

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

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Géologiques**



MEMOIRE

**Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER
En : Géologie
Spécialité : Géologie des Bassins Sédimentaires**

SUJET

**Etude sédimentologique et micropaléontologique
du passage Cénomanién-Turonien du Djebel Bottena
du S-E Constantinois (Algérie).**

Etudié par :

M^{elle}. AIMEUR Malika

**Thème proposé par : Mme. KHOUAL Nora
Encadré par : M^r. AMROUCHE Farid**

Présenté devant le jury :

**M^r. KARDACHE Ramdane
M^r. AMROUCHE Farid
Mme. KHOUAL Nora
M^{elle}. OUIKENE Karima**

**Maitre de conférences A (UMMTO)
Maitre-Assistant A (UMMTO)
Ingénieur géologue (Sonatrach)
Maitre-Assistant A (UMMTO)**

**Président.
Rapporteur.
Co-rapporteur.
Examinatrice.**

Promotion : 2018/2019

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire n'aurait été possible sans l'intervention de plusieurs personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de nos plus sincères remerciements pour leurs précieux conseils.

Nos plus sincères remerciements et gratitude vont à Madame *Khoual Nora, Ingénieur géologue, SONATRACH*, qui nous a proposé ce thème, et qui nous a enrichi de son savoir et suivi tout au long de notre stage au sein de la SONATRACH (Division Laboratoires Boumerdes), son aide inconditionnel et sa précieuse orientation nous a beaucoup aidé durant la réalisation de ce mémoire.

Nous voulons exprimer nos profondes et sincères gratitude à Monsieur *Amrouche Farid* qui a accepté d'encadrer ce modeste travail, pour son soutien, encouragement, compréhension, et pour son aide dans chaque étape de ce projet, ses conseils ont toujours été enrichissants. Nous sommes vraiment reconnaissantes, aucun remerciement ne sera éloquent pour exprimer notre gratitude pour vous.

Nous sommes extrêmement honorées par la présence du Monsieur *Kardache, R*, Maître de Conférences à U.M.M.T.O de bien vouloir accepter de présider le jury, nous espérons que ce travail sera à la hauteur de ses espérances.

Nos remerciements sont aussi adressés à Mademoiselle *Ouikene, K* Maître Assistante à U.M.M.T.O de nous avoir honorer de bien vouloir examiner ce mémoire, et de nous aider pour sa réalisation .

Un grand merci au personnel du service de formation qui ont été toujours accueillants, et à toute l'équipe du (CRD) qui ont contribué à l'achèvement de ce modeste travail.

Nous sommes redevables et reconnaissantes à tous les enseignants du département des Sciences Géologiques qui ont contribué à notre formation durant tout notre cursus universitaire. Nous saisons cette occasion pour vous exprimer notre grande gratitude et notre immense respect.

Aussi nous tenons à remercier tous nos camarades de la promotion, et toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à mener ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, à leur effort, soutien et abnégation. Ils ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère les rendre fiers.

Mes frères Jugurtha, Mohammed et spécialement mon grand frère Hocine et son épouse Ouiza et leurs petite Aylla, au nom de tous ce qu'on a partagé.

Mes sœurs Fatima, Meriem, Djedjiga, qui ont été mes confidentes, ma source d'énergie et d'amour.

Ma petite sœur Anaïs qui reste l'une des personnes les plus pures.

Mes meilleurs amis, qui sont plus que des amis, des sœurs et frères. Restons inséparables malgré la distance.

Mes amies d'enfance avec qui la terre avait un bon goût.

Tous mes enseignants côtoyés dans mon cursus scolaire du primaire à l'universitaire, qui m'ont guidé tout le long de mon chemin jusqu'à ce jour-là.

Mes camarades de classe, merci pour toutes ces barres de rires interminables et ces moments délicieux dont nous nous souviendrons longtemps.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, un grand merci pour votre aide si précieux.

Chaleureusement,

Malika

Remerciements
Dédicaces
Table des matières
Listes des figures
Listes des planches
Résumé
Abstract

Chapitre I : Généralités

I-Problématique et but de travail : 1
II-Méthodologie : 1
III-La géologie régionale du bassin sud-Est Constantinois : 1
 III.1-Cadre géographique : 1
 III.3-Cadre géologique : 2
 III.3-Contexte stratigraphique : 5
 III.3.1-Mésozoïque : 5
 III.3.2-Le Cénozoïque 7
 III.3.3-Le quaternaire : 7
 III.4-L'aspect structural : 8
 III.4.1-Les accidents : 8
 III.4.2-Les plissements : 9
 III.4.3-Les diapirs : 9
 III.5-L'évolution géodynamique du bassin Sud-Est Constantinois : 10
IV-Travaux antérieurs : 13
V-Concept d'événement anoxique : 15
 V.1 –Comment ce passage C/T se manifeste dans le monde :la coupe de référence de Pueblo, Colorado (USA) : 17
 V.2 -Les caractéristiques principales de l'évènement anoxique océanique 2 (OAE 2) : 18
VI-Plan d'étude : 19

Chapitre II : Etude sédimentologique

I-Introduction	20
II-Méthodologie :	21
III-L 'étude pétrographique des sondages :	21
III.1-Localisation des sondages A et B :	21
III.2-La description pétrographique du sondage A :	22
III.2.1-La carotte 9 :	22
III.2.2-Carotte 08 :	24
III.2.3-Carotte 07 :	26
III.2.4-Carotte 06 :	28
III.3-La description pétrographique du sondage B :	33
III.3.1-Carotte 11 :	33
III.3.2-Carotte 10 :	35
III.3.3-Carotte 9 :	38
IV-Le paléoenvironnement :	40
V-Conclusion :	41

Chapitre III : Etude biostratigraphique

I-INTRODUCTION :	42
II-Biozonation des foraminifères planctoniques du passage Cénomaniens-Turonien :	42
II.1- les biozonations des foraminifères planctoniques des sondages A :	44
III.1.1-La zone à <i>Whiteinella archaeocretacea</i> :	44
III.1.2-La zone à <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> :	44
II.2-La biozonation dans le sondage B :	46
III-Les bio-événements de la limite Cénomaniens-Turonien :	48
III.1- L'événement à <i>Heterohelix</i> :	49
III.2-L'événement à filaments :	50
III.3-La première occurrence d' <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> :	50
IV- La signification stratigraphique de quelques foraminifères benthiques des sondages A et B :	51

V-Conclusion : 51

Chapitre IV : Reconstitution des paléoenvironnements

I-Introduction : 65
II-Le comportement des foraminifères benthiques et planctoniques au cours du passage Cénomanién-Turonien :..... 65
III-La corrélation entre le sondage A et le sondage B :..... 67
IV-Conclusion : 69

V-Conclusion générale

V-Conclusion : 70
Références bibliographiques: 71

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Situation géographique du bassin Sud-Est Constantinois (Sonatrach, 2006)	2
Figure I.2 : le bassin Sud-Est Constantinois	3
Figure I.3 : Légende générale de la carte géologique de l'Algérie	4
Figure I.4 : schéma structural simplifié de Sud-Est Constantinois (Chacha, 2012).....	10
Figure I.5 : Direction des phases des déformations de l'Atlas Saharien au cours du Méso-Cénozoïque.....	13
Figure I.6 les Evénements Anoxiques Océaniques du Crétacé en relation avec les variations du niveau marin relatif (JENKYNS, 1980 in DESMARES, 2005).	17
Figure I.7 situation de la coupe de Pueblo, USA,GSSP pour la limite Cénomanién-Turonien.	18

Chapitre II

Figure II.1 : Faciès et séquences d'une série synthétique du Crétacé supérieur des Aurès. ...	20
Figure II.2 : La position des sondages A et B	21
Figure II.3 : Calcaire Grainstone à bioclastes en lumière naturelle.	22
Figure II.4 : Calcaire Grainstone à Pellets en lumière polarisée.	22
Figure II.5 : Calcaire Grainstone à bioclastes.	22
Figure II.6 : Calcaire Grainstone à Bryozoaire.	22
Figure II.7 : porosité de dissolution dans un calcaire Grainstone à bioclastes.....	23
Figure II.8 : Oxyde du fer dans une texture Grainstone à bioclastes.	23
Figure II.9 : un joint stylolithique remplie d'argile dans une texture Grainstone.	23
Figure II.10 : Matière organique associée avec la pyrite dans un Grainstone à bioclastes.	23
Figure II.11 : Calcaire Grainstone à bioclastes.	24
Figure II.12 : Calcaire Mudstone à foraminifères benthiques.....	24
Figure II.13 : Calcaire Mudstone à foraminifères benthiques.....	24
Figure II.14 : Calcaire Mudstone à <i>Whiteinella</i> sp.....	25
Figure II.15 : Calcaire Mudstone à <i>Pseudolituonella reicheli</i>	25
Figure II.16 : laminations d'argiles	25
Figure II.17 : Matière organique mélangée avec la pyrite dans un Grainstone.....	25
Figure II.18 : Oxyde de fer dans un Grainstone.	26
Figure II.19 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.	26

Figure II.20 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.	26
Figure II.21 : Calcaire Wackstone à filaments	27
Figure II.22 : Calcaire Wackstone à <i>Heterohelix</i> recristallisé à l'intérieur.....	27
Figure II.23 : Un réseau de microfissures colmaté par la calcite	27
Figure II.24 : Calcaire Wackstone à foraminifère planctonique.	28
Figure II.25 : Calcaire Wackstone à pithonelles	28
Figure II.26 : Calcaire Wackstone à foraminifères benthique.....	28
Figure II.27 : Calcaire Wackstone à bioclastes.	29
Figure II.28 : Calcaire Wackstone à pellets.	29
Figure II.29 : Calcaire Grainstone à fragment de rudiste.	29
Figure II.30 : Calcaire Wackstone à foraminifères benthique.....	29
Figure II.31 : Cristaux de pyrite dans une texture Wackstone.	30
Figure II.32 : Fissures remplies d'argile dans un Calcaire à Wackstone.	30
Figure II.33 : Oxyde de fer dans une texture Wackstone à bioclaste.	30
Figure II.34 : Matière organique dans un Wackstone à bioclaste.	30
Figure II.35 : Une porosité de fracturation.....	31
Figure II.36 : Dolomitisation de la sparite	31
Figure II.37 : Une porosité de dissolution.....	31
Figure II.38 : Log lithostratigraphique du puits A	32
Figure II.39 : Calcaire Grainstone à foraminifères benthiques.	33
Figure II.40 : Calcaire Mudstone à foraminifères benthique.	33
Figure II.41 : Calcaire Grainstone à Lithophyllum.	34
Figure II.42 : Calcaire Wackstone à bioclastes.	34
Figure II.43 : Calcaire Grainstone à foraminifères planctoniques	34
Figure II.44 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques	34
Figure II.45 : dolomitisation de la sparite	35
Figure II.46 : indice de compaction dans un Calcaire Wackstone à foraminifères benthiques	35
Figure II.47 : Calcaire Wackstone à pithonelles	36
Figure II.48 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.	36
Figure II.49 : Faciès laminé à filaments.	36
Figure II.50 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.....	36
Figure II.52 : Veinules remplies par la matière organique.	37
Figure II.51 : Cristaux de pyrite.....	37
Figure II.53 : Calcaire Wackstone à Pithonelle.	37
Figure II.54 : Calcaire Wackstone à Calcisfères.....	38
Figure II.55 : Calcaire Wackstone à Calcisfères.....	38
Figure II.56 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctonique.	38
Figure II.57 : Calcaire Wackstone à Calcisfères.....	38
Figure II.58 : Log lithostratigraphique du puits B	39
Figure II.59 : Modèle de rampe carbonatée et répartition des faciès, Wilson 1975.	40

Chapitre III

Figure III.1 : distribution verticale des espèces-indices de zones dans le groupe des foraminifères planctoniques (Lounes et Aliane, 2016)	43
Figure III.2 : Colonne lithobiostratigraphique du puits A	45
Figure III.3 : Colonne lithobiostratigraphique du puits B	47
Figure III.4 : position des 5 événements biologiques, structurant l'intervalle, et qui couvrent la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe de Rock Canyon Anticline, à l'Ouest de Pueblo et la coupe l'Oued Bahloul en Tunisie centrale : la dernière présence de <i>R.cushmani</i> , le retour en masse des <i>Heterohelix</i> , la dernière présence des spécimens d' <i>Anaticinella</i> spp, l'événement à « filaments » et la première présence d' <i>H helvetica</i> ; l'ombre gris clair marque l'intervalle de précision ; l'ombre noir souligne les durées de la dominance de la spéciation-r, qui correspondent au diachronisme de la zone à <i>Whiteinella archaeocretacea</i> Zone de Pueblo à Bahloul (Caron et al, 2006).	49

Chapitre IV

Figure IV.1 : Modèle de distribution des microfaunes dans la région d'étude durant le Cénomanién supérieur.....	65
Figure IV.2 : Modèle de la description des microfaunes dans la région d'étude durant le Cénomanién-Turonien.....	66
Figure IV.3 : Modèle de la distribution des microfaunes dans la région d'étude durant le Turonien inférieur	67
Figure IV.4 : Essai de corrélation entre le sondage A et B	68

Liste des planches:

Planche III.1	54
Planche III.2	56
Planche III.3	58
Planche III.4	60
Planche III.5	62
Planche III.6 :	64

Résumé :

Ce travail consiste à faire une étude sédimentologique, biostratigraphique et paléoenvironnementale des séries carbonatées du passage Cénomanién-Turonien de 2 sondages (A et B). Ces derniers ont été exécutés dans le périmètre de Bottena, ils appartiennent au bassin Sud-Est Constantinois qui fait partie de la chaîne atlasique orientale.

L'étude sédimentologique correspond à la description et l'identification des microfaciès de chaque sondage qui permettra de réaliser un découpage lithostratigraphique et de reconstituer les paléoenvironnements de notre région d'étude.

Une biozotation proposée sur la base de répartitions des foraminifères dans chaque sondage : deux biozones de foraminifères planctoniques dans le sondage A : la zone à *Whiteinella archaeocretacea* et la zone à *Helvetoglobotruncana helvetica*, et une seule biozone dans le sondage B : la zone à *Whiteinella archaeocretacea*. Ces biozones ont permis de dater nos séquences de dépôts.

L'identification de certains bio-événements a permis de placer approximativement la limite Cénomanién-Turonien, elle est placée en dessous de l'événement à filament.

L'apparition de certains foraminifères benthiques dans les sondages présente un intérêt stratigraphique, ils ont permis de dater quelques séquences stratigraphiques.

Un essai de la reconstitution des paléoenvironnements fondée sur le comportement des foraminifères planctoniques et benthiques avec les changements des conditions de vie et le développement de l'événement anoxique (OAE2) au cours du passage Cénomanién-Turonien.

Enfin, essayé d'établir une corrélation entre ces 2 sondages en mettant en évidence quelques points communs entre les séquences de dépôts.

Mots clés : Sédimentologique, biostratigraphique, paléoenvironnement, Cénomanién-Turonien, périmètre de Bottena, bassin Sud-Est Constantinois, biozone, foraminifères planctoniques, foraminifères benthiques, bio-événements, l'événement anoxique (OAE2).

Abstract:

This work attempts to investigate a sedimentological, biostratigraphical and paleo-environmental study of the carbonate series of the Cenomanian-Turonian passage of 2 soundings (A and B). These were carried out in the Bottena perimeter, they belong to the southeaster Constantinou's basin which is part of the eastern Atlases chain.

The sedimentological study corresponds to the description and identification of the microfacies of each sounding that will allow to carry out a lithostratigraphic cutting and reconstruct the paleoenvironments of our study region.

Biozonation identified based on the distribution of foraminifera in each sounding: two planktonic foraminifers biozones in the sounding A: the *Whiteinella* archaeocretacea area and the *Helvetoglobotruncana helvetica* area, and only one biozone in the sounding B: the *Whiteinella* archaeocretacea area. These biozones have allowed us to date our deposit sequences.

The identification of certain bio-events allowed placing approximately the Cenomanian-Turonian boundary.

The appearance of certain benthic foraminifera in the soundings is of stratigraphic interest; they have made it possible to date some stratigraphic sequences.

A reconstruction of paleoenvironments based on the behaviour of planktonic and benthic foraminifers with changes in living conditions and the development of the anoxic event (OAE2) during the Cenomanian-Turonian passage.

Finally, we tried to establish a correlation between these 2 soundings by highlighting some commonalities between the sequences of deposits.

Key words: Sedimentological, biostratigraphical, paleoenvironment, Cenomanian-Turonian, Bottena perimeter, Southeast Constantinos basin, biozone, planktonic foraminifers, benthic foraminifers, bio-events, anoxic event (OAE2).

Chapitre I :
Généralités

I-Problématique et but de travail :

Dans le cadre de collaboration entre l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (U.M.M.T.O) et l'entreprise SONATRACH (C.R.D), il nous a été proposé un sujet de mémoire de fin d'étude lié à l'étude micropaléontologique et sédimentologique des séries géologiques du passage Cénomanién-Turonien de 2 sondages situés à Djebel Bottena qui appartient au bassin Sud-Est Constantinois.

Cette étude est axée principalement sur :

- ❖ La détermination des microfaciès de ces 2 puits.
- ❖ L'identification des milieux de dépôt sédimentaires.
- ❖ Etablir un cadre chronostratigraphique de la période considérée par l'identification des biozones de foraminifères planctoniques.
- ❖ La reconstitution des paléoenvironnement.

II-Méthodologie :

Notre étude est réalisée sous microscope optique polarisant, elle est basée sur l'analyse de 103 lames minces prélevées dans 7 carottes de deux puits (A et B) appartenant à Dj. Bottena, ils sont attribués au passage Cénomanién-Turonien.

III-La géologie régionale du bassin sud-Est Constantinois :

III.1-Cadre géographique :

Le bassin du Sud-Est Constantinois se situe dans la partie orientale de l'atlas saharién algérién. Il est compris entre les latitudes 34° 20'-36° 40' Nord et les longitudes 7° 50'-8° 40' Est.

Il est limité au Nord par le mole constantinois, au sud par la Plate-Forme sahariénne, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne et à l'Ouest par le bassin du Hodna (Figure I.1).

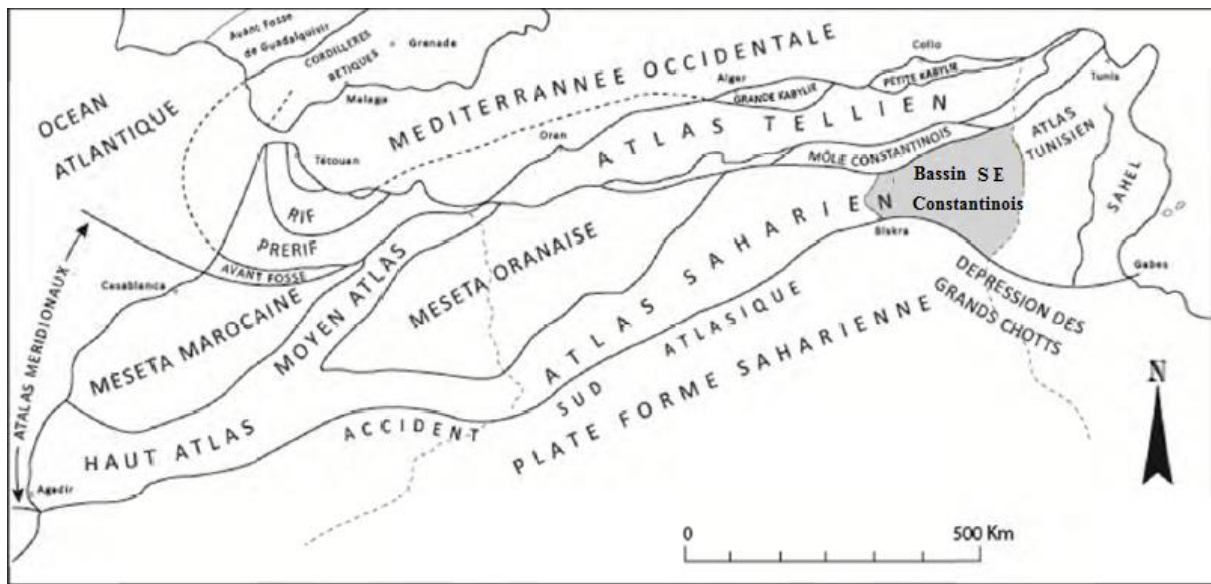


Figure I.1 : Situation géographique du bassin Sud-Est Constantinois (Sonatrach, 2006)

III.3-Cadre géologique :

Le bassin Sud-Est constantinois est un bassin subsident orienté NE-SO caractérisé par des formations mésozoïques et cénozoïque constituées de faciès essentiellement marins pendant tout le Crétacé inférieur. Au Tertiaire s'installe une sédimentation continentale liée au démantèlement des reliefs précédemment créés (Figure I.2).

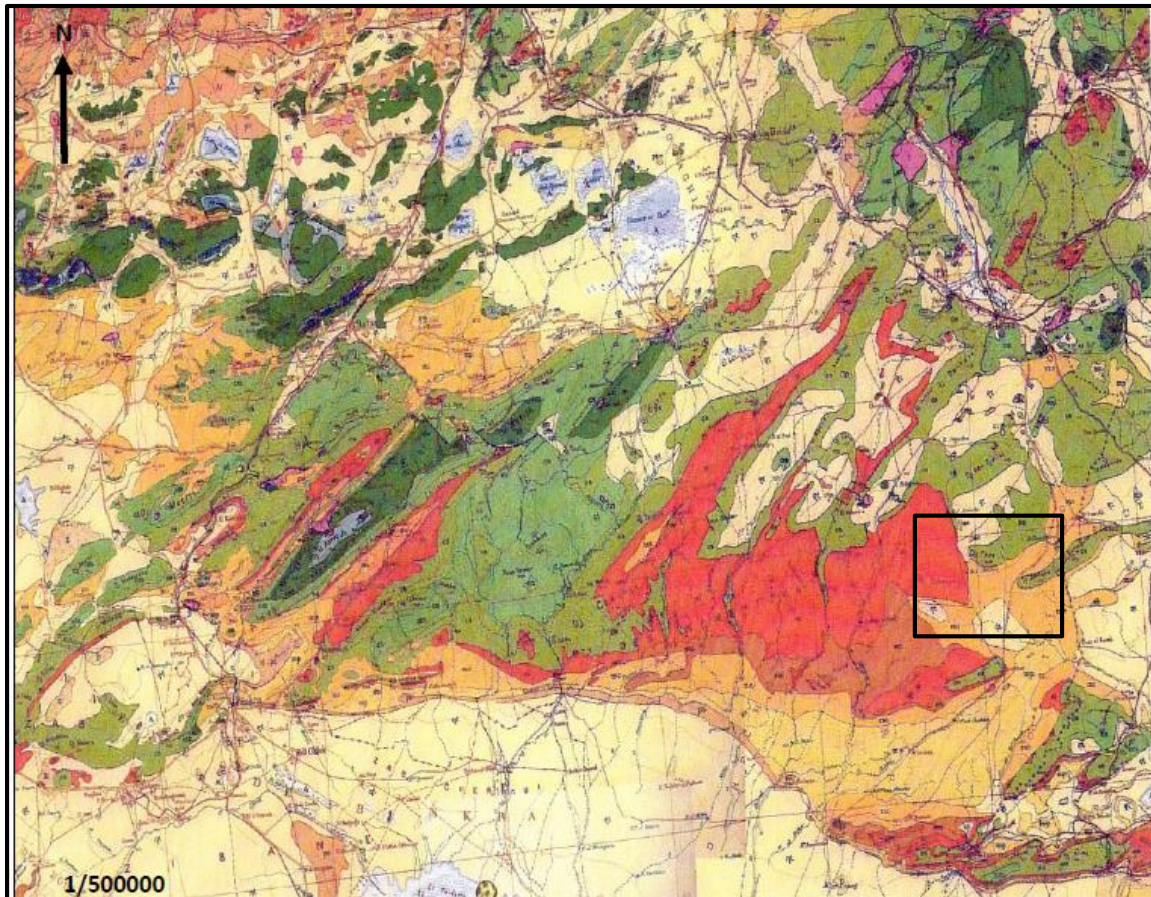


Figure I.2 : le bassin Sud-Est Constantinois (extrait de la carte géologique Nord de l'Algérie modifiée 1/500000). (BETIER et al.1952).

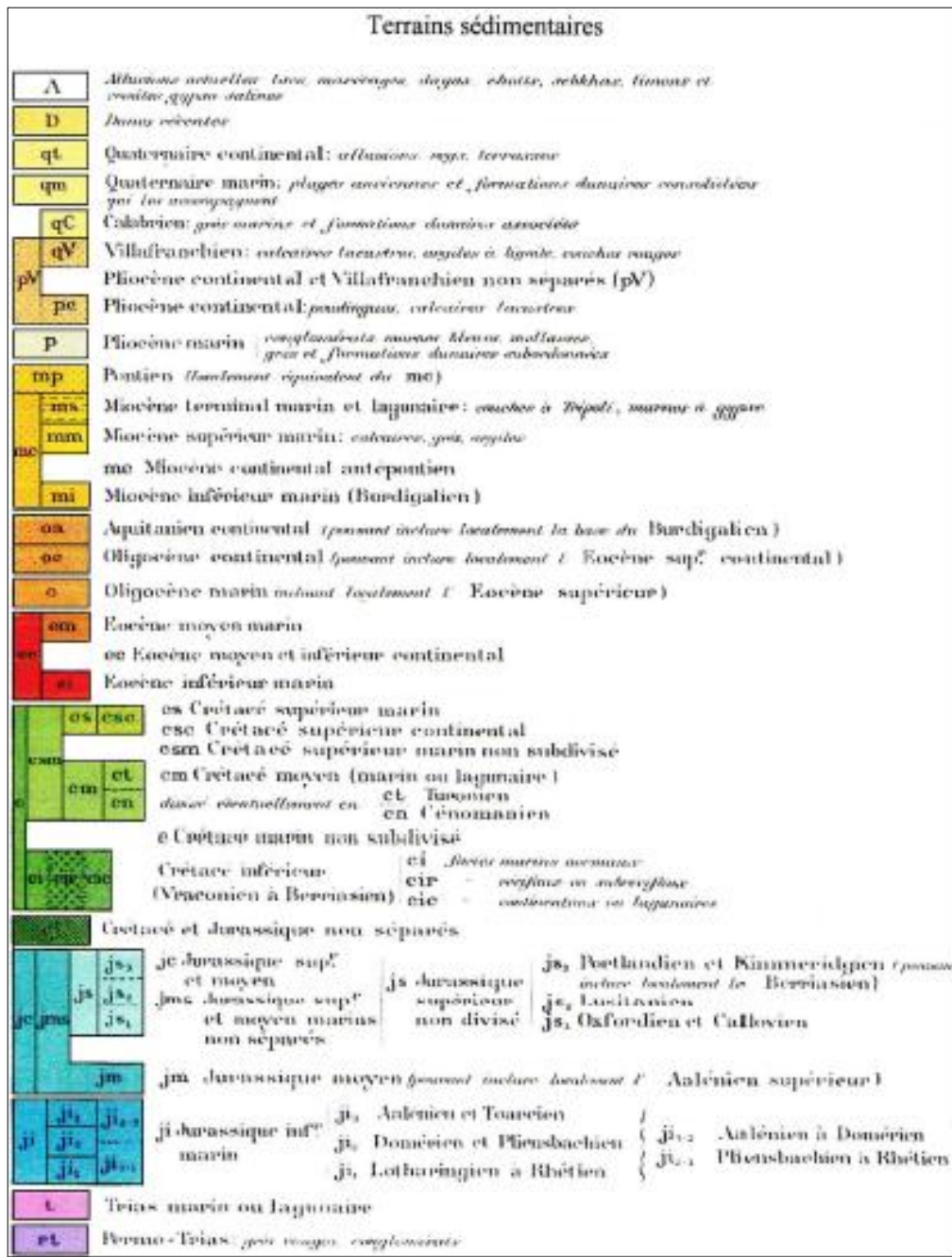


Figure I.3 : Légende générale de la carte géologique de l'Algérie
Echelle : 1/500000

III.3-Contexte stratigraphique :

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

III.3.1-Mésozoïque :

Les affleurements vont du Trias jusqu'à l'Actuel :

a) *Le Trias* :

Il affleure à la faveur des accidents majeurs, il s'agit de structures diapiriques représentées par des argiles versicolores gypseuses salifères et de grés comprenant des produits de remaniement de différents âges.

b) *Le Jurassique* :

La coupe de Batna constitue le bon exemple pour les séries jurassiques à l'Ouest dans l'Atlas Oriental, elle comporte de bas en haut les formations suivantes :

-Le Lias : formé par des dépôts épais carbonatés, la base est dolomitique (Lias inférieur) et le sommet (Lias supérieur) est représenté par des calcaires et des marno-calcaires, il se termine par des faciès Ammonitico-rosso.

