

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbure et de la Chimie

Mémoire de Master

Présenté par

SETTAOUI Chaimaà

Département : GISEMENT MINIER ET PETROLIER
Option : GEOLOGIE PETROLIERE

**Evolution spatiotemporelle des dépôts Carbonatés du Coniacien dans la
région de Djebel Foua - Sud Est Constantinois-**

Impact de la diagénèse sur la porosité

Devant le jury :

M ^{eur} CHAOUCHI R.	Professeur	UMBB	Président de jury
M ^{eur} Zellouf. K.	MCB	UMBB	Rapporteur
M ^{eur} SADAOUI. M.	MCA	UMBB	Examineur
M ^{me} KECIR.A.	MCA	UMBB	Examinatrice
M ^{eur} KHENE.B	Ingénieur	SONATRACH	Co-rapporteur

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciements

A travers ces remerciements, je voudrais exprimer, en quelques mots, ma gratitude à toutes les personnes m'ayant-scientifiquement ou moralement-aidé pendant mon travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier très chaleureusement M^{me} Amia ZOÛHOÛR pour sa sympathie et son soutien matériel durant toute ma scolarité.

Je remercie mon encadreur : Mr K. ZELLOUF pour ses précieux conseils, son orientation et sa disponibilité.

De plus, c'est grâce à lui que j'ai eu la chance de rencontrer cette merveilleuse personne qui est M^{elle} L. SAMAR. Elle a été toujours là pour me guider durant toute la période de mon travail ; je n'oublierai jamais le jour de « JST » au niveau du CCO à Oran.

Au laboratoire, j'ai eu la chance d'être entouré également par des personnes qui m'ont accueilli chaleureusement. J'ai beaucoup appris avec mes-dames : S.SELMANI ; S.SERBAH ; S. DJAZAIRI ; N.KHOUAL ; N.ALEM ; M.YAICI ainsi que messieurs : A. KHOUDJAOUI, le chef département stratigraphie qui a été très compréhensif et qui a mis à ma disposition les données et le matériel nécessaire à mon étude ; qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance ; je citerai aussi M.KHENNOUCHE pour ses explications.

Ma gratitude la plus sincère à Mr F. LEMOUI pour tous ses encouragements et son orientation, je garderais un merveilleux souvenir de sa gentillesse et sympathie.

A la division exploration, je remercie messieurs : B.KHENE et .GASSI pour leur confiance et pour les nombreux commentaires. Merci de m'avoir soutenu tout le temps.

Enfin une pensée particulière va à mes enseignants (es) qui m'ont formé durant ces années pour arriver à terme de ma formation.

Je tiens également à remercier le président et les membres du jury pour m'avoir fait l'honneur d'évaluer mon travail.

DEDICACE

A celle qui m'a donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.

A celle qui est la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.

À ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

À mon cher frère Oussama et mes adorables sœurs Assmaa et Aya

- ⊗ *À ma grand -mère, mes tantes, mon oncle et à tous les membres de ma famille.*
- ⊗ *À ma copine de chambre : SAHNOUNE Khalida qui m'a accompagnée durant 5 ans de résidence.*
- ⊗ *À toutes mes amies de l'université avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie dans la résidence : Fatima, Samia, Saadia, Lydia, Nouara, Fatima, Ikram, Kawthar et Houda.*

A ce beau monde, je dédie ce modeste travail

SETTAOUI Chaimaà

Table des matières

Introduction générale

Chapitre I

I. Historique des travaux	3
II. Situation géographique et géologique	5
III. Aperçu structural	5
IV. Cadre stratigraphique	5
A. Le Mésozoïque	5
B. Le Cénozoïque	8
V. Résultats pétroliers	11

Chapitre II

I. Situation géographique et géologique	13
A. Djebel Bottena	13
B. Bloc 129 a (Djebel Foua)	13
II. L'évolution structurale de la région	16
A. La phase triasique	16
B. La phase néo-cinémurienne	16
C. La phase Autrichienne	16
D. La phase Emsérienne	16
E. La phase Atlasique	16
F. La phase Oligo-miocène	16
G. La phase Pliocène	17
H. La phase post-villafranchienne	17

Chapitre III

<i>Introduction</i>	39
<i>I. Description pétrographique et sédimentologique</i>	42
A. Puits P1	42
B. Conclusion sur le P1	49
C. Puits P2	51
D. Conclusion sur le puits P2	71
E. Puits PF3	73
F. Conclusion sur le puits P3	77
G. Le puits PRF	78
H. Conclusion sur le puits PRF	86
<i>II. Conclusion</i>	88

Chapitre IV

<i>I. Introduction</i>	89
<i>II. Les actions agissant sur la porosité</i>	90
A. L'action des agents biologiques :	90
B. L'action dynamique des eaux	92
C. La dessiccation	93
D. La cimentation	94
E. Le néomorphisme	95
F. la dolomitisation	97
F. La silicification	98
G. La dissolution	99
H. L'action de la fissuration	100
I. La compaction	101
<i>III. Effets de la diagénèse sur la qualité réservoir</i>	103

IV.	Séquences diagénétiques de quelque lames étudiées	104
V.	La répartition de la porosité dans le réservoir Coniacien	105
A.	L'évolution de la porosité	105
B.	Résultats d'analyses pétrographiques	107
VI.	Tentative de corrélation entre la porosité et la perméabilité (Cross-plot)	109
A.	Relation porosité –perméabilité –microfaciès (PRF)	109
B.	Relation porosité-perméabilité-microfaciès (P2)	110
VII.	Conclusion	111

Introduction générale

Face à la situation énergivore qui ne cesse d'augmenter en Algérie, la SONATRACH s'est engagée dans une recherche systématique d'hydrocarbures, aussi bien dans le Sahara que dans le Nord ; y compris en off –shore.

Si au Sahara les principaux réservoirs sont silicoclastiques, dans le Nord il apparaît que les carbonates présentent des perspectives très intéressantes, aussi bien en pétrole qu'en gaz, et c'est ce qui fait l'objet des prospections actuelles.

Déjà connu, dès les années cinquante, le Sud Est Constantinois attire une attention particulière ; et parmi les nombreux secteurs explorés, le bloc du Djebel Bottena, y compris Djebel Foua, constitue un prospect pétrolier attirant et fait l'objet de recherche ces dernières années.

En effet, le Crétacé de ces permis a montré plusieurs niveaux réservoirs dans le Cénomaniens, le Turonien et le Coniacien.

Parmi ces trois sous système, l'exploration souhaite avoir plus de données sur la pétrogenèse et la diagénèse du Coniacien afin d'évaluer les caractéristiques pétrophysiques, notamment la porosité et la perméabilité, son hétérogénéité et sa répartition spatiale.

C'est ainsi que la DTD/SONATRACH m'a proposée, pour mon mémoire de master 2 le sujet suivant : **Evolution spatio-temporelle des dépôts carbonatés du Coniacien dans la région du Djebel Foua, impact de la diagénèse sur la porosité.**

Afin d'atteindre l'objectif de cette étude, la méthodologie suivante a été appliquée :

- Une étude bibliographique exhaustive a permis de réaliser une synthèse sur la géologie et le prospect pétrolier du Sud Est Constantinois.
- Une étude pétrographique et diagénétique sur 336 lames minces de carottes de 4 puits pour déterminer les associations de microfaciès.
- Une analyse pétrographique détaillée d'un puits de référence PRF (ou le système Crétacé est le plus complet) afin d'établir un log lithostratigraphique de la série dans la région et de placer le Coniacien dans l'évolution séquentielle du Crétacé.
- Une approche sédimentologique sur les associations des microfaciès et la reconstitution des milieux de dépôts.
- L'évolution des dépôts carbonatés à travers les puits P1, P2, P3 et PRF.

- L'impact de la diagénèse et sa relation avec les microfaciès dans la répartition des hétérogénéités.
- Une tentative de corrélation porosité-perméabilité sur 2 puits.
- Une conclusion générale pour résumer l'ensemble du travail.

I. Historique des travaux

Le Sud Est Constantinois a toujours été une région intéressante du point de vue des richesses minérales et énergétiques. Le fer et le phosphate ont été exploités dès le début de la colonisation ; ce qui explique les nombreuses études géologiques dont celle de Djebel Flanal 1911.

Les principaux travaux universitaires réalisés sur le bassin du Sud Est Constantinois sont :

- En 1939, R. Laffite traite de la stratigraphie et met en place les grands traits de la tectonique des Aurès. Il définit également les principaux caractères de l'accident sud-atlasique.
- En 1965-1966, J. Devaux fait une synthèse géologique (lithologie et essentiellement paléontologie) portant sur le Crétacé inférieur et moyen des confins algéro-tunisiens.
- En 1974, M. Beghoul analyse la géologie des Hamimats (Sud-Est Constantinois) et applique ses résultats à la recherche pétrolière dans les confins algéro-tunisiens.
- En 1985, J-L. Vivière étudie les Ostracodes du Crétacé supérieur (Vraconien à Campanien) de la région de Tébessa.
- En 1988, F. Benkherouf apporte des éléments nouveaux sur les paléoenvironnements des dépôts cénomaniens de la région du Djebel Dyr à partir de l'étude qualitative et quantitative des foraminifères benthiques.
- En 2008, Djerrab-Ruault réalise une étude biostratigraphique et paléoenvironnementale des Hammimat, traitant l'exemple de la coupe du Djebel Chemla à Tébessa.
- En 2012, Djerrab-Ruault traite des aspects biostratigraphiques et paléoécologiques du passage Cénomano-Turonien des monts de Hamimats, Tébessa et Mellague.

Concernant les travaux d'exploration pétrolière. Il fallait attendre les années cinquante (50), c'est ainsi qu'environ 79 puits ont été forés dans le bassin du Sud Est Constantinois. Ces travaux de forages ont été réalisés par différentes entreprises pétrolières.

- D'après Devaux J. (1965, 1966), le premier puits de forage a été implanté et réalisé par la SN REPAL en 1952 dans le Djebel Souabah (SB-1), à l'Est de la ville de Ain El Beïda. Cette entreprise a implanté plus de 28 puits entre 1952 et 1965.

- en 1964, SFEBP (British Petroleum) a foré un seul puits OUM-1, localisé au pied du Djebel Mendra.
- SOPEFAL : après le forage GTR-1 (Dj Guettar) réalisé en 1968 qui obtient des indices de gaz, quatre autres forages ont été implantés dans la partie méridionale du bassin dont trois sont aquifères (HTG-1, BAR-1, HBS-1) et un à indice de gaz (MAN-1).
- TOTAL a foré en 1993, au Nord du Dj Foua, le puits Ragbet Es Seid (RES-1) qui s'est avéré sec.
- BRASPETRO : tous les forages réalisés par cette entreprise à la fin des années 70 (entre 1977 et 1979) ont été implantés dans le permis de Négrine.
- SONATRACH : C'est la compagnie qui a foré le plus grand nombre de puits (34 puits environ) jusqu'au l'an 2000, le plus ancien (SER-1) a été implanté en 1969 et les plus récents (OGZ-1 et DDN-1) en l'an 2000.

Ces dernières années le bassin du Sud Est Constantinois subit un programme de carottage intensif car il semble que les perspectives de cette région sont prometteuses.

II. Situation géographique et géologique

Le bassin du Sud Est Constantinois fait partie du domaine nord oriental de l'Algérie. Il est délimité par les parallèles 34° et 36° N et les méridiens 06° et 08° 30' E coïncidant avec la frontière algéro-tunisienne (**Fig.1**).

Du point de vue géologique, le bassin du Sud Est Constantinois fait partie du domaine atlasique. Il se présente comme une dépression méso-cénozoïque très tectonisée dont la géométrie a commencé à se dessiner au Jurassique supérieur. D'importants dépôts marins entraînent une forte subsidence pendant tout le Crétacé inférieur et moyen. Au Tertiaire s'installe une sédimentation continentale liée au démantèlement des reliefs précédemment créés.

Ce bassin est limité :

- Au nord et au nord-ouest par la terminaison orientale des zones telliennes et le môle de Constantine ;
- Au sud et au sud-est par la plate-forme saharienne et le môle de Fériana ;
- Au sud-ouest par une avancée de la plate-forme saharienne formant le môle de Biskra ;
- A l'ouest par le bassin du Hodna. (**Fig.2**)

III. Aperçu structural

Le bassin du Sud Est Constantinois a été structuré par deux (02) phases tectoniques :

- Une phase plicative éocène-priabonienne (Vila, 1980) qui a généré une succession d'anticlinaux et synclinaux orientés selon une direction NE – SW ;
- Une phase distensive plio-quadernaire créant un réseau de fractures orthogonales à la direction des axes de plis éocènes (**Fig.3**).
- La mise en place de quelques diapirs du Trias ont compliqué l'alignement et la régularité des structures (Région de Tébessa). (A.CHACHA ; 2012)

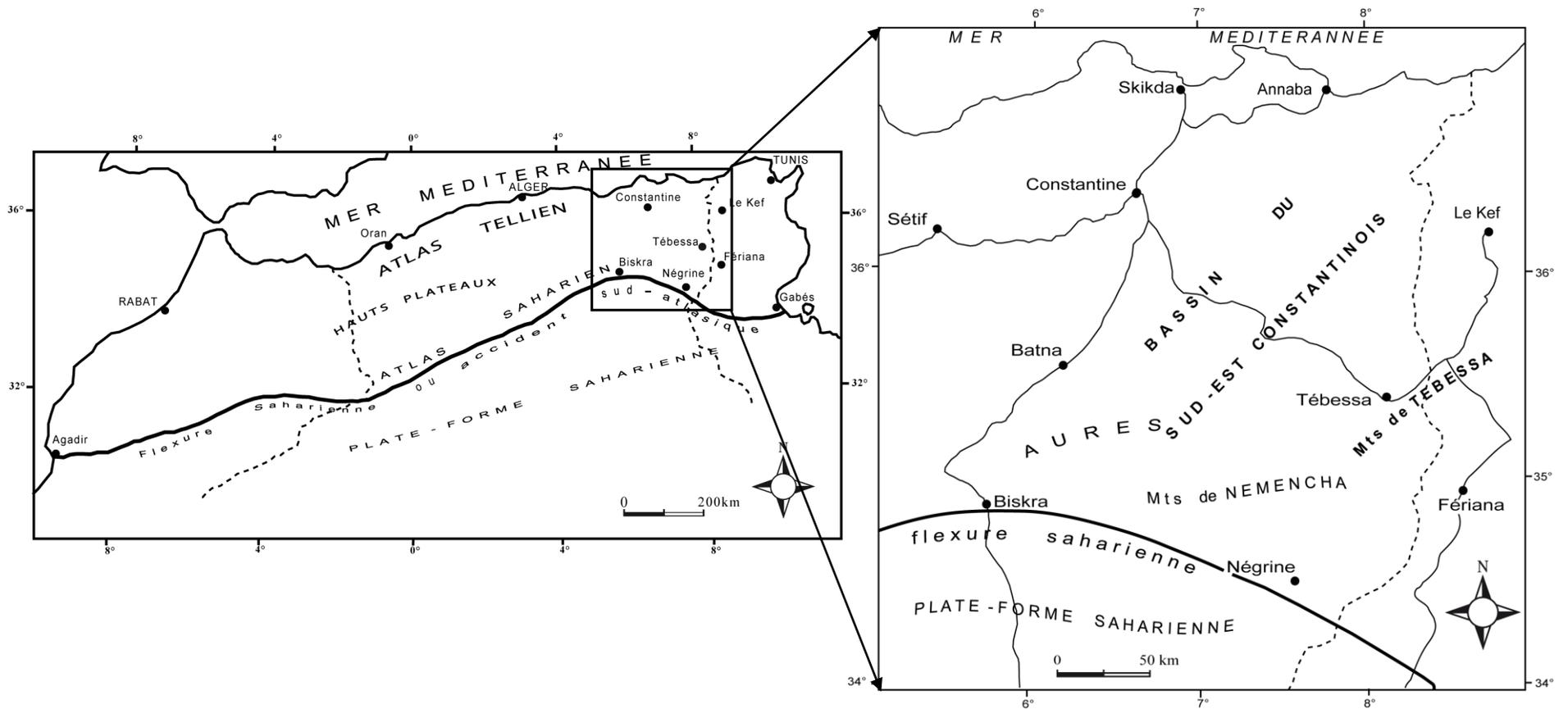


Fig.1 : Situation géographique et géologique du bassin du Sud Est Constantinois

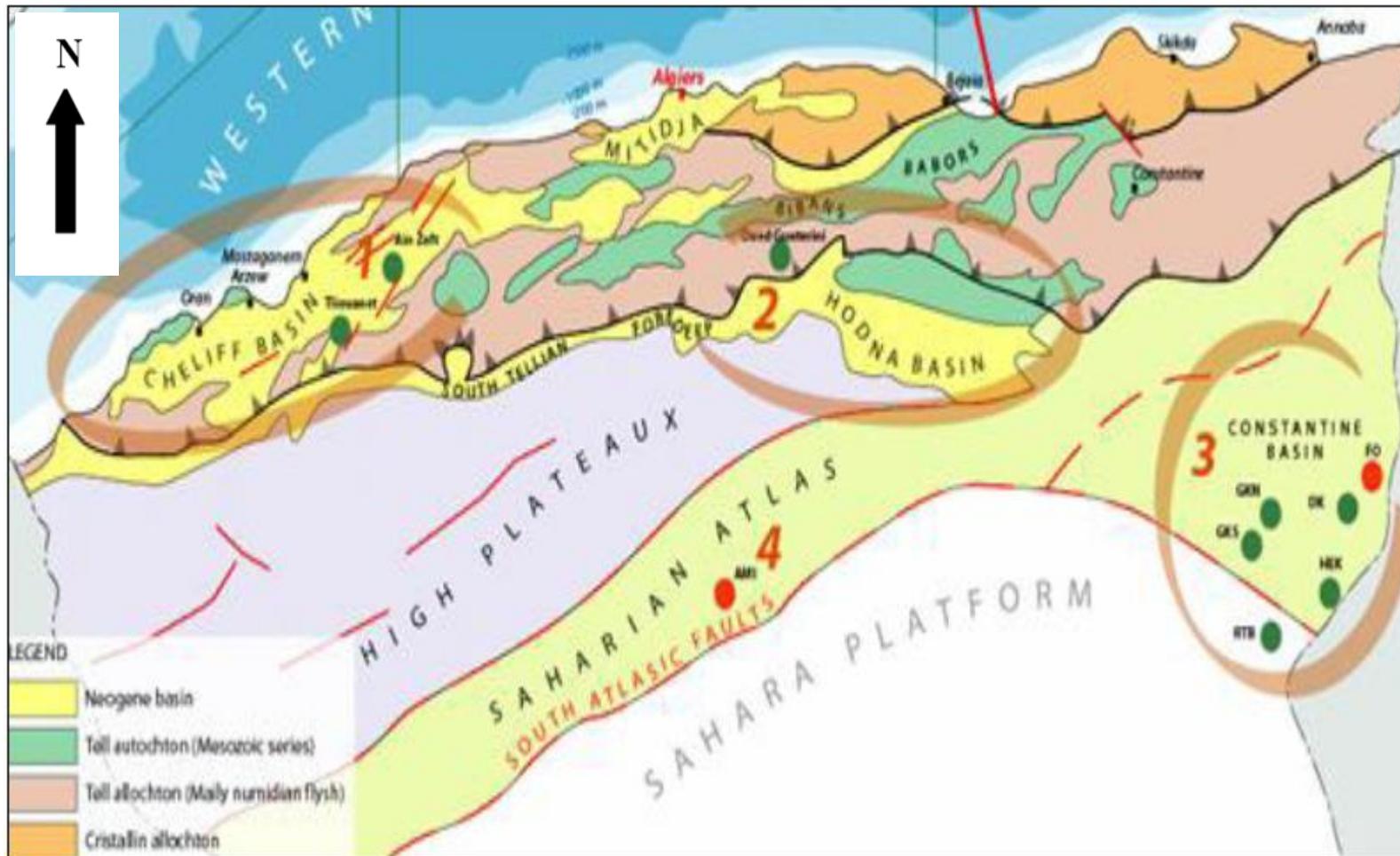


Fig.2 : Carte géologique montrant les différents domaines qui délimitent le bassin Sud Est Constantinois .

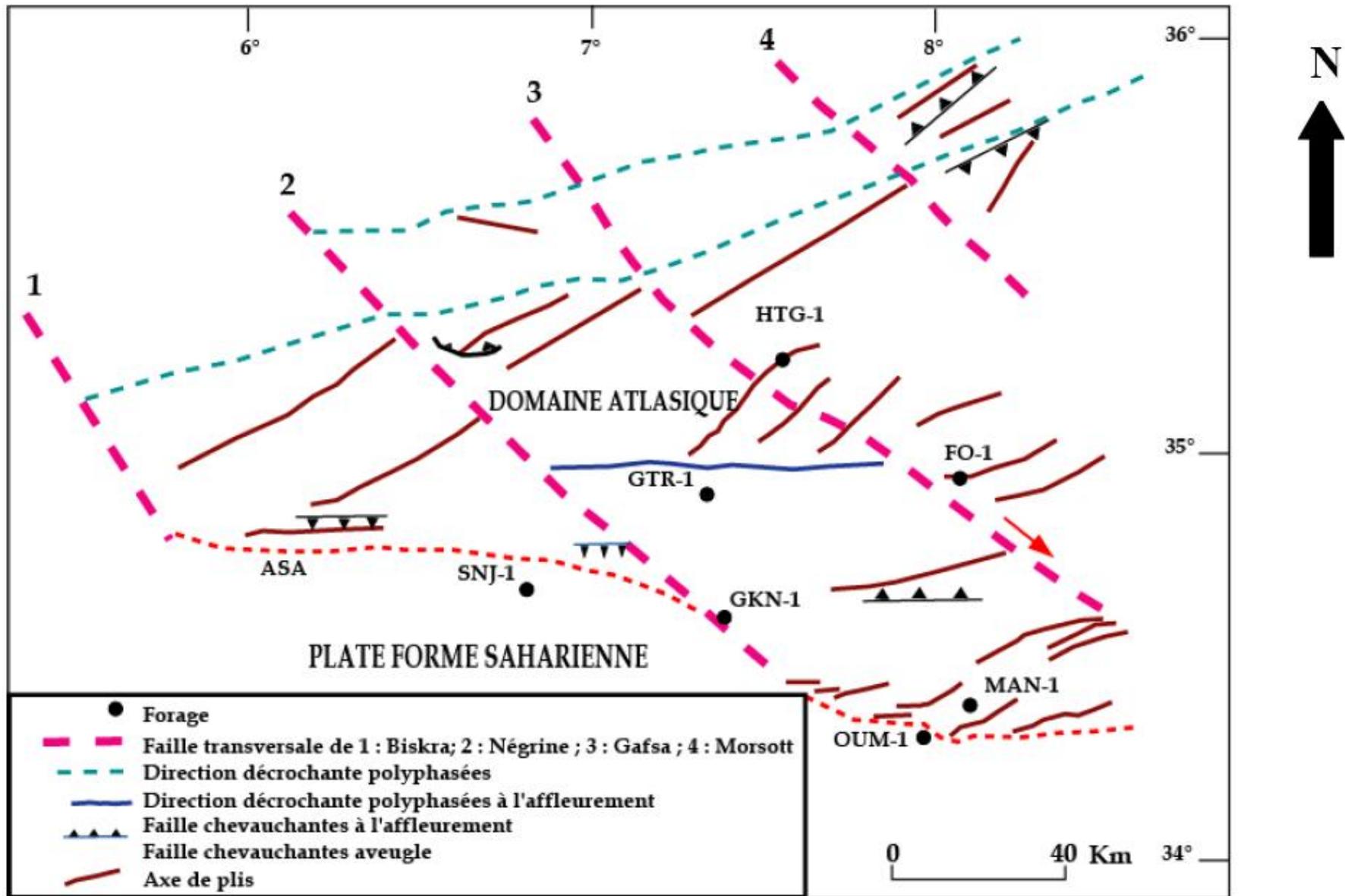


Fig.3 : Schéma structural simplifié du Sud Est Constantinois (In Chacha. A ;2012)

IV. Cadre stratigraphique

Le bassin du Sud Est Constantinois a été le siège d'une forte sédimentation depuis le début de l'ère Mésozoïque.

A. Le Mésozoïque

1. Le Trias

Il affleure à la faveur des accidents majeurs NE-SW (Benamrane ; 1992). Il est constitué d'argiles versicolores, gypseuses, salifères et de grès comprenant des produits de remaniement de différents âges. Ces affleurements en position anormale, sous forme de diapirs, ont un impact direct sur le développement de constructions récifales dans la partie nord du bassin au cours du Crétacé.

2. Le Jurassique

Depuis la fin du Trias jusqu'au Malm, on assiste à une installation de vastes plates-formes carbonatées liées à une importante phase de transgression qui a touché tout le bassin du Sud Est Constantinois. Cette transgression a favorisé une sédimentation néritique à pélagique caractérisée par des faciès calcaro-dolomitiques.

Les affleurements jurassiques sont localisés dans la région de Batna et Dj.Azreg des Aurès (Bureau,1986 ,in Addoum ;1995)

L'épaisseur totale du Jurassique est de 1072 m environ.

3. Le Crétacé inférieur

▪ Le Néocomien (Bérriasien, Valangien-Hautérivien)

Le Bérriasien est représenté dans les Aurès par des faciès profonds constitués d'une puissante série de marnes et de calcaires marneux à Calpionelles et Ammonites (600 m d'épaisseur).

Le Valanginien-Hautérivien est une période marquée par des dépôts d'un milieu relativement peu profond par rapport au Bérriasien. Elle est représentée par des séries caractérisées par une masse gréseuse à passées de calcaires et d'argiles (R.Laffitte ; 1939)

▪ **Le Barrémien**

Il est représenté par un faciès homogène à travers tout le bassin. Ceci s'est manifesté par des épandages silico-clastique constitués essentiellement de grès quartzitiques. Cette période connaît une phase transgressive représentée par une épaisse formation dolomitique (Total ; 1978)

▪ **L'Aptien**

Cette période a connu un grand développement de constructions récifales à travers tout le bassin du Sud Est Constantinois (Total ;1978).

L'Aptien débute assez souvent par une formation marneuse datée Aptien inférieur par des Ammonites. Au niveau de la région des Aurès, la série aptienne est représentée par 500 à 800 m de calcaires et de dolomies à Orbitolines, de rares intercalations de marnes à influences récifales et elle est gréseuse par endroit.

Dans la région de Bouroumane et Dj. Rhreiss, l'Aptien est constitué de calcaires massifs à Orbitolines et à tendance récifale (Polypiers)

▪ **L'Albien**

Il est subdivisé en deux mégaséquences bien distinctes, l'une est attribuée à l'Albien inférieur et elle est caractérisée par une sédimentation détritique. L'autre mégaséquence est totalement carbonatée et elle est attribuée à l'Albien supérieur.

Albien inférieur et moyen : il est représenté par une série argilo-gréseuse à passées de calcaires. Son épaisseur totale varie entre 565 et 825 m.

Albien supérieur : Il est constitué d'une série marneuse à intercalations de calcaires marneux néritiques, elle est attribuée au Vraconien marneux. Elle est surmontée par une série de calcaires à passées marneuses de type néritique, elle est attribuée au Vraconien calcaire. Vers les parties septentrionales du bassin, l'Albien supérieur est caractérisé par une sédimentation pélagique à faune planctonique. Son épaisseur totale varie entre 174 et 490 m.

Les travaux de terrain sur les régions de Khenchela, Batna et Tebessa, ont fait l'objet d'une série d'échantillons analysés par la division DTD au cours de l'année 2012. Les résultats palynologiques donnent un âge indifférencié : Albo-Aptien et parfois Albo-Cénomaniens.

4. Le Crétacé moyen à supérieur

▪ Le Cénomanién

Il a une épaisseur totale variant entre 200 et 513m. Il affleure largement dans la partie Ouest et Nord du bassin et correspond à une période transgressive à la faveur d'un domaine pélagique. (Total ; 1978).

Sa limite inférieure est caractérisée par l'apparition de *Rotalipora appeninica* et sa partie supérieure est datée par les deux espèces *R. greenhornensis* et *R. cushmani*. Il est généralement constitué d'une épaisse série représentée par des marnes gris-noir, feuilletées à foraminifères planctoniques et à fines passées de calcaires marneux. Au sud et aux environs de la région de Tébessa, la partie sommitale s'enrichit en calcaires à huitres au détriment des marnes. (S.JAZAIRI ; 2015).

▪ Le Turonien

Au Turonien la mer recouvre toute l'Algérie du Nord sauf que quelque zone tel, le mole Constantinois et les hauts plateaux. Son épaisseur totale est de l'ordre de 87 à 450m.

Sa limite inférieure est définie par l'apparition des espèces *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Fagesia* sp. et *Watinoceras* sp. Le Turonien est représenté essentiellement à la base par une masse de calcaire blanchâtre comportant une microfaune pélagique. . Il passe au sommet à des marnes à fines intercalations de calcaires marneux et noduleux à foraminifères planctoniques.

▪ Le Sénonien inférieur (Coniacien-Santonien)

Au cours du Sénonien inférieur d'importants mouvements ont lieu se traduisant par d'importantes érosions des séries sous-jacentes, avec des dépôts de conglomérats et des séries du Santonien en discordance.

Les épaisseurs du Sénonien inférieur sont régies par des phénomènes de subsidences différentielles le long d'axes orientés NE-SW.

Sur le plan biostratigraphique, le passage Coniacien-Santonien est marqué par l'apparition de l'espèce *Dicarinella assymetrica* associée à d'autres formes planctoniques (*Globotruncana renzi*, *Dicarinella concavata*...). Il est caractérisé par des séries transgressives représentées par une alternance de marnes et de calcaires à microfaune pélagique avec développement de récifs

et de cordons oolithiques au cours de la période coniacienne. L'épaisseur totale du Sénonien inférieur varie entre 103 à 310m.

▪ **Le Sénonien supérieur (Campanien-Maestrichtien)**

Au cours du Sénonien supérieur, La mer est légèrement transgressive. Les épaisseurs des sédiments sont contrôlées par les phénomènes de subsidences différentielles, avec influence d'un début de structuration et des érosions.

Le Campanien est caractérisé par une puissante série de marnes gris-vert à fines passées de calcaires marneux de type marin ouvert.

Le Maastrichtien est caractérisé par une formation composée de calcaires massifs et crayeux à Inocérames et nodules de silex observés dans la région de Tébessa. L'épaisseur totale du Sénonien supérieur est de 50 m et pouvant atteindre 387m.

B. Le Cénozoïque

1. Paléogène

Le retrait de la mer amorcée au Sénonien, se poursuit et s'accélère dès la base de l'Eocène, du fait de l'émersion des terres récemment apparues et des domaines surélevés au cours de la phase sénoniennes (Guiraud. ;1975).

Des extrusions de sel triasiques sont fréquentes particulièrement à l'intersection des failles NE-SO et NO-SE (Guiraud . ;1975).

On note ainsi un important épisode régressif au passage Crétacé supérieur /Paléogène.

Au Danien en effet, la mer ne persiste plus que dans le Sud-Est Constantinois, le bassin de M'sila et dans le Bas-Sahara (Guiraud. 1975). Dans ces zones il y a une continuité des dépôts sédimentaires.

2. Le Néogène

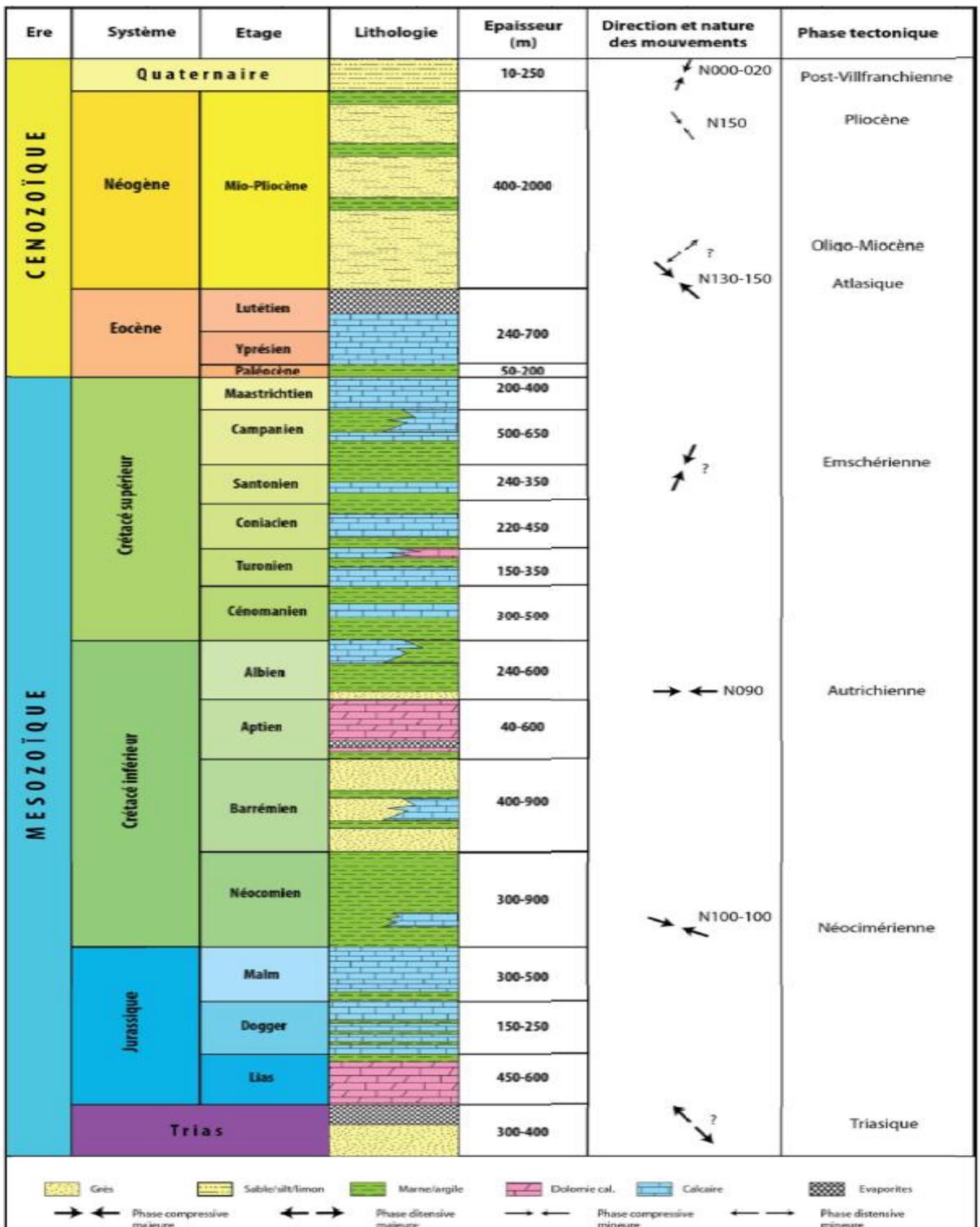
Le Miocène est généralement discordant sur les terrains sous-jacents. Il est représenté par des formations marines à continentales, argilo-gréseuses. Les coupes du Dj. Manchar, Dj. Bou roumane (région de Bekaria), Dj. El Arrich et Dj. Serdoune (région de Khenchela), montrent qu'il s'agit d'une alternance de grandes barres de grès gris-beige très fins, parfois grossiers, très friables, présentant localement un niveau coquillé très fin, à stratifications

obliques, planes , à terriers horizontaux et verticaux, et d'argiles gris-vert. L'épaisseur totale varie de 40 à 123. (Total ; 1978).

Le passage Miocène/Pliocène, est marqué par de légers mouvements responsables d'une nouvelle avancée des lames carbonatées constantinoises, émergées au Miocène. Leur effet principal est la réduction du domaine marin. Les couches de bases détritiques du Pliocène sont légèrement discordantes sur les séries du Miocène supérieur (Guiraud, 1975).

Pendant le Pliocène, une surrection de la plupart des régions montagneuses actuelles, s'accompagne par une érosion de ces derniers. S'ensuit un comblement définitif des derniers bassins marins (Guiraud, 1975).

La stratigraphie du Mésocène-Cénozoïque du centre du bassin et la région de Tébessa est résumée dans la figure (Fig.4), obtenue à partir des données des puits et des travaux de Aissaoui (1984), Kazi tani (1986) ; Gandriche (1991) et Addoum (1995).



**Fig.4 : log litho-stratigraphique et structural du bassin Sud- Est Constantinois ;
(Rapport interne/SONATRACH 2013)**

V. Résultats pétroliers

La présence d'indices dans le bassin du Sud Est Constantinois a attiré la compagnie pétrolière SN-REPAL qui de 1950 à 1962 a exploré la région. Dans les premiers puits (SB-1 et GE-1) implantés sur les structures de la partie nord du bassin, en plein fossé crétacé, les objectifs visés (récifs aptiens) n'ont pas été atteints.

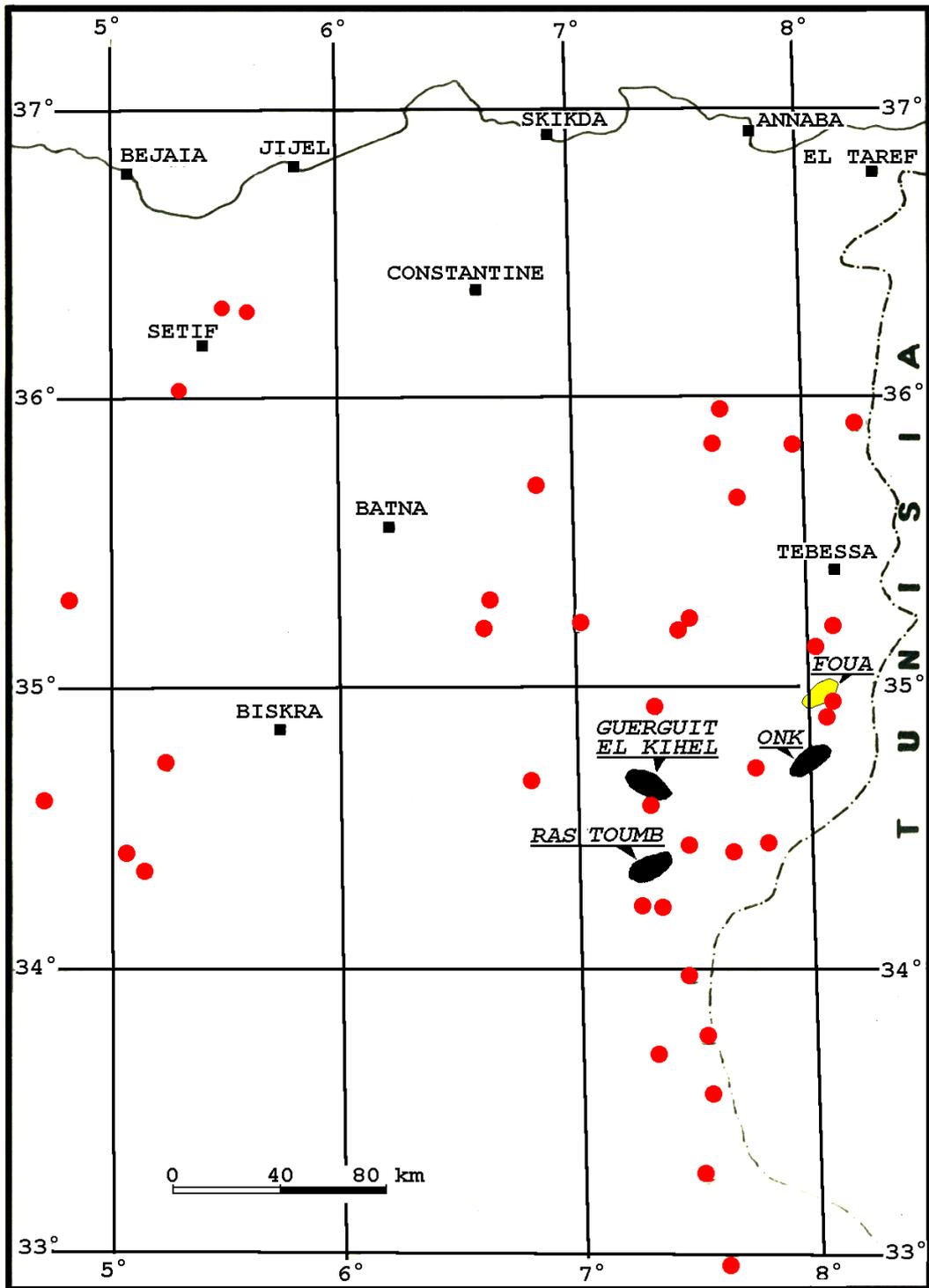
En 1954-55, cette compagnie a découvert au sud de Tébessa le petit gisement de gaz de Djebel Foua (**Fig.4**) dans la série coniacienne avec un débit maximal de 147 000 m³/j à FO-2 (premier gisement d'hydrocarbures du bassin). Plus tard en 1959, elle découvre à l'ouest du village de Bir El Ater le gisement d'huile de Djebel Onk dans la même série (**Fig.5**). Onze (11) forages ont été réalisés, dont six sont (06) productifs à raison de 1.5 à 12 m³/j d'huile.

Le plus récent gisement d'hydrocarbure a été découvert par Sonatrach en 1988, il s'agit du gisement d'huile de Guerguit El Kihal dans les calcaires cénomano-turonien (**fig.5**).

Depuis, aucun gisement n'a été découvert dans le bassin Sud Est Constantinois et les zones limitrophes malgré le nombre important de puits forés par Sonatrach ou autres entreprises pétrolières.

Deux forages ont été forés récemment en l'an 2000 par SONATRACH, un sur la structure de Oglat El Mazgoub (OGZ-1) qui a montré de bons indices d'huile dans les carbonates du Turonien et un sur la structure de Djebel Darmoun (DDN-1) qui a prouvé la présence d'huile. Cette découverte peut relancer et encourager l'activité pétrolière dans la région qui s'est arrêtée depuis 1990.

En effet plusieurs niveaux de réservoirs pétroliers ont été identifiés dans le Crétacé et retiennent l'attention de la SONATRACH, et le périmètre du djebel Bottena fait l'objet d'une étude particulière.



● Gisement d'huile ● Gisement de gaz ● Puits d'exploration

Fig.5 : Carte des principaux gisements du bassin Sud Est Constantinois au 01/01/2008 (Rapport interne/ SONATRACH 2013)

I. Situation géographique et géologique

A. Djebel Bottena

Le permis de recherche - djebel Bottena- fait partie du bassin Sud Est Constantinois.

Il est composé de deux blocs (129 a et 127 a), il est situé dans la wilaya de Tébessa et couvre une superficie de 4509.15 Km². Il a pour coordonnées géographiques 7°55', 34°30' et 35°00'N (**Fig.6**).

Du point de vue géologique, le permis de Djebel Bottena fait partie du bassin Sud Est Constantinois.

Ses limites sont :

- Le sillon Aurès Kef au Nord-est.
- Le haut fond de la Tunisie centrale (Mole de Kasserine) au Sud-est.
- Les monts de Nementchas et les Aurès septentrionaux à l'Ouest.
- La flexure Sud-Atlasique au niveau des monts de Negrine. (**Fig.7**)

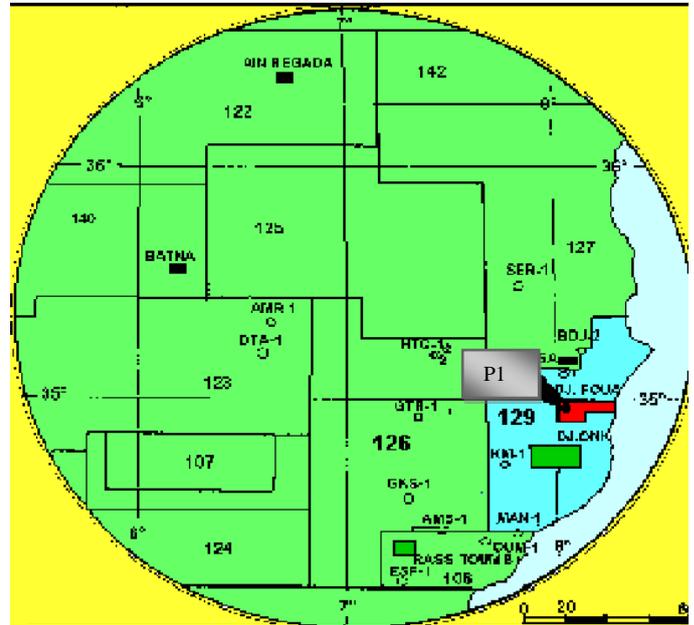


Fig.6 : Situation du bloc129a.

Fiche technique de la Sonatrach

B. Bloc 129 a (Djebel Foua)

Cette étude est faite sur le bloc 129 (**Fig.6**) dont Djebel Foua se présente comme un anticlinal de 25Km de long sur 5Km de large en moyenne. Ce dernier se subdivise en deux structures séparées par un compartiment effondré entre deux failles orientées NW-SE(**Fig.7**). La première structure constitue la terminaison SW de l'anticlinal et est située dans la région du Djebel Foua sensu-stricto, c'est sur cette structure (**Fig.8**) que les forages des puits P1, P2, P3 et PRF ont été implantés.

La deuxième structure est située au NE de la première : elle a sa culmination au Djebel-el-Sccera où le forage de P4 a été implanté.

P1, P3 et P4 ont été exécutés en 1954 et 1955 par la SN-REPAL. P2 entrepris en 1955, a été arrêté la même année pour des raisons d'insécurité à la cote de 561m dans les marnes du Sénonien. Le puits PRF a été foré en 2015 par la Sonatrach.



Fig.7 : Principales structures du périmètre du Bottena à partir d'image satellite (C. Yagoubi ; 2008)

II. L'évolution structurale de la région

Le périmètre du Djebel Bottena, inclut djebel Foua, situé dans le bassin Sud Est Constantinois, a connu la même évolution structurale que ce bassin, caractérisée par la succession de plusieurs phases orogéniques :

A. La phase triasique

C'est une phase distensive de direction WNW-ESE, qui a permis l'ouverture du bassin du Sud Est Constantinois. Elle est reliée à l'ouverture de la Téthys et de l'Atlantique au Nord (Guiraud ;1997)

B. La phase néo-cinémurienne

C'est une phase majeure qui affecte l'Atlas Saharien au Berriasien moyen. Elle se traduit par des plis concentrique droits, orientés N010° à N020° (Kazi-Tani, 1986).

C. La phase Autrichienne

Cette phase intervient à l'Albien, elle a été décrite dans les confins algéro-tunisiens, avec un raccourcissement E-W (Kazi-Tani, 1986). Elle a engendré des failles N-S, des décrochements NE-SW et des plis N-S (Boudjemàa, 1987).

D. La phase Emsérienne

C'est une phase qui a débuté au Turonien terminal et s'est poursuivie durant le Sénonien. Elle se manifeste par des bombements accompagnés par des cassures orientées NE-SW, et elle est responsable de quelques plissement de direction NW-SE (Kazi-Tani, 1986).

E. La phase Atlasique

C'est un évènement de compression majeure qui a débuté à l'Eocène moyen (fini Lutétien), et elle est responsable de la structuration de l'Atlas Saharien. Elle se traduit par des plissements de direction NE-SW et une fracturation parallèle ou oblique aux structures NE-SW à E-W.

F. La phase Oligo-miocène

C'est une phase distensive qui reprend les structures fini -éocène, créant des horsts et des grabens (Kazi-Tani, 1986).

G. La phase Pliocène

C'est une phase de compression mineure qui a engendré des plis sensiblement ENE-WSW et E-W. Elle se manifeste sur les bordures méridionales de l'Atlas Saharien, dans les Aurès et dans les monts de Négrine (Addoum, 1995).

H. La phase post-villafranchienne

C'est une phase compressive subméridienne qui se manifeste beaucoup plus sur la bordure méridionale de la chaîne atlasique, elle serait responsable de la réorientation du flanc sud de certaines structures (Djebel Onk, Djebel Foua et Djebel Bottena) (Boudjemàa, 1987 et Addoum, 1995). Cette phase s'accompagne d'une distension qui est à l'origine des grabens d'orientation NW-SE dans le Sud-est constantinois (Kazi-Tani, 1986) **(Fig.9)**

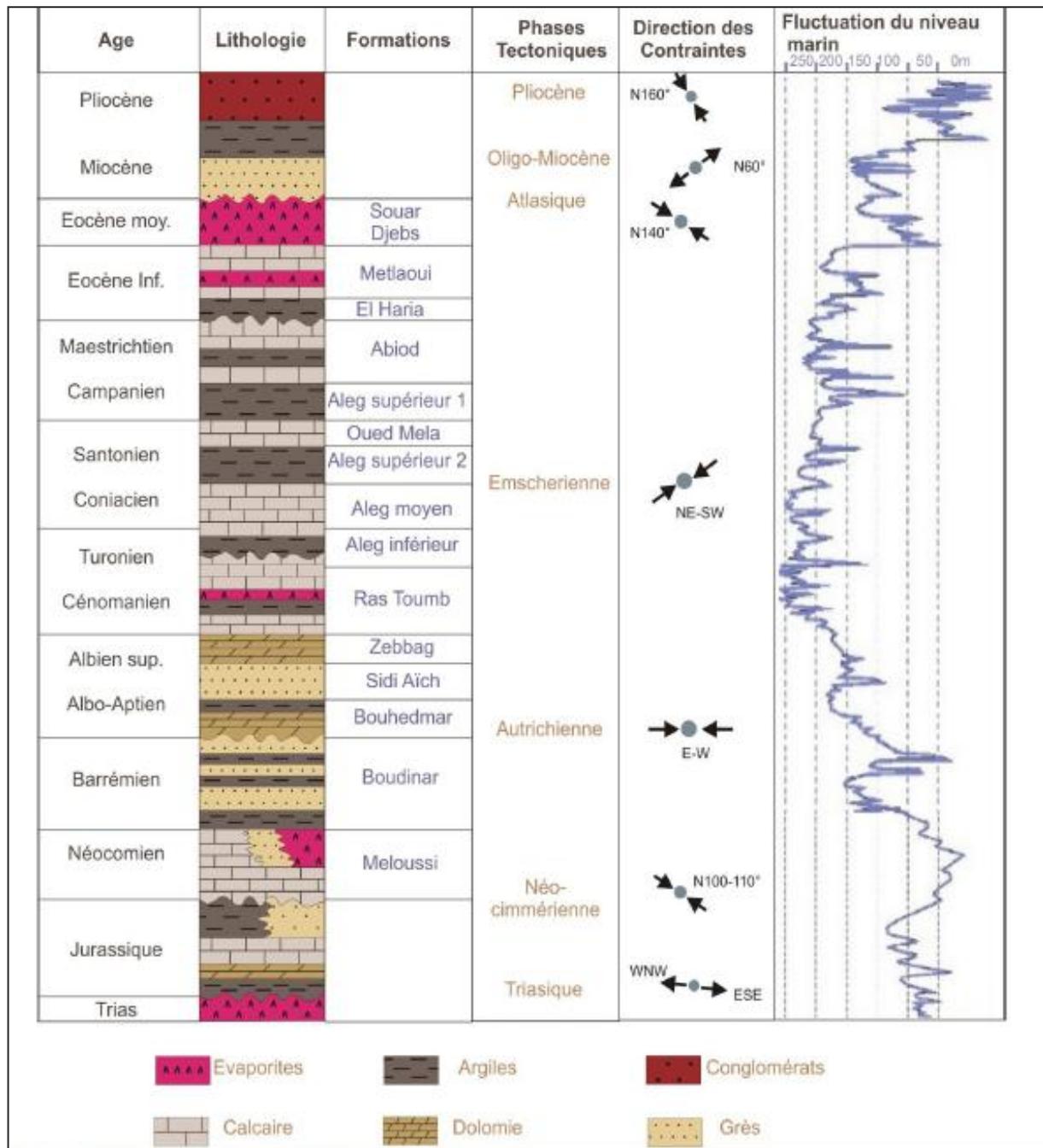


Fig.9. Tableau synthétique de la colonne stratigraphique, les formations et les phases structurales du permis de Djebel Bottena.

D'après la synthèse des travaux de C. Yagoubi ; 2008 , M.Bengjeklil.2002 , B.Gianluca.2001.

