

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



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



Mémoire du projet de fin d'études
Pour l'obtention du Diplôme
De Master en Géologie
Spécialité : Bassins Sédimentaires

Sujet :

ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE DU BASSIN
Sud-Est CONSTANTINOIS
(CENOMANIEN-TURONIEN)

Etudié par :

M^{lle} : AZI Silya

M^{lle} : FARES Farida

Thème proposé par : Mme. KHOUAL Nora

Encadré par : M^{lle}. OUIEKENE Karima

Soutenu publiquement le : 19/12/2017, devant le jury composé de :

M^r. AMROUCHE Farid
M^{lle}. OUIKENE Karima
M^{me}. KHOUAL Nora
M^r. ACHOUI M'hand

Maitre Assistant A (UMMTO)
Maitre Assistant A (UMMTO)
Ingénieure Géologue DTD
Maitre assistant A(UMMTO)

Président.
Rapporteur.
Co-Rapporteur.
Examineur.

Promotion : 2016/2017

Remerciements

Au terme de notre travail, je tiens à remercier, tout d'abord, « Dieu » de nous avoir donné la force d'accomplir notre tâche.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui nous ont; soutenues, encouragés et qui ont contribué à la concrétisation de ce travail.

Un grand merci à Mme. KHOUAL Nora et M^{lle} OUIEKENE Karima qui nous ont enrichis de leur savoir et savoir-faire, et les sacrifices qu'elles ont dû faire tout au long de ce projet.

Mes gratitude et mes expressions les plus distinguées sont attribuées aux membres de jury :

Mr. AMROUCHE Farid maitre-assistant à UMMTO, qui nous honore de présider ce jury et qu'il accepte notre reconnaissance. Merci d'avoir donné un beau œil pour apprécier la géologie.

Mr. ACHOUI M'hand maitre-assistant à UMMTO, premièrement, qui nous honore de siéger parmi les membres de jury et d'examiner ce travail, deuxièmement, d'être un exemple à suivre durant les stages effectués.

Un merci tout particulier que nous adressons à Mr RAMDHANI Aziz, Mr. LEMOUI Faris, Mr BEN YUCEF Abdala, Mme MOFREDJ, Mr BAOUCHE pour les aides et les supportes qu'ils nous ont présentés, ainsi, leurs chères recommandations qui nous seront toujours gravées dans l'esprit.

Nous sommes reconnaissantes à tout effort fournis par les enseignants de l'UMMTO (département Géologie), spécialement ceux de la section Bassins Sédimentaires, qui ont participé à la réussite de notre formation.

Nous tenons à présenter des remerciements à tout le monde qui a participé directement ou indirectement à la réalisation de projet.

Enfin nous remercions nos camarades de la promotion Bassins Sédimentaires, pour leur soutien édifiant, leurs bonnes ambiances et leurs relations amicales qui nous ont toujours accompagnés.

Dédicaces

C'est avec une grande joie que je dédie ce modeste mémoire, en exprimant ma profonde reconnaissance à tous mes proches particulièrement :

A mes parents qui m'ont apporté beaucoup d'affection, d'amour et de soutien durant toute notre vie commune. Les mots ne proviendront jamais à exprimer l'attachement que je leur porte au fond de mon cœur.

A la mémoire de mon cher grand père que Dieu protège dans son paradis.

A mes très chers frères : Mohand, Yahia, Hakim, Nasser.

A mes chères sœurs : Lila, Yasmina, Lynda, Bisa, Fatma et Souhila et ses enfants.

A toute la famille.

A mes meilleurs amis : Nabil et Malika.

A mes camarades de la promotion Bassin Sédimentaire

A tous mes professeurs qui m'ont souhaité toujours du succès et du bonheur.