-Le Doggar : représenté par des calcaires argileux.

-Le Malm : débute par un niveau Ammonitico-rosso d'âge Oxfordien surmonté par des alternances calcaires et marno-calcaires.

c) *Le Crétacé* :

Il comprend 2 séries : la première correspond au Crétacé inférieur caractérisé par des dépôts détritiques, la seconde couvre le Crétacé supérieur caractérisé par des dépôts essentiellement carbonatés. Il est constitué de bas en haut :

❖ *Crétacé inférieur* :

-Le Berriasien : dans les Aurès il est représenté par un faciès de mer ouverte, il est marno-calcaire à Calpionelles et Ammonites, il est épais d'environ 600m.

-Le Néocomien (Valangérien-Hautérusien) : cette période est représentée par des masses gréseuses à passées d'argiles. Ce faciès indique une diminution progressive de la profondeur de la mer.

-Le Barrémien : correspond à une période régressive marquée par une épaisse formation fluvio-deltaïque progradant vers le nord. La série de Barrémien est subdivisée en 3 membres :

- Le membre inférieur représenté par des grés quartzitiques.
- Le membre moyen qui est carbonaté avec de fines intercalations de grés fins et d'argiles silteuses.
- Le membre supérieur est essentiellement gréseux.

-L'aptien : une transgression qui se manifeste dans cette période engendrant une sédimentation carbonatée qui comprend : des calcaires récifaux à Rudistes dolomités, des calcaires à Orbitolines et des calcaires oolithiques et bioclastiques.

-L'Albien : il est subdivisé en 2 mégaséquences :

- **L'Albien inférieur à moyen :** il est définie par une série argilo-gréseuse à intercalation de calcaire déposée dans un milieu peu profond, son épaisseur est de 570 m à 830 m.
- **L'Albien supérieur :** il est caractérisé par une série marneuse à intercalations de calcaires marneux néritique à plate-forme externe. Cette période est marquée par une transgression marine.

❖ *Crétacé supérieur :*

-Cénomaniens : il correspond à une période transgressive permettant l'installation d'un domaine pélagique. Il est généralement constitué d'une épaisse série représentée par des marnes noires à intercalations de calcaire.

Sa partie inférieure est caractérisée par l'apparition des foraminifères planctoniques tel que *Rotalipora appenninica* et sa partie supérieure est datée par 2 espèces : *Rotalipora greenhornensis* et *Rotalipora cushmani*.

-Le Turonien : la transgression cénomaniens persiste et atteint son apogée durant cette période et permet de développer un domaine pélagique

Il est représenté essentiellement à la base par des calcaires à microfaune pélagique telle que : les Calcisfères, sa limite inférieure est déterminée par l'apparition des espèces *Helvetoglobotruncana helvetica*, le sommet du Turonien est défini par des marnes à fines intercalations de calcaires marneux et noduleux, son épaisseur totale est de 90 m à 450 m.

-Le Sénonien inférieur (Coniation-Santonien) : il est marqué par une alternance de marne à Echinodermes et Lamellibranches, et de calcaire à microfaune pélagique.

-Le Sénonien supérieur (Campanien-Maestrichtien) :

Le Campanien est représenté par des marnes grises-vertes à intercalations de calcaire qui comportent des huitres et des gastéropodes.

Le Maestrichtien est constitué par des calcaires massifs blanc et crayeux à silex et à Inocérames.

III.3.2-Le Cénozoïque

a) *Le paléogène :*

-Le Paléocène : caractérisé par des marnes et intercalations de calcaire et des niveaux de calcaires dolomitiques au sommet.

-L'Eocène : il est caractérisé par des dolomies, des calcaires et des phosphates à la base, surmontés par des niveaux gypseux, cette série se termine par des dépôts deltaïques.

b) *Le Néogène :*

Ce sont des formations continentales détritiques épaisses issues du démantèlement des reliefs atlasique, représenté par des faciès gréseux à intercalations d'argiles.

III.3.3-Le quaternaire :

Il est défini par des sables grossiers, conglomérat, avec des passés d'argiles.

III.4-L'aspect structural :

Sur le plan structural, notre zone d'étude est caractérisée par une tectonique très complexe matérialisée par des plissements et une fracturation très intense. (Figure.2)

III.4.1-Les accidents :

Deux principaux accidents d'orientations différentes ont été mis en évidence dans le bassin de sud-Est-Constantinois :

❖ L'Accident Nord Atlasique :

Cet accident se manifeste d'une manière irrégulière en affleurement. Il apparait localement au niveau des Monts de Ksour sous forme de relais de direction NE-SO (Cornet, 1952, *in* Chacha, 2012) et sous forme d'un accident E-W dans la région de Boussaâda. Laffite (1939) l'interprète comme une faille bordière qui sépare les Hauts Plateaux de l'Atlas Saharien. Cornet (1952) puis Guiroud, (1973-1990) subdivisent l'Atlas Saharien en deux zones : pré-atlasique et Atlasique sensu-stricto. (Chacha, 2012)

Cet accident a fonctionné à plusieurs reprises pendant l'histoire de la chaîne alpine ; au Jurassique, au Crétacé et à l'Eocène moyen et même postérieurement (Kazi-Tani, 1986, *in* Chacha, 2012).

❖ L'accident sud atlasique :

Une importante ligne tectonique qui s'étend sur plus de 2000 km qui recoupe tout le Maghreb de direction E-O. Il court d'Agadir au Maroc jusqu'à Gabès en Tunisie, sépare le domaine atlasique fortement plissé de la Plate-Forme Saharienne peu ou non déformée.

On sait actuellement que cet accident correspond à une succession d'accidents en échelons et/ou en relais d'orientations et d'âges différents, certaines sont héritées de l'orogénèse varisque, d'autres ont pris naissance pour donner suite aux déformations Cénozoïques (Kazi-Tani, 1986, *in* Achoui.M, 2011).

En allant vers l'Est, cet accident se sépare en 2 branches orientées E-W qui s'écartent ensuite ; l'une vers le nord dite accident Sud Aurésien, et l'autre vers le Sud représentant l'accident atlasique S.S. Cet écartement a été expliqué par un accident du socle à jeu décrochant dextre (Kazi-Tani, 1986, *in* Khene, 2017).

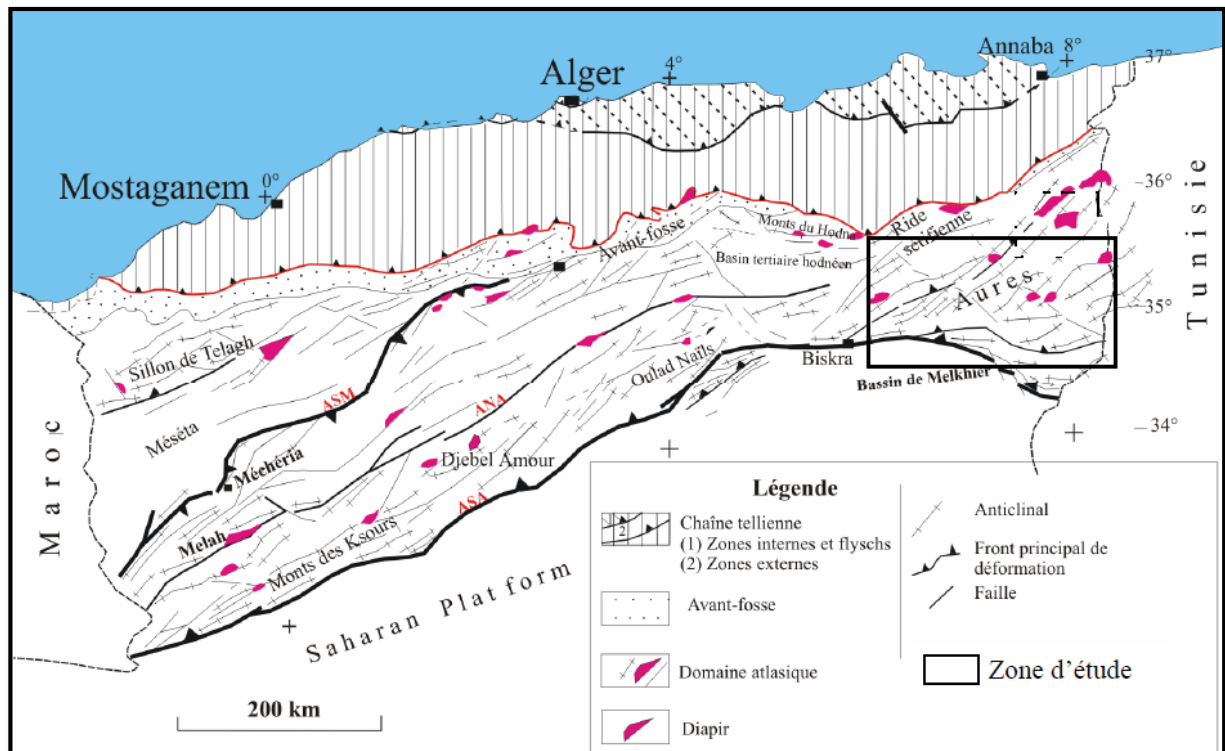


Figure I.4 : schéma structural simplifié de Sud-Est Constantinois (Chacha, 2012)

III.4.2-Les plissements :

L'atlas saharien oriental est formé par de grands plis dits atlasiques, montrent des directions NE-SO, des directions E-O et des directions variant de NE-SO à E-O :

-Les plis de direction NE-SO ont été reliés à la phase de raccourcissement NO-SE d'âge fini-Eocène (phase atlasique) (Kazi-Tani, 1986, *in* Chacha, 2012).

-Les plis de direction ENE-WSW à E-W, correspondent à la phase post-Pliocène décrite dans les monts de Nemmentcha (Chacha, 2012). Ils sont engendrés par un raccourcissement N-E.

-Les directions de plissement passant de NE-SO à E-W montrent des formes sigmoïdes induites par des décrochements de directions NE-SO. On notera également que certaines directions de plis correspondent à la réorientation de plis NE-SO liée à la phase atlasique. La réorientation de ces plis est compatible avec des décrochements dextres.

III.4.3-Les diapirs :

La chaîne atlasique présente un grand nombre de structures diapiriques qui affleurent de façon alignée ou isolée. (Achoui.M, 2011).

Les structures diapiriques du bassin de Sud-Est-Constantinois arrivent en surface à la faveur des grands accidents et des zones de faiblesse. Ils affleurent en forme allongées le long des accidents de direction NE-SO et en forme arrondie à l'intersection des accidents de la direction NE-SO et NO-SE.

III.5-L'évolution géodynamique du bassin Sud-Est Constantinois :

Le domaine atlasique a subi des événements géodynamiques liées à la dislocation de la Pangée et qui contribué à la structuration du bassin Sud-Est Constantinois.

❖ Au Trias :

L'histoire géologique de ce bassin a commencé au Trias qui coïncide avec le début de l'ouverture de la Téthys, entre le Gondwana au sud et l'Eurasie au nord. L'extension est définie par une phase d'ouverture en blocs basculés. Ce processus s'est produit par le développement d'un rift et cela correspond à la phase de rifting où naissent les bassins sur décrochement en Pull appart.

❖ Au Jurassique :

L'extension du bassin continue au cours du Jurassique (Lias supérieur-Lias moyen), et au même temps une transgression marine a envahi la totalité des bassins atlasiques, ce qui engendre un remplissage de dépôts carbonatés qui se développent vers un bassin de plateforme au Dogger. Les apports détritiques se mettent en place vers l'âge de Callovo-Oxfordien à l'atlas saharien central, arrivés aux Aurès et l'atlas oriental vers le Crétacé inférieur.

❖ Au Crétacé :

Le Crétacé correspond à l'ouverture complète de l'atlantique à l'Ouest et de la Téthys au nord (Achoui.M, 2011).

Au cours de l'Albien, le bassin a connu une transgression marine et une phase de déformation extensive. Ces phénomènes ont contribué à l'évolution du bassin en plate-forme peu subsidente où la sédimentation est exclusivement carbonatée.

Au Sénonien et ou Turonien inférieur, la subsidence a progressé à cause de la transgression généralisée qui a affecté tout l'atlas saharien oriental. Cependant, des

mouvements compressifs qui traduisent des inversions de subsidence ainsi des plissements localisés aux Aurès.

Au Turonien supérieur, les dépôts évaporitiques (Djebel Bottena) marquent un retrait de la mer vers le nord.

❖ **Au Tertiaire**

Un recul de la mer est suivi par l'arrivée des apports détritiques, la structuration du bassin Sud-Est Constantinois est provoquée par une phase de déformation qui est définie par la phase Atlasique à l'Eocène moyen, définie par des plissements de direction NE-SO, cette phase a subi une accalmie tectonique, donc certains reliefs récemment formés sont érodés. Au Pliocène, l'érosion des reliefs contribue à un comblement dans les bassins adjacents, le bassin Sud-Est Constantinois a été infecté par une phase tectonique de direction ENE-OSO, liée à la phase Post- Pliocène (Villafranchien).

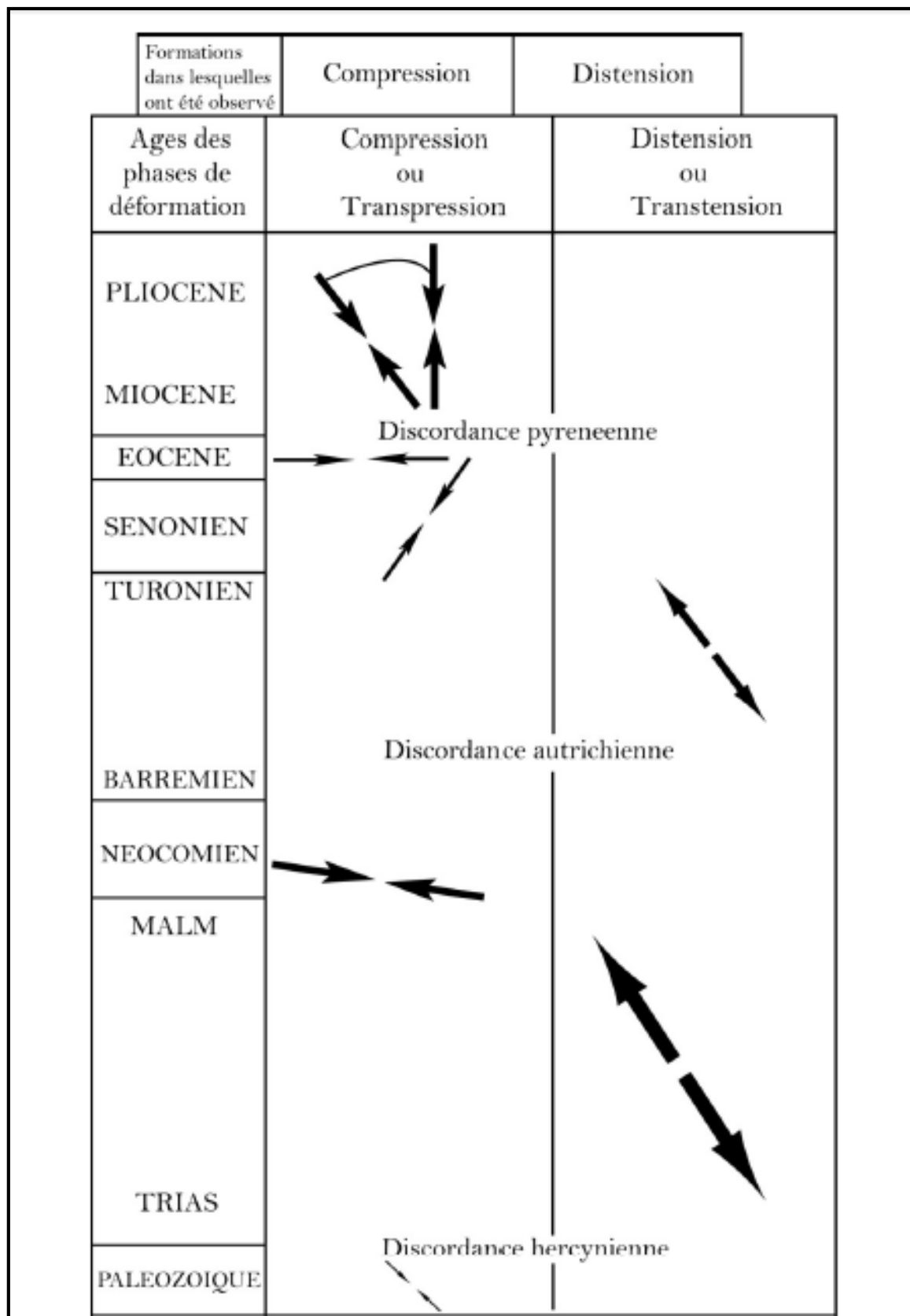


Figure I.5 : Direction des phases des déformations de l'Atlas Saharien au cours du Méso-Cénozoïque

(A. Bettahar, 2009)

IV-Travaux antérieurs :

Depuis longtemps, l'atlas Saharien Oriental attirait l'attention de nombreux géologues et explorateurs. Cependant les études géologiques plus ou moins continues ont commencés après la colonisation française de l'Algérie par des géologues français.

C'est en 1939 que Laffitte-R a traité la stratigraphie et la tectonique des Aurès qu'il compare avec la région voisine de l'Est ainsi que la Tunisie.

A partir de 1947, la SNREPAL et la SONATRACH ont effectué, plusieurs études sur les Aurès et le Sud Est Constantinois basé sur les résultats des recherches plus au moins pétrolières.

Au début des années soixante apparaissent les travaux de D. Basseto et Clintzboeckel et présentent une esquisse paléogéographique, structurale et pétrolière de l'Algérie du Nord et du bassin Sud Est constantinois.

Plus tard et dès l'indépendance de l'Algérie , Tewfik Fehmy présentent une étude sur la nature des dépôts et l'évolution du bassin Sud Est Constantinois au cours de crétacé ainsi qu'une comparaison des formations définie par Burollet en Tunisie centrale en 1972 , Guiraud (1973) décrit plusieurs coupes lithostratigraphiques dans le Hodna et dans les régions voisines, l'auteur synthétise le géodynamique de cette partie de l'atlas saharien oriental. Les résultats des recherches de M. Beghool dans le domaine pétrolier sont publiés en 1974 ou il traite la géologie des Hamimet dans le sud est constantinois et son application dans la recherche pétrolière dans les confins Algéro-Tunisiens.

A partir des années quatre-vingt les chercheurs et docteurs universitaires Algériens et Français ont réalisé des thèses de doctorat dans la région tel que : Vila 1980 qui a étudié la chaine alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisien et l'apport des précisions de la stratigraphie et de la tectonique de ces régions, Aissaoui en 1984 qui a réalisé une thèse de doctorat, sur les structures liées à l'Accident Sud Atlasique entre Biskra et Mandra, évolution géométrique et cinématique, et Viviere qui a présenté une thèse portant sur les ostracodes de djebel Dyr et définit les environnements de dépôt durant le Varaconien-Coniacien basal en 1985, ainsi Kasi- Tani en 1986 qui a retracé l'évolution géodynamique de la bordure Nord-Africain au Méso-cénozoïque. Benkherouf, (1988), en étudiant les foraminifères benthiques et planctoniques du Cénomaniens du Djebel Dyr, a apporté des précisions biostratigraphiques et paléoenvironnementales. Elle a réalisé aussi une comparaison avec les Alpes- maritimes.

Plus tard, En1989, l'entreprise d'état le CRD au niveau de la SONATRACH a effectué une étude micropaléontologique des sondages ESF-1 et RTB-1, 3, 4, 5,6 et 7.

Ghannatrice H en 1991 a réalisé une thèse sur les modalités de la superposition de structure de plissement-chevauchement d'âge alpin dans les Aurès, durant la même année Bergueul M, a publié une thèse sur la structure géologique et perspectives en hydrocarbures du bassin du sud est Atlasique.

Total Algérie a réalisé en 1993 une synthèse sur le permis de Djebel Darmoun, sur les aspects stratigraphique, tectonique et pétrolière de la région.

Les travaux de Vially et *al* intitulée bassin inversion along the North African margin the sahara atlas ont été publié en 1994.

Cette région a continué d'inspirer plusieurs chercheurs universitaires, dont Addoum. Ben qui à réaliser une thèse de doctorat sur l'atlas saharien sud oriental, cinématique des plis, des chevauchements et reconstitution du Bassin Sud Est Constantinois en 1995 ainsi Mezaine et Bettahar qui ont publié une thèse sur l'extension de la distribution de réservoir céno-manien-turonien de bassin Sud Est Constantinois dans la même année

L'année suivante, Belhaj E.M a fait une synthèse géochimique sur le Sud Est Constantinois, Ben Amran M.O et Haiouche ont réalisé un rapport intitulé l'aperçu générale sur les potentialités en hydrocarbure du bassin Sud Est Constantinois Chotte durant la même année.

Dans sa thèse sur les rudistes de l'Algérie, Chikhi-Aouimeur, (1998) donne la révision systématique de douze genres et vingt-sept espèces. L'auteur, dans ce travail, actualise certains certains taxon, indique la présence de certaines espèces inconnues en Algérie et propose une nouvelle espèce

En 1999 Melrhir, Aziez .M et Bouslah.S ont sorti un autre rapport après étude géochimique de la matière organique extraite des huiles (région du S.E constantinois).

Durant la même année, Haddadi.N et Berghoul .M ont fait une étude de caractérisation de la roche mère de crétacé de bassin Sud Est Constantinois. Et c'est aussi l'année où Herkat, a entrepris une étude sur le crétacé supérieur de l'atlas saharien oriental, basée sur la stratigraphie séquentielle et l'analyse quantitative des biocénoses. Le cadre géodynamique est également souligné.

Issad.M et *al* en 2001 ont établi un rapport pour définir le potentiel de bassin Sud Est Constantinois, et en 2004 ont diffusé un rapport sur l'évolution structurale de l'accident Sud Atlasique et son impact sur le piégeage des hydrocarbures (Sud Est Constantinois). Jati, (2007), a réalisé une analyse séquentielle complétée par une étude géochimique des coupes sériées, effectuées sur un profil plate-forme/bassin, prises en Algérie, Tunisie et Maroc. Les résultats de ce travail ont montré l'existence de l'anomalie géochimique en $\delta^{13}\text{C}$, caractérisant l'événement anoxique global OAE2. Des schémas paléogéographiques pour cet épisode et des corrélations avec la coupe stratotypique de Pueblo et de la Tunisie ont été proposés.

El Manai, (2009) a fait la révision des inocérames du Crétacé supérieur de l'Algérie à partir des collections des musées de l'université d'Alger et de l'université Claude Bernard et d'un matériel récemment récolté dans les régions de Chebeibita, Khanguet Grouz, Tébessa et autres. El Manai, apporte dans son travail des résultats nouveaux pour l'intervalle considéré.

V-Concept d'événement anoxique :

Une série d'événements anoxiques se sont produit durant la période chaude du Crétacé (120-80 Ma) connue sous le nom « OAE » (« Oceanic Anoxic Event » pour Evénement Anoxique Océanique), définie dès 1976 par SCHLANGER et JENKYNS et sont notamment caractérisés par des dépôts de couches riches en matières organiques mondialement connues sous le terme « black shales ».

Les Evénements Anoxiques Océaniques (OAE) sont produits durant la période relativement chaude du Crétacé (120-80 Ma), caractérisés principalement par des niveaux élevés de CO_2 , des eaux océaniques relativement appauvries en oxygène et une modification de la configuration géodynamique des continents qui a engendré une élévation du niveau moyen des océans à l'échelle planétaire traduisant une forte transgression.

La synthèse de diverses données obtenues a induit le concept d'Evénement Anoxique Océanique, ces auteurs ont défini au total trois OAE :

- ❖ Le premier OAE 1 irait du Barrémien à l'Aptien.
- ❖ Le second OAE 2 coïnciderait avec la limite Cénomanién-turonien.
- ❖ Le troisième OAE 3 est d'âge Coniacien-Santonien.

Le deuxième évènement est le plus important à l'échelle mondiale, les sédiments formés durant ce passage, connus sous différents noms (formation Bahloul et niveau Bonarelli), sont soulignés par des niveaux de black-shales, riche en matière organique. Ce vocabulaire ne

reflète pas toujours la réalité de ce sédiment car ces derniers ne sont pas forcément des argiles et pas toujours de couleurs noire. La formation Bahloul se présente en Tunisie (la plus représentative du bassin sud téthysien) se forme de black-shales marno-calcaires et des calcaires noirs laminées feuilletée, en France le niveau black-shales, connu sous le nom de Thomel, se compose d'une dizaine de mètres de marnes noires et au Maroc le niveau de black-shales se présente dans le bassin de Tarfaya Essaouira et se compose de craie noire laminée. Le niveau Bonarelli en Italie fait 1m d'épaisseur d'argile noires et de silice, et dans la coupe atlantique profonde ce niveau est représenté par des argiles noires et grisâtres.

La coupe de Pueblo est une coupe de référence pour la limite C/T, elle s'agit d'une alternance de calcaire et de minces niveaux de black-shales (Arthur et al.,1985 ;Pratt 1985)

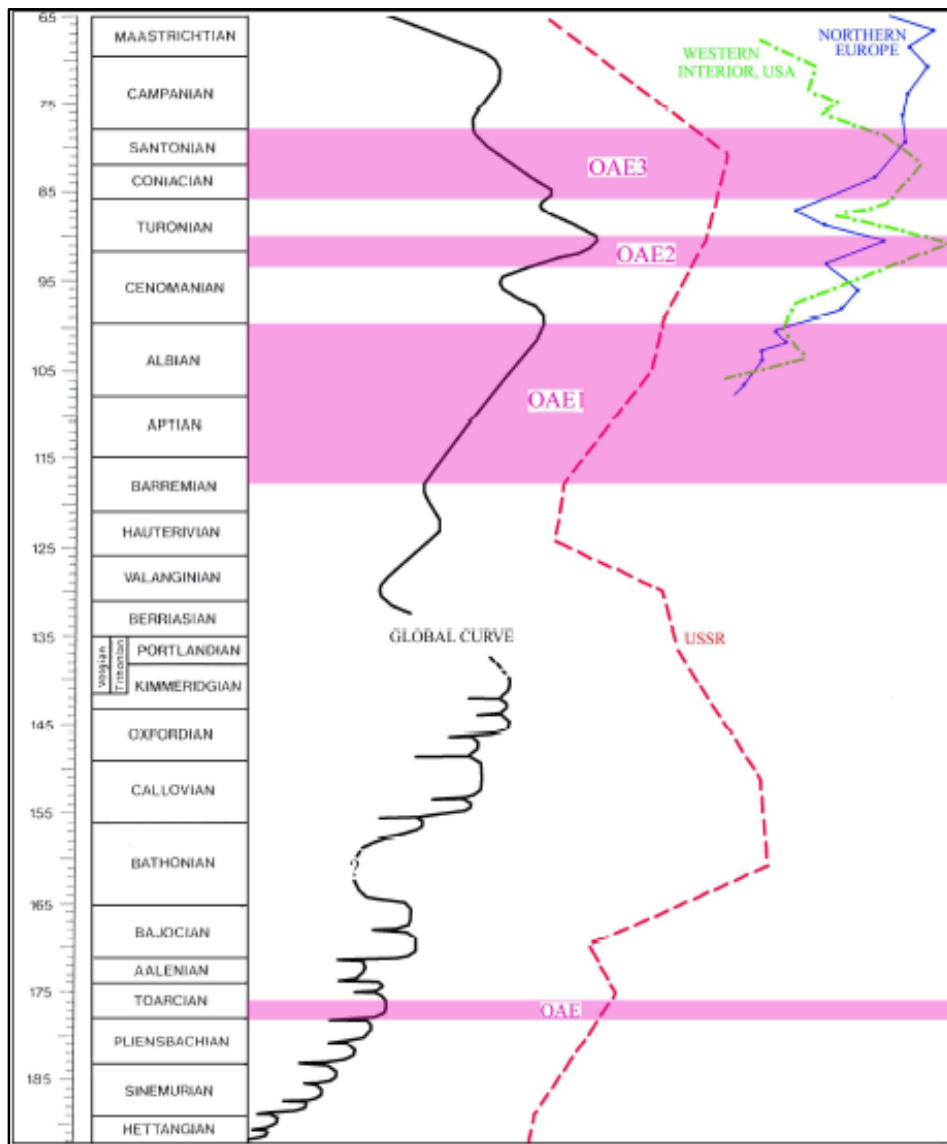


Figure I.6 les Evénements Anoxiques Océaniques du Crétacé en relation avec les variations du niveau marin relatif (JENKYNS, 1980 in DESMARES, 2005).

