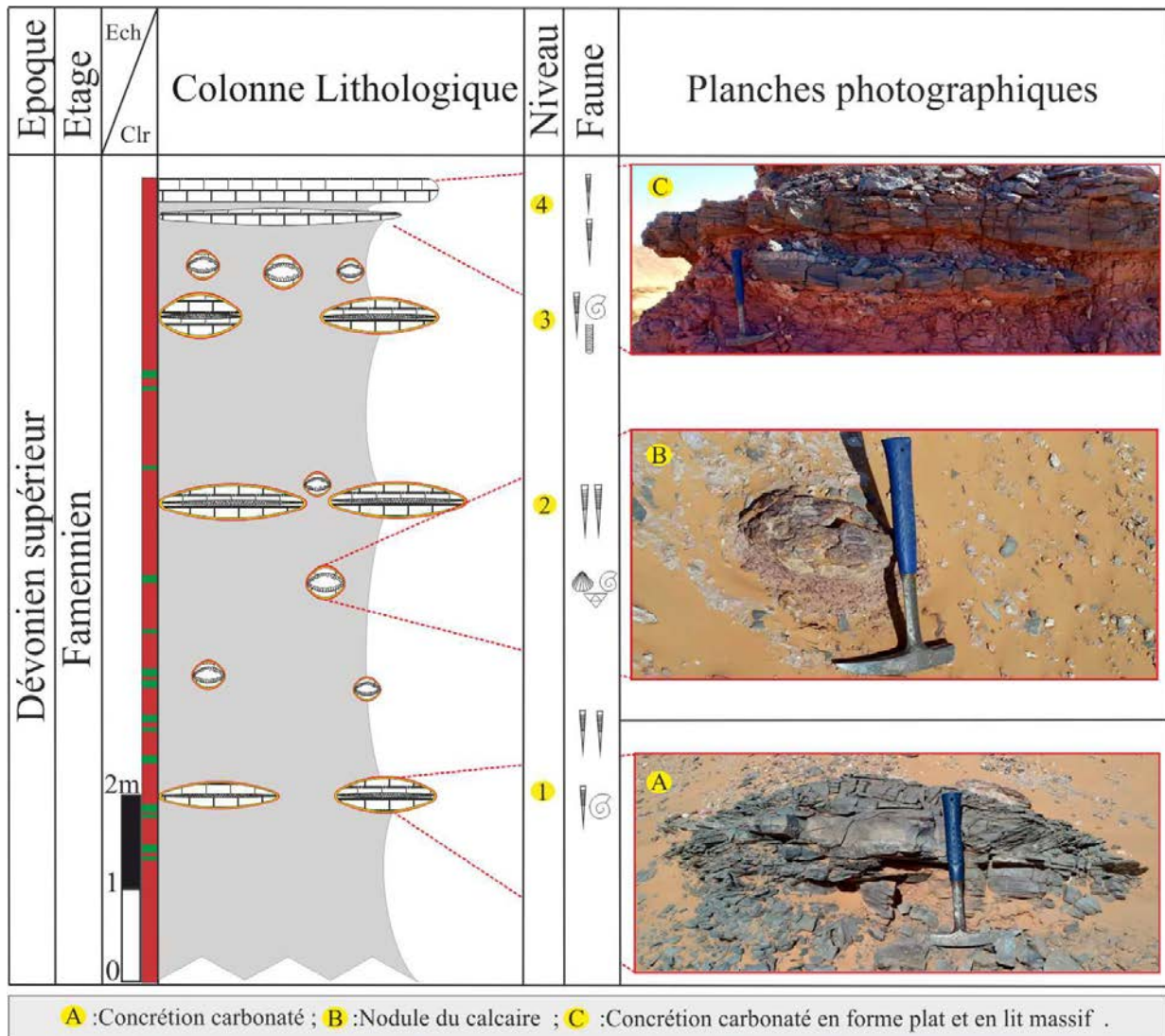


Figure 10 : Colonne lithologique de la coupe 01 de Hassi Fegaguira (Famennien basal).

TAB. 01 : Tableau récapitulatif des mesures des concrétions carbonates.
(Coupe01 Hassi Fegaguira)

Niveau	Concrétion	Longueur(m)	Hauteur(m)	Distance .H	Faune	Cristalis.	ferrigin.	Ech.
1	1	1,3	0,3	1,4	☺	✓		C1 HF1
	2	1,1	0,4	1,2	☺		✓	
	3	0,5	0,3	0,7	☺	✓		
	4	1,4	0,5	0,4	☺	✓		
	5	1,6	0,45	0,1	☺	✓		
	6	1,7	0,5		☺		✓	
2	1	1,6	0,4	0,85	☺		✓	3m2 Argile Bariolée C1 HFA1
	2	1,5	0,4	0,9	☺			
	3	1,4	0,45	0,4	☺	✓		
	4	0,7	0,3	0,2	☺		✓	
	5	1,1	0,4	0,4	☺			
	6	0,9	0,5	0,05	☺	✓	✓	
	7	0,8	0,3	0,55	☺	✓		C1 HF6
	8	0,6	0,3	0,75	☺			C1 HF7
	9	0,55	0,3	0,1	☺	✓	✓	
	10	0,4	0,2	0,6	☺			
	11	0,45	0,25	0,4	☺			
	12	0,45	0,25	0,2	☺			1m5 Argile Bariolée C1 HFA2
3	1	0,3	0,2	2	☺			C1 HF9
	2	0,9	0,5	1,05	☺	✓	✓	
	3	1,2	0,4	0,4	☺			
	4	1,2	0,3	1,9	☺			
	5	1,2	0,3	0,5	☺			
	6	0,9	0,55	0,3	☺	✓	✓	C1 HF10
	7	0,9	0,4		☺	✓	✓	1m10 Argile Bariolée C1 HFA3
4	Banc 1		0,11		☺			C1 HF12
	Banc 2		0,25		☺			

III-2-Coupe 02 :



Figure 11 : Photo panoramique de la coupe 02.

Cette coupe orientée Nord-Sud fait la continuité latérale de la coupe 01. Elle s'étend sur 25 mètre de longueur et 10 m d'épaisseur, ensevelie par des dunes actuelles vers l'Est. J'ai dénombré plus de 60 concrétions carbonatées, noyées dans des argiles, en trois (03) niveaux et surmontés par un 4^{ème} sous forme d'un lit plus ou moins continu latéralement.

Niveau 1 :

Il est formé par 4 concrétions isolées et très dégradées, de forme ellipsoïdale et irrégulière, noirâtre à la patine, grisâtres à la cassure. Ce sont des calcaires avec des cristaux au centre (gros cristaux d'une couleur noirâtre à aspect vitreux), durs et massifs, à microfossiles entourés par des silts carbonatés sous forme de lamines. Le premier niveau est surmonté par une combe d'argile bariolée épaisse de 2m80, à aspect schisteux, renferme de petits nodules calcaires, circulaires, enveloppés dans une matrice ferrugineuse.

Niveau 2 :

36 concrétions isolées (Pl.2, D) ou coalescentes (Pl.2, E) d'une forme ellipsoïdale légèrement aplaties noirâtre à la patine, grisâtre à la cassure, avec un enduit ferrugineux par endroit, correspondent à des calcaires, durs, à cristallisation médiane (gros cristaux noirâtre à aspect vitreux), au centre des microfossiles (tentaculites et goniatite) avec des fragments de coquilles. La surface est caractérisé par des fossiles diversifiés (brachiopode, bivalve, goniatite, tiges de crinoïdes) de petite taille (5mm à 1 cm), entourés par des silts carbonatés sous forme de lamines.

Combe d'argile bariolée de 3m, à aspect schisteux, à nodule de petite taille, de forme ellipsoïdale constituée uniquement de la calcite recristallisée, sans aucune faune. Certains d'entre eux présentent une structure septarienne (Pl.2, F).

Niveau 3:

22 concrétions isolées ou coalescentes, à faciès identique aux concrétions du niveau 2, surmontées par une combe d'argile rougeâtre à aspect schisteux.

Niveau 4 :

S'agit d'un lit continu de calcaire laminé qui devient noduleux et coalescent par endroits, noirâtre à la patine et grisâtre à la cassure.

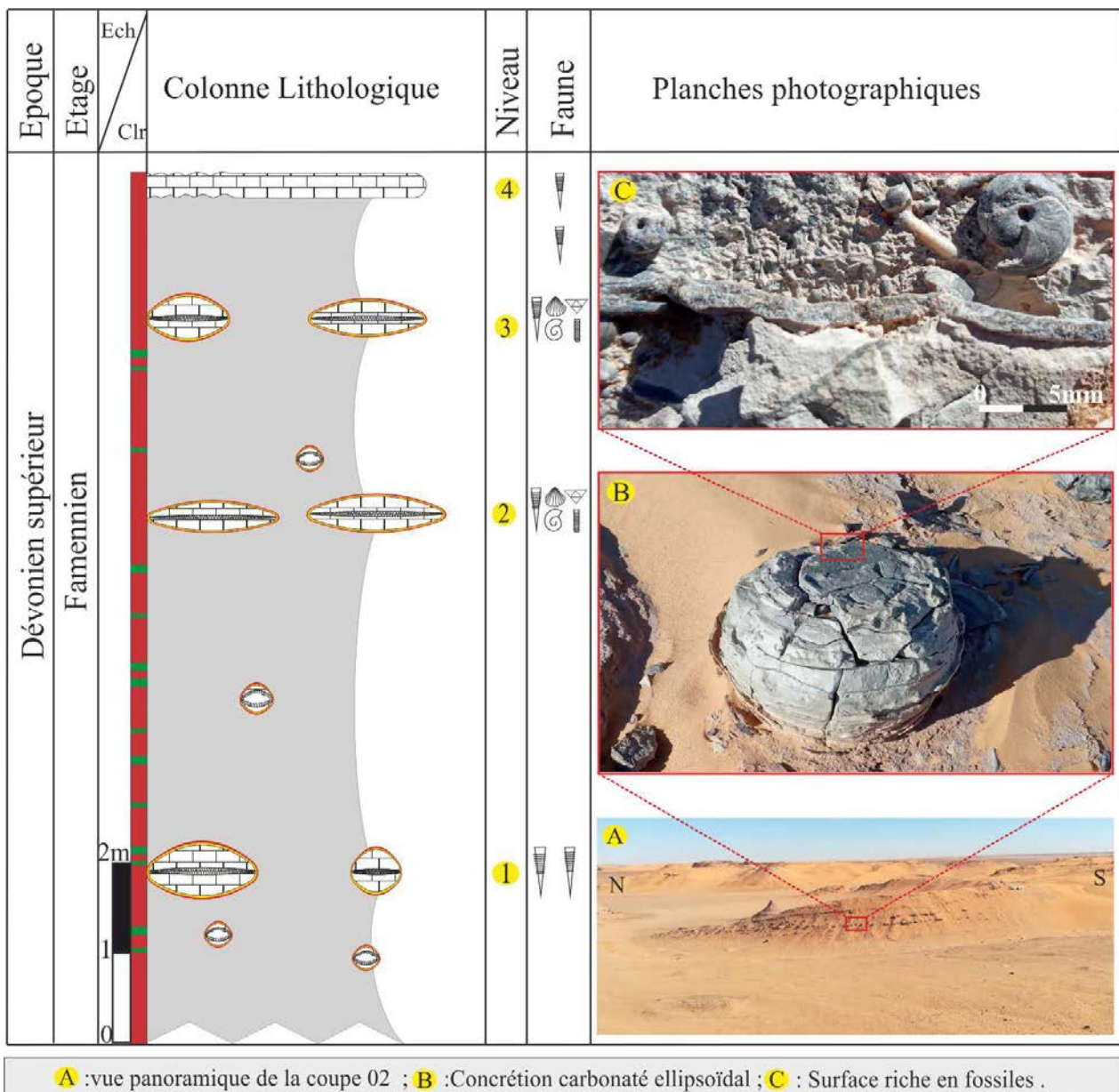


Figure 12 : Colonne lithologique de la coupe 02 de Hassi Fegaguira (Famennien).