Silya

Table de Matière

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

Chapitre I : Généralité

Introduction Générale.....	01
I-Objectif et But de Travail	02
II-Localisation de Bassin Sud Est Constantinois	03
II.1- Situation Géographique et Géologique du Bassin.....	03
II.1.1 -Cadre Géographique	03
II.1.2 -Cadre Géologique.....	05
II.2 -Cadre Stratigraphique.....	08
II.2.1- Mésozoïque	08
II.2.2- Cénozoïque.....	11
II.3- Conclusion Stratigraphique	13
II.4- Cadre Structural.....	14
II.4.1-L'Accident Sud Atlasique	14
II.4.2-Déformation Interne du Domaine Atlasique Oriental	15
III. Localisation de la Région d'Etude	16
III.1- Cadre Géologique	16
IV. Évolution Géodynamique du Bassin Sud Est Constantinois	17
V. Historique des travaux.....	18
VI- Aperçut sur l'Évènement Anoxique Océanique	20
VI.1- .Les principales caractéristiques de l'évènement Anoxique Océanique 2 (OAE2).....	22

Chapitre II :

Etude Sédimentologique

Introduction	23
I. Méthodologie	26
II. Étude Pétrographique de Djebel Darmoun	28

II.1 Sondage A	28
II.1.1. Carotte 11	28
II.1.2. Carotte 10	30
II.1.3. Carotte 09	32
II.1.4 Carotte 08	33
II.2. Sondage B	34
II.2.1. Carotte 06	34
II.2.2 Carotte 05	35
II.3 Sondage C	35
II.3.1. Carotte 10	35
II.3.2. Carotte 09	36
II.3.3. Carotte 08	37
II.3.4. Carotte 07	38
III. Environnement de Dépôt	39
Conclusion	42

Chapitre III :

ETUDE Biostratigraphique

Introduction	43
I. Biozonation des foraminifères planctoniques de sondage A	44
I.1. Zone à <i>Rotalipora cushmani pro-parte</i>	44
I.2. Zone à <i>Whiteinella archaeocretacea</i>	47
I.3. La zone à <i>Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte</i>	47
II. Biozonation des Foraminifères Planctoniques de Sondage B	48
II.1. Zone à <i>Rotalipora cushmani pro-parte</i>	48
II.2. La zone à <i>Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte</i>	48
III. Biozonation des Foraminifères Planctoniques de Sondage C	49
III.1. La zone à <i>Rotalipora cushmani pro-parte</i>	49
III.2. Zone à <i>Whiteinella archaeocretacea</i>	49
III.3. La zone à <i>Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte</i>	49
IV. La limite Cénomanién -Turonien	50
IV.1. l'Extinction de <i>Rotalipora cushmani</i>	52
IV.2. L'événement à Filament	52
IV.3. Première occurrence de <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>	53
Conclusion	54

Chapitre IV :
Reconstitution des paléoenvironnements

Introduction	65
I. Évolution des foraminifères planctoniques et benthiques au cours du passage Cénomanién-Turonien	65
II. Interprétation de la corrélation Biostratigraphique.....	68
Conclusion	69
Conclusion générale	70

BIBLIOGRAPHIE

Liste des Figures

Chapitre I :

Figure I.01 : Principales unités structurales de l'Atlas Saharien (A. SAID, 2011).....	02
Figure I.02 : Carte de situation géographique du bassin Sud Est Constantinois (Sonatrach, 2006).....	04
Figure I.03 : Carte structurale de l'Algérie du Nord (Sonatrach, 2006).....	05
Figure I.04 : Le bassin Sud-Est Constantinois (extrait de la carte géologique Nord de l'Algérie modifiée 1/500000). (BÉTIER et al.1952).	06
Figure. I.05 : Légende générale de la carte géologique de l'Algérie au 1/ 500.000 (BÉTIER et al. 1952).....	07
Figure I.06 : Coupe chronostratigraphique du Crétacé du bassin du Sud Est Constantinois. (H.SCHALLER, 1978 et S. CHABOU-MOSTEFAL, 1987).....	12
Figure I.07 : Schéma structural simplifié du Sud-Est Constantinois (Document Sonatrach, 2006).....	15
Figure I.08 : Les Evénements Anoxiques Océaniques du Crétacé en relation avec les variations du niveau marin relatif (JENKYNS, 1980 in DESMARES, 2005).....	21

Chapitre II :