V.1-Comment ce passage C/T se manifeste dans le monde : la coupe de référence de Pueblo, Colorado (USA) :

La coupe de Pueblo, faisant 15m d'épaisseur, a été proposée comme stratotype pour le passage Cénomanien-Turonien (Bengston, 1996) la particularité de posséder plusieurs marqueurs biostratigraphiques (ammonites, inocérames, foraminifères et nanoplanctons), et la présence de couches riches en carbone organique, cette coupe renferme plusieurs niveaux de bentonites (cendres volcaniques), reconnaissables, et corrélables à l'échelle du bassin (Grosheny, 2002 ; Desmares, 2005).(Figure I.7)

De nombreux travaux, portent sur l'intervalle Cénomanien-Turonien de la coupe de Pueblo. Ils ont permis de définir le cadre sédimentologique

(Gilbert, 1895,1897 ; Scott, 1964, 1969 a, 1969 b ; Cobban et Scott, 1972 ; Kauffman, 1977b ; Sageman *et al.*, 1997,1998 ; Meyers, 2001) et, géochimique (Pratt.1984 ; Pratt et Threlkeld. 1984 ; Arthur *et al.* 1985 ; Pratt. 1985 ; Orth *et al.* 1990 ; Pratt *et al.* 1993 ; Morel. 1998 ; Desmares, 2005 ; Caron *et al.*, 2006).

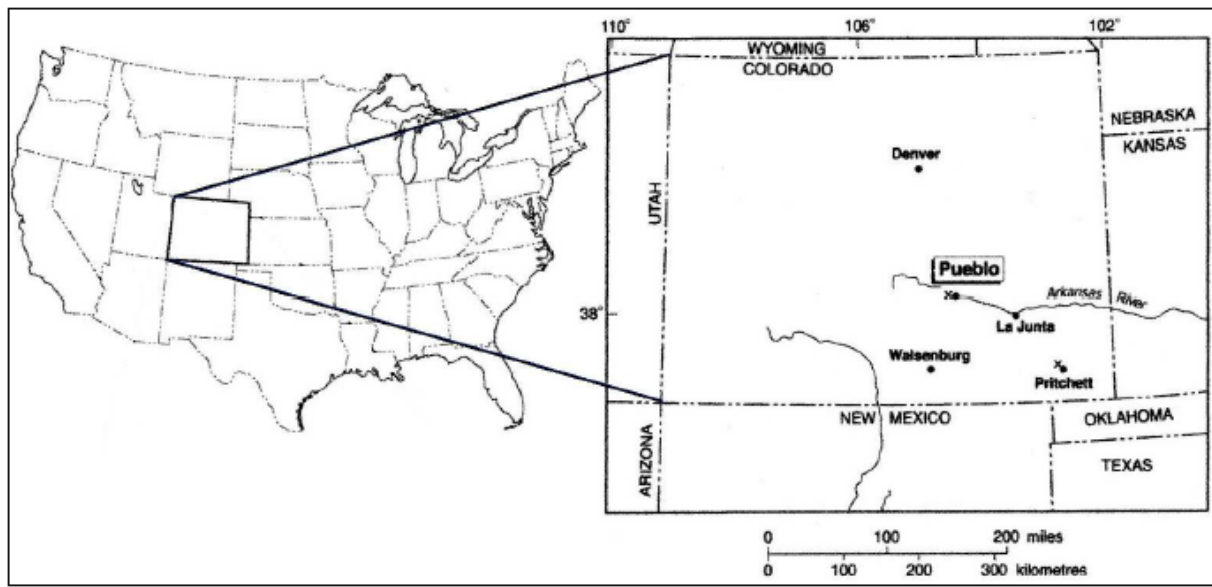


Figure I.7 : situation de la coupe de Pueblo, USA, GSSP pour la limite Cénomanién-Turonien

V.2-Les caractéristiques principales de l'évènement anoxique océanique 2 (OAE 2) :

L'Évènement Anoxique Océanique 2 qualifié d'OAE 2 s'est produit à la limite Cénomanién-Turonien ; à l'échelle mondiale (Takashima et al, 2009) le critère essentiel de cet événement qui le distingue fondamentalement des autres, tient à la fois à son extension et à sa courte durée.

C'est une période qui a connu une crise paléo-environnementale dramatique (Khoudhair, 2015). Les principales caractéristiques de cet événement particulier sont :

1-Une expression lithologique qui prend des aspects divers : couches argileuses laminées, alternances d'argiles laminées avec des couches calcaires ou silteuses, ou encore cycles plus complexes d'argiles noires ; grises ; vertes et rouges et des faciès finement lités, laminés déposés dans des séquences pélagiques avec des niveaux riches en pyrite et phosphate.

2- Une faune benthique réduite, voire absente et une faune planctonique abondante, mais peu spécialisée et peu diversifiée, présence de radiolaires et des Calcisfères.

3- Une crise majeure marquée au passage C/T qui a touché 7% des familles et 26% des genres, coïncidant avec l'OAE (Soua, 2011).

4- La courte durée de l'événement ; dans le niveau Bonarelli en Italie cet événement anoxique du passage C/T ne dépasse pas le 0,7 Ma ou 0,8 Ma (Khoudhair, 2015).

5- Les dépôts de black-shale (couches riches en matière organique où la teneur en carbone organique total (COT) est supérieure à 1% en poids). Les faciès attribués au passage C/T sont marqués par de fortes valeurs de COT et une matière organique essentiellement marine (Soua, 2011).

VI-Plan d'étude :

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

1- Le premier chapitre expose la problématique de ce travail, un historique des travaux antérieurs, le cadre géographique et géologique, un aperçu stratigraphique et le cadre géodynamique de la région d'étude. Un état de connaissance sur l'événement anoxique du Cénomaniens-Turonien (OAE2).

2- Le deuxième chapitre est consacré à l'étude sédimentologique qui permet de décrire les microfaciès des lames de chaque sondage. Cette étude nous permettra d'effectuer un découpage lithostratigraphique et de reconstituer les environnements de dépôts.

3- Le troisième chapitre consiste à faire une étude biostratigraphique, qui nous permettra d'établir biozonation basée sur les associations de foraminifères planctoniques. L'ensemble va conduire à dater les séquences et placer la limite stratigraphique du passage Cénomaniens-Turonien.

4- Le quatrième chapitre est réservé à la reconstitution des paléoenvironnements en utilisant les données de l'étude sédimentologique et biostratigraphique, et essayer d'établir une corrélation entre les sondages.

Enfin, une conclusion récapitulative des résultats obtenus.

Chapitre II :
Etude sédimentologique

I-Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire une étude sédimentologique qui consiste à une description des microfaciès d'un certains nombres d'échantillons qui couvrent l'intervalle Cénomaniens-Turonien, au niveau du bassin du Sud-Est-constantinois, afin d'effectuer un découpage lithostratigraphique et d'identifier les différents milieux de dépôts.

Cette étude est basée sur la caractérisation et la classification des microfaciès par la nomenclature de DUNHUM (1962).

Selon M. Herkat (1999, 2002, 2004), l'analyse des microfaciès et leur évolution, permet de distinguer deux mégaséquences (séries), notées I et II, correspondant respectivement au Cénomaniens et au Turonien (Figure II.1).

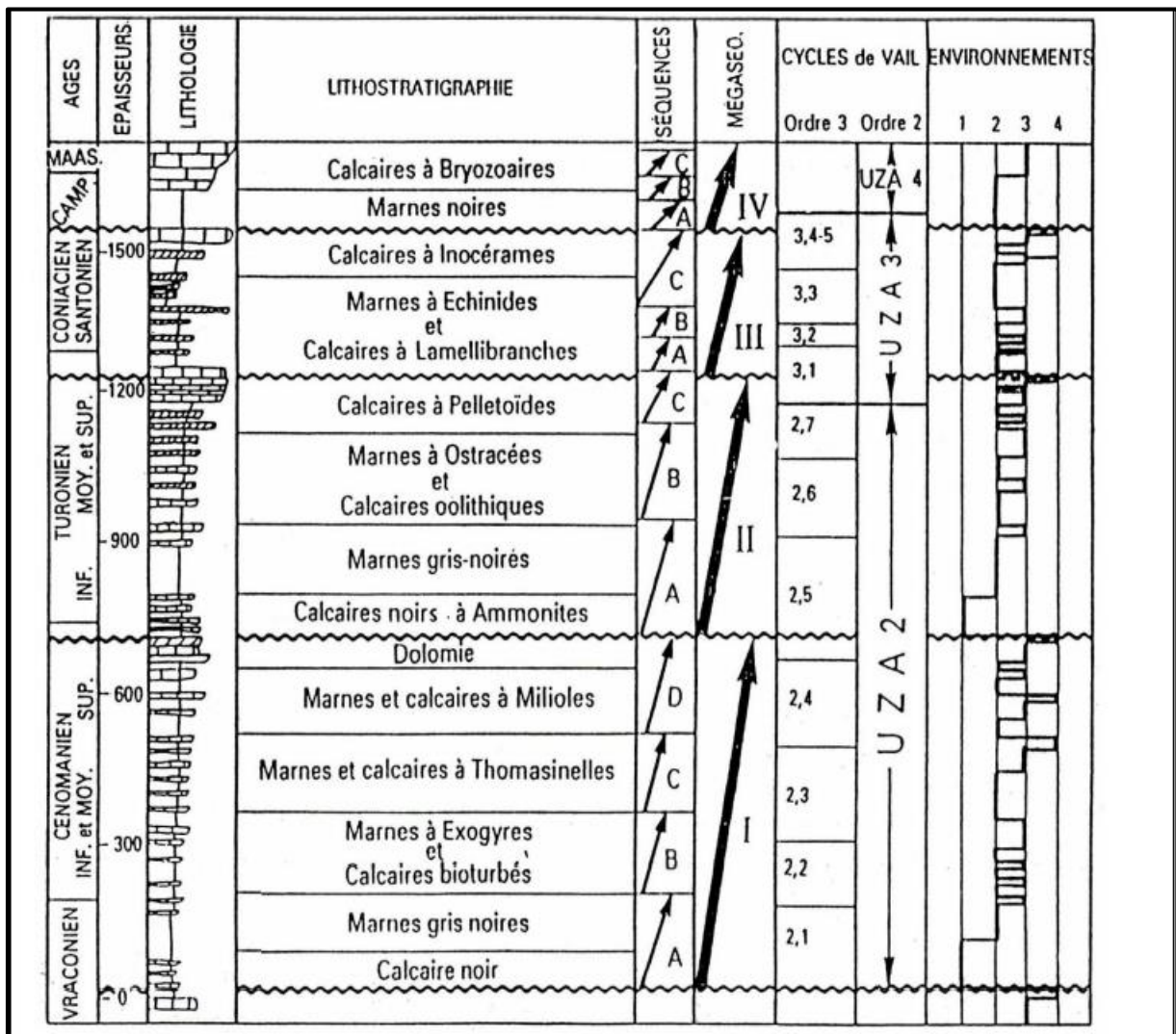


Figure II.1 : Faciès et séquences d'une série synthétique du Crétacé supérieur des Aurès.

1-Plate-forme externe, 2-Plate-forme médiane, 3-Plate-forme littorale, 4-Zone tidale

(Herkat et Delfaud, 1999).

II-Méthodologie :

L'analyse pétrographique est basée sur l'observation au microscope optique polarisant de 103 lames minces, prélevées à partir des carottes 9, 8,7 et 6 du sondage A et des carottes 11,10 et 9 du sondage B situés dans le périmètre Bottena et qui sont attribués au Cénomaniens-Turonien.

Cette étude consiste en :

- ❖ La détermination de la texture et le nom de la roche.
- ❖ L'identification des phénomènes diagenétiques
- ❖ La présence des phases minérales
- ❖ La détermination de la microfaune

Les microfaciès et les transformations diagenétiques sont illustrées par des microphotographies prises à différents grossissement, et dont les planches sont jointes aux descriptions pétrographiques des différents échantillons.

III-L 'étude pétrographique des sondages :

III.1-Localisation des sondages A et B :

Les puits A et B ont été implanté dans le périmètre de Bottena du bassin Sud-Est Constantinois, ce dernier se situe au Nord-Est de l'Algérie dans la willaya de Tébessa, à la proximité de la frontière algéro-tunisienne (Figure II.2).

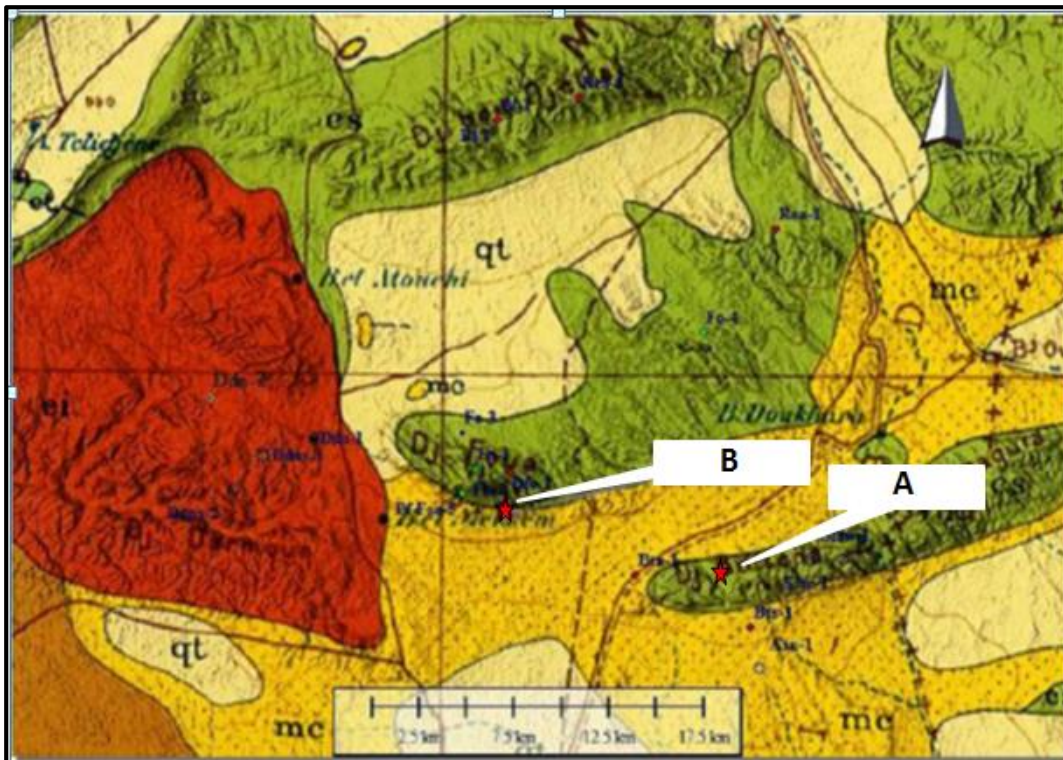


Figure II.2 : La position des sondages A et B

III.2-La description pétrographique du sondage A :

L'intervalle d'étude de ce puits est d'environ 460m d'épaisseur, il présente nombre de 67 lames minces prélevées de 4 carottes (9, 8, 7 et 6).

III.2.1-La carotte 9 :

Cette carotte est comprise entre (1237.01m-1228.07m), son épaisseur est d'environ 9m, on les a étudiées à travers l'analyse de 18 lames minces. Elle montre des calcaires avec des joints stylolithiques d'argile.

L'intervalle correspond à des Grainstone à bioclastes et à pellets, admettant vers la partie supérieure des passages Wackstone à pellets. Les bioclastes sont représentés par des lamellibranches, échinodermes et des gros fragments de bryozoaires, accompagnés au sommet par des foraminifères benthiques tels que : Miliolidae et Textularidae. Cette association marque la séquence ID.

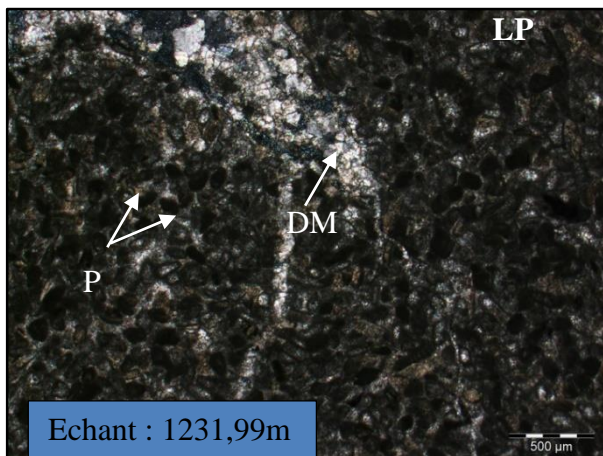


Figure II.4 : Calcaire Grainstone à Pellets en lumière polarisée.
DM : dolomitisation de la micrite. P : Pellets.

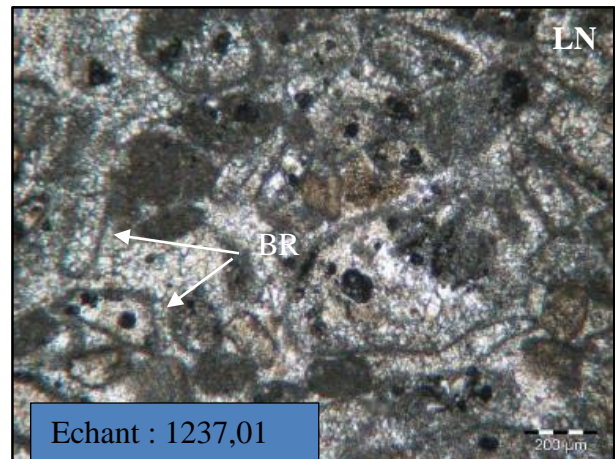


Figure II.3 : Calcaire Grainstone à bioclastes en lumière naturelle.
BR : bioclastes recristallisés.

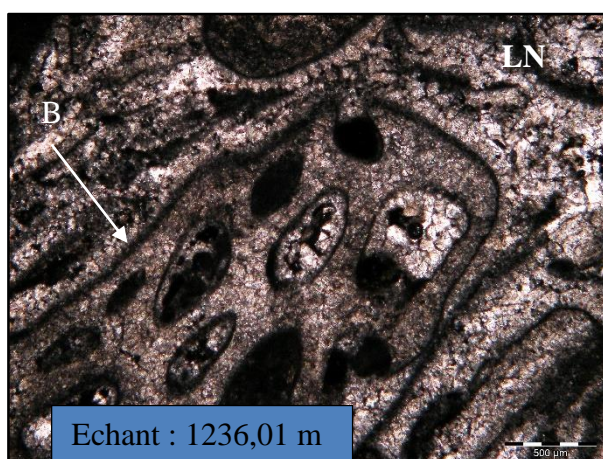


Figure II.6 : Calcaire Grainstone à Bryozoaire.
B : Bryozoaire.

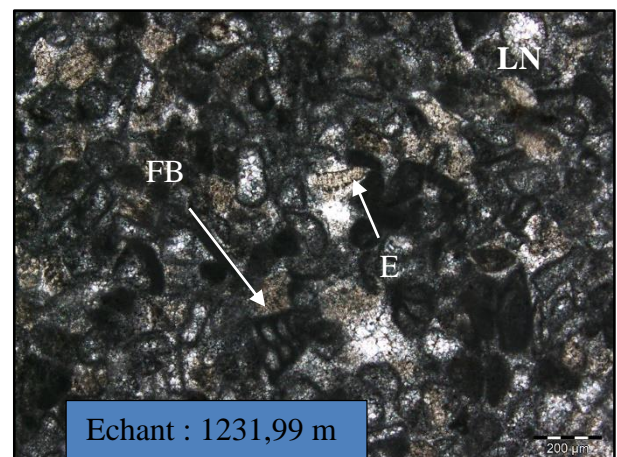


Figure II.5 : Calcaire Grainstone à bioclastes.
FB : foraminifère benthique. E : échinoderme

Il y a également des constituants non carbonatés représentés essentiellement par l'oxyde de fer et de la matière organique.

Parmi les transformations diagénétiques les plus remarquables, on cite :

- Recristallisation dans les bioclastes
- Une porosité très faible.
- La dolomitisation de la sparite.

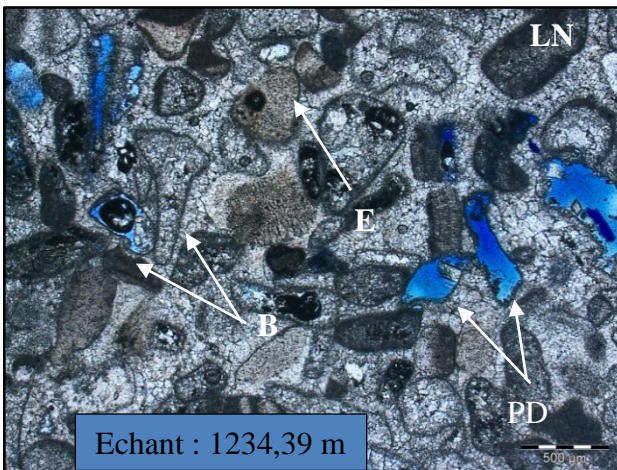


Figure II.7 : porosité de dissolution dans un calcaire Grainstone à bioclastes

PD : porosité de dissolution

B : bioclastes. E : échinoderme

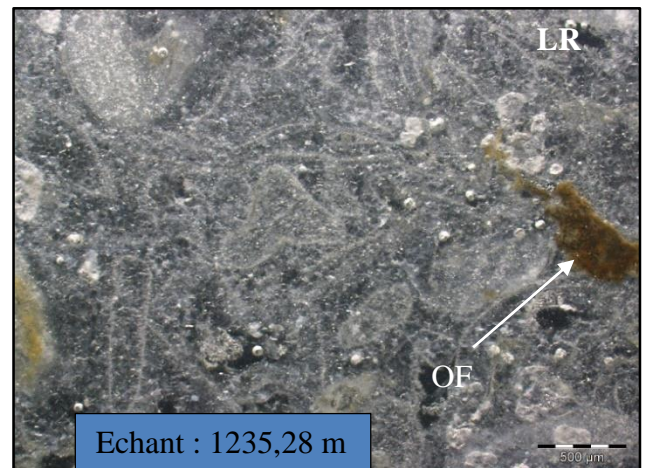


Figure II.8 : Oxyde du fer dans une texture Grainstone à bioclastes.

OF : oxyde du fer

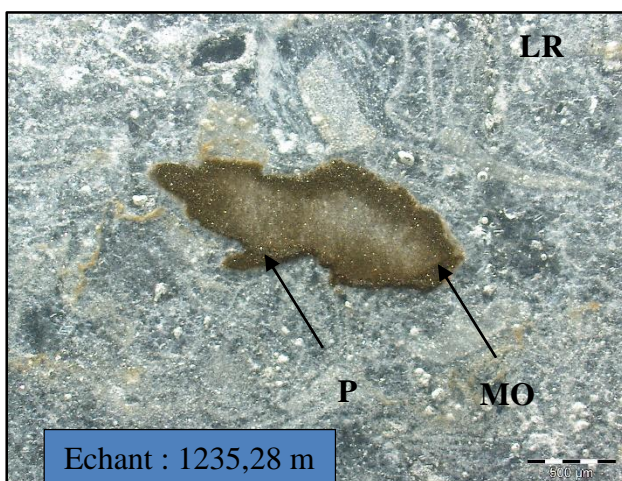


Figure II.10 : Matière organique associée avec la pyrite dans un Grainstone à bioclastes.

MO : matière organique. P : pyrite.

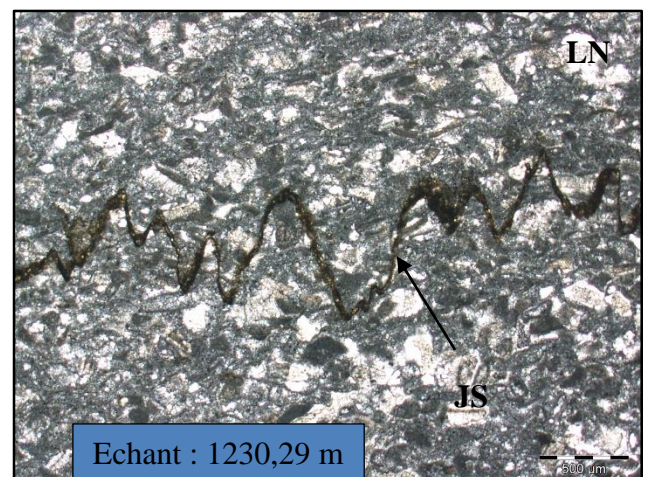


Figure II.9 : un joint stylolithique remplie d'argile dans une texture Grainstone.

JS : joint stylolithique.

III.2.2-Carotte 08 :

L'intervalle analysé est compris entre (1014,85m-1008,90m) et représenté par 6 lames minces, son épaisseur est de 6m d'environ. Elle montre des calcaires et des marnes à quelques lamination d'argiles.

La texture générale de cet intervalle est entre Grainstone-Mudstone, il renferme des bioclastes, des pellets et une microfaune benthique riche et variée tels que : *Pseudorhapydionina dubia*, *Miliolidae*, *Cuneolina pavonia*. Les bioclastes sont représentés par des échinodermes et des fragments de lamellibranches. Cette carotte marque le sommet de la séquence ID.

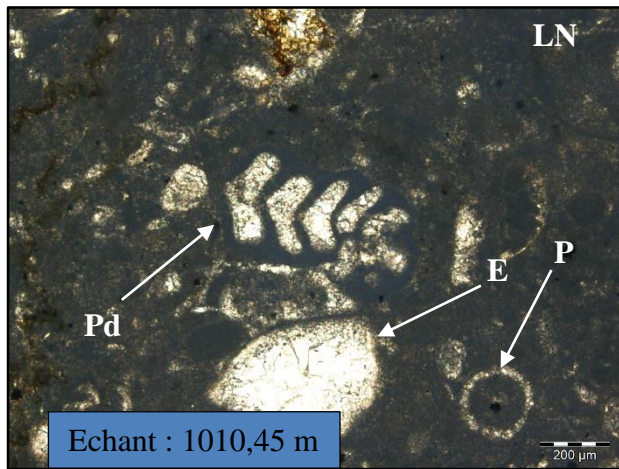
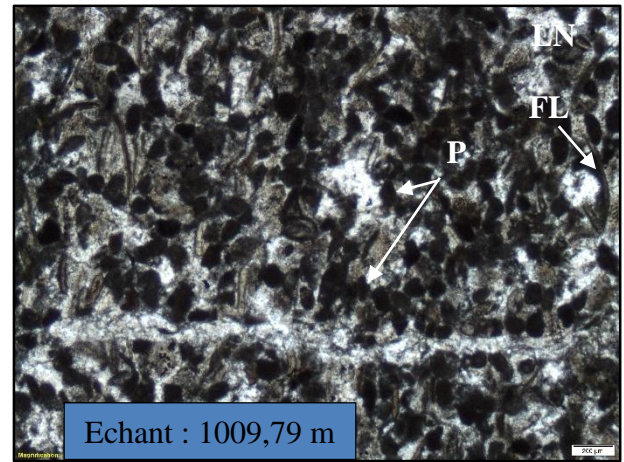


Figure II.12 : Calcaire Mudstone à foraminifères benthiques.