TAB. 02 : Tableau récapitulatif des mesures des concrétions calcaires.
(Coupe 02 Hassi Fegaguira)

Niveau	Concrétion	Longueur (m)	Hauteur (m)	Distance.H	Faune	Cristalis.	Ferrigin.	Ech.	
1	1	0,55	0,5	3,1		✓	✓	C2HF1	
	2	1,2	0,6	0,7		✓	✓		
	3	1,2	0,6	6					
	4	0,4	0,2			✓			
2	1	1	0,4	2,4		✓		2m80 Argile Bariolée	
	2	0,4	0,3	2		✓			
	3	0,4	0,2	2,5		✓			
	4	0,35	0,5	0,4		✓		C2HF2	
	5	0,35	0,7	0,3		✓			
	6	0,3	0,25	0,7					
	7	0,7	0,3	1,1					
	8	0,5	0,3	0,5		✓			
	9	0,7	0,4	0,44		✓			
	10	0,7	0,3	1,3			✓		
	11	0,7	0,4	1,2			✓		
	12	1,7	0,3	0,9			✓		
	13	2	0,75	0,6			✓		
	14	0,4	0,6	0,5			✓		
	15			0,6			✓		
	16	0,6	0,3	0,5			✓		
	17	0,9	0,4	0,2			✓		
	18	0,9	0,3						
	19	0,8	0,3	1,2					
	20	0,5	0,3						
	21	0,7	0,3	0,9					
	22	0,8	0,5	0,8			✓		
	23	0,5	0,4	0,6					
	24	0,7	0,3			✓	✓		
	25	0,7	0,4	0,8			✓		
	26	0,7	0,35	0,3			✓		
	27	1	0,4	1			✓		
	28	1,4	0,4				✓		
	29	0,5	0,3						
	30	0,65	0,3	1,1					
	31	1,4	0,4	1,2					
	32	0,7	0,3	0,5					
	33	0,6	0,3	0,7			✓		
	34	0,8		0,6		✓	✓		
	35	0,4	0,2	0,2		✓	✓		
	36	0,9	0,4			✓	✓		
3	1	1,8	0,3	1,1		✓			3m Argile Bariolée C2 HFA1
	2	1	0,3	0,5		✓			
	3	0,7	0,3	1,1		✓			

Niveau	Concrétion	Longueur(m)	Hauteur(m)	Distance H	Faune	Cristallisation	ferrugin .	Ech.
3	4	0,4	0,3	0,6		✓	✓	
	5	0,8	0,3	1,6		✓		
	6	0,4	0,6	1,5		✓		
	7	0,5	0,35	2,6		✓	✓	
	8	1,2	0,3	1,1		✓	✓	
	9							
	10			1,8				
	11	0,9	0,4	1,9		✓		
	12	0,7	0,3	0,5				
	13	0,9	0,3	1,2				
	14	0,7	0,3	1,5				
	15	0,7	0,4	1,7				
	16	0,8	0,3	5				
	17							
	18	0,8	0,4	0,8				
19	0,6	0,3	2					
20	0,6	0,2	3,2					
21	1,8	0,45	1,6					
22	1,7	0,4					C2 HF4	
4	1		0,3				Im10 Argile barbotée C2 HF43	

Chapitre III

DESCRIPTION DES LAMES

I-Introduction

L'étude des microfaciès des nodules et concrétions calcaires, récoltés dans les argiles du Famennien de Fegaguira, est basée sur la nomenclature de Flügel (2010) du point de vue lithologique (faciès au sens de Folk) et texturale.

Chaque concrétion comporte un code et un numéro. Ils sont affectés à des coupes et niveaux (ex. C1 = Coupe 01 et N1 = niveau 01); et chaque niveau comporte des concrétions (ou nodules) numérotés HF1 (ex. HF1 = Hassi Feguguira 1) et ainsi de suite. Donc un échantillon comportant le code C2-N2-HF4 = Coupe 02, niveau 02, concrétion 04.

Caractéristiques observées dans les concrétions :

La concrétion « idéale » distingue quatre zones (Fig. 13-3) selon les variations de lithologies et de textures.

On comprend par le terme « zone », un intervalle de la concrétion montrant des caractères lithologiques homogènes. Rarement, de petites variations peuvent être observées et correspondraient à des sous-zones.

Zone 01 : Occupe le cœur de la concrétion, et se présente sous forme d'une cavité remplie par de gros cristaux centimétrique de calcite.

Zone 02 : Épaisse de 2 à 5 cm, riche en microfossiles (tentaculites) et bioclastes (fragments de goniatite, de brachiopodes et de crinoïdes), alignés parallèlement à la stratification.

Cette zone peut comporter des sous-zones selon le changement de texture.

Zone 03 : Calcaire boueux (micrite) d'aspect massif, de 10 cm, à quelques rares tentaculites écrasés et mal conservés avec éventuellement quelques fragments des coquilles.

Zone 04 : Constituée par des silts carbonatés, friables et à débits en lamines.

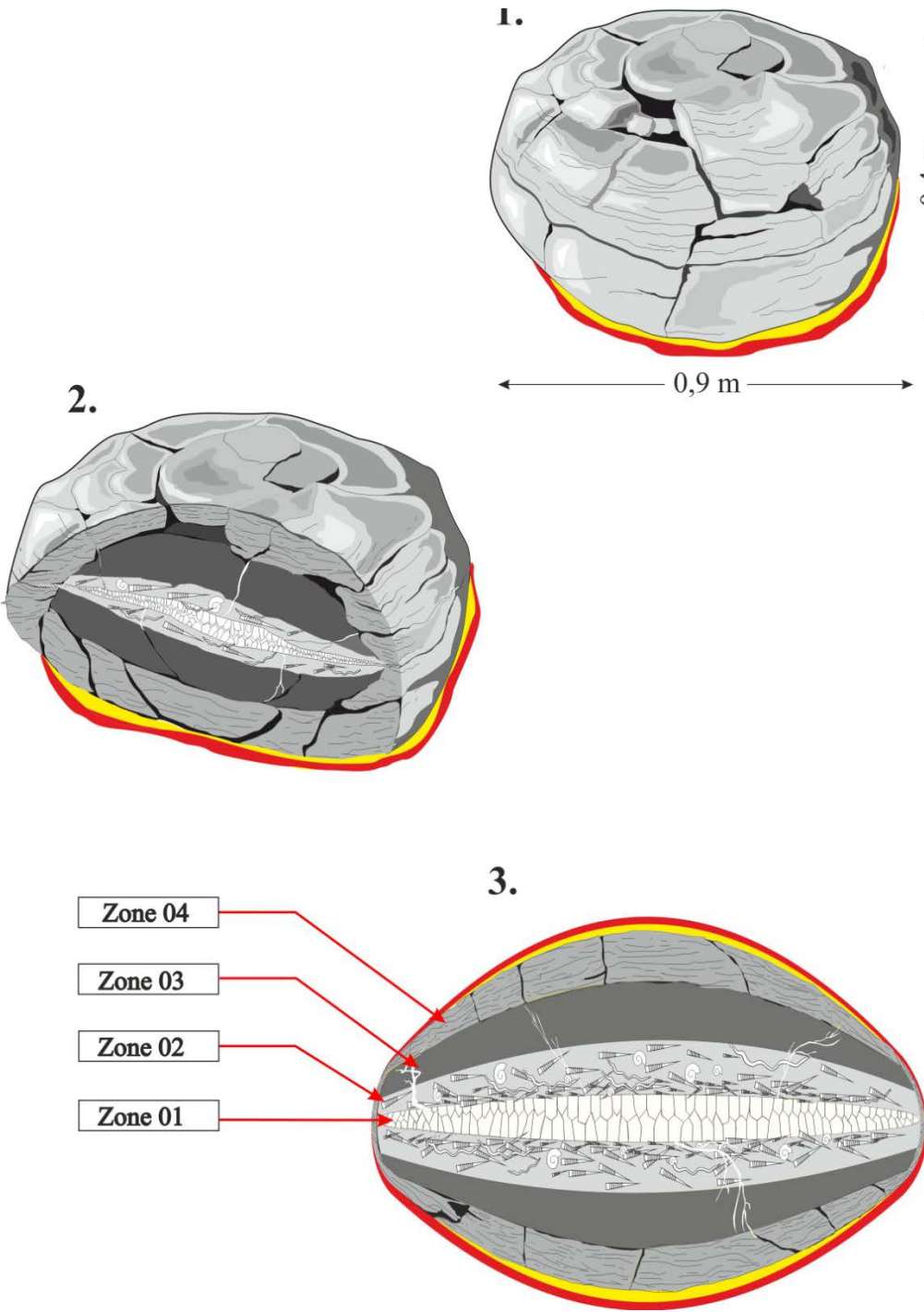


Figure 13 : Schéma en 3D d'une concrétion carbonatée de type isolé (1. et 2.), et 2D (3.) en section transversale.

II-Position des lames dans une concrétion :

La figure 14 permet de localiser les différentes lames minces réalisées par rapport à sa position dans la concrétion.

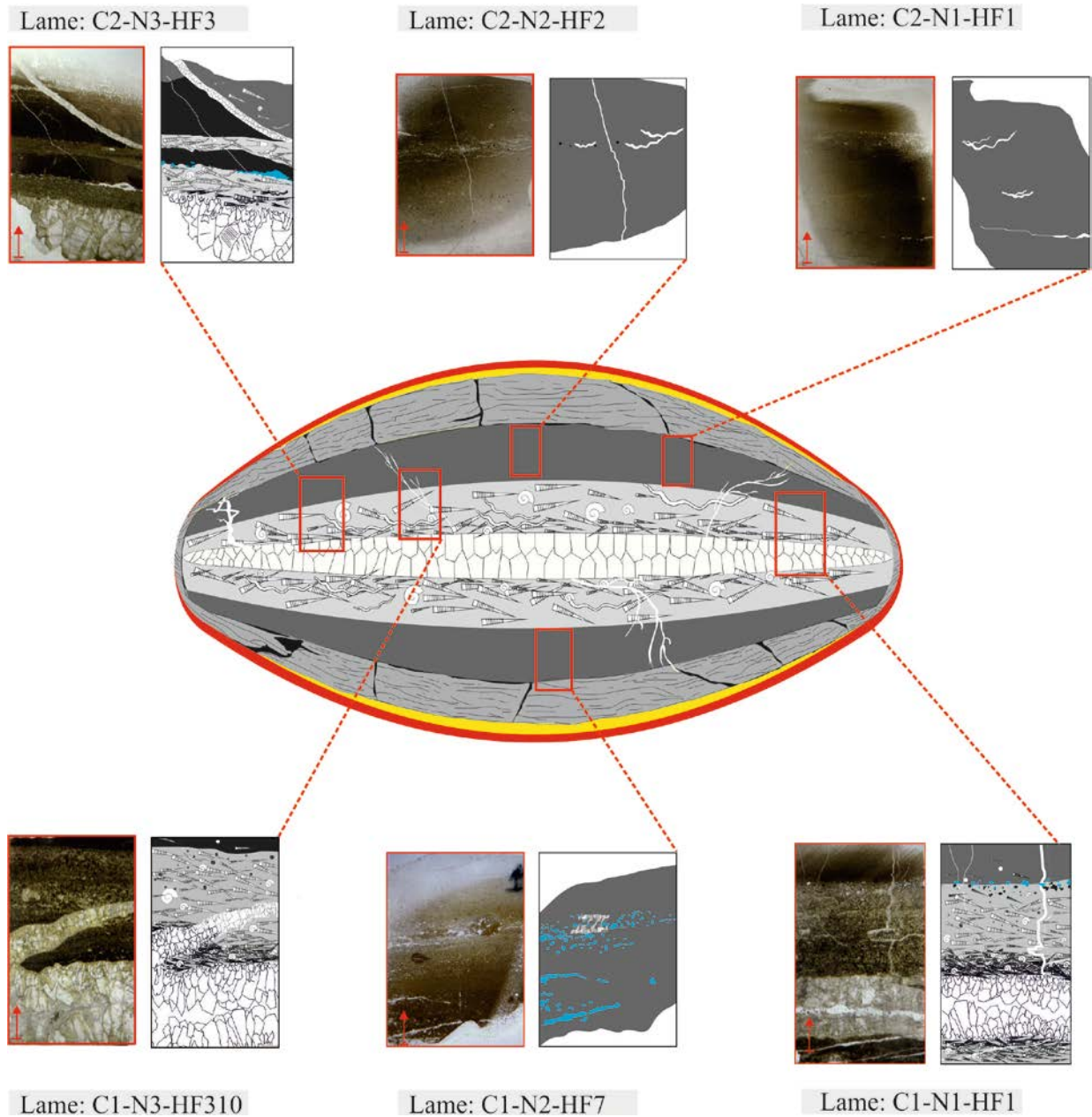


Figure 14 : Schéma de la position des lames minces sur une concrétion type.