I. Introduction

Une étude systématique de 127 lames minces prélevées sur les carottes du puits PRF positionné au Sud-ouest de Djebel Foua (**Fig.10**) dont les résultats pétrographique détaillée sont consignés dans l'annexe I m'ont permis de réaliser le tableau I;

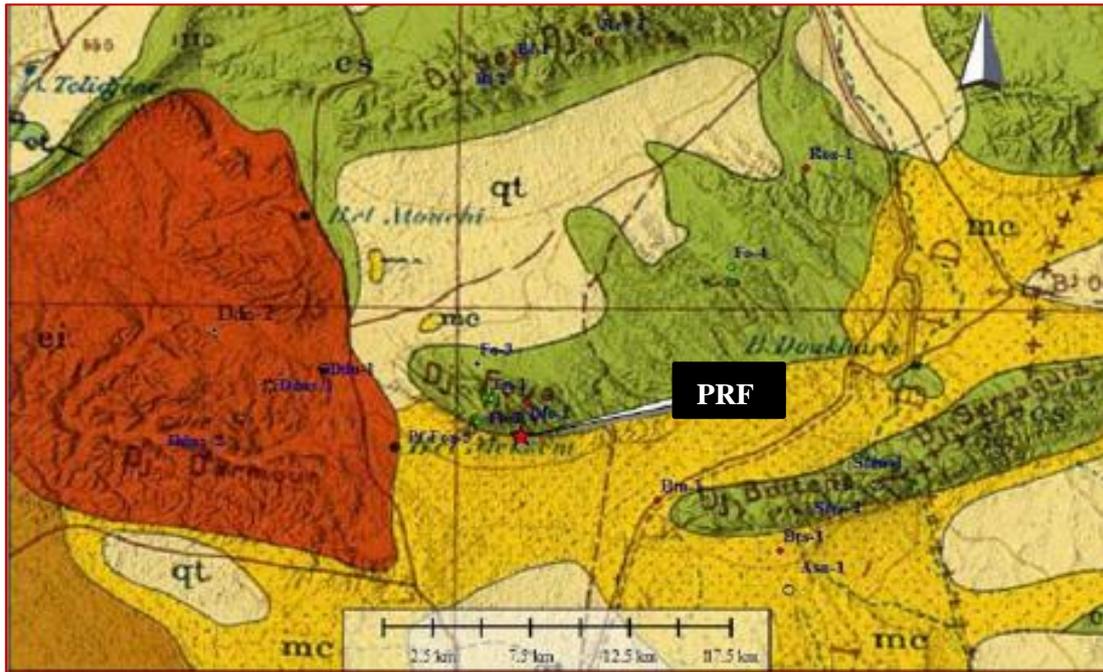
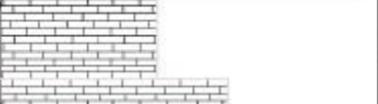
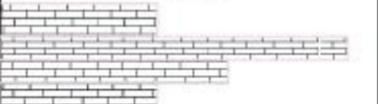
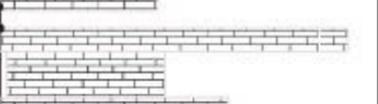
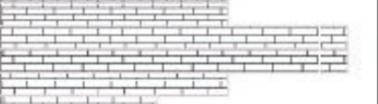
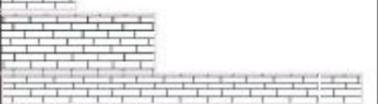
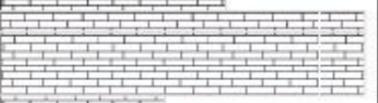


Fig .10 : Position du sondage PRF sur le fond géologique 1 /50000 (Bétier et al., 1952)

Intervalle	Limites (m)	Carottes (Cr)	Porosité observée
I	3427.25-3410.22	Cr 14	Des joints stylolithiques empêchent la création de la porosité malgré le phénomène de dolomitisation développé
II	2012.-2006.3	Cr13	Non estimée
III	2005.43-1988.04	Cr12	Porosité de dissolution (09 %)
IV	1910.77-1893.71	Cr11	Une très faible porosité de fracturation (01%) observée sur l'échantillon 1908.52 mais généralement porosité nulle.
V	1770.47-1700.03	Cr 10 + Cr 09	Des laminations légèrement anastomosées remplissent par la matière organique (4%)
VI	1598.6-1574.72	Cr 07et Cr 08	non estimée
VII	959.26-929.49	Cr 03 + Cr 04	11%
VIII	904.07-896.71	Cr02	Non estimée
IX	846.91-843.38	Cr 01	Non estimée

Tableau I : Les différents échantillons étudiés avec leurs carottes respectives

Et c'est à partir de cette analyse lithologique et pétrographique que j'ai pu individualiser dix (X) intervalles comme ci-dessous (Tableau II)

Carotte	Age	Profondeur		Description	Photos	Eustatisme
Cr 01	Coniacien	843.38		Calcaire à bioclastes recristallisés		-
		846.91 896.71		Calcaire pelletoidale à Foraminifères benthique		
Cr 02	Coniacien	904.07 929.49		Calcaire à Foraminifères benthique et Ostracodes		-
		Cr 03		Coniacien		
Cr 04	Coniacien					Calcaire à Rudistes
		Cr 07		Coniacien	959.26 1574.72	
Cr 08	Coniacien		1594.6 1700.03			
		Cr 09	Turonien	1716.64		

Faïlle inverse

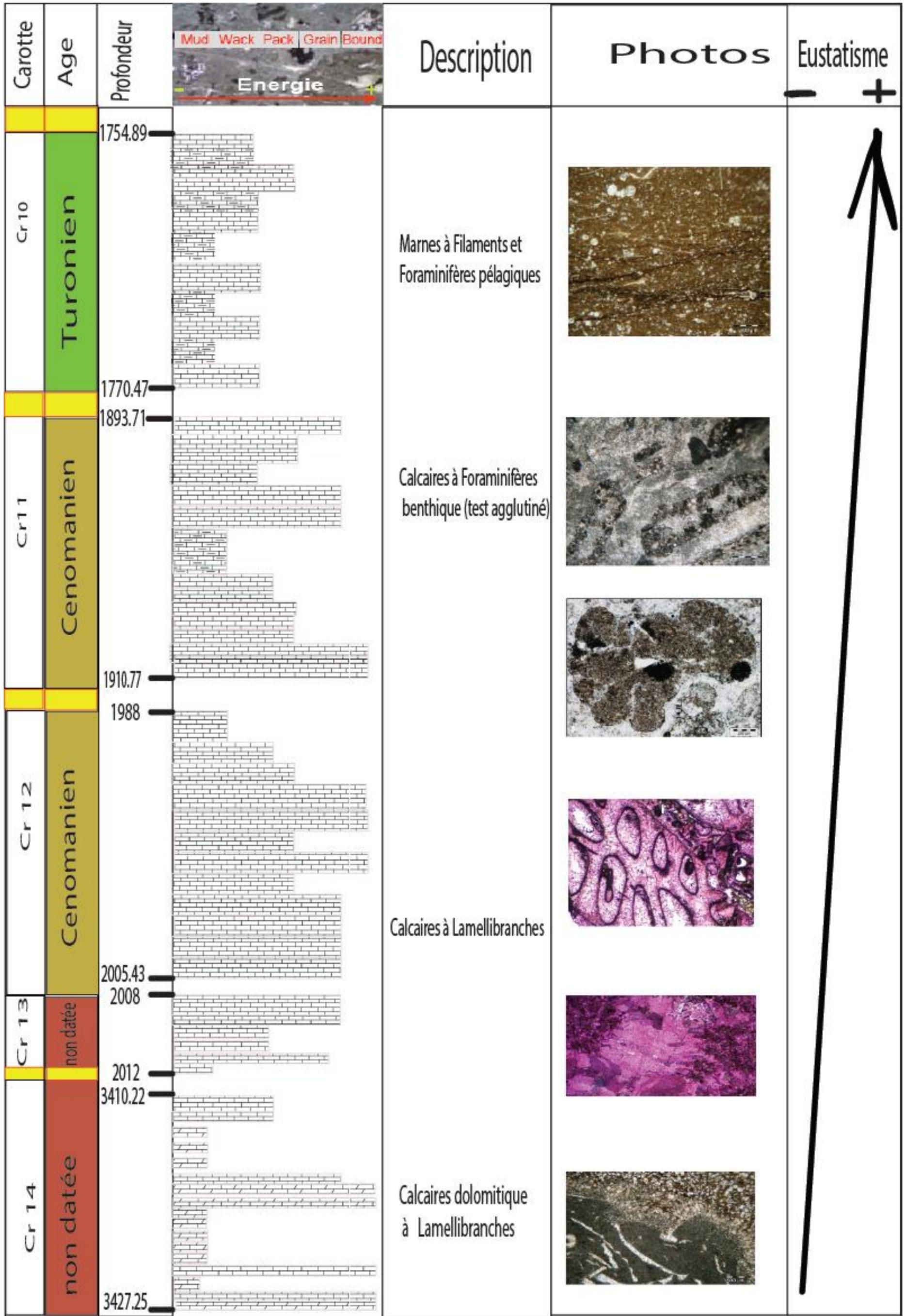


Tableau II : Log lithostratigraphique du puits PR1

II. Analyse pétrographique du puits PRF

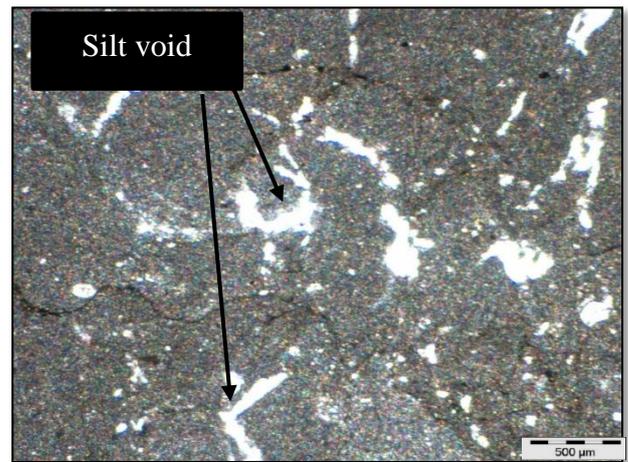
A. Intervalle I (3427.25-3410.22m)

Les microfaciès sont représentés par des calcaires mudstone, wackstone à bioclastes fortement recristallisés. Sur quelques niveaux la dolomite épigénise de façon sélective la matrice micritique. Sa présence continue au sein de ces dépôts suggère la présence de fluides dolomitants dans l'environnement d'enfouissement (Land ; 1987). **(Ph.1)**

Les pseudomorphoses du quartz automorphes se rencontrent abondamment dans ces niveaux **(Ph.2)**,



Ph.1 : 3418.75 m. x4.LP



Ph.2 : 3421.52 m .x2. LP

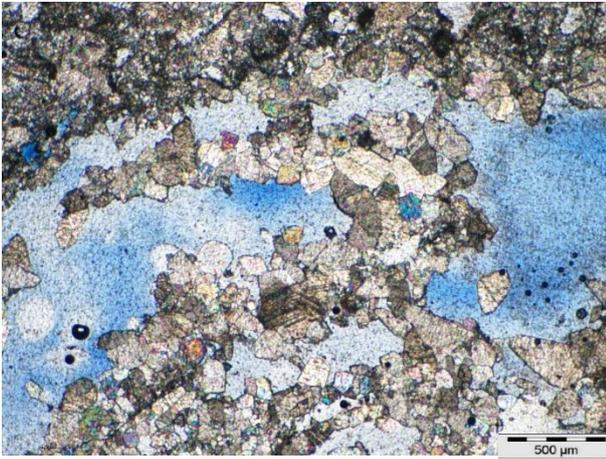
Ph.1 : Floatstone à bioclastes recristallisés dans une matrice mudstone. la matrice est en voie de dolomitisation.

Ph.2 : Mudstone à laminations irrégulières.

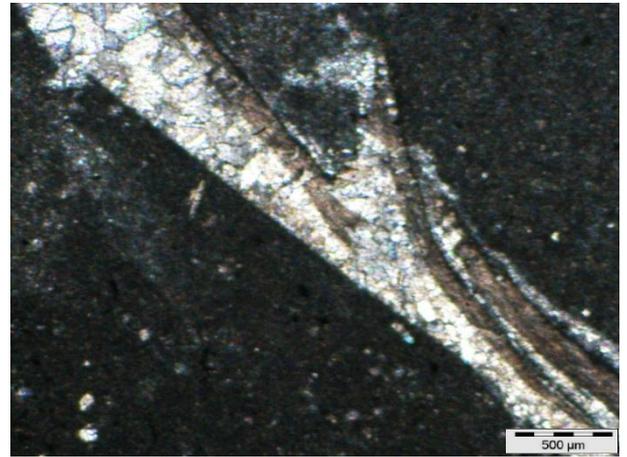
B. Intervalle II (2012.42-2006.3m)

Il est représenté par un calcaire wackstone, packstone à grainstone **(Ph.3)**, riche en Pellets, les débris de Mollusques **(Ph.4)**, Plaques d'Echinodermes et Ostracodes pélagiques sont abondants, des traces de Foraminifères benthiques (Textularidae), la matrice est en voie de recristallisation **(Ph.5)**.

On remarque aussi la présence de la pyrite et des argiles dispersés **(Ph.6)**



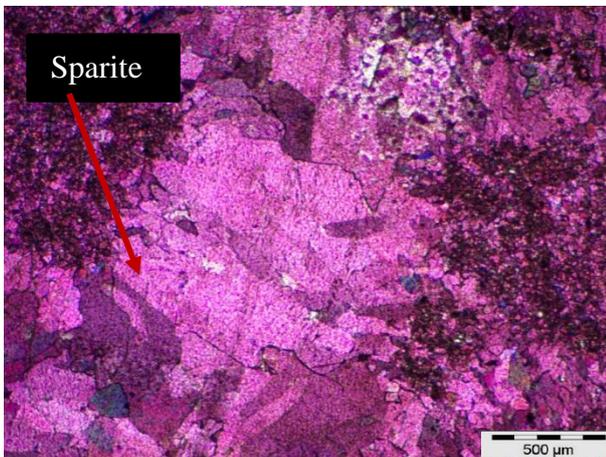
Ph.3 :2007.5m . x2. LP



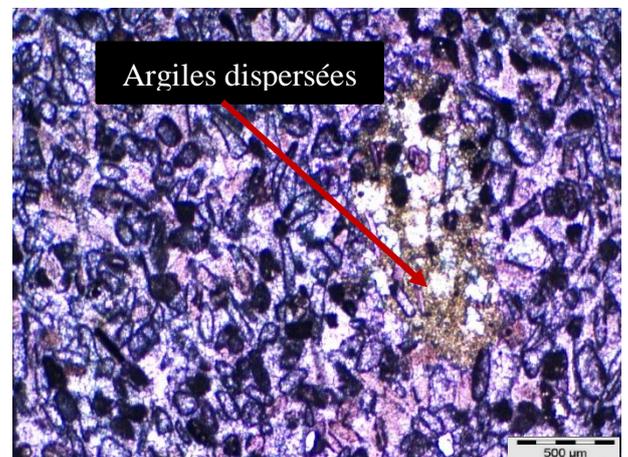
Ph.4 :2007.19m .x2. LP

Ph.3 : Grainstone à matrice dissoute.

Ph.4 : Floatstone à Lamellibranche dans une matrice micritique.



Ph.5 :2009.68 m.x2. LP



Ph.6 : 2006. 3 m .x2. LP

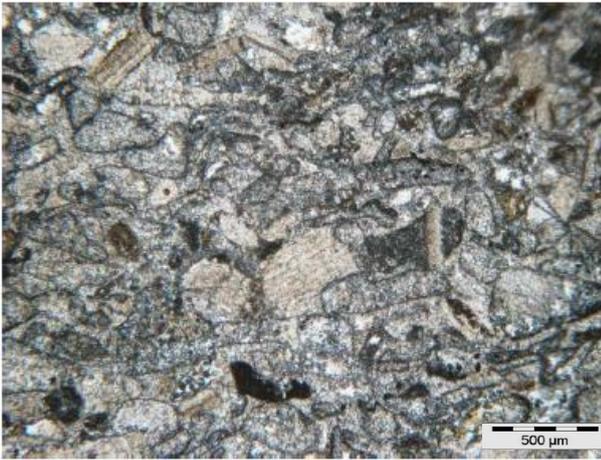
Ph.5 : Packstone avec une matrice micro-sparitique entrain de recrystallisation en sparite

Ph.6 : Grainstone à bioclastes recrystallisés à enveloppe micritique.

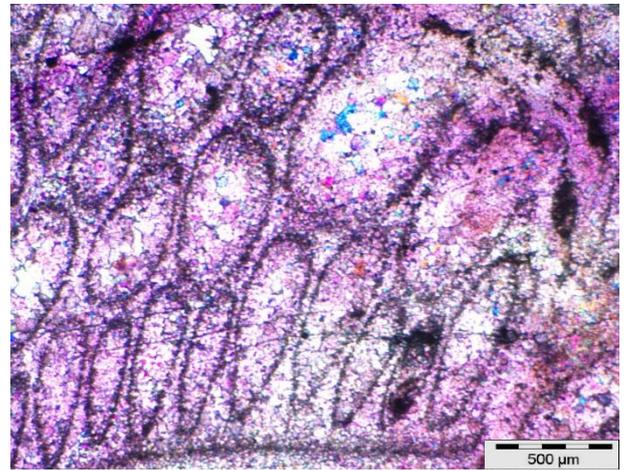
C. Intervalle III (2005.43-1990.79m)

Les premiers niveaux sont représentés par des calcaires packstones à grainstones à bioclastes grossiers, mal classés et subsphériques par usure mécanique, de nature variée : Echinodermes (**Ph.7**), Coraux (**Ph.8**) ; Lamellibranches avec quelques Foraminifères benthiques caractéristiques du Cénomaniens (Nezzatidae) (**Ph.9**)

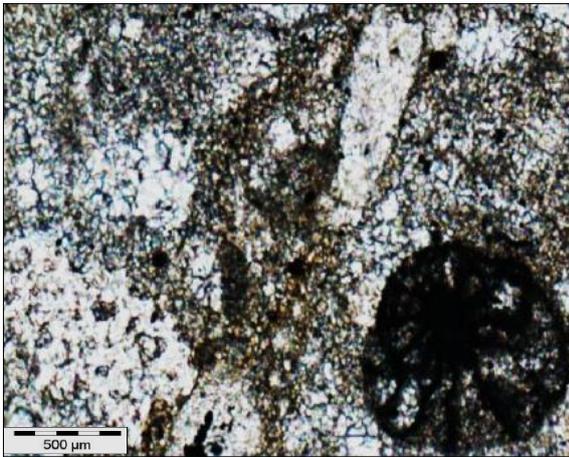
On marque aussi la présence des argiles sur certains niveaux avec une porosité de dissolution (**Ph.10**), (inter particules et intraparticules), variant de 7 à 12 %.



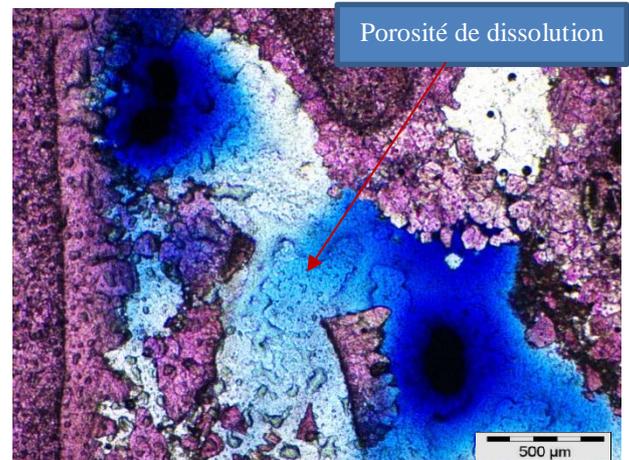
Ph.7 : 2004.75 m .x2. LP



Ph.8 : 2003.26m .x2. LP



Ph. 9 : 2003.26 m .x2.LP



Ph.10 : 2004.95 m .x2. LP

Ph.7 : Grainstone à Echinodermes et bioclastes recristallisés.

Ph.8 : Rudstone à Coraux qui ayant subi de la dissolution.

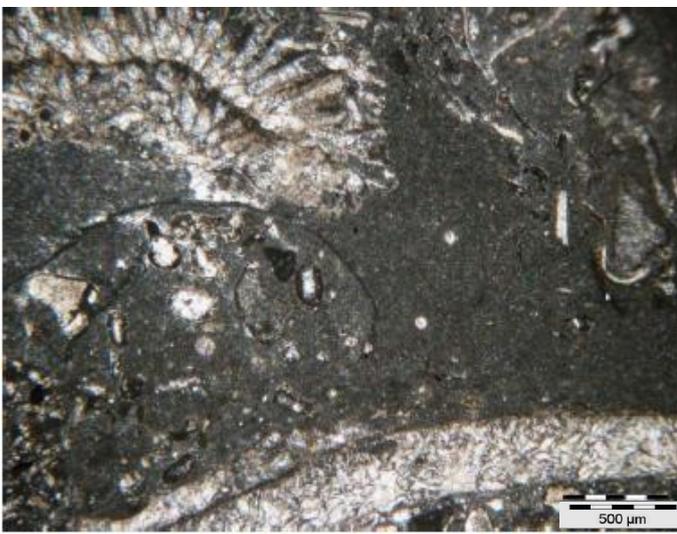
Ph.9 : Foraminifère benthique (Nezzazatidae) dans un microfaciès grainstone.

Ph.10 : Grainstone montrant une porosité de dissolution inter-granulaire.

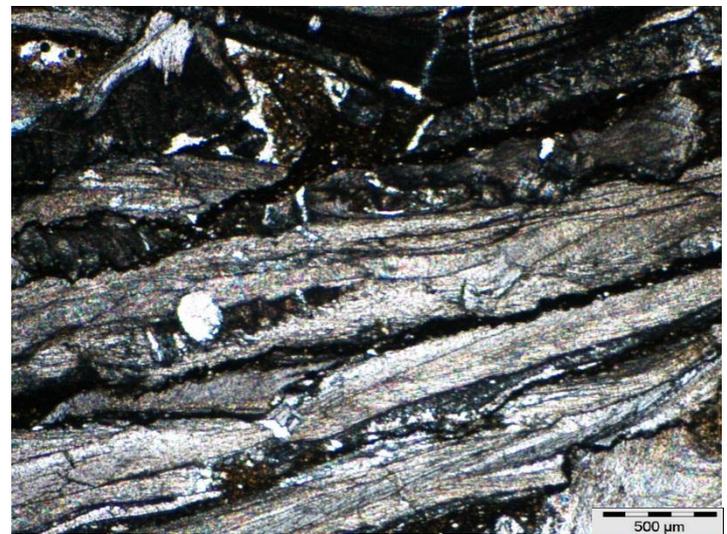
Ce microfaciès présente une grande extension régionale. Il s'observe continuellement dans les cortèges d'âge Cénomaniens (Herkat ; 1999 .modifié).

Vers le sommet les microfaciès deviennent de plus en plus micritiques : mudstone à wackstone à lamellibranches (**Ph.11**) ; Gastéropodes et des débris de Rudistes formant des microfaciès floatstones (**Ph.12**).

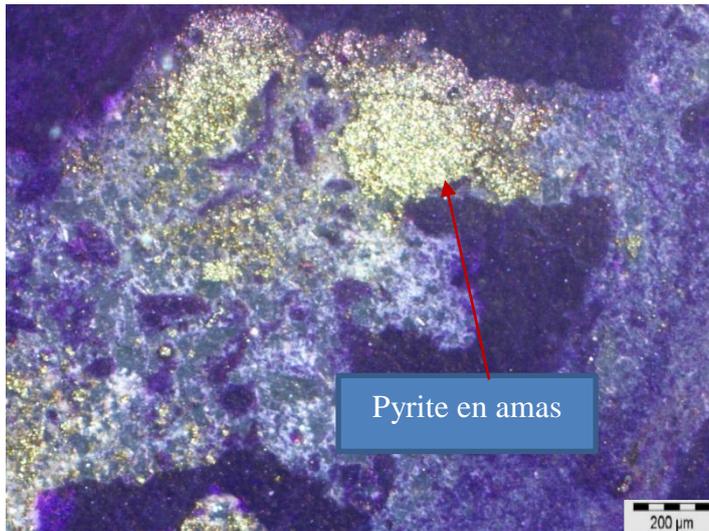
La pyrite est abondante (**Ph.13 et 14**) alors que la dissolution est moins importante dont on marque une porosité moyenne de 5% ou moins.



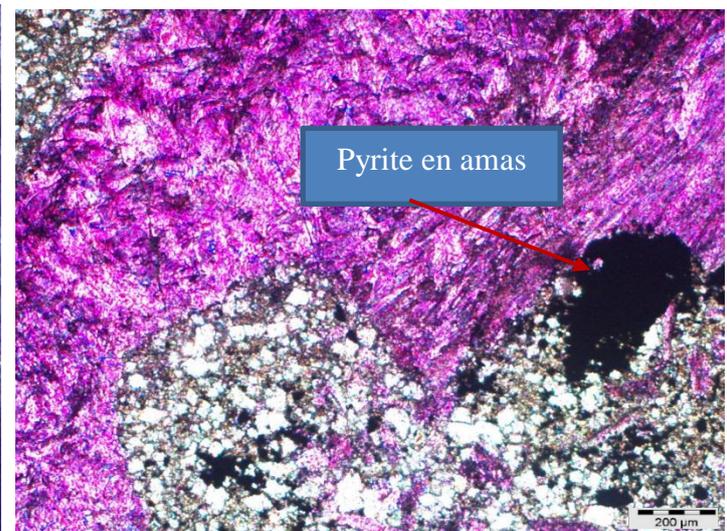
Ph.11 : 1998.53 m .x2.LP



Ph.12 : 1992.85 m .x2. LP



Ph. 13 : 1996.70 m .x4. LR



Ph.14: 1996.70 m .x4. LP

Ph.11 : Floatstone à huitre dans une matrice wackstone.

Ph.12 : Rudstone à Rudistes.

Ph.13 : Pyrite en amas

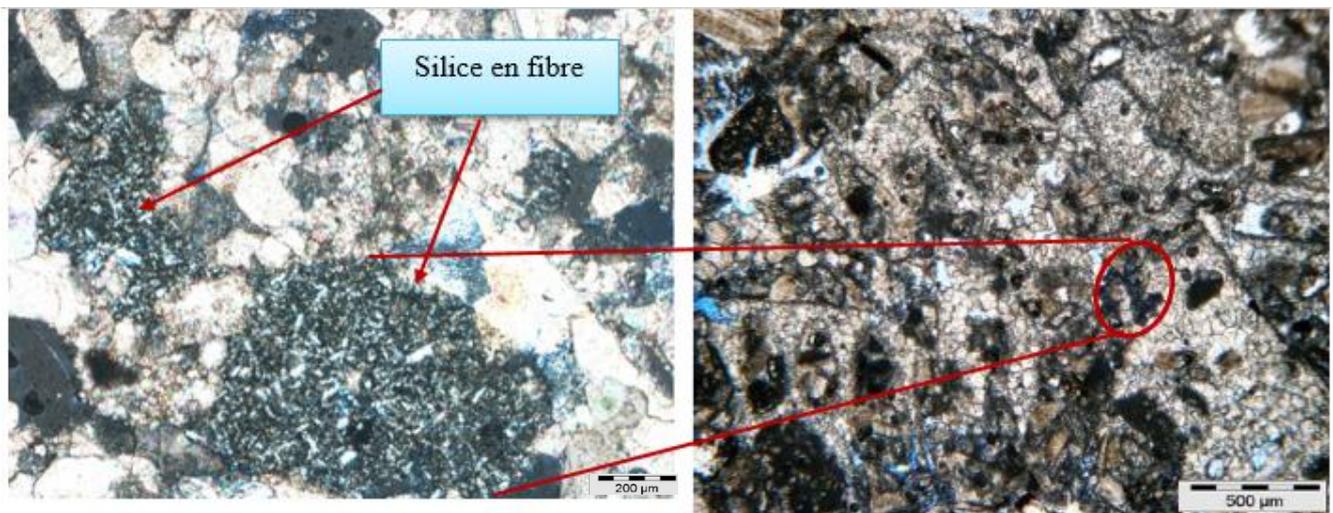
Ph.14 : wackstone à Lamellibranches, matrice micritique dolomitisée.

Cette diminution de porosité due à l'arrêt de phénomène de dissolution serait être compensée par l'espace cédé par la dolomitisation (**Ph.15**).

Le remplacement de la calcite par la silice en fibre (**Ph.16**) sur le microfaciès situant à 2000.64 m (**Ph.17**).



Ph.15 : 1995.73 m .x2.L P



Ph.16 : 2000.75 m .x4. LP

Ph.17 : 2000.75 m .x2.LP

Ph.15 : Packstone à Lamellibranches recristallisés, ce microfaciès est légèrement dolomitisé.

Ph.16 et 17 : Grainstone à Lamellibranches et Coraux avec une dissolution importante.

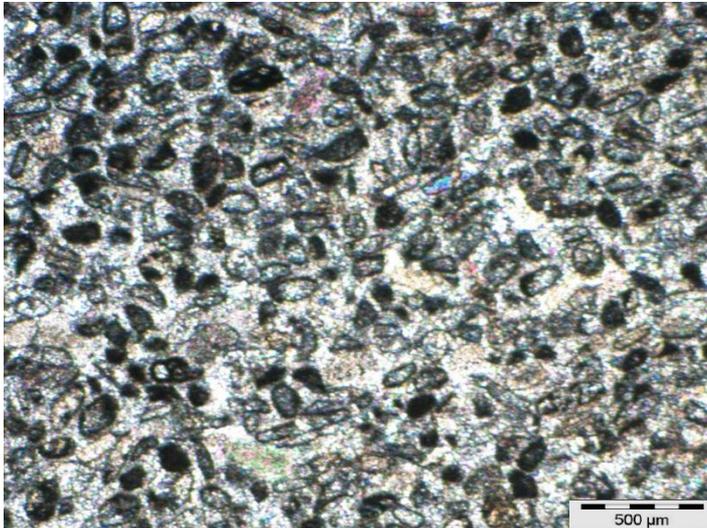
D. Intervalle IV (1910.77-1893.71m)

Il commence par des niveaux d'énergie variables ;(wackstones, wackstones à packstones, packstones, packstones à grainstones et grainstones) (**Ph.18 ,19 ; 23**), renfermant de gros Foraminifères porcelanés (**ph.20 et 22**) et /ou agglutinés (arénacés) (**ph.21et 22**), souvent à valeur stratigraphique ; indiquant sur un milieu lagunaire peu profond contaminé par des apports terrigènes riches en détrit.

Les plaques d'Echinodermes, Lamellibranches non identifiables et les lithoclastes sont omniprésents dans ces microfaciès. (**Ph.22**)

La porosité dans ces niveaux est non appréciable ; on marque aussi la présence d'indice de compaction
(Ph.20)

Sur certains niveaux la dolomitisation est intense (Ph.23)



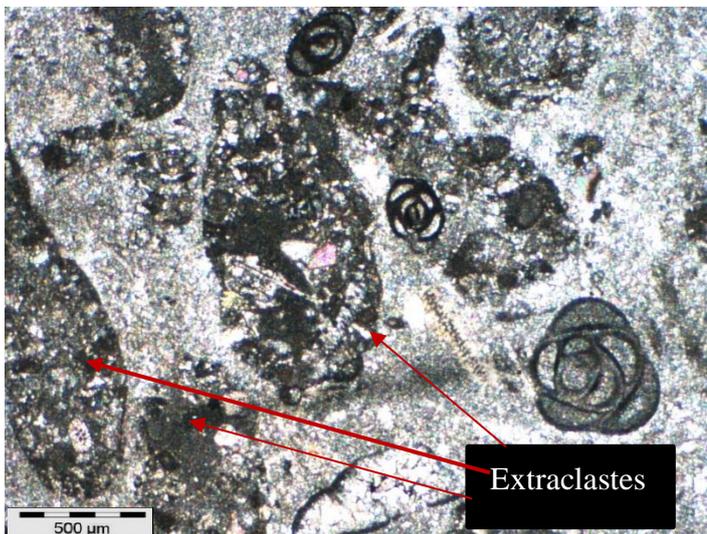
Ph.18 :1893.71m .x2. LP



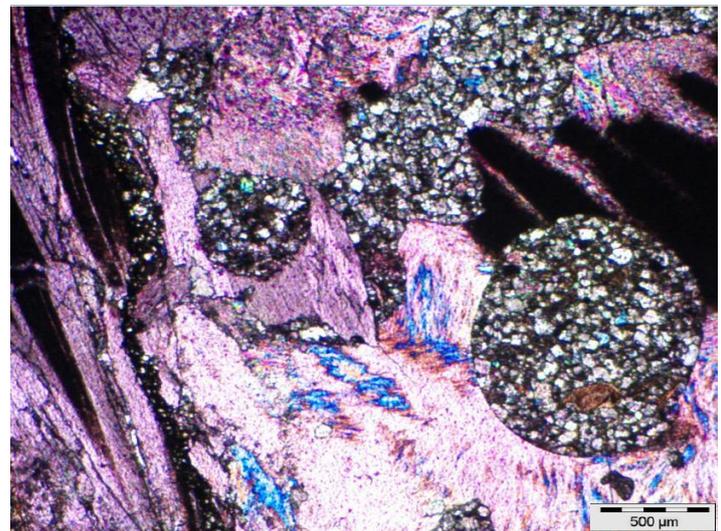
Ph.19 :1910.77m .x2. LP

Ph.18 : Grainstone à bioclastes émoussés, recristallisés et à revêtement micritique.

Ph.19 : Wackstone à Foraminifères benthiques.



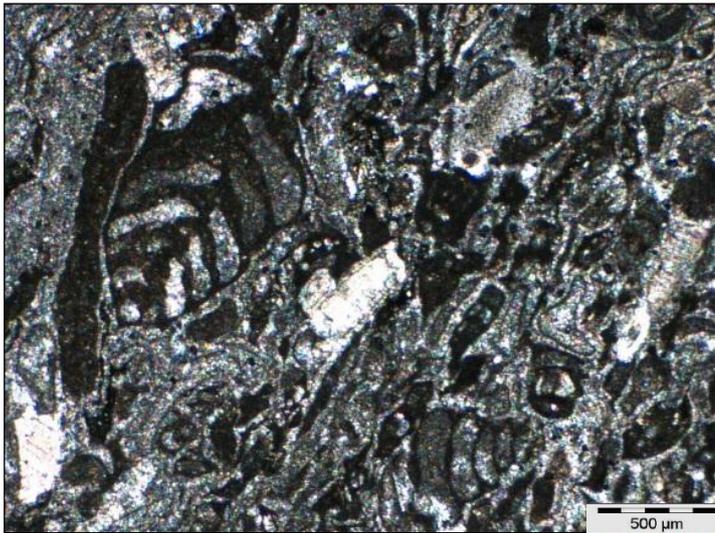
Ph.20 :1903.65 m .x2. LP



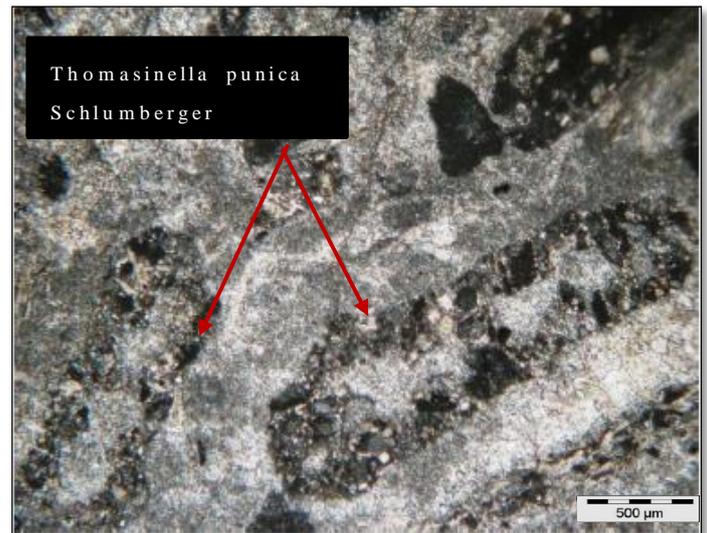
Ph.21 :1901.3m .x2. LP

Ph. 20 : Grainstone à Foraminifères benthiques et lithoclastes.

Ph .21 : Grainstone à Foraminifères benthiques et Lamellibranches ; la matrice en voie de dolomitisation.



Ph.22 :1903.65m .x2. LP



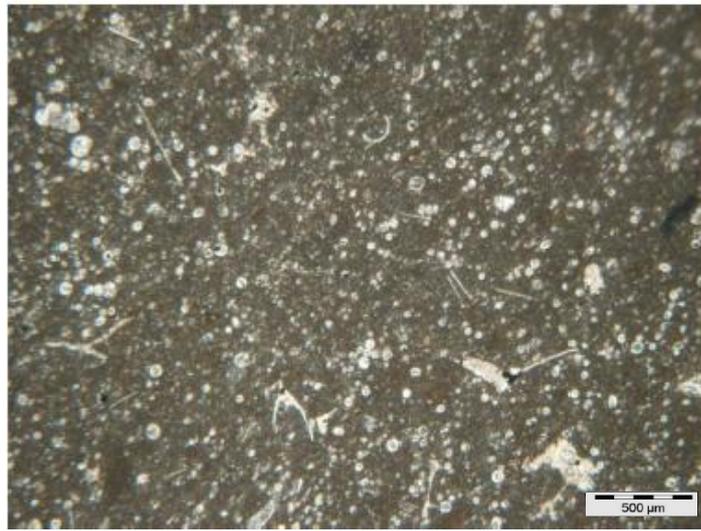
Ph.23 :1901.93 m .x2. LP

Ph.22 : Packstone à Foraminifères benthiques de test porcelané et Echinodermes .présence D'indice de compaction dans le sens NW-SE.

Ph.23 : Grainstone à Foraminifères benthiques à test agglutinés.

E. Intervalle V (1770.47-1700.03m)

Cet intervalle commence par des calcaires à ophiuridés (**Ph.24**). Ce microfaciès été observé dans les épisodes d'approfondissement du Turonien (Harket ; 1999).Il est représenté par un calcaire wackstone montrant une accumulation abondante de plaques d'ophiures, avec les pithonelles.



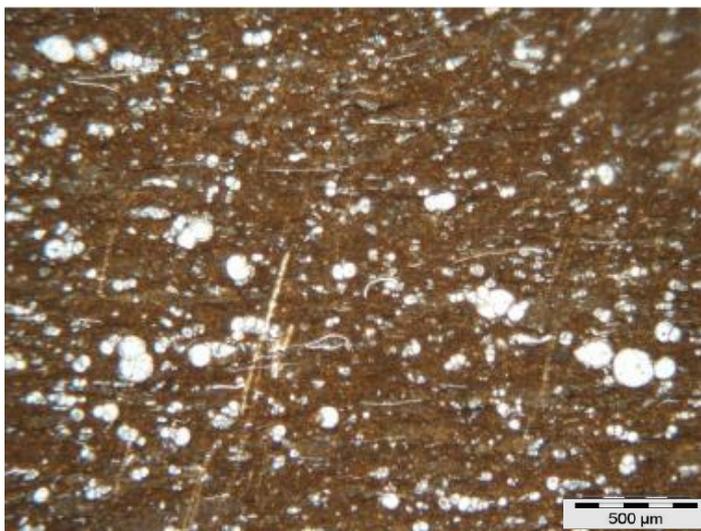
Ph. 24: 1770.47 m.x2. LP

Ph.24 : Wackstone à ophiuridés et calcisphères.

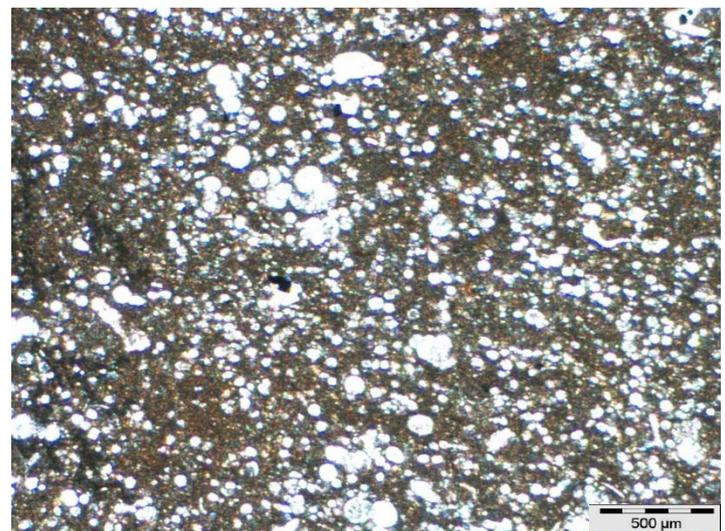
Les niveaux qui suivent sont constitués par des mudstone à Calcisphères, Pithonelles et des formes pélagiques associées à des filaments (**Ph.25**) et se terminent par des mudstone à Whiteinella.sp (**Ph.26 et 27**) et des Heterohelix (**Ph.28**).

Vers le sommet de la carotte 09, les microfaciès possèdent des fractures colmatées(**Ph.29**).

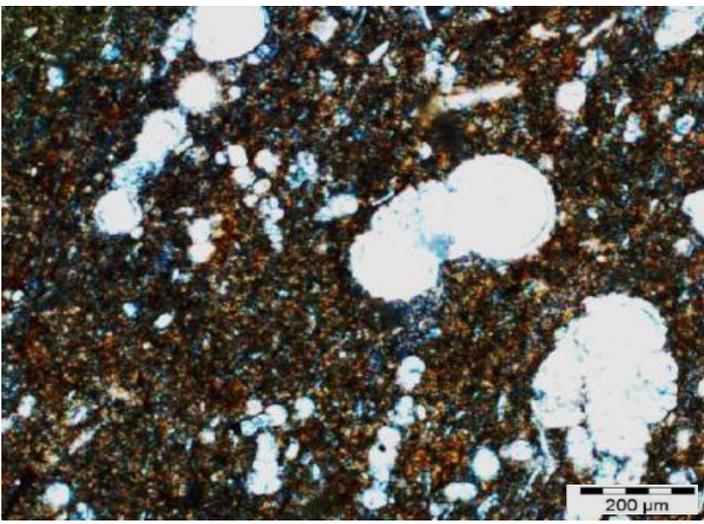
L'observation microscopique montre que les bonnes valeurs de la matière organique sont disposées sur la carotte 10 atteignent 4% ou ils sont associés aux whiteinelles. Le faciès présent des laminations légèrement anastomosées, fortement imprégnées (**Ph.30**).



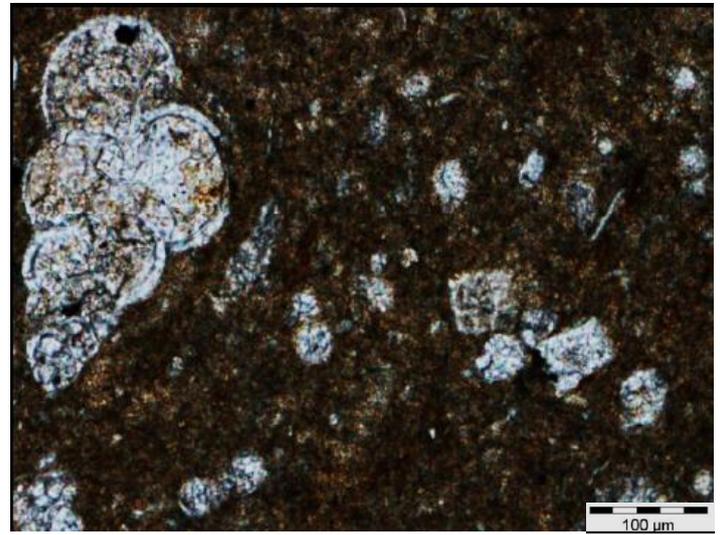
Ph 25 : 1764.25 m .x2. LP



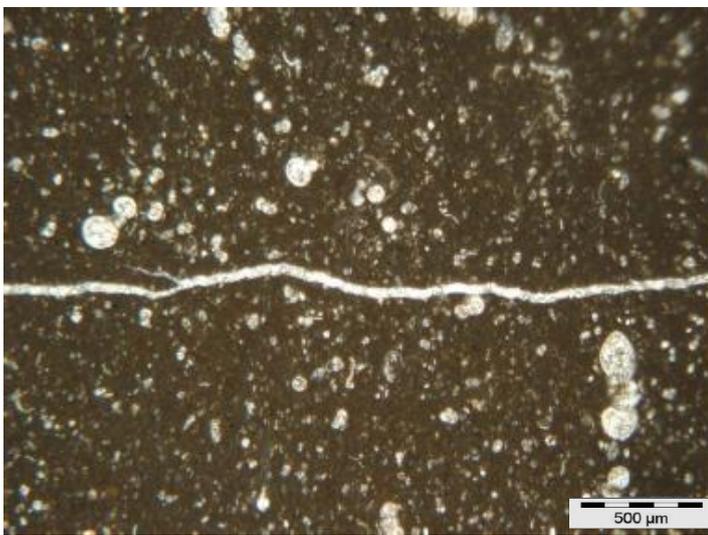
Ph.26 :1714.50m .x2. LP



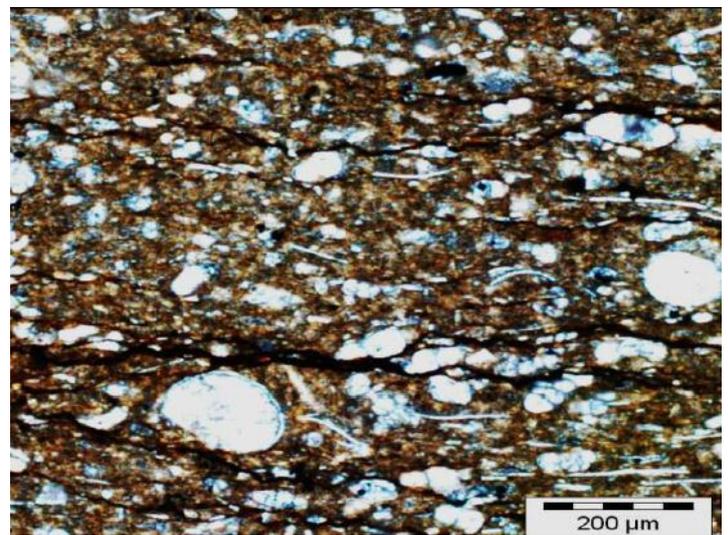
Ph.27 : 1758.53 .x4.LP



Ph.28 :1768.03m .x10. LP



Ph.29 :1700.03m. x2. LP



Ph.30 :1760.54 m.x4. LP

Ph.27 : Mudstone à Foraminifères pélagiques

Ph.28 : Mudstone à Foraminifères pélagiques (*Heterohelix globulosa*)

Ph.29 : Mudstone à Foraminifères pélagiques (*Whiteinella baltica*), avec des fissures colmatées.

Ph.30 : Wackstone à Framinifères pélagiques, avec des laminations anastomosées imbibées en matière organique.

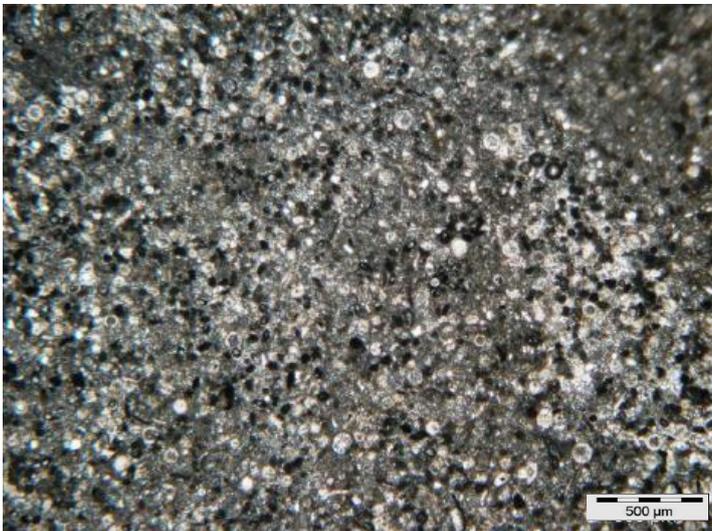
Le faciès constitue probablement un niveau anoxique semblable au faciès Bahloul de la limite Cénomanién-Turonien, étudié à l'affleurement en Tunisie (Robaszunski et al., 1993) et dans la région de Tébessa (Naili et Bouremouche.,1987)

F. Intervalle VI (1598.6-1574.72m)

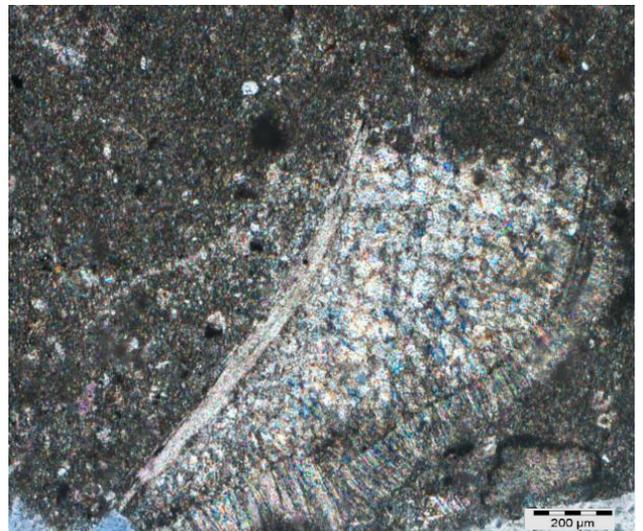
Ce sont des microfaciès typiquement hémipélagique, ils se présentent par des calcaires wackstones, wackstones à packstones et packstones à grainstones, glauconieux, à formes pélagiques dominée par les Calcisphères et les Pithonelles (**Ph.31**) avec cependant l'apparition des Ostracodes, des Mollusques (*Inocéramus*) (**Ph.32**),

Les Foraminifères benthiques (*Textularidae* ; *Miliolidae* ; *Rotalidae* ; *Nezzatatidae*) sont faiblement présents (**Ph.33**)

Les résultats minéralogiques ont prouvés la présence de quartz sur la quasi-totalité de cet intervalle (Annexe II).

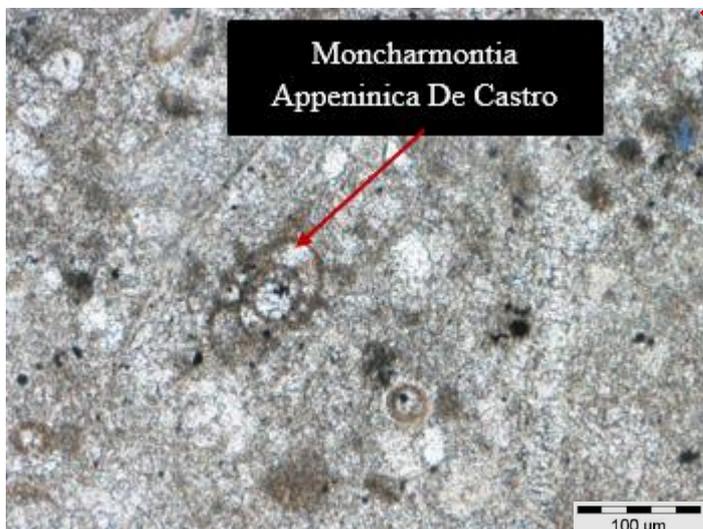


Ph.31 : 1596.57m .x2.LP



Ph.32 : 1588.96 m .x4. LP

Ph.31 : Wackstone à Pithonelles et Pelletoides ; Ph.32 : Floatsone à Lamellibranches



Ph.33 :1588.96 m .x10. LP

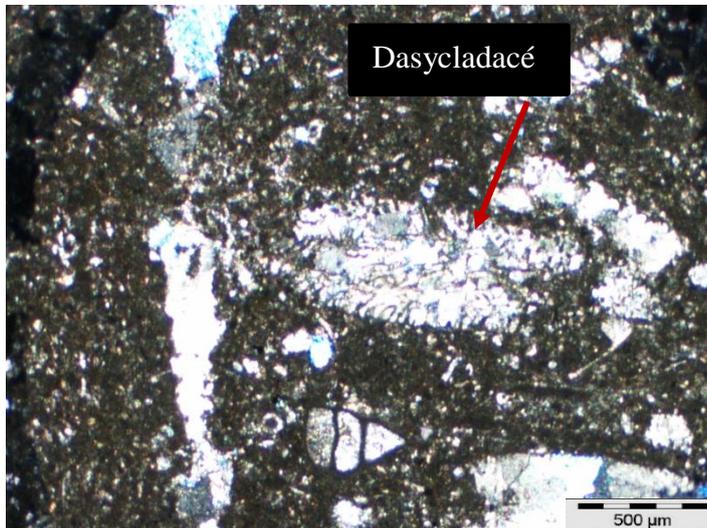
Ph.34 : wackstone à débris de bivalves et Foraminifères benthiques.