Figure.II.01: Faciès et séquences d'une série synthétique de Crétacé supérieur des Aurès.1- Plate-forme externe, 2-Plate-forme médiane, 3-Plate-forme littorale, 4-Zone tidale. (HERKAT et DELFAUD, 1999).	25
Figure.II.02: Logs (Gamma Ray, Sonique) présente trois sondages A, B et C de Djebel Darmoun.....	26
Figure.II.03: Cadre géologique du bassin du Sud-Est Constantinois (Extrait de la carte géologique au 1/500000). (Laffitte. 1939).	27
Figure.II.04: Plan de position des sondages A, B, et C. (Document Division-Exploration)..	27
Figure.II.05: Logs (Gamma Ray, Sonique) présente trois sondage A, B et C de Djebel Darmoun: Cénomaniens-Turonien.....	27
Figure.II.06: Colonne Lithostratigraphique de sondage A de Djebel Darmoun. Cénomaniens-Turonien.....	28

Figure.II.07: Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques globuleux. C : Calcisphères. H : Hedbergella Echantillon : 1897.18m.	28
Figure.II.08 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques globuleux. W : Whiteinella. F : Filaments ; C : Calcispheres, Echantillon : 1897.18m.	28
Figure.II.09 : Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques carénés. R : Rotalipra. C : Calcispheres. Echantillon : 1897.18m.	29
Figure.II.010: Calcaire Wackstone à foraminifères benthiques. D : <i>Dorothia</i> . Echantillon : 1897.18m.	29
Figure.II.11: Calcaire Packstone à foraminifères planctoniques globuleux. H : Heterohelix. Echantillon 1892.22m	29
Figure.II.12: Calcaire laminé packstone FPG : foraminifères planctoniques. Globuleux. F: Filaments. Échantillon : 1887.57m.	30
Figure.II.13: Calcaire laminé Wackstone. P:Praeglobotruncana.CP: cristaux de pyrite Échantillon : 1887.57m.	30
Figure.II.14: Calcaire Wackstone à quelques foraminifères planctoniques. W : Whiteinella. Echantillon : 1884.82m.	31
Figure.II.15: Calcaire Wackstone à packstone. F: Filaments. H : Hedbergella. Echantillon 1867.70m.	31
Figure.II.16: facies dolomicrite à dolomicrosparite. Echantillon : 1862.58m.....	32
Figure.II.17: Calcaire packstone à : F : Filaments. Echantillon : 1856.58m.	32
Figure.II.18: Calcaire Mudstone à A :Annelides, Echantillon : 1860.08m.	32
Figure.II.19: Calcaires Wackstone à foraminifère planctoniques et benthiques. H : Heterohelix. E : Echinoderme. Echantillon : 1848.09m	33
Figure.II.20: Calcaires Packstone à foraminifères planctoniques et benthiques. H: Heterohelix. L: Lenticulina. Echantillon : 1844.88m.....	33
Figure.II.21: Colonne Lithostratigraphique de sondage B de Djebel Darmoun.Cénomanién-Turonien.....	34
Figure.II.22: Calcaire Packstone à foraminifères planctoniques. H: Hedbergella. Echantillon : 2244.44m.....	34
Figure.II.23: Calcaire packstone à foraminifères benthiques. G : Gaudryina., Echantillon : 2256.40m.....	34
Figure.II.24: Calcaire Packstone à calcispheres et pithonelles. Echantillon : 1821.06m.	35
Figure.II.25: Colonne Lithostratigraphique de sondage C de Djebel Darmoun.Cénomanién-Turonien.....	35
Figure.II.26: Calcaire Wackstone PD : parties dolomotisées Echantillon : 2527.65m.....	36
Figure.II.27: Calcaire Wackstone, B: Bivalves.Echantillon: 2521.15m.....	36
Figure.II.28: Calcaire Wackstone à foraminifères benthiques, G : Gaudryina, Echantillon : 2073.45m	36
Figure.II.29: Calcaire Mudstone, H : Heterohelix, Echantillon : 2062.50m	36
Figure.II.30: Calcaire Mudstone C : Calcisphères Echantillon : 1955.25m.....	37
Figure.II.31: Calcaire Packstone à foraminifères planctoniques W :WhiteinellaEchantillon : 1945.70m.....	37
Figure.II.32: Calcaire Packstone à foraminifères benthiques, L:Lenticulina.sp Echantillon : 1945.70m.	37
Figure.II.33: Calcaires Wackstone C: Calcisphères Echantillon: 1931.28m.....	38
Figure.II.34: Calcaire Wackstone H: Helvetoglobotruncana Echantillon: 1935.88m.	38
Figure.II.35: Modèle de Rampe Carbonatée et Répartition de Faciès. (D'après Wilson, 1975).	41