III-Description des lames :

III-1-Lame C1-N1-HF1:

Subdivisée en 03 zones selon le changement de faciès et de textures (Fig. 15).

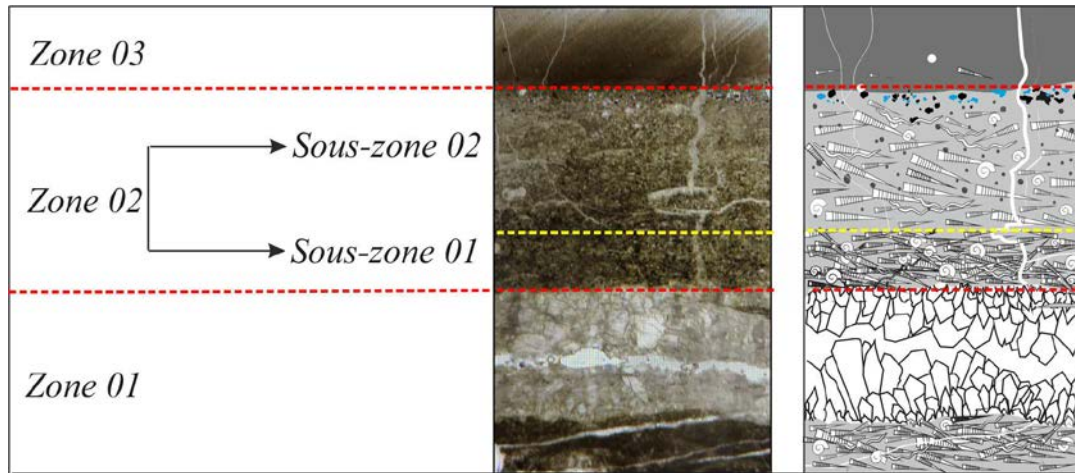


Figure 15 : Lame mince (C1-N1-HF1) : Coupe 01 – Niveau 01 – Concrétion 01.

Zone 01 : caractérisée par des cristaux de calcite à croissance centripète, donnant une structure en mosaïque drusique. Ces cristaux sont de type sparite drusique (sd). Les directions de croissance des cristaux sont indiquées par les flèches (Fig. 16). Au centre, généralement un vide (pore) sépare le haut du bas de la concrétion.

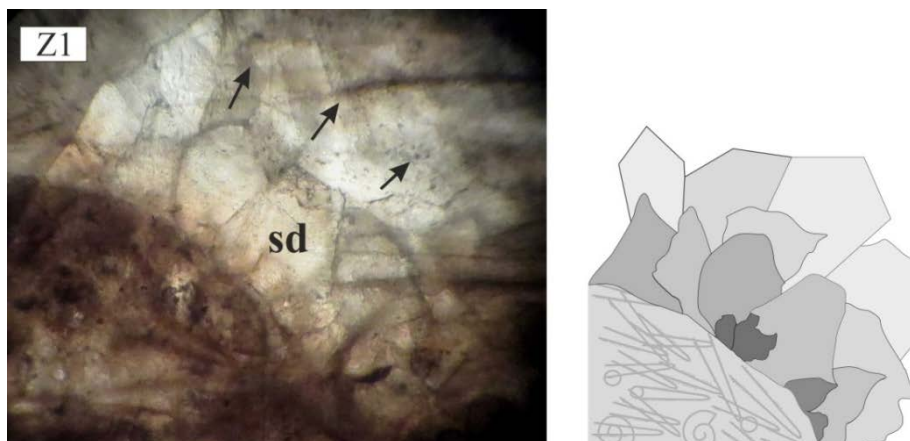


Figure 16 : Structure en mosaïque drusique, sparite drusique (sd)
(Gr.x100, LPNA).

Zone 02 : Cette zone est subdivisée en deux sous-zones selon le changement de texture (grainstone biosparite / grainstone biopelsparite) :

Sous-Zone 01 : représente un calcaire bioclastique (biosparite), de texture grainstone. Les tentaculites et les goniatites sont facilement identifiables par leurs morphologies, avec une structure de paroi bien conservée, formée par une mince frange micritique sur les bords de l'organisme, dans un ciment microsparitique à sparitique (Fig. 17). Les goniatites (G) remplis par de la sparite ou de la micrite et quelque fois par les deux (= géopétale) (Fig. 17 A). On observe aussi une section longitudinale de tentaculite (*Nowakia*), en cône rectiligne allongé à paroi externe marquée par une enveloppe micritique avec ornements bien visibles sur les deux faces de la coquille, et une fissure à remplissage sparitique (S) à gros cristaux (Fig. 17 B).

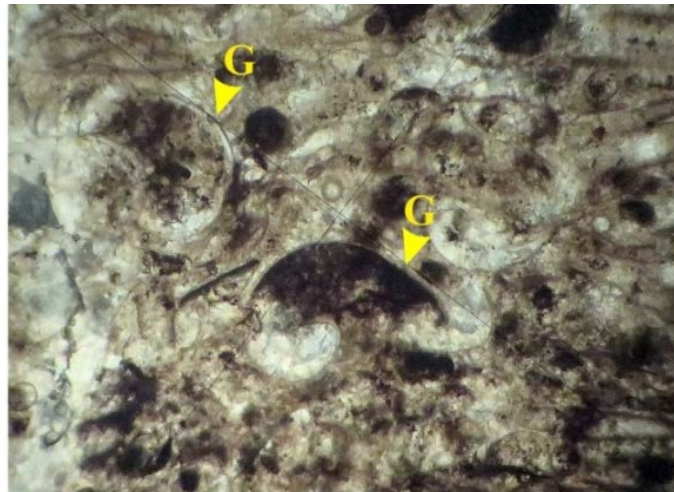


Figure 17 : Sous-zone 01(A-B) : calcaire bioclastique (biosparite) à texture grainstone (Gr.x100, LPNA).

Sous-Zone 02 : Correspond à un calcaire bioclastique (biopelsparite) de texture graistone. On observe des sections transversale et longitudinale des tentaculites (T) répartis dans un ciment sparitique à gros cristaux (Fig. 18 A). Les tests de tentaculite (T) et les fragments de coquille (FC) sont matérialisés par une mince frange micritique sur les bords. Les cavités des coquilles sont remplies partiellement par un ciment de sparite équigranulaire (Se : tous les cristaux ont la même taille), le ciment environnant est sparitique avec quelques bioclastes et péloïdes (Fig. 18 B).



Figure 18 : Sous-zone 02 (A-B) : Calcaire bioclastique (biopelsparite) à texture grainstone. (Gr. x40, LPNA).

Le contact entre la zone 02 (partie supérieure de la sous-zone 02) et la zone 03 est marqué par un changement de texture bien visible (grainstone / Pelmicrosparite), caractérisé par la présence des pores de forme irrégulière et de nombreux bioclastes, imprégnés par de l'oxyde de fer opaque (Of). Les deux zones sont recoupées par de minces veines de calcite (Fig.19).

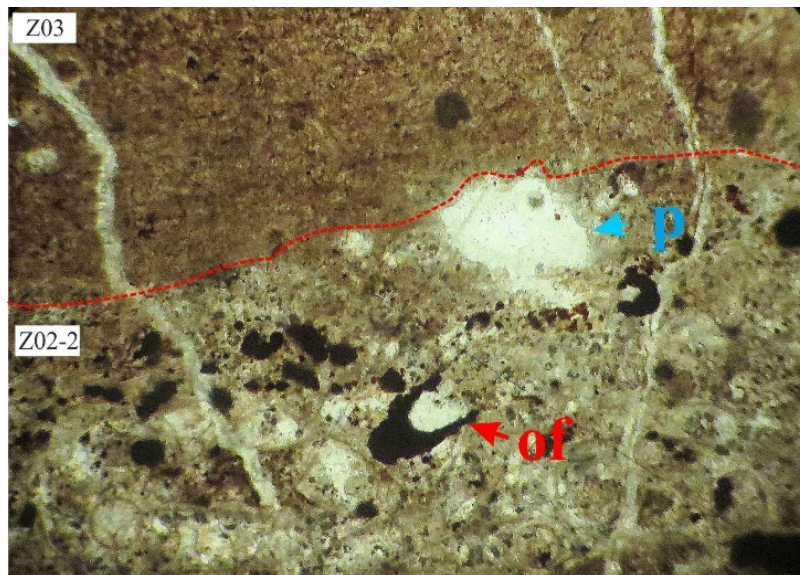


Figure 19 : Contacte entre la zone 02 (sous-zone 02) et la zone 03. (Gr.x 100, LPNA).

Zone 03 : Pelmicrosparite, à quelques tentaculites écrasés et mal conservés, recoupée par une mince veine de calcite (Fig. 20).

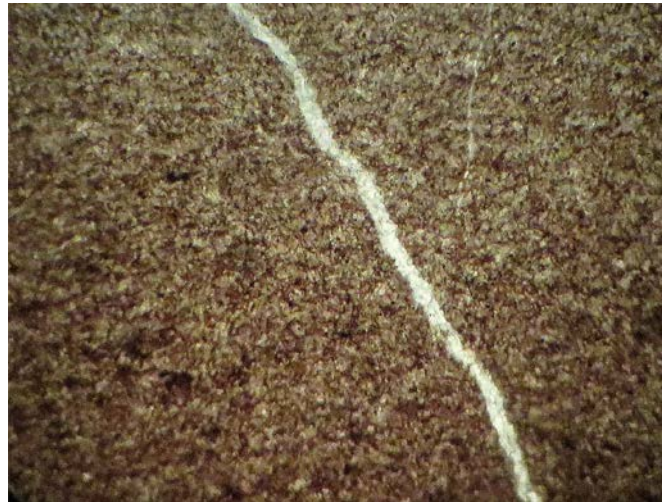


Figure 20 : Pelmicrosparite (Gr.x 40, LPNA).

III-2-Lame C1-N2-HF7:

Cette lame présente uniquement la partie supérieure de la zone 03 (Fig.21).



Figure 21 : Lame mince (C1-N2-HF7) : Coupe 01-Niveau 02-Concrétion 07, la zone 03 (partie supérieur).