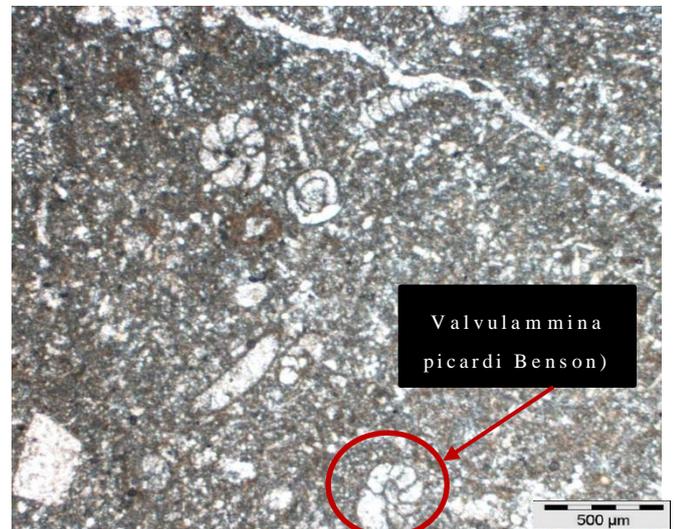
Ph.34 :1588.96 m .x2. LP

G. Intervalle VII (959.26-929.49m)

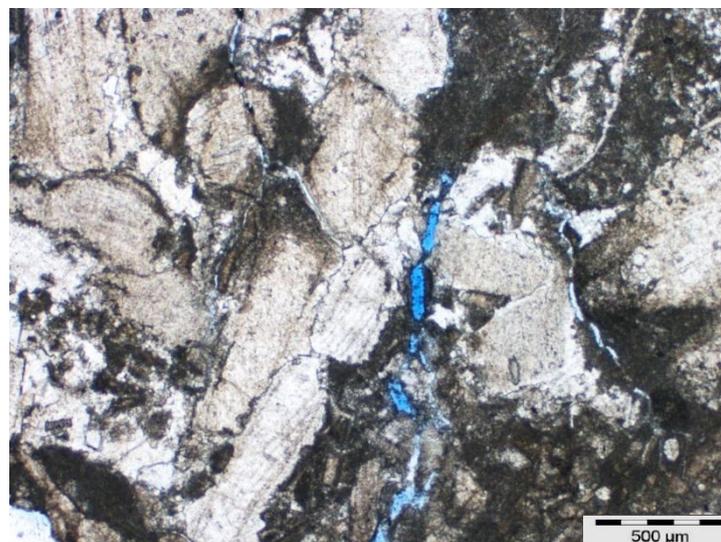
Il s'agit des biomicrites, wackstones à packstones, floatstone et rudstone, alternants entre les microfaciès à Foraminifères benthiques (**Ph.36**) et débris d'Algues vertes (Dasycladacées) recristallisés (**Ph.35**) recristallisés et ceux à Lamellibranches (Rudiste surtout) (**Ph.37**)



Ph.35 : 958.15 .x2. LP



Ph.36 : 950.43 m . x2. LP



Ph.37 :954.07 m .x2. LN

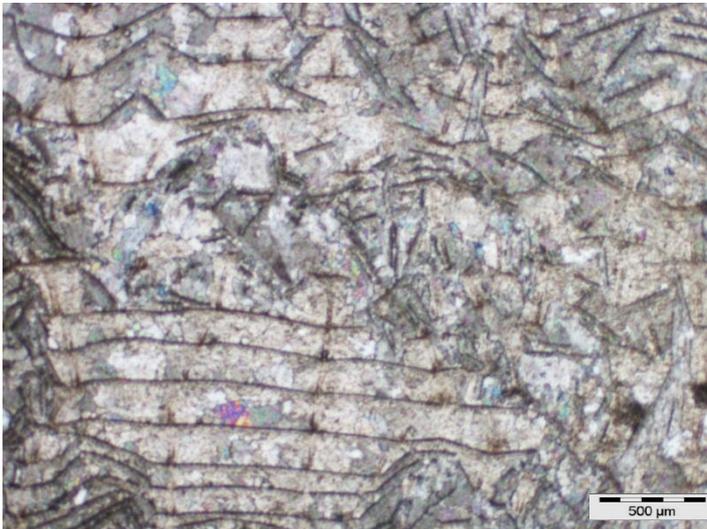
Ph.35 : Wackstone à Dasycladacées et Foraminifères benthiques. Montrant une fissure colmatée.

Ph.36 : Wackstone à Foraminifères benthiques montrant une fissure colmatée.

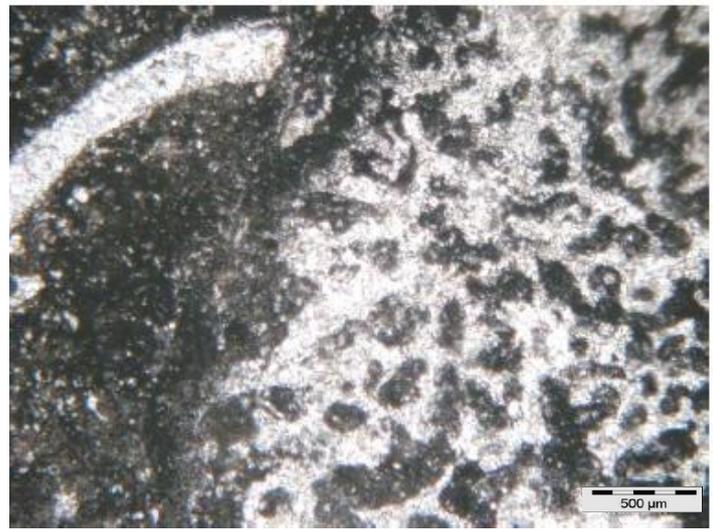
Ph.37 : Floatstone à Rudiste développant une porosité de fissuration ; avec un dépôt de marbre dans la matrice.

Certains niveaux à texture rudstone et boundstone, à gros Rudistes (**Ph.38**) et Coraux (**Ph.39**) disposent des dépôts micritiques (**Ph.40**) ou sparitiques (**Ph.41**) dans les vides branchus.

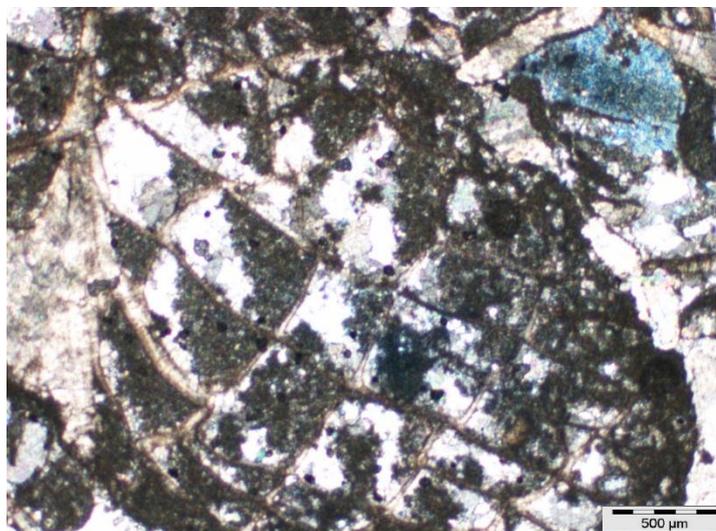
La porosité observée est plutôt secondaire remarquée sur plusieurs niveaux et libérée surtout par la dissolution et la microfissuration (**Ph.37**)



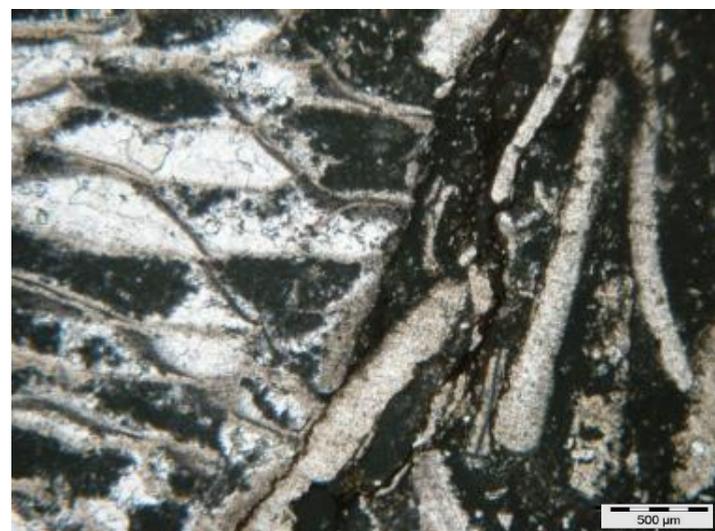
Ph. 38 : 953.49 m .x2. LP



Ph.39 :951.25m .x2. LP



Ph.40 : 951.76m .x2. LP



Ph.41 : 948.31 m .x2. LP

Ph.38 : Rudstone à Rudiste.

Ph.39 : Floatstone à Coraux dans une matrice micritique.

Ph.40 : Floatstone à Rudiste.

Ph.41 :Floatstone à Rudiste ,un remplissage de la sparite ;des joints imbibés.

Une importante perte de circulation de l'ordre de 08 m³/h a été enregistrée dans cet intervalle (**Fig.11**) un mélange à base de poudre de marbre a été injecté afin de colmater les parois du puits et stopper les pertes (Rapport de fin de sondage).

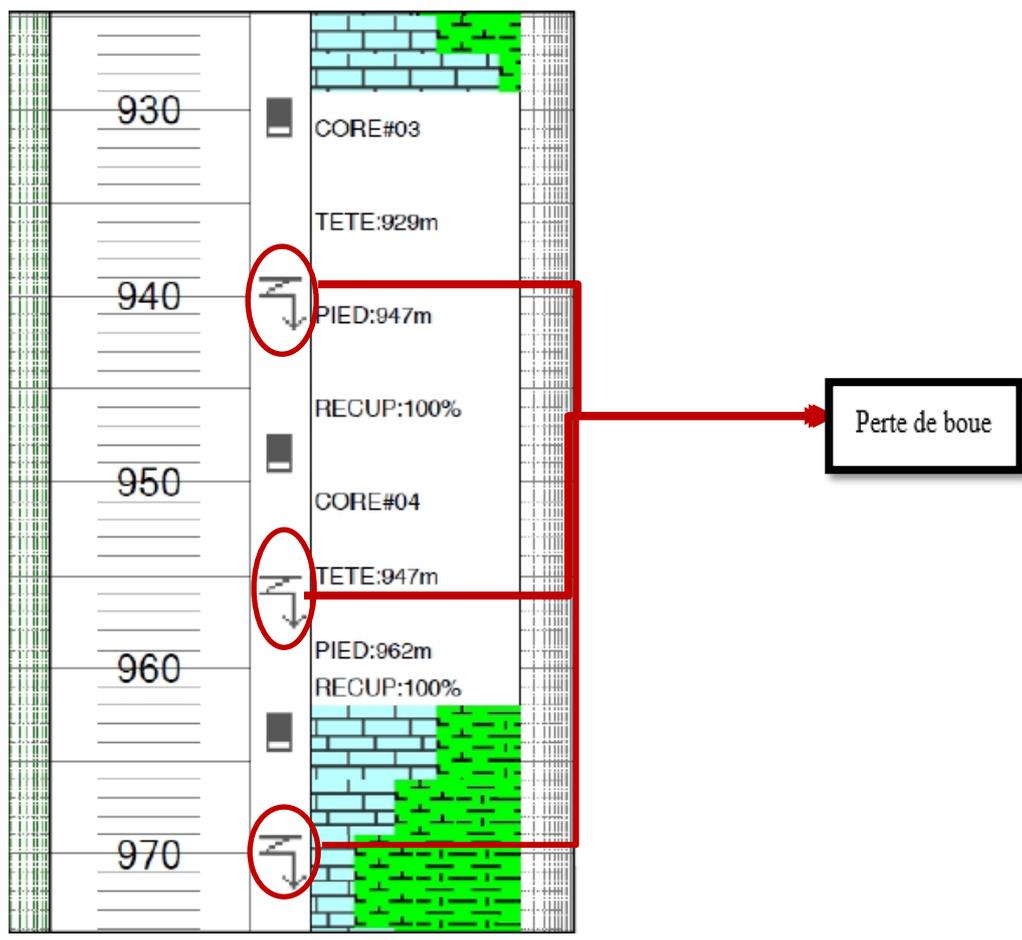
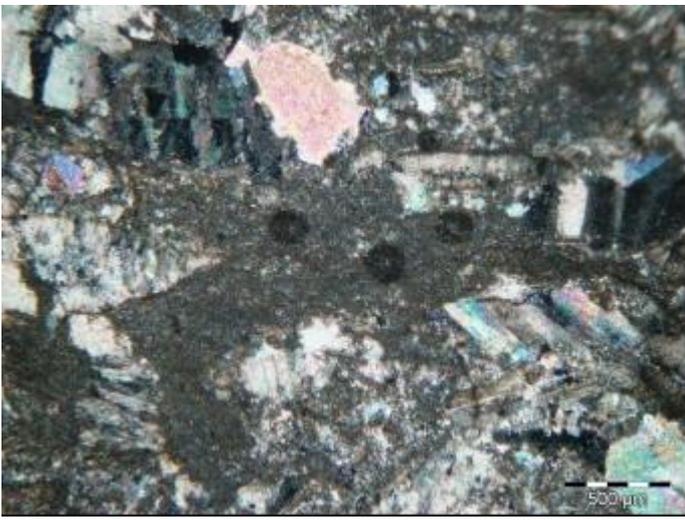


Fig.11 : Extrait du master log du sondage PRF montrant des pertes de boue enregistrées dans les carottes 3 et 4

L'examen pétrographique des lames minces a mis en évidence l'hétérogénéité de la matrice (boue) (**Ph.42 a ; 42 b**).la porosité devrait atteindre des bonnes valeurs seulement si les pores n'ont été pas colmatés. En effet les analyses pétrophysiques ont révélées des valeurs de porosité qui atteignent 11%.



Ph 42a (LP). 42b (LN).x2 . 954.07m : Colmatage des pores de dissolution (Zones sombres)

H. Intervalle IX (904.07-896.71m)

L'examen de ces échantillons montre une transition rapide des microfaciès, bien que l'espacement entre les échantillons ne soit pas régulier.

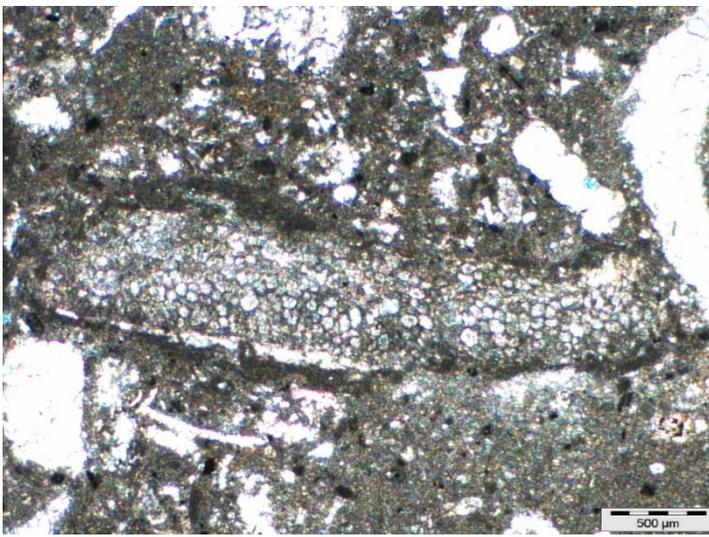
En effet ; la base de la carotte 2 est constituée d'un packstone à bioclastes fins ; représentés par une association de Foraminifères benthiques et quelques Lamellibranches (Pycnodontid) **(Ph.43)**. Des pellets micritiques sont également présents. Un pseudomorphose de la silice se présente dans un Lamellibranches recristallisé **(Ph.44)**.

Le microfaciès évolue à un Packstone-wackstone à pellets, le taux de Foraminifères benthiques est réduit (2%) tandis que celui des pellets atteint (10%) **(Ph.45)**

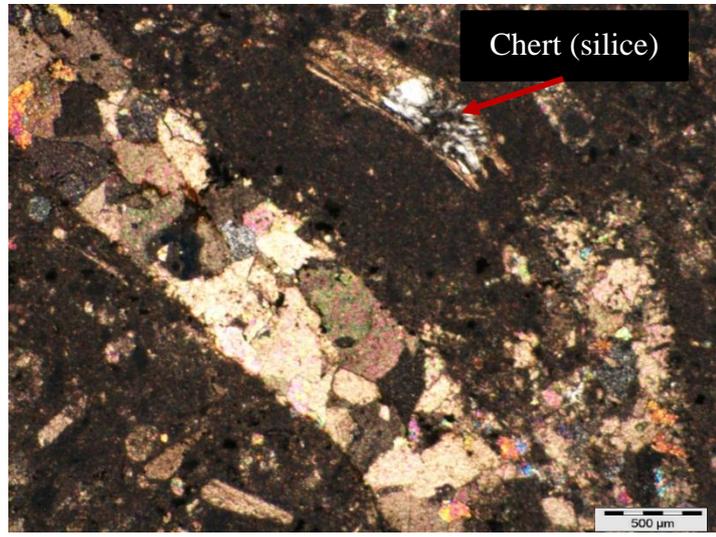
Au sommet de la carotte ; le microfaciès devient celui d'un packstone et floatstone renfermant des Mollusques de grande taille (Huitres ; Gastéropodes, Brachiopode) **(Ph. 46, 47 et 48)**, les Echinodermes sont omniprésents développant un ciment syntaxial **(Ph.49)**

La sparitisation de la matrice **(Ph.50)** donne un aspect d'une texture grainstone aux termes supérieurs, ce phénomène affecte les fissures développées sur ces microfaciès. **(Ph.51)**

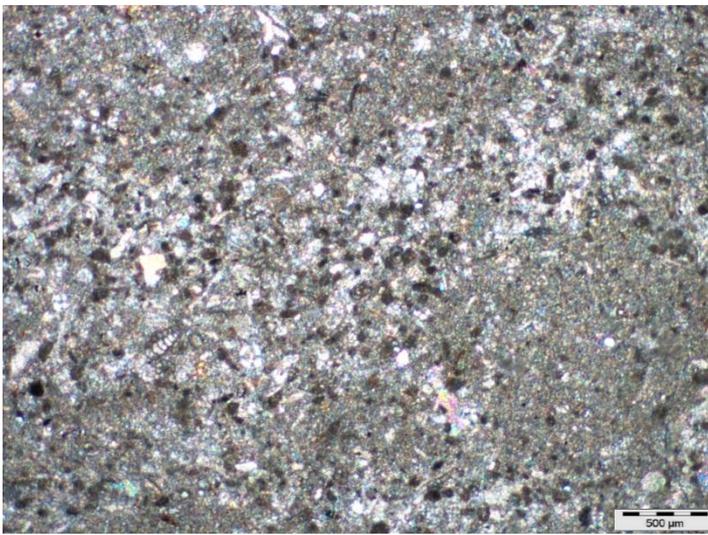
La dolomitisation est faiblement développée bien qu'elle affecte tous les échantillons analysés **(Ph.52)**.



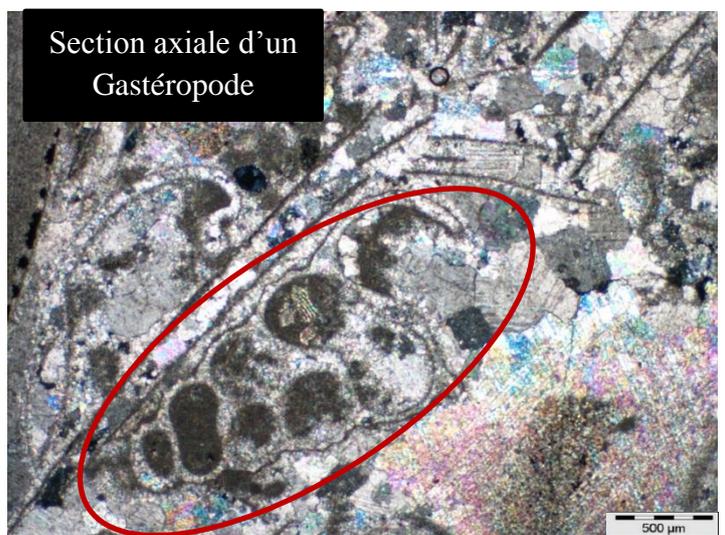
Ph.43 : 904.07 m .x2. LP



Ph.44 : 904.07m .x2. LP



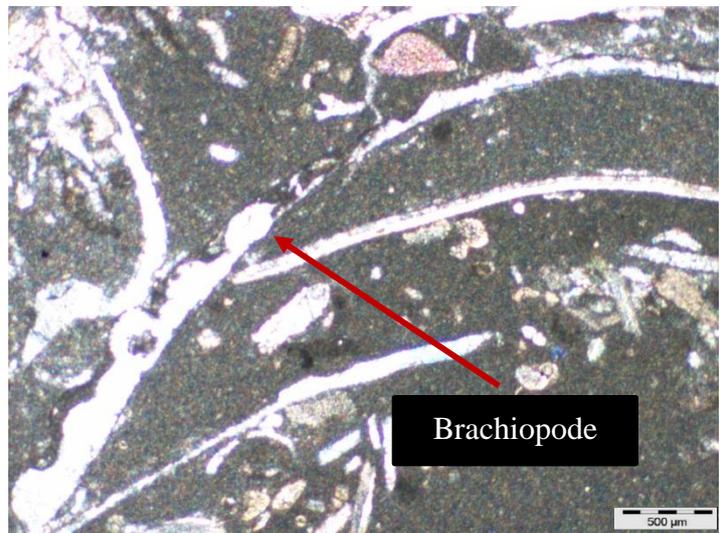
Ph.45 : 900.19 m .x2. LP



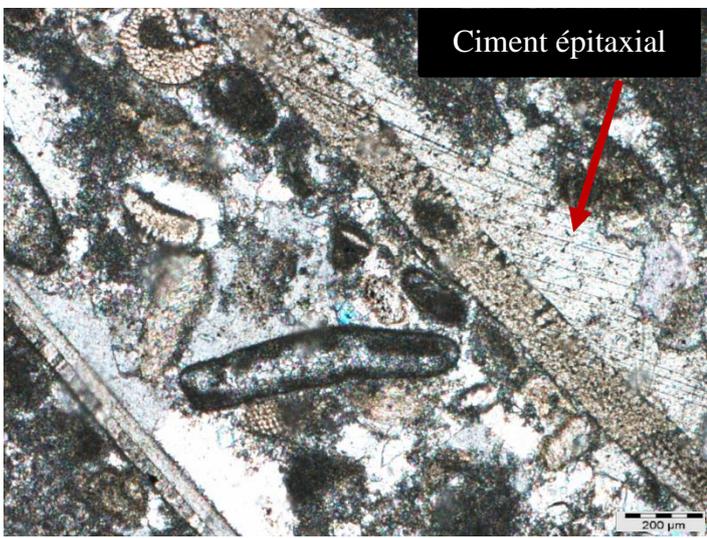
Ph.46 : 896.15 m .x2. LP



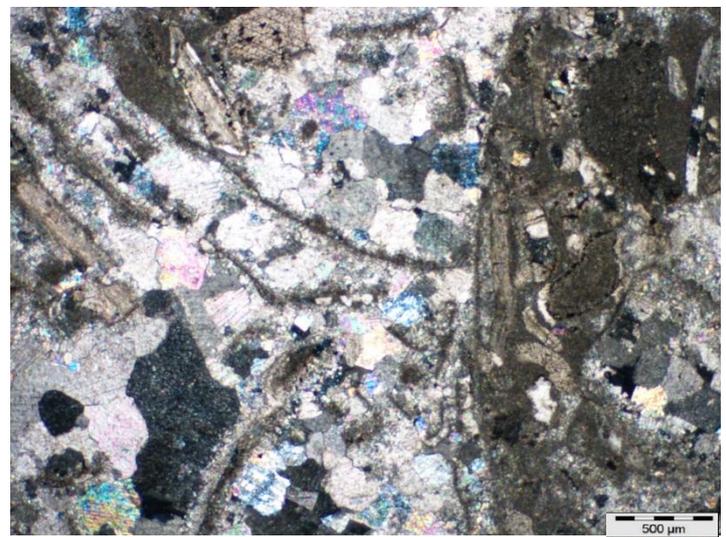
Ph.47 : 896.71m .x4. LP



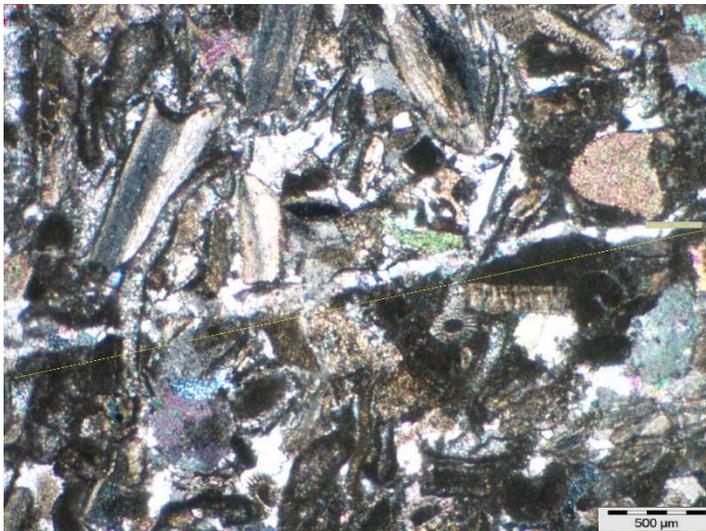
Ph.48 : 896.71m .x2. LN



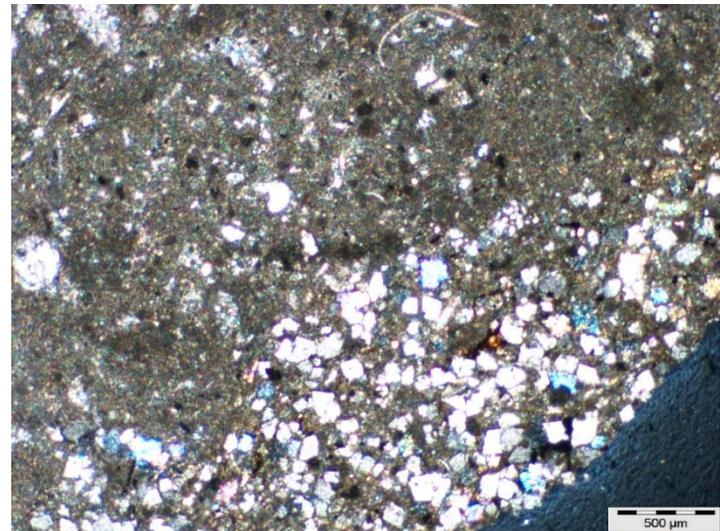
Ph.49 : 896.71 m .x4 . LP



Ph.50 : 897.15m .x2 . LP



Ph.51 : 896.71m .x2. LP



Ph. 52 :904.07 m .x2. LP

Ph.43 :904.07 m, un Lamellibranche (Pycnodontid).

Ph.44 :904.07m, bioclastes recristallisés épiginisés par la silice.

Ph.45 : 900.19 m, packstone à wackstone à pellets.

Ph.46 :896.15m, wackstone à pelloïdes et Foraminifères benthiques (Textularidae).

Ph. 47 : 896.71m, packstone à floatstone à Lamellibranches (Huitres).

Ph.48 :896.71 m, Floatstone à Brackiopode.

Ph.49 :896.71 m, Packstone à plaques d'Echinodermes développant un ciment épitaxial.

Ph.50 : 897.15m, Floatstone dans une matrice sparitique.

Ph.51 :896.71m, Packstone à débris d'Huitres et d'Echinodermes.

Ph.52 :904.07 m, packstone à Foraminifères benthiques et bivalves fins.

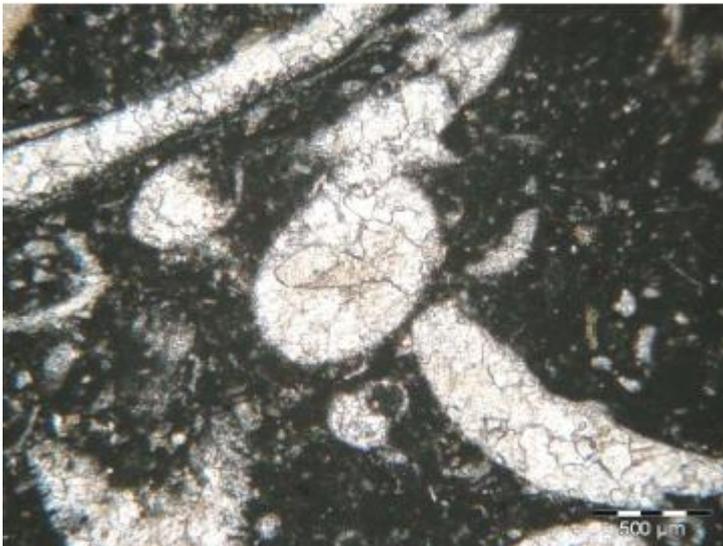
I. Intervalle X (846.91-843.38m) :

Ce sont des calcaires à bioclastes recristallisés (**Ph.53**) et associés à des Pellets en micrite (**Ph.54**). La texture du microfaciès oscille entre wackstone et packstone qui le constitue.

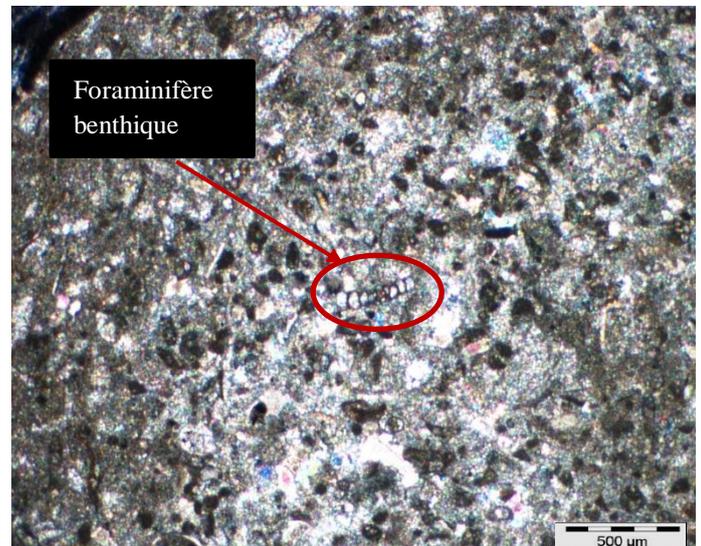
Les bioclastes recristallisés, ont parfois des parois micritisés ; ils seraient probablement des débris de Lamellibranches (**Ph.55**) à l'origine associés aux débris sub-sphériques d'Echinodermes. Les Foraminifères benthiques sont présentés par des Miliolidae ; Rotalidae ; Textularidae ; Lenticulina.

On note également la présence de quelque microfissure colmatée (**Ph.56**)

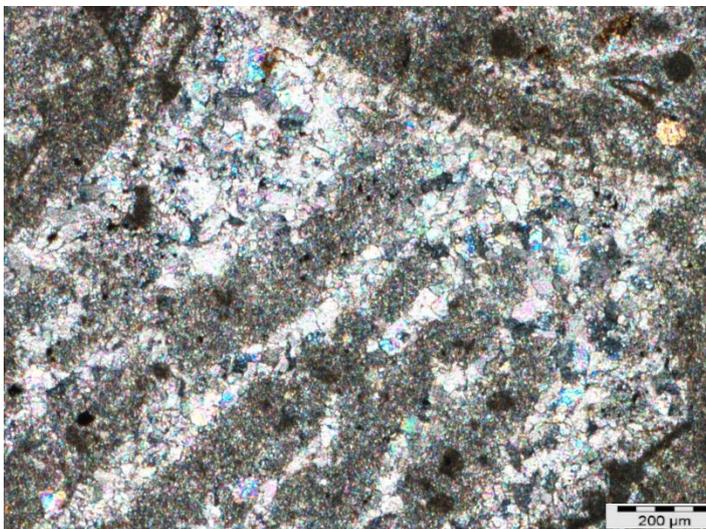
La porosité n'a pas été identifiée bien qu'elle ne soit pas nulle ; on observe une imbibition de la matière organique partiellement ferrugineuse associée aux rhomboèdres de la dolomicrosparite (**Ph.57**)



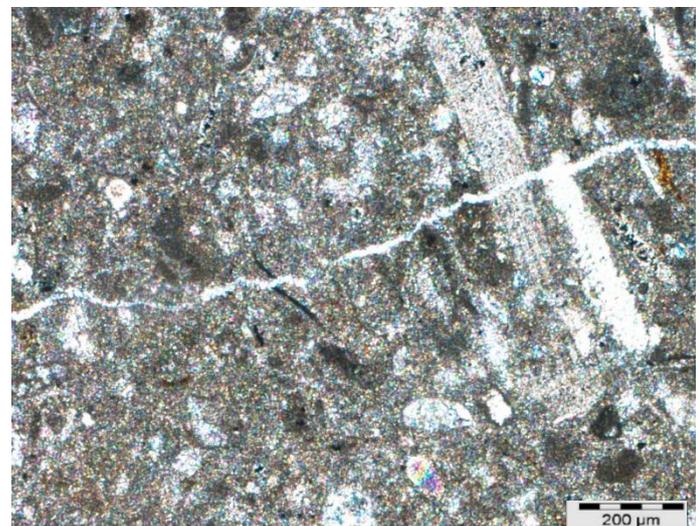
Ph.53 : 845.86m .x2 . LN



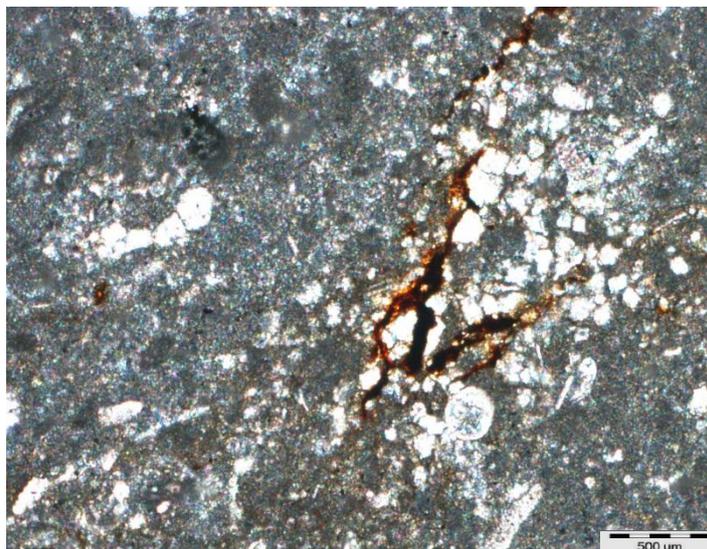
Ph.54 : 846.91m .x2. LN



Ph.55 :843.38 m .x4 . LP



Ph.56 : 846.91m .x4 . LP



Ph.57 : 845.48m .x2. LN

Ph.53 : Wackstone à bioclastes recristallisés et à Pellets.

Ph.54 : Packstone à pellet et débris fins recristallisés.

Ph.55 : Floatstone à Lamellibranches recristallisés dans une texture wackstone.

Ph.56 : Wackstone à bioclastes recristallisés, des Lamellibranches probablement, montrant une fissure colmatée.

Ph.57 : Wackstone à bioclastes recristallisés, légèrement dolomitisés.

III. Conclusion

- Les calcaires organogènes, récifaux, sub-récifaux et les dolomies du Cénomaniens, Turonien, Coniacien et même l'intervalle non-daté constituent des réservoirs dont la porosité varie amplement.
- Du point de vue qualité réservoir, les niveaux correspondants aux carottes 04, 12 et probablement la carotte 03, présentent des niveaux réservoirs potentiels ; la porosité observée est générée grâce à la dissolution. Ce phénomène diagénétique a particulièrement affecté les niveaux grossiers constitués de débris de Lamellibranches (principalement les Rudistes), ayant un ciment sparitique de nature phréatique.
- Du point de vue potentiel pétrolier, la carotte 10, constituée d'un faciès fin à Whiteinelles, laminées et riche en matière organique, peut représenter un niveau anoxique. En fait, le faciès analysé ressemble au faciès dit Bahloul, un faciès situé à la limite Cénomaniens-Turonien, dont les caractéristiques géochimiques le qualifient de roche mère potentielle et qui s'étend de la Tunisie Centrale jusqu'au bassin Sud-Est Constantinois (Harket ; 2007).
- Le réservoir Coniacien montre les caractéristiques d'une sédimentation dans une séquence progradante de la plateforme interne (Prisme de bordure de plateforme ou un prisme de haut niveau marin) constitué essentiellement de dépôts récifaux et péri-récifaux.

La para-séquence régressive implique un lessivage des dépôts carbonatés (dissolution du ciment) et même d'une télogénèse intense (Fissuration) suite à l'exondation.

Le réservoir Coniacien est considéré comme le plus intéressant, susceptible d'accumuler les hydrocarbures parmi les différents réservoirs définis dans cette partie d'étude.

Ce dernier constitue le réservoir le plus épais ayant une bonne porosité et des conditions de sédimentation favorable bien que son extension soit mal connue.

Le chapitre suivant sera focalisé sur l'étude de ce réservoir du point de vue pétrographique et sédimentologique en analysant les 4 puits (P1 ; P2 ; P3 et PRF).

1. Introduction

L'analyse pétrographique des échantillons (336 lames) de carottes grâce à 336a permis de mettre en évidence les différents environnements sédimentaires du réservoir Coniacien recoupé par les puits P1, P2, P3 et PRF, et de proposer des modèles de dépôts interprétatifs, inspirés à partir des modèles anciens et récents, décrits dans le monde selon le principe de l'actualisme.

Les travaux de référence utilisés dans la présente étude correspondent à ;

- La classification de Dunham (1962), qui permet de déterminer la nature et la fréquence des constituants pétrographiques ainsi que la texture de la roche, en vue de faire une approche sur les conditions énergétiques des dépôts (**Fig.12**)

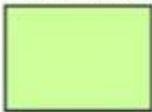
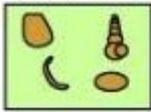
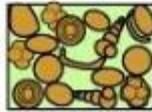
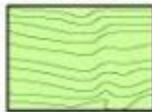
Original components not bound together at deposition				Original components bound together at deposition. Intergrown skeletal material, lamination contrary to gravity, or cavities floored by sediment, roofed over by organic material but too large to be interstices
Contains mud (particles of clay and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

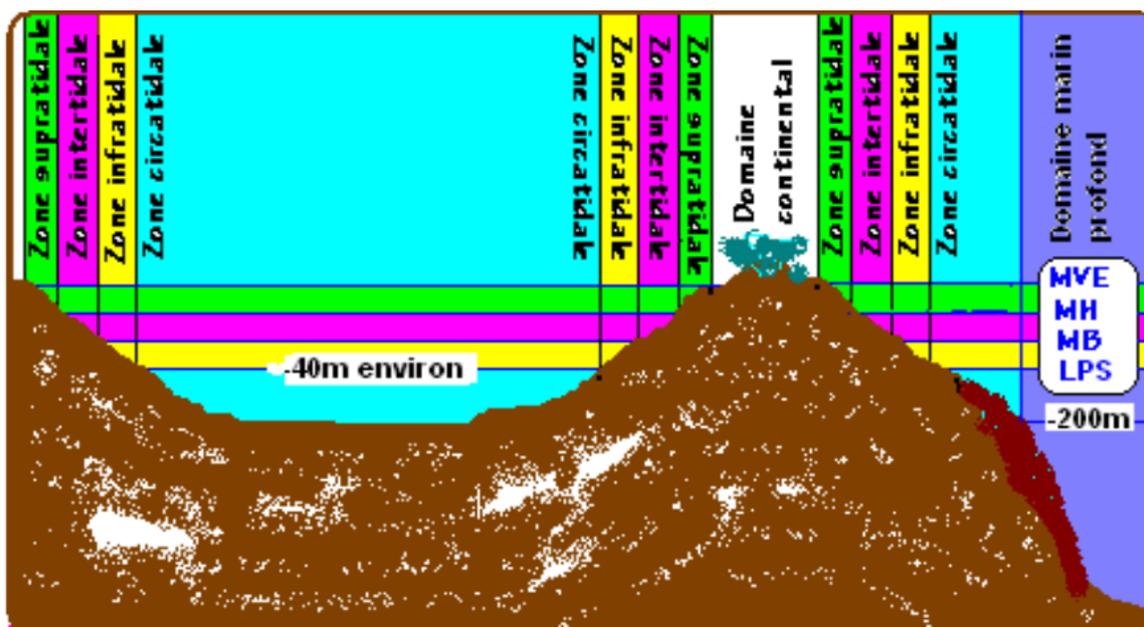
Fig.12 :Classification des roches carbonatés selon Dunham (1962)

- Classification d'Embry et Klovan (1971), quand la taille des sédiments dépasse 2mm car la classification de Dunham n'est plus applicable. D'autre part le terme boundstone reste vague compte tenu de la diversité des bioconstructeurs. Embry et Klovan (1971) ont proposé une autre classification basée sur la texture et sur l'architecture des bioconstructions (**Fig.13**)

ALLOCHTONES		AUTOCHTONES		
Faciès non construit formé de débris		Faciès bioconstruit		
Plus de 10% de Grains > 2 mm				
Eléments flottants dans une matrice	Eléments (>2 mm) jointifs	par des organismes érigés piégeant des sédiments	par des organismes encroûtants d'autres éléments	par des organismes formant une charpente rigide
Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone

Fig.13 : Classification des carbonates selon Embry et Klovan

- La zonation des faciès est faite par le modèle dépositionnel du Wilson ; on a enchainé les zones de faciès (ZF) selon les critères sédimentologique et biologiques (les microfossiles) à travers la plateforme proximal, distal et les mers profondes.



MVE : Marré de vives eaux ; MH : marée haute ; MB : marée basses ; LPS : limite photophiles

Fig .14 : Zonation hydrodynamique d'une plate-forme carbonatée avec barrière

2. Description pétrographique et sédimentologique

A. Puits P1

1. Intervalle : 920- 1252.30m

Série de calcaires sub-récifaux légèrement dolomitiques (5 à 15 %), qui progressivement vers 960 m passent à des marnes schisteuses noires à intercalations de marne-calcaires. Série à nouveau calcaire à partir de 1220 m. (Rapport interne de la SN REPAL ; 1954)

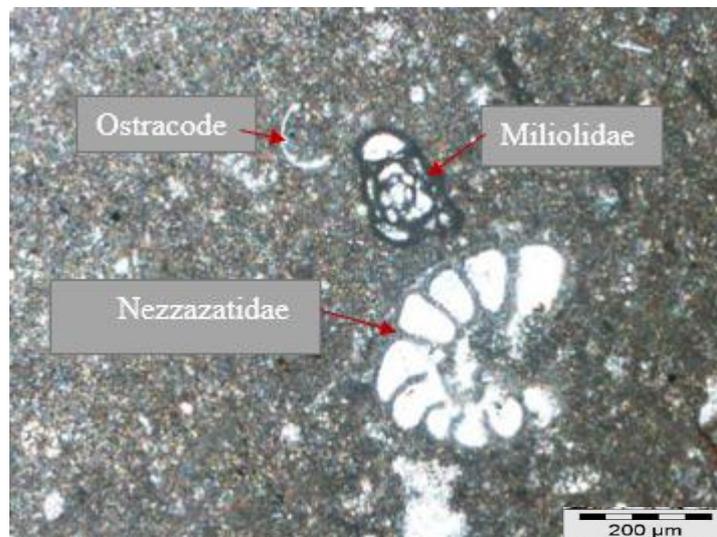
2. Inventaire des microfaciès

Pour ce puits six zones de microfaciès (6-ZF) ont été déterminés. Ces microfaciès correspondent aux carottes 9 à 12, 13 à 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29 et 30.

a) Le microfaciès à Foraminifères benthique et Ostracodes (MF 8) :

Ce sont des calcaires de texture wackstone (**Ph. 58**), représenté par une faible diversité animale. Les formes typiques abondantes sont des Foraminifères à test porcelané, les Miliolidae, Nezzazatidae et Cuneolina ; d'après Becker ; 1999 ; ces foraminifères benthiques sont utiles pour la zonation des carbonates marins de faible profondeur de la mer Téthys.

Les ostracodes dont la carapace est fine et les débris d'échinodermes sont rares dans la matrice micritique partiellement oxydée.



**Ph.58 : Wackstone à Foraminifères benthiques
et Ostracodes .x4. LN**

▪ **Le milieu de dépôts (ZF 8) : la plateforme interne restreinte**

Ce microfaciès (MF 8) suggère un environnement de dépôts restreint avec un confinement peu profond de sorte que quelque Echinodermes peuvent encore s'y rencontrer. Bien que la faible diversité des Foraminifères benthiques et les tests des carapaces d'Ostracodes renseignent sur la paléo-salinité faible dans ce lagon. (Garcia-Hernandez, 1981).

b) Le microfaciès à Algue (MF 7)

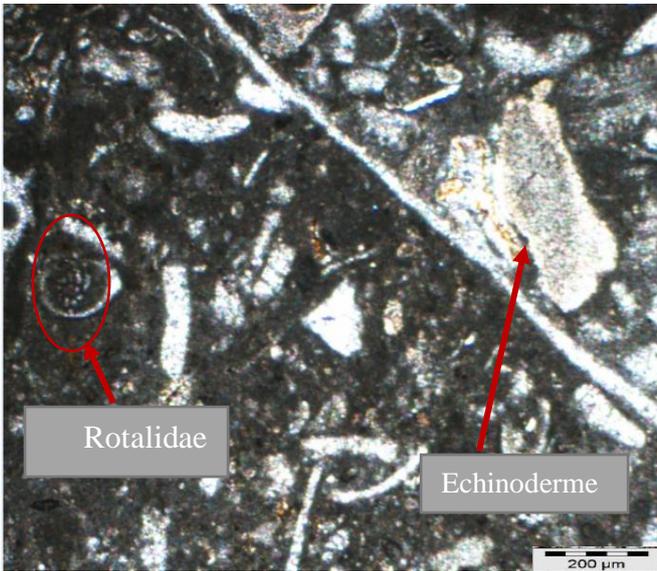
Ce microfaciès est constitué de mudstone à wackstone formants une séquence progradante.

Ils sont constitués d'une biomicrite très grossière et très mal classée, soulignée par des oxydes de fer ; la faune est de nature variée, partiellement recristallisée (débris d'Echinodermes, de Gastéropode, Lamellibranches, Intraclastes, Annélides **(Ph.61)** encroutées par des Rhodophycées, Calcisphères, Pithonella ovalis, Filaments) ; les Foraminifères benthiques (Rotalidea) associés à une pâte de loges de Foraminifères planctoniques avec la présence de Pelletoides sur certains niveaux.**(Ph.59 et60)**

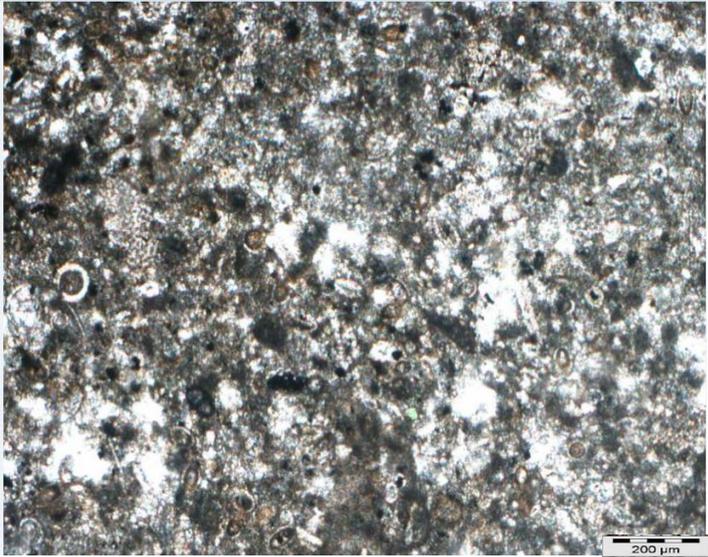
Les Algues vertes (Dasycladacées et Codiacées) sont présentes sur les carottes numérotées du 13 à 20 mais plus abondants sur les termes supérieurs en association avec des Gastéropodes de petite taille. **(Ph.62)**

▪ **Le milieu de dépôt (MF7)**

Les premiers termes Correspondent à des vases sableuses déposées dans un milieu marin ouvert (subtidal protégé) mais à peine confiné (présence des débris d'Echinodermes). Alors que les termes supérieurs référant aux Dasycladacées, sont situées purement dans la zone photique, au-dessus de la limite d'action des vagues.



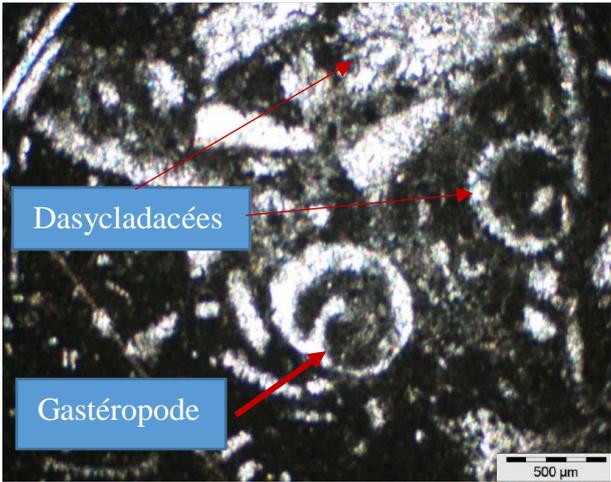
**Ph.59 : Wackstone à bioclastes
recristallisés .x4. LN**



**Ph.60 : Packstone à grainstone peloidaux
non laminé à pithonelles .x4. LN**



**Ph.61 : Wackstone à tubes d'Annélides
.x2. LN**



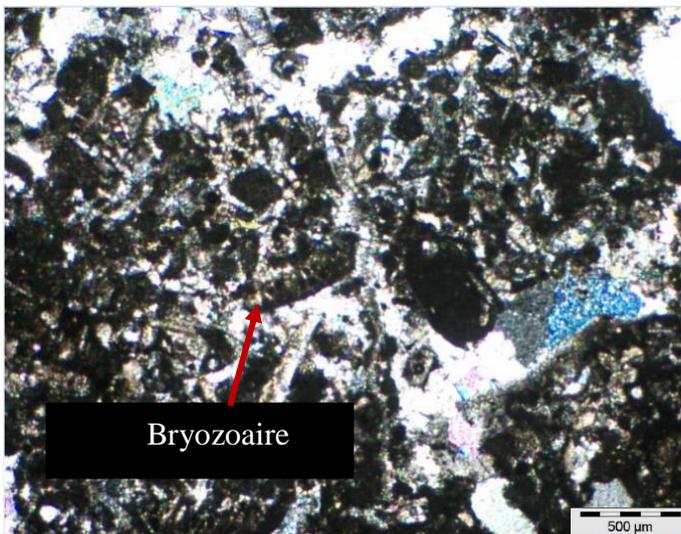
**Ph.62 : Packstone à bioclastes
recristallisés .x2. LN**

c) Le microfaciès à bioclastes revêtus et pelletoides (MF 6) :

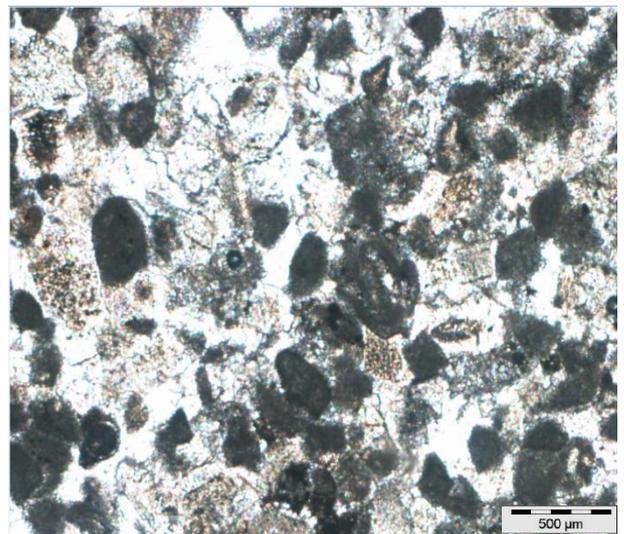
Ce microfaciès s'inscrit dans une texture qui passe de grainstone à packstone (**Ph.63 et 64**), les grains squelettiques se présentent par des enveloppes micritiques (Bryozoaire, Lamellibranches, Echinodermes), les grains non-squelettiques s'exposent par des traces d'ooids. Les pelletoides issues de l'altération des ooids due à l'amalgamation et la compaction des grains associés à quelque foraminifère benthique.