Pd : *Pseudorhapydionina dubia*. C : Pithonelle

E : Echinoderme



FigureII.11 : Calcaire Grainstone à bioclastes.

P : pellets. FL : fragment de lamellibranche.

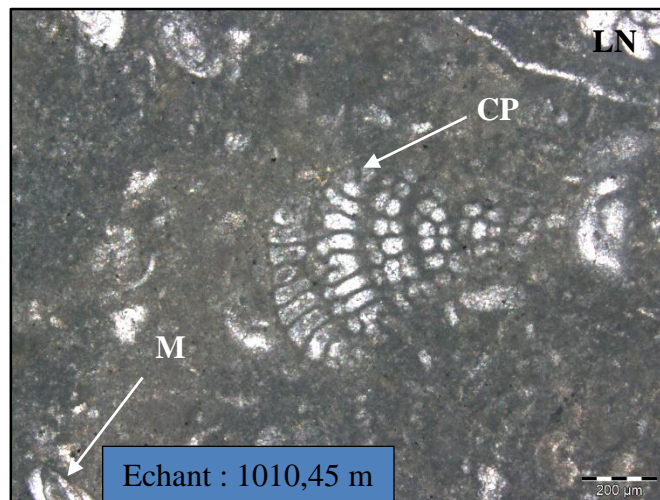


Figure II.13 : Calcaire Mudstone à foraminifères benthiques.

M : *Miliolidae*. CP : *Cuneolina pavonia*.

Le sommet est marqué par l'apparition de quelques foraminifères planctonique représentés par des Whiteinelles, associés à des foraminifères benthiques. L'ensemble marque le début de la séquence IIA.

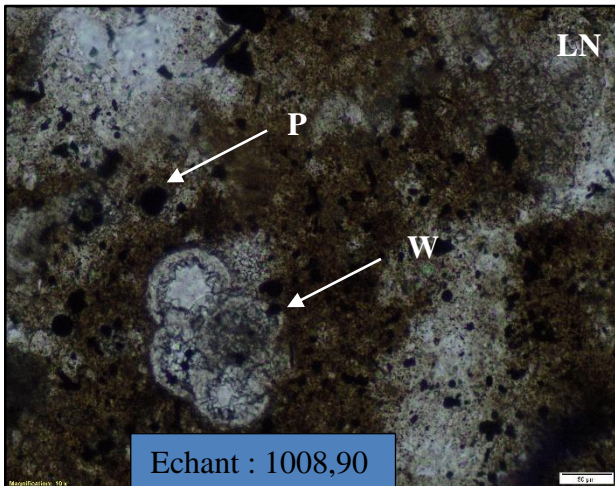


Figure II.14 : Calcaire Mudstone à *Whiteinella* sp
P : Pithonelle. W : *Whiteinella* sp.

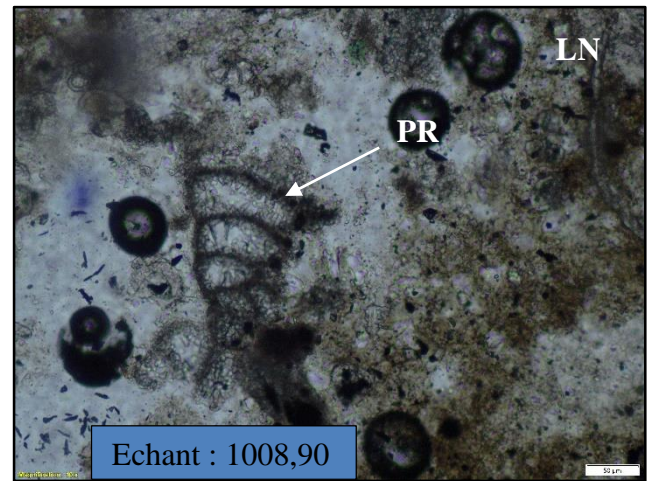


Figure II.15 : Calcaire Mudstone à *Pseudolituonella reicheli*
PR : *Pseudolituonella reicheli*.

Des composés non carbonatés qui ont été identifiés en faible quantité, ils sont représentés par des lamination d'argile, la pyrite et l'oxyde de fer.

Du point de vue diagénétique :

- ❖ Les phénomènes de recristallisation qui affectent la matrice et les bioclastes, il s'agit des recristallisations de la micrite en sparite.
- ❖ De la matière organique mélangée avec la pyrite.

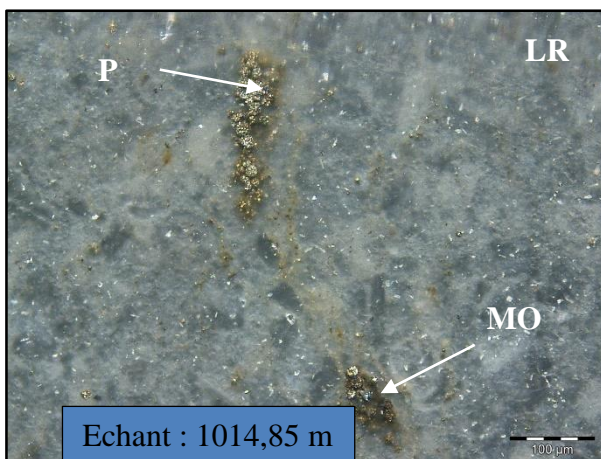


Figure II.17 : Matière organique mélangée avec la pyrite dans un Grainstone.
MO : matière organique. P : pyrite.

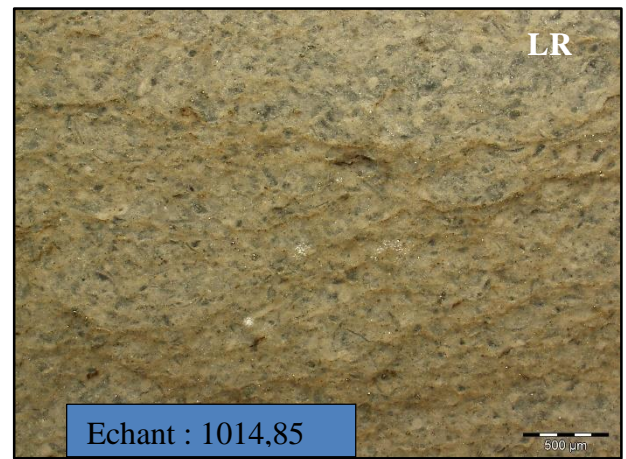


Figure II.16 : laminations d'argiles

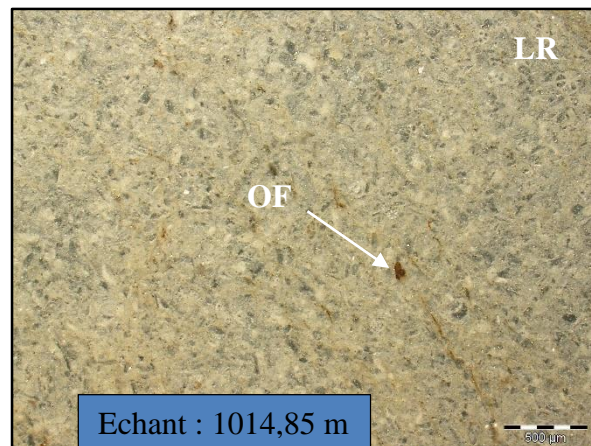


Figure II.18 : Oxyde de fer dans un Grainstone.

III.2.3-Carotte 07 :

L'intervalle est compris entre (892,50m-917,51m), son épaisseur est d'environ 25m et elle renferme des calcaires sombres.

Elle est caractérisée par des texture Wackstone riches en foraminifères planctoniques globuleux tel que : *Heterohelix*, *Hedbergella*, *Whiteinella* et carénés tel que : *Dicarinella* et *Praeglobotruncana* et *Helvetoglobotruncana helvetica*, associés à des Calcisfères, Pithonelle et des échinodermes. La base de cette carotte présente des filaments. L'ensemble couvre les premiers niveaux de la séquence IIA.

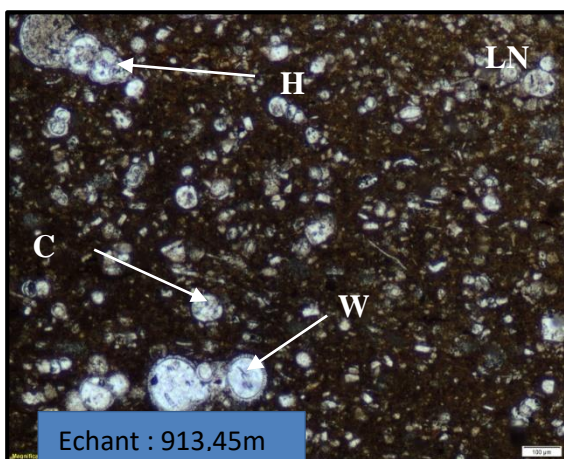


Figure II.19 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.

H : *Heterohelix* sp. C : Calcisfères.

W : *Whiteinella* sp

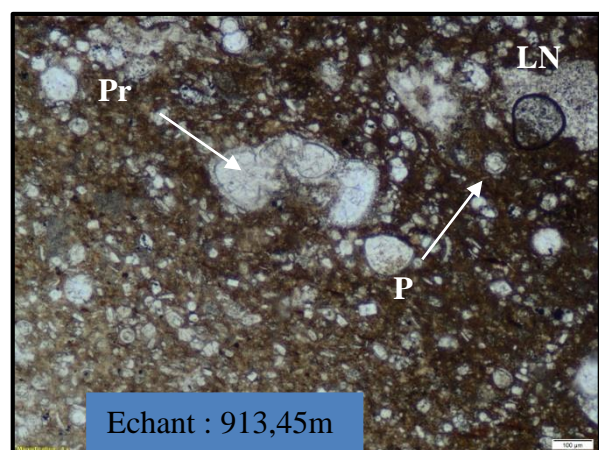


Figure II.20 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.

Pr : *Praeglobotruncana cf. gibba* Klaus.

P : Pithonelle

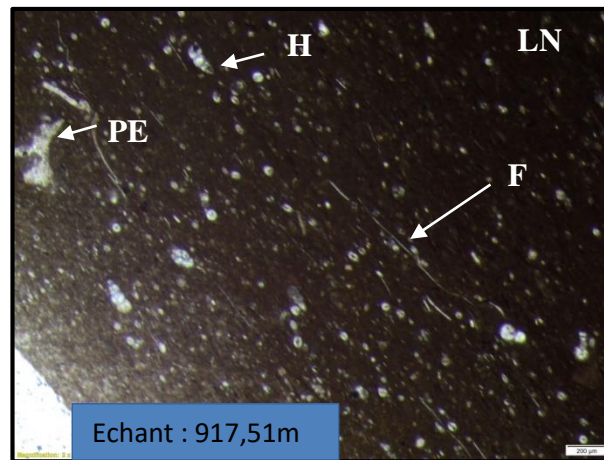


Figure II.21 : Calcaire Wackstone à filaments
 F : filaments. H : *Heterohelix* sp. PE : plaque d'échinoderme.

Sur le plan diagénétique, les phénomènes les plus remarquables sont :

- ❖ Le phénomène de recristallisation qui affecte les bioclastes.
- ❖ La présence des cristaux de dolomie.
- ❖ L'ouverture d'un réseau de microfissures observé au niveau des échantillons 915,49m et 898,51m.
- ❖ La présence de cristaux de pyrite.

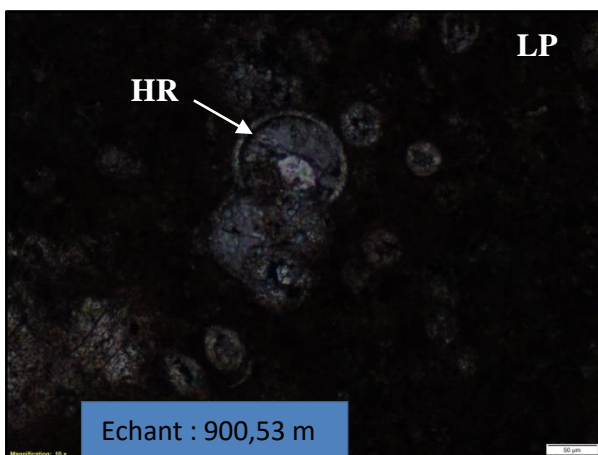


Figure II.22 : Calcaire Wackstone à *Heterohelix* recristallisé à l'intérieur.
 HR : *Heterohelix* recristallisé.

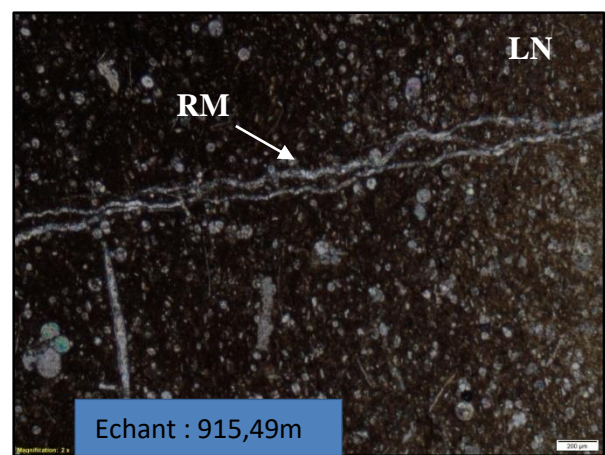


Figure II.23 : Un réseau de microfissures colmaté par la calcite

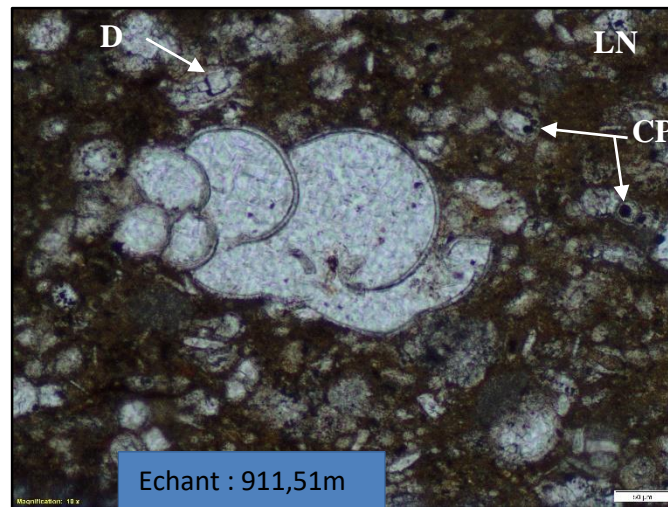


Figure II.24 : Calcaire Wackstone à foraminifère planctonique.
D : dolomie. CP : cristaux de pyrite.

III.2.4-Carotte 06 :

L'intervalle est compris entre (777,03m-794,74m), il est analysé à travers 31 lames minces. Son épaisseur est d'environ 18m. Elle est représentée par des calcaires gris blancs à gris sombre.

Ce microfaciès débute par des Wackstone à foraminifères benthiques (Miliolidae, Textularidae), associés à des Pithonelle, Calcisfères et des ostracodes qui sont parfois recristallisés. Les foraminifères planctoniques sont moins importants, ils sont présentés par Hedbergelles et des loges isolées. C'est l'équivalent des derniers termes de la séquence IIA.

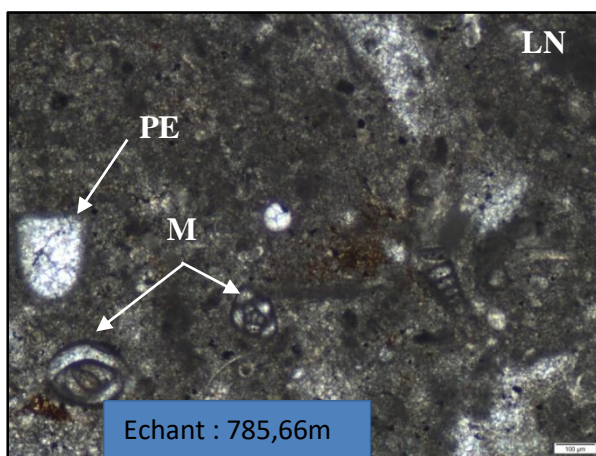


Figure II.26 : Calcaire Wackstone à foraminifères benthique.
M : Miliolidae. PE : plaque d'échinoderme.

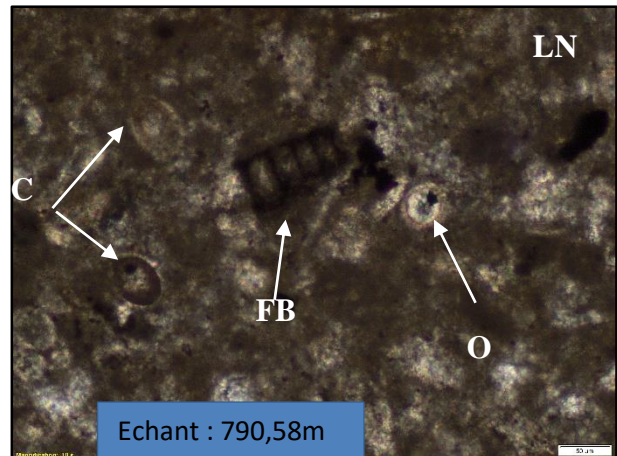


Figure II.25 : Calcaire Wackstone à pithonelles
P : pithonelles. FB : foraminifère benthique.
C : Calcisfères

Dans la partie médiane, le microfaciès présente un changement brutal, il correspond à des calcaires Wackstone/Grainstone à bioclastes. Ces derniers sont présentés par des lamellibranches, de fragments rudistes, qui sont parfois recristallisés, des foraminifères benthiques et des échinodermes. Les foraminifères planctoniques disparaissent. On note également des niveaux à pellets. Ce microfaciès représente le début de la séquence IIB.

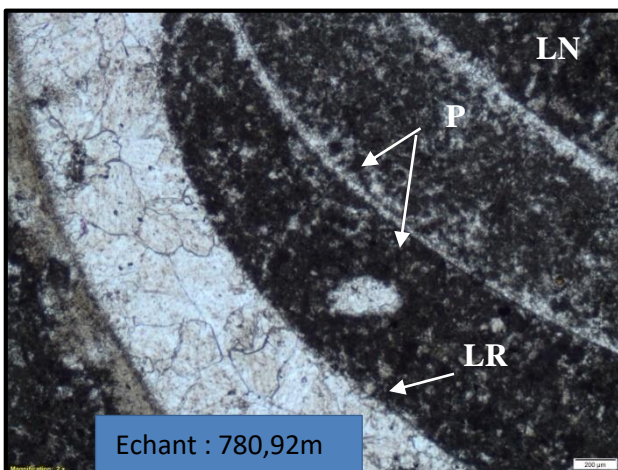


Figure II.28 : Calcaire Wackstone à pellets.

P : pellets. LR : lamellibranche recristallisé.

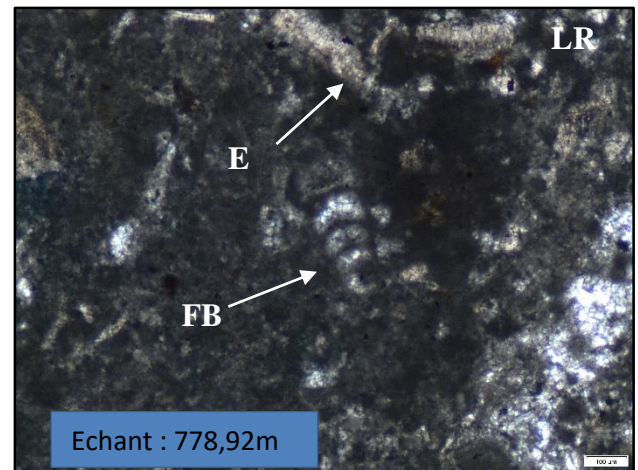


Figure II.27 : Calcaire Wackstone à bioclastes.

E : échinoderme. FB : foraminifère benthique.

Vers le sommet de la formation, on repasse à des textures Wackstone/Grainstone à foraminifères benthiques associés à des fragments de rudistes et de lamellibranches et une présence importante de pellets. Cette partie correspond également aux premiers termes de la séquence IIB.

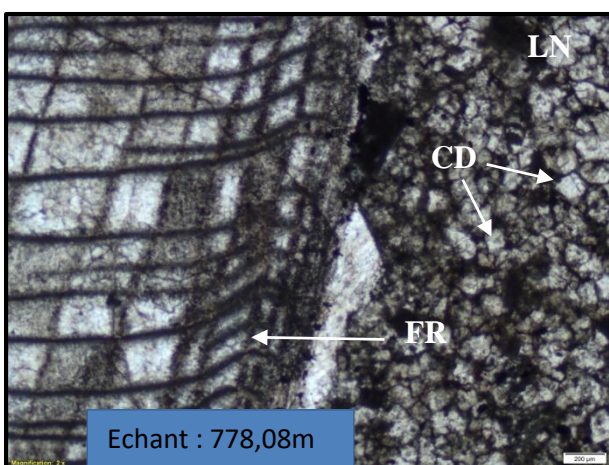


Figure II.29 : Calcaire Grainstone à fragment de rudiste.

FR : fragment de rudiste. CD : cristaux de dolomie

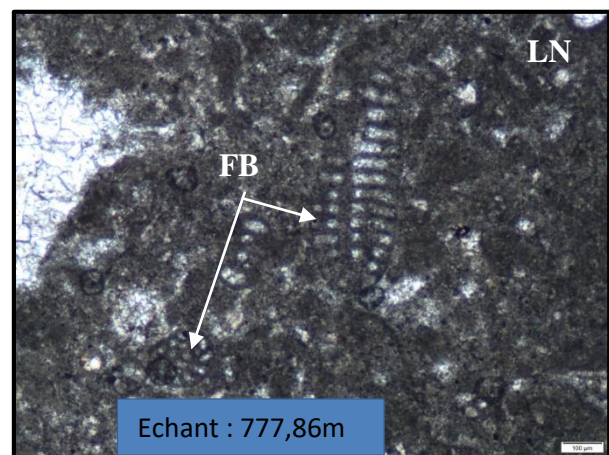


Figure II.30 : Calcaire Wackstone à foraminifères benthique.

FB : foraminifères benthiques.

La matrice renferme également des composés diagénétiques non carbonatés représenté par des laminations d'argile, la pyrite, l'oxyde de fer et la matière organique.

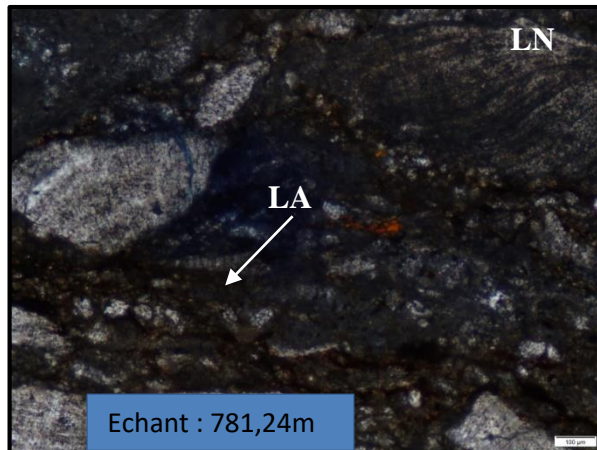


Figure II.32 : Fissures remplies d'argile dans un Calcaire à Wackstone.

LA : laminations d'argiles.

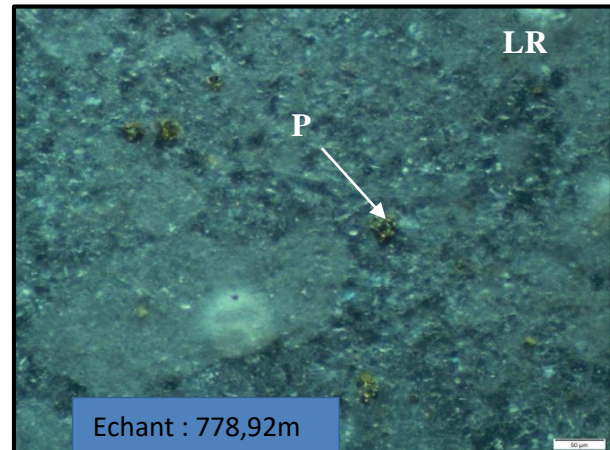


Figure II.31 : Cristaux de pyrite dans une texture Wackstone.

P : pyrite.

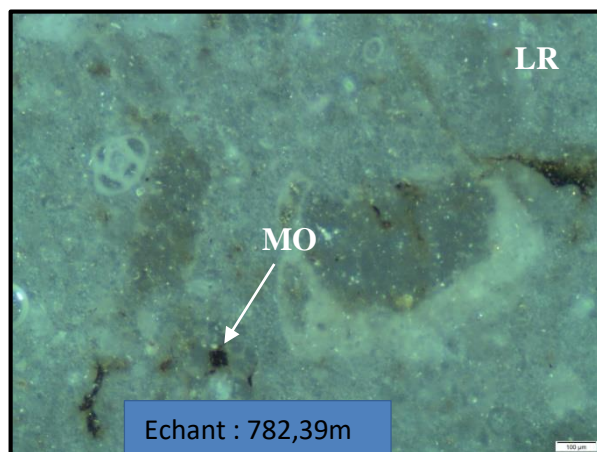


Figure II.34 : Matière organique dans un Wackstone à bioclaste.

MO : matière organique.

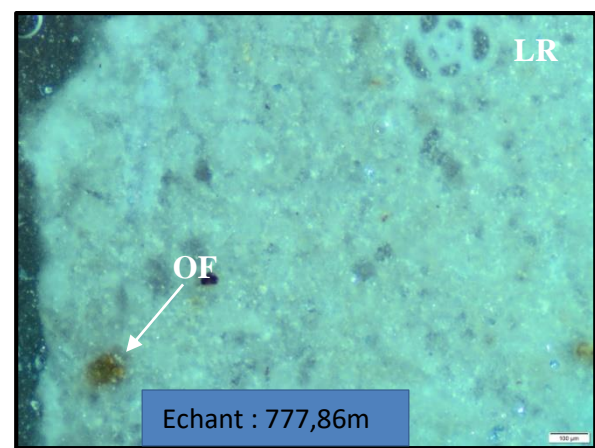


Figure II.33 : Oxyde de fer dans une texture Wackstone à bioclaste.

OF : oxyde de fer.

Sur le plan diagénétique, le phénomène le plus remarquable est la dolomitisation de la sparite, il a affecté presque tout l'intervalle. On note également l'existence de la porosité de fracturation au niveau des échantillons 786,50m ; 780,22m et 778,92m ainsi la porosité de dissolution au niveau des échantillons 781,36m ; 781,58m et 780,01m.

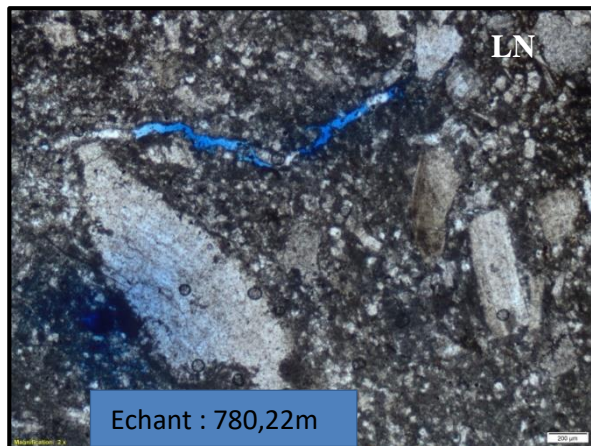


Figure II.35 : Une porosité de fracturation

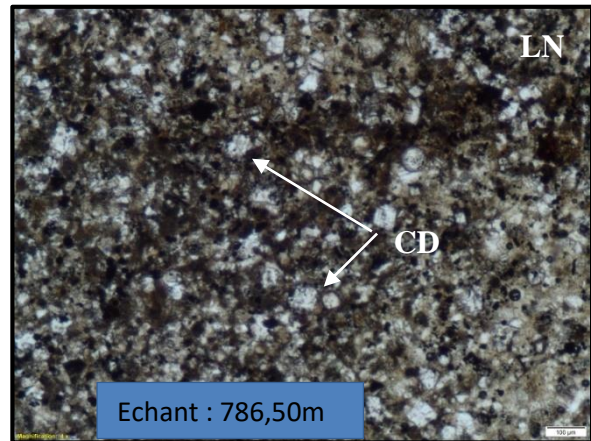


Figure II.36 : Dolomitisation de la sparite

CD : cristaux de dolomie

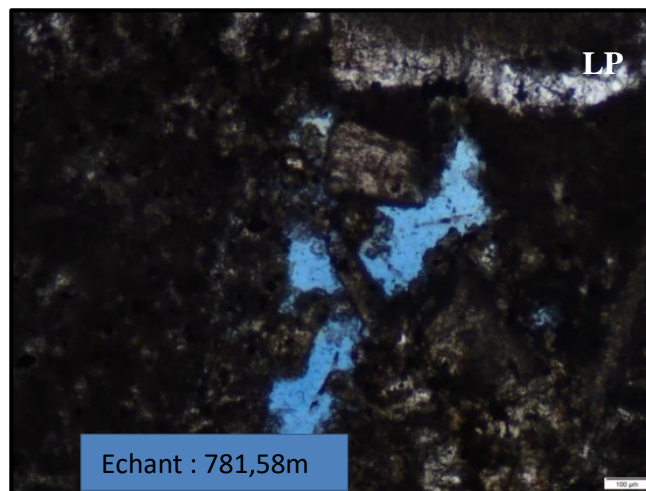


Figure II.37 : Une porosité de dissolution.