Zone 03: biomicrosparite, quelques fantômes des tentaculites écrasés et mal conservés (Fig.22 A). Ce facies est poreux, possède des fissures allongées parallèlement à la stratification dont certaines sont remplies par des cristaux de type sparite drusique (sd) (Fig.22 B).

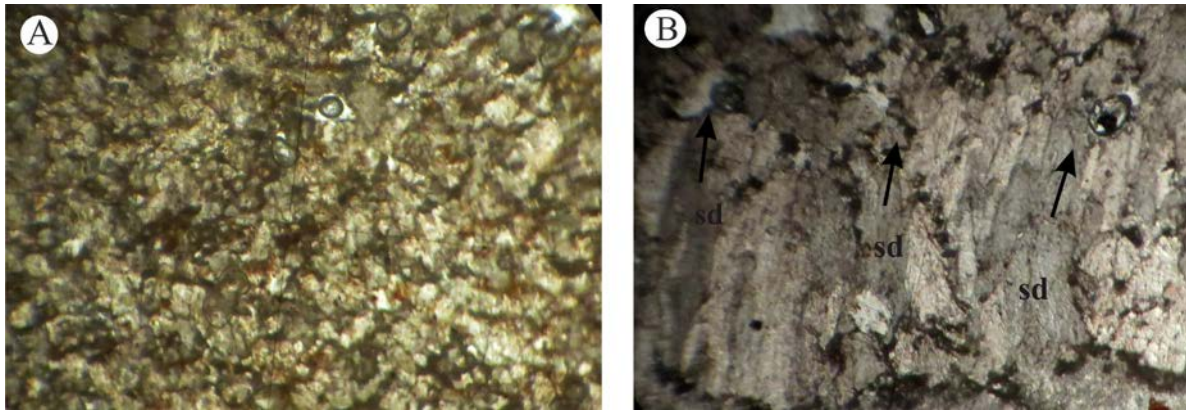


Figure 22 : A :biomicrosparite, B : structure en mosaïque drusique (sd)
(Gr.x 100, LPNA).

III-3-Lame C1-N3-HF10:

Elle est subdivisée en 03 zones selon le changement de faciès et de texture avec un léger décalage de la sous-zone01 causée par une fracture secondaire (Fig. 23).

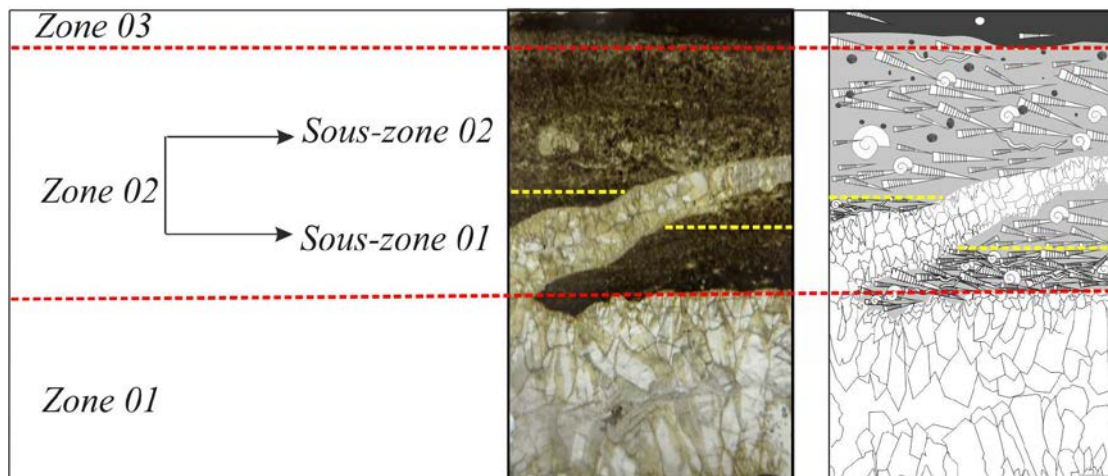


Figure 23: Lame mince (C1-N3-HF10) : Coupe 01 – Niveau 03 – Concrétion 10.

Zone 01 : montre le développement de la sparite drusique (sd) à croissance centripète. Les directions de croissance des cristaux sont indiquées par les flèches (Fig.24).

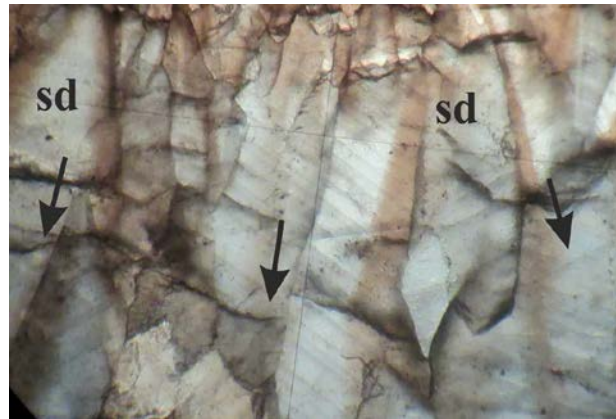


Figure 24 : Structure en mosaïque drusique, Sparite Drusique (sd) (Gr. x100, LPNA).

Zone 02 : Cette zone est subdivisée en deux sous-zones selon le changement de texture (grainstone / packstone) :

Sous-Zone 01 : biopelsparite de texture grainstone, à tests de tentaculites et coquilles de goniatites, mal conservés (et difficile à identifier), mélangés avec des bioclastes et des petits péloïdes (Fig.25). Les grains sont des clastes de micrite avec quelques tentaculites et des goniatites mal conservé, répartie dans un ciment sparitique fin (Microsparitique) (Fig.25 A) la figure 25 B montre le contact entre la sous-zone01-2 et la sous-zone02-2, avec un changement de texture bien visible (grainstone / packstone).

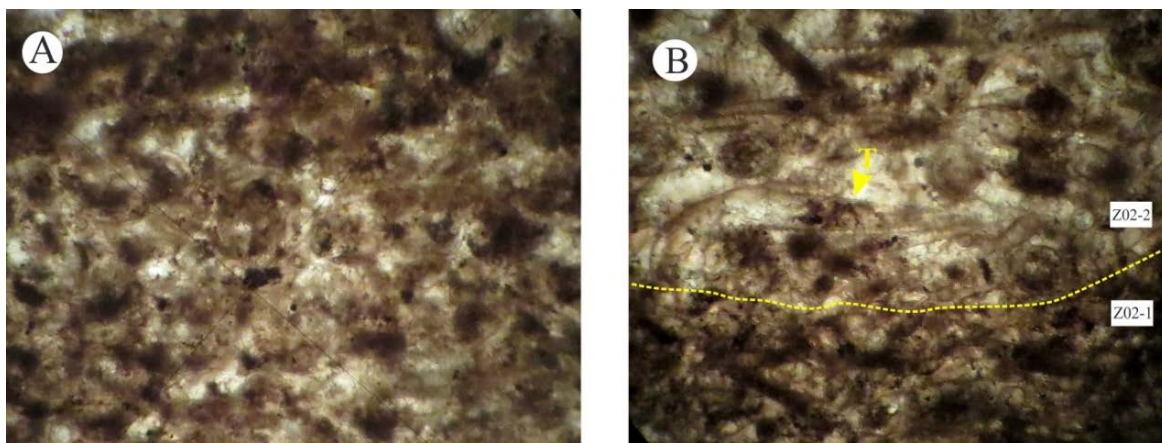


Figure 25 : A : Sous zone 01: calcaire bioclastique (biopelsparite) à texture grainstone, B : contacte sous-zone01-2 et la sous-zone02-02 (Gr. x40, LPNA).

Sous-Zone 02 : représente une texture à packstone, à grains non jointifs, répartis dans un ciment sparitique fin (Fig.26), à tests de tentaculites (T) et quelques fragment de coquilles (FC), remplie par la sparite équigranulaire (Se) et d'autre par de la micrite (Fig.26 A). On

observe aussi une section longitudinale d'une coquille de goniatite (G), où les chambres de l'organisme sont nettement visibles, avec une mince frange micritique sur les bords ; le remplissage est formé par une mosaïque de cristaux de diverses dimensions et formes (Fig.26 4 B).

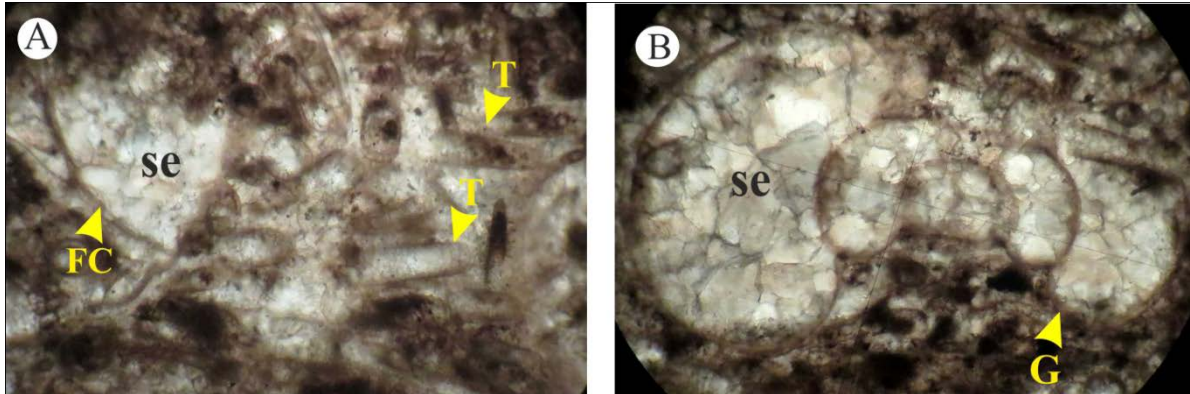


Figure 26 : Sous-zone 02 Calcaire bioclastique à texture Packstone. (Gr. x100, LPNA).

Zone 03 : Elle est formée de la micrite (possible imprégnée d'argile ou autre substance) et dismicrite, noirâtre, avec quelques tentaculites, le contact entre la sous-zone 02 (la partie supérieur) et zone 03 marquée par un changement de texture bien visible (Packstone / Mudstone) (Fig.27).

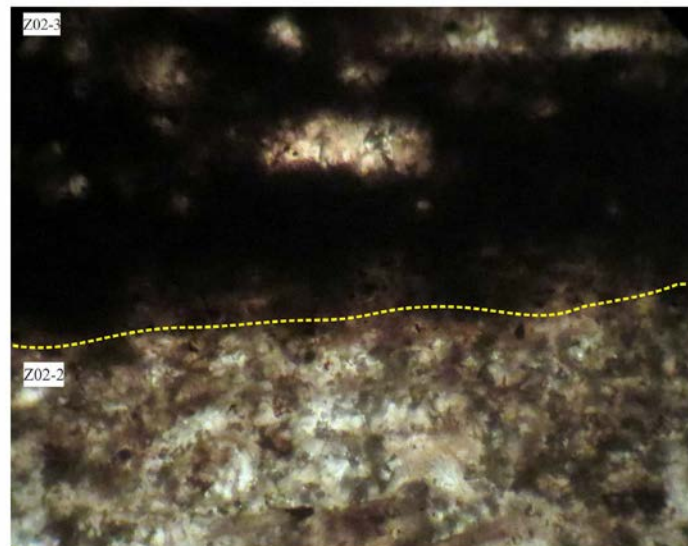


Figure 27 : contact entre la zone 02 (sous-zone 02) et la zone 03, (Gr. x100, LPNA).

III-4-Lame C2-N1-HF1:

Elle comporte uniquement la zone 03 (Fig. 28), à quelque fragment de coquilles (Fig. 29) et des fissures horizontales à obliques à remplissage calcique.



Figure 28 : Lame mince (C2-N1-HF1) : Coupe 02 – Niveau 1 – Concrétion 1.