On remarque la grande diversité de la morphologie et les dimensions des grains.

Les pores intergranulaires sont remplis par la sparite.



Ph.63 : Packstone Pelletoidale .x2.LN



Ph.64 : Grainstones bioclastiques à Pelletoides. x2. LN

▪ **Le milieu de dépôt (ZF 6)**

Ce microfaciès renseigne sur une énergie élevée dans une zone infralittorale inférieure ; ces corps carbonatés constitués de sables bioclastiques et oolithiques micritisés se produisant largement en marge de plates-formes carbonatées, reflétant la dissipation de l'énergie des vagues et des marées le long de telles marges.

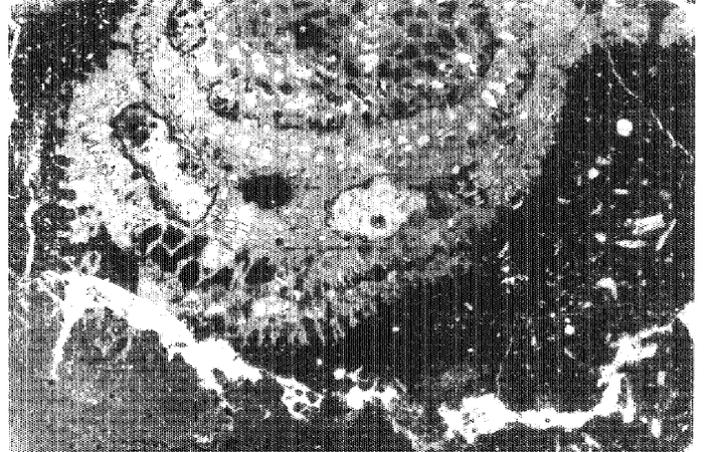
d) Le microfaciès à Rudiste et Polypiers (MF 5)

Ce microfaciès est constitué par des niveaux floatstones à rudstones à Rudistes et Polypiers baignant dans une matrice à texture wackstone à packstone.

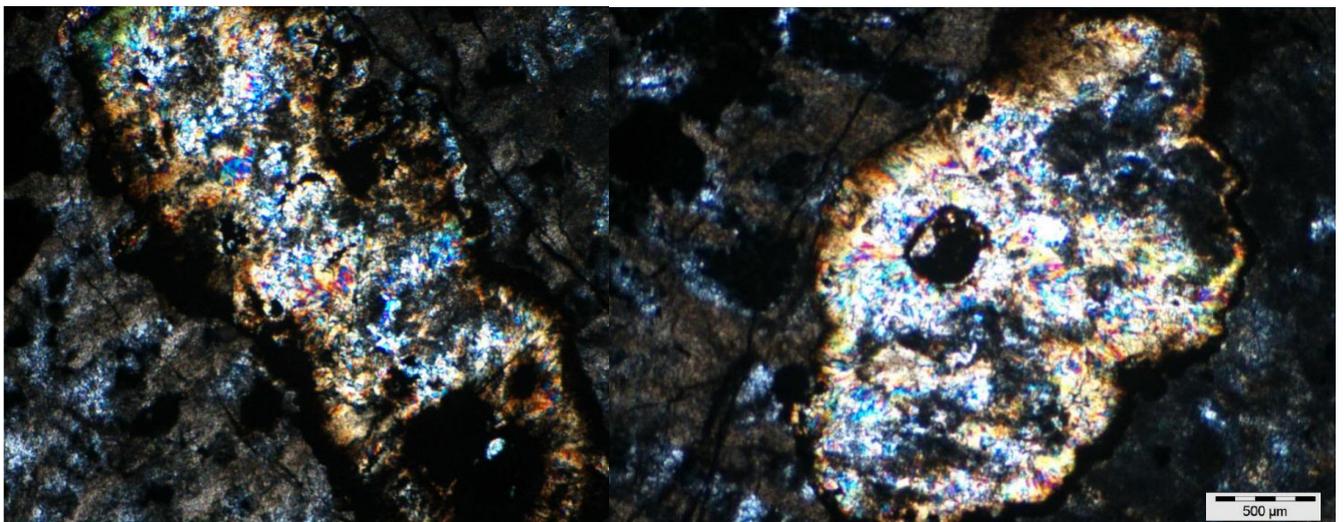
Les fragments grossiers de structure cellulaire sont des (Radiolites.sp) (**Ph.65**) or que les fragments branchiers recristallisés partiellement sont des Polypiers (**Ph.66 et 67**) perforés, épiginisés par la silice, certaines cavités sont remplit par la dolomite ; l'ensemble de ces bioconstructeurs baignant dans une matrice micritique à texture grumeleuse avec des oxydes sulfatés.



**Ph.65 : Rudstone à à test de rudiste
'Radiolitidae' ; G 8
(SN-REPAL ; Macoin ; 1955)**



**Ph.66 : Floatstone à polypier épiginisé ;
G 8
(SN-REPAL ; Macoin ; 1955)**



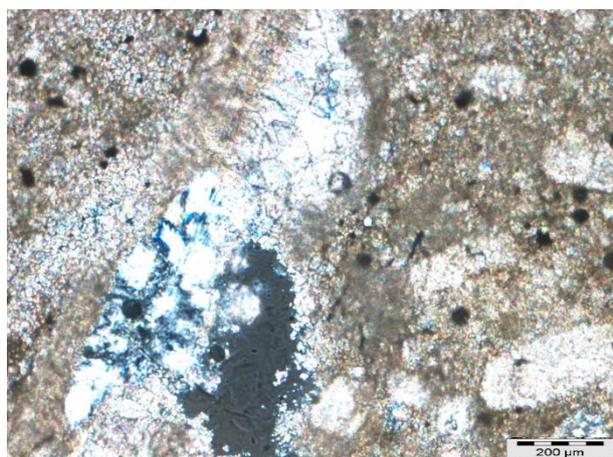
Ph.67 : Rudstone à Polypier épiginisé par la silice .x2. LP

e) **Le microfaciès silico-carbonaté à formes planctoniques (MF 3)**

Ce sont des mudstones à wackstones constitués des grains carbonatés parfois silicifié (chert) (**Ph.68**) ; avec des intercalations argileuses détritiques (Rapport, SN-REPAL, 1954).

Les Rotalidae (**Ph.69**) et quelque débris de Foraminifères pélagiques forment un faciès "purée" (sections de Globotruncanas, Globigérines, Gumbélines, Fissurines et d'autres formes non déterminable) (Rapport, SN-REPAL) ; est mélangé avec des grains fins de détritits déplacé de la plateforme proximale.

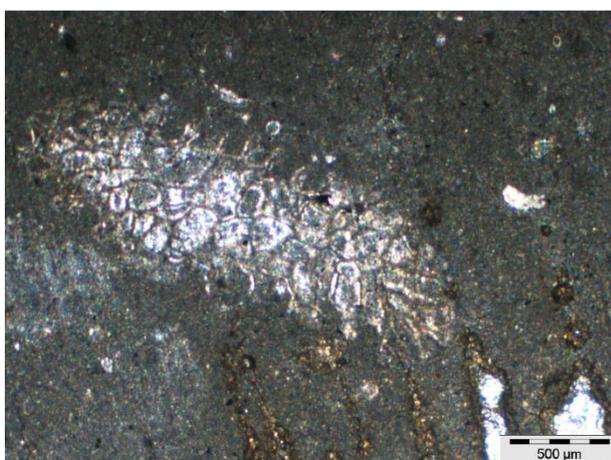
La taille des grains est variable, quelque fragments tel que Bryozoaires (**Ph.70**) et les plaques d'Echinodermes forment des microfaciès floatstone allochtone dans une matrice micritique partiellement recristallisées ; sur certains niveaux la dolomite épigénise la matrice micritique (**Ph.71**).



Ph. 68 : wackstone silicifié. x4. LN

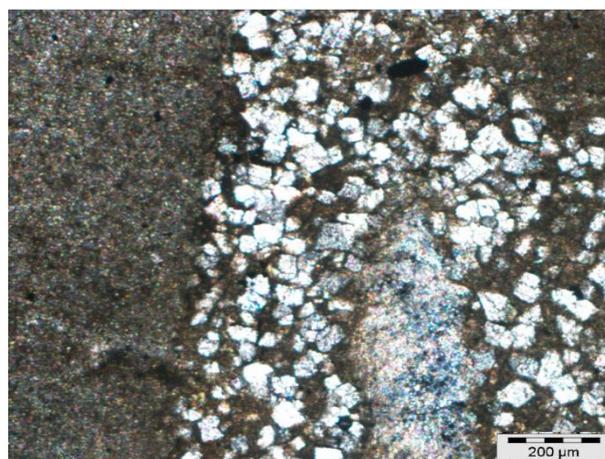


Ph.69 : wackstone à Foraminifères benthiques .x4. LN



Ph.70 : Wackstone à Lamellibranches.

x 2. LN

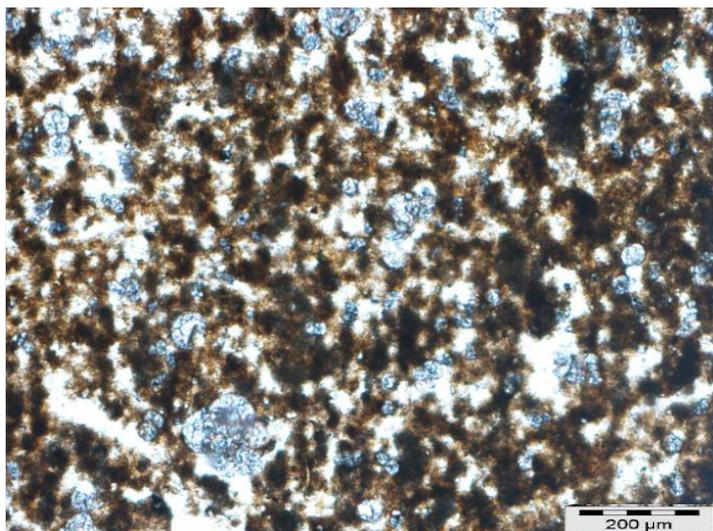


Ph.71 : Wackstone ; légèrement dolomitisé .x2. LP

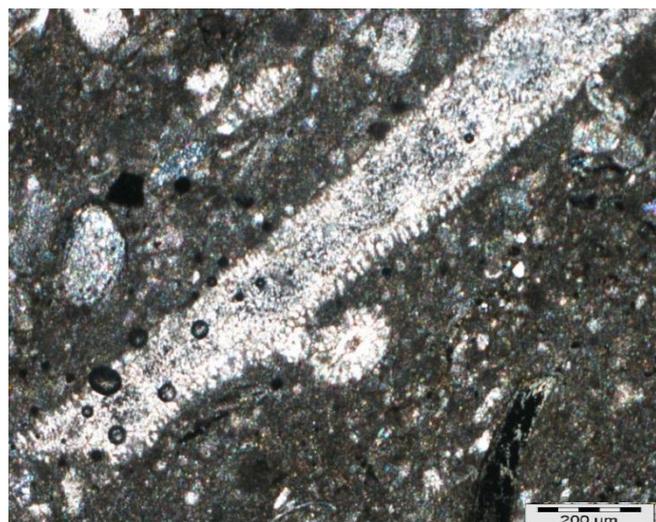
f) Packstone à Foraminifères pélagiques et formes juvéniles (MF 3)

Ils sont représentés par des calcaires wackstones à packstones et packstones laminés, renfermant des Hedbergelles, Hétérohelicidés, Calcisphères avec accessoirement des Globotruncanas (**Ph.72**).

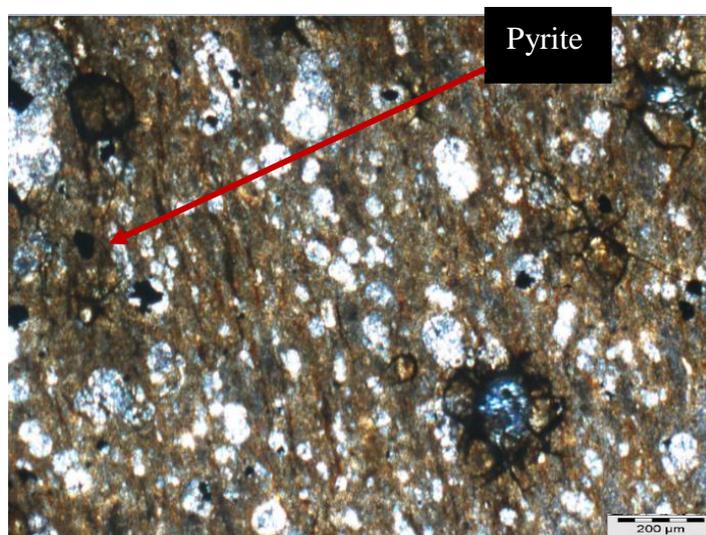
Présence sporadique de dépôt de tempêtes distales représentées par les débris de Mollusques et Echinodermes (**Ph.73**). La matière organique se présente en quantité plus ou moins appréciable, sous forme de lits infra millimétrique en alternance régulière avec des micro-intervalles condensées donnant au microfaciès un aspect laminé. (**Ph.74**)



Ph.72 : Packstone à Foraminifères pélagiques .x4. LP



Ph.73 : wackstone à Echinoderme .x4. LN



Ph.74 : Packstone laminé à Foraminifères pélagiques .x4.LN

▪ Le milieu de dépôt (ZF 3)

Il s'agit des horizons de condensation de microfaunes accompagnant le maximum de transgression durant lesquels le taux de sédimentation devient de plus en plus réduit.

Ce microfaciès se serait déposé dans une zone de transition (circalittorale/bathyale) d'un environnement de bas de talus.

Cet approfondissement serait lié à un approfondissement brusque lié à un mouvement des blocs basculés.

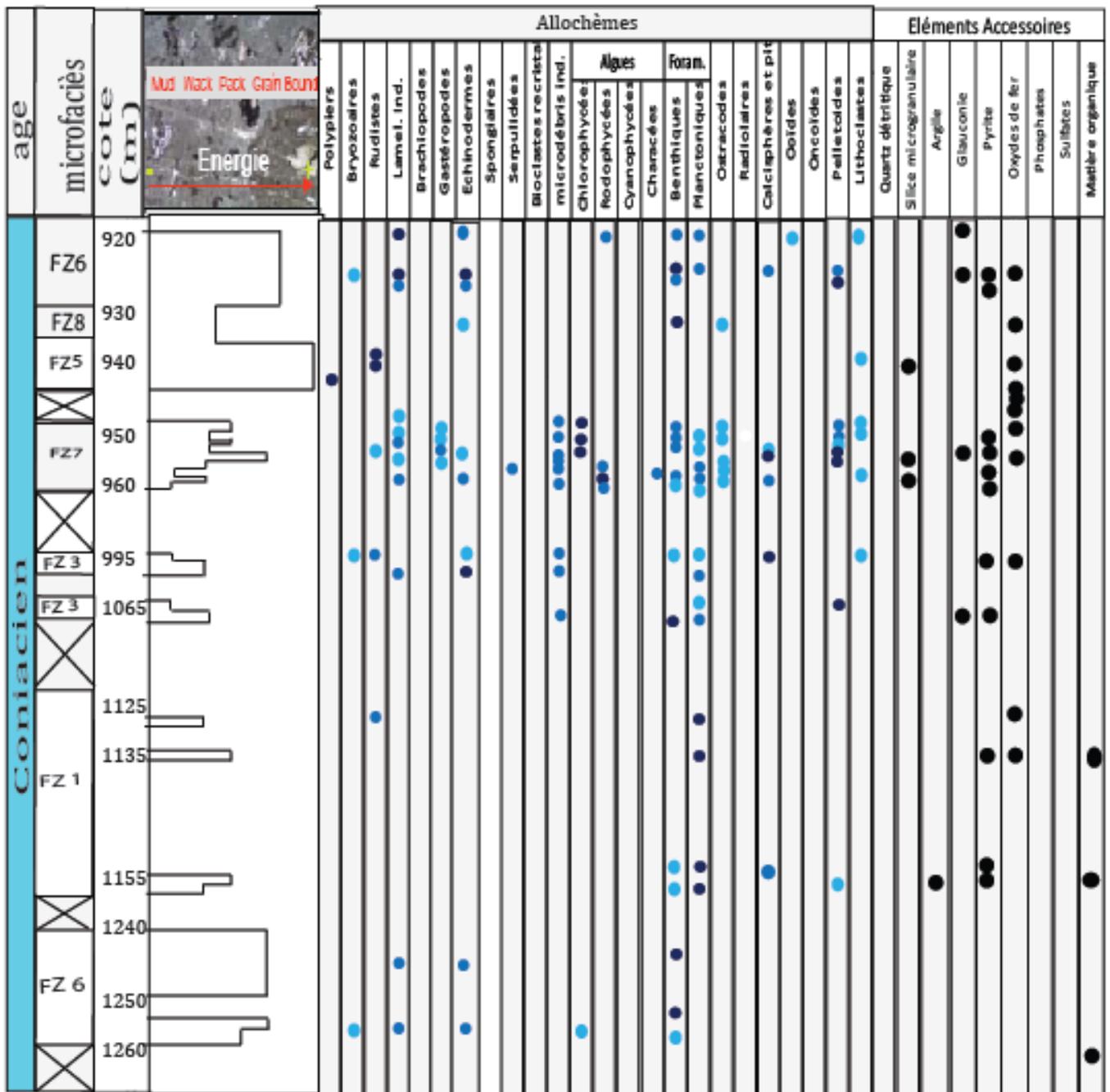
La pyrite framboïdale témoigne des conditions réductrices de milieu.

B. Conclusion sur le puits P1

Il s'agit de deux séquences ; l'une rétrogradante suivie par une autre progradante à aggradante (**Fig.15**).

La séquence rétrogradante débute par des microfaciès de la zone infralittorale ; des niveaux bioclastiques grossières de période de forte énergie évoluant vers des conditions calmes, approfondissement maximal et apparition des niveaux condensés.

La séquence progradante à aggradante dont les conditions sont celles d'un milieu lagunaire avec des zonations hydrodynamique différentes.



Legende

Matrice :		 Non carotté
Mc :	Micrite	
Mp :	Microsparite	
Sp :	Sparite	
Dm :	Dolomicrite	
Dc :	Dolomite cristalline	
Fréquence :		
	Très abondant	
	Fréquent	
	Peu abondant	

Fig.15 : Log descriptif du puits P1

C. Puits PF2

1. Intervalle : (645-1260 m)

Cet intervalle se constitue par des alternances de marnes, d'argiles et de calcaires argileux avec des calcaires organogènes à débris d'organismes récifaux et de marnes. (Rapport ; SN-REPAL ; 1954). C'est dans ce dernier terme que plusieurs niveaux de calcaires bioclastiques sont réservoirs.

2. Inventaire des microfaciès

a) Le microfaciès à calcisphères (MF 7)

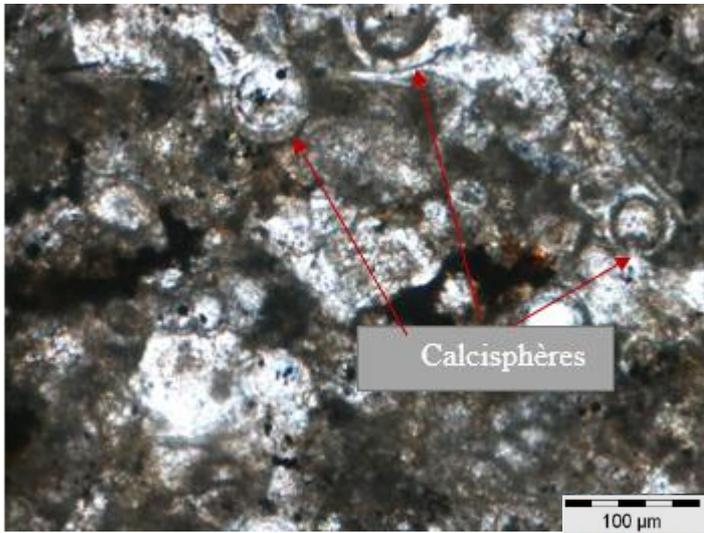
Ce sont des calcaires wackstones, wackstones à packstone et packstones, à glauconie, renfermant une microfaune essentiellement pélagique, dominée par les Calcisphères (**Ph.75**) considérés comme des kystes de Dinoflagellés par la plupart des auteurs (Flügel ; 2004) et (Keupp ; 1981) avec bien étendu la présence des Foraminifères pélagiques (Heterohelicidae,) (**Ph.76**) et des petits Foraminifères benthiques (Lituolina (**Ph.77**) ; les Rotalidae (**Ph.78**) et les Textularidae (**Ph.79**)).

Ces biomicrites renferment des proportions importantes de débris de macrofaunes (Echinodermes ; rostre de Bélemnite (**Ph.80**), Lamellibranches (**Ph.81**) remaniés par les tempêtes distales.

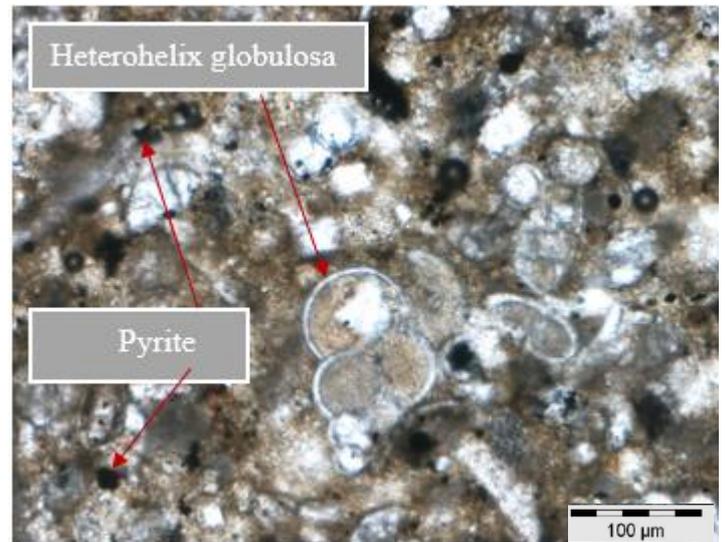
Les fragments de Mollusques sont par endroits silicifiés (**Ph.82**) ou même encroutés par des Rhodophycées (**Ph.83**).

Certains niveaux sont épiginisés par la dolomite, des rhomboèdres flottants dans la matrice micritique, des plages de la matière organique sont associées à la pyrite. (**Ph.84**)

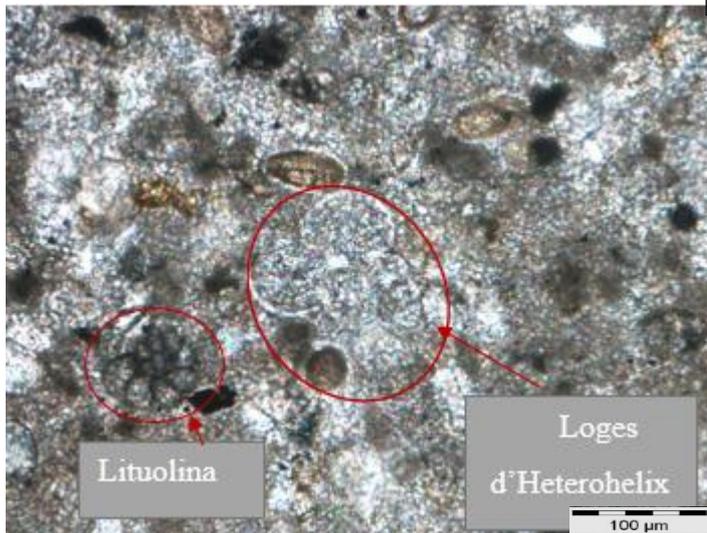
L'enfouissement semble être très rapide marqué par l'arrêt de la micritisation.



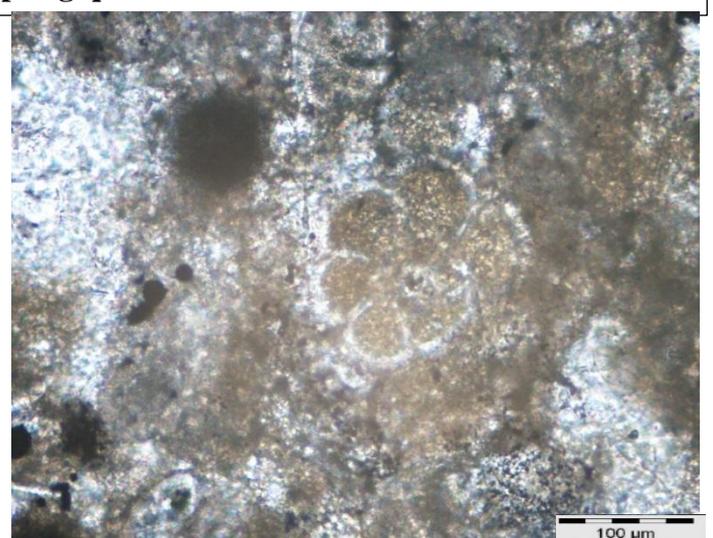
Ph.75 : wackstone à Calcisphères .x10.LP



Ph.76 : Wackstone à Foraminifères pélagiques .x10.LP



Ph.77 : Wackstone à Pithonelle et Foraminifères .x10.LP



Ph.78 : Wackstone à Rotalidae x10.LP



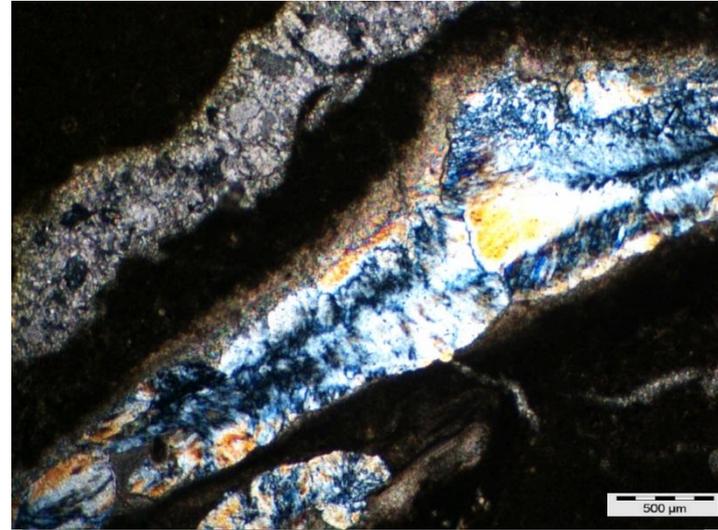
Ph.79 : Foraminifères benthiques .x10.LN



Ph.80 : Wackstone à Lamellibranches .x2.LN



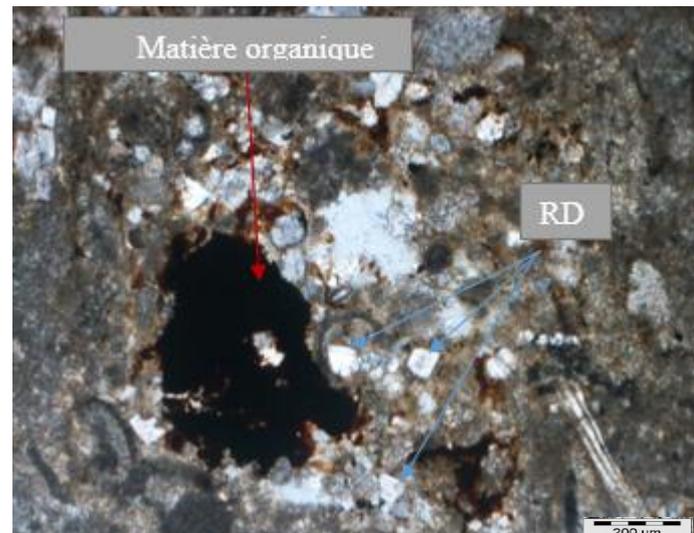
Ph.81 : Wackstone à Lamellibranches .x2. LN



Ph.82 : Silicification d'un Lamellibranches ; colmatage d'une fissure (haut gauche) .x2. LP



Ph.83 :Wackstone à bioclaste encrouté par des Rhodophycées .x4.LP



Ph.84 :Matrice micritique dolomitisée imbibée par la matière organique .x4.LP

▪ Le milieu de dépôt

Cette association caractérise un milieu marin ouvert appartenant soit à un milieu infralittoral soumis à un hydrodynamisme constant et à l'action de la houle et des courants généraux, soit à un milieu circalittoral calme confirmé par la présence de l'espèce *Gaudryina* (**Ph.79**), considérée comme tolérante à une faible oxygénation du milieu (Gertsch et al. ; 2010). Mais relativement moins profond suggéré par la présence des fragments d'Algues encroûtantes.

Par ailleurs, la stagnation de l'eau interstitielle dans le sédiment et le confinement interne qui en résulte conduisant à l'apparition des conditions réductrices et au dépôt de composés de fer et la pyrite.

Par contre, le milieu marin très oxygéné à la surface permet la prolifération et le développement du plancton animal (Hétérohlicidae, Rotalidae) et végétal (Calcisphère).

b) Le microfaciès à bioclastes recristallisés (MF 6)

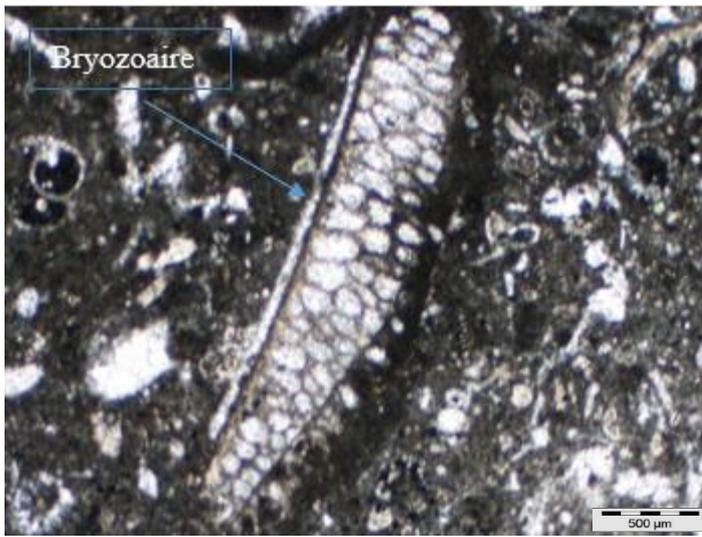
Il s'agit une biomicrite, wackstones à packstone, grossière et mal classée, à allochèmes usés mécaniquement, dominés par des Gastéropodes fortement recristallisés ; les Bryozoaires (**Ph.85**) gradués en ascendant verticalement.

On note aussi la présence des Foraminifères benthiques (*Nezzazatenella picardi* (**Ph.86**), *Cuneolina.sp* (**Ph.87**), *Bolivinopsis capitata.Yakovlev* (**Ph.88**)) et d'autre planctonique (*Whiteinella baltica* (**Ph.89**) et des Hedbergelles) ; Dasycladacées (*Acicularia. sp*) (**Ph.90**), des Annélides (**Ph.91**), Lamellibranches (**Ph.92**) et Echinodermes.

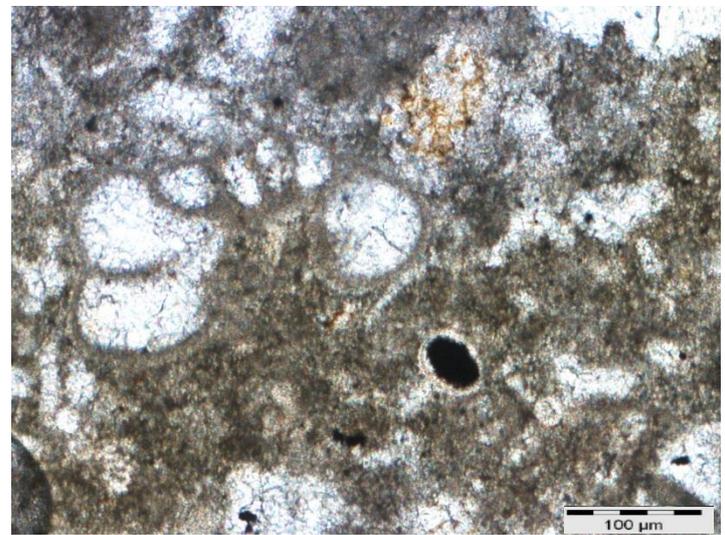
Les bioclastes soit à test aragonitique (Gastéropode) ou calcitique (Pycnodontid) (**Ph.93**) sont recristallisés et parfois à parois micritisées partiellement.

La matière organique se trouve en imbibition dans les fissures (**Ph.94**).

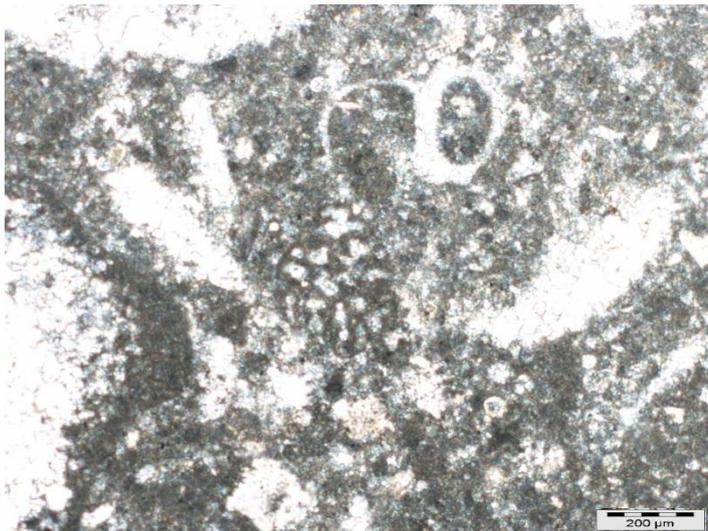
On note aussi la présence accessoire de pelletoides.



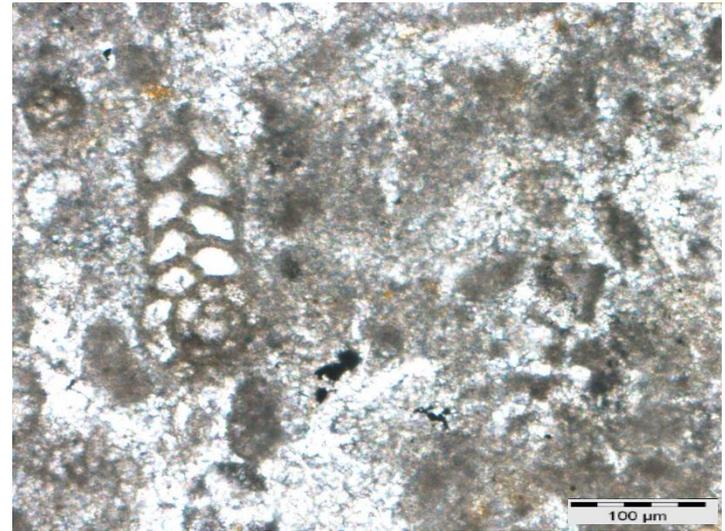
Ph.85 :Matrice micritique à bioclastes et Bryozoaire .x2. LN



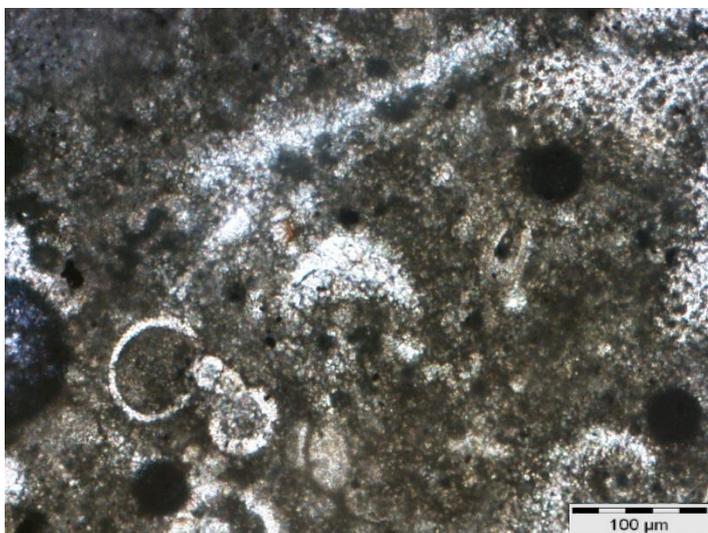
Ph.86 :Matrice en voie de recrystallisation montrant un Foraminifère benthique .x10. LP



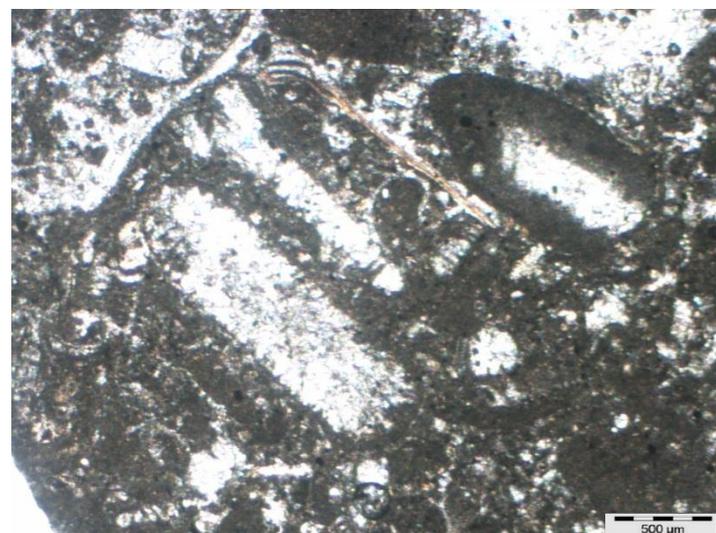
Ph.87 :Matrice micritique à Cuneolina .x4. LN



Ph.88 : Matrice micritique à Foraminifère benthique .x10 . LN



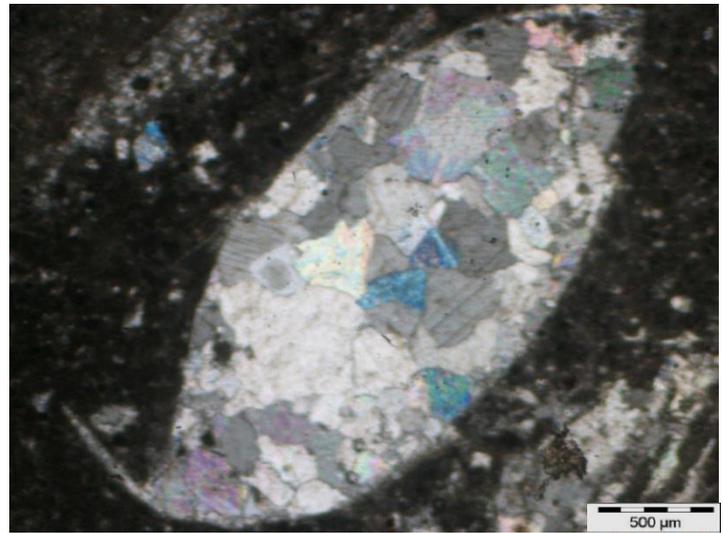
Ph.89 : Foraminifère pélagique "Whiteinella baltica .x10. LP



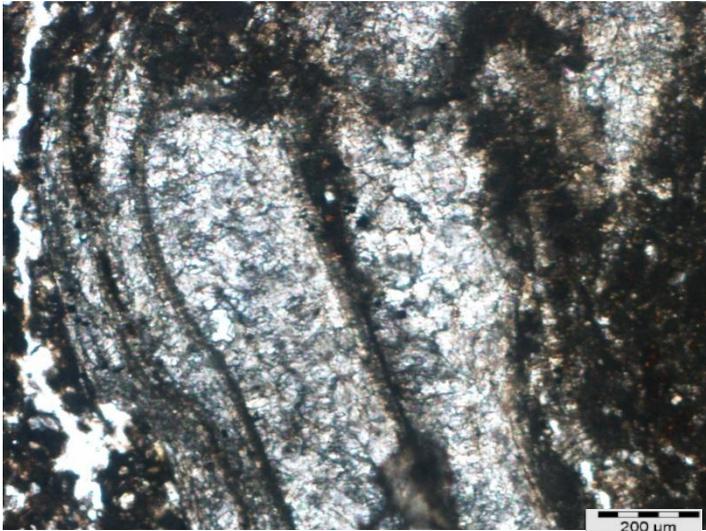
Ph.90 : Algues vertes "Acicularia. sp" . x2. LN



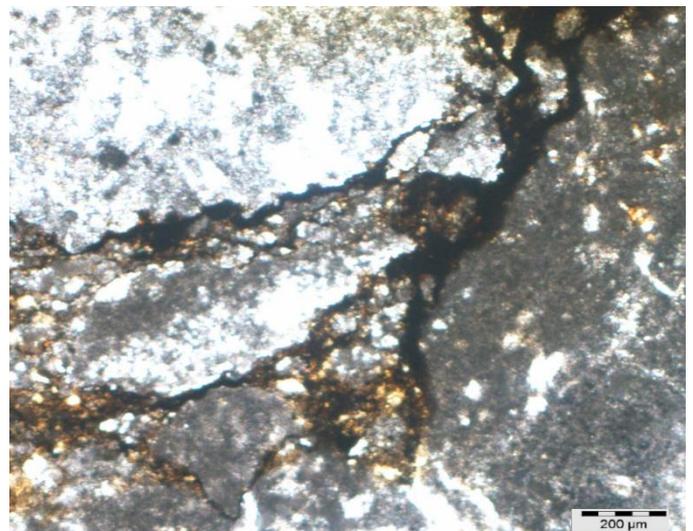
Ph.91 : Les tubes d'Annélides à parois recrystallisés .x2. LP



Ph.92 : Un bivalve recrystallisé .x2. LP



Ph.93 : Lamellibranche recrystallisé "Pycnodontid" .x4. LP



Ph.94 : Des joints imbibés par la matière organique .x4. LN

▪ Le milieu de dépôt (ZF 6)

Cette association caractérise les milieux marins ouverts, correspondant à la zone infralittoral des sables carbonatés.

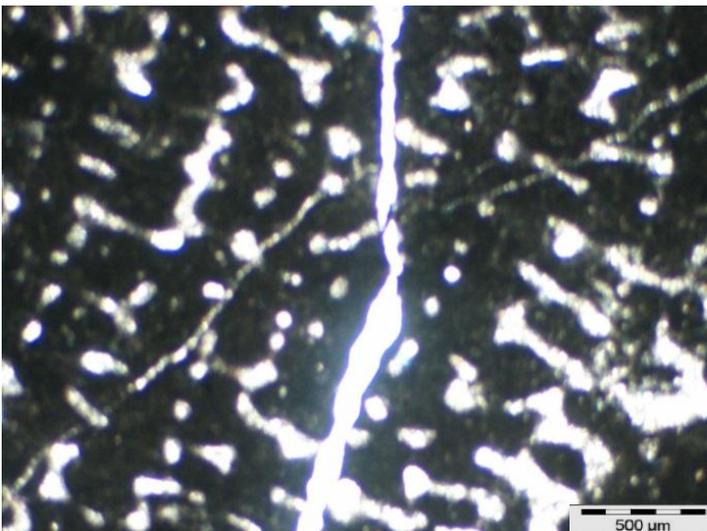
Par ailleurs la présence des Echinodermes, les Bryozoaires, les algues vertes (Acicularia) indiquent la sédimentation dans une faible tranche d'eau.

La prépondérance des Gastéropodes et d'Annélides suggère une tendance à la lithification des fonds sédimentaires et témoignent d'un niveau d'énergie très élevée.

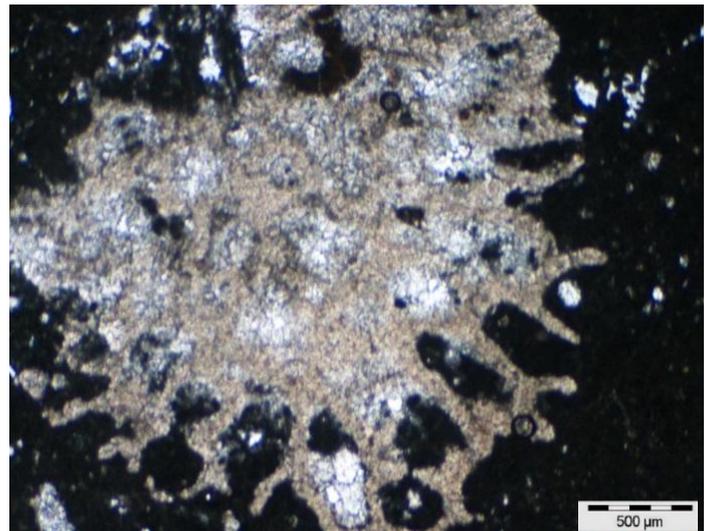
L'influence de la houle due aux tempêtes est fort possible responsable de la genèse de ses accumulations bioclastiques exposés sur la marge externe de la plateforme.

c) Le microfaciès à monticules biogéniques (MF 5)

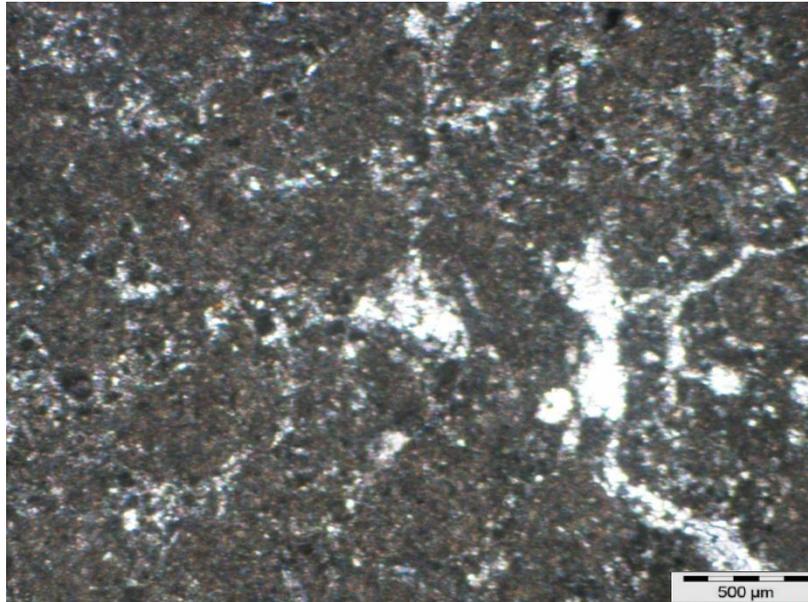
Il s'agit des calcaires de texture floatstone, des structures non rigides, formées par le piégeage des sédiments biogéniques (Polypier) (Ph.95 et 96), à ciments soit micritique, soit dolomitique, englobant des gros débris de Polypier, Bryozoaires, des oncoïdes (Ph.97).



Ph.95 : Boundstone à Coraux fissurés. x 2. LN



Ph.96 : Floatstone à Coraux recristallisés partiellement .x2. LP



**Ph.97 : Matrice recristallisée à
Oncoïdes .x2. LN**

- **Le milieu de dépôt**

La présence des monticules biogéniques à la place des bioconstructeurs récifales, et le fait que leur texture soit en plus grande partie boueuse, suggèrent que les édifices n'ont pas atteint la zone d'action des vagues lors de leur croissance verticale, ils se sont formés dans des milieux sous une relative tranche d'eau, la présence des oncoïdes infirme cette proposition.

Ils peuvent être attribués à la zone infralittorale inférieure à médiane.

d) Le microfaciès à Rudiste (bioconstruction) (MF5)

Il s'agit de calcaires rudstone/packstone et boundstone/grainstone, à gros Rudiste (**Ph.98**), fragmentés (**Ph.99**), perforés, partiellement ou totalement remplis de sparite ou de la dolomite (**Ph.100**).

Sur certains niveaux les grains détritiques sont omniprésents illustrés par le quartz anguleux (**Ph.101**)

Il est à noter que le phénomène de silicification touche certains fragments de Rudiste (**Ph.102**)

Ces Rudiste sont parfois associés par des Echinodermes, des Gastéropodes, des Annélides (**Ph.103**) et des Intraclastes (**Ph.104**), Ces bioclastes sont sub-sphériques (**Ph.105**) par suite de l'usure mécanique due aux remaniements qui témoignent un approfondissement du milieu de dépôt.

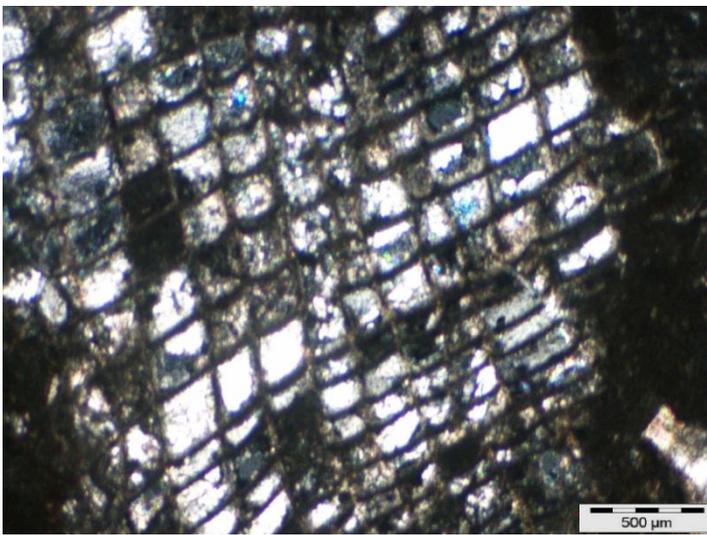
La compaction joue un rôle très important sur ces faciès, Des contacts droits entre les grains. Malgré le développement du ciment en aiguilles autour de ces débris (**Ph.106**).

La porosité est générée par la fissuration (**Ph.107**) et la dissolution de la matrice sparitique (**Ph.108**) et dégradée par l'accroissement sparitique du ciment autour des grains (**Ph.106**).

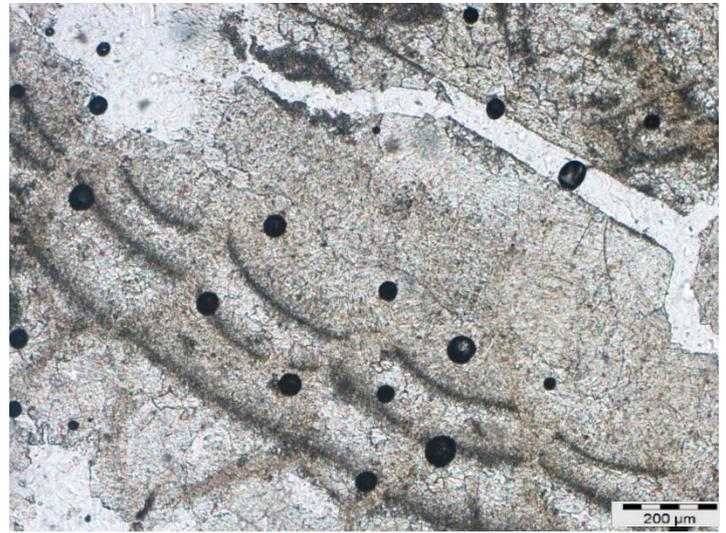
▪ **Le milieu de dépôt**

Ce microfaciès suggère un milieu fortement agité, situé au-dessus de la limite d'action des vagues subissant un fort hydrodynamisme permettant la cimentation sparitique pure.