Chapitre III :

Figure.III.01 : Distribution verticale des espèces-indices de zones dans le groupe des foraminifères planctoniques (ROBASZYNSKI et CARON, 1995).....	45
Figure.III.02 : Essai de mise en correspondance des zonations d'ammonites et de foraminifères entre le Nord-Ouest de l'Europe (domaine boréal) et la Tunisie centrale (domaine téthysien). Les flèches vers le haut ou vers le bas désignent respectivement les apparitions et disparitions des taxons visés (AMÉDRO et ROBASYNSKI, 2008).	46
Figure.III.03: Colonne Lithobiostratigraphique de Sondage A de Djebel Darmoun. Les couleurs représentent l'Extension de Biozones à foraminifères planctoniques et l'événement à Filaments.....	47
Figure.III.04: Colonne Lithobiostratigraphique de Sondage B de Djebel Darmoun. Les couleurs représentent l'Extension de Biozones à foraminifères planctoniques.....	48
Figure.III.05: Colonne lithobiostratigraphique de Sondage C de Djebel Darmoun. Les couleurs représentent l'extension de Biozone à foraminifères planctoniques et l'événement à Filaments.....	49
Figure.III.06 : position des 5 événements biologiques, structurant l'intervalle, et qui couvrent la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe de Rock Canvon 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).....	51

Chapitre IV :

Figure.IV.01 : Indice d'océanité, diversité des foraminifères et relation entre profondeur du milieu et morphologie des foraminifères planctoniques (d'après BELLIER et al, 2010 in MAANDI, 2011).	66
Figure.IV.02 : Distribution des taxons planctoniques du Crétacé (colonne de droite) comparée à la distribution dans l'océan actuel, proposée par (HART et BAILEY, 1979 in MAANDI, 2011).	67
Figure.IV.03: Essai de Corrélation des Sondages A,B et C de Djebel Darmoun, Cénomanién-Turonien.....	68

Liste des Tableaux :

Tableau.II.01: Tableau de classification des carbonates selon la nomenclature de Dunham (1962).	23
Tableau.II.02: Intervalles des carottes concernés par l'étude.....	26

Liste des Planches

PLANCHE.III.01	55
PLANCHE III.02	57
PLANCHE III.03	59
PLANCHE III.04	61
PLANCHE III.05	63

Résumé

A travers l'examen de 3 sondages (A, B et C) implanté dans le bassin Sud-Est Constantinois au niveau de djebel Darmoun, ce travail est focalisé sur les dépôts carbonatés, marin et d'âge Cénomano-Turonien, il s'articule principalement autour de trois axes, avec d'abord une étude sédimentologique, ensuite biostratigraphique et enfin paléo-environnementale.

Pour ce faire, plusieurs lames minces ont été étudiées et leur contenu micropaléontologique précisément détaillé

➤ Une étude sédimentologique basée sur une description détaillée des microfaciès a permis de caractériser les séquences de dépôts et de reconstituer les environnements de dépôts.

➤ Sur la base de la répartition des foraminifères planctoniques dans les différents sondages, nous avons proposé une biozonation. Trois biozones d'intervalle et d'extension totale : la zone à zone à *Rotalipora cushmani* (*pro-parte*), la zone à *Whiteinella archaeocretacea*, la zone à *Helvetoglobotruncana helvetica* (*pro-parte.*) couvrant l'intervalle du Cénomaniens supérieur au Turonien inférieur.

➤ Un essai de reconstitution des paléo-environnements est réalisé sur la base des données de l'analyse sédimentologique et la distribution des foraminifères planctoniques et benthiques permettant de caractériser un environnement de rampe carbonatée.

Ces foraminifères réagissent fortement aux changements des conditions paléo-environnementales, leur apparition, disparition ou même la prolifération de certaines espèces sont employées dans ce présent travail comme principaux guides pour cibler le passage Cénomaniens-Turonien dans la région, et de mieux caractérisés l'événement anoxique océanique (EAO2) connu à l'échelle mondiale.