Zone 03 : correspond à un calcaire microsparitique, à quelques fragments de coquilles (FC) (Fig.29).

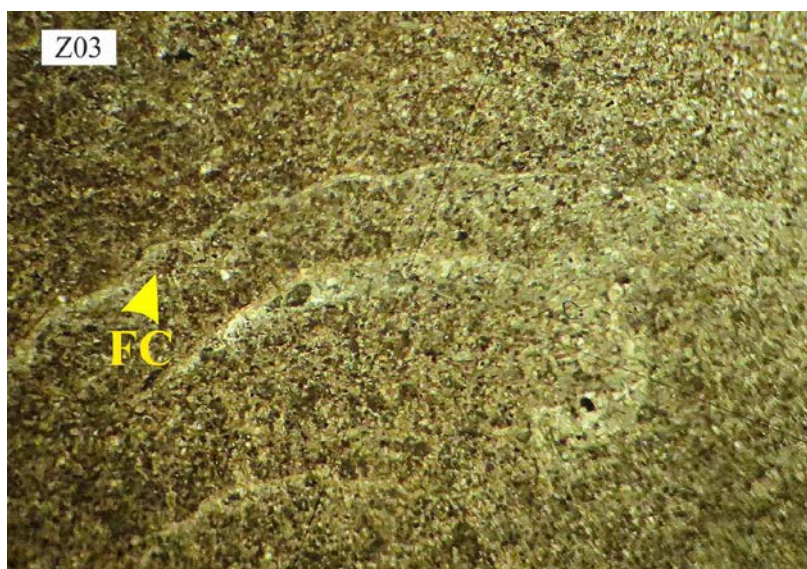


Figure 29: Microsparite (Gr. x100, LPNA).

III-5-Lame C2-N2-HF2:

Elle montre uniquement la zone 03 avec un niveau de fragments de coquilles minces ; alignés parallèlement à la stratification (Fig. 30).

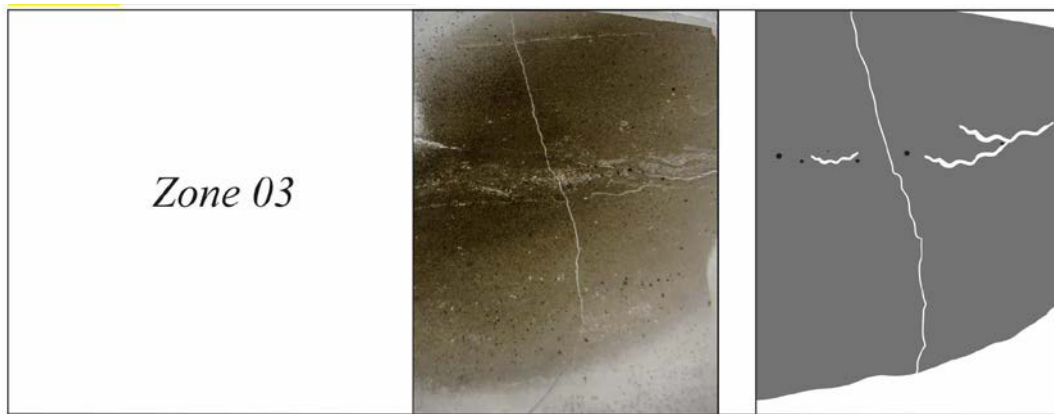


Figure 30 : Lame mince (C2-N2-HF2) : Coupe 02 – Niveau 02 – Concrétion 02.

Zone 03 : correspond à un faciès biomicrosparite, à fragments de coquilles (FC) minces, dans un ciment sparitique fin ; les cavités sont remplies partiellement par la calcite sparitique (S) de taille et forme variables, caractéristique de recristallisation (Fig.31 A). On observe aussi des taches noires à rouge brique (of) irrégulières (Fig.31 B).

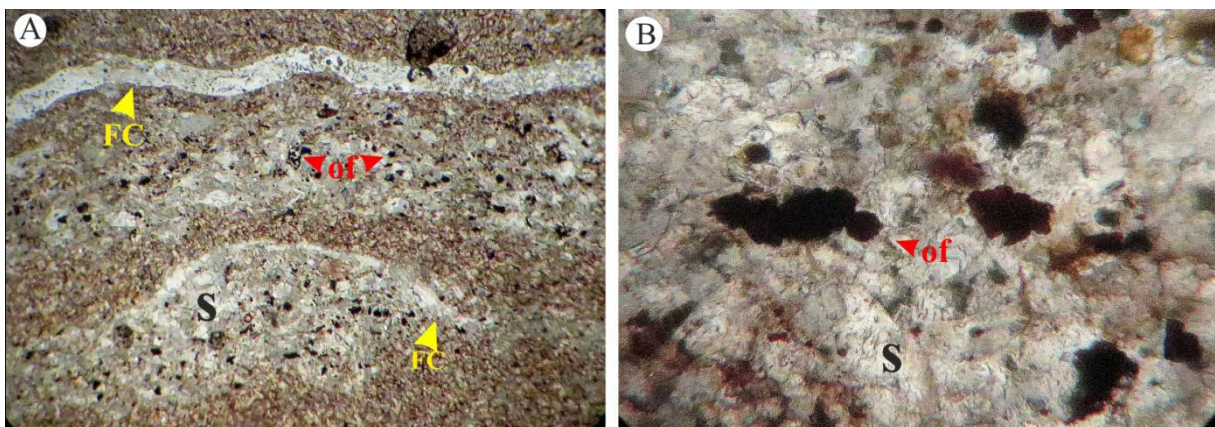


Figure 31 : Biomicrosparite. (Gr. x100 et x400, LPNA).

III-6-Lame C2-N3-HF3:

Elle est subdivisée en trois zones selon le changement de faciès et de texture; la zone 02 comporte 03 sous-zones où les sous-zones 01 et 03 sont identiques (biosparite grainstones) et la sous-zone 02 de zone02 avec la sous-zone 01 de la zone 03 sont similaires (micrite mudstone) (Fig. 32).

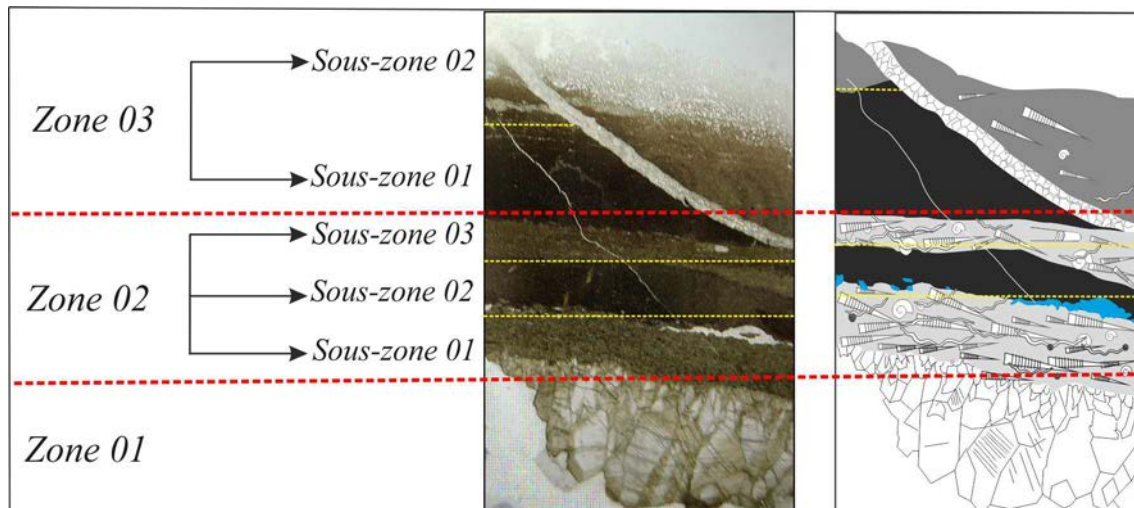


Figure 32 : Lame mince (C2-N3-HF3) : Coupe 02 – Niveau 03 – Concrétion 03.

Zone 01 : caractérisée par des cristaux de calcite sparitique de type drusique (sd), à croissance centripète (indiquée par les flèches) (Fig.33 A) ; le remplissage de la cavité correspond à une mosaïque de gros cristaux (Fig.33 B).

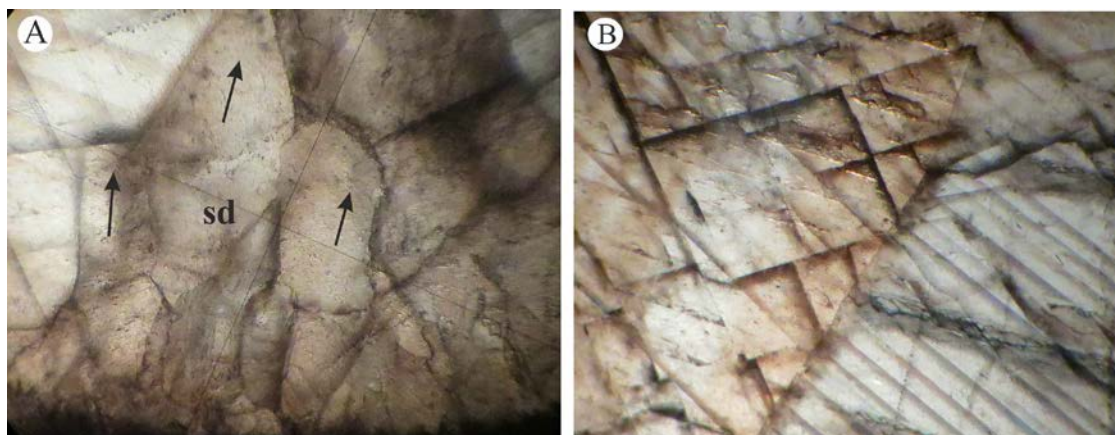


Figure 33 : structure en mosaïque drusique, sparite drusique (sd). (Gr. A x40 et B x100, LPNA)

Zone 02 : Cette zone est subdivisée en deux sous-zones selon le changement de textures :

Sous-Zone 01 : biopelsparite, texture grainstone à tests de tentaculites et de goniatites, mal conservés (difficile à identifier), remplis par de la micrite et mélangé avec des bioclastes et des péloïdes, entourés par un ciment sparitique avec une porosité primaire intergranulaire (Fig.34).

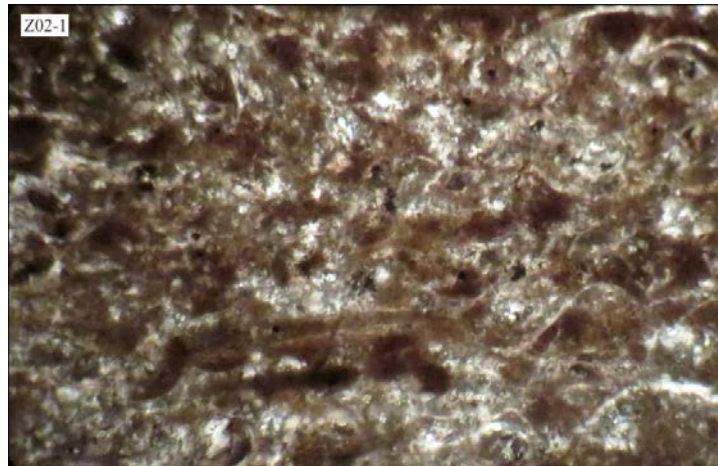


Figure 34 : Sous-Zone 01 : Calcaire bioclastique à texture grainstone (Gr. x40, LPNA).

Sous-Zone 02 : Cette zone est marquée par l'intercalation de deux textures, à fragment d'Orthocère (O), avec une mince paroi rempli partiellement par la calcite ; dans un ciment micritique à quelques bioclastes et peloides, surmonté par une 2eme texture mudstone (micrite) noirâtre ou imprégnation (Fig.35).