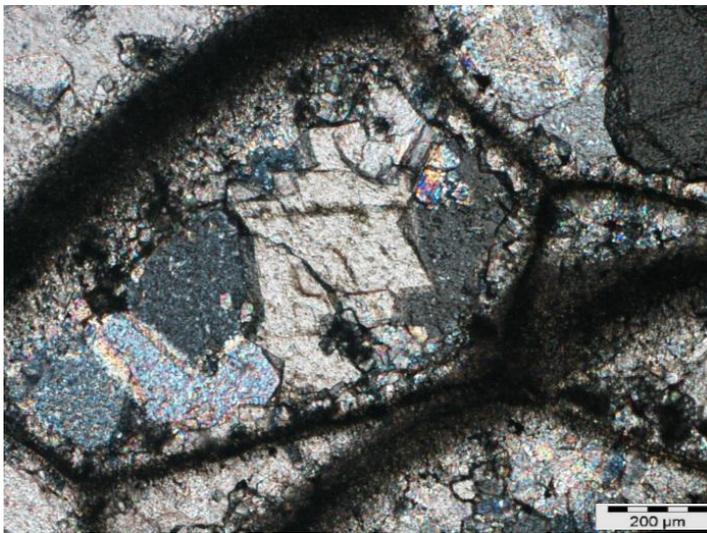
Il s'agit des dépôts autochtones d'une marge de la plateforme carbonatée dans la zone infralittorale.



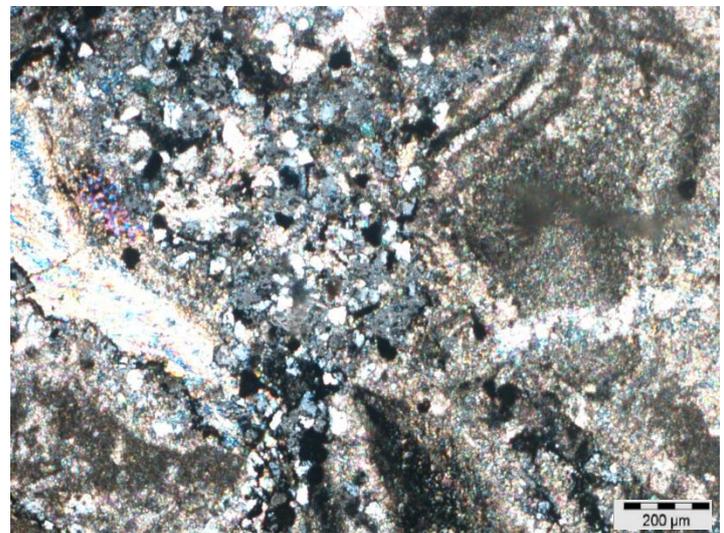
**Ph.98 : Radiolatidae partiellement
recristallisé .x2. LP**



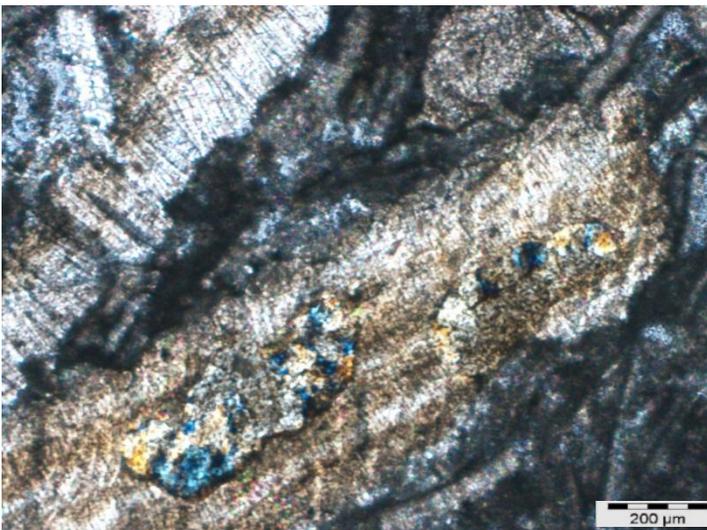
Ph.99 : Rudiste fissuré .x4. LP



**Ph.100 : Rudiste développant deux
types de ciments.x4. LP**



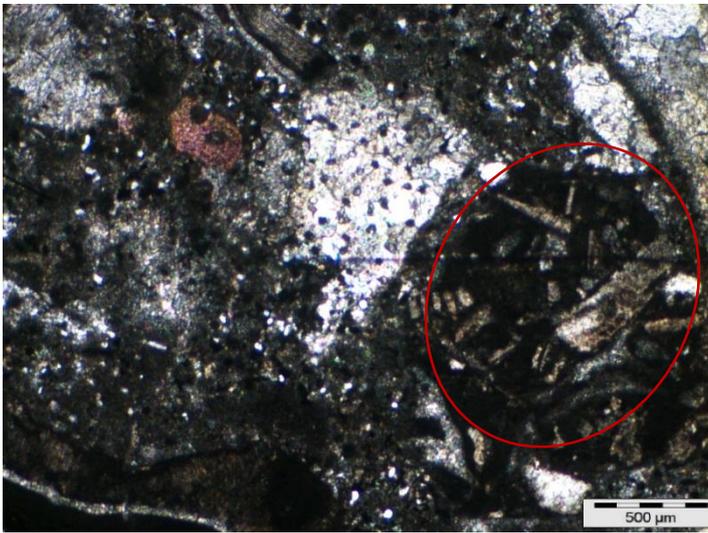
**Ph.101 : Matrice dissoute avec le quartz
détritique .x4. LP**



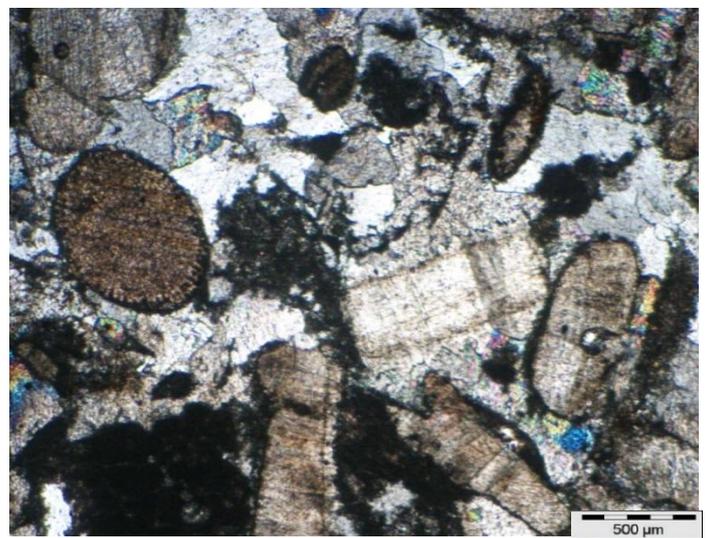
**Ph.102 : Floatstone à débris de
Rudistes silicifiés .x4. LP**



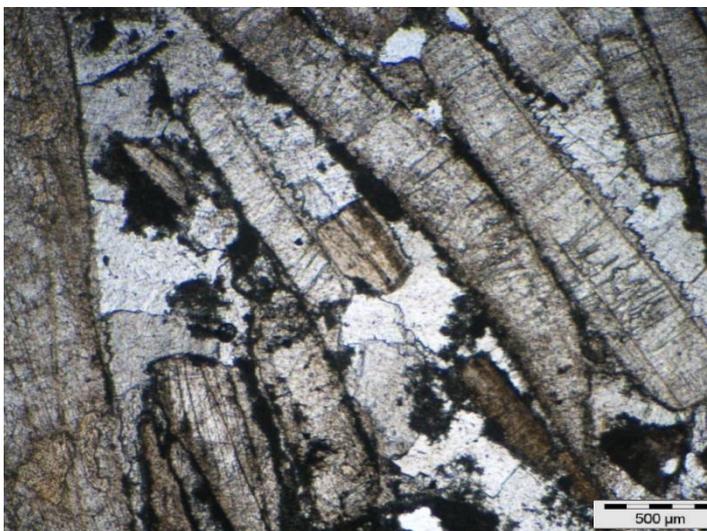
**Ph.103 : Matrice micritique à Serpulidés
montrant des grains de quartz détritique .x2.
LP**



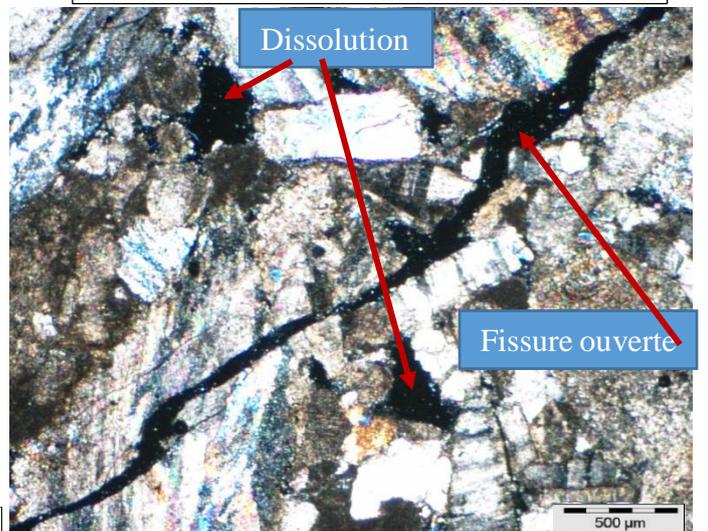
Ph.104 : Packstone montrant un Extraclast .x2. LP



Ph.105 : Packstone à débris émoussés .x2. LP



Ph.106 : Floatstone à débris de Rudiste .x2. LN



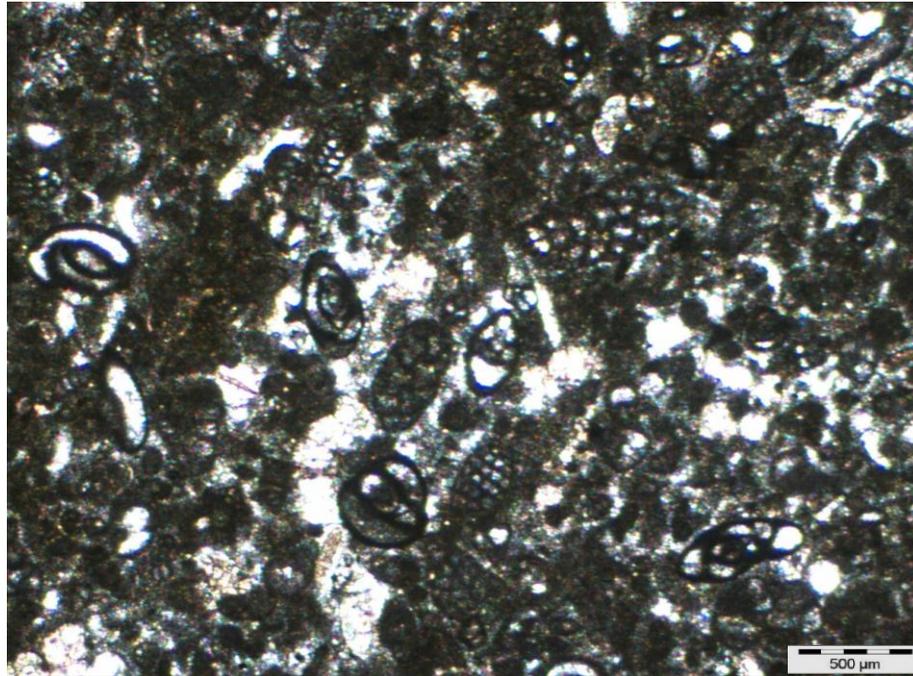
Ph.107 : Packstone à débris de Lamellibranches .x2. LP



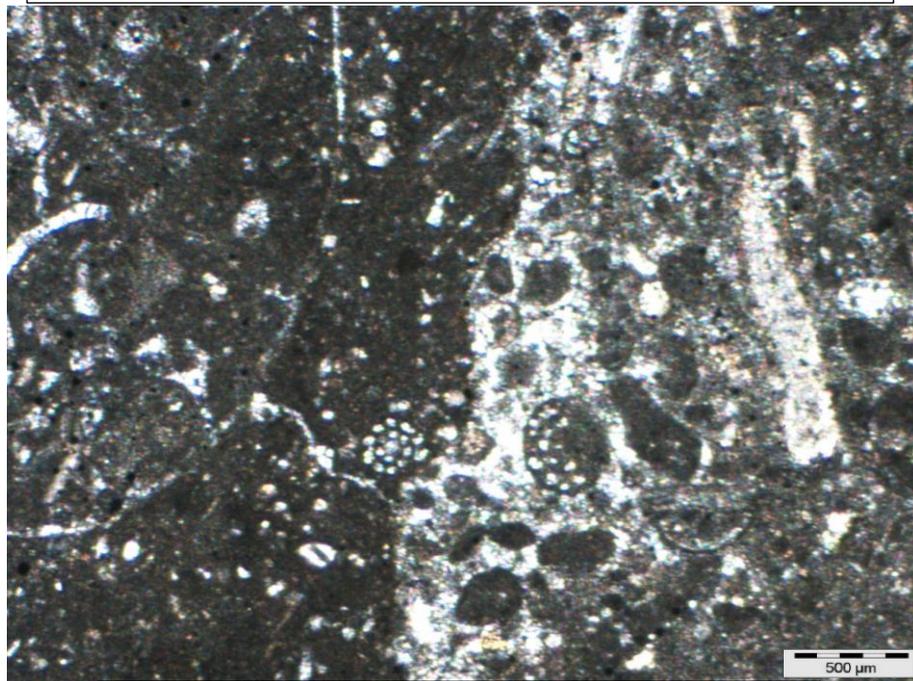
Ph.108 : Packstone à Lamellibranches, subit la dissolution .x4. LP

e) Le microfaciès à Foraminifères benthiques (MF 7)

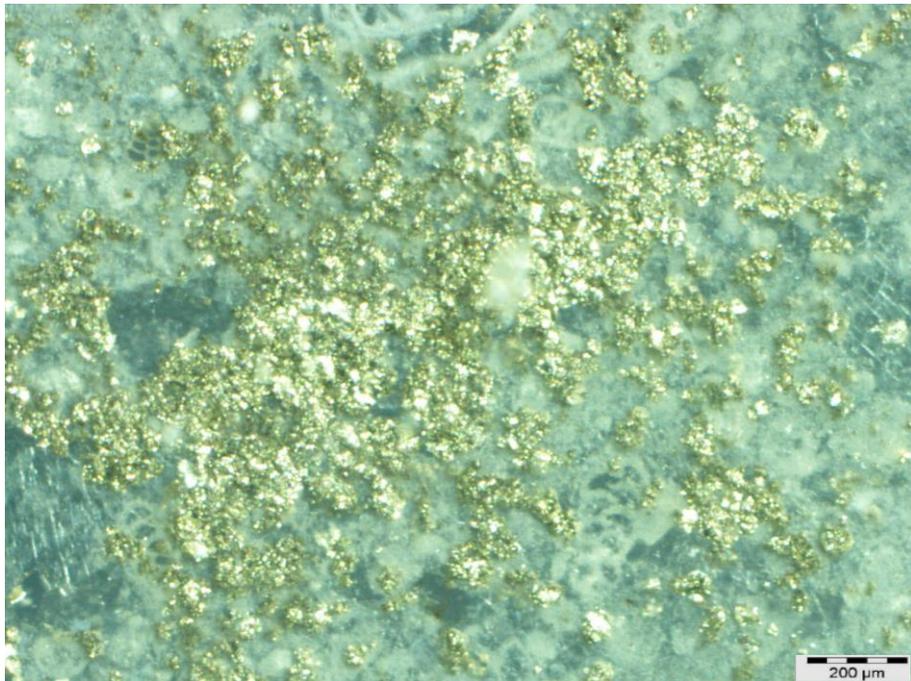
Ce sont des calcaires wackstones qui renferment les Foraminifères benthiques de test porcelané (Miliolidae), ou agglutiné (Cuneolina, Moncharmontia appeninica), les Echinodermes sont rare, la matrice micritique est en voie de recristallisation (**Ph.109et 110**). La pyrite est présente sur certains niveaux (**Ph.111**).



**Ph.109 : Packstone à Miliolidae, Textularidae et Dicyclina
.x2. LN**



**Ph.110 : Wackstone à Foraminifères benthiques,
la matrice est en voie de recristallisation .x2. LN**



Ph.111 : Pyrite en amas .x4. LR

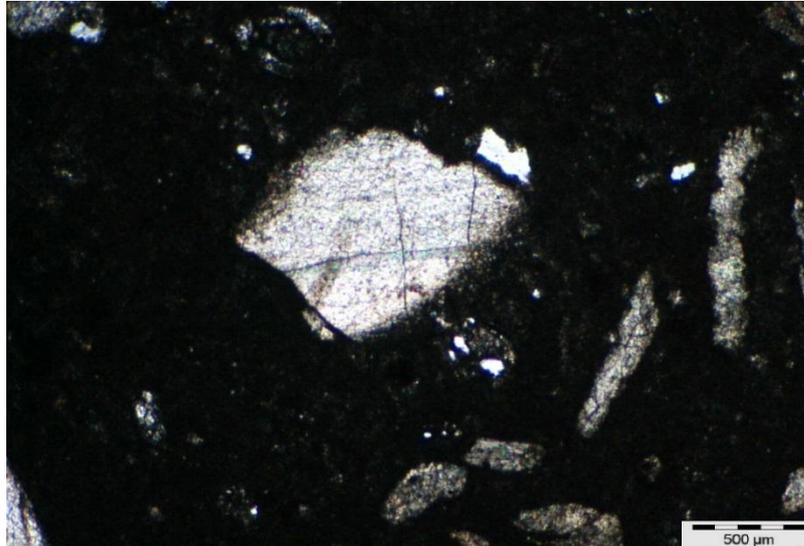
- **Le milieu de dépôt**

Ce microfaciès a des caractéristiques d'un milieu restreint, l'absence des bioclastes suggère une faible oxygénation du milieu.

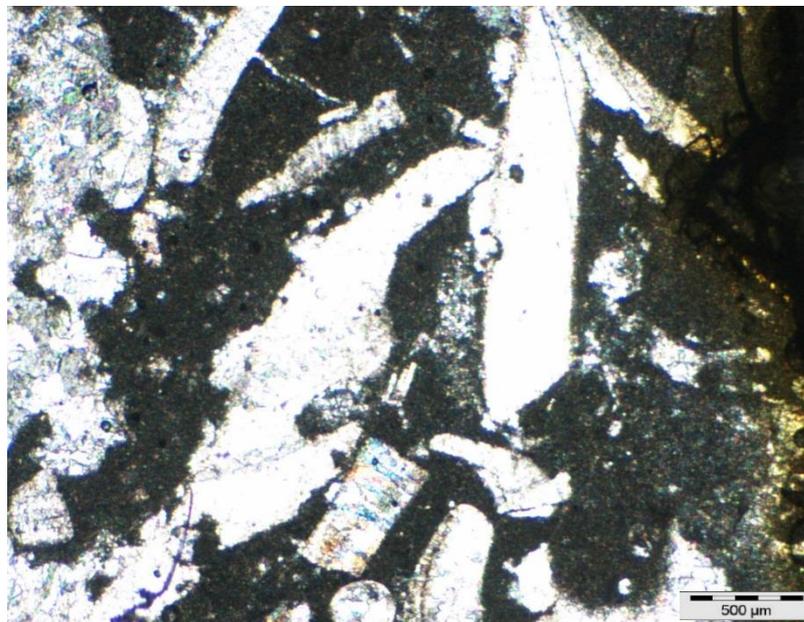
La présence des Cunéolines suggère un milieu peu profond, calme et à salinité proche de la normale, en plus les Foraminifères à test porcelanés sont généralement épiphytes, donc se localisent dans les zones euphotiques peu profondes agitées ou calmes, bien que selon Sliter et Baker (1972), les Miliolidae caractérisent la zone infralittorale.

f) Le microfaciès à Rudiste (floatstone) (FZ 6)

Il s'agit des calcaires wackstone/floatstone constitués de débris de Rudistes, grossiers à fins, anguleux à sub-anguleux, mal classés, baignant dans une matrice micritique (**Ph.112 et113**)



Ph.112 : wackstone à fragment de Rudiste .x2. LP



Ph.113 : Floatstone à débris de Rudiste .x2. LN

- **Le milieu de dépôt**

Ce microfaciès constitué par des éléments monogéniques, mal classés, indique une sédimentation proche des bioconstructions ; il s'agit des éléments remaniés par les vagues dans la zone intertidale de l'environnement arrière barrière.

- g) Le microfaciès à bioclastes revêtus et oncoïdes (MF 6)**

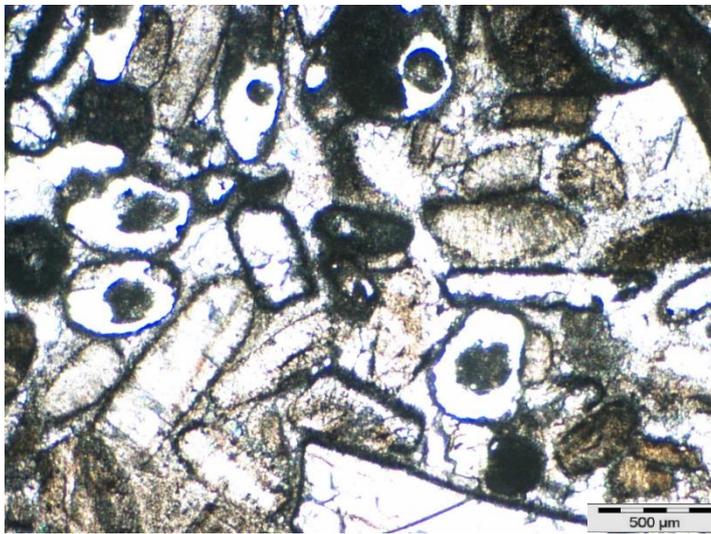
Il s'agit des calcaires packstones et grainstone constitués par des bioclastes sub sphériques à sphériques ; dominés par des Lamellibranches à parois micritisées (**Ph.114**) ou formant des oncoïdes (**Ph.115**).

Ces sables carbonatés grossiers, modérément triés, parfois gloconieux, renferment aussi des Echinodermes, des Foraminifères benthiques (Rotalidae) (**Ph.116**) et des Pelletoides.

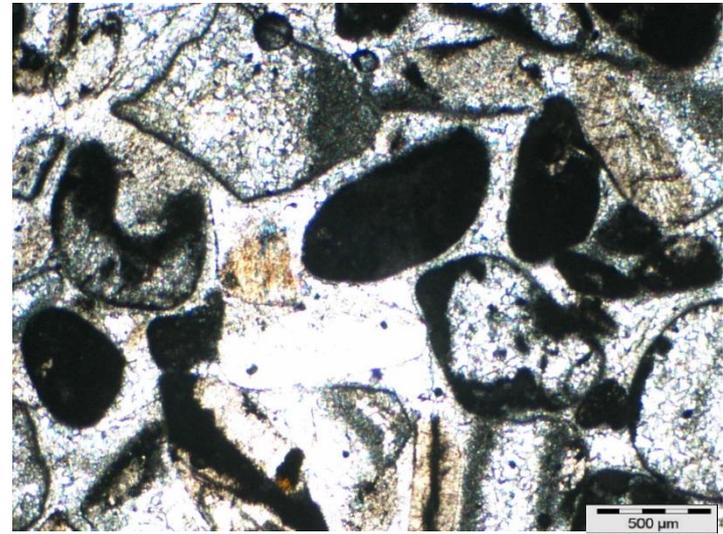
La porosité est générée par la dissolution du ciment et le remplissage sparitique des bioclastes (**Ph.117**) tandis que les fissures développées sont totalement colmatées par la sparite (**Ph.118**).

- **Le milieu de dépôt**

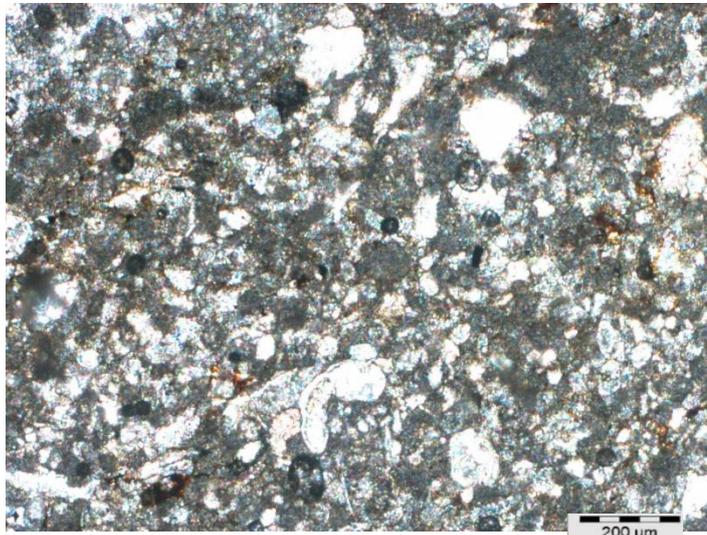
Il s'agit d'un microfaciès de la zone infratidale à intertidale à hydrodynamisme fort, la micritisation des parois indique un enfouissement faible permettant la micritisation ces bioclastes.



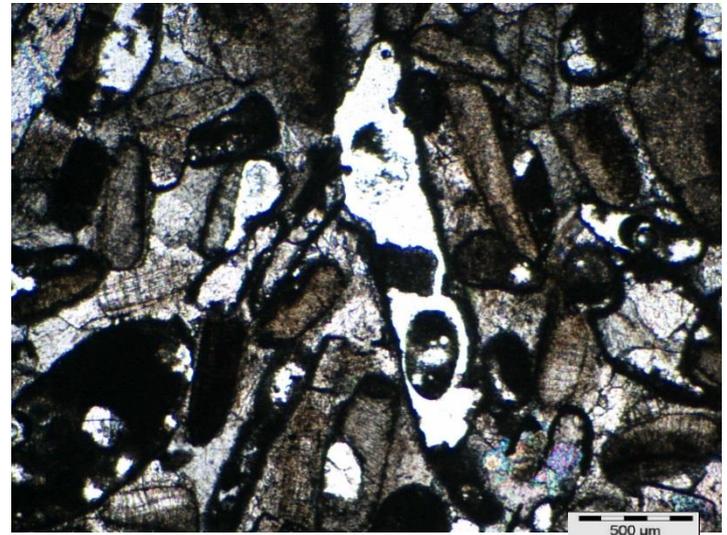
Ph.114 : Grainstone à bioclastes émoussés, revêtus et dissous partiellement.x2. LP



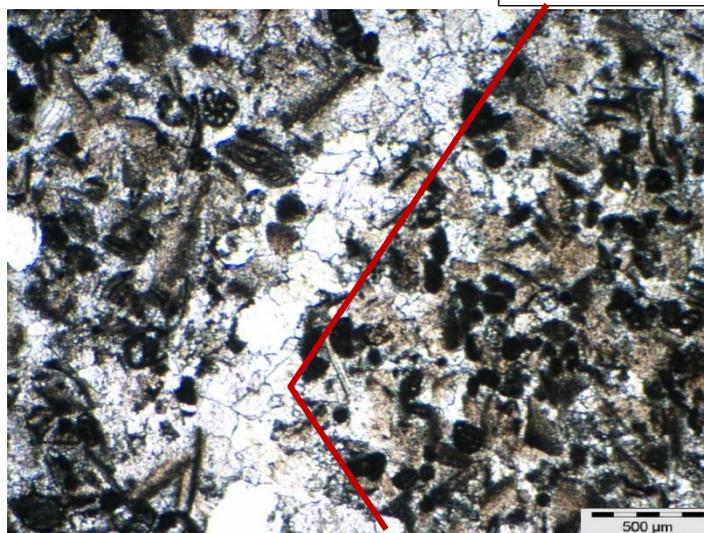
Ph.115 : Grainstone à oncoïdes et bioclastes revêtus.x2. LP



Ph.116 : Packstone à microdébris et Rotalidae .x4. LN



Ph.117 : Grainstone montrant une dissolution de la sparite .x2. LP



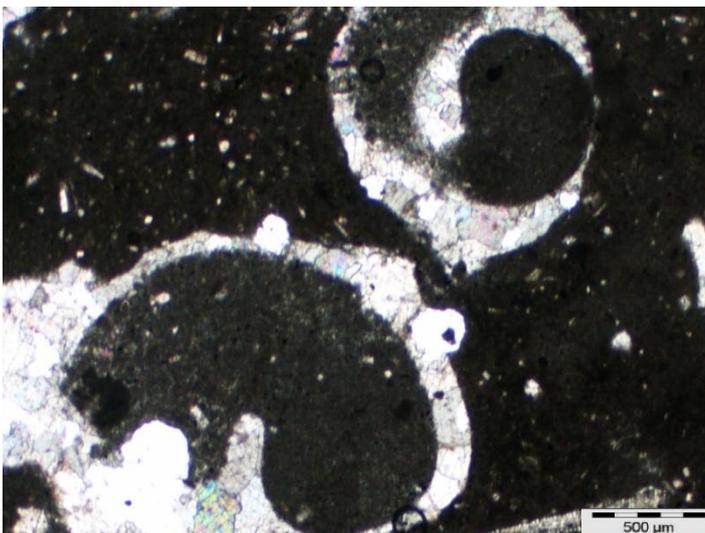
Ph.118 : Grainstone à microdébris montrant une fissure colmatée .x2. LN

h) Le microfaciès à Gastéropodes (MF 6)

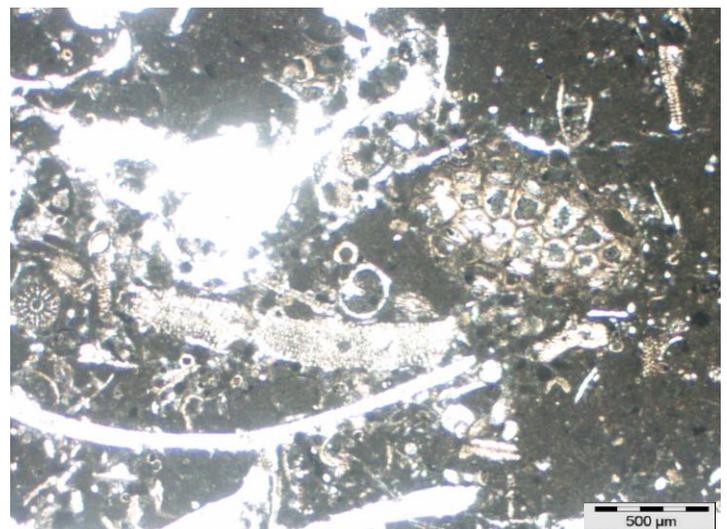
Ce microfaciès est une biomicrite, wackstone à packstone, les bioclastes présents sont dominés par des sections de gros Gastéropodes recristallisés (**Ph.119**), avec la présence des Echinodermes, des Bryozoaires (**Ph.120**), des Rhodophycées (**Ph.121**), des tubes de Serpulidés (**Ph.121**) et quelques Ostracode (**Ph.122**).

Les Foraminifères sont soit totalement absents, soit représentés par des formes pélagiques remaniées (*Whiteinella baltica*) (**Ph.123**) ou benthiques (*Miliolidae* ; *Textularidae* ; *Rotalidae*) ; la pyrite framboïdale est présente accessoirement.

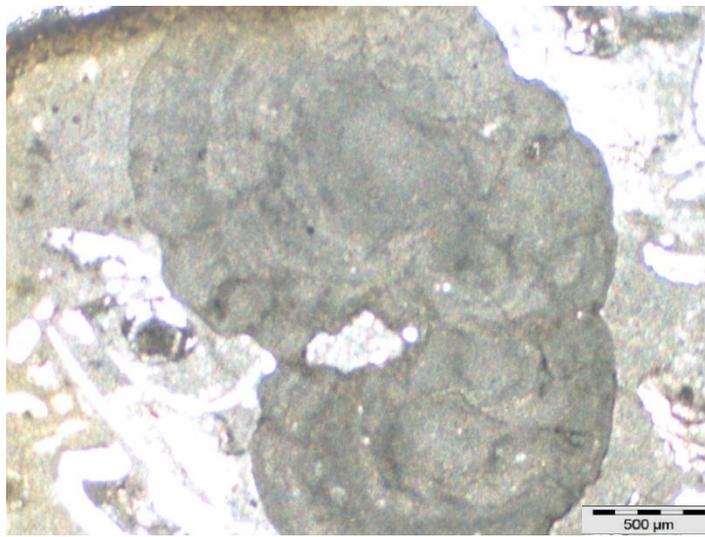
La matrice micritique est en voie de recristallisation en dolosparite sur certain niveau dont le master log montre une éruption du gaz sur cet intervalle (**Ph.125**).



Ph.119 : sections transversales des Gastéropodes dans une matrice micritique. x2. LP



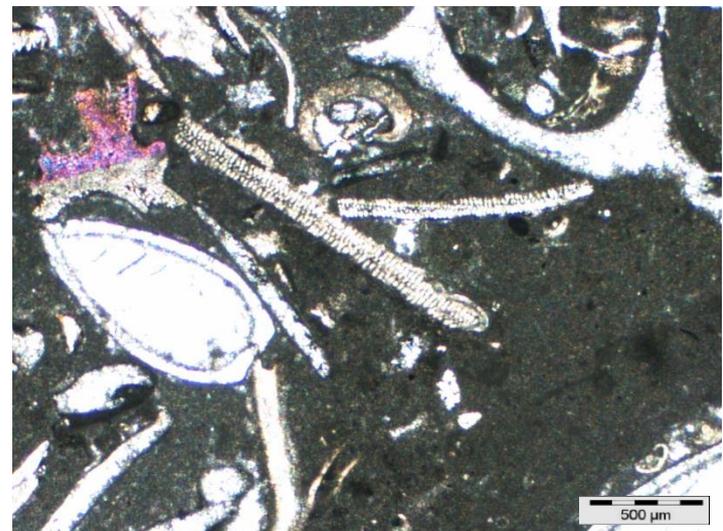
Ph.120 : Wackstone montrant des débris d'Echinodermes, Bryozoaire et Gastéropode.x2.LN



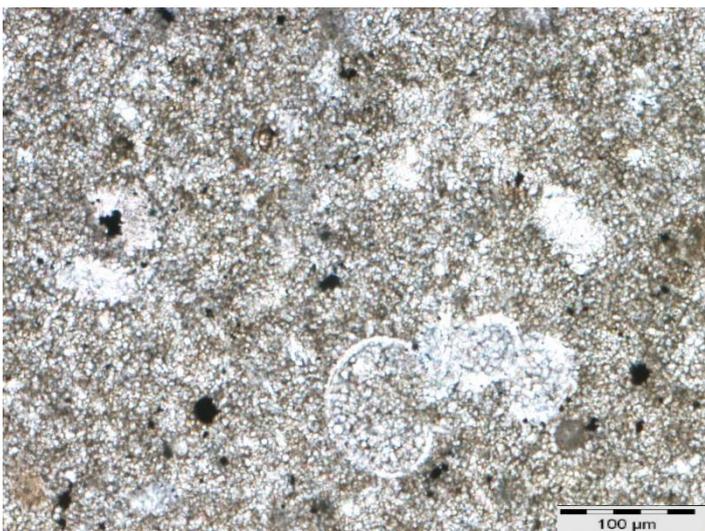
Ph.121 : Rhodophycée .x2. LP



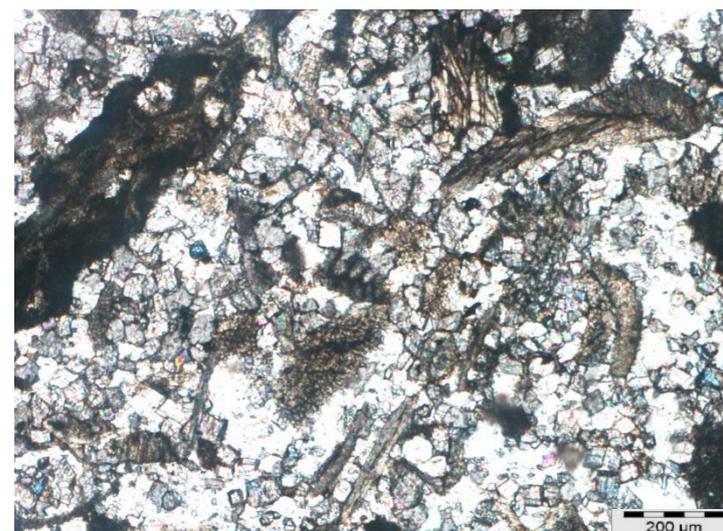
Ph.122 : Des tubes de Serpulidés .x2.LP



Ph.123 : Wackstone montrant deux valves d'Ostracodes .x2.LN



Ph.124 : Foraminifère pélagique (Whiteinella Baltica) .x10.LN



Ph.125 : matrice dolomitisée montrant un Foraminifère benthique (Dorothia) .x4.LP

▪ **Le milieu de dépôt**

Selon (Gargouri, 1978), ce genre d'associations faunistiques diversifiées n'a pas subi de très longs transport, restant très près de son milieu de vie, car c'est la distance et la vitesse de transport qui déterminent l'état de conservation des restes d'organismes.

Il s'agit des dépôts sableux grossiers, déposés dans la zone infralittorale en milieu marin normale, d'une énergie hydrodynamique modérée à forte.

i) Le microfaciès à bioclastes recristallisés (FZ 7)

Il s'agit des calcaires wackstone à packstone très mal classée, renfermant une microfaune diversifiée recristallisés (Chlorophycées, Echinodermes, Gastéropodes et Lamellibranches)

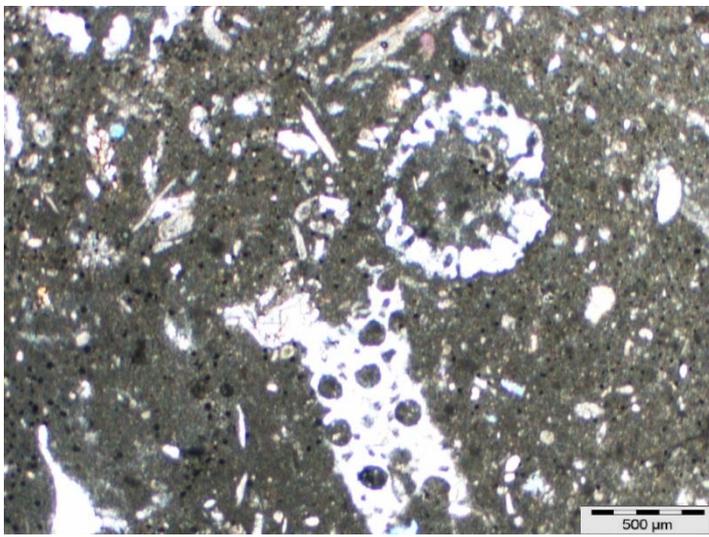
Les débris d'Algues vertes recristallisées sont fréquents (**Ph.126**), d'autre bioclastes recristallisés sont présents, débris de Gastéropodes (**Ph.127**), les Echinodermes (**Ph.128**) sont omniprésents, associés à des Foraminifères benthiques et des Foraminifères planctoniques (Heterohelcidae) (**Ph.129**) ainsi que des valves d'Ostracodes jointives (**Ph.130**).

La présence de la dolomite (**Ph.131**) sur certains niveaux serait reliée à la présence des Algues vertes dont leur dégradation implique la richesse du milieu en magnésium (Mg).

Ces niveaux sont fortement fissurés (**Ph.132**) par contre le néomorphisme agit même sur eux par le colmatage sparitique. Bien que la dissolution laisse place à la création de la porosité (**Ph.133**).

▪ **Zone de dépôt**

Nous sommes en présence d'un milieu peu profond de la zone infralittorale euphotique éclairée. En effet, la présence d'Algues vertes et la texture wackstone-packstone indiquent un milieu photique peu profond. Selon plusieurs auteurs (Kasakova ; 1952 ; Masse ; 1976), les Huitres indiquent un milieu très peu profond ; ce milieu est plutôt calme comme le prouve la présence des valves d'Ostracodes jointives. En occurrence ; un approfondissement du milieu de dépôt est attesté par la présence des Hétérohelicidae.



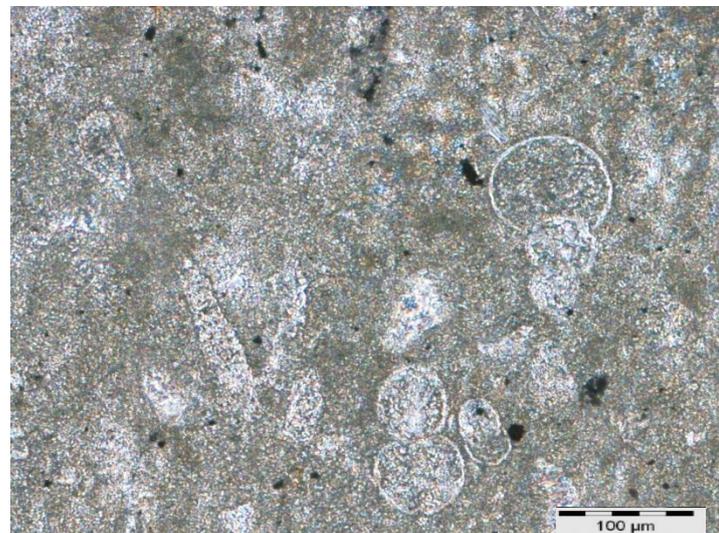
Ph.126 : Wackstone à sections de Dasycladacées recristallisés .x2. LN



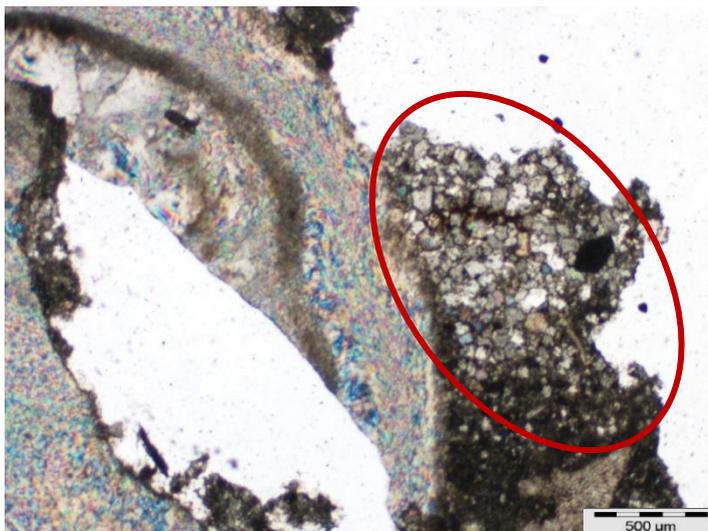
Ph.127 : Section axiale d'un Gastéropode recristallisé .x2. LN



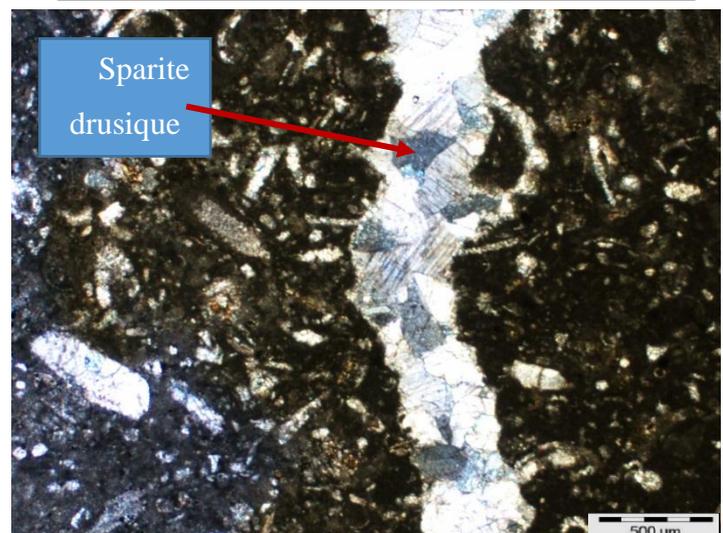
Ph.128 : Spicule d'Echinoderme dans une matrice micritique .x4. LN



Ph.129 : Sections d'un Heterohelix .x10. LN



Ph.130 : Matrice micritique dolomitisée .x 2. LP



Ph.131 : Wackstone montrant une fissure large colmatée .x2. LP

D. Conclusion sur le puits P2

La série commence par des dépôts progradants à aggradants (**Fig.16**).

L'évolution se fait à partir des niveaux de sédimentation dans un milieu restreint vers une sédimentation de plateforme carbonatée caractérisée par un hydrodynamisme fort.

Une baisse d'énergie va engendrer des microfaciès d'un lagon peu profond et une sédimentation d'arrière barrière caractérisée par des gros débris de Rudistes et des monticules biogéniques faiblement bioturbés.

Vers le sommet de la série, la tendance devient transgressive ; des niveaux de faible tranche d'eau suivis par une sédimentation lagunaire confinée (**Fig.17**).

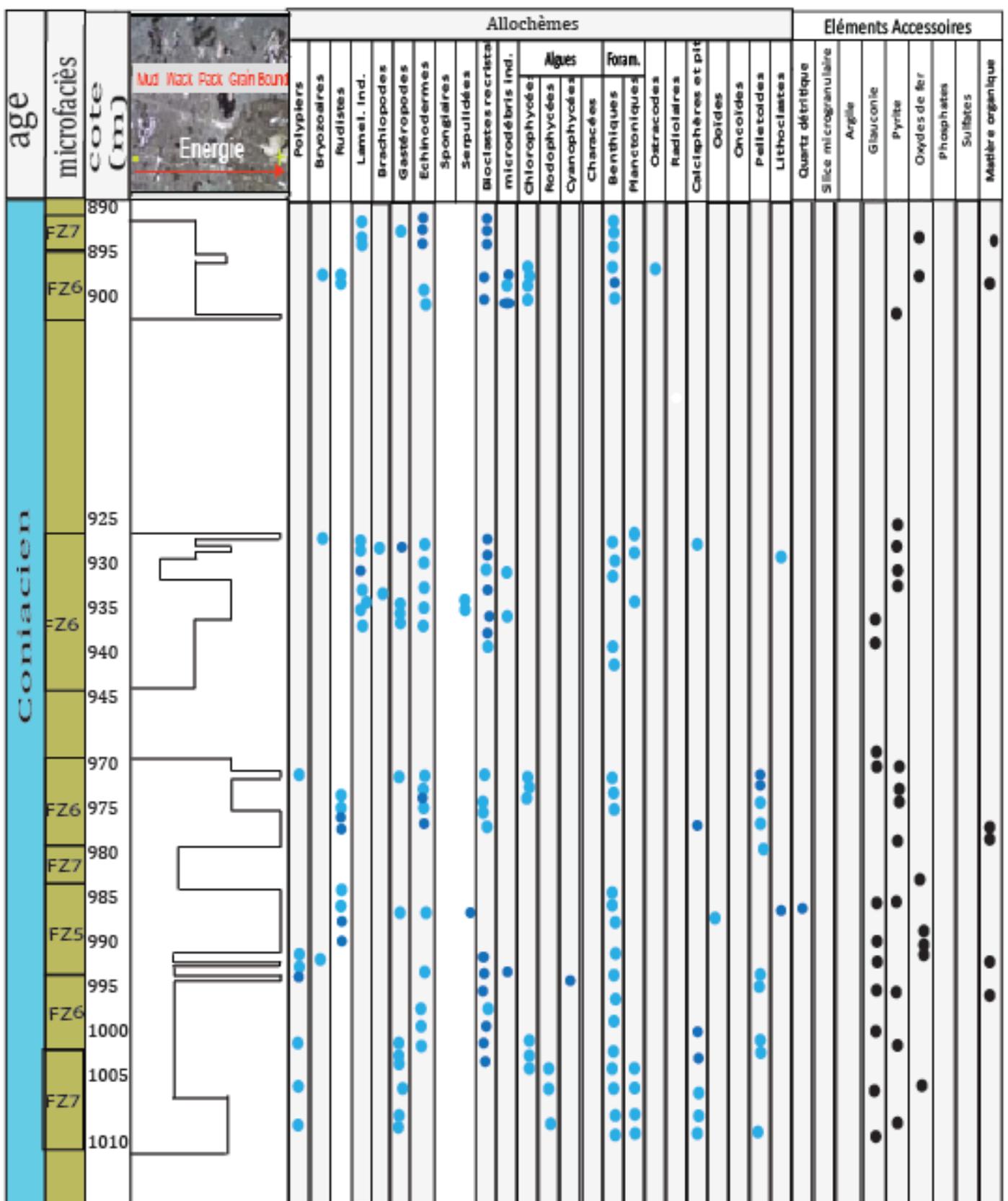


Fig.16 : Log descriptif du puits P2

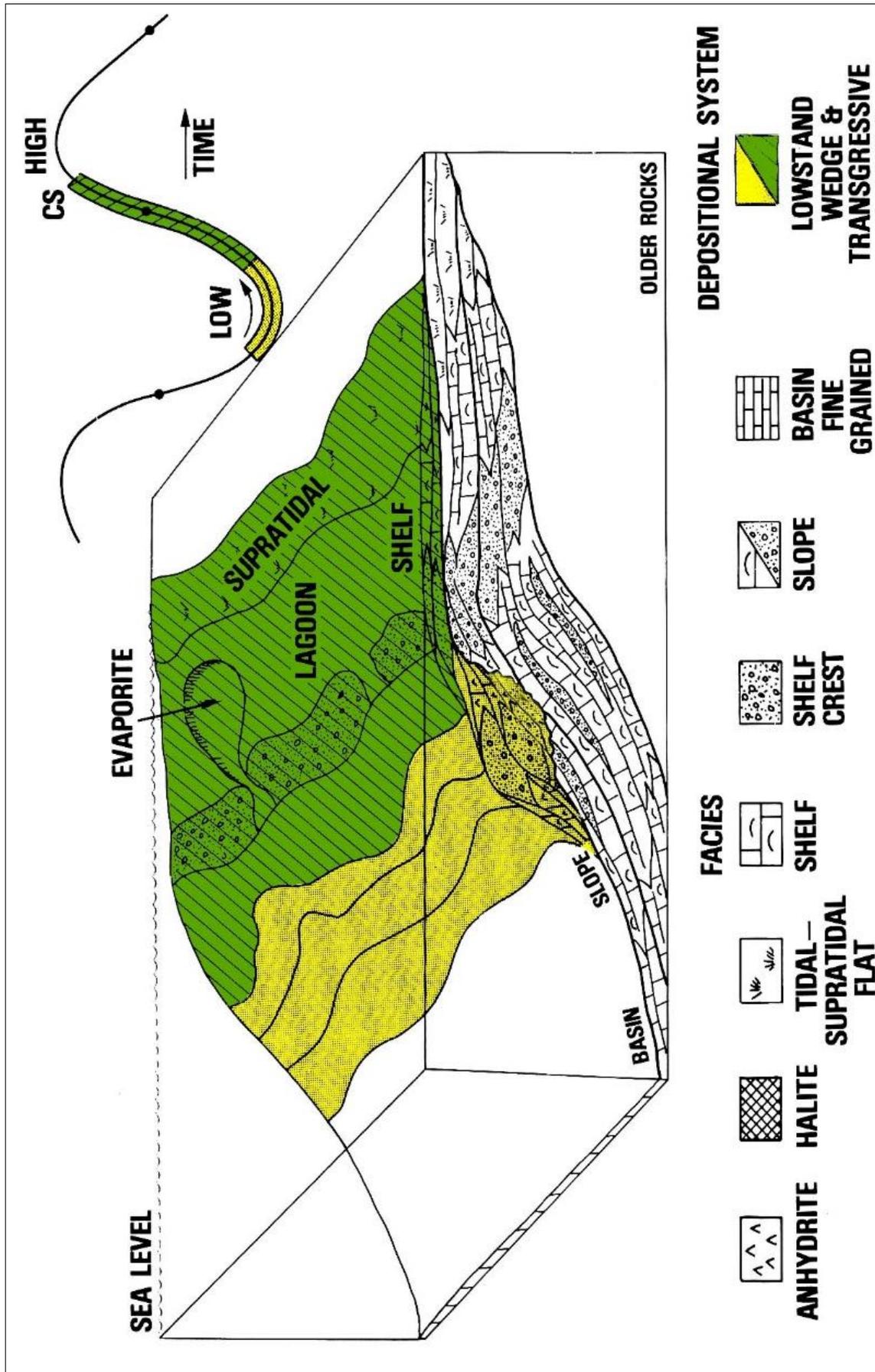


Fig. 17 : Modèle d'une séquence transgressive ; In J.F. Sarg 1988

E. Puits PF3

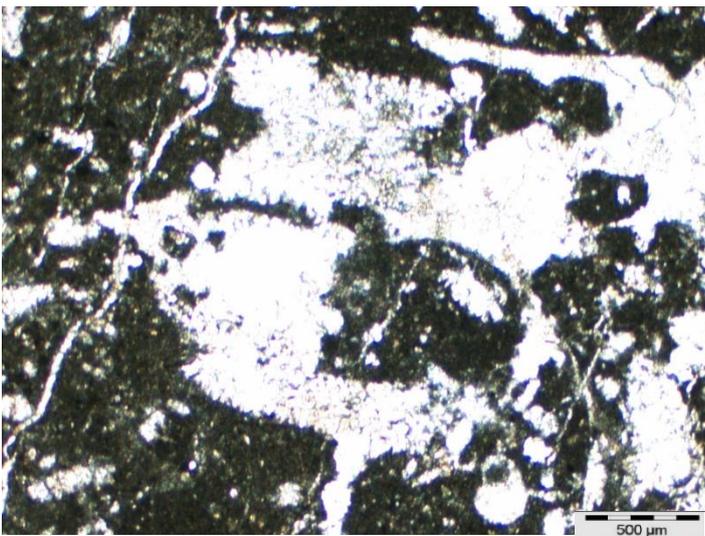
1. Inventaire des microfaciès

Seules les lames minces de la base et le sommet de chaque carotte dans les niveaux coniaciens, ont été présentes au niveau de la caroteck.

a) Le microfaciès à bioclastes recristallisés (MF7)

Il s'agit des calcaires floatstone, wackstone et wackstones à packstone, dominés par les fragments d'Algues vertes (Chlorophycées) (**Ph.132**), les Gastéropodes (**Ph.133**) ; ces bioclastes ont une origine aragonitique. Les débris de Lamellibranches (Rudiste) (**Ph.134**) ; d'Echinodermes et des Foraminifères benthiques (*Moncharmontia appeninica*, *Nezzazatenella*) (**Ph.135 et 136**) sont rare.