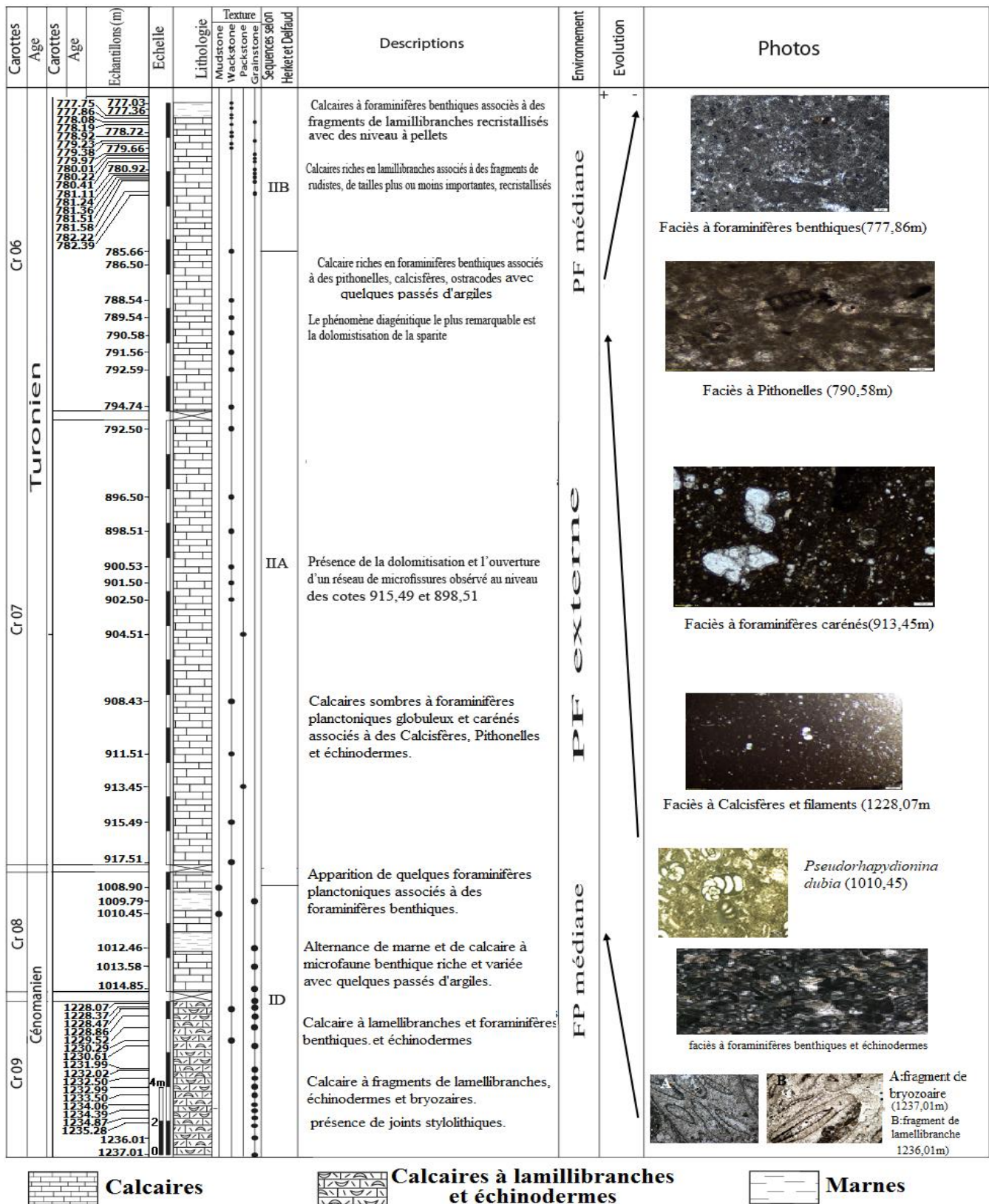


Figure II.38 : Log lithostratigraphique du puits A

III.3-La description pétrographique du sondage B :

L'intervalle d'étude de ce puits est d'environ 288m d'épaisseur, il est de nombre de 36 lames minces prélevées de 3 carottes 9, 10 et 11.

III.3.1-Carotte 11 :

L'intervalle est compris entre (1893,71m-1988,04m), il comporte 18 lames minces. Il est d'environ 94m d'épaisseur. L'ensemble est représenté par des calcaires.

Ce microfaciès débute par des calcaires Mudstone, évoluant à des calcaires wackstone-Packstone à bioclastes, admettant quelques fois des passages Grainstone à bioclastes.

La partie inférieure de cet intervalle correspond à la séquence IC dont les marqueurs essentiels sont *Pseudedomia drorinensis* et les gros foraminifères arénacés qui se présentent tout au long de l'intervalle, ils sont appelés *Thomasinellae punica* Schlumberger. Tandis que l'apparition de *Pseudorhapydionina laurinensis* dans la partie médiane au niveau de l'échantillon 1901,93m marque la séquence ID.

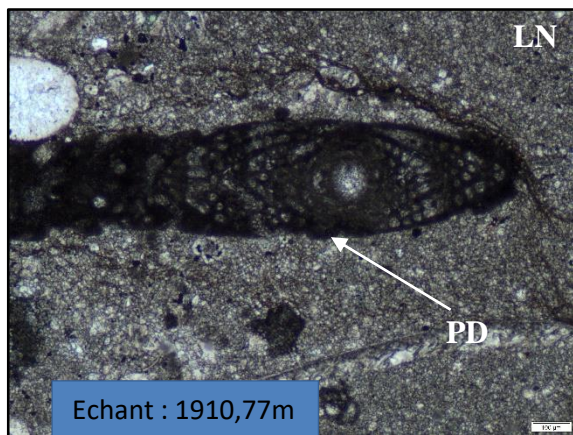


Figure II.40 : Calcaire Mudstone à foraminifères benthique.

PD : *Pseudedomia laurinensis*

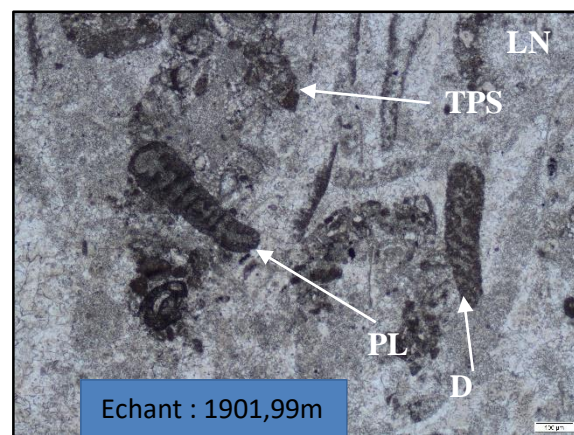


Figure II.39 : Calcaire Grainstone à foraminifères benthiques.

TPS : *Thomasinellae punica* Schlumberger.

D : *Dicyclina*. PL : *Pseudorhapydionina laurinensis*

On note que les lamellibranches, les échinodermes et Miliolidae sont omniprésents dans tous les échantillons alors que les algues rouges (*Lithophyllum*) se présentent uniquement dans l'échantillon 1905,94m.

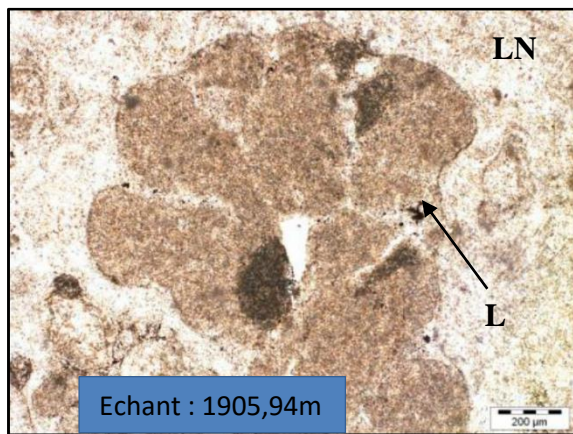


Figure II.41 : Calcaire Grainstone à Lithophyllum.

L : Lithophyllum

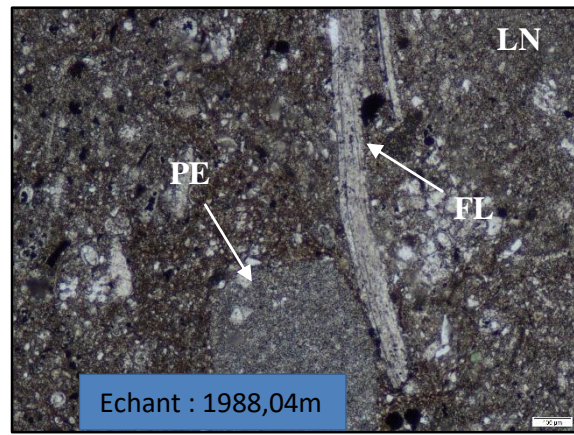


Figure II.42 : Calcaire Wackstone à bioclastes.

PE : plaque d'échinoderme. FL : fragment de lamellibranche.

Le sommet de cette carotte est marqué par la présence de Calcisfères et Pithonelles et l'apparition de quelques formes planctoniques, associés à des foraminifères benthiques.

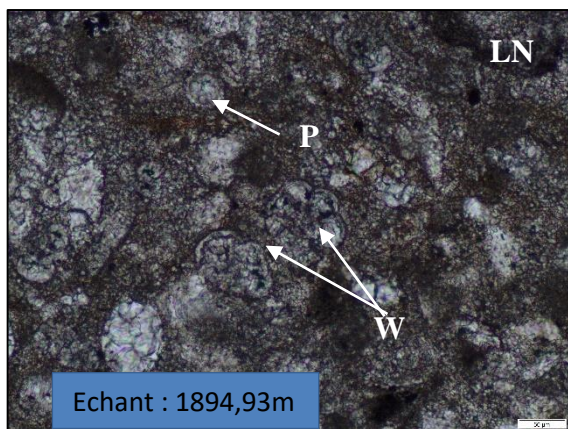


Figure II.44 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques

P : Pithonelles. W : *Whiteinella* sp

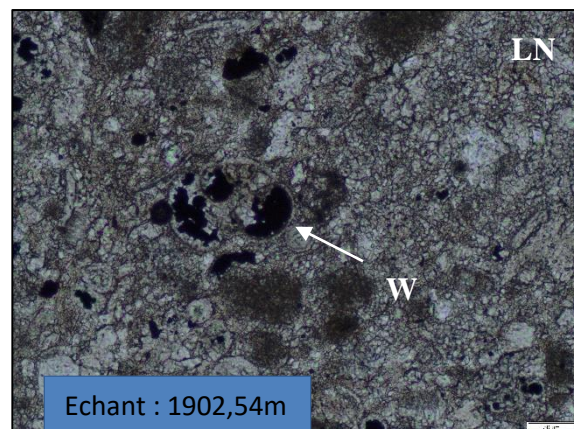


Figure II.43 : Calcaire Grainstone à foraminifères planctoniques

W : *Whiteinella* sp

Les phénomènes diagénétiques se résume en :

- Indices de compaction au niveau des échantillons 1903,76m et 1903,65m.
- La recristallisation de bioclastes ainsi que la matrice
- Une dolomitisation intense sur certains niveaux.

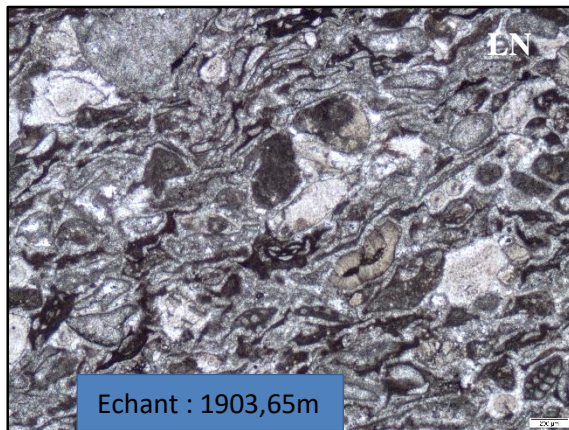


Figure II.46 : indice de compaction dans un Calcaire Wackstone à foraminifères benthiques

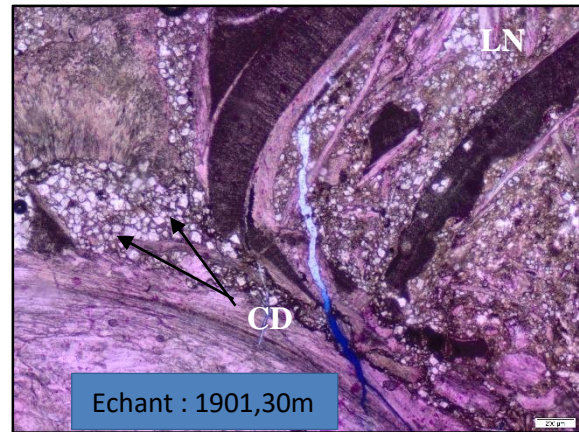


Figure II.45 : dolomitisation de la sparite

III.3.2-Carotte 10 :

Elle est comprise entre (1770,45m-1754,89m) elle est représentée par 10 échantillons de lames minces avec une épaisseur de 16m. Elle présente une sédimentation marneuse ou marno-calcaire.

L'ensemble est caractérisé par un faciès Wackstone à Packstone riches en foraminifères planctoniques globuleux associés à des pithonelles, Calcisfères, des filaments et des accumulations de petits débris de bivalves. Le faciès présente une lamination, particulièrement au niveau de l'échantillon 1760,54m. On note également une faible présence d'ostracodes et d'échinodermes.

Parmi les espèces de foraminifères planctoniques globuleux identifiés on cite : *Whiteinella archeacretacea* Passagno, *Whiteinella prahelvetica*, *Whiteinella sp.* A ces formes s'ajoutent des foraminifères planctoniques de type carénés mais en faible proportions : *Dicarinella sp.*

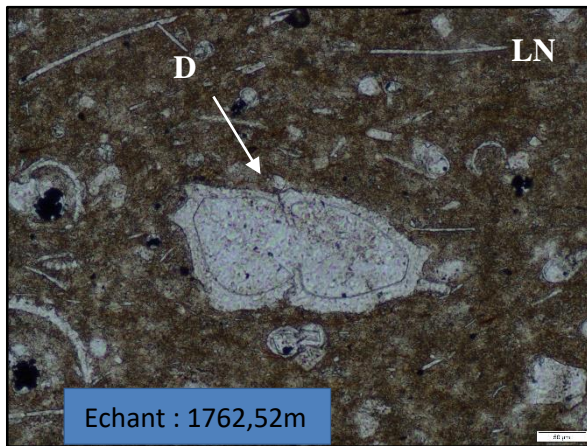


Figure II.48 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.
D : *Dicarinella* sp

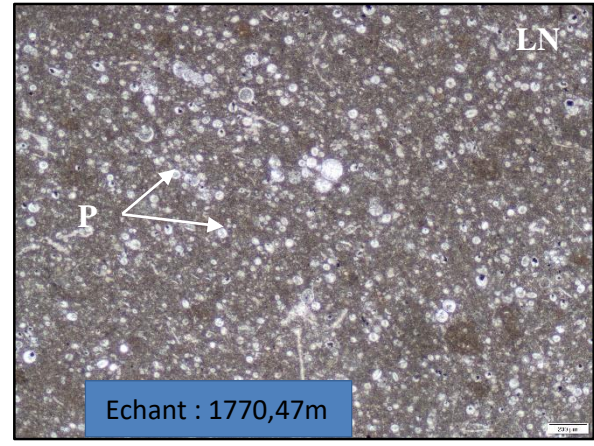


Figure II.47 : Calcaire Wackstone à pithonelles
P : pithonelles.

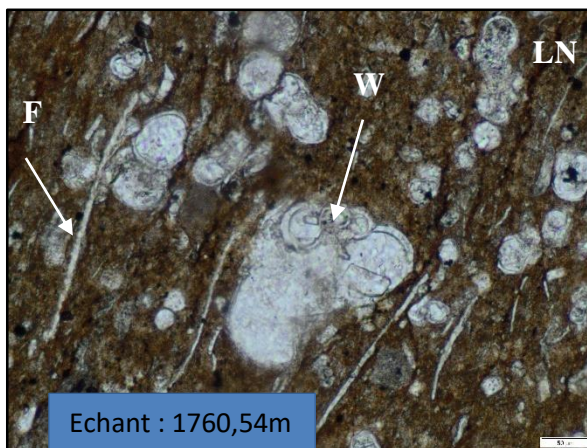


Figure II.49 : Faciès laminé à filaments.
F: filaments. W: *Whiteinella* sp.

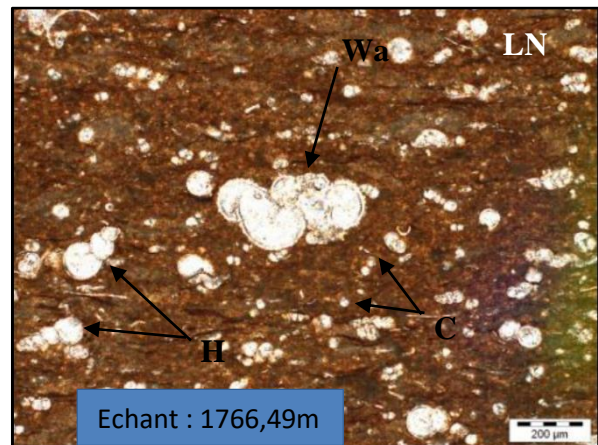


Figure II.50 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques.
Wa : *Whiteinella archaecretacea* Pessagno.
C : Calcisfères. H : *Heterohelix* sp.

Du point de vue diagénétique :

- ❖ Des laminations de veinules qui sont soulignées par la matière organique.
- ❖ La pyrite, des oxydes de fer en faible proportions.

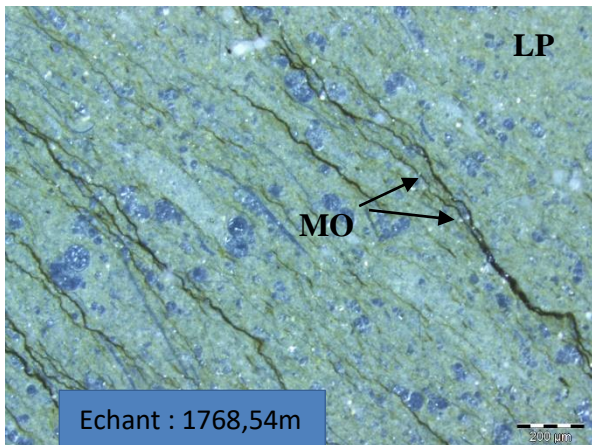


Figure II.51 : Veinules remplies par la matière organique.

MO : matière organique.

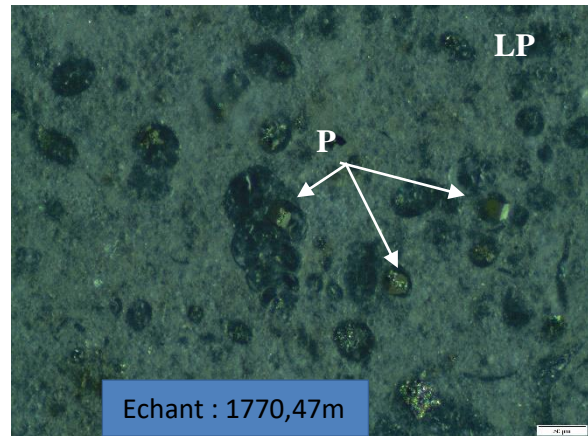


Figure II.52 : Cristaux de pyrite.

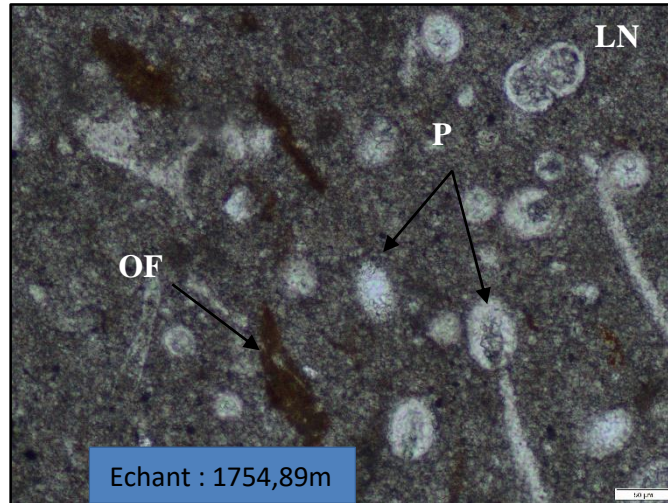


Figure II.53 : Calcaire Wackstone à Pithonelle.

OF : oxyde de fer. P : Pithonelles.

III.3.3-Carotte 9 :

L'intervalle comprend 8 échantillons de lames minces, entre (1716,64m-1700,06m). Elle est représentée par des calcaires marneux.

Il s'agit d'un faciès Packstone à Wackstone admettant quelques passages de calcaire Mudstone, l'ensemble renferme des foraminifères planctoniques mais en faible quantité par rapport à l'intervalle précédent, nous citons : *Whiteinella prahelvetica*, *Hedbergella simplex*, *Praeglobotruncana sp.* Il est noté que les Calcisfères, Pithonelles et les échinodermes sont présents sur toute la carotte. Cette carotte suggère la séquence IIA.

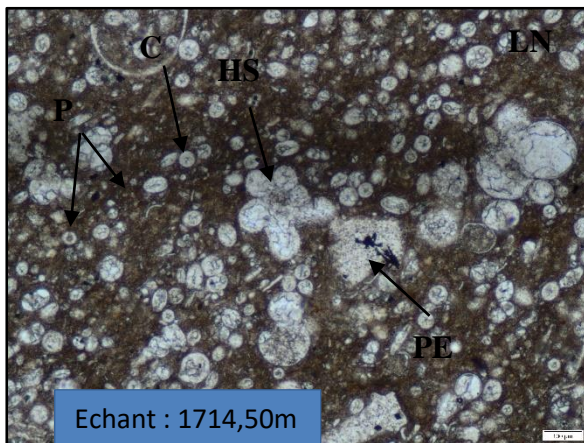


Figure II.55 : Calcaire Wackstone à Calcisfères.
C : Calcisfère. P : Pithonelle. HS : *Hedbergella simplex*. PE : plaque d'échinoderme.

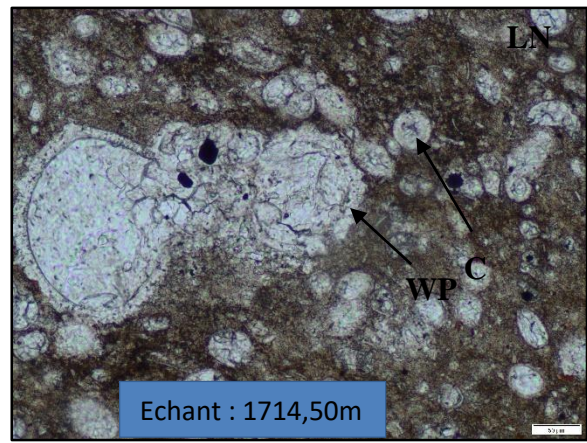


Figure II.54 : Calcaire Wackstone à Calcisfères.
WP : *Whiteinella prahelvetica*. C : Calcisfère

Cette carotte est affectée par des phénomènes diagénétiques :

- ❖ Des microfissures colmatées par la calcite.
- ❖ Formation de la pyrite à l'intérieur des loges de foraminifères planctoniques.

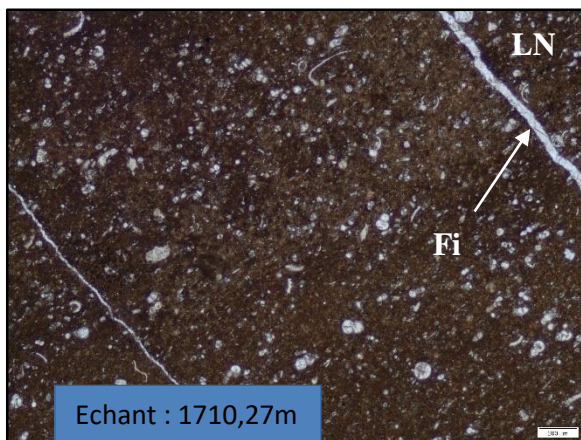


Figure II.57 : Calcaire Wackstone à Calcisfères.
Fi : fissure colmatée par la calcite.

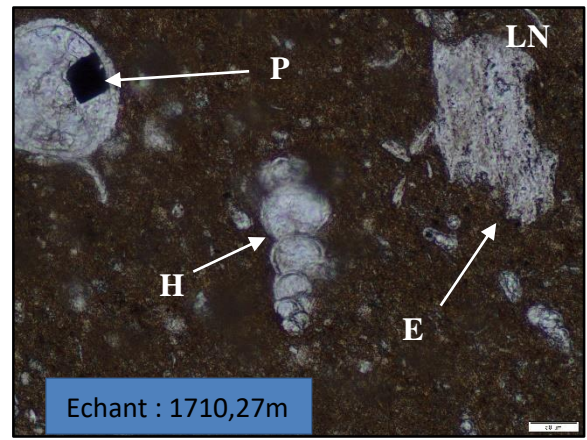


Figure II.56 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctonique.
H : *Heterohelix*. E : échinoderme. P : pyrite.