Figure 35 : Sous-Zone 02 : Calcaire bioclastique (Gr. x40, LPNA).

Zone 03 : correspond à un calcaire microsparite, à tentaculites écrasés et mal conservés (Fig.36).

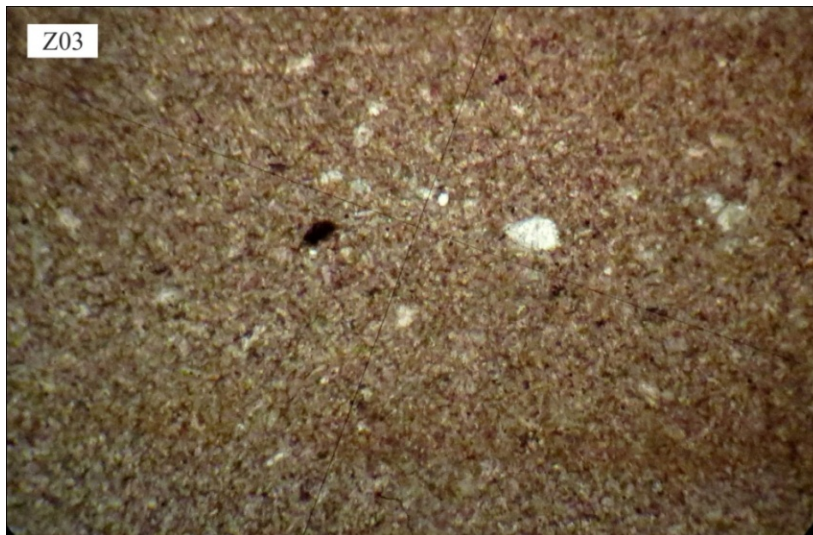


Figure 36 : Microsparite (Gr. x40, LPNA).

III-7-Lame C1-N4-HF12:

Elle est réalisée dans une couche continue (Niveau 04), et correspond entièrement à la zone 03. Cette lame montre de la microsparite à imprégnation argileuse et des fissures orientées parallèlement à la stratification (Fig. 37).

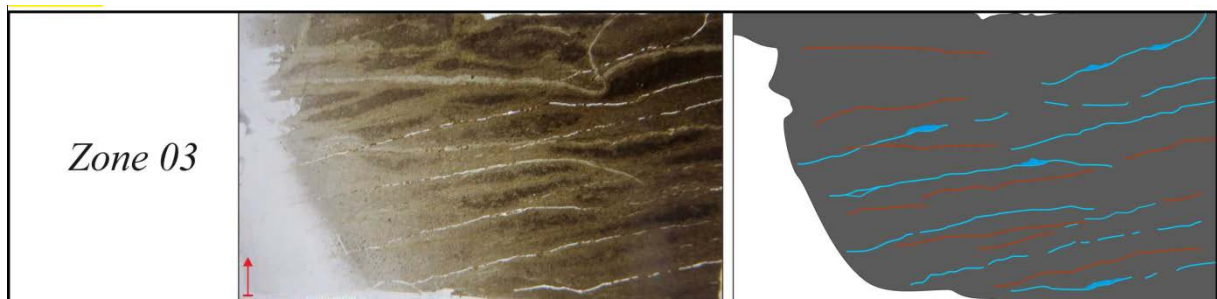


Figure 37 : Lame mince (C1-N4-HF12) : Coupe 01 – Niveau 04 (concrétion stratiforme).

Zone 03 : correspond à une microsparite, recoupée par des fissures non remplies (P) et des lamines irrégulières (stromatolithes cyanobactériennes) soulignées par un liseré ferrugineux (F) alignées parallèlement à la stratification (Fig.38).

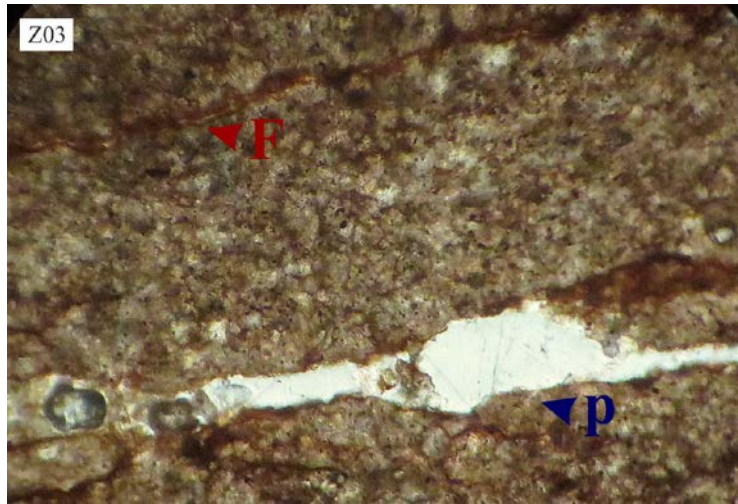


Figure 38 : Microsparite (Gr. x100, LPNA).

TAB. 03 : Tableau récapitulatif des caractéristiques textural de la coupe Hassi fegaguira 01 et 02

Texture Lame	Zone 01	Zone 02		Zone 03				
	Remplissage Calcique	Sous-Zone1		Sous-Zone2	Sous-Zone1	Sous-Zone2		
		Grainstone	packstone	Micrite	Mudstone			
		Bio-sparite	Biopel-sparite		Micro-sparite	Biomicro-sparite	Pelmicro-sparite	
Lame C1hf1	✓	✓	✓	x	x	x	x	✓
Lame C1hf7	✓	x	x	x	x	x	✓	x
Lame C1hf10	✓	x	✓	✓	✓	x	x	x
Lame C1hf12	x	x	x	x	x	✓	x	x
Lame C2hf1	x	x	x	x	x	✓	x	x
Lame C2hf2	x	x	x	x	x	x	✓	x
Lame C2hf3	✓	x	✓	x	✓	✓	x	x

Chapitre IV

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le secteur étudié de Hassi Fegaguira fait partie du synclinale de Fegaguira, située sur le flanc occidental de Djebel Hêche, considéré comme une zone de transition entre les Monts d'Ougarta à l'Ouest et la partie occidentale du bassin de Timimoun à l'Est.

Le but de ce travail est de contribuer à la compréhension des structures carbonatées concentriques dites « Concrétions » dans les terrains du Dévonien supérieur. Cette étude est basée sur la morphologie des concrétions, sédimentologie et distribution stratigraphique.

Deux coupes détaillées ont été levées à la base du Famennien (Abbache, 2019), prenant en considération l'observation détaillée de chaque concrétion (lithologie, forme, l'épaisseur, le contenu fossilifère et la distribution latérale) suivie par un échantillonnage systématique des calcaires et des argiles.

Il s'agit d'une combe argileuse de couleur rougeâtre et verdâtre à aspect schisteux, intercalée par des corps concrétions noyées dans les argiles d'une manière alignée parallèlement au plan de la stratification de la roche encaissante et montrent des structures de déformation synsédimentaire (Slumps).

Les concrétions présentent une grande variété de forme et de géométrie. Généralement en ellipsoïdes isolés, quelques fois coalescentes et/ou alignées, contiennent des réseaux de fissures qui sont plus larges près du centre de la concrétion et s'effilent vers les bords. Ces fissures sont souvent remplies par des cristaux grossiers d'une couleur noirâtre. La taille de ces concrétions varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Parfois, elles renferment des microfossiles bien conservés à l'intérieure, et des fossiles de petites tailles sur leurs surfaces.

Le contact Concrétion-Argile est marqué par une pellicule (pyrite !) puis une couche rougeâtre (ferrugineuse) donnant une zonation en section transversale.

Les coupes se présente sous forme d'un petit relief orienté, montre quatre (04) niveaux de concrétions carbonatées.

Dans une concrétion idéale, on distingue quatre zones, selon les variations de lithologies et de textures

Zone 01 : Occupe le cœur de la concrétion, elle se présente sous forme d'une cavité remplie par de gros cristaux, centimétriques de calcite à croissance centripète, type sparite drusique.

Zone 02 : Épaisse de 2 à 5 cm, riche en microfossiles (tentaculites) et bioclastes (fragments de goniatites, de brachiopodes et de crinoïdes), alignés parallèlement à la stratification. La zone 02 est subdivisée en deux sous-zones selon le changement de texture (grainstone biosparite / grainstone biopelsparite).

Sous-Zone 01 : biosparite, de texture grainstone. Les tentaculites et les goniatites sont facilement identifiables par leurs morphologies, avec une structure de paroi bien conservée, formée par une mince frange micritique sur les bords de l'organisme, dans un ciment microsparitique à sparitique.

Sous-Zone 02 : biopelsparite de texture graistone, riche on sections transversale et longitudinal de tentaculites répartis dans un ciment sparitique à gros cristaux avec quelques bioclastes et péloïdes.

Le contact entre la zone 02 et la zone 03 est marqué par la présence de pores de forme irrégulière et de nombreux bioclastes, imprégnés par de l'oxyde de fer opaque.

Zone 03 : Calcaire micritique de 10 cm d'épaisseur, à rares tentaculites écrasés et mal conservés avec quelques fragment de coquilles, correspondant à une pelmicrosparite de texture mudstone.

Zone 04 : Constituée par des silts carbonatés, friables et à débits en lamines.

A partir de l'étude lithostratigraphique et microscopique, on a pu donner une classification des concrétions.

Au terrain :

En fonction de leur forme : deux types de concrétion sont distingués :

- concrétion ellipsoïdale (isolée et coalescente) (1, Fig. 39)
- concrétion stratiforme (plate, plates rapprochés) (2, 3 Fig. 39)

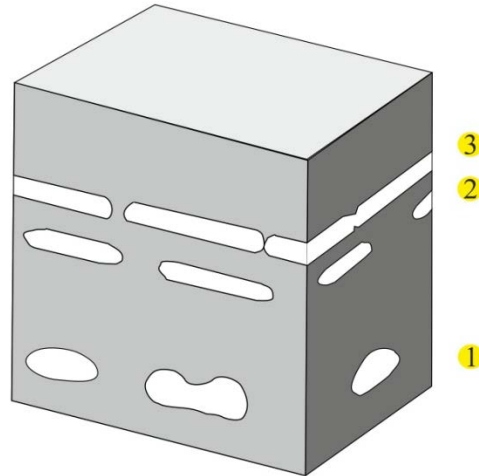


Figure 39 : Les formes types, trouvé dans le secteur de Hassi Fegaguira.

En fonction de leur morphologie : on distingue deux types :

- concrétion carbonatée (1, 4 Fig. 40) et concrétion septarienne (3, Fig. 40).
- nodule (2, Fig. 40).

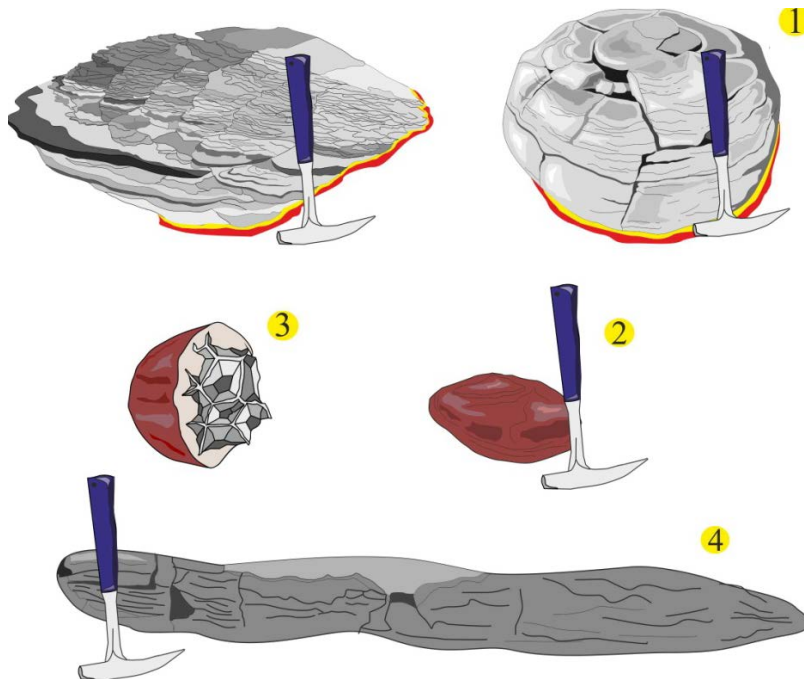


Figure 40 : Les types morphologiques des concrétions et nodules dans le secteur de Hassi Fegaguira.