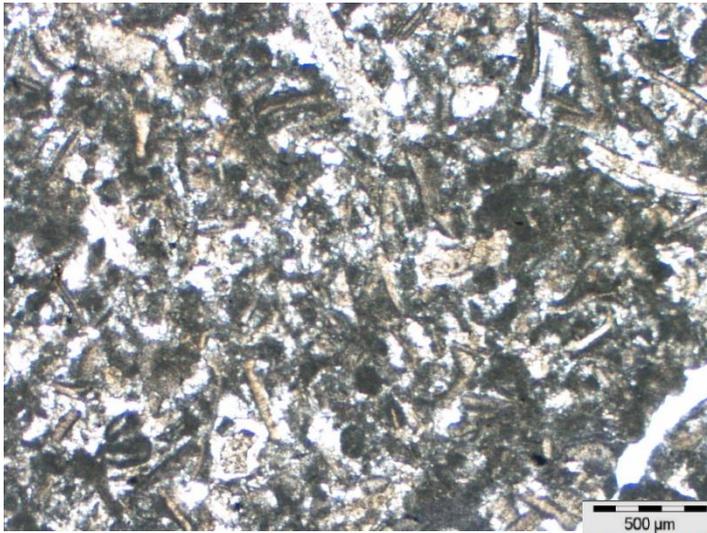
La matrice est micritique en voie de recristallisation, on observe aussi la présence de dolomite "saddle dolomite" (**Ph.137**). Certains niveaux disposent des fissures colmatées par la sparite.



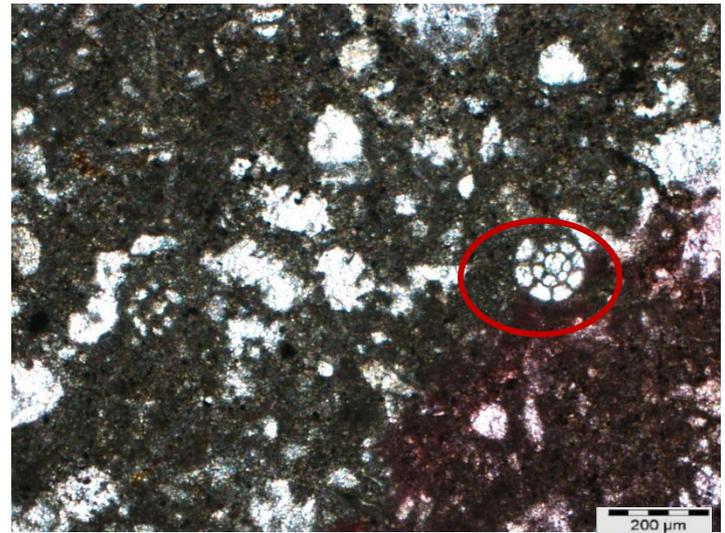
Ph.132 : Packstone à débris d'Algues recristallisés avec des fissures colmatées. x2. LN



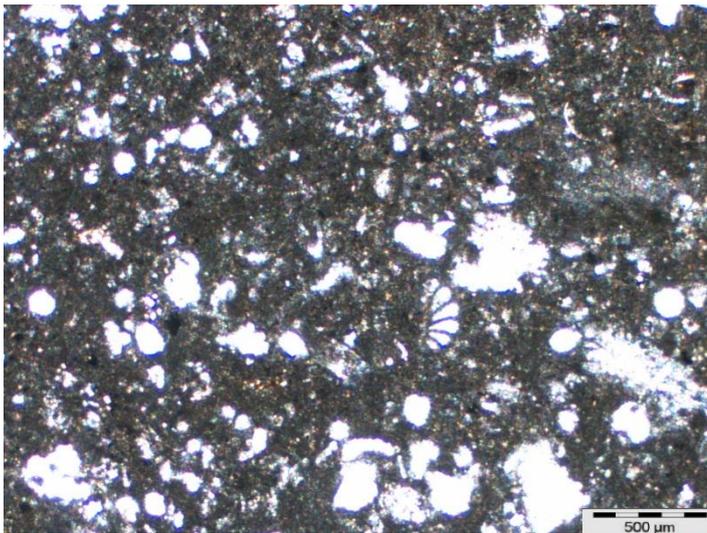
Ph.133 : 1115m ; section d'un Gastéropode recristallisé .x4. LN



Ph.134 : Packstone à débris de Lamellibranches .x2.LN



Ph.135 : Moncharmontia appeninica dans une matrice micritique en voie de recristallisation .x4. LN



Ph.136 : Fragment de Nezzazatenella dans une matrice micritique en voie de recristallisation .x2.LN



Ph.137 : dolomite baroque (Saddle) dans une matrice micritique .x4. LP

▪ Le Milieu de dépôt

L'abondance des débris de Chlorophycées et de Gastéropodes témoignent des conditions de sédimentation dans une zone euphotique, très peu profonde et fortement agitée.

Les Foraminifères benthiques présents en faible proportion indiquent une sédimentation dans un lagon de conditions restreintes. L'association suggère un dépôt dans la zone infratidale supérieur à intertidale inférieure.

b) Le microfaciès à débris de Rudistes (MF 6)

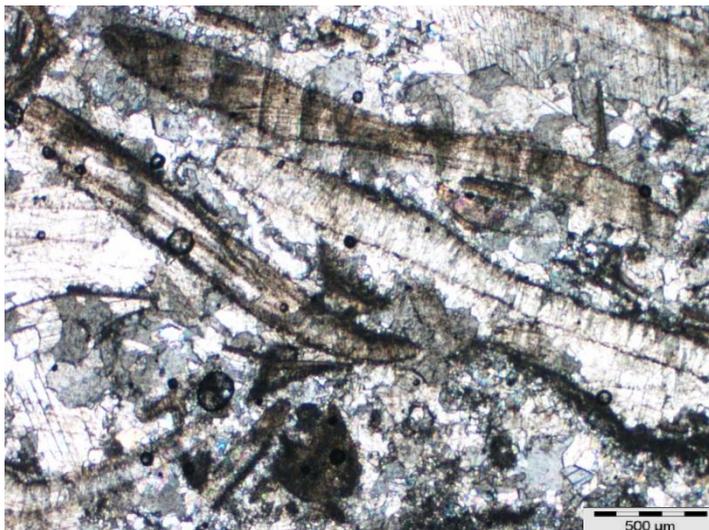
Il s'agit des calcaires bioclastique floatstone (**Ph.138**) et/ou rudstone constitués par des fragments épais de Rudistes parfois de grande taille l'espace intra-cellulaire est cimenté par de la sparite, montrant des traces d'épigénie par la silice (chert) (**Ph.139**).

Les termes supérieurs présentent des Bryozoaires (**Ph.140**), des Echinodermes, des Algues vertes et quelque Foraminifères benthiques représentés par des Miliolidae (Pygro) (**Ph.141**) et des Textularidae (**Ph.142**).

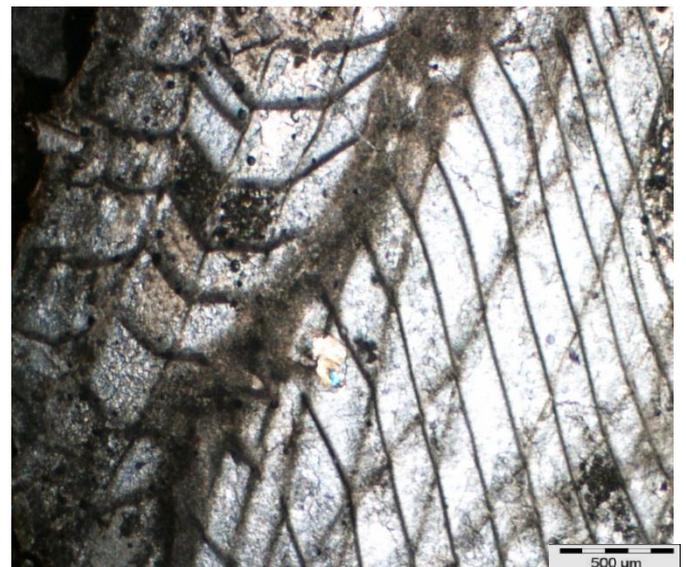
La matrice est micritique d'une texture grumeleuse, peut être d'origine cyanobactérienne.

La porosité est créée par la dissolution de la matrice secondaire dolomitique (**Ph.143**)

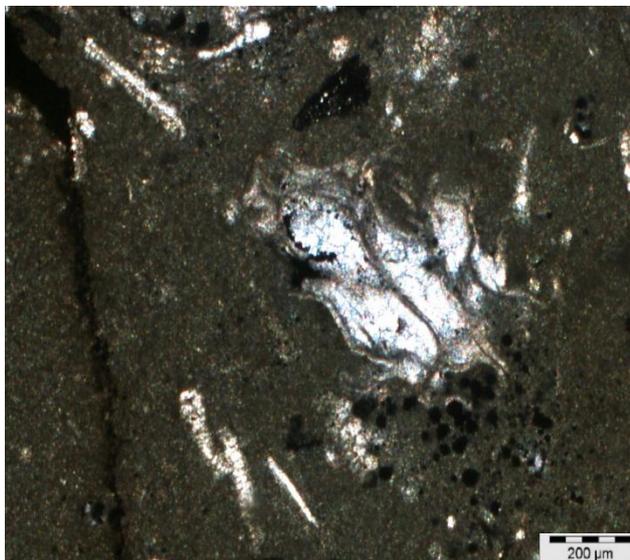
La pyrite framboïdale est associée à la matière organique imbibée dans la matrice.



Ph.138 : Floatstone à débris de Rudiste dans une matrice dolomitisée .x2. LP



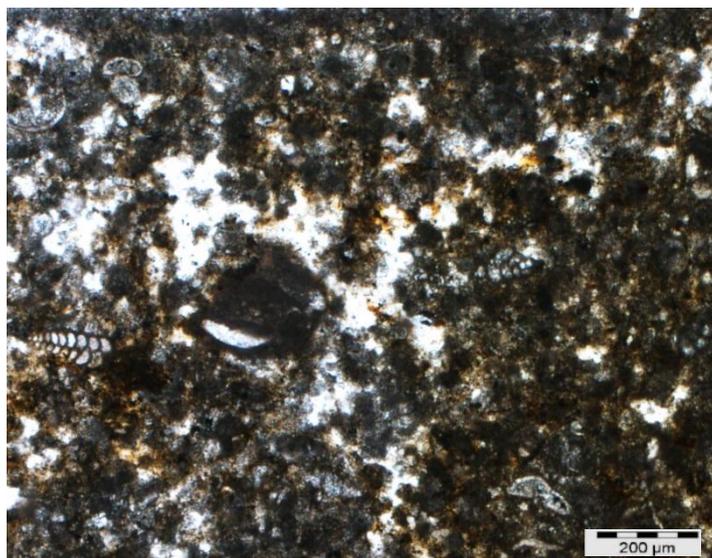
Ph.139 : Radiolitidae recristallisé, silicification faible.x2.LP



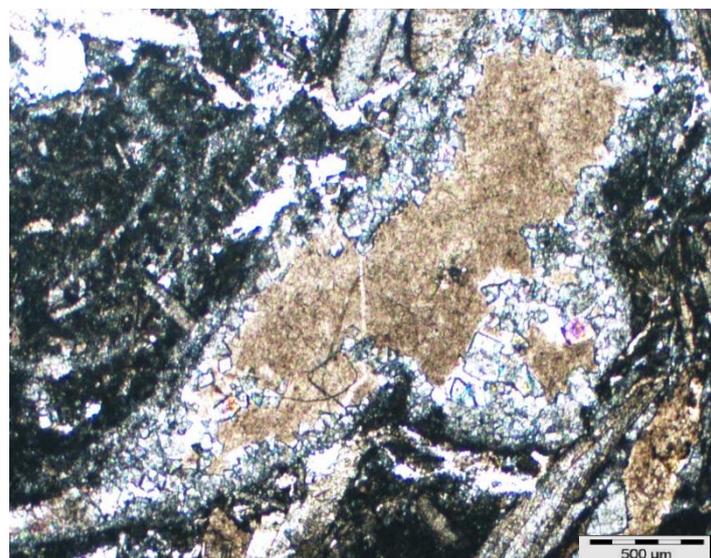
Ph.140 : Fragment d'un Bryozoaire dans une matrice micritique .x4. LP



Ph.141 : Matrice micritique à matière organique oxydée et Miliolidae .x4. LN



Ph.142 : Textularidae dans une matrice micritique imbibée par la matière organique .x4. LN



Ph.143 : Dissolution de la microdolosparite .x2. LN

▪ **Le milieu de dépôt**

La richesse en débris de Rudistes, leur taille et leur morphoscopie témoignent de la proximité d'une bioconstruction, dans une zone d'énergie moyenne, située au -dessus de la limite d'action des vagues ; la texture packstone à grainstone caractérise ce milieu de dépôt.

La richesse en micrite, la perforation des bioclastes et la texture grumeleuse du faciès serait dû à un environnement calme sous la limite d'action des vagues et relativement restreint. Vue la présence des photosynthétiques le milieu est mal confiné ce qui explique la présence d'automicrite.

Il s'agit des faciès de marge de plateforme (arrière récif) de la zone intertidale.

F. Conclusion sur le puits P3

La séquence verticale de puits P3 montre l'évolution progressive rétrogradant depuis le lagon vers l'implantation du récif.

Les corps sableux carbonatés rétrogradent vers le continent (vers le lagon), dans un contexte de sédimentation calme.

Vers le sommet, les dépôts micritiques à matière organique semblent s'être déposés dans des conditions anoxiques lors de la montée du niveau marin.

Le manque des lames minces le long de ce puits ne nous permet pas d'établir un log pétrographique global et l'évolution séquentielle.

Toutefois, nous présentons une tentative d'interprétation.

G. Le puits PRF

1. Inventaire des microfaciès

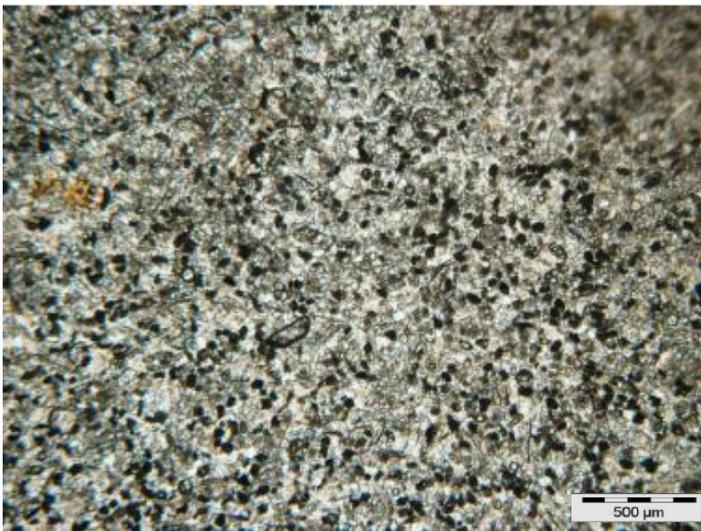
a) Le microfaciès non laminé à Pelloïdes et Pithonelles (MF 6)

Il s'agit des calcaires wackstone, packstone et grainstone (**Ph.144**), formés essentiellement par des Pellètes et des Pithonelles ; les Foraminifères benthiques (Textularidae ; Miliolidae et Lituolidae) (**Ph.145**) sont omniprésents supposés l'origine de la formation des Pellètes associés aux Lamellibranches sur quelque niveaux (**Ph.146**).

Les Ostracodes, dont la carapace est fine sont rares. (**Ph.147**)

Les grains de quartz anguleux fin et la glauconie sont observés sur la quasi-totalité de ces niveaux.

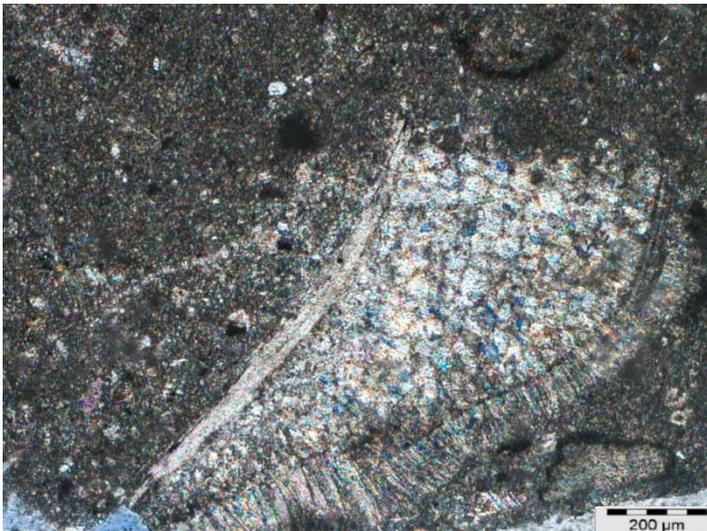
La matrice est micritique ou micro-sparitique, certains niveaux sont fissurés sans colmatage. (**Ph.148**)



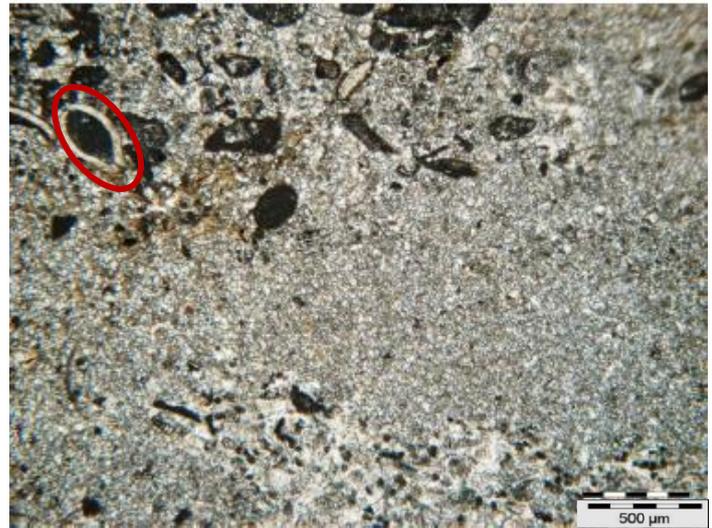
Ph.144 : Grainstone à pelloïdes.x2. LP



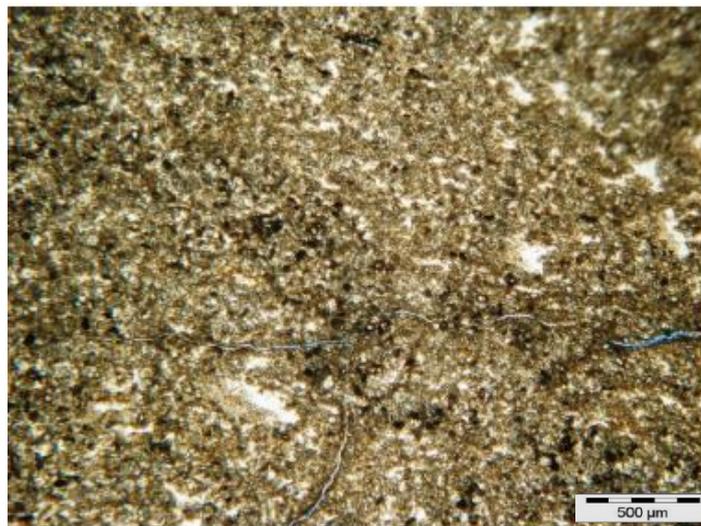
Ph.145 : Wackstone à Miliolidae et débris de Lamellibranches, matrice en voie de recristallisation .x2.LP



Ph.146 : Fragment d'un Inocéramus .x4. LP



Ph.147 : Grainstone bioturbé, à Pelletes et Ostracodes .x2.LP



Ph.148 : Wackstone à microdébris et Pelletes, fissuré .x2. LP

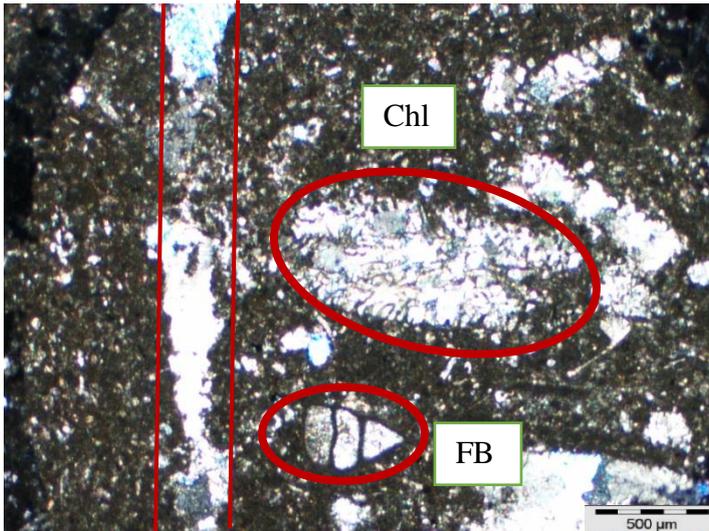
▪ **Le milieu de dépôt**

Il s'agit des sables pelletoidaux, formés par la micritisation des débris d'Algues et des Foraminifères benthiques, les conditions de dépôts sont celles d'une zone infratidale, d'un milieu peu profond, transit vers une zone circatidale plus profonde avec un faible taux de sédimentation et développement du plancton végétal (Pithonelles) correspondant à une remontée saisonnier du niveau marin.

b) Le microfaciès à Dasycladacées recristallisés (MF6)

Il s'agit des calcaires wackstones, constitués par des bioclastes recristallisés, des Chlorophycées (**Ph.149**), des petits Gastéropodes (**Ph.150**) et quelques Foraminifères benthiques.

Les oxydes de fer sont disséminés dans la matrice micritique faiblement dolomitisée (dolomicro-sparite). Les fissures largement ouvertes sont colmatées par de la sparite (**Ph.149**).



Ph.149 : wackstone à Chlorophycées et Foraminifères benthiques recristallisés ; fissuré .x2. LP



Ph.150 : wackstone à bioclastes recristallisés ; matrice oxydée .x4. LN

▪ Le milieu de dépôt

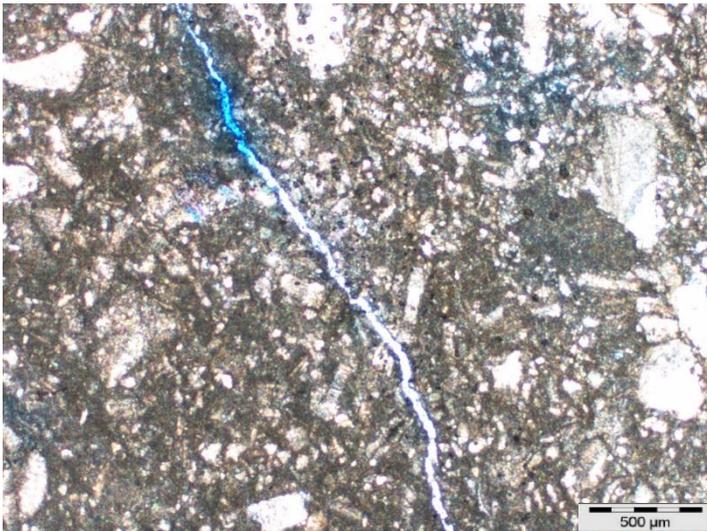
L'abondance des débris des Chlorophycées (Dasycladacées) indique un milieu euphotique riche en nutriments de la zone subtidale supérieure qui a subi un hydrodynamisme fort caractérisé par la présence des barres sableuses.

c) Le microfaciès à débris de Rudistes (MF6)

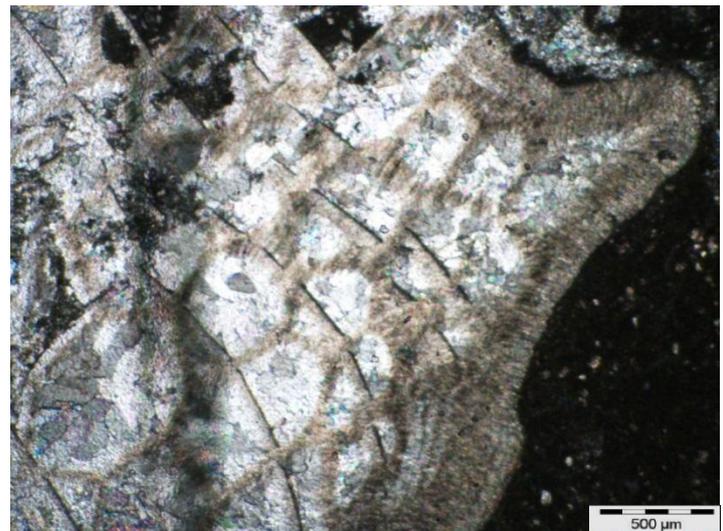
Il s'agit des calcaires floatstones à Rudistes dans une matrice wackstone, les débris sont mal triés, fins (**Ph.151**) à très grossiers (**Ph.152**), usés et partiellement micritisés, parfois ils sont associés à des Foraminifères benthiques.

La matrice et les débris de Rudistes sont partiellement recristallisés bien que ce ciment sparitique se dissout, c'est sur ces termes qu'on a remarqué une forte dissolution du ciment et la perte de la boue (colmatage par le marbre) cités dans le 2^{ème} chapitre.

Sous l'effet de la compaction, ces termes ont subi de la fissuration (**Ph.151**)



Ph.151 : Wackstone à débris de Rudistes ; fissuré .x2. LP



Ph.152 : Floatstone à Rudiste dans une matrice micritique .x2. LP



Ph.153 : Floatstone à fragments de Rudistes et Foraminifères benthiques .x2.LP

▪ **Le milieu de dépôt**

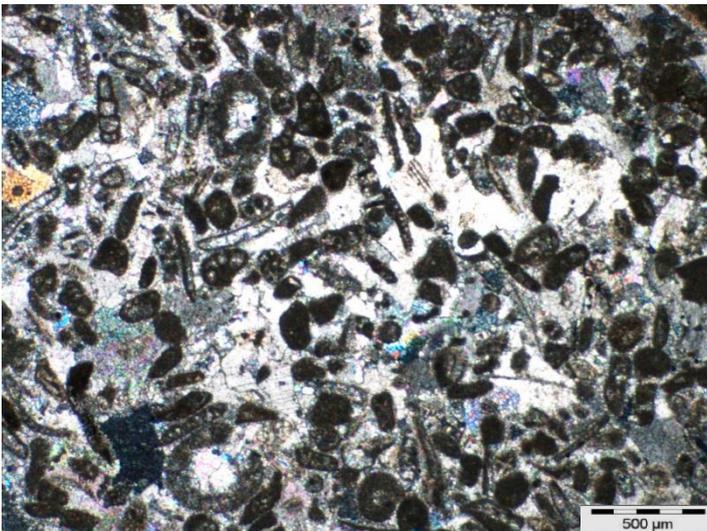
Il s'agit des débris de démantèlement des bioconstructeurs, déposés dans un milieu agité, d'arrière récif, de la zone intertidale inférieure des cordons sableux se développant vers le lagon.

d) Le microfaciès à Foraminifères benthiques et Ostracodes (MF 8)

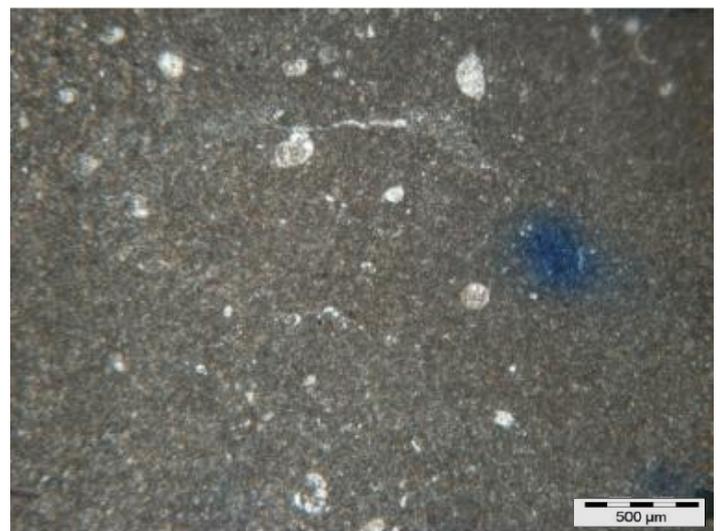
Il s'agit des calcaires pelletoidaux (**Ph.154**) de texture mudstone (**Ph.155**), wackstone (**Ph.156**) et parfois packstone (**Ph.157**), représentés par des Foraminifères benthiques de test porcelané : Lituolidae, Miliolidae, Minouxia lobata Gendrot ou agglutiné tel que : les Textularidae et Dicyclina (**Ph.156**)

Les Ostracodes se présentent sous forme de valves fines disloquées et dispersées dans la matrice micritique, fissurée ou parfois des fissures colmatées par la micro-sparite formée après la recristallisation de la micrite. (**Ph.157**)

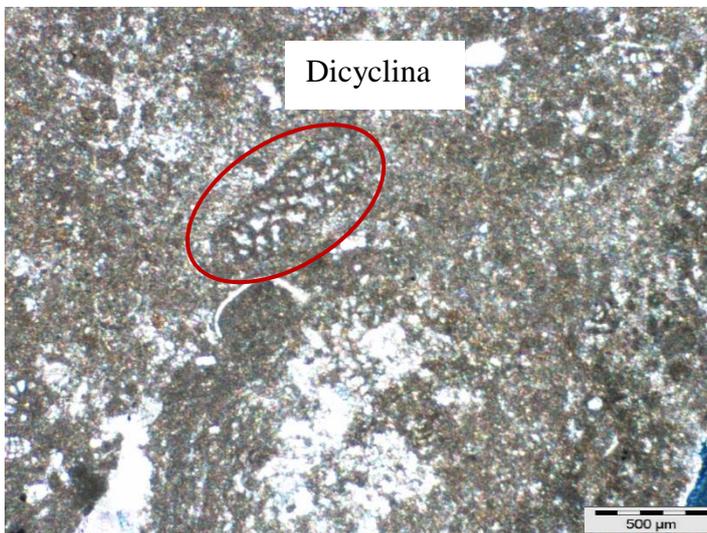
Les joints stylolithiques inclut des oxydes de fer (**Ph.158**)



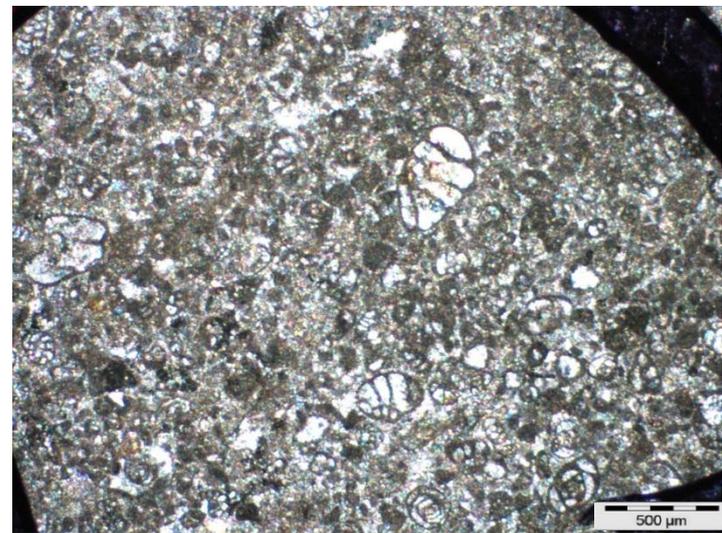
Ph.154 : Packstone à Foraminifères micritisés, La matrice est entièrement recristallisée.x2. LP



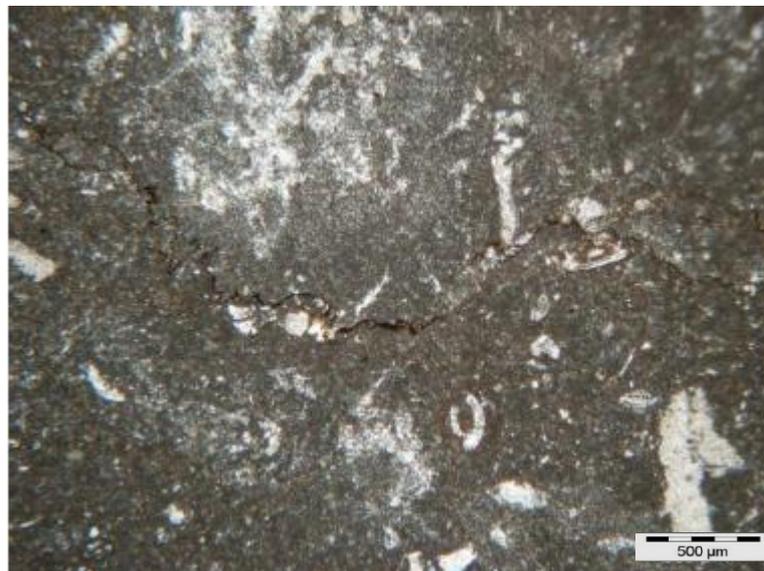
Ph.155 : Mudstone à Foraminifères benthiques .x2.LP



Ph.156 : Wackstone à Foraminifères benthiques, la matrice est en voie de recristallisation .x2.LN



Ph.157 : Packstone à Foraminifères benthiques, matrice en voie de recristallisation.x2. LN



Ph.158 : Wackstone à Foraminifères benthiques et Ostracodes avec des joints stylolithiques.x2.LN

- **Le milieu de dépôt**

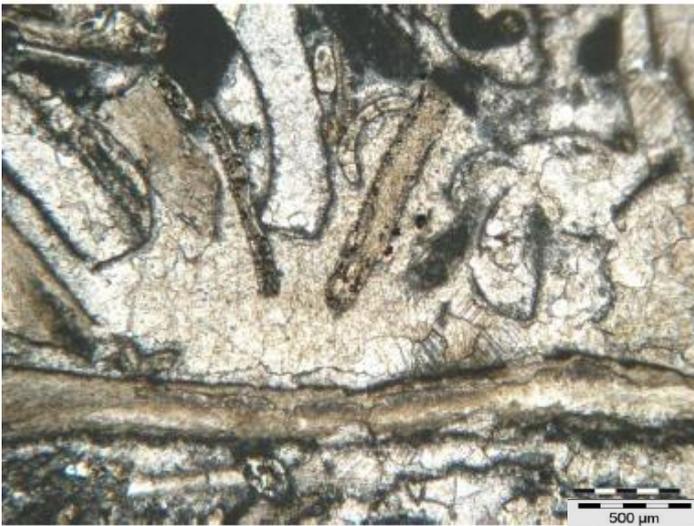
Ces dépôts caractérisent un milieu calme protégé de la plateforme interne- restreinte, sous la limite d'action des vagues, dans la zone infratidale.

e) Le microfaciès à Gastéropodes et Huitres (MF 7)

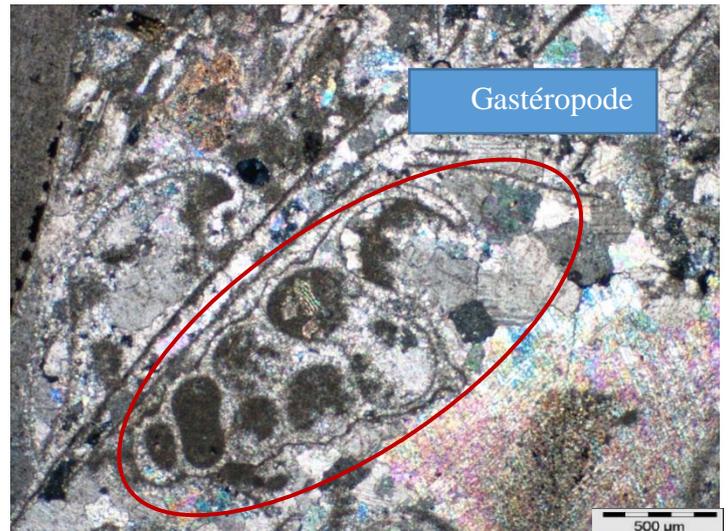
Ce microfaciès est constitué par des calcaires floatstone et packstones (**Ph.159**), évoluant vers des microfaciès grainstones, représentés par une association entre les débris de gros Lamellibranches (les Huitres) et des Gastéropodes de grande taille (**Ph.160**).

Les débris des organismes sténohalins sont omniprésents, représentés par les radioles et les plaques d'Echinodermes de forme arrondis par usure mécanique (**Ph.161**).

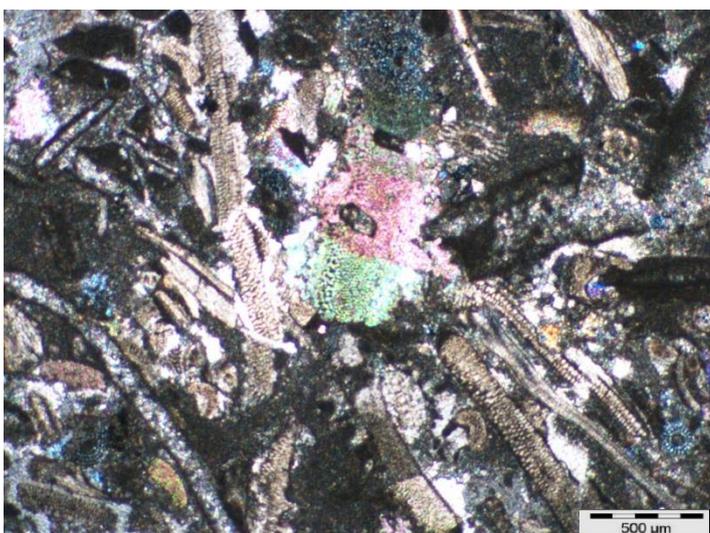
La matrice est micritique pelletoidale parfois fissurée et colmatée par de la sparite (**Ph.162**).



Ph.159 : Floatstone à Huitres dans une matrice grainstone .x2. LP



Ph.160 : Grainstone à Lamellibranches .x2. LP



Ph.161 : Packstone à Lamellibranches montrant des plaques et des radioles d'Echinodermes .x2. LP



Ph.162 : Packstone à Lamellibranches et Echinodermes montrant une fissure colmatée .x2. LP

▪ **Le milieu de dépôt**

Cette association se rencontre dans les sédiments calcaires vaseux, déposés dans les milieux circatidaux peu profonds, à faible énergie, à salinité vraisemblablement normale et à éclaircissement réduit des plateformes internes confinés ou de patch reef.

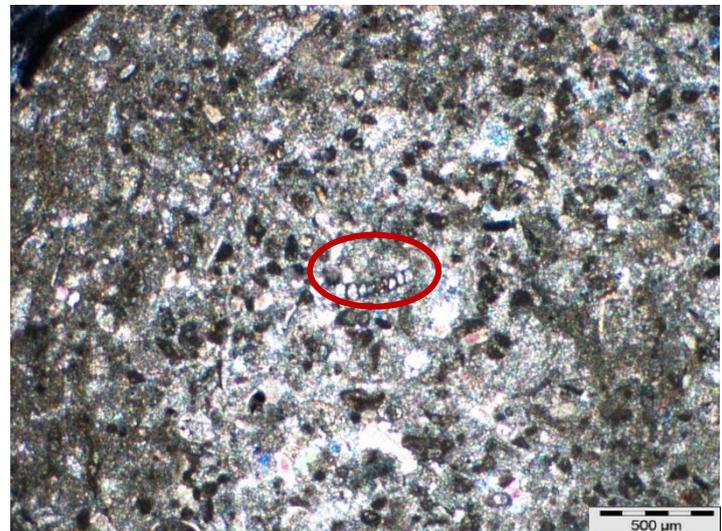
f) Le microfaciès à Lamellibranches recristallisés (MF7)

Il s'agit des calcaires wackstones à fragments biogéniques recristallisés (**Ph.163**) et associés à des pellets, les bioclastes ont parfois des parois micritisées. Peu d'organismes benthiques sont associés, tels que les Foraminifères benthiques (**Ph.164**).

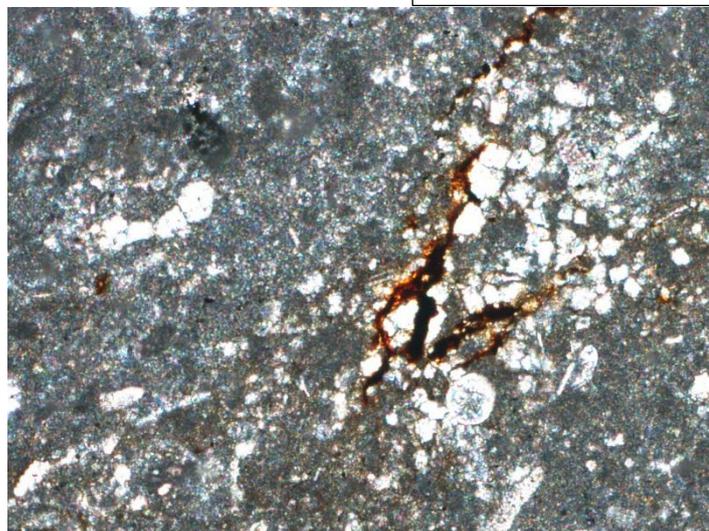
On note la présence des fissures colmatées par la calcite ou imbibée par de la matière organique (**Ph.165**).



**Ph.163 : Wackstone à bioclastes recristallisés .x2.
LN**



**Ph.164 : Wackstone pelletoidale montrant
un Foraminifère benthique .x2. LP**



**Ph.165 : Wackstone à matrice dolomitisée avec
des fissures remplies par de la matière
organique .x4. LN**

- le milieu de dépôt

ce microfaciès s'est déposé dans un milieu marin ouvert, un lagon peu profond, dans la zonesubtidale, l'action du courant est plus ou moins constante ,est marqué par le dévasage des sédiments.

H. Conclusion sur le puits PRF

Les dépôts du puits PRF évoluent en progradation, cela se traduit par une réduction progressive de la remontée du niveau marin et le développement des dépôts du domaine interne, cette progradation pourrait correspondre au modèle ci-dessous (Fig.17).

De plus le jeu des paraséquences verticales montre deux types de séquences (Fig.18) :

La première progradante à aggradante montre des dépôts péri-récifaux de plus en plus grossiers, allant des barres sableuses pelletoidales vers des monticules biogéniques à Rudistes.

La deuxième est une séquence rétrogradante des dépôts lagunaire caractérisés par des bioclastes recristallisés.

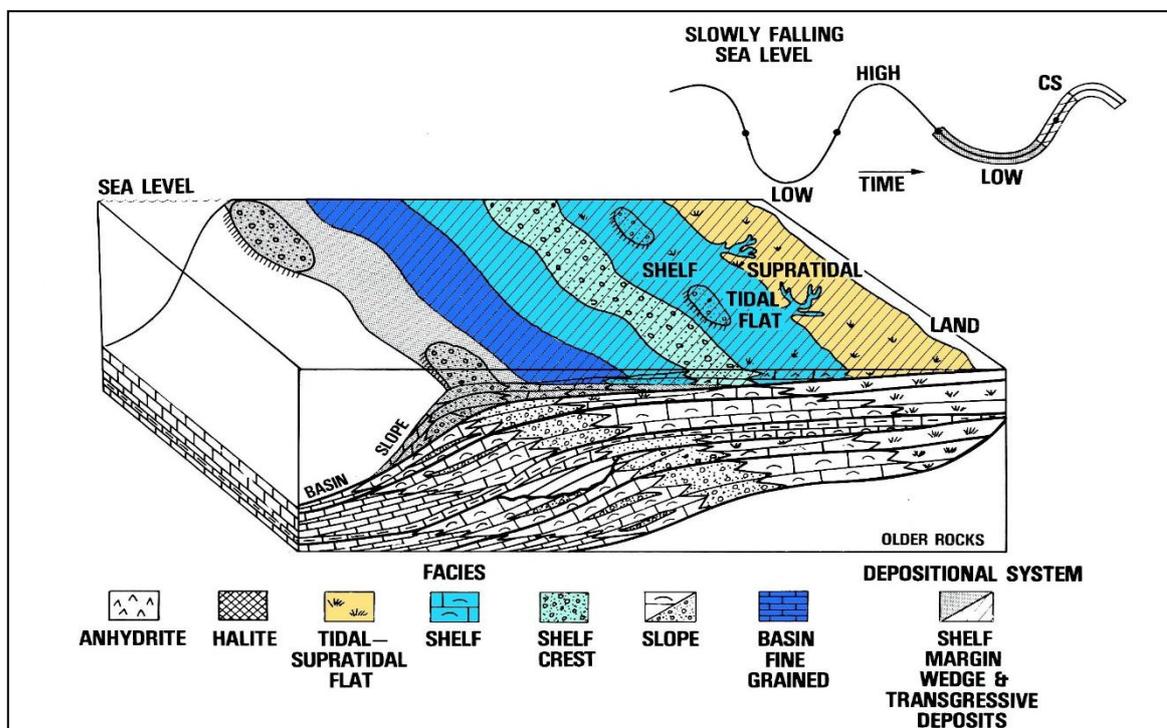


Fig.17 : Modèle d'une séquence progradante ; D'après J.F. Sarg 1988

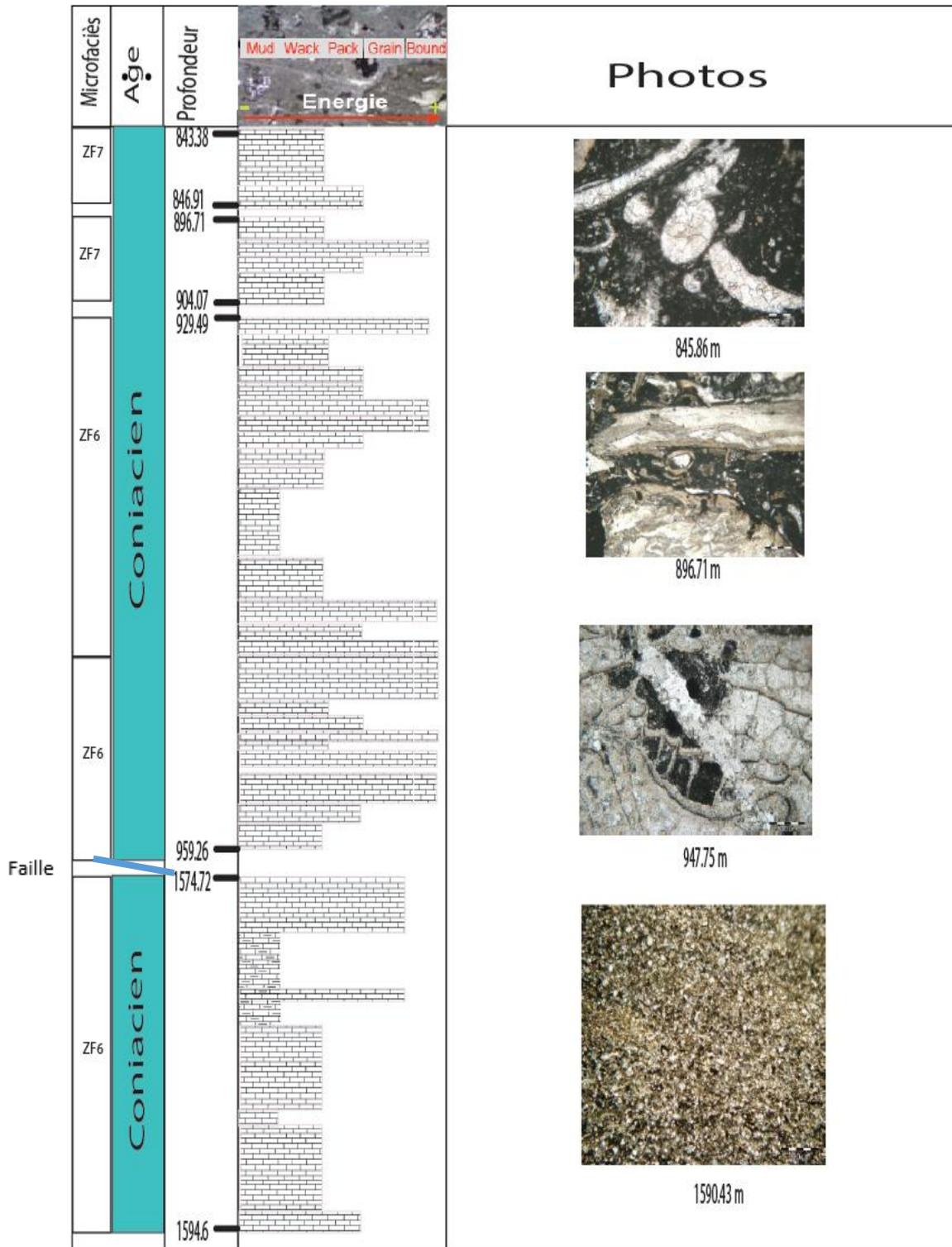


Fig.18 : log descriptive du puits PRF

3. Conclusion

Le Coniacien de la région de djebel Foua présente deux séquences de 3^{ème} ordre faisant suite à la grande transgression du Turonien inférieur et à l'enneigement associé de la plateforme.

Ces deux séquences sont de type lagunaire, une transgressive et l'autre régressive.

La séquence régressive constituée par des dépôts péri-récifal à récifale, des barres sableuses et des monticules biogéniques suivie par des dépôts lagunaires à tendance au confinement.

La sédimentation est contrôlée par le tectonisme qui affecte la répartition des dépôts, les dépôts de puits P2 semblent déposés dans une position relativement élevée (haut fond) avec un confinement vers le puits P3.

Les dépôts des bioconstructeurs (Rudistes et Coraux) sont recouverts par des dépôts lagunaires, la sédimentation est continue et on ne remarque aucun événement structural mis à part la réactivation des grands accidents NW-SE, la faille de Gafsa, agissant dans un contexte compressif (faille inverse) sur les dépôts recoupés par le puits PRF.

Des dépôts pelletoidales des barres sableuses faiblement confinées dans le bloc affaissé et des dépôts des bioconstructeurs alternent sur des substratum de gros Foraminifères benthiques.

Le confinement des dépôts dans un contexte d'une séquence progradante affirme l'action prédominant de l'action de la subsidence.

I.Introduction

Les qualités des réservoirs carbonatés dépendent de leurs conditions de sédimentation et de leur évolution diagénétique. En revanche, pour déterminer les niveaux potentiellement réservoirs, il faut à la fois déterminer les paléoenvironnements de dépôts (chapitre IV) et leur évolution diagénétique.

Néanmoins cette étude, approche diagénétique, reste préliminaire car elle est essentiellement basée sur l'observation au microscope optique et non pas le microscope électronique à balayage (MEB) ce qui a rendu la distinction entre les phénomènes précoces et tardives impossible.

II.Les actions agissant sur la porosité

Ces actions peuvent être antérieures ou postérieures à la lithification. Elles sont régies par le facteur temps et l'éloignement de la surface du sol. Leur influence sur le contrôle de l'évolution diagénétique semble être importante.