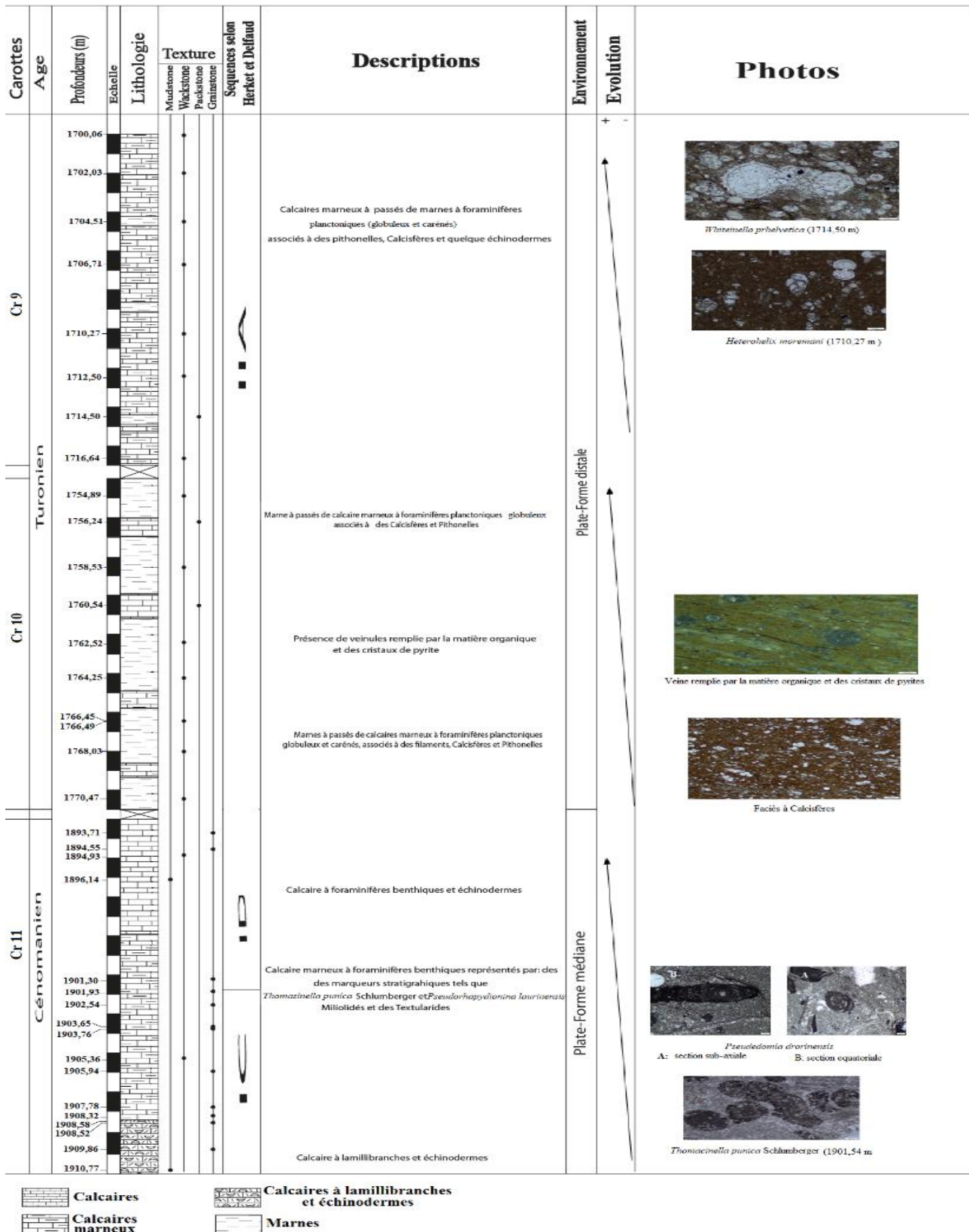


Figure II.58 : Log lithostratigraphique du puits B

IV-Le paléoenvironnement :

L'étude sédimentologique des sondages A et B des dépôts carbonatés du passage Cénomaniens-Turonien de notre zone d'étude nous a permis de faire une interprétation et reconstitution des paléoenvironnements.

Le passage du Cénomaniens-Turonien présente des termes carbonatés sombres (black shales) qui renferment une riche microfaune planctonique, on note : *Dicarinella sp*, *Hedbergella sp*, *Heterohelix sp*, *Whiteinella sp*, ainsi que benthiques (*Lenticulina*, *Textularidae*). On observe aussi une certaine dispersion de filaments, et même des grains de pyrite et des dépôts de matière organique. L'ensemble de ces informations permet d'attribuer ces microfaciès à un milieu profond, calme et protégé, appartenant à un environnement sous l'influence d'une tranche d'eau à oxygène minime. Ces caractéristiques témoignent de l'événement anoxique qui a touché ce bassin connu sous le terme EAO-2 du C/T à l'échelle mondiale.

L'existence des Calcsifères, particulièrement au niveau de la carotte 7 du sondage A et les carottes 10 et 9 du sondage B en association avec les foraminifères planctoniques et quelques formes benthiques indique un milieu marin profond.

Pour mieux faciliter l'interprétation des paléoenvironnements et mieux préciser les environnements de dépôt, on a adopté le modèle standard de Wilson 1975 dont l'ensemble de ces microfaciès appartient à une plate-forme de type rampe.

La rampe carbonatée est caractérisée par une pente régulière déclinant progressivement, sans rupture de pente ni talus, vers le bassin. Les rampes carbonatées se rencontrent en eaux tempérées à froides, depuis la limite de la zone tropicale jusqu'aux latitudes polaires. La production carbonatée est surtout assurée par des organismes hétérotrophes.

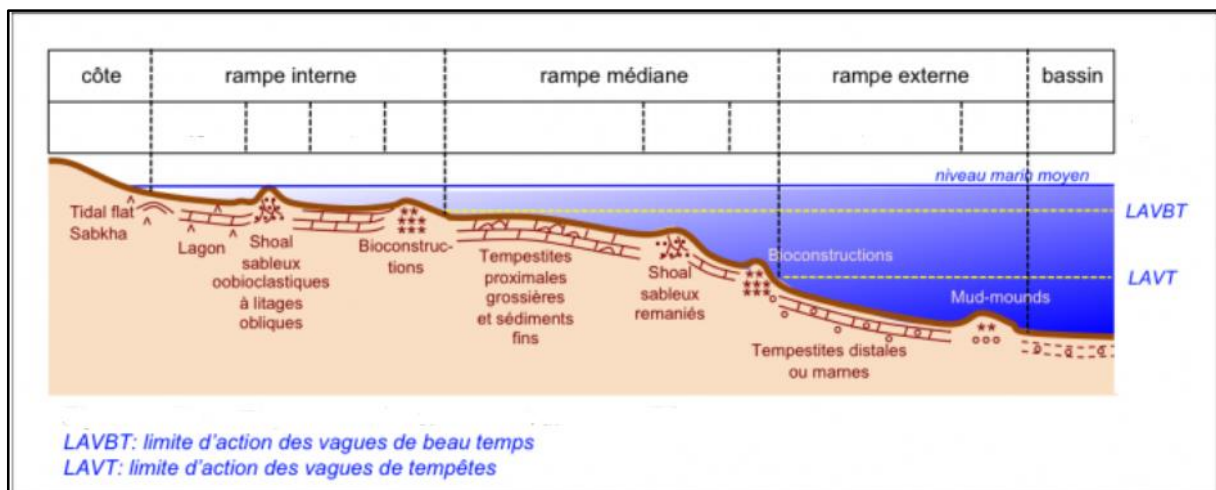


Figure II.59 : Modèle de rampe carbonatée et répartition des faciès, Wilson 1975.

Selon M. Herkat et J. Delfaud 1999, les mégaséquences I et II évoluent depuis un environnement marin distal vers des termes appartenant à la plate-forme médiane.

La rampe distale : (ou bien environnement de plate-forme externe) localisée sous la zone de l'action des vagues de tempêtes (LAVT). Elle marque une bathymétrie importante variée de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres. L'aspect granulométrique est fin micritique, il reflète un milieu calme à faible énergie. Cette zone renferme des microfaciès Wackstone à Mudstone riche en bioclastes variés (ostracodes, foraminifères planctoniques, Calcsifères).

Dans ce travail les ensembles qui marquent ce microfaciès sont : les carottes 10 et 9 du sondage B, la carotte 7 et l'intervalle (794,74m-788,54m) de la carotte 6 du sondage A.

La rampe médiane : correspond à la zone située entre la limite d'action des vagues de beau temps (LAVBT) et celle des vagues de tempêtes (LAVT). Elle se distingue par les microfaciès Grainstones à Packstones à faune diversifiée : rudistes, échinodermes, bryozoaires, foraminifères benthiques. Ces derniers marquent un régime hydrodynamique moyen à faible et une profondeur très peu profonde de quelques dizaines de mètres.

Dans les sondages étudiés, les microfaciès qui marquent cette zone sont ceux de la carotte 11 du sondage B et ceux de la carotte 7 et l'intervalle (785,66m-777,03m) de la carotte 6 du sondage A.

V-Conclusion :

Cette étude nous a permis de conclure que les sondages A et B du passage C/T appartiennent à un milieu allant d'une rampe médiane avec une faune variées vers des faciès de mer ouverte ou rampe distale riches en foraminifères planctoniques, filaments et Calcsifères, dont l'ensemble montre une évolution transgressive.

Chapitre III :
Etude biostratigraphique

I-INTRODUCTION :

La biostratigraphie est l'étude de la répartition des espèces dans les strates sédimentaires et donc dans les temps géologiques. Par les études paléontologiques, elle se donne pour objectif l'établissement d'une série de zones.

Plusieurs biozonations existent pour la limite Cénomanién-Turonien, ce sont surtout des ammonites, des bivalves et des foraminifères qui sont un grand secours. Dans notre cas nous allons adopter le découpage zonal de groupe des foraminifères planctonique proposé par ROBASINZKY et CARON, 1995.

La présence des foraminifères benthiques dans les sondages étudiés ont été utilisés pour la datation et également comme témoins des conditions environnementales.

II-Biozonation des foraminifères planctoniques du passage Cénomanién-Turonien :

La période de Cénomanién supérieur- Turonien inférieur est caractérisée par les biozonations suivantes :

-La zone à *Rotalipora cushmani* : elle est définie par CARON et ROBASZNSKI (1995) comme une zone d'extension totale de l'espèce index de *Rotalipora cushmani*, elle est limitée à sa base et à son sommet respectivement par la première et la dernière occurrence de l'espèce type de *Rotalipora cushmani* (MORROW). Cette zone caractérise le Cénomanién moyen à supérieur.

-La zone à *Whiteinella archaeocretacea* : définie par CARON et ROBASZNSKI (1995). Elle correspond à une zone d'intervalle (Robasinzky et Caron 1995). Elle est comprise entre l'extension de toutes les espèces du genre *Rotalipora cushmani* et la première occurrence de *Helvetoglobotruncana helvetica* et elle marque le passage cénomanién-Turonien

-La zone à *Helvetoglobotruncana helvetica* : c'est une zone d'extension totale déterminé à sa base et à son sommet par la première et la dernière occurrence de l'espèce index (CARON et ROBASZNSKI, 1995)

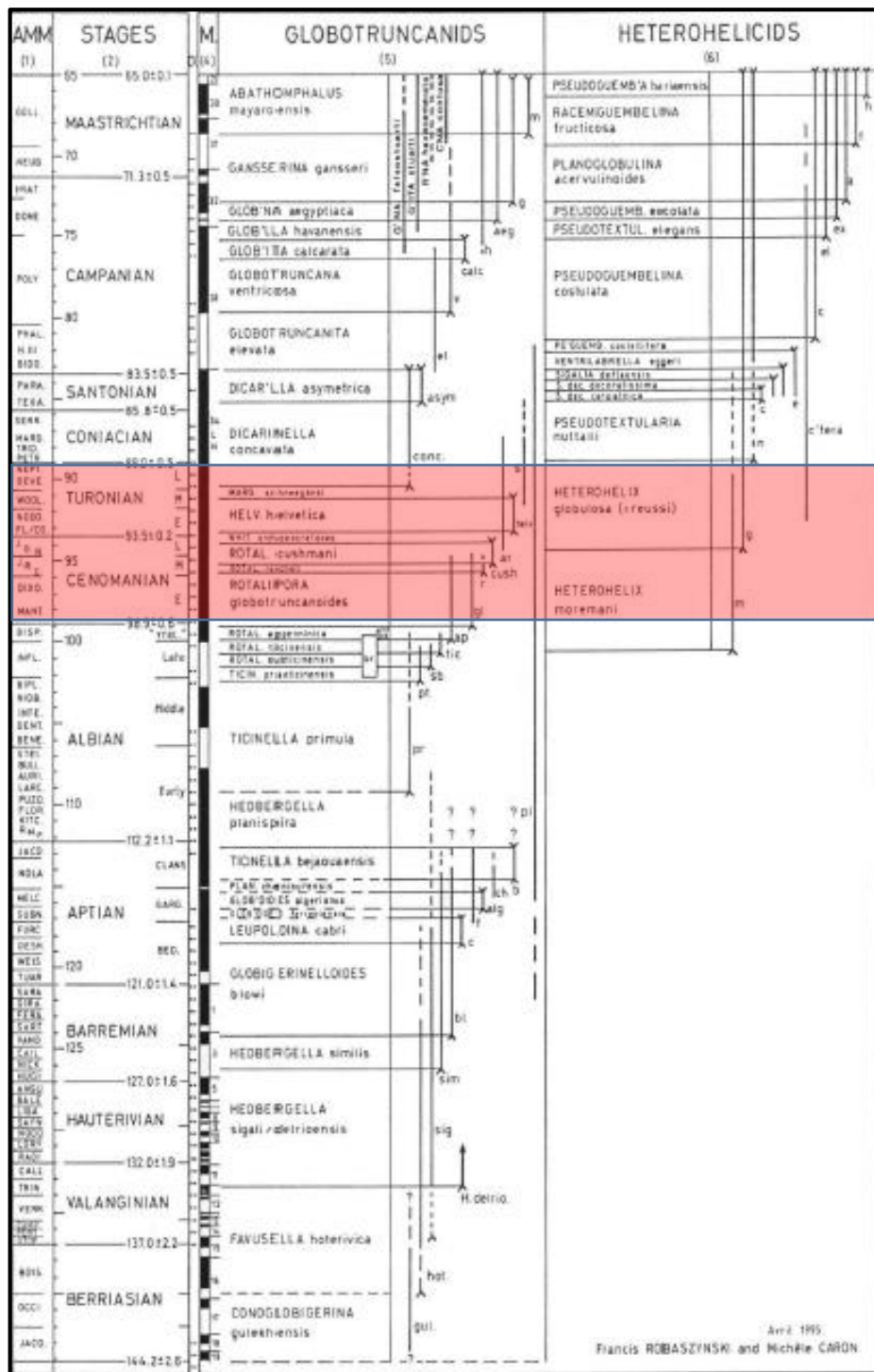


Figure III.1 : distribution verticale des espèces-indices de zones dans le groupe des foraminifères planctoniques (CARON et ROBASZNSKI, 1995)

II.1- les biozonations des foraminifères planctoniques des sondages A :

La distribution des principales espèces de foraminifères planctoniques dans ce sondage montre que 2 biozones :

III.1.1-La zone à *Whiteinella archaeocretacea pro-parte* :

L'espèce index de cette zone n'a pas été identifiée mais elle est supposée du fait de la présence de l'association des foraminifères suivant : *Heterohelix* sp, *Hedbergella* sp, *Muricohedbergella delrionensis*, *Praeglobotruncana* cf, *Praeglobotruncana* cf. *gibba*, *Dicarinella* cf. *hagni*, *Heterohelix globulosa*. Cette association couvre les premiers niveaux de carotte 7 qui présentent la partie basale de la séquence IIA.

Ainsi, en l'absence de *Rotalipora cushmani* il n'est pas possible de définir la partie inférieure de cette zone. Cependant, la présence de la première occurrence d'*Helvetoglobotruncana helvetica* nous a permis de reconnaître sa limite supérieure. Cette dernière est enregistrée au niveau de l'échantillon 904,51 m. cette zone correspond au passage Cénomaniens-Turonien.

III.1.2-La zone à *Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte* :

L'espèce index de cette zone est recueillie au niveau de la carotte 7, l'équivalent de la séquence IIA, dans l'échantillon 904,51 m, associée à : *Whiteinella baltica* Douglas, *Whiteinella* cf. *baltica*, *Whiteinella baltica*, *Lenticulina* sp, *Heterohelix* sp.

L'apparition de ce marqueur dans ce puits permet d'attribuer un âge Turonien inférieur.

L'absence de l'espèce index de *Rotalipora cushmani* ne permet pas de supposer l'existence de la zone à *Rotalipora cushmani*.

II.2-La biozonation dans le sondage B :

La distribution des principales espèces de foraminifères planctoniques dans ce puits montre qu'une seule biozone qui est *Whiteinella archaeocretacea*.

L'espèce index de cette zone est apparu en association avec des foraminifères planctoniques tels que : *Hedbergella* sp, *Whiteinella archaeocretacea*. Pessagno, *Heterohelix* sp, *Heterohelix moremani*, *Whiteinella prahelvetica*, *Macroglobigerinelloides*, *Whiteinella paradubia*, *Praeglobotruncana gibba*, *Dicarinella* sp, *Whiteinella baltica* Douglas & Rankin.

Cette zone couvre la carotte 10, elle marque le passage Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur. L'absence de l'espèce index de *Rotalipora cushmani* et de *Helvetoglobotruncana helvetica* ne peut pas valider l'entrée dans leur biozone.

En l'absence de la zone à *Rotalipora cushmani*, il n'est pas aisé de définir le Cénomaniensupérieur, mais dans ce sondage on a pu l'encadrer par l'apparition de foraminifère benthique *Pseudorhapydionina laurinensis* au niveau de l'échantillon 1901,93 m, il permet d'attribuer probablement un âge Cénomaniensupérieure pour la partie sommitale de la carotte 11 qui caractérise la séquence ID.

III-Les bio-événements de la limite Cénomaniens-Turonien :

Pour permettre l'emplacement de la limite Cénomaniens-Turonien dans notre cas, on fait appel aux travaux de Caron et al, (2006) qui ont défini 5 bio-événements qui ont un intérêt biostratigraphique :

-Événement 1 : l'extinction de *Rotalipora cushmani* de Cénomaniens

-Événement 2 : l'arrivée massive des hétérohelicidés ou l'événement à *Heterohelix*.

-Événement 1 : cet événement correspond à la dernière occurrence de *Thalmaninella multiloculata* et *Rotalipora planconvexa* (DESMARES et al, 2008)

Après ces trois événements nous avons de l'ammonite *Watinoceras devonense* (WRIGHT et KENNEDY)

-Événement 4 : correspond à la présence d'événement à filament

-Événement 5 : il est représenté par la première occurrence d'*Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli) qui est un marqueur du Turonien inférieur.

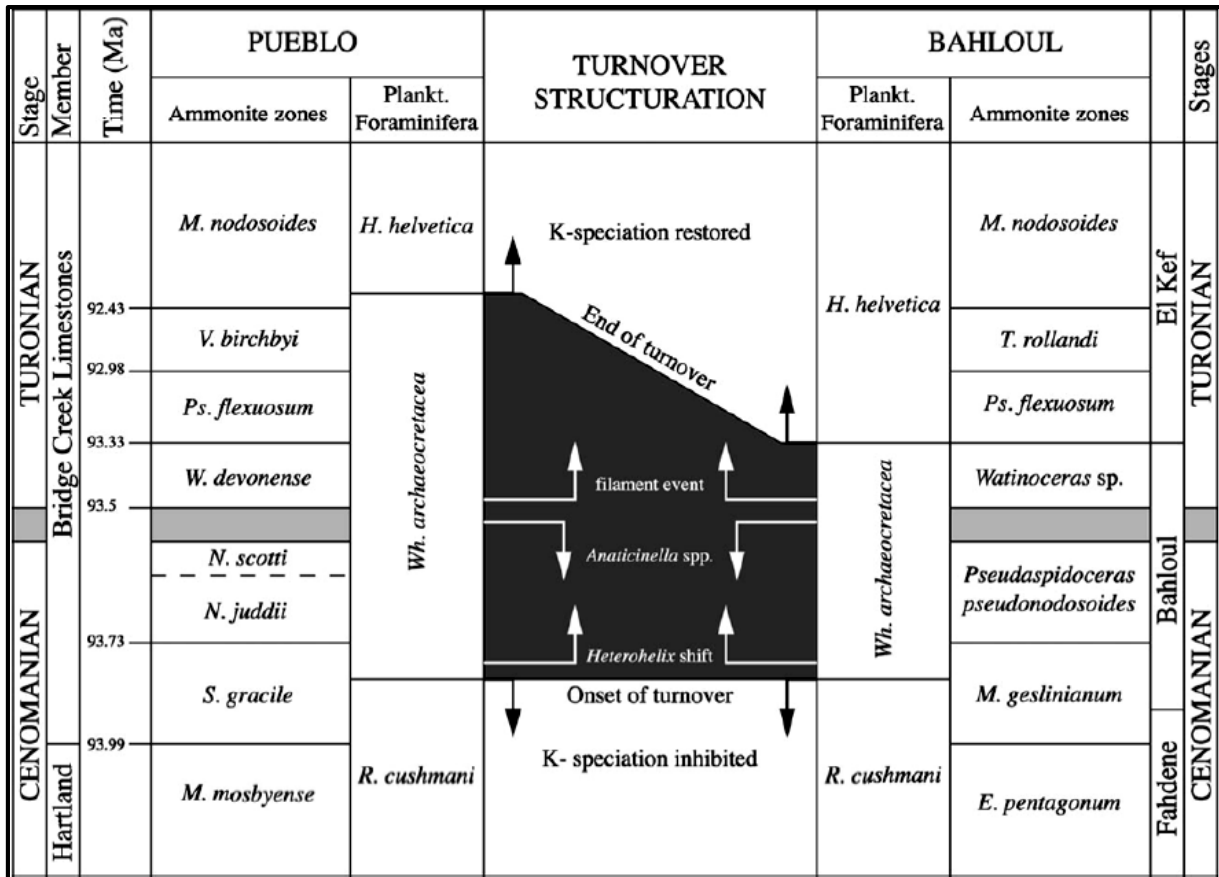


Figure III.4 : position des 5 événements biologiques, structurant l'intervalle, et qui couvrent la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe de Rock Canyon Anticline, à l'Ouest de Pueblo et la coupe l'Oued Bahloul en Tunisie centrale : la dernière présence de *R.cushmani*, le retour en masse des *Heterohelix*, la dernière présence des spécimens d'*Anaticinella* spp, l'événement à « filaments » et la première présence d'*H helvetica* ; l'ombre gris clair marque l'intervalle de précision ; l'ombre noir souligne les durées de la dominance de la spéciation-r, qui correspondent au diachronisme de la zone à *Whiteinella archaeocretacea* Zone de Pueblo à Bahloul (Caron et al, 2006).

Dans ces sondages (A et B), les événements enregistrés sont comme suit :

III.1- L'événement à *Heterohelix* :

Les hétérohelicidés sont des foraminifères planctoniques globuleux, avec un agencement bisérié, ils colonisent la tranche d'eau superficielle bien oxygénée de la plate-forme et de l'océan.

Ce sont des formes opportunistes développant une stratégie (Caron, 1983, in Garah, 2017), au cours du stress écologique engendré par l'événement anoxique OAE2, en se proliférant au cours du passage Cénomanién-Turonien, il s'agit de l'événement à « *Heterohelix shift* » de Leckie (1985), reconnu en Tunisie centrale.

Une augmentation significative des *Heterohelix* observé dans les deux sondages pourrait correspondre à Cet événement :

-Sondage A : enregistré tout au long de la carotte 7, l'équivalent de la séquence IIA, il est représenté par *Heterohelix* sp, *Heterohelix moremani* et *Heterohelix globulosa*, l'ensemble est associé avec *Whiteinella aprica*, *Whiteinella baltica*, *Hedbergella* sp et *Dicarinella* sp.

-Sondage B : reconnu au niveau des carottes 10 et 9 de la séquence IIA.

III.2-L'événement à filaments :

Cet événement est reconnu uniquement en lames minces. Les filaments sont des petits bivalves survivent dans des milieux normalement oxygénés (Caron et al.,2006, in Lounes et Allane, 2016). Ces bivalves n'ont pas pu atteindre une taille adulte dans les conditions d'anoxie (OAE2), ils sont donc morts en grand nombre avant d'atteindre leur maturité. Cet événement l'ont qualifié de bon indicateur pour tracer la limite Cénomaniens-Turonien.

Cet événement se manifeste au niveau des deux sondages :

-Sondage A : apparu dans la partie basale de la carotte 7 au niveau des échantillons 917,51 m et 915.49 m.

-Sondage B : enregistré tout au long de la carotte 10.

III.3-La première occurrence d'*Helvetoglobotruncana helvetica* :

Cet événement est défini par la première apparition d'*Helvetoglobotruncana helvetica*, son apparition confirme la fin de l'événement anoxique et le retour des conditions d'oxygénation normales. Cette espèce marque le Turonien inférieur.

L'apparition d' *Helvetoglobotruncana helvetica* est noté uniquement dans le sondage A au niveau de l'échantillon 904,51 m.

Résultats :

L'enregistrement de certains bio-événements a permis de fixer approximativement la limite Cénomaniens-Turonien dans les sondages A et B. elle est placée en dessous de l'événement à filaments :

- Pour le sondage A : sous l'échantillon 917,51 m.
- Pour le sondage B : au niveau de l'échantillon 1768,03 m.

IV- La signification stratigraphique de quelques foraminifères benthiques des sondages A et B :

Les répartitions stratigraphiques des foraminifères benthiques observés sur ces deux sondages ont paru présenter un intérêt stratigraphique et peuvent être utilisés comme marqueurs stratigraphiques de céno-manien moyen-Céno-manien supérieur :

Sondage A : l'apparition de *Pseudorhapydionina dubia* dans la carotte 8 au niveau de l'échantillon 1010,45 m.

Cette espèce caractérise classiquement le Céno-manien moyen à supérieur (Ettachfini et al, 2005).

Sondage B : on note la présence des espèces suivantes :

-*Thomasinella punica* Schlumberger : c'est un foraminifère à test arénacé, indicateur des eaux calmes qui date le Céno-manien.

Cette espèce est apparue au niveau de la carotte 11, depuis sa base jusqu'à son Sommet.

-*Pseudedomia drorinensis* : L'espèce *Pseudedomia drorinensis* est connue dans le Céno-manien moyen à supérieur en milieu peu profond en bordure de la méditerranée (Israël. Liban. Portugal. Espagne. Algérie)

Cette espèce est apparue au niveau de la carotte 11. Son apparition peut contribuer un âge Céno-manien moyen à supérieur pour cette carotte.

-*Pseudorhapydionina laurinensis* : cette espèce est signalée dans les dépôts du Céno-manien supérieur d'Espagne, Grèce, Israël. Tunisie.... En Algérie, elle caractérise le Céno-manien supérieur des Aurès (Rapport de la Sonatrach 2015).

L'apparition de cette espèce au niveau de la partie sommitale de la carotte 11 permet d'attribuer cette dernière un âge Céno-manien supérieur.

V-Conclusion :

L'étude de la répartition des foraminifères planctoniques des sondages A et B du Djebel Bottena dans la bassin sud-Est Constantinois a permis de reconnaître les biozones suivantes :

Sondage A : deux biozones ont été définies : zone à *Whiteinella archaeocretacea* et la zone à *Helvetoglobotruncana helvetica*.

Sondage B : une seule biozone a été définie qui est la zone à *Whiteinella archaeocretacea*.

Ces biozones définies permettent de dater les séquences stratigraphiques suivantes :

Pour le sondage A : l'intervalle (917,51 m-908,43 m) de la carotte 7, l'équivalent de la partie inférieure de la séquence IIA, est d'âge Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur, sa partie supérieure est d'âge Turonien inférieur.

Pour le sondage B : la carotte 10 qui referme la partie inférieure de la séquence IIA est daté Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur.

L'inventaire biostratigraphique effectué dans ces sondages montre une microfaune et des bio-événements qui ont un intérêt biostratigraphique.

Nous avons mis en évidence des foraminifères benthiques ayant un intérêt stratigraphique, qui nous ont permis de dater les séquences stratigraphiques suivantes :

Sondage A : la séquence ID est datée Cénomaniensupérieur.

Sondage B : la partie inférieure de séquence ID est d'âge Cénomaniensupérieur et sa partie supérieure est d'âge Cénomaniensupérieur.

Nous avons pu situer approximativement la limite Cénomaniensupérieur-Turonien dans les 2 sondages, elle est placée en dessous de l'événement à filament.