En fonction de leur temps de croissance par rapport à celui des dépôts de la roche encaissante :
 Sur terrain, on a observé que la stratification de la roche encaissante (Argile) est déformée, et tracées à travers et autour des concrétions (Fig. 41).

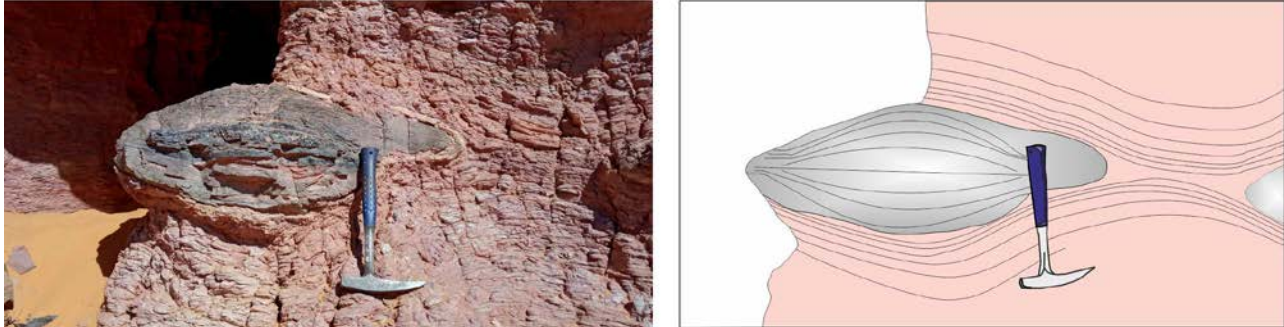


Figure 41 : Déformation des argiles encaissantes autour des concrétions dans le secteur de Hassi Fegaguira.

Au microscopiques :

Au microscope, les concrétions carbonatées étudiées dans le secteur Hassi Fegaguira, montrent des zonations due au changement de faciès et texture. Le modèle de croissance des concrétions et de zonation interne peuvent être utilisés pour déterminer la chronologie de formation des différentes zones distinguées.

La présence de faciès sédimentaires (biosparite, biopelsparite, microsparite, biomicrosparite et pelmicrosparite, micrite) et leurs textures (grainstones, packtones et mudstones), constituant les zones 02 et 03, regroupés sous le faciès de calcaires bioclastiques, suggère une sédimentation en banc continu, devenant discontinu (Type 4, stratiforme : plate rapprochée, Fig. 39) à l'image du niveau 4, stratiforme discontinue (à l'échelle décimétrique).

On a observé des lamines irrégulières qui sembleraient d'origine stromatolithique (zone 03, concrétions stratiformes plates, niveau 04).

La plupart des microfossiles ont subi une dissolution puis une recristallisation avancée dans la zone 03 (microfossiles plus rares que la zone 02), avec un ciment souvent sparitique (zone 02). Les tentaculites et les goniatites montrent des parois soulignées par une mince enveloppe micritique qui a dû jouer un rôle important dans la bonne conservation lors de la diagenèse (A.E. Adams *et al.*, 1984).

La zone 03 correspond à un faciès dans lequel la matrice est de la microsprite, probablement de recristallisation à partir de la micrite originelle.

La zone 04 montre un faciès moins carbonaté, silteux, à débit en lamines.

Les trois zones (02, 03, 04) sont recoupées par des fractures secondaires remplies de calcite, ces fractures permettaient au fluide de s'écouler de l'extérieur vers le centre de la concrétion ; ce qui a

conduit à la formation d'une cavité, remplie ensuite par des cristaux de calcite à croissance centripète donnant la naissance à la zone 01.

Cinématique et chronologie des événements :

1. Sédimentation de calcaires bioclastiques (packstones, grainstones et mudstones) en bancs continus (stade syngénitique).
2. Dissolution précoce avant et après enfouissement, même à l'interface eau-sédiment (stade diagénétique précoce).
3. Dissolution accélérée (décarbonatation) et individualisation des concrétions lors de l'enfouissement.
4. Circulations de fluides et recristallisations (dont la zone 01) et recristallisation de la micrite en microsparite (stade diagénétique tardif).

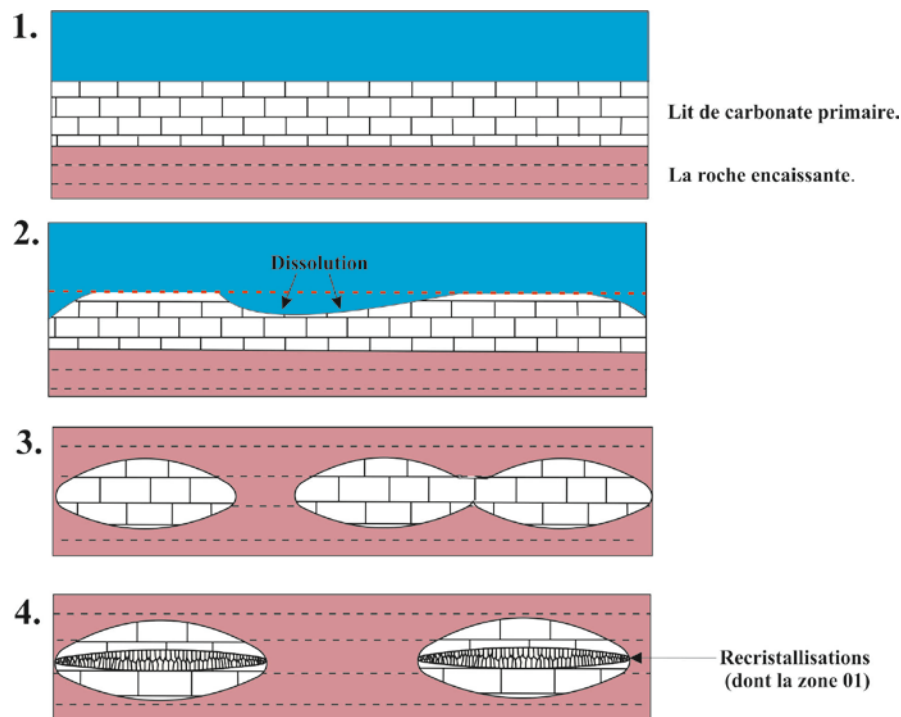


Figure 42 : Schéma explicative de la cinématique et la chronologie des événements.

La décarbonatation s'est produite lors de la diagenèse précoce. Les phénomènes de recristallisations sont tous tardifs.

Il est possible que cette décarbonatation soit responsable de la production des argiles (couleur ocre, verte, faciès bariolé).

La variation des coloris des concrétions étudiées pourrait traduire des phénomènes diagénétiques tardifs. La diminution de la teneur de ciment du cœur vers la périphérie de concrétion indique qu'elle se développe du centre vers l'extérieur (Mozley 1996 ; Marchel et Pirrie 2013). L'origine du carbone est très variée, on ne peut le savoir que par l'étude géochimique des isotopes stables.

Sellsmaertinez (1996) suggère que la déformation de la roche encaissante autour de la concrétion est due à leur croissance et au degré de la compaction.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 évènements eustatiques du Dévonien supérieur de Ben-Zireg et Gourara (Sahara nord ouest; Algérie) (Doc diss, Univ Oran2).
- Adams, A. E., MacKenzie, W. S., Guilford, C., Michel, J. P., & Michel, J. P. (1994)** -Atlas des roches sédimentaires. Masson. Baltimore.
- Beghoul, S. (1991)** -Apport et contribution de l'analyse des diagraphies à la connaissance d'un bassin sédimentaire, application au bassin de Timimoun. Th Doc, Univ de Strasbourg, pp277.
- Bjørlykke, K. (1973)** -Origin of limestone nodules in the Lower Palaeozoic of the Oslo Region. Univ etsforlaget.
- Blome, C. D., & Albert, N. R. (1985)** -Carbonate concretions: An ideal sedimentary host for microfossils. *Geology*, 13(3), pp 212-215.
- Brahim, M.(2008)** -Litratigraphie et environnements sédimentaires durant le Dévonien inférieur et moyen de la coupe de Fegaguira Sud (zone de transition Ougarta-Timimoun) Sahara Algérien Nord occidentale.Mém Ing.Univ.Oran, pp 65.
- Clifton, H. E. (1957)** -The carbonate concretions of the Ohio Shale.
- Conrad, J., Pareyn, C., & Weyant, M. (1970)** -Mise en évidence du Tournaisien inférieur dans la vallée de la Saoura (Sahara nord-occidental) et conséquences paléogéographiques. *CR Acad. Sci. Paris*, 271(D), pp900-903
- Conrad, J. (1984)** -Les séries carbonifères du Sahara central algérien. Stratigraphie, sédimentologie, évolution structurale. Th Doc Es-Science, Univ D'Aix Marseille, France, pp359.
- Dabard, M.P., et Loi, A.(2012)** -Environmental control on concretion- forming processes :examples from paleozoic terrigenous sediments of the North Gondwana margin, Armorican Massif (Middle Ordovician and Middle Devonian) and SW Sardinia (Late Ordovician). *Sedimentary Geology*,267,pp 93-103.
- Daly, R. A. (1900)** -The calcareous concretions of Kettle Point, Lambton County, Ontario. *The Journal of Geology*, 8(2), pp135-150.
- Dickson, J. A. D., & Barber, C. (1976)** -Petrography, chemistry and origin of early diagenetic concretions in the Lower Carboniferous of the Isle of Man. *Sedimentology*, 23(2), pp189-211.
- DRID, M. (1989)** -Sur quelques aspects de la diagenèse organique et minérale dans le bassin de Timimoun et le sillon de Sbaa (Sahara central- Algérie) Th Doc de l'université de Bordeaux III. 239 pages. XXII pl. 75 fig. 21 tab.