Mots clés : Sud-Est constantinois, Djebel Darmoun, l'Atlas saharien, périmètre El-Bottena l'événement océanique anoxique (OAE2), limite Cénomaniens-Turonien, micropaléontologique, sédimentologique, biostratigraphique, paléo-environnement, biozones, foraminifères planctoniques, foraminifères benthiques, corrélation.

Abstrat

From the examining of the three soundings (A,B ans C) implanted the south-est Constantine of djebel darmoun, this work focus on the carbonate, marin deposits and Cenomano-Turonien age, it articulates princpaly about three axes, first of all, by a sedimentolgical study, then by a biostratigraphic study and finaly by a paléoenvironnemental one.

To do this, many thin sections bas been studied and their micropaléontological restrained precisely detailed.

A sedimentological study is based from a detailed description of microfacies which has allowed to caracteriz thé deposits sequences and to reconstituante the environnements of deposits.

In the base of the foraminifieres dividing planctonical in différent sounding, We have proposed a biozonation. Three biozones of intervals and total extension : the zone in Rotalipora Cushmani (pro-partie), the zone in Whinteinella archaeocretacea, the zone in Helvétè Globo grinçant helvetica (pro-partie).

A trial of reconstitution of paleoenvironnements has realised from the base of datas of the sedimentological analysis and the distribution of planctonical and benthical foraminiferes which allow to caracterizise an environnemental carbonated ramp.

Those foraminifères react hardly with the changements of paleoenvironnemental conditions, their appearance, disappearance or even the proliferation of some species are employed in this actual work as principal guides to aim the cenomanien turonien passage in the region, and to caracterizise better the anaxical Oceanic event (EAO2) known at the global scale.

Keywords : south-est, Constantine, Djébel Darmoun, Saharian Atlas, El-Bottena oceanic anoxical event (OAE2), cenomanien turonien limite , micropaléontological, sédiments logo an, biostragraphical, paleoenvironnemental, biozones, foraminiferes, planctonical, benthical foraminifères, correlation.

Chapitre I : Généralités

Introduction Générale

L'Atlas Saharien est une chaîne montagneuse linéaire, intracratonique, qui s'étend en Algérie d'Ouest en Est, forme une longue suite de reliefs orientés NE-SW, allongé sur plus de 1200Km et large de 100 à 200Km. il se prolonge de la frontière marocaine à celle de la Tunisie, s'étendant au Maroc par le Haut Atlas et en Tunisie par l'Atlas Tunisien. Les plus hauts sommets de l'Afrique du Nord se trouvent dans l'Atlas saharien. Ce dernier correspond à la zone de transition entre le domaine des Nappes Telliennes au Nord et la Plate-forme Saharienne au Sud. (Figure.I.01), est composé de faisceaux de plis formant du SW vers le NE : les Monts des Ksour (Atlas Saharien Occidental), le Djebel Amour, les Monts d'Ouled Nail (Atlas Saharien Central) et les Aurès (l'Atlas Saharien Oriental).

Entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien affleurent les Hautes Plaines:

➤ Hautes Plaines oranaises (Méséta oranaise) pour celles qui vont de la frontière marocaine jusqu'au méridien de Cherchell,

➤ Hautes Plaines algéroises au sud de l'Algérois.

➤ Hautes Plaines constantinoises à l'Est qui se terminent en pointe par la chaîne de Hodna.

A l'exception des anticlinaux du Djebel Nador et du Djebel Telagh (région de Tiaret), c'est une zone tabulaire.

Le domaine de l'Atlas saharien est formé de sédiments allant du Trias à l'Eocène avec le Mio-Plio-Quaternaire discordant. Ce domaine est caractérisé par des remontées de Sel (Diapirisme).