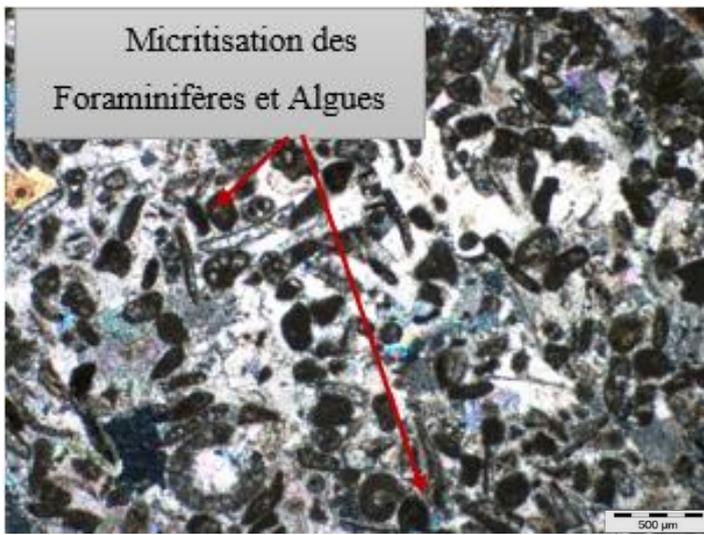
A. L'action des agents biologiques :

Ces agents sont prédominants au niveau de l'interface eau /sédiment, dont on observe quelques phénomènes sur les niveaux réservoirs coniaciens étudiés ;

1. Les micro-organismes

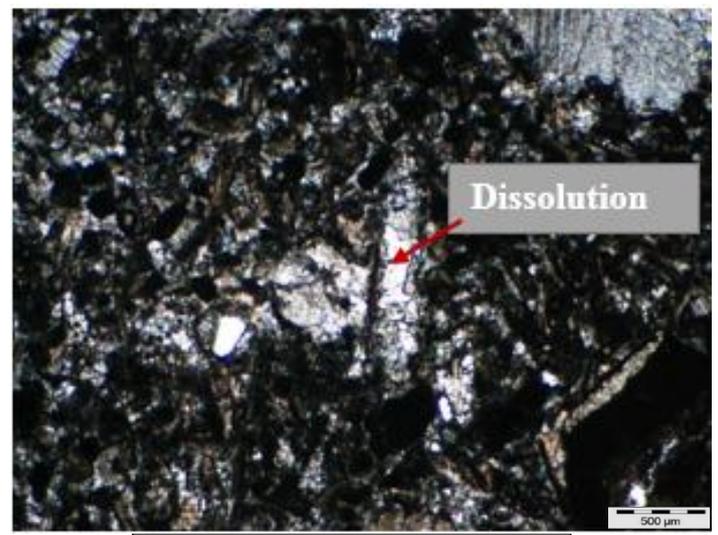
Ce phénomène se présente dans les milieux lagunaires confinés ou même dans les barres sableuses à pelletoides (**Ph.166**) sur tous les puits étudiés.

Ils ont une action indirecte en s'attaquant aux surfaces des particules qu'ils peuvent corroder ou micritiser sévèrement, créant ainsi des conditions favorables à une dissolution ultérieure (**Ph.167**) ou protégeant contre un accroissement épitaxial selon Coniglio et James 1985.



Micritisation des
Foraminifères et Algues

Ph. 166 : PRF ; 929.49 m .x2. LP
Grainstone à Foraminifères benthiques

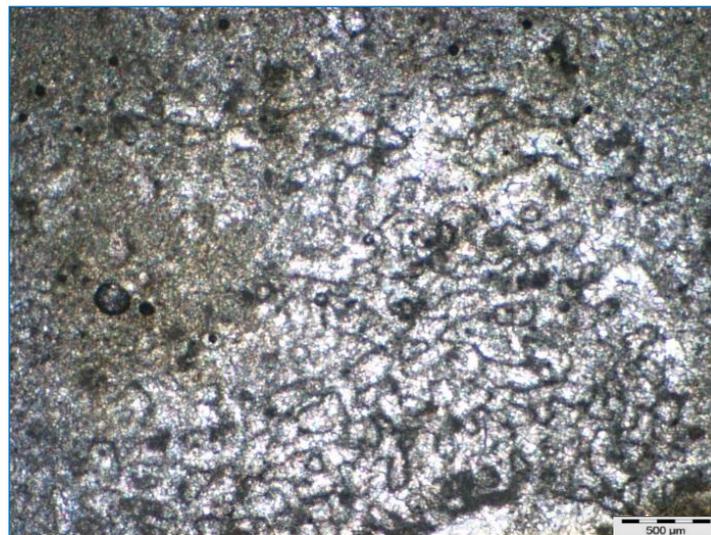


Dissolution

Ph.167 : P2 ; 975.5m .x2. LP.
Wackstone à Pelletoides

Il est important de mentionner que ces microorganismes, représentés essentiellement par les Algues, bactéries, Cyanobactéries et les Champignons, jouent un rôle actif dans la précipitation des ciments micritiques par le biais des biofilms microbiens (ainsi que dans la lithification des concrétions alguaires et des stromatolithes (**Ph.168**) au sein des environnements médiolittoraux et infralittoraux supérieurs (Less et Miller ; 1995, Monty ; 1995).

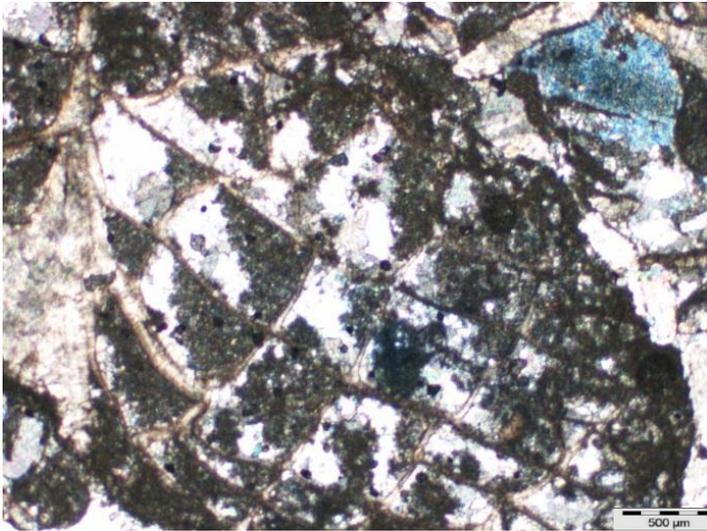
Ces biofilms sont des cellules encastrées dans une matrice organique d'origine microbienne, représentée essentiellement par la vase mucilagineuse (Wilderer et Characklis ; 1989)



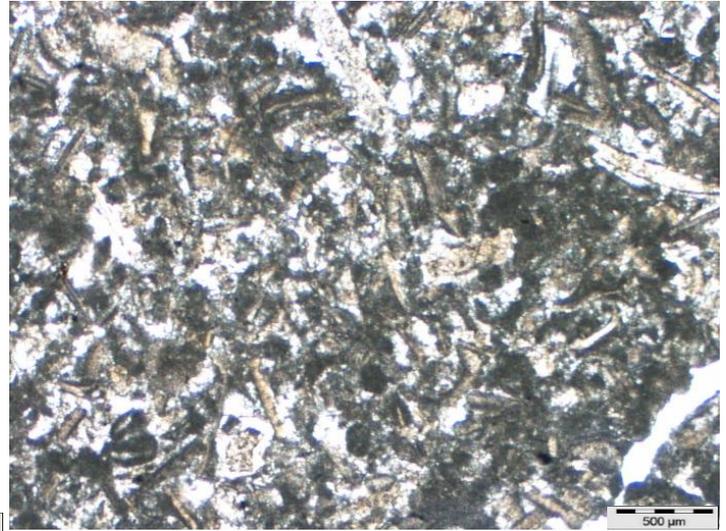
Ph.168 : P2 . 989.8 m .x2.LN
Micrite à Stromatolithe Alguaires

B. L'action dynamique des eaux

Cette action se marque sur les microfaciès de la zone (ZF6) soit par le remaniement du sédiment déjà existant (brèche médiolittorale) (**Ph.169**), soit par l'apport d'éléments fins en zone de haute énergie (**Ph.170**). Ces éléments se trouvent piégés dans les dépôts, aboutissant localement à l'oblitération plus ou moins complète des réservoirs grainstones et boundstones.



Ph. 169 : PRF ; 945.64 m .x2. LN
Micrite précoce dans les vides d'un Rudiste

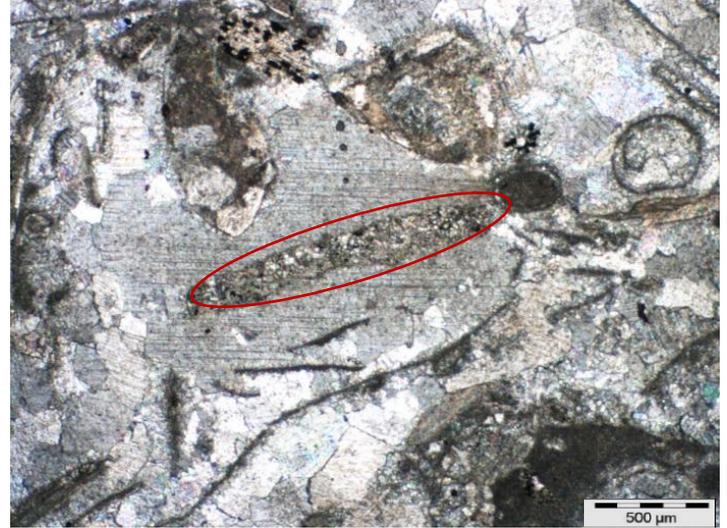


Ph.170 : P3 . 1113.5m .x2.LN . Micrite
pelletoidale dans un sable bioclastique

Dans les zones de basse énergie (MF 7) (Ex : patch reef) recoupé par le sondage PRF (**Ph.171**). Ce phénomène se présente occasionnellement sous forme de micrite fine, s'accumulant dans un trou de lithophage (**Ph.172**).



Ph.171 : PRF . 896.71m.x2.LP Trou de lithophage dans une Huitre



Ph.172 : PRF. 897.15 m .x2. LN. Section longitudinale d'un lithophage colmaté par la micrite

C. La dessiccation

Ce processus est faiblement observé sur le réservoir Coniacien recoupé par les puits étudiés.

Son action est superficielle, mais introduit un réseau de fissures de retrait qui peut aller à une certaine bréchification. Malheureusement le colmatage ultérieur de ces fentes par la sparite drusique (**Ph.173**) ne permet pas la préservation de cette porosité.



**Ph. 173 : P2 . 991.05 m .x2. LP
Fentes de dessiccation dans une matrice micritique**

D. La cimentation

L'évolution du ciment se présente sous plusieurs aspects sur les niveaux étudiés :

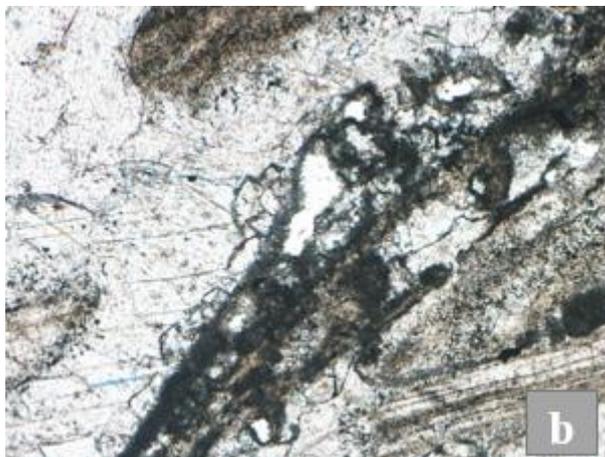
- Sur les niveaux à Huitres recoupés par le puits PRF ; la calcite épitaxiale se développe en continuité optique autour des Echinodermes (**Ph.174**) ;
- Dans les faciès rudstone à Rudiste, la sparite se développe autour des grains sous forme de frange continue (fibreuse) ou discontinue (dents de chien) (**Ph. 175 et 176**) ;
- La calcite poecilitique sous forme de grands cristaux, englobant des enclaves granulaires, se développent dans les microfaciès à matrice micritiques (**Ph.177**).



Ph.174 : PRF. 896.71 m .x2. LP.
Calcite syntaxiale



Ph.175 : P2 ; 988.05m .x2. LP
Calcite fibreuse

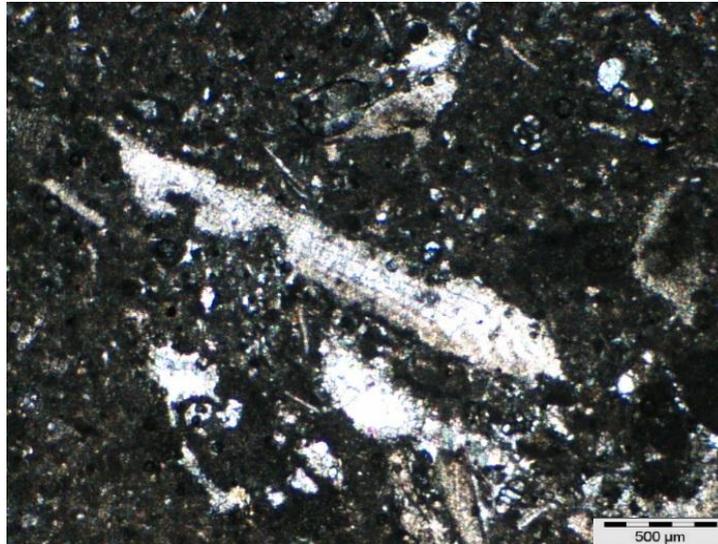


Ph. 176 : P2 .977.5m.x4.LN
Calcite en dents de chien



Ph. 177 :P2. 939.5m .x10. LN
Calcite poecolitique enclavant
Moncharmontia appeninica De Castro

Un autre type de ciment est observé sur le microfaciès floatstone à Rudiste (FZ 6) recoupé par le puits P2 (**Ph.178**), d'une texture grumeleuse, supposée liée à l'action des Cyanobactéries, ce dernier pourrait être responsable d'une calcification des grains bactériens associées à la photosynthèse (réduction de la pression partielle du CO₂ et/ou HCO₃⁻) (Pentecost et Riding ; 1986 ; Merz-Preiss 1999) et la précipitation du CaCO₃ sous forme de micrite (Knorre et Krumbein 2000).

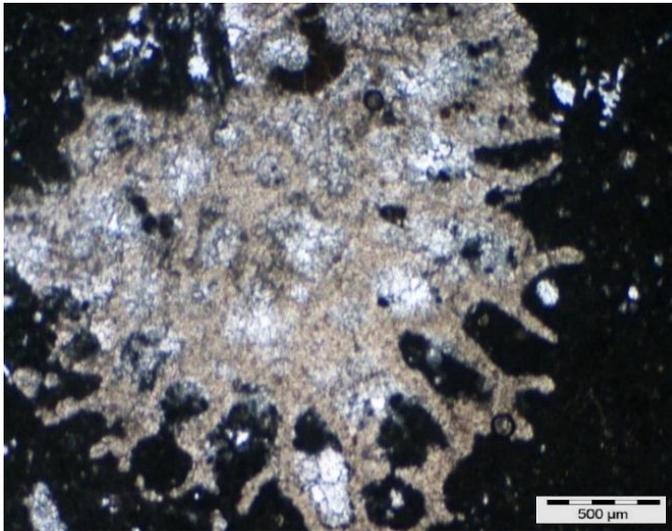


Ph. 178 :P2 .979 m.x2.LN . Automicrite dans les microfaciès Floatstone à Rudistes remaniés

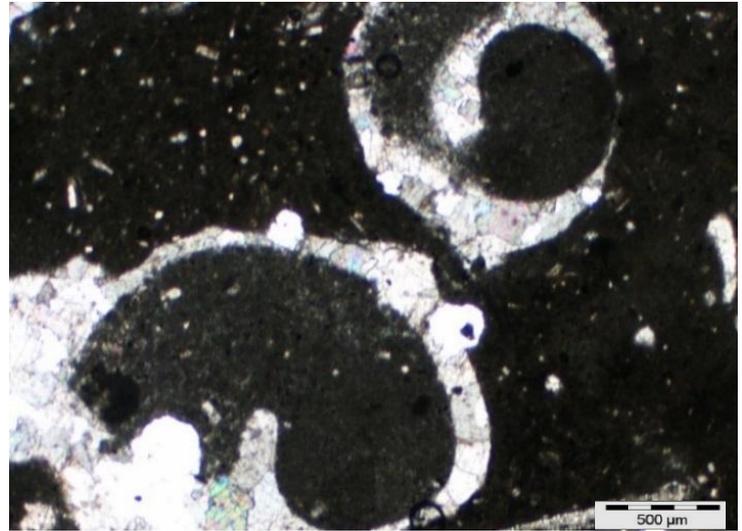
E. Le néomorphisme

Ce phénomène favorise la formation d'un minéral de même nature chimique mais plus stable, à liaisons plus fortes et plus adaptées au nouvel environnement diagénétique. Ainsi l'aragonite et la calcite hautement magnésienne recristallisent en calcite pure (CaCO₃).

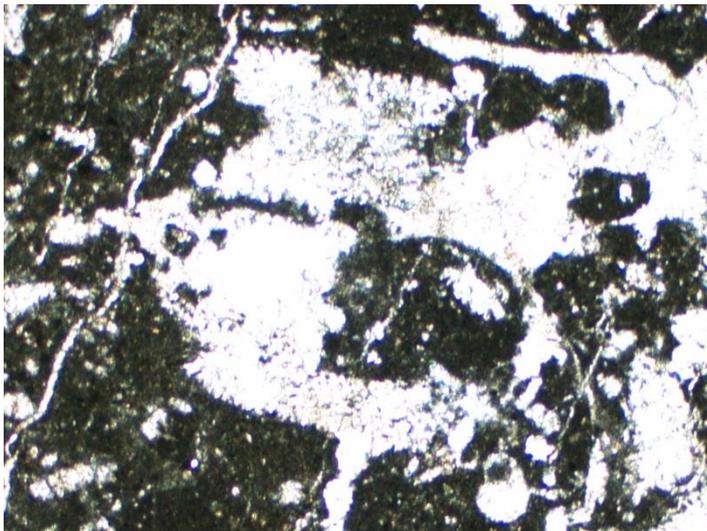
Sur les microfaciès étudiés ; Coralliens (**Ph.179**), à Gastéropodes (**Ph.180**), à Dasycladacées ou Codiacées (**Ph.181**) ; on remarque une transformation des tests aragonitiques en calcite faiblement magnésienne .Ce remplacement, par la calcite drusique ou en mosaïque, détériore la porosité primaire (**Fig.182**)



Ph.179 : P2 .x2.LN
Recrystallisation des Coraux



Ph.180 :P2. 926 m .x2.LP .
Deux sections transverses de Gastéropodes



Ph.181 :P3 .1113.5m . x2.LN .
Algues vertes recrystallisées

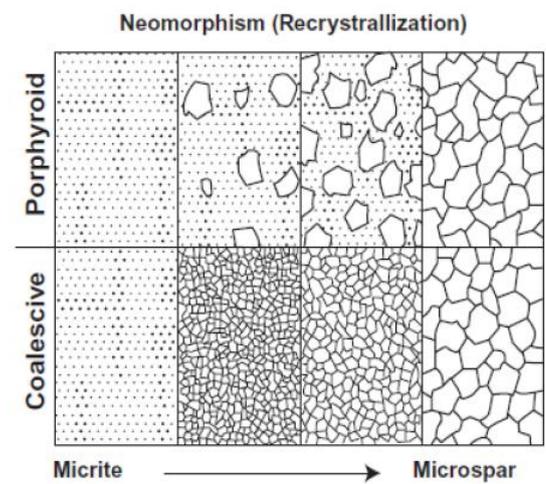
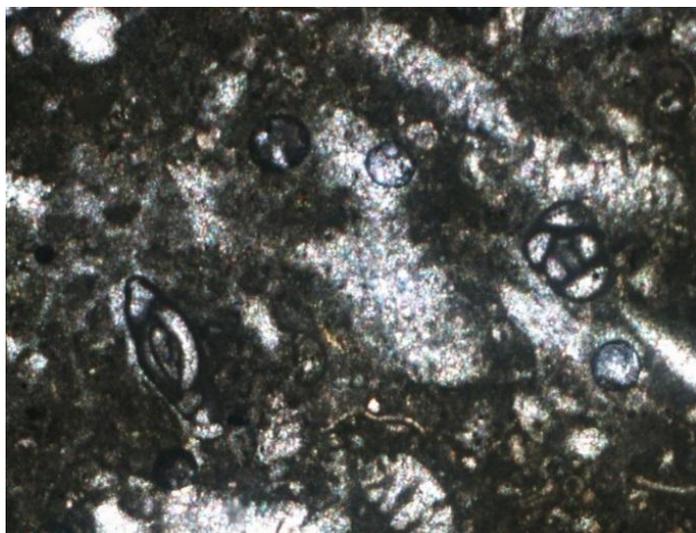


Fig.18 : Diagramme illustrant le phénomène de recrystallisation (Wayne M. Ahr, 2008)

Les calcaires coniaciens étudiés ont subi un processus qui a peut être intervenu à l'état solide du sédiment et c'est ce qu'on appelle la recrystallisation (micrite-microsparite).

Ce phénomène a contribué à la détérioration de la porosité, bien que les bioclastes gardent leurs enveloppes micritiques (**Ph.182**) et ne laissent place à ce phénomène que dans les vides intra et /ou inter particules (**Ph.183**)



Ph.182 : wackstone à Miliolidae, matrice micritique recrystallisée.



Ph.183 : Bioclastes recrystallisés dans une matrice micritique

F. la dolomitisation

Ce type de ciment est fréquemment observé au sein de ces dépôts coniaciens, il épigénise de façon sélective la matrice micritique (**Ph.184**), plus rarement les allochèmes (**Ph.185**).

Il contribue à l'amélioration des qualités réservoirs.



Ph.184 : P1. 1065 m.x4.LP. Epigénie de la micrite par des rhomboédres de la dolomite.

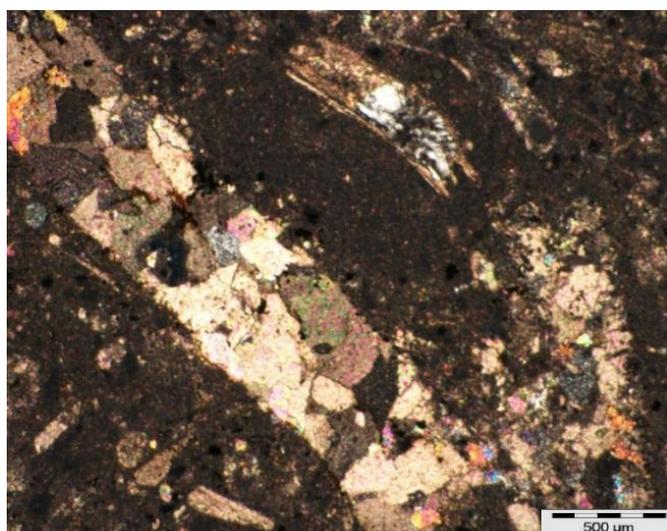


Ph.185 : P2 .936 m.x4.LP. Epigénie de la matrice et des bioclastes.

Sa présence continue au sein de ces dépôts suggère la présence de fluides dolomitants dans l'environnement d'enfouissement (fluides riches en Mg, provenant de la décarboxylation de la matière organique), et/ou la circulation des fluides hydrothermales au droit des failles, joints et fractures (Land ; 1987).

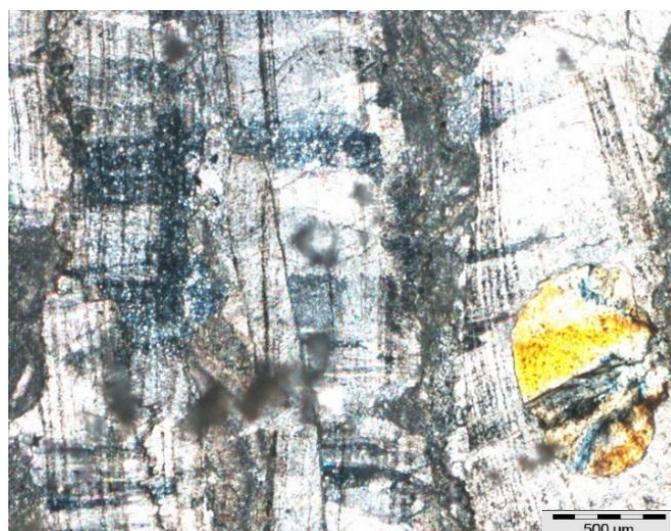
F. La silicification

Les débris de Lamellibranches et des Coraux sont sélectivement remplacés par la calcédoine en fleur (**Ph.186**) ou de la silice authigène (**Ph.187**) dont la présence est liée soit, à des conditions de climat aride à semi-aride (eaux salines à hypersalines) d'un milieu restrictif, soit à des infiltrations salines issue des diapirs sous-jacentes (Rheitner, 1986 ; in Flugel ; 2010).



Ph.186 : 904.07 m . x2. LP .

**Calcédoine dans un bioclaste
recrystallisé**



Ph.187 : P2 . 987m . x2. LP .

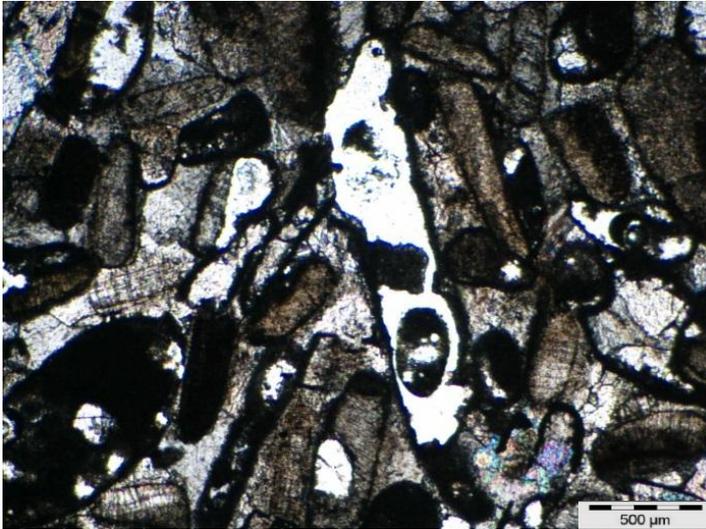
**Silice authigène dans épigénise un débris de
Rudiste**

Les sources probables de cette silice sont les eaux connées, chargées en éléments expulsés lors de la diagénèse des argiles, les spicules de Spongiaires, les Radiolaires et les Diatomées, ainsi que les apports en solution issues de l'altération des continents en climat semi-aride (Laschet, 1984 ; Flugel ,2010).

G. La dissolution

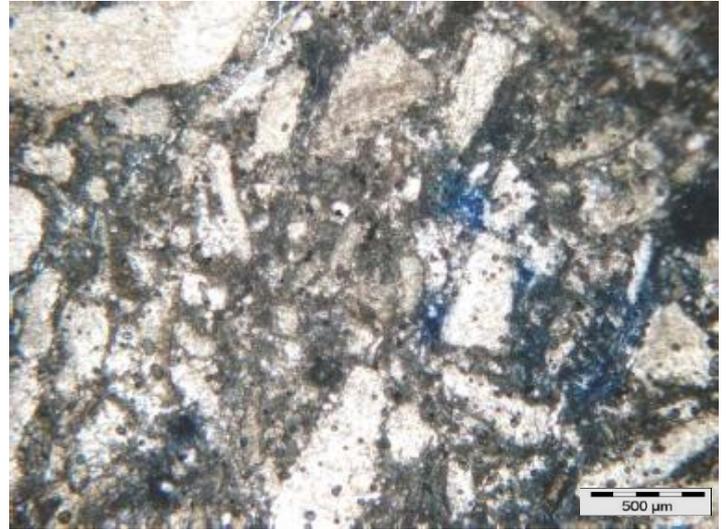
La dissolution semble affecter les niveaux grossiers des barres sableuses (MF6) (**Ph.188**) à récifales (MF5) situés dans lieux la zone vadose supérieure (**Ph.189**)

Ce phénomène pourrait être attribué à l'eau météorique chargée en dioxyde atmosphérique (CO₂).



Ph.188 : P2 .976.05m .x2. LP.

Dissolution de la sparite intergranulaire dans un Grainstone



Ph.189 : P3 .952.6m .x2. LP.

**Indices de dissolution dans un Floatstone.
(Bleu de Méthylène)**

En fait l'importante circulation de la boue dans l'intervalle correspondant aux carottes 3 et 4 du puits PRF (chapitre III) indique une dissolution importante dans ces microfaciès Floatstone à Rudstone à Rudiste colmaté par du marbre (LMC) (**Ph.190**).



Ph.190 : PRF .951.76m .x2. LP

Colmatage des pores de dissolution par la poudre de marbre (zones sombres)

H. L'action de la fissuration

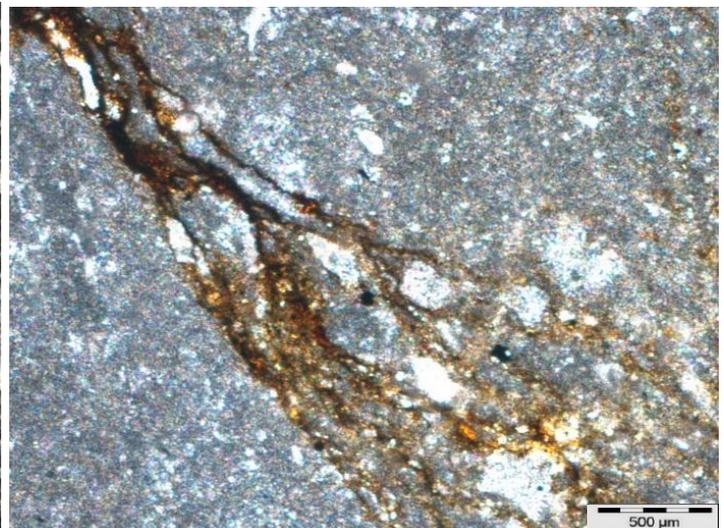
La création des réseaux de fissures (**Ph.191**) et des joints ouverts (**Ph.192**) a été observée sur la quasi-totalité du réservoir Coniacien, avec des répartitions très irrégulières et des orientations variées.

La présence de la fissuration est d'une importance capitale sur l'augmentation de la perméabilité et l'amélioration de la capacité d'écoulement des fluides.



Ph.191 : PRF .952.60m .x2. LP.

Fissure ouverte dans une matrice



Ph.192 : P3. 1099 m. x2. LP .

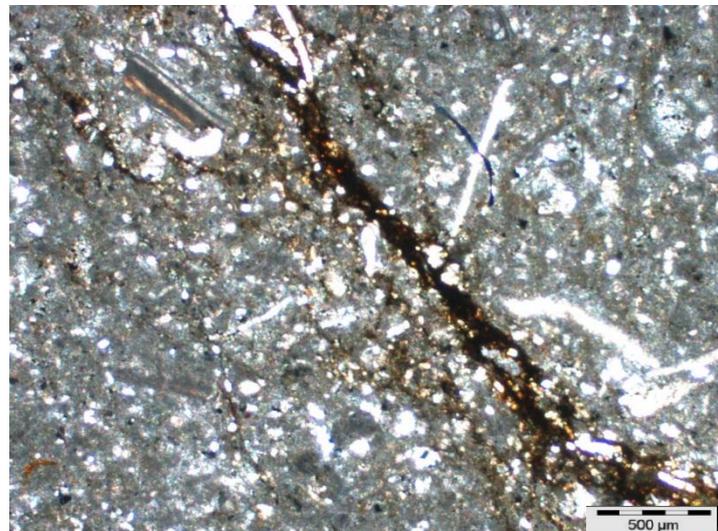
Des joints remplissent par des oxydes de fer.

Certains sont colmatés par de la calcite (**Ph.193**), d'autre imbibées par la matière organique (**Ph.194**).



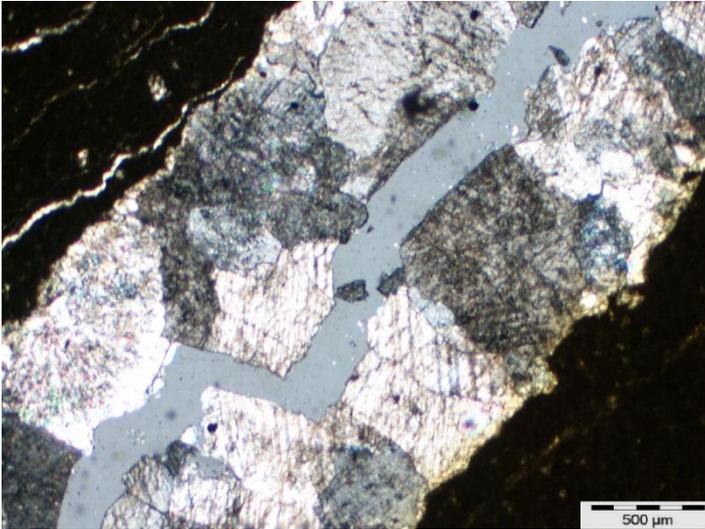
Ph.193 : P2 ; 896.35m ; LP ; G2.

Fissures colmatées par de la calcite

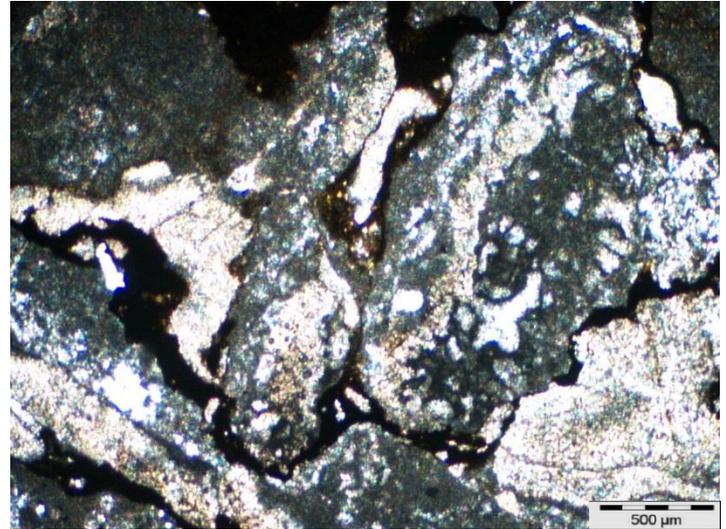


Ph.194 :P2 ; 896.05 m ; LN ; G2. Fissures ramifiées imbibées par la matière organique

Les réseaux secondaires observés, sont dominés par le type intra-particule et le type vacuolaire. Ce dernier évolue souvent en cavités et chenaux de dissolution par le biais des microfissures (**Ph.195**), et parfois même en joints stylolithiques, l'élargissement des fissures par les eaux et par la dissolution implique une porosité secondaire chenalisée, d'où son intérêt économique. (**Ph.196**)



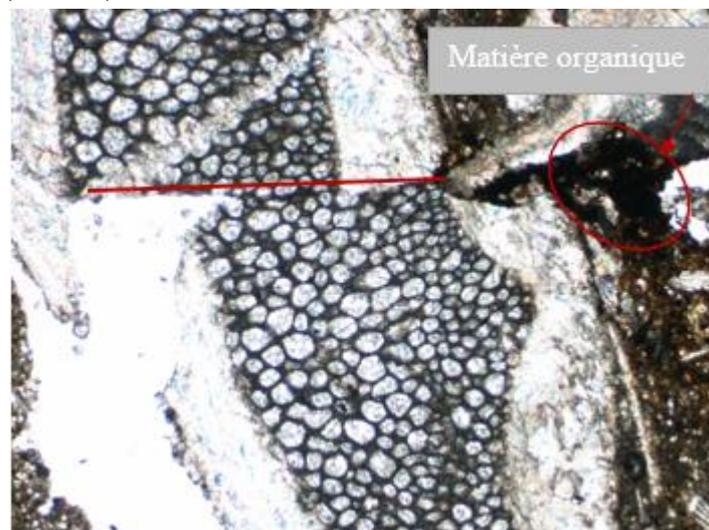
Ph.195 : P3 . 1115m. x2. LP. Porosité stylolithiques au milieu d'un bioclaste recristallisé avec des microfissures parallèles.



**Ph.196 :P2 .991.2m.x2.LP.
Remplissage de la matière organique dans une porosité chenalisée utile.**

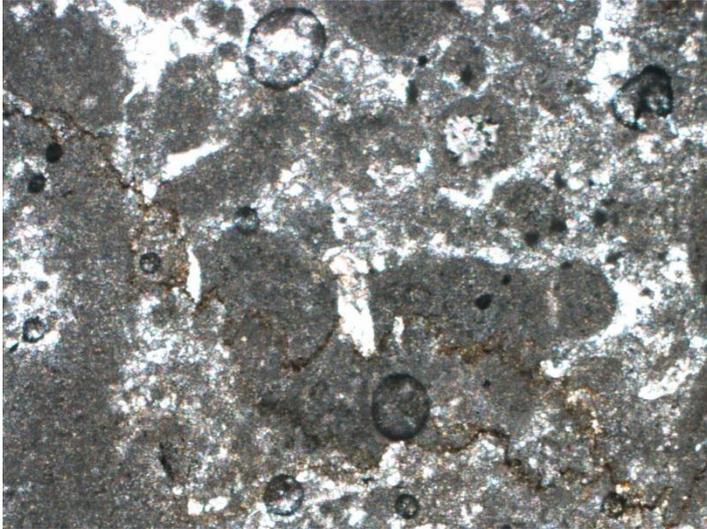
I. La compaction

Dans les calcaires coniaciens, l'effet de la compaction s'exprime par la présence des tests de Mollusques brisés (**Ph.197**)

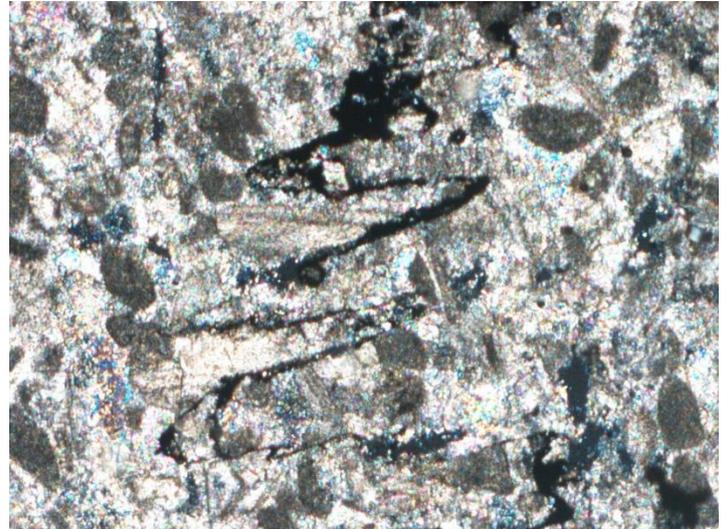


**Ph.197 :P2 . 932m .x2. LP
Un Pélécypode brisé avec un décalage.**

Dans une étape tardive, la compaction exprimée par la pression -dissolution, la stylolitisation, sous plusieurs aspects, (**Ph.198 et199**) affecte les niveaux des barres sableuses de la marge de la plate -forme interne.



Ph.198 : P2 ; 1001.2m . x4. LN.
Microstylolite, faible solubilité des



Ph.199 : P1. 1252.3m. LP . G4.
Stylolithe avec une grande solubilité du ciment et des bioclastes.

III.Effets de la diagénèse sur la qualité réservoir : porogénèse, poronécrose

L'approche diagénétique faite sur l'ensemble des lames minces étudiées renseigne sur plusieurs environnements diagénétiques ; éogénétiques, mésogénétiques, liés à un enfouissement profond, et telogénétique.

Ces environnements diagénétiques ont affecté et modifié la porosité des unités réservoirs, correspondent à ;

Une grande partie de la porosité primaire des réservoirs coniaciens a été modifiée par les processus éodiagénétiques, la dolomitisation, la dessiccation, l'action des organismes (fouissage et lithophage), et la formation d'automicrite (création d'une microporosité) améliorent de la porosité originelle.

Alors que la formation des ciments précoces isopaques, anisopaques et poecilotopique détériorent la porosité primaire.

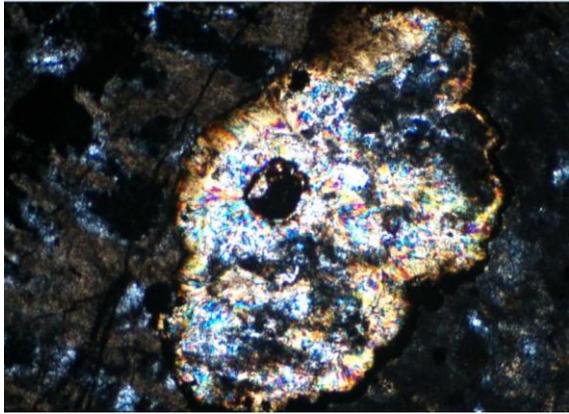
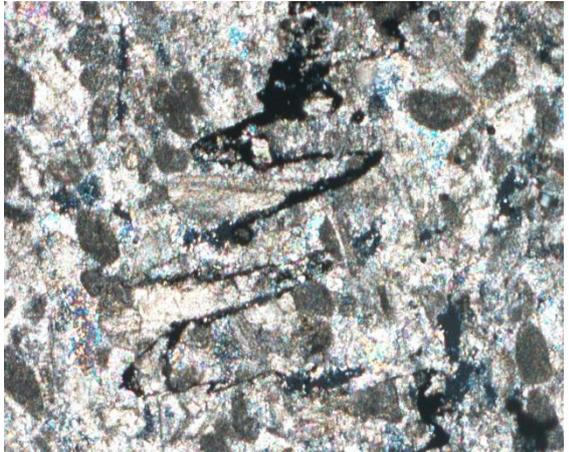
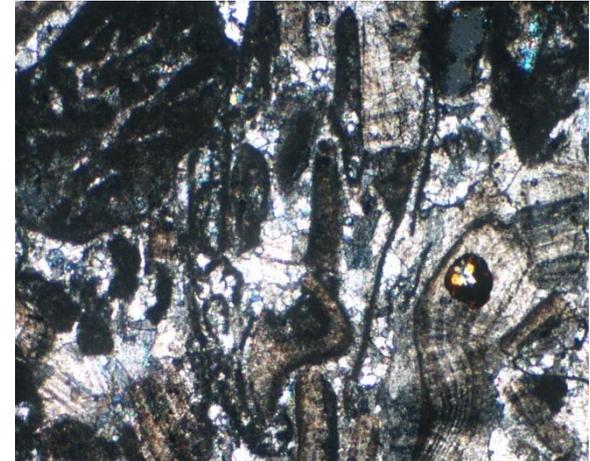
La perte majeure de la porosité a été réalisé au cours de l'enfouissement, sous contrôle des processus mésodiagénétique, représentés essentiellement par la compaction, la pression-dissolution, la cimentation calcitique tardive (drusique), la silicification, la dolomite baroque, la formation de la pyrite framboïdale dans les loges des organismes ou en amas dans l'espace poreux des réservoirs.

Les réseaux poreux secondaires, créés par fissuration et/ou dissolution ont été parfois colmatés par les ciments contemporains ou postérieurs à la pression-dissolution.

Sous l'effet de la diagénèse tardive, les séquences coniaciennes ont développé leur potentiel réservoir, et cela sous l'action conjuguée des fluides agressifs télogénétiques, par la création des mégafissures, l'élargissement des joints stylolithiques et la création d'un réseau poreux connecté dans les calcaires de textures fines (mudstone).

Tandis que la précipitation des ciments ferrugineux oxydants, calcitiques ou même dolomitiques contribuent à la dégradation de la qualité de ces réservoirs.

IV. Séquences diagénétiques de quelques lames étudiées

	<ol style="list-style-type: none">1. Dissolution de l'aragonite.2. Remplacement par la calcite non magnésienne dans un milieu phréatique.3. Epigénie de la silice.
	<ol style="list-style-type: none">1. Micritisation des bioclastes et formation des pelloides.2. Développement du ciment calcitique dans les pores primaires.3. Dissolution partielle du ciment calcitique.4. Formation des stylolithes par l'effet de la pression-dissolution.5. Elargissement des stylolithes.6. Création du vides et remplissage par la matière organique.
	<ol style="list-style-type: none">1. Le dépôts de l'extraclaste (haut gauche).2. Micritisation faible aux alentours des fragments de Rudistes empêchant le développement de la sparite.3. Formation du ciment dans les pores primaires (recristallisation)4. Dissolution partielle de la sparite intraparticulaire. (haut droite)5. Epigénie de la silice dans un fragment d'un Rudiste (bas droite)

V. La répartition de la porosité dans le réservoir Coniacien

L'étude pétrographique vue sous l'angle sédimentologique et diagénétique, a révélé l'existence d'hétérogénéités concernant la distribution horizontale et verticale de la porosité. Ces hétérogénéités sont dues essentiellement à la variation de la composition originelle de chaque séquence de dépôt, ainsi qu'aux textures sédimentaires qui ont étroitement contrôlées les écoulements de fluides à travers les systèmes de pores.

A. L'évolution de la porosité :

La corrélation régionale des profils de porosité, estimée par les études pétrographiques et pétrophysiques (analyses des plugs) ont permis d'avoir une idée sur les perspectives du Coniacien.

Les réservoirs coniaciens ont été décrits au niveau des puits : P1, P2, P3 et PRF.

Le réservoir à qualité modérée s'observe à P1 dont les meilleures porosités sont associées aux séquences progradantes. Les valeurs moyennes varient entre 4% et 6 %, et la valeur maximale atteint 11 %.(**Fig.19**)

Les meilleures porosités ont été observées au niveau du puits P2 et P3 (**Fig.19**) (porosité moyenne entre 15 % et 20%, des maximas variant entre 26% et 28%) générées par des chenaux de dissolution, des espaces intragranulaires, la dolomitisation, les joints et les microfissures élargies).

Une amélioration relative est observée sur les carottes 03 et 04 du puits PRF (**Fig.19**), elle est associée à la fissuration des calcaires wackstone et packstone et la dissolution du ciment marin phréatique des dépôts grossiers avec une valeur maximale de 25%

Les intervalles non poreux sont dus à la recristallisation de la matrice et des bioclastes ainsi que la pression-dissolution, la précipitation des ciments variés (sparite, pyrite et oxydes de fer) et colmatage des fissures.

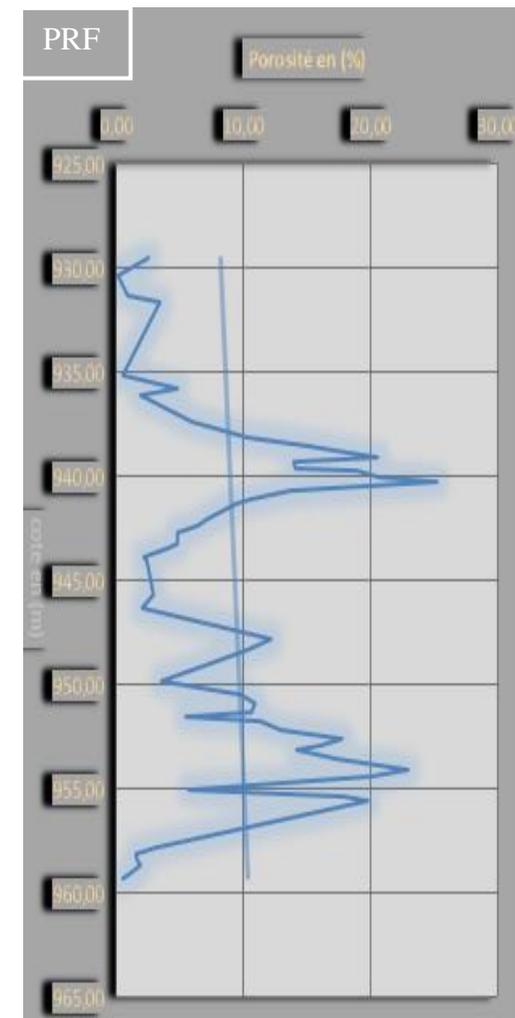
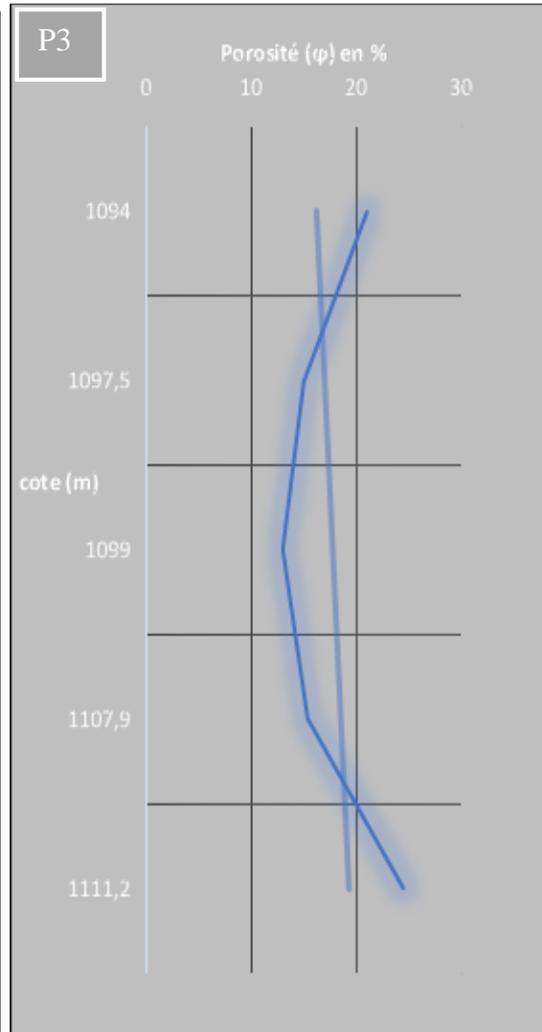
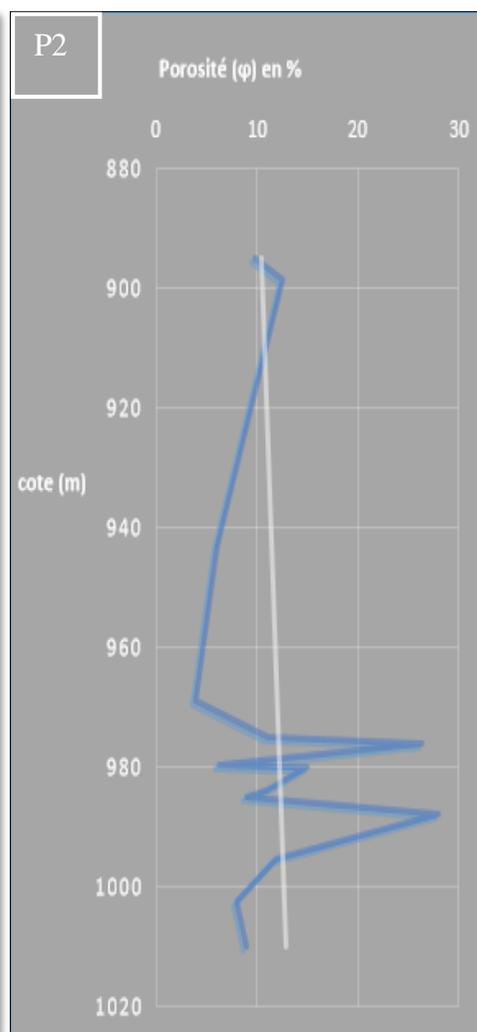
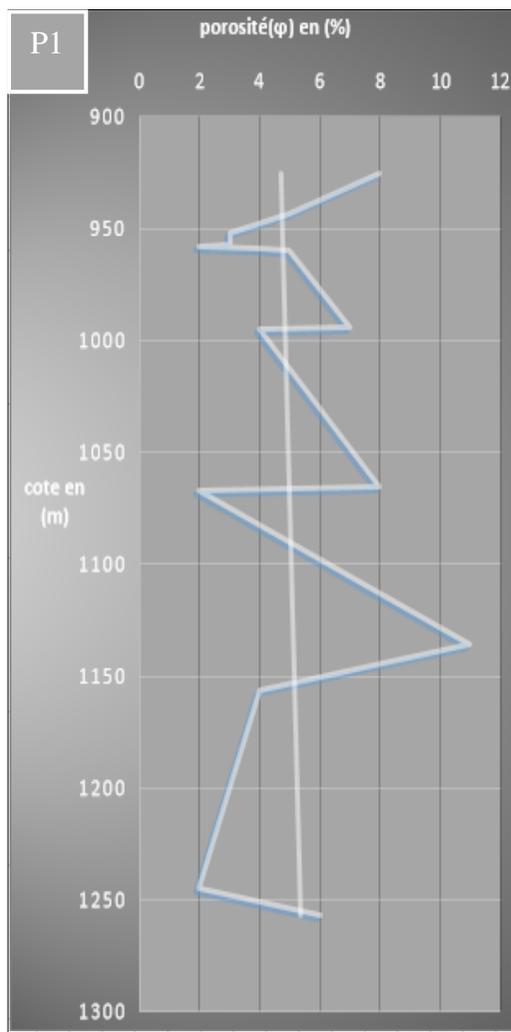


Fig.19 : Profils de variation de la porosité estimée dans les puits P1 ; P2 ; P3 et PRF respectivement

B. Résultats d'analyses pétrographiques

Plusieurs niveaux forment des réservoirs intéressants dans le Coniacien, ces niveaux ont pu être corrélés, à l'aide des diagraphies après une appréciation pétrographique (**Fig.20**).