Légende planche III.1

Fig.1 : *Pseudolituonella reicheli*
Sondage A, Cr 08, Ech : 1008,90 m

Fig.2 : *Cuneolina pavonia*
Sondage A, Cr 08, Ech : 1010,45m

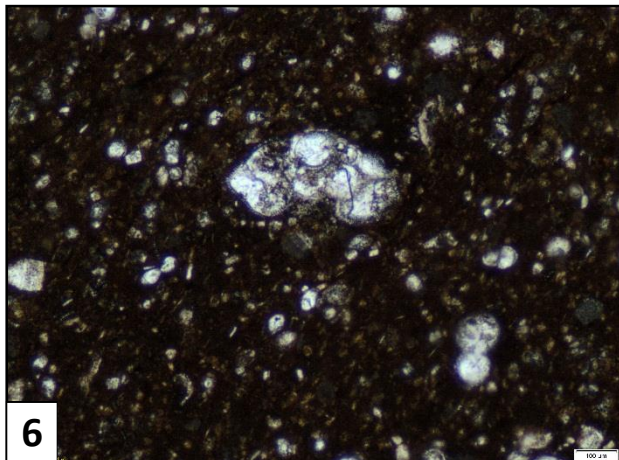
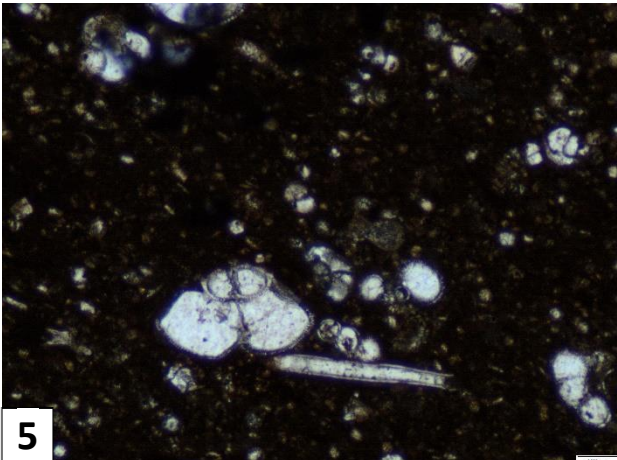
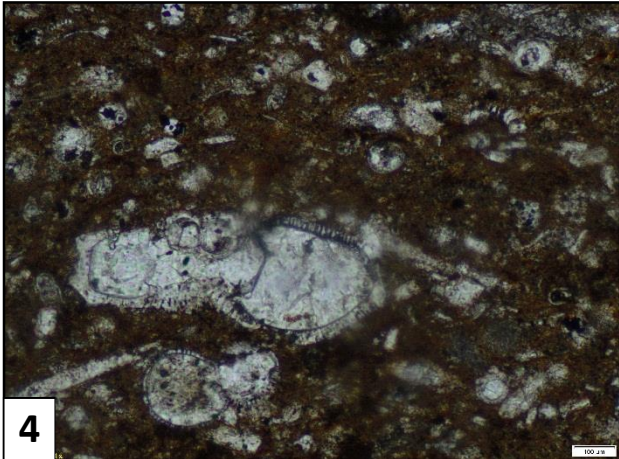
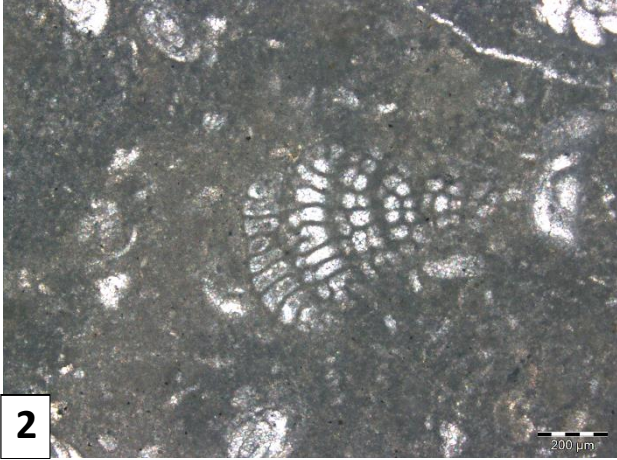
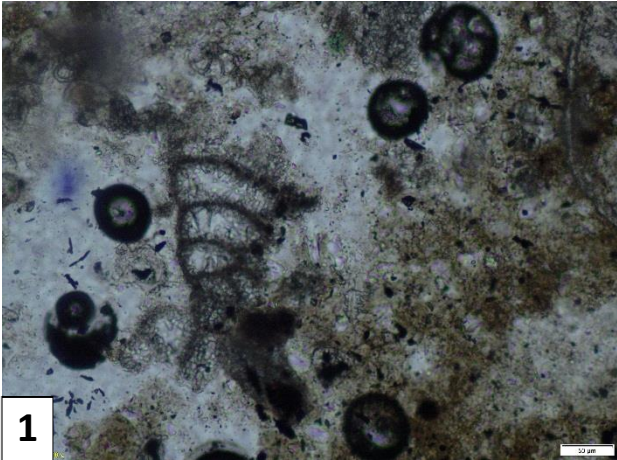
Fig.3: *Pseudorhapydionina dubia*
Sondage A, Cr 08, Ech: 1010,45 m

Fig.4: *Falsotruncana* sp
Sondage A, Cr 07, Ech : 913,45 m

Fig.5 : *Dicarinella* sp
Sondage A, Cr :07, Ech: 913,45 m

Fig.6: *Praeglobotruncana* cf
Sondage A, Cr 07, Ech : 913,45 m

Planche III.1



Légende planche III.2 :

Fig.1: *Praeglobotruncana cf. gibba* Klauss

Sondage A, Cr 07, Ech: 913,45 m

Fig.2: *Praeglobotruncana* sp

Sondage A, Cr 07, Ech : 913,45 m

Fig.3 : *Dicarinella cf. hagni*

Sondage A, Cr 07, Ech : 913,45 m

Fig.4 : *Whiteinella baltica* Douglas

Sondage A, Cr 07, Ech :904,51 m

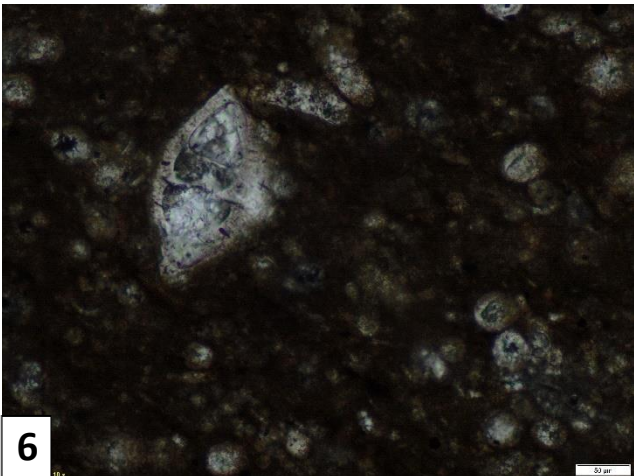
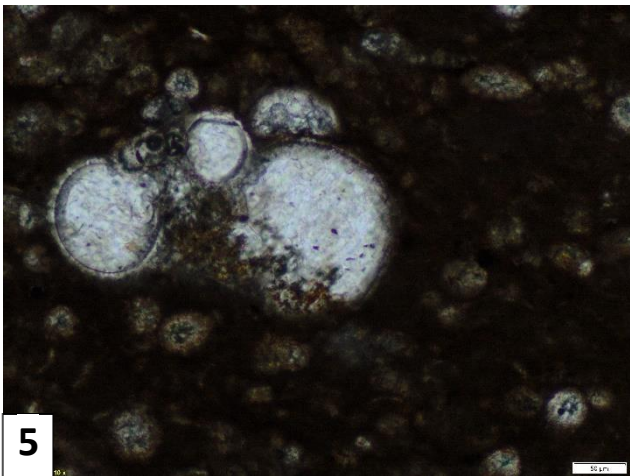
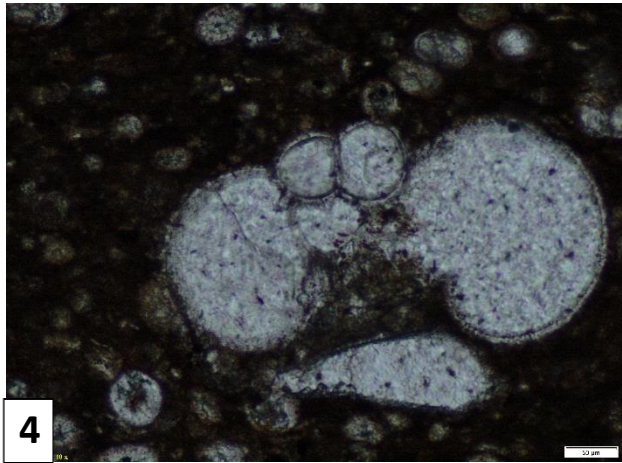
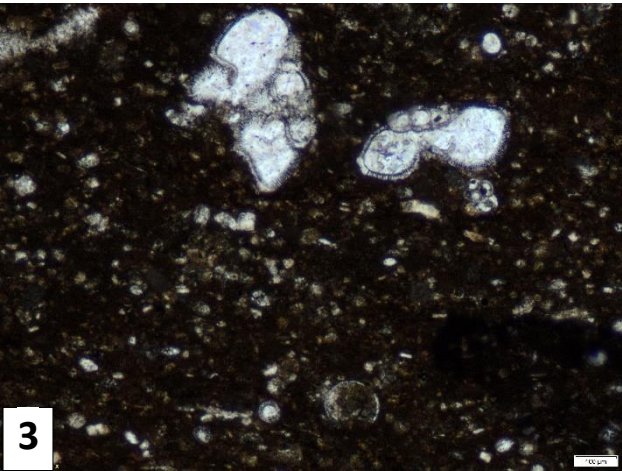
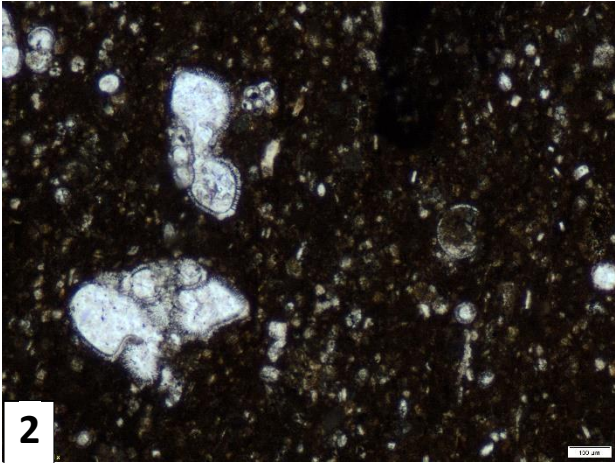
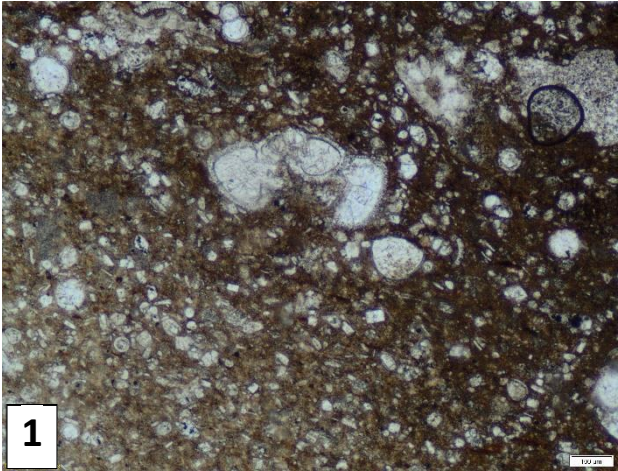
Fig.5 : *Whiteinella cf. baltica*

Sondage A, Cr 07, Ech :904,51 m

Fig.6 : *Lenticulina* sp

Sondage A, Cr 07, Ech :904,51 m

Planche III.2



Légende planche III.3:

Fig.1: *Helvetoglobotruncana helvetica*

Sondage A, Cr 07, Ech : 904,51 m

Fig.2 : *Whiteinella baltica* (section équatoriale)

Sondage A, Cr 07, Ech : 904,51 m

Fig.3 : *Whiteinella cf. archaeocretacea*

Sondage A, Cr 07, Ech : 902,50 m

Fig.4 : *Whiteinella paradubia*

Sondage A, Cr 07, Ech : 901,50 m

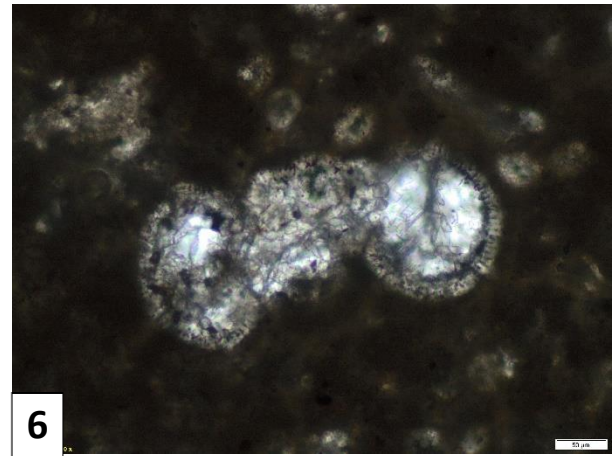
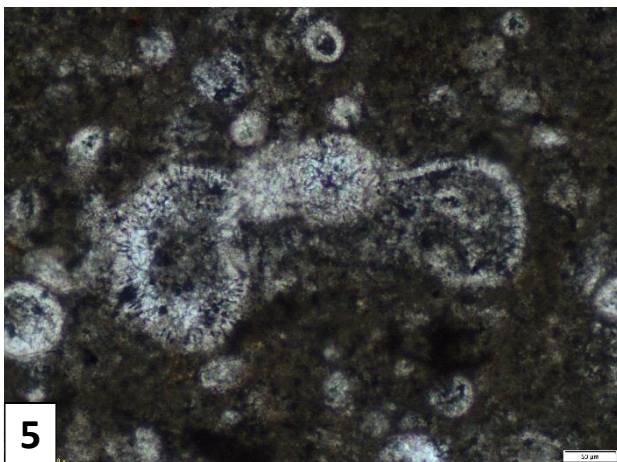
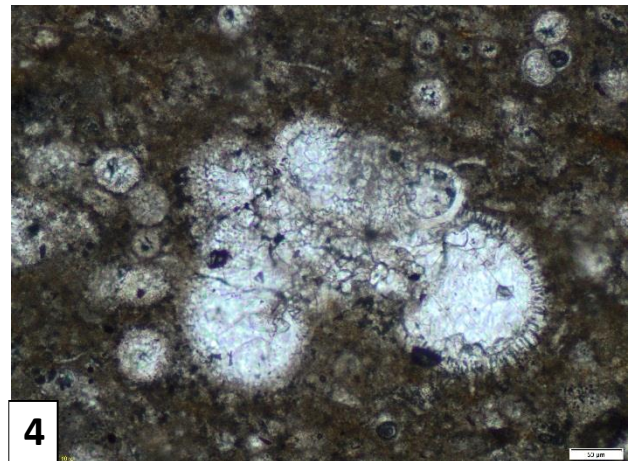
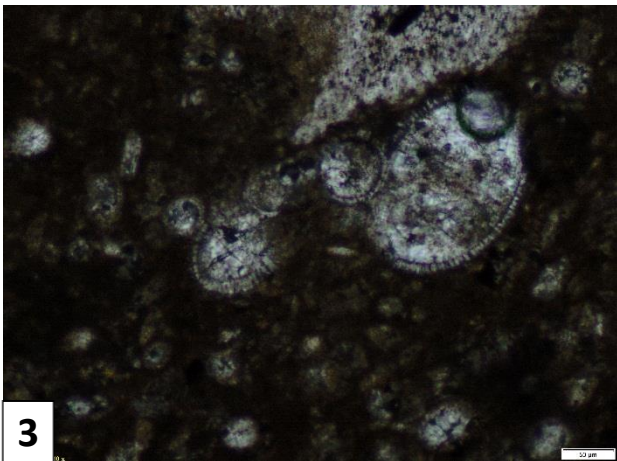
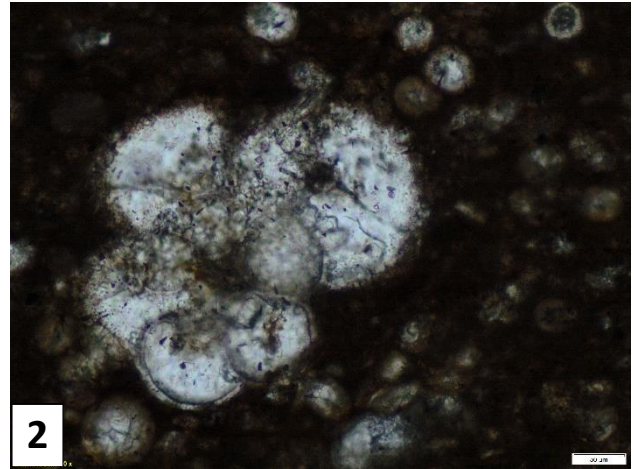
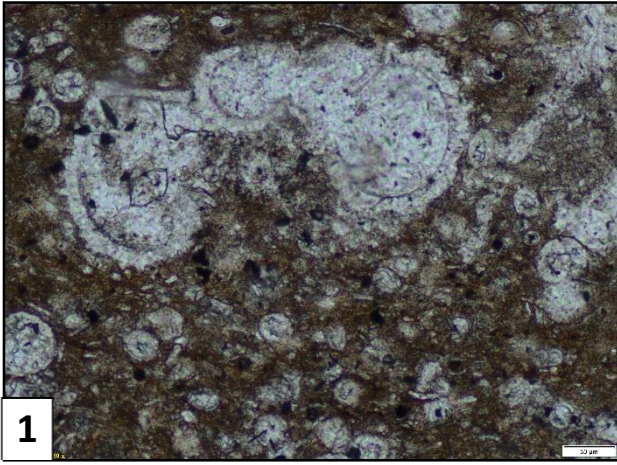
Fig.5 : *Hedbergella* sp

Sondage A, Cr 07, Ech : 901,50 m

Fig.6 : *Whiteinella prahelvetica*

Sondage A, Cr 07, Ech : 901,50 m

Planche III.3



Légende planche III.4 :

Fig.1 : *Whiteinella cf. prahelvetica*

Sondage A, Cr 07, Ech : 898,51 m

Fig.2 : *Whiteinella baltica*

Sondage A, Cr 07, Ech : 898,51 m

Fig.3: *Pseudorhapydionina laurinensis* (section transversale)

Sondage B, Cr 11, Ech : 1901,93 m

Fig.4 : *Pseudorhapydionina laurinensis* (section axiale)

Sondage B, Cr 11, Ech : 1901,93 m

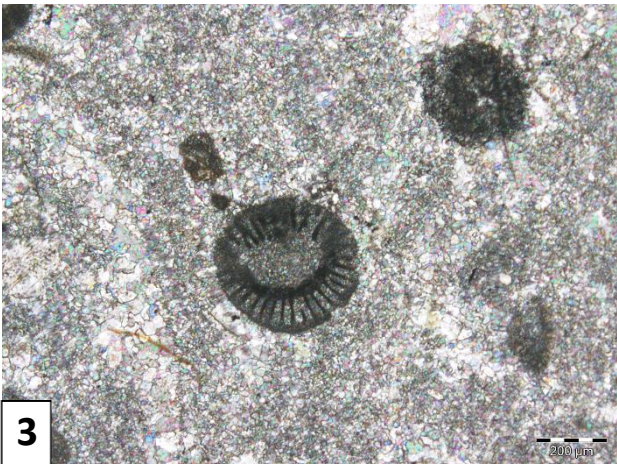
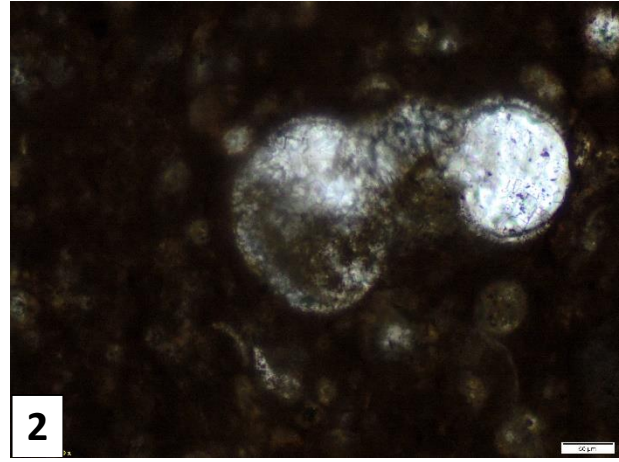
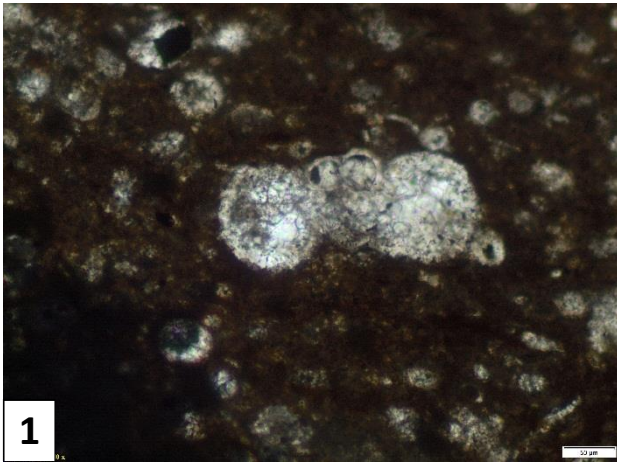
Fig.5 : *Thomasinella punica* Schlumberger

Sondage B, Cr 11, Ech : 1901,93 m

Fig.6 : *Dicyclina* sp

Sondage B, Cr 11, Ech 1901,93 m

Planche III.4



Légende planche III.5:

Fig.1 : *Whiteinella archaeocretacea* Pessagno

Sondage B, Cr 10, Ech : 1766,49 m

Fig.2 : *Whiteinella baltica* Douglas & Rankin

Sondage B, Cr 10, Ech : 1758,53 m

Fig.3 : *Whiteinella prahelvetica* (Bolli)

Sondage B, Cr 10, Ech : 1766,49 m

Fig.4 : *Dicarinella* sp

Sondage B, Cr 10, Ech : 1762,52 m

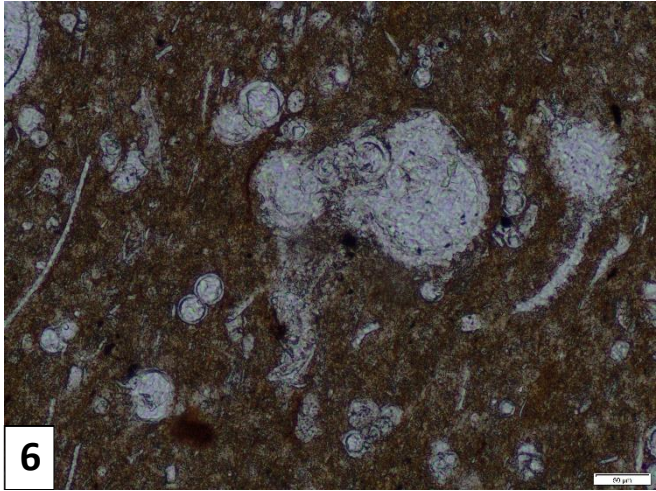
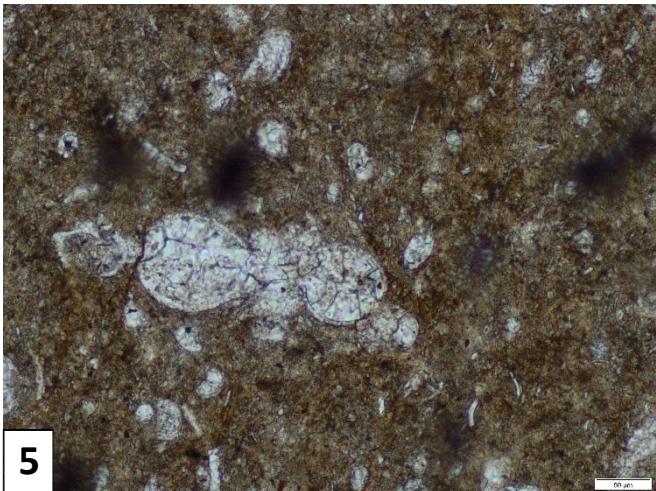
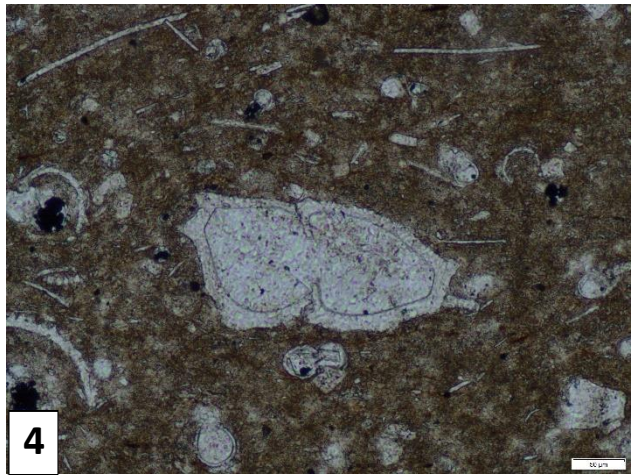
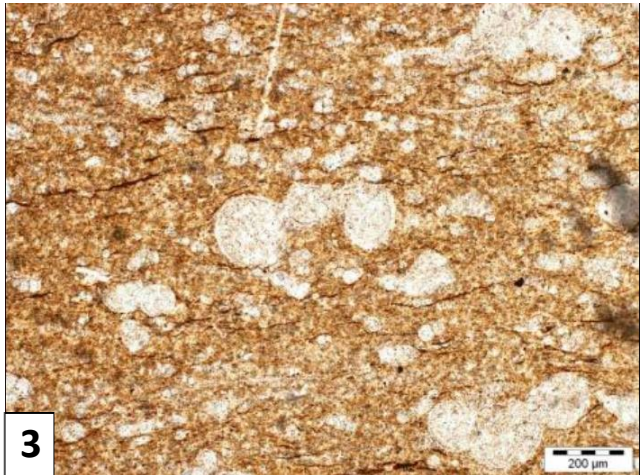
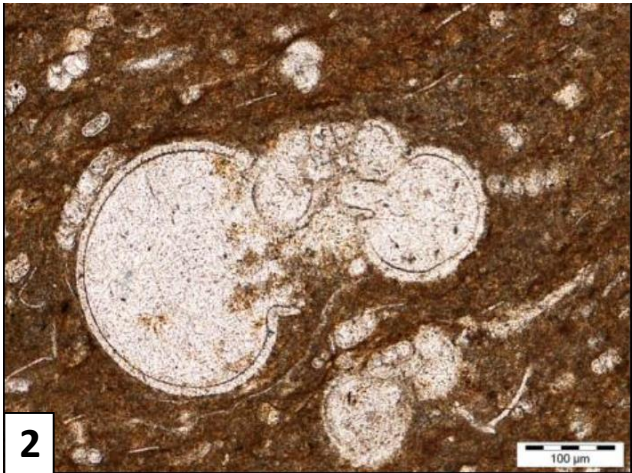
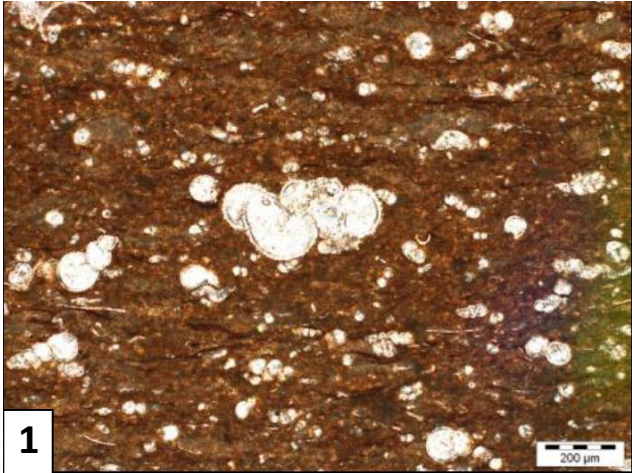
Fig.5 : *Whiteinella archaeocretacea*

Sondage B, Cr 10, Ech : 1768,03 m

Fig.6 : *Whiteinella prahelvetica*

Sondage B, Cr 10, Ech : 1760,54 m

Planche III.5



Légende planche VI :