- 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.
- Flugel, E. (2010)** -Microfacies of carbonate rocks, Analysis, Interpretation and application. *Springer- Verlag, Berlin*, pp984.
- Folk, R. L. (1959)** -Practical petrographic classification of limestone. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa*, 43, 1, 41 fig, pp 1-38.
- Gautier, E. F. (1906)** -Contribution à l'étude géologique du Sahara (Saoura, Gourara, Touat). *Bull. Soc. Géol. France*, 6, pp 729-767.
- Guessal, F. (2002)** -La formation du Teferguenit de l'Emsien, decoupage séquentiel et interpretation des coupes de l'Erg Djemel et de Fegaguira (Ougarta, Sahara Nord occidentale, Algérien).Mém Ing .Univ Oran, 24fig, pp 65.
- 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.
- Henningsmoen, G. (1974)** -A comment Origin of limestone nodules in the Lower Palaeozoic of the Oslo Region. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, (54), pp 401-412.
- Hervouet, Y., et Duee, G., (1997)** -Analyse morpho structurale par imagerie satellitaire et coupes structurales modélisées des monts d'Ougarta (sahara occidental algérien) : une chaine hercynienne chevauchante à plis passifs. Mém, 57fig, pp127-173.
- Hollman, R. (1962)** -Uber Subsolution und die 'Knollenkalke' des Calcare Ammonitico Rosso Superiore im Monte Baldo (Malm), Norditalien. *Neues Jahrb. f. Geologie u. Paliiontologie, Monatsh.* 1962, 163-179.
- Hollman, R. (1964)** -Subsolutions-Fragmente (Zur Biostratonomie der Ammonoida im Malm des Monte Baldo/Norditalien). *Neues Jahrb. f. Geologie u. Paléontologie*.
- Khaldia, A., & Omari, S. (2011)** -Litthostratigraphie et environnements sédimentaires des terrains du Dévonien inférieur de Charouin (Transition Saoura-Timinoun, Algérie).Mém Ing. Univ Oran 63 fig, pp 65
- Legrand, P. (1962)** -Comparaison des series combro-ordoviciennes reconnues en affleurement dans la région dans la region d'Amguid et en forage au centre du bassin saharien occidentale.Bulletin de la société géologique de France, 7(1), pp132-135.
- Legrand, P. (1967)** -Nouvelles connaissances acquises sur les limites des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara Algérien. Mém du B.R.G.M., 33, pp 119-137.
- Marshall, J. D., & Pirrie, D. (2013)** -Carbonate concretions-explained. *Geology Today*, 29(2), pp53-62.

- Messaoudi, H. (2008)** -Lithostratigraphie, paléontologie, biostratigraphie et environnements sédimentaires dans les terrains du Dévonien inférieur et moyen (Eifellien) de Gara Djebilet (Bassin de Tindouf) et Hacı Fegaguira (Monts d'Ougarta), Mém Ing Univ Oran , Pl 4 , tab 7,fig 34, pp89.
- Meyendorff, A. (1938)** -Note sur le Gourara - Revue de géographie physique et de géologie dynamique : *Bulletin de Laboratoire de Géographie Physique de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris*, 11 (2). pp. 150-155.
- Meyendorff, A. (1939)** -Les couches de passages du Dévonien au Carbonifère dans le Gourara. C.R. Acad. Sc., 209, pp. 228-229.
- Mozley, P. S. (1996)** -The internal structure of carbonate concretions in mudrocks: a critical evaluation of the conventional concentric model of concretion growth. *Sedimentary Geology*, 103(1-2), pp85-91.
- Mozley, P. S., & Davis, J. M. (2005)** -Internal structure and mode of growth of elongate calcite concretions: Evidence for small-scale, microbially induced, chemical heterogeneity in groundwater. *Geological Society of America Bulletin*, 117(11-12), pp1400-1412.
- Nelson, C. S., Nyman, S. L., Campbell, K. A., & Rowland, J. R. (2017)** -Influence of faulting on the distribution and development of cold seep-related dolomitic conduit concretions at East Cape, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 60(4), pp478-496.
- Nemra, A. (2020)** -Lithostratigraphie ,environnements sédiementaires et aspect génétique des concretions calcaires des terrains Miocène de la region de Ténès (bordure Nord orientale du Bassin du bas Chélif,Algerie Nord Ouest) .Th Doc Univ Oran 02,tab 11,fig 90,pp222.
- Nemra, A., Mehadji, A. O., Munnecke, A., Belkhedim, S., & Belkebir, L. (2019)** -Carbonate concretions in Miocene mudrocks in NW Algeria: types, geochemistry, and origins. *Facies*, 65(2), pp17.
- NEWBERRY, J. S. (1873)** -Ohio Geol. Survey 1 (pt. 1): 155.
- Nyman, S. L., Nelson, C. S., & Campbell, K. A. (2010)** -Miocene tubular concretions in East Coast Basin, New Zealand: analogue for the subsurface plumbing of cold seeps. *Marine Geology*, 272(1-4), pp319-336.
- Orton, E. (1878)** -Geology of Franklin County. Ohio Geol. Survey 3: pp635-636.
- Pantin, H. M. (1958)** -Rate of formation of a diagenetic calcareous concretion.
- Pettijohn, F. J. (1957)** -Sedimentary Rocks. *Harper*, New York, pp 718.
- Pratt, B. R. (2001)** -Septarian concretions: internal cracking caused by synsedimentary earthquakes. *Sedimentology*, 48(1), pp189-213.
- Raiswell, R. (1971)** -The growth of Cambrian and Liassic concretions. *Sedimentology*, 17(3-4), pp147-171.

- RAISWELL, R. W. (1969)** -*The geochemistry of carbonate concretions*. Thesis M. Sc., Liverpool University.
- Richardson, W. A. (1921)** -The relative age of concretions. *Geol. Mag.* 63, pp114-124.
- Sellés-Martínez, J.(1996)** -Concretion morphology, classification and genesis. *Earth-Science Reviews*, 41(3-4), pp177-210.stauffer *et al* (1911).
- Tarr, W. A. (1921)** -Syngenetic origin of concretions in shale. *Bulletin of the Geological Society of America*, 32(4), pp373-384.twenhofel (1932).
- Twenhofel, W. H. (1932)** -Treatise on Sedimentation, Williams and Wilkins, pp 696-716.
- Westgate, L. G. (1926)** -Geology of Delaware County. Ohio Geol. Survey Bull. 30, pp 54-56.
- Yoshida, H., Yamamoto, K., Minami, M., Katsuta, N., Sin-ichi, S., & Metcalfe, R. (2018)** - Generalized conditions of spherical carbonate concretion formation around decaying organic matter in early diagenesis. *Scientific reports*, 8(1), pp1-10.

LISTES DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 01 : Situation géographique du bassin de Timimoun (<i>in</i> .Drid, 1989).....	01
Figure 02 : Localisation du secteur d'étude Hassi Fegaguira.....	02
Figure 03 : Coupe synthétique de la série stratigraphique du bassin de Timimoun (Drid 1989 modifié).....	03
Figure 04 : Carte géologique du secteur d'étude (Extrait de la carte géologique de KARZAZ 1 /500.000).....	05
Figure 05 : Photo satellitaire montre les grandes structures de la région du Djebel Hêche.....	06
Figure 06 :Quelques formes associées aux types morphologiques des calcaires en concrétions (Henningsmoen, 1974).....	12
Figure 07 : Modèle proposé par Marchel (2013) montre le développement des concrétions carbonatées avant, pendant et après le compactage des sédiments.....	14
Figure 08 : Photo satellitaire montrant la localisation des coupes 01 et 02 dans le secteur Fegaguira.....	17
Figure 09 : Photo panoramique de la coupe 01.....	19
Figure 10 : Colonne lithologique de la coupe 01 de Hassi Fegaguira (Famennien).....	21
Figure 11 : Photo panoramique de la coupe 02.....	23
Figure 12 : Colonne lithologique de la coupe 02 de Hassi Fegaguira (Famennien).....	25
Figure 13 : Schéma en 3D d'une concrétion carbonatée de type isolé (1. et 2.), et 2D (3.) en section transversale.....	29
Figure 14 : Schéma de la position des lames minces sur une concrétion type.....	30
Figure 15 : Lame mince (C1-N1-HF1) : Coupe 01 – Niveau 01 – Concrétion 01.....	31
Figure 16 : Structure en mosaïque drusique, sparite drusique (sd). (Gr.x100, LPNA).....	31
Figure 17 : Sous-zone 01(A-B) : calcaire bioclastique (biosparite) à texture grainstone. (Gr.x100, LPNA).....	32
Figure 18 : Sous-zone 02 (A-B) : Calcaire bioclastique (biopelsparite) à texture grainstone. (Gr. x40, LPNA).....	33
Figure 19 : Contacte entre la zone 02 (sous-zone 02) et la zone 03. (Gr.x 100, LPNA).....	33
Figure 20 : Pelmicrosparite (Gr.x 40, LPNA).....	34
Figure 21 : Lame mince (C1-N2-HF7) : Coupe 01-Niveau 02-Concrétion 07, la zone 03. (partie supérieur).....	34
Figure 22 : A :biomicrosparite, B : structure en mosaïque drusique (sd). (Gr.x 100, LPNA).....	35
Figure 23 : Lame mince (C1-N3-HF10) : Coupe 01 – Niveau 03 – Concrétion 06.....	35

Figure 24 : Structure en mosaïque drusique, Sparite Drusique (sd) (Gr. x100, LPNA).....	36
Figure 25 : A : Sous zone 01: calcaire bioclastique (biopelsparite) à texture grainstone, B : contacte sous-zone01-2 et la sous-zone02-02. (Gr. x40, LPNA).....	36
Figure 26 : Sous-zone 02 Calcaire bioclastique à texture Packstone. (Gr. x100, LPNA).....	37
Figure 27 : contacte entre la zone 02 (sous-zone 02) et la zone 03, (Gr. x100, LPNA).....	37
Figure 28 : Lame mince (C2-N1-HF1) : Coupe 02 – Niveau 1 – Concrétion 1.....	38
Figure 29 : Microsparite. (Gr. x100, LPNA).....	38
Figure 30 : Lame mince (C2-N2-HF2) : Coupe 02 – Niveau 02 – Concrétion 02.....	39
Figure31 : Biomicrosparite. (Gr. x100 et x400, LPNA).....	39
Figure 32 : Lame mince (C2-N3-HF3) : Coupe 02 – Niveau 03 – Concrétion 03.....	40
Figure 33 : structure en mosaïque drusique, sparite drusique (sd) (Gr. A x40 et B x100, LPNA).....	40
Figure 34 : Sous-Zone 01 : Calcaire bioclastique à texture grainstone. (Gr. x40, LPNA).....	41
Figure 35 : Sous-Zone 02 : Calcaire bioclastique. (Gr. x40, LPNA).....	41
Figure 36 : Microsparite. (Gr. x40, LPNA).....	42
Figure 37 : Lame mince (C1-N4-HF12) : Coupe 01 – Niveau 04 (concrétion stratiforme).....	42
Figure 38 : Microsparite (Gr. x100, LPNA).....	43
Figure 39 : Les formes types, trouvé dans le secteur de Hassi Fegaguira.....	46
Figure 40 : Les types morphologiques des concrétions et nodules dans le secteur de Hassi Fegaguira.....	46
Figure 41 : Déformation des argiles encaissantes autour des concrétions dans le secteur de Hassi Fegaguira.....	47
Figure 42 : Schéma explicative de la cinématique et la chronologie des événements.....	48

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Page

TAB. 01 : Tableau récapitulatif des mesures des concrétions carbonates. (Coupe01 Hassi Fegaguira).....	22
TAB. 02 : Tableau récapitulatif des mesures des concrétions calcaires. (Coupe 02 Hassi Fegaguira).....	26-27
TAB. 03 : Tableau récapitulatif des caractéristiques textural de la coupe Hassi fegaguira 01 et 02.....	43

PLANCHES DES PHOTOS

PLANCHE I

Photo A : Vue panoramique avec localisation des coupes.

Photo B : Les structures de déformation synsédimentaire (Slumps) dans le secteur étudié.

Photo C : Le contact Concrétion-Argile.

Photo D : Argile bariolée à aspect schisteux.

PLANCHE I



PLANCHE II

Photo A : Nodule de calcaire de forme circulaire, enveloppé dans une matrice ferrugineuse et dispersé latéralement.

Photo B : Petit nodule de calcaire partiellement cristallisé, montrant une zoantion (jaunâtre rougeâtre) en section transversale.

Photo C : C1 : concrétions plate (stratiforme), C2 : concrétion plate en lit massif, relativement continu.

Photo D : concrétion ellipsoïdale isolée.

Photo E : concrétion ellipsoïdale coalescente.

Photo F : concrétion septarienne.

PLANCHE II