1. Le puits P1

L'intervalle étudié (de 920 m à 1257.7m) contient plusieurs niveaux intéressants du point de vue réservoir, ces niveaux ont été traversés en perte totale au cours du forage (master log) ;

- **939 m à 945.5 m** : c'est une bioconstruction constituée des Rudistes et des Polypiers assez gros de la zone 05, exprimé par la présence de mud- cake (master log)
- **950 m à 953.6 m, 925 m à 931.5 m et 1242.3m à 1252.3 m** : c'est un microfaciès sub-récifal à lagunaire, des barres sableuses micro détritiques à micro graveleuses forment ces dépôts.

2. Le puits P2

L'intervalle étudié (de 892 m à 1110 m) contient plusieurs niveaux intéressants dont certains sont corrélables avec les niveaux rencontrés à PF1 mais se trouvent plus bas structuralement.

- **895 m à 899 m, 932 m à 936 m, 969.2 m à 971.5 m, 975.5 m à 980.05m** : ce sont des calcaires graveleux à gros débris de bioclastes souvent recristallisés et parfois micritisés, de forme émoussée, la texture est plutôt grossière (grainstone à packstone), indiquant un dépôt dans un milieu peu profond à hydrodynamisme fort. Les phénomènes diagénétiques agissant pour l'amélioration de la porosité sur ces niveaux sont la dissolution et la dolomitisation.
- **984 m à 994.8 m** : il s'agit d'une bioconstruction à Coraux et Rudistes, on note aussi la présence de gros Foraminifères benthiques (Cunéolines, Miliolidae), les Annélides, les Bryozoaires. La porosité est fortement développée par l'effet d'une forte fissuration et la dissolution du ciment, la matière organique est abondante sur ce niveau.

- **1001.2 m à 1003.05 m et 1007.5 m à 1009.5 m** : ce sont des calcaires argileux ou lumacheliques (les Annélides et les Bryozoaires) présentant une porosité intraparticule de dissolution et par la dolomitisation de la matrice ; mais cette porosité n'est pas connectée.

Des traces de la matière organique s'observent sur ces niveaux.

3. Le puits P3

Sur l'intervalle étudié allant de 920 à 1115 m, on a pu retrouver les niveaux réservoirs intéressants, recoupés par le P1, qui se trouvent plus bas structuralement par rapport aux puits P1 et P2.

- **1099-1105.5** : c'est une biomicrite à bioclastes recristallisés, ce microfaciès est fortement fissuré, une cimentation ferrifère s'observe sur ce niveau.
- **1104-1113.5** : il s'agit des dépôts grossiers (Floatstone) à Rudistes, parfois non recristallisés, la matrice micritique est en voie de dolomitisation, des traces de la matière organique sont observées sur ce niveau qui pourrait être un réservoir à huile ou gaz, une bonne porosité enregistrée autour de 20 %

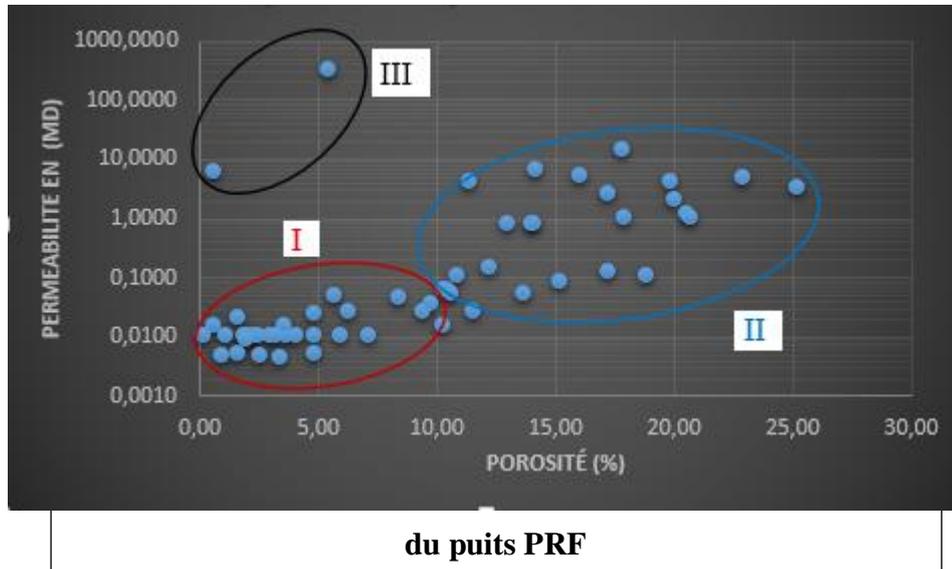
4. Le puits PRF

Sur un intervalle allant de 943.38 m à 1996.41 m, on a pu individualiser plusieurs niveaux réservoirs associés aux carottes 03 et 04, il s'agit de niveaux alternants entre les Foraminifères benthiques qui forment un substratum sur lequel se développent les Rudistes.

VI. Tentative de corrélation entre la porosité et la perméabilité (Cross-plot)

Par la disposition des données de perméabilité de deux puits (P2 ; PRF), nous avons essayé de faire une corrélation entre la porosité et la perméabilité (Fig.20 et 21)

A. Relation porosité –perméabilité –microfaciès (PRF)



- De point de vue qualité réservoir. on distingue 3 familles de réservoirs ;
- La distribution de la porosité-perméabilité est uniforme dans le puits PRF (I et II), les 2 points (III) indique une porosité de fissuration, cela se reflète sur les textures mudstone du sommet de la carotte 3.
- La famille I se reflète les dépôts wackstones à Foraminifères benthiques, dont ils disposent des valeurs modérées mais cohérentes.
- La famille II se reflète sur les dépôts grossiers, à Lamellibranches, disposant une bonne connectivité entre les pores, pourrait être due à la dissolution de la matrice.

B. Relation porosité-perméabilité-microfaciès

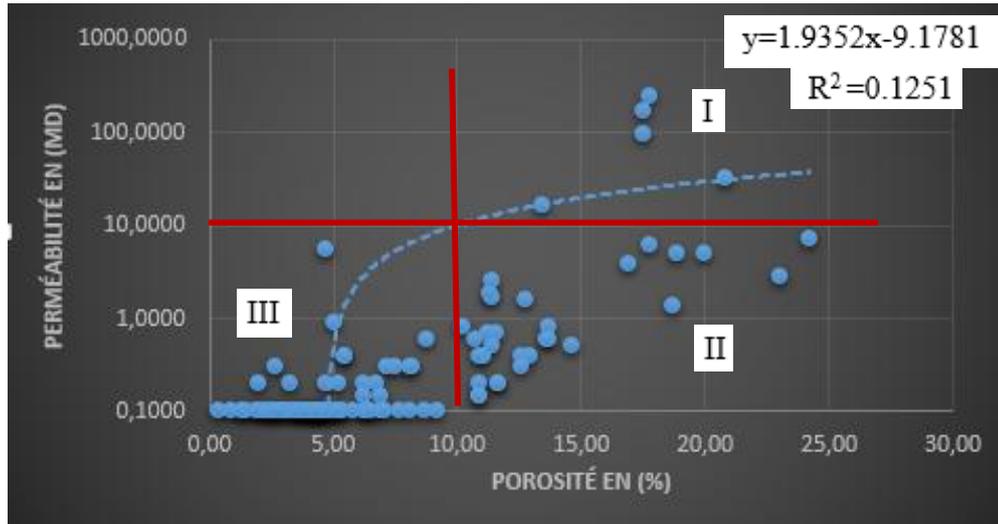


Fig.21 : Cross plot porosité –perméabilité puits P2

- On distingue 3 trois familles de réservoirs :
 - I : Forte porosité –forte perméabilité ;
 - II : Forte porosité-faible perméabilité ;
 - III : Faible porosité-faible perméabilité ;
- La distribution de la porosité est de type “patchy porosity” avec un coefficient de corrélation $R^2=0.2151$ affirmant cette relation d’hétérogénéité.
- Les familles I et II correspondent aux dépôts grossiers péri-récifaux, dont la dissolution joue un rôle prédominant dans la création de cet espace poreux, bien qu’il soit interparticule ou intraparticule.
- Tant qu’aux valeurs de la famille III correspondent plutôt aux dépôts de lagon et périrécifaux non dissous.

VII. Conclusion

Les résultats des paramètres pétroliers sont encourageants, les séquences coniaciennes ont développé un potentiel réservoir, et cela sous l'action conjuguée de la dissolution et la fissuration des dépôts grossiers, les sables carbonatés de haute énergie, et les monticules biogéniques.

Bien qu'ils montrent des hétérogénéités dans la distribution de la porosité, due aux changements de l'intensité des phénomènes diagénétiques.

Le puits P2 montre une intense dissolution vient de sa position haute dans la région.

Le réservoir Coniacien montre une bonne extension en point de vue épaisseur, les niveaux intéressants se rencontrent dans l'ensemble des puits étudié (Niveau B).

La dégradation de la qualité du réservoir est due surtout au phénomène de recristallisation des bioclastes qui s'associe aux dépôts lagunaires à matrice micritique, ce qui correspond au niveau A.

Conclusion générale

L'objectif de cette étude était de déterminer les différentes associations de microfaciès et leurs répartitions spatiales.

La méthode utilisée a permis de montrer, à travers le puits de référence (PRF) que le Coniacien est constitué d'une séquence progradante de la plateforme interne.

Les dépôts sont essentiellement périrécifaux et récifaux (monticules biogéniques, barres sableuses, gros Rudistes, des Coraux branchus).ils diffèrent des autres niveaux réservoirs, Cénomaniens (dépôts hétérogènes déposés dans un contexte transgressif) et Turonien (qualifié comme une roche mère à dépôts pélagique).

Sur le plan sédimentologique, Les environnements de dépôts définis au Coniacien sont ceux des plateformes interne et marginale.

Les microfaciès de la plateforme interne déposés dans le lagon (ZF 7 et ZF8) sont constitués par :

- Les calcaires à bioclastes subsphériques.
- Les calcaires à Calcisphères et Pithonelles.
- Les calcaires à Gastéropodes.
- Les calcaires à Algues vertes (Dasycladacées).
- Les calcaires à Echinodermes et bryozoaires.
- Les calcaires à péloïdes et Foraminifères benthiques.

Les microfaciès de la plateforme marginale sont des dépôts périrécifaux et récifaux (ZF6 et ZF5) et sont constitués par :

- Les monticules biogéniques (patch reef).
- Les barres sableuses pelletoidales.
- Les calcaires à gros Rudistes ou Coraux.
- Les monticules microbiens (Stromatolithes).
- Les calcaires à gros Foraminifères benthiques formant le substratum des récifs.

Une tendance de l'épaississement du réservoir vers le Sud-Est (P2 et PRF) semble se dessiner.

Un confinement des niveaux sommitaux de l'horizon B vers le Nord-Ouest où est implanté le puits P3, marque l'action de la subsidence.

Sur le plan pétrophysiques et qualité réservoir, les niveaux coniaciens ont montré une hétérogénéité dans la répartition spatio-temporelle des caractéristiques pétrophysiques. Ces variations sont liées latéralement aux phénomènes diagénétiques et verticalement aux changements des milieux de dépôts, l'exposition, le confinement le changement du niveau marin et la structuration du bassin.

Les phénomènes diagénétiques observés au niveau des dépôts récifaux a péri récifaux ont contribué à l'amélioration de la qualité du réservoir (B), due essentiellement à la dissolution des ciments marins phréatiques et au lessivage des argiles et plus rarement à la fissuration.

Les phénomènes diagénétiques observés sur les dépôts remaniés et lagunaires ont contribué à la dégradation du réservoir, en raison de la recristallisation intense des dépôts et du colmatage des fissures précédemment créées. Quelques niveaux qui ont développé une porosité matricielle par dolomitisation.

Références bibliographiques

Addoum, B., 1995. L'Atlas saharien sud-oriental. Cinématique des plis-chevauchements et reconstitution du bassin du Sud-Est constantinois (confins algéro-tunisens). Thèse de doctorat, Université Paris Sud, Orsay, Paris, 158 p.

Adjas, A ; 2015, cours d'induction, IAP, Rapport Sonatrach, document inédit..

Aissaoui, D., 1984. Les structures liées à l'accident sud-atlasique entre Biskra et le Jebel Manndra, Algérie. Evolution géométrique et cinématique. Thèse de 3ème cycle, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 172 p.

Becker, 1999., In microfacies of carbonate rocks, Flugel, 2010, Cretaceous benthic Foraminifera, p.470; plate 71

Beghoul, M., 1974. Etude géologique de la région des Hamimat (sud-est constantinois) : application pétrolière dans les confins algéro-tunisens. Thèse de doctorat, Université Paris VI, Paris, 122 p., 34 fig., 67 pl. (inédit).

BENKHEROUF, F., 1988. Les foraminifères cénomaniens des Alpes-Maritimes (Sud-Est) et du (Morsott, NE Algérie). Mémoire Magister, Univ. Tébessa 79 pp. n°9. 173 pp. 2ème série, n°15.484 pp.

Bougjamaà, A., 1987, Evolution structurale du bassin pétrolier (Triasique) du Sahara Nord oriental. Algérie, Thèse doctorat Univ. Paris Sud Orsay.

Bureau, D. (1986), Approche sédimentaire de la dynamique structurale : évolution mésozoïque et devenir orogénique de la partie septentrionale du fossé saharien. (Sud –ouest constantinois et Aurès-Algérie). Thèse Sci. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris. 2 vol. 779p.

CHACHA Aziza, 2012- Géodynamique des bassins triasiques de l'Atlas Saharien Oriental et implication pétrolière, Mémoire de magister.

Coniglio et James, 1985., In Microfacies of carbonate rocks, Flugel, E, 2010, Pl. 82.

DEVAUX J. (1965, 1966), Le Crétacé inférieur et moyen des confins algéro-tunisens. Fasc. I et II, Réf. Dex. 130/N. 44/131.24 (Rapport interne SONATRACH, SN REPAL). Djebel Dyr (NE Algérie) : biostratigraphie et paléo-environnements. Thèse Doct. Univ. Nice Doc. 3ième cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 261pp. Doct. Tomes I et II ; 662 pp. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.

Références bibliographiques

Djazairi. S ; 2015 ; étude biostratigraphique du core-drill DBR-1, Rapport d'induction dans le cadre de la formation/induction à la Division Technologies et Développement DTD/SONATRACH.

Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to their depositional texture. In Tucker et Wright, 1990, Carbonate sedimentology.

Embry A.F., Klovan FE 1971. Classification of carbonate rocks according to their depositional texture. In Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy, 2005.

Entreprise nationale Sonatrach, division exploration, direction études & synthèses, département analyse des bassins, Mai ; 2001, rapports internes département Sud Est Constantinois. Boumerdes.

Flugel.E.; 2004, Microfacies of carbonate rocks, Analysis, interpretation and application.

Garcia-Hernandez, 1981. ; Biozonation du Crétacé inférieur à l'aide des Foraminifères benthiques et Algues Dasycladacées dans le Prebetique occidental (Cordilleres Betiques, Espagne).- Geobios, 14, 261-267.

GARGOURI-RAZGALLAH S., 1978 ; Le Cénomaniens de Tunisie centrale : étude paléoécologique, stratigraphique, micropaléontologique et paléogéographique. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Lyon (France), 215p.

Ghandriche, H., 1991. Modalités de la superposition des structures de plissement chevauchement d'âge alpin dans les Aurès (Algérie). Thèse Science, Univ. de Paris-Sud, centre d'Orsay, 189 p.

Guiraud, R., 1975, Évolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin de Hodna et des régions voisines. Thèse de Science, Université Nice, 270 p.

Gertsch et al, 2010., Cenomanian-Turonian transition in a shallow water sequence of the Sinai, Egypt. Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch), 99, p. 165-182.

Herkat, M., 1999. La sédimentation de haut niveau marin du Crétacé supérieur de l'Atlas saharien oriental et des Aurès. Stratigraphie séquentielle, Analyse quantitative des biocénoses, évolution paléogéographique et contexte géodynamique. Thèse Sciences. USTHB, Alger, 802 p.

Références bibliographiques

Herkat, M., 2007. Application of correspondence analysis to palaeobathymetric reconstruction of Cenomanian and Turonian (Cretaceous) rocks of Eastern Algeria. *www.sciencedirect.com*.

Kazakova, U, P, 1952., Stratigraphie et faune de Lamellibranches du Miocène moyen de l'Opolie-Trav. Inst. Prosp. Géol. Ordjonikidzé Ed., Moscou, 27., p171-306.

Kazi-Tani, N., 1986. Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Pau, 2 vol, 784 p.

Keupp.H; 1981, Die kalkigen Dinoflagellaten-Zysten der borealen Unter-Kreide (Unter-Hauterivium bis Unter-Albium). – *Facies*, **5**, 1-190.

Knorre; krubein. , 2000., In *Microfacies of carbonate rocks, 2010, limestones and biological sediments*; p369, §:91. .

Lafitte, R., 1939. Etudes géologique de l'Aurès. Thèse ès Sciences, Paris, Pub. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. Série, n° 46.

Land.L.S (1987), The orogin of massive dolomite; *JGE*, v. 33, p. 112-125.

Laschet, C. (1984), On the origin of cherts. – *Facies*, **10**, 257-289.

Less.A et Miller.J(1995), Waulsortian banks, in *Carbonate mudmounds, Their origin and Evolution* , Oxford, England; IASSP.

Macoin, P, 1995, rapport interne de la SN-REPAL.

Masse, J.P.,1976., les calcaires urgoniens de Province (Valanginien-Aptien inférieur). Stratigraphie, paléontologie, les paléoenvironnements et leur évolution-Thèse scientifique., Marseille, 445p.

Monty.C.L(1995), The rise and nature of carbonate mudmounds and introductory actualistic approach ; *BS*, p.11-48.

Naili, H., Bouremouche, R., 1987. Rapport micropaléontologique du sondage BTS-1, Rapport Sonatrach, 12 p.

Pentecost et Riding, 1986; Merz-Preiss 1999), In *Microfacies of carbonate rocks, 2010, limestones and biological sediments*; p369, §:9.1.

Références bibliographiques

- Reitner, J., Keupp, H. (eds., 1991):** Fossil and recent sponges ., 595 pp., Berlin (Springer)
- Robaszynski. H.H et al (1993),** Calcitization of aragonite in Pleistocene limestone of Enewetak Atoll, Bahamas, and Yucatan-an alternative to thin-film neomorphism; Carbonates and Evaporites, v.7, p.56-73.
- RUAULT-DJERRAB, M., 2008.** Biostratigraphie et Paléoenvironnement du Crétacé moyen.
- Ruault-Djerrab, M., 2012,** Biostratigraphie et paléoenvironnements du Cénomano-Turonien du Sud Est Constantinois (monts des Hamimats, Tébessa et Mellègue), à partir de l'étude de la faune et de la microfaune, Thèse de Doctorat, USTHB, Alger, 215 p.
- Sliter et Backer, 1972 .,** In Microfacies of carbonate rocks, Flugel.E;2010.
- Total Algérie ,1991.**Convention Algérie Nord-Ouest, Etude stratigraphique, géochimique et pétrolière.
- VILA, J.M., 1980.** La chaine alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 665 p.Wood, C.J., Ernst, G., and Rasemann,
- VIVIERE, J.L., 1985.** Les ostracodes du Crétacé supérieur (Vraconnien à Compañien basal).
- Wilderer.P.A et Characklis.W.G (1989) –** Structure and function of biofilms, Chisester,UK., Wily, p.5-18.

Les planches de photos de microfaciès

<i>Ph.1 : Floatstone à bioclastes recristallisés dans une matrice mudstone. la matrice est en voie de dolomitisation.</i>	20
<i>Ph.2 : Mudstone à laminations irrégulières.</i>	20
<i>Ph.3 : Grainstone à matrice dissoute.</i>	21
<i>Ph.4 : Floatstone à Lamellibranche dans une matrice micritique.</i>	21
<i>Ph.5 : Packstone avec une matrice micro-sparitique entrain de recristallisation en sparite</i>	21
<i>Ph.6 : Grainstone à bioclastes recristallisés à enveloppe micritique.</i>	21
<i>Ph.7 : Grainstone à Echinodermes et bioclastes recristallisés.</i>	22
<i>Ph.8 : Rudstone à Coraux qui ayant subi de la dissolution.</i>	22
<i>Ph.9 : Foraminifère benthique (Nezzazatidae) dans un microfaciès grainstone.</i>	22
<i>Ph.10 : Grainstone montrant une porosité de dissolution inter-granulaire.</i>	22
<i>Ph.11 : Floatstone à huitre dans une matrice wackstone.</i>	23
<i>Ph.12 : Rudstone à Rudistes.</i>	23
<i>Ph.13 : Pyrite en amas</i>	23
<i>Ph.14 : wackstone à Lamellibranches, matrice micritique dolomitisée.</i>	23
<i>Ph.15 : Packstone à Lamellibranches recristallisés, ce microfaciès est légèrement dolomitisé.</i>	24
<i>Ph.16 et 17 : Grainstone à Lamellibranches et Coraux avec une dissolution importante.</i>	24
<i>Ph.18 : Grainstone à bioclastes émoussés, recristallisés et à revêtement micritique.</i>	26
<i>Ph.19 : Wackstone à Foraminifères benthiques.</i>	26
<i>Ph. 20 : Grainstone à Foraminifères benthiques et lithoclastes.</i>	27
<i>Ph .21 : Grainstone à Foraminifères benthiques et Lamellibranches ; la matrice en voie de dolomitisation.</i>	27
<i>Ph.22 : Packstone à Foraminifères benthiques de test porcelané et Echinodermes .présence d'indice de compaction dans le sens NW-SE.</i>	27
<i>Ph.23 : Grainstone à Foraminifères benthiques à test agglutinés.</i>	27
<i>Ph.24 : Wackstone à ophiuridés et calcisphères.</i>	28
<i>Ph.27 : Mudstone à Foraminifères pélagiques</i>	29
<i>Ph.28 : Mudstone à Foraminifères pélagiques (Heterohelix globulosa)</i>	29
<i>Ph.29 : Mudstone à Foraminifères pélagiques (Whiteinella baltica), avec des fissures colmatées.</i>	29

Les planches de photos de microfaciès

<i>Ph.30 : Wackstone à Framinifères pélagiques, avec des laminations anastomosées imbibées en matière organique.</i>	29
<i>Ph.31 : Wackstone à Pithonelles et Pelletoides. ; Ph.32 : Floatsone à Lamellibranches</i>	31
<i>Ph.34 : wackstone à débris de bivalves et Foraminifères benthiques.</i>	31
<i>Ph.35 : Wackstone à Dasycladacées et Foraminifères benthiques. Montrant une fissure colmatée.</i>	32
<i>Ph.36 : Wackstone à Foraminifères benthiques montrant une fissure colmatée.</i>	32
<i>Ph.37 : Floatstone à Rudiste développant une porosité de fissuration ; avec un dépôt de marbre dans la matrice.</i>	32
<i>Ph.38 : Rudstone à Rudiste.</i>	33
<i>Ph.39 : Floatsone à Coraux dans une matrice micritique.</i>	33
<i>Ph.40 : Floatstone à Rudiste.</i>	33
<i>Ph.41 : Floatstone à Rudiste ,un remplissage de la sparite ;des joints imbibés.</i>	33
<i>Ph 42: Colmatage des pores de dissolution (Zones sombres)</i>	35
<i>Ph.43 :904.07 m, un Lamellibranche (Pycnodontid).</i>	38
<i>Ph.44 :904.07m, bioclastes recristallisés épiginisés par la silice.</i>	38
<i>Ph.45 : 900.19 m, packstone à wackstone à pellets.</i>	38
<i>Ph.46 :896.15m, wackstone à pelloïdes et Foraminifères benthiques (Textularidae).</i>	38
<i>Ph. 47 : 896.71m, packstone à floatstone à Lamellibranches (Huitres).</i>	38
<i>Ph.48 :896.71 m, Floatstone à Brackiopode.</i>	38
<i>Ph.49 :896.71 m, Packstone à plaques d'Echinodermes développant un ciment épitaxial.</i>	38
<i>Ph.50 : 897.15m, Floatstone dans une matrice sparitique.</i>	38
<i>Ph.51 :896.71m, Packstone à débris d'Huitres et d'Echinodermes.</i>	38
<i>Ph.52 :904.07 m, packstone à Foraminifères benthiques et bivalves fins.</i>	38
<i>Ph.53 : Wackstone à bioclastes recristallisés et à Pellets.</i>	40
<i>Ph.54 : Packstone à pellet et débris fins recristallisés.</i>	40
<i>Ph.55 : Floatstone à Lamellibranches recristallisés dans une texture wackstone.</i>	40
<i>Ph.56 : Wackstone à bioclastes recristallisés, des Lamellibranches probablement, montrant une fissure colmatée.</i>	40
<i>Ph.57 : Wackstone à bioclastes recristallisés, légèrement dolomitisés.</i>	40
<i>Ph.58 : Wackstone à Foraminifères benthiques et Ostracodes</i>	41
<i>Ph.59 : Wackstone à bioclastes recristallisés</i>	43
<i>Ph.60 : Packstone à grainstone peloidaux non laminé à pithonelles .</i>	43

Les planches de photos de microfaciès

<i>Ph.61 : Wackstone à tubes d'Annélides</i>	43
<i>Ph.62 : Packstone à bioclastes recristallisés</i>	43
<i>Ph.63 : Packstone Pelletoidale</i>	44
<i>Ph.64 : Grainstones bioclastiques à Pelletoides</i>	44
<i>Ph.66 : Floatstone à polypier épigénisé</i>	45
<i>Ph.65 : Rudstone à test de rudiste 'Radiolitidae'</i>	45
<i>Ph.67 : Rudstone à Polypier épigénisé par la silice</i>	45
<i>Ph. 68 : wackstone silicifié</i>	46
<i>Ph.69 : wackstone à Foraminifères benthiques</i>	46
<i>Ph.70 : Wackstone à Lamellibranches</i>	46
<i>Ph.71 : Wackstone ; légèrement dolomitisé</i>	46
<i>Ph.72 : Packstone à Foraminifères pélagiques</i>	47
<i>Ph.73 : wackstone à Echinoderme</i>	47
<i>Ph.74 : Packstone laminé à Foraminifères pélagiques</i>	47
<i>Ph.75 : wackstone à Calcisphères</i>	51
<i>Ph.76 : Wackstone à Foraminifères pélagiques</i>	51
<i>Ph.77 : Wackstone à Pithonelle et Foraminifères</i>	51
<i>Ph.78 : Wackstone à Rotalidae</i>	51
<i>Ph.79 : Foraminifères benthiques</i>	51
<i>Ph.80 : wackstone à Lamellibranches</i>	51
<i>Ph.81 : Wackstone à Lamellibranches</i>	52
<i>Ph.82 : Silicification d'un Lamellibranches ; colmatage d'une fissure</i>	52
<i>Ph.83 : Wackstone à bioclaste encrouté par des Rhodophycées</i>	52
<i>Ph.84 : Matrice micritique dolomitisée imbibée par la matière organique</i>	52
<i>Ph.85 : Matrice micritique à bioclastes et Bryozoaire</i>	54
<i>Ph.86 : Matrice en voie de recristallisation montrant un Foraminifère benthique</i>	54
<i>Ph.87 : Matrice micritique à Cuneolina</i>	54
<i>Ph.88 : Matrice micritique à Foraminifère benthique</i>	54
<i>Ph.89 : Foraminifère pélagique 'Whiteinella ballica'</i>	54
<i>Ph.90 : Algues vertes 'Acicularia. sp'</i>	54
<i>Ph.91 : Les tubes d'Annélides à parois recristallisés</i>	55

Les planches de photos de microfaciès

<i>Ph.92 : Un bivalve recristallisé</i>	55
<i>Ph.93 : Lamellibranche recristallisé ‘Pycnodontid ‘</i>	55
<i>Ph.94 : Des joints imbibés par la matière organique .</i>	55
<i>Ph.95 : Boundstone à Coraux fissurés.</i>	56
<i>Ph.96 : Floatstone à Coraux recristallisés partiellement .</i>	56
<i>Ph.97 : Matrice recristallisée à Oncoïdes</i>	57
<i>Ph.98 : Radiolatidae partiellement recristallisé</i>	59
<i>Ph.99 : Rudiste fissuré</i>	59
<i>Ph.100 : Rudiste développant deux types de ciments</i>	59
<i>Ph.101 : Matrice dissoute avec le quartz détritique .</i>	59
<i>Ph.102 : Floatstone à débris de Rudistes silicifiés</i>	59
<i>Ph.103 : Matrice micritique à Serpulidés montrant des grains de quartz détritique</i>	59
<i>Ph.104 : Packstone montrant un Extraclast</i>	60
<i>Ph.105 : Packstone à débris émoussés</i>	60
<i>Ph.106 : Floatstone à débris de Rudiste</i>	60
<i>Ph.107 : Packstone à débris de Lamellibranches</i>	60
<i>Ph.108 : Packstone à Lamellibranches, subit la dissolution</i>	60
<i>Ph.109 : Packstone à Miliolidae, Textularidae et Dicyclina</i>	61
<i>Ph.110 : Wackstone à Foraminifères benthiques, la matrice est en voie de recristallisation</i>	61
<i>Ph.111 : Pyrite en amas</i>	62
<i>Ph.112 : wackstone à fragment de Rudiste</i>	63
<i>Ph.113 : Floatstone à débris de Rudiste .</i>	63
<i>Ph.114 : Grainstone à bioclastes émoussés, revêtus et dissous partiellement</i>	65
<i>Ph.115 : Grainstone à oncoïdes et bioclastes revêtus</i>	65
<i>Ph.116 : Packstone à microdébris et Rotalidae .</i>	65
<i>Ph.117 : Grainstone montrant une dissolution de la sparite</i>	65
<i>Ph.118 : Grainstone à microdébris montrant une fissure colmatée .</i>	65
<i>Ph.119 : sections transversales des Gastéropodes dans une matrice micritique.</i>	66
<i>Ph.120 : Wackstone montrant des débris d’Echinodermes, Bryozoaire et Gastéropode</i>	66
<i>Ph.121 : Rhodophycée</i>	67
<i>Ph.122 : Des tubes de Serpulidés</i>	67

Les planches de photos de microfaciès

<i>Ph.123 : Wackstone montrant deux valves d'Ostracodes .</i>	67
<i>Ph.124 : Foraminifère pélagique (Whiteinella Baltica)</i>	67
<i>Ph.125 : matrice dolomitisée montrant un Foraminifère benthique (Dorothia).</i>	67
<i>Ph.126 : Wackstone à sections de Dasycladacées recristallisés</i>	69
<i>Ph.127 : Section axiale d'un Gastéropode recristallisé</i>	69
<i>Ph.128 : Spicule d'Echinoderme dans une matrice micritique</i>	69
<i>Ph.129 : Sections d'un Heterohelix</i>	69
<i>Ph.130 : Matrice micritique dolomitisée</i>	69
<i>Ph.131 : Wackstone montrant une fissure large colmatée</i>	69
<i>Ph.132 : Packstone à débris d'Algues recristallisés avec des fissures colmatées.</i>	73
<i>Ph.133 : Section d'un Gastéropode recristallisé .</i>	73
<i>Ph.134 : Packstone à débris de Lamellibranches</i>	74
<i>Ph.135 : Moncharmontia appenica dans une matrice micritique en voie de recristallisation .</i>	74
<i>Ph.136 : Fragment de Nezzazatenella dans une matrice micritique en voie de recristallisation</i>	74
<i>Ph.137 : dolomite baroque (Saddle) dans une matrice micritique</i>	74
<i>Ph.138 : Floatstone à débris de Rudiste dans une matrice dolomitisée</i>	75
<i>Ph.139 : Radiolatidae recristallisé, silicification faible</i>	75
<i>Ph.140 : Fragment d'un Bryzoaire dans une matrice micritique</i>	76
<i>Ph.141 : Matrice micritique à matière organique oxydée et Miliolidae .</i>	76
<i>Ph.142 : Textularidae dans une matrice micritique imbibée par la matière organique</i>	76
<i>Ph.143 : Dissolution de la microdolosparite ;</i>	76
<i>Ph.144 : Grainstone à pelloïdes</i>	78
<i>Ph.145 : Wackstone à Miliolidae et débris de Lamellibranches, matrice en voie de recristallisation</i>	78
<i>Ph.146 : Fragment d'un Inocéramus .</i>	79
<i>Ph.147 : Grainstone bioturbé, à Pelletes et Ostracodes</i>	79
<i>Ph.148 : Wackstone à microdébris et Pelletes, fissuré</i>	79
<i>Ph.149 : wackstone à Chlorophycées et Foraminifères benthiques recristallisés ; fissuré</i>	80
<i>Ph.150 : wackstone à bioclastes recristallisés ; matrice oxydée .</i>	80
<i>Ph.151 : Wackstone à débris de Rudistes ; fissuré .</i>	81

Les planches de photos de microfaciès

<i>Ph.152 : Floatstone à Rudiste dans une matrice micritique</i>	81
<i>Ph.153 : Floatstone à fragments de Rudistes et Foraminifères benthiques</i>	81
<i>Ph.154 : Packstone à Foraminifères micritisés, La matrice est entièrement recristallisée</i>	82
<i>Ph.155 : Mudstone à Foraminifères benthiques .</i>	82
<i>Ph.156 : Wackstone à Foraminifères benthiques, la matrice est en voie de recristallisation</i>	83
<i>Ph.157 : Packstone à Foraminifères benthiques, matrice en voie de recristallisation.</i>	83
<i>Ph.158 : Wackstone à Foraminifères benthiques et Ostracodes avec des joints stylolithiques</i>	83
<i>Ph.159 : Floatstone à Huitres dans une matrice grainstone</i>	84
<i>Ph.160 : Grainstone à Lamellibranches</i>	84
<i>Ph.161 : Packstone à Lamellibranches montrant des plaques et des radioles d'Echinodermes</i>	84
<i>Ph .162 : Packstone à Lamellibranches et Echinodermes montrant une fissure colmatée .</i>	84
<i>Ph.163 : Wackstone à bioclastes recristallisés</i>	85
<i>Ph.164 : Wackstone pelletoidale montrant un Foraminifère benthique</i>	85
<i>Ph.165 : Wackstone à matrice dolomitisée avec des fissures remplies par de la matière organique</i>	85

<i>Ph.1 : Floatstone à bioclastes recristallisés dans une matrice mudstone. la matrice est en voie de dolomitisation.</i>	20
<i>Ph.2 : Mudstone à laminations irrégulières.</i>	20
<i>Ph.3 : Grainstone à matrice dissoute.</i>	21
<i>Ph.4 : Floatstone à Lamellibranche dans une matrice micritique.</i>	21
<i>Ph.5 : Packstone avec une matrice micro-sparitique entrain de recristallisation en sparite</i>	21
<i>Ph.6 : Grainstone à bioclastes recristallisés à enveloppe micritique.</i>	21
<i>Ph.7 : Grainstone à Echinodermes et bioclastes recristallisés.</i>	22
<i>Ph.8 : Rudstone à Coraux qui ayant subi de la dissolution.</i>	22
<i>Ph.9 : Foraminifère benthique (Nezzatatidae) dans un microfaciès grainstone.</i>	22
<i>Ph.10 : Grainstone montrant une porosité de dissolution inter-granulaire.</i>	22
<i>Ph.11 : Floatstone à huître dans une matrice wackstone.</i>	23
<i>Ph.12 : Rudstone à Rudistes.</i>	23
<i>Ph.13 : Pyrite en amas</i>	23
<i>Ph.14 : wackstone à Lamellibranches, matrice micritique dolomitisée.</i>	23
<i>Ph.15 : Packstone à Lamellibranches recristallisés, ce microfaciès est légèrement dolomitisé.</i>	24
24	
<i>Ph.16 et 17 : Grainstone à Lamellibranches et Coraux avec une dissolution importante.</i>	24
<i>Ph.18 : Grainstone à bioclastes émoussés, recristallisés et à revêtement micritique.</i>	26
<i>Ph.19 : Wackstone à Foraminifères benthiques.</i>	26
<i>Ph. 20 : Grainstone à Foraminifères benthiques et lithoclastes.</i>	27
<i>Ph .21 : Grainstone à Foraminifères benthiques et Lamellibranches ; la matrice en voie de dolomitisation.</i>	27
<i>Ph.22 : Packstone à Foraminifères benthiques de test porcelané et Echinodermes .présence d'indice de compaction dans le sens NW-SE.</i>	27
<i>Ph.23 : Grainstone à Foraminifères benthiques à test agglutinés.</i>	27
<i>Ph.24 : Wackstone à ophiuridés et calcisphères.</i>	28
<i>Ph.27 : Mudstone à Foraminifères pélagiques</i>	29
<i>Ph.28 : Mudstone à Foraminifères pélagiques (Heterohelix globulosa)</i>	29
<i>Ph.29 : Mudstone à Foraminifères pélagiques (Whiteinella baltica), avec des fissures colmatées.</i>	29

<i>Ph.30 : Wackstone à Foraminifères pélagiques, avec des laminations anastomosées imbibées en matière organique.</i>	29
<i>Ph.31 : Wackstone à Pithonelles et Pelletoides. ; Ph.32 : Floatstone à Lamellibranches</i>	31
<i>Ph.34 : wackstone à débris de bivalves et Foraminifères benthiques.</i>	31
<i>Ph.35 : Wackstone à Dasycladacées et Foraminifères benthiques. Montrant une fissure colmatée.</i>	32
<i>Ph.36 : Wackstone à Foraminifères benthiques montrant une fissure colmatée.</i>	32
<i>Ph.37 : Floatstone à Rudiste développant une porosité de fissuration ; avec un dépôt de marbre dans la matrice.</i>	32
<i>Ph.38 : Rudstone à Rudiste.</i>	33
<i>Ph.39 : Floatstone à Coraux dans une matrice micritique.</i>	33
<i>Ph.40 : Floatstone à Rudiste.</i>	33
<i>Ph.41 : Floatstone à Rudiste ,un remplissage de la sparite ;des joints imbibés.</i>	33
<i>Ph 42: Colmatage des pores de dissolution (Zones sombres)</i>	35
<i>Ph.43 :904.07 m, un Lamellibranche (Pycnodontid).</i>	38
<i>Ph.44 :904.07m, bioclastes recristallisés épiginisés par la silice.</i>	38
<i>Ph.45 : 900.19 m, packstone à wackstone à pellets.</i>	38
<i>Ph.46 :896.15m, wackstone à pelloïdes et Foraminifères benthiques (Textularidae).</i>	38
<i>Ph. 47 : 896.71m, packstone à floatstone à Lamellibranches (Huitres).</i>	38
<i>Ph.48 :896.71 m, Floatstone à Brackiopode.</i>	38
<i>Ph.49 :896.71 m, Packstone à plaques d'Echinodermes développant un ciment épitaxial.</i>	38
<i>Ph.50 : 897.15m, Floatstone dans une matrice sparitique.</i>	38
<i>Ph.51 :896.71m, Packstone à débris d'Huitres et d'Echinodermes.</i>	38
<i>Ph.52 :904.07 m, packstone à Foraminifères benthiques et bivalves fins.</i>	38
<i>Ph.53 : Wackstone à bioclastes recristallisés et à Pellets.</i>	40
<i>Ph.54 : Packstone à pellet et débris fins recristallisés.</i>	40
<i>Ph.55 : Floatstone à Lamellibranches recristallisés dans une texture wackstone.</i>	40/
<i>Ph.56 : Wackstone à bioclastes recristallisés, des Lamellibranches probablement, montrant une fissure colmatée.</i>	40
<i>Ph.57 : Wackstone à bioclastes recristallisés, légèrement dolomitisés.</i>	40

<i>Ph.58 : Wackstone à Foraminifères benthiques et Ostracodes</i>	41
<i>Ph.59 : Wackstone à bioclastes recristallisés</i>	43
<i>Ph.60 : Packstone à grainstone peloidaux non laminé à pithonelles .</i>	43
<i>Ph.61 : Wackstone à tubes d'Annélides</i>	43
<i>Ph.62 : Packstone à bioclastes recristallisés</i>	43
<i>Ph.63 : Packstone Pelletoidale .</i>	44
<i>Ph.64 : Grainstones bioclastiques à Pelletoides.</i>	44
<i>Ph.66 : Floatstone à polypier épigénisé ;</i>	45
<i>Ph.65 : Rudstone à à test de rudiste "Radiolitidae" ;</i>	45
<i>Ph.67 : Rudstone à Polypier épigénisé par la silice</i>	45
<i>Ph. 68 : wackstone silicifié.</i>	46
<i>Ph.69 : wackstone à Foraminifères benthiques</i>	46
<i>Ph.70 : Wackstone à Lamellibranches.</i>	46
<i>Ph.71 : Wackstone ; légèrement dolomitisé</i>	46
<i>Ph.72 : Packstone à Foraminifères pélagiques</i>	47
<i>Ph.73 : wackstone à Echinoderme</i>	47
<i>Ph.74 : Packstone laminé à Foraminifères pélagiques</i>	47
<i>Ph.75 : wackstone à Calcisphères</i>	51
<i>Ph.76 : Wackstone à Foraminifères pélagiques</i>	51
<i>Ph.77 : Wackstone à Pithonelle et Foraminifères</i>	51
<i>Ph.78 : Wackstone à Rotalidae</i>	51
<i>Ph.79 : Foraminifères benthiques</i>	51
<i>Ph.80 : wackstone à Lamellibranches .</i>	51
<i>Ph.81 : Wackstone à Lamellibranches</i>	52
<i>Ph.82 : Silicification d'un Lamellibranches ; colmatage d'une fissure</i>	52
<i>Ph.83 : Wackstone à bioclaste encrouté par des Rhodophycées</i>	52
<i>Ph.84 : Matrice micritique dolomitisée imbibée par la matière organique .</i>	52
<i>Ph.85 : Matrice micritique à bioclastes et Bryozoaire</i>	54
<i>Ph.86 : Matrice en voie de recristallisation montrant un Foraminifère benthique</i>	54

<i>Ph.87 : Matrice micritique à Cuneolina .</i>	54
<i>Ph.88 : Matrice micritique à Foraminifère benthique</i>	54
<i>Ph.89 : Foraminifère pélagique 'Whiteinella baltica' .</i>	54
<i>Ph.90 : Algues vertes 'Acicularia. sp' .</i>	54
<i>Ph.91 : Les tubes d'Annélides à parois recristallisés</i>	55
<i>Ph.92 : Un bivalve recristallisé</i>	55
<i>Ph.93 : Lamellibranche recristallisé 'Pycnodontid'</i>	55
<i>Ph.94 : Des joints imbibés par la matière organique .</i>	55
<i>Ph.95 : Boundstone à Coraux fissurés.</i>	56
<i>Ph.96 : Floatstone à Coraux recristallisés partiellement .</i>	56
<i>Ph.97 : Matrice recristallisée à Oncoïdes</i>	57
<i>Ph.98 : Radiolatidae partiellement recristallisé</i>	59
<i>Ph.99 : Rudiste fissuré</i>	59
<i>Ph.100 : Rudiste développant deux types de ciments</i>	59
<i>Ph.101 : Matrice dissoute avec le quartz détritique .</i>	59
<i>Ph.102 : Floatstone à débris de Rudistes silicifiés</i>	59
<i>Ph.103 : Matrice micritique à Serpulidés montrant des grains de quartz détritique</i>	59
<i>Ph.104 : Packstone montrant un Extraclast</i>	60
<i>Ph.105 : Packstone à débris émoussés</i>	60
<i>Ph.106 : Floatstone à débris de Rudiste</i>	60
<i>Ph.107 : Packstone à débris de Lamellibranches</i>	60
<i>Ph.108 : Packstone à Lamellibranches, subit la dissolution</i>	60
<i>Ph.109 : Packstone à Miliolidae, Textularidae et Dicyclina</i>	61
<i>Ph.110 : Wackstone à Foraminifères benthiques, la matrice est en voie de recristallisation</i>	61
<i>Ph.111 : Pyrite en amas</i>	62
<i>Ph.112 : wackstone à fragment de Rudiste</i>	63
<i>Ph.113 : Floatstone à débris de Rudiste .</i>	63

<i>Ph.114 : Grainstone à bioclastes émoussés, revêtus et dissous partiellement</i>	65
<i>Ph.115 : Grainstone à oncoïdes et bioclastes revêtus</i>	65
<i>Ph.116 : Packstone à microdébris et Rotalidae .</i>	65
<i>Ph.117 : Grainstone montrant une dissolution de la sparite</i>	65
<i>Ph.118 : Grainstone à microdébris montrant une fissure colmatée .</i>	65
<i>Ph.119 : sections transversales des Gastéropodes dans une matrice micritique.</i>	66
<i>Ph.120 : Wackstone montrant des débris d'Echinodermes, Bryozoaire et Gastéropode</i>	66
<i>Ph.121 : Rhodophycée</i>	67
<i>Ph.122 : Des tubes de Serpulidés</i>	67
<i>Ph.123 : Wackstone montrant deux valves d'Ostracodes .</i>	67
<i>Ph.124 : Foraminifère pélagique (Whiteinella Baltica)</i>	67
<i>Ph.125 : matrice dolomitisée montrant un Foraminifère benthique (Dorothia).</i>	67
<i>Ph.126 : Wackstone à sections de Dasycladacées recristallisés</i>	69
<i>Ph.127 : Section axiale d'un Gastéropode recristallisé</i>	69
<i>Ph.128 : Spicule d'Echinoderme dans une matrice micritique</i>	69
<i>Ph.129 : Sections d'un Heterohelix</i>	69
<i>Ph.130 : Matrice micritique dolomitisée</i>	69
<i>Ph.131 : Wackstone montrant une fissure large colmatée</i>	69
<i>Ph.132 : Packstone à débris d'Algues recristallisés avec des fissures colmatées.</i>	73
<i>Ph.133 : Section d'un Gastéropode recristallisé .</i>	73
<i>Ph.134 : Packstone à débris de Lamellibranches</i>	74
<i>Ph.135 : Moncharmontia appeninica dans une matrice micritique en voie de recristallisation .</i>	74
<i>Ph.136 : Fragment de Nezzazatenella dans une matrice micritique en voie de recristallisation</i>	74
<i>Ph.137 : dolomite baroque (Saddle) dans une matrice micritique</i>	74
<i>Ph.138 : Floatstone à débris de Rudiste dans une matrice dolomitisée</i>	75
<i>Ph.139 : Radiolatidae recristallisé, silicification faible</i>	75
<i>Ph.140 : Fragment d'un Bryozoaire dans une matrice micritique</i>	76
<i>Ph.141 : Matrice micritique à matière organique oxydée et Miliolidae .</i>	76

<i>Ph.142 : Textularidae dans une matrice micritique imbibée par la matière organique</i>	76
<i>Ph.143 :Dissolution de la microdolosparite ;</i>	76
<i>Ph.144 : Grainstone à pelloïdes</i>	78
<i>Ph.145 : Wackstone à Miliolidae et débris de Lamellibranches, matrice en voie de recristallisation</i>	78
<i>Ph.146 : Fragment d'un Inocéramus .</i>	79
<i>Ph.147 : Grainstone bioturbé, à Pelletes et Ostracodes</i>	79
<i>Ph.148 : Wackstone à microdébris et Pellètes, fissuré</i>	79
<i>Ph.149 : wackstone à Chlorophycées et Foraminifères benthiques recristallisés ; fissuré</i>	80
<i>Ph.150 : wackstone à bioclastes recristallisés ; matrice oxydée .</i>	80
<i>Ph.151 : Wackstone à débris de Rudistes ; fissuré .</i>	81
<i>Ph.152 : Floatstone à Rudiste dans une matrice micritique</i>	81
<i>Ph.153 : Floatstone à fragments de Rudistes et Foraminifères benthiques</i>	81
<i>Ph.154 : Packstone à Foraminifères micritisés, La matrice est entièrement recristallisée</i>	82
<i>Ph.155 : Mudstone à Foraminifères benthiques .</i>	82
<i>Ph.156 : Wackstone à Foraminifères benthiques, la matrice est en voie de recristallisation</i>	83
<i>Ph.157 : Packstone à Foraminifères benthiques, matrice en voie de recristallisation.</i>	83
<i>Ph.158 : Wackstone à Foraminifères benthiques et Ostracodes avec des joints stylolithiques</i>	83
<i>Ph.159 : Floatstone à Huitres dans une matrice grainstone</i>	84
<i>Ph.160 : Grainstone à Lamellibranches</i>	84
<i>Ph.161 : Packstone à Lamellibranches montrant des plaques et des radioles d'Echinodermes</i>	84
<i>Ph .162 : Packstone à Lamellibranches et Echinodermes montrant une fissure colmatée .</i>	84
<i>Ph.163 : Wackstone à bioclastes recristallisés</i>	85
<i>Ph.164 : Wackstone pelletoidale montrant un Foraminifère benthique</i>	85
<i>Ph.165 : Wackstone à matrice dolomitisée avec des fissures remplies par de la matière organique</i>	85

Ph. 166 : Grainstone à Foraminifères benthiques	90
Ph.167 : Wackstone à Pelletoides	90
Ph.168 : Micrite à Stromatolithe Alguaires	90
Ph. 169 : Micrite précoce dans les vides d'un Rudiste	91
Ph.170 : Micrite pelletoidale dans un sable bioclastique	91
Ph.171 : Trou de lithophage dans une Huitre	92
Ph.172 : Section longitudinale d'un lithophage colmaté par la micrite	92
Ph. 173 : Fentes de dessiccation dans une matrice micritique	92
Ph.175 : Calcite fibreuse	93
Ph.174 : Calcite syntaxiale	93
Ph. 177 : Calcite poecolitique enclavant <i>Moncharmontia appeninica</i> De Castro	93
Ph. 176 : Calcite en dents de chien	93
Ph. 178 : Automicrite dans les microfaciès Floatstone à Rudistes remaniés	94
Ph.179 : Recristallisation des Coraux	95
Ph.180 : Deux sections transverses de Gastéropodes recristallisés	95
Ph.181 : Algues vertes recristallisées	95
Ph.182 : wackstone à Miliolidae, matrice micritique recristallisée.	96
Ph.183 : Bioclastes recristallisés dans une matrice micritique	96
Ph.184 : Epigénie de la micrite par des rhomboèdres de la dolomite.	96
Ph.185 : Epigénie de la matrice et des bioclastes.	96
Ph.186 : Calcédoine dans un bioclaste recristallisé	97
Ph.187 : Silice authigène dans épigénise un débris de Rudiste	97

Ph.188 : Dissolution de la sparite intergranulaire dans un Grainstone	98
Ph.189 : Indices de dissolution dans un Floatstone. (Bleu de Méthilène)	98
Ph.190 : Colmatage des pores de dissolution par la poudre de marbre (zones sombres)	98
Ph.191 : Fissure ouverte dans une matrice micritique.	99
Ph.192 : Des joints remplissent par des oxydes de fer.	99
Ph.193 : Fissures colmatées par de la calcite	99
Ph.194 : Fissures ramifiées imbibées par la matière organique	99
Ph.195 : Porosité stylolithiques au milieu d'un bioclaste recristallisé avec des microfissures parallèles.	100
Ph.196 : Remplissage de la matière organique dans une porosité chenalisée utile.	100
100	
Ph.197 : Un Pélécyopode brisé avec un décalage	100
Ph.198 : Microstylolite, faible solubilité des bioclastes	101
Ph.199 : Stylolithe avec une grande solubilité du ciment et des bioclastes.	101