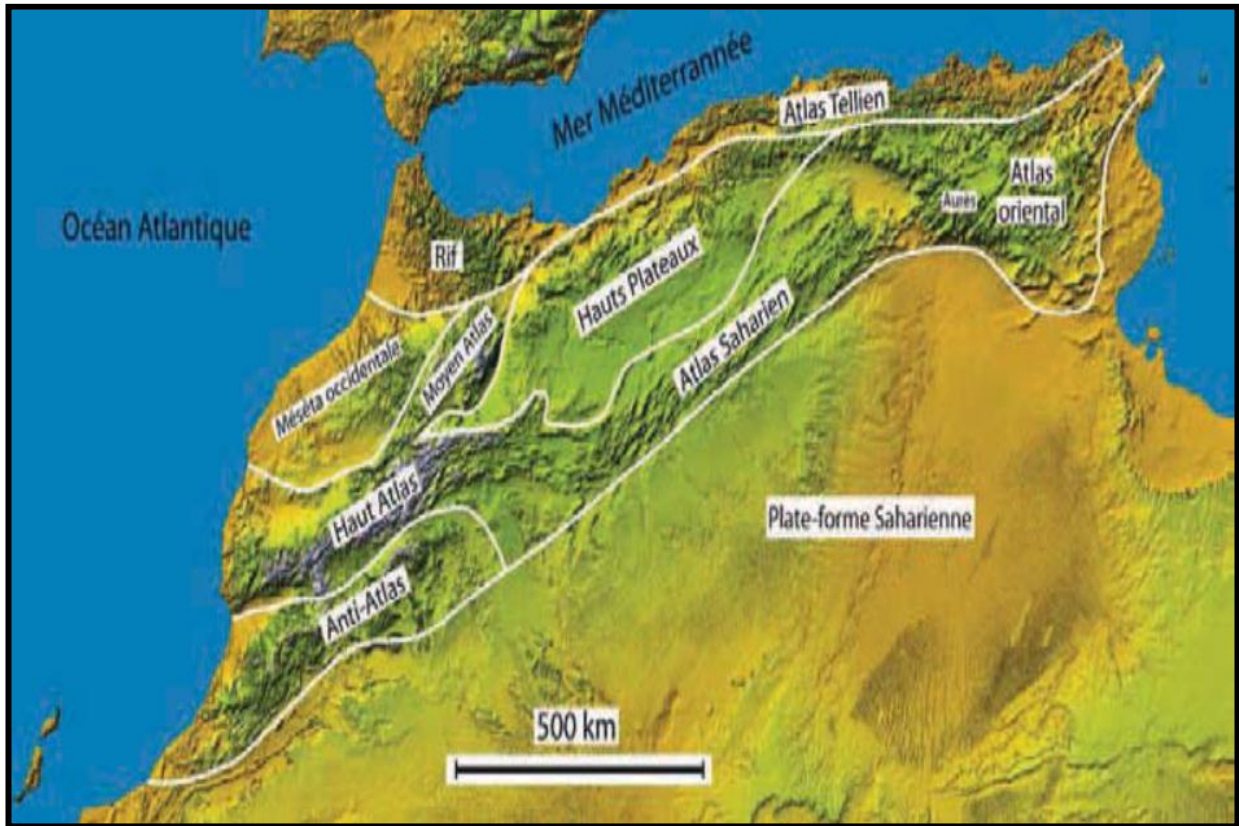


Figure.I.01 : Principales unités structurales de l'Atlas Saharien. (A. SAID, 2011).

Le Bassin Sud Est Constantinois correspond à la bordure sud orientale de l'Atlas saharien, aux confins Algéro-Tunisiens, à environ 578 km au Sud Est d'Alger et à 199 km au Sud Est de la ville de Constantine, représenté par des structures orientées liées aux phases alpines (J.M.Vila, 1980), qui sont édifiées sur les deux branches de la flexure sud atlasique (A.S.A), Gafsa et Négrine.

I-Objectif et But de Travail

Dans le cadre d'une collaboration entre l'entreprise Sonatrach (C.R.D.), et l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (U.M.M.T.O), il nous a été proposé un sujet consacré à une étude micropaléontologique et sédimentologie des séries géologiques allant du Cénomaniens-Turonien des sondages A, B et C de djebel Darmoun.

Cette étude se propose de retracer l'histoire géologique du bassin Sud Est constantinois au cours du Crétacé supérieur (Cénomaniens-Turonien). Ce bassin se situe en domaine intracratonique, qui est largement ouvert sur le domaine marin tethysien, auquel il se

raccorde par leur terminaison nord orientale, au niveau de l'Atlas tunisien oriental. Il se situe en position intermédiaire entre la plate-forme stable saharienne et le domaine mobile tellien.

Cette étude est structurée en quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre nous présenterons des généralités sur le bassin Sud Est constantinois, afin de retracer l'histoire sédimentaire et la structure de celui-ci. Le bassin