Fig.1 : Faciès laminé

Sondage B, Cr 10, Ech : 1766,49 m

Fig.2: Faciès à *Heterohelix*

Sondage B, Cr 10, Ech : 1766,49m

Fig.3 : Faciès à filaments

Sondage B, Cr 10, Ech : 1762,51 m

Fig.4 : *Praeglobotruncana gibba* Klaus

Sondage B, Cr 9, Ech : 1710,27

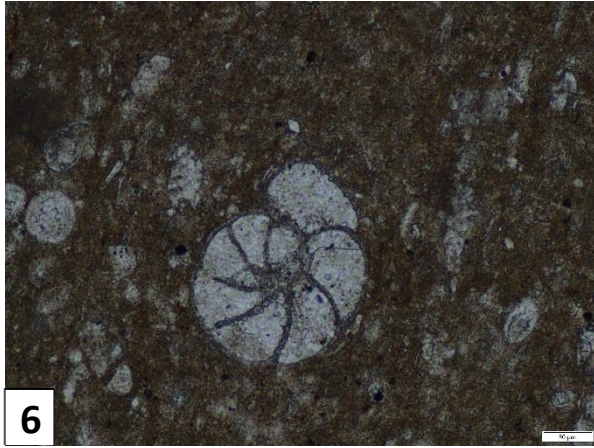
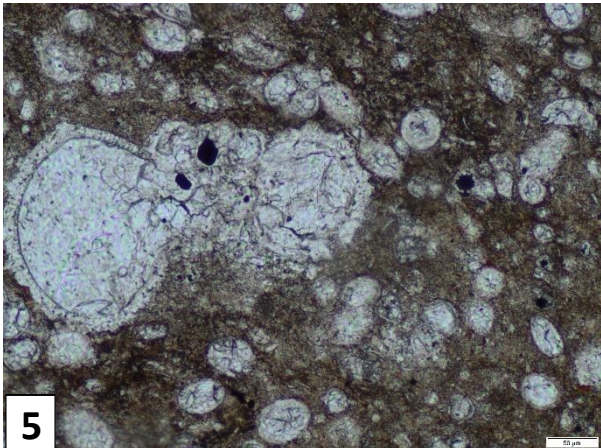
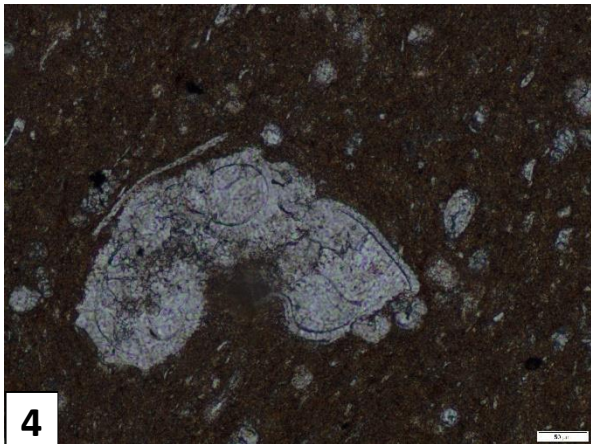
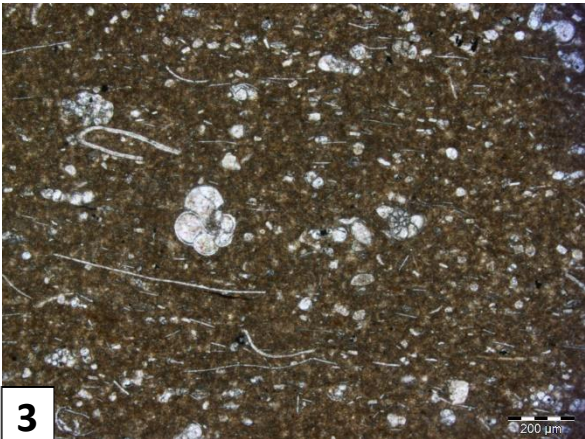
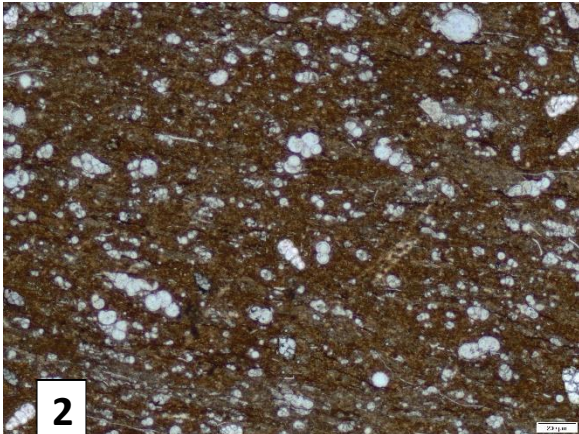
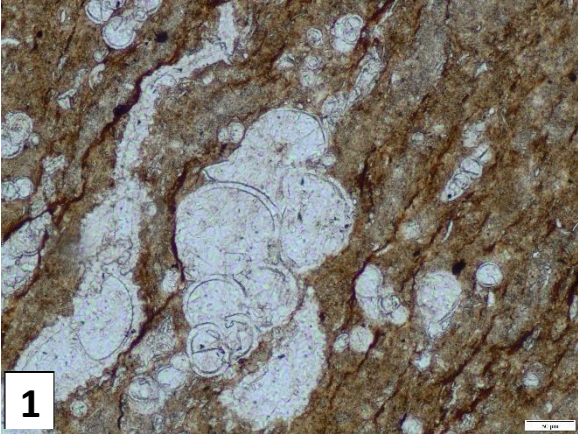
Fig.5 : *Whiteinella prahelvetica*

Sondage B, Cr 9, Ech : 1710,27 m

Fig.5: *Lituolidae*

Sondage B, Cr 9, Ech : 1714,50 m

Planche III.6 :



Chapitre IV :
Reconstitution des
paléoenvironnement

I-Introduction :

Le but de ce chapitre est d'essayer de reconstituer les paléoenvironnements de notre zone d'étude au passage Cénomaniens-Turonien, en s'appuyant sur les critères sédimentologiques et biostratigraphiques enregistrés dans les dépôts lors de leurs formations, ainsi que les différentes associations de foraminifères planctoniques et benthiques.

II-Le comportement des foraminifères benthiques et planctoniques au cours du passage Cénomaniens-Turonien :

La transition entre le Cénomaniens et le Turonien est connue par l'événement anoxique (EAO2) qui a été enregistré un peu partout dans le monde, évoquant une crise biologique majeure.

Créé par Schlanger et Jenkyns (1976), le concept « Événement Anoxique Océanique » désigne des épisodes majeurs d'appauvrissement des eaux de fond en oxygène. Ces conditions ont été à l'origine de formation des niveaux riches en matière organique connues sous le nom de black shales (*in* Soua et al, 2006).

Afin de reconstituer les conditions de dépôts dans les environnements anciens de notre zone d'étude, nous allons mettre en évidence le comportement des foraminifères (extinction/apparition) avec le développement de l'OAE2 du passage Cénomaniens-Turonien :

❖ Au Cénomaniens supérieur :

Un assemblage faunistique représenté par une dominance de foraminifères benthiques qui colonisent la partie du fond océanique et une présence moins importante de foraminifères planctoniques présentée par *Hedbergella*, *Whiteinella* et des loges isolées, au niveau de la partie inférieure de la séquence IIA des 2 puits. L'ensemble traduit un milieu marin calme où règnent des conditions d'oxygénation et de salinité normales.

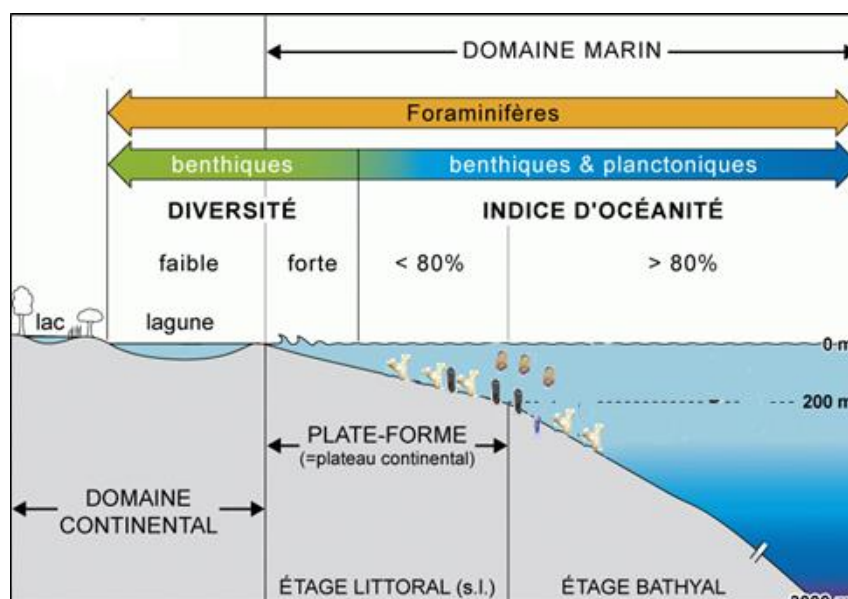
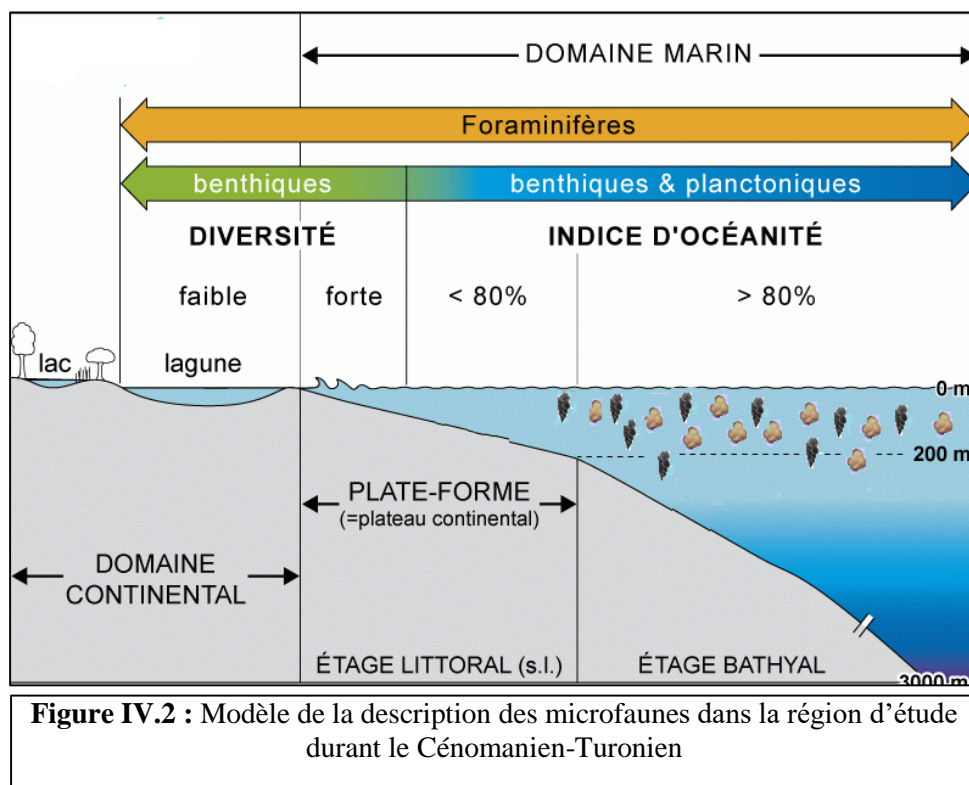


Figure IV.1 : Modèle de distribution des microfaunes dans la région d'étude durant le Cénomaniens supérieur.

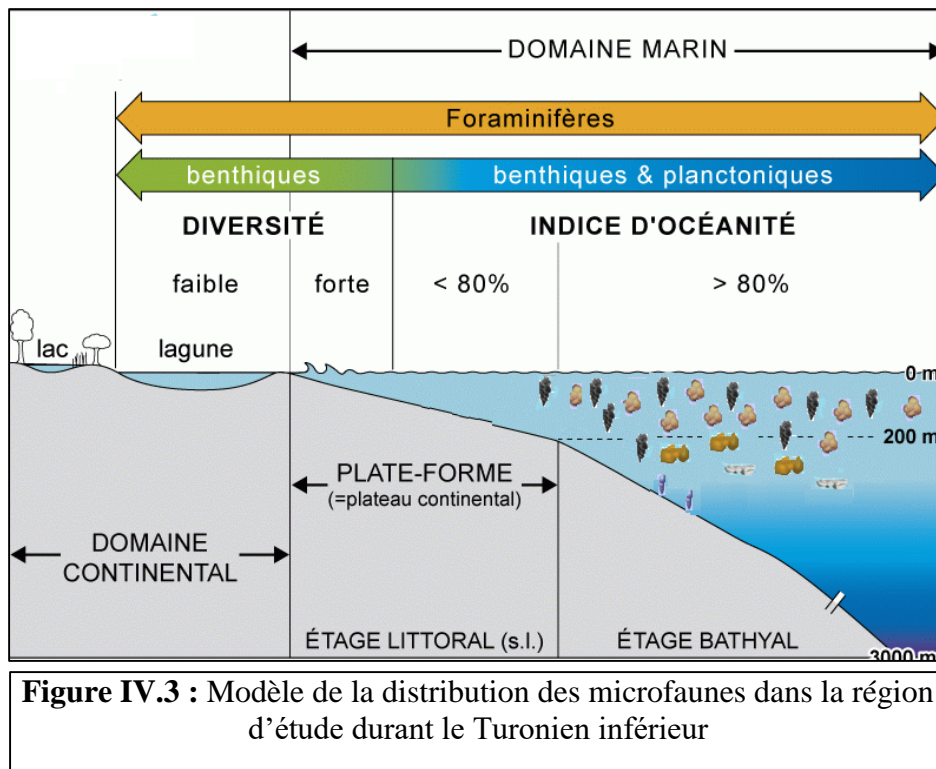
❖ Au passage Cénomaniens-Turonien :

Dans les premiers termes de la séquence IIA, les faciès montrent des niveaux sombres, laminés avec une présence de MO, nous notons une prolifération des formes opportunistes de stratégie « r » qui tolèrent les variations d'oxygène tels que les *Heterohelix* et *Whiteinella*, au même moment, quelques formes carénées persistent tel que *Dicarinella*, mais elles finissent par disparaître. Une diminution drastique en foraminifères benthiques et l'apparition des filaments qui témoignent un approfondissement et l'ouverture du milieu de dépôts ainsi que la présence de la pyrite montre un milieu réducteur pauvre en oxygène. Les conditions de vie au cours de cette période paraissent marquées par une anoxie et un manque relatif en oxygène.



❖ Au Turonien inférieur :

Durant cette période, les conditions de stress s'atténuent avec un retour progressif aux conditions normales d'oxygénation, validé par l'apparition d'*Helvetoglobotruncana helvetica* dans le puits A et *Praeglobotruncana* dans le puits B, qui sont des formes carénées qui développent une stratégie « k », c'est-à-dire que ce sont des formes très exigeantes en terme de conditions de vie.



III-La corrélation entre le sondage A et le sondage B :

La corrélation établie sur ces 2 sondages est basée sur l'existence de quelques points communs entre les séquences de dépôts :

-L'abondance de foraminifères benthiques au niveau de la séquence ID des 2 sondages, l'épaisseur de cette séquence semble plus importante au niveau du sondage A.

-Les niveaux sombres laminés riches en pyrite et en matières organique et l'intervalle caractérisé par la présence de filaments sont rapportés au niveau de la partie inférieure de la séquence IIA des 2 sondages, les épaisseurs paraissent plus importantes dans le sondage B.

-Une faune benthique réduite voire absente et une faune planctonique abondante adoptant une stratégie de type « r » au niveau de la séquence IIA des deux sondages.

Cette corrélation montre des variations d'épaisseurs (dilatation et réduction) à certains niveaux de ces séquences. Cette différence indique que les séries s'étaient formées dans une aire subsidente (Herkat, 1999), la distension tectonique et l'eustatisme contrôlent leur évolution et entraînent un jeu en blocs basculés et un milieu de sédimentation caractéristique en rampe.

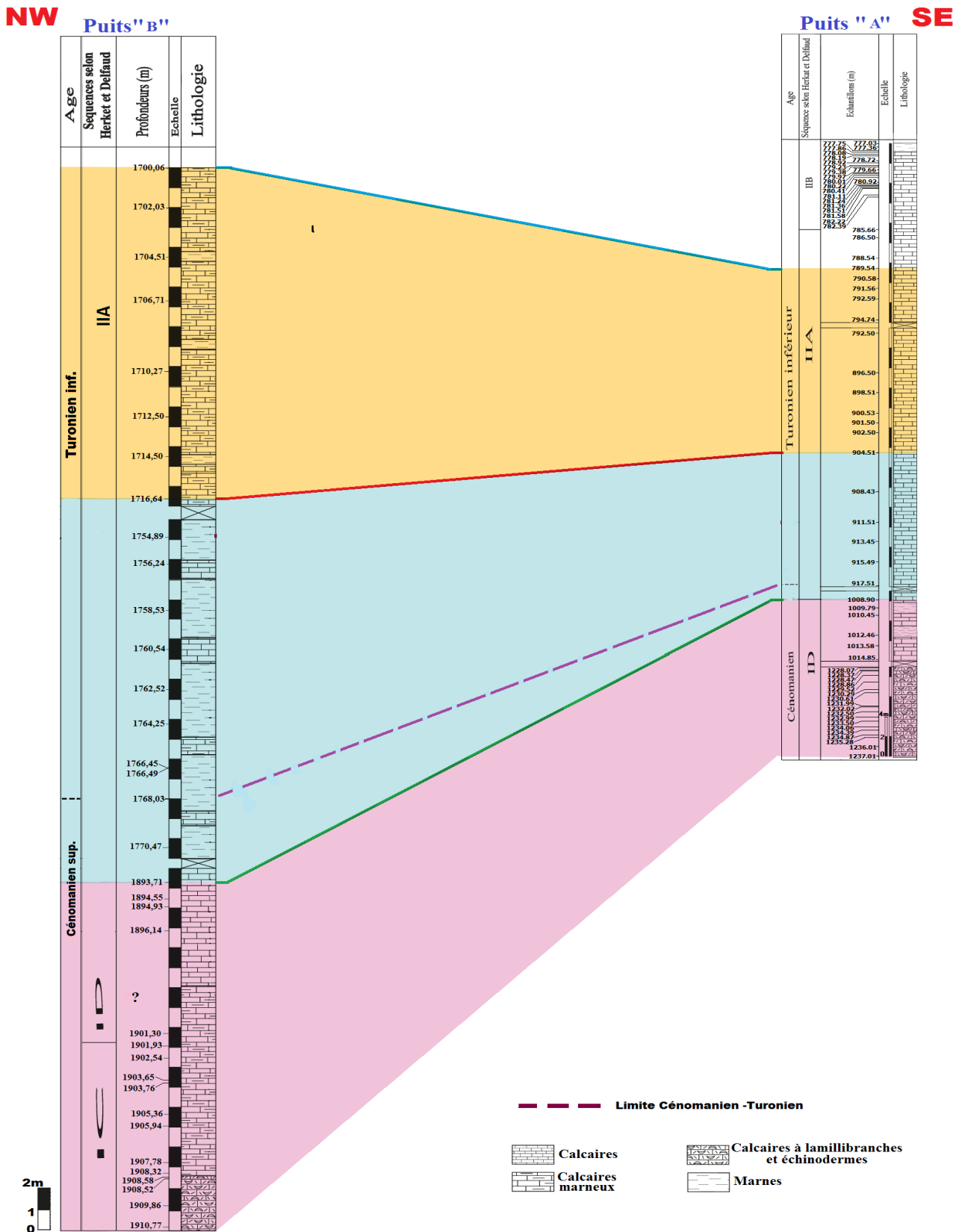


Figure IV.4 : Essai de corrélation entre le sondage A et B

IV-Conclusion :

Les observations sédimentologiques et micropaléontologiques ont permis de reconstituer le paléoenvironnement lors du Cénomanién/Turonien du bassin Sud-Est constantinois.

La prolifération des foraminifères planctoniques globuleux et l'apparition des filaments traduisent un environnement relativement profond et calme.

La présence des niveaux noirs riche en matière organique illustre l'événement anoxique.

Les importantes modifications faunistiques, définies dans les associations de foraminifères benthiques et planctoniques, décèlent l'installation des conditions anoxique, et cela nous a permis de déterminer 2 types de stratégie adaptative : une stratégie k exigeante et une stratégie « r » peu exigeante ou tolérante, reconnu durant l'événement anoxique (OAE2).

V : Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude consiste en l'analyse sédimentologique, biostratigraphique et paléoenvironnementale du Cénomanién-Turonien des deux sondages (A et B) de Djebel Bottena. Les résultats se résument comme suit :

1- Sur le plan sédimentologique :

La description des microfaciès a permis d'élaborer des logs lithostratigraphiques et d'effectuer un découpage lithostratigraphique. L'ensemble a permis de :

- Caractériser deux séquences de 4^{ème} ordre : la séquence ID dans le sondage A et la séquence IC et ID dans le sondage B, qui correspondent à la mégaséquence I et la séquence IIA et IIB dans le sondage A et IIA dans le sondage B qui correspondent à la mégaséquence II.
- Déterminer le paléoenvironnement de l'ensemble des faciès des 2 sondages, qui est d'ailleurs, correspond à une rampe carbonatée avec une microfaune variée.

2- Sur le plan biostratigraphique :

Le découpage biostratigraphique obtenu a permis d'identifier des événements biostratigraphiques connus au passage Cénomanién-Turonien. Bien que certains marqueurs ne soient pas présents (*Rotalipora cushmani*), il est reconnu 2 biozones de foraminifères planctoniques dans le sondage A et une seule dans le sondage B. Ces biozones ont permis de dater quelques séquences.

L'événement à filaments reconnue à l'échelle globale est identifié et permet de situer approximativement la limite Cénomanién-Turonien : dans le sondage A la limite est placée au niveau de l'échantillon 917,51 m, dans le sondage B elle est au niveau de l'échantillon 1768,03 m.

Les foraminifères benthiques présentés dans ces sondages ont permis de dater quelques séquences lithostratigraphiques.

3- Sur le plan paléoenvironnement :

La répartition des foraminifères planctoniques et benthiques des sondages étudiés apporte des informations sur les paléoenvironnements. Une transgression a eu lieu au Cénomanién supérieur-Turonien inférieur et elle a conduit à la mise en place de l'événement anoxique (OAE2) au niveau du bassin Sud-Est Constantinois.

Références bibliographiques :

A

Achoui M., 2011 : Analyse de l'Accident Nord Atlasique des chaînons Antar/Amrag (Atlas Saharien Occidental) : Géométrie et Cinématique. *Thèse de Magister, USTHB*.

Addoum, B., 1995. L'Atlas saharien sud-oriental. Cinématique des plis-chevauchements et Reconstitution du bassin du Sud-Est constantinois (confins algéro-tunisiens). Thèse. Scien.Univ Paris XI. 162 pp.

B

Benkherouf, F., 1987. Microbiostratigraphie et paléoenvironnement ds marnes cénomaniennes du Dj. Dyr (Tébessa, Algérie). *Rev. Micropaléontologie*, vol. 30, n°2.69-78.

Benkherouf, F., 1988. Les foraminifères cénomaniens des Alpes-Maritimes (Sud-Est) et du djebel Dyr (NE Algérie) : biostratigraphie et paléo-environnements. *Thèse Doct. Univ. Nice* .n°9. 173 pp.

Bettahar A., 2009 : Les accidents majeurs de l'Atlas Saharien Central et les structures associées : géométrie, cinématique et interprétation d'un secteur clé de l'évolution de la chaîne. *Thèse de Doctorat, USTHB*

C

Caron, M., 1983. La spéciation chez les foraminifères planctoniques : Une réponse adaptée aux contraintes de l'environnement. *Zitteliana*. n°10. 671-676.

Caron, M., 1983. Taxonomie et phylogénie de la famille des Globotruncanidae. *Zitteliana*. n°10. 677-681.

Caron, M., Roabaszynski, F., Amedro, F., Baudin, F., Von Salis-Perch Nielsen, K and Tribovillard, N., 1999. Estimation de la durée de l'événement anoxique global au passage Cénomaniens/Turonien. Approche cyclostratigraphique dans la formation Bahloul en Tunisie centrale. *Bull. Soc. Géol. France*, t. 170, n° 2, 145.

Caron, M., Dall'Angolo, S., Accarie, H., Barrera, E., Kauffman, E.G., Amédro, F and Robaszynski, F., 2006. High-resolution stratigraphy of the Cenomanian-Turonian boundary interval at Pueblo (USA) and Wadi Bahloul (Tunisia): stable isotope and bio-events correlation. *Geobios*. 39, 171-200.

Chacha A., 2012 : Géodynamique des bassins Triasiques de l'Atlas Saharien Oriental et implication pétrolière, Mémoire de Magister, UMBB.

Cornet A., 1952 : l'Atlas Saharien Sud Oranais. *Monographies régionales, 1^{ère} Série, Algérie n°12 XIX Congrès géol., International.*

D

Desmares D., Grosheny D., Beaudoin B., 2008: Ontogeny and phylogeny of upper Cenomanian rotaliporids (Foraminifera). *Marine Micropaleontology*, 69, pp. 91-105.

E

Ettachfini El M., Souhel A., Caron M., 2005 : La limite Cénomanién-Turonien dans les Haut Atlas Central, Maroc. Publié dans *Geobios* 38 : 57-68.

G

Guiraud, R., 1990. Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, D'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. *Geological Survey of Algeria, Mémoire 3.*

Garah A., 2017 : Apport de la géochimie à l'événement OAE2 au Djebel Bou-Azif (Aurès), Algérie Oriental. *Mémoire de Magister, Université d'Oran 2.*

H

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. Sci. Université des sciences et de la technologie Houari Boumedienne, Alger, 802pp.

Herkat, M., 1999. Evolution des séquences et géométrie des dépôts du Crétacé supérieur du domaine Atlasique Oriental (Algérie). *Bull.du.Serv.Géol.De L'Algérie*.Vol 10 ;n°1 ; 83-94.

Herkat, M et Delfaud, J., 2000. Genèse des séquences sédimentaires du crétacé supérieur des Aurès. Rôle de l'eustatisme, de la tectonique, de la subsidence : une mise au point –*C.R. Acad. Sci. Paris, II a*, 330, 11, 785 -792.

Herkat, M., 2002. Analyse séquentielle et révision stratigraphique de coupes du Crétacé supérieur de l'Aurès occidentale. *Mém. Serv. Géol. Alg.* n°10, 1-27.

K

Kazi-tani, N., 1986. Evolution géodynamique de la bordure Nord-africaine : le domaine intraplaque nord- algérien .Approche mégaséquentielle. Thèse. Sci. Université Pau et pays de l'adour. 377-871 pp.

Khene B., 2017 : Etude sédimentologique et diagénétique du réservoir turonien de la région de Tébessa, bassin sud-est constantinois, Algérie. *Mémoire de Master, USTHB.*

Khoudhair C., 2015 : Le Cénomaniens-Turonien du Nord de Tébessa (Nord-Est Algérie). *Thèse de Doctorat en Sciences, UBMA.*

L

Laffitte, R., 1939. Etude géologique de L'Aurès. *Bull. Serv. Carte géologique de l'Algérie*, 2ème série, n°15.484 pp.

Lounes A., Aliane K., 2016 : Le Cénomaniens-Turonien de la coupe de Sour el Ghozlane (Atlas Tellien), étude sédimentologique et biostratigraphique. *Mémoire de Master, UMMTO.*

R

Robaszynski F., Caron M., (1995) : Foraminifères planctoniques du Crétacé, commentaire de la zonation Europe-Méditerranée, *Bull, Soc, géol, France, t, 166, n°6, pp, 681-692.*

Ruault-Djerrab M., Ferré B., Kechid-Benkherouf F, 2012 : Etude micropaléontologique du Cénomaniens-Turonien dans la région de Tébessa (NE Algérie) : implication paléoenvironnementales et recherche de l'empreinte de l'OAE2. *Revue de Paléobiologie, Genève, 31(1) : 127-144.*

S

Soua M., 2011 : Le passage Cénomaniens-Turonien en Tunisie : Biostratigraphie des foraminifères planctoniques et des radiolaires, chemostratigraphie, cyclostratigraphie et stratigraphie séquentielle. *Thèse de Doctorat, Université Tunis el Manar.*

Soua M., Zaghib D., O'Dogherty L, 2006 : Les réponses biotiques des radiolaires à l'événement anoxique du Cénomaniens supérieur dans la marge Sud Téthysienne (Tunisie). ETAP Memoir N°26.

W

Wilson., 1975 : Zonation et description des faciès de rampe carbonatée, la description des microfaciès carbonatés standards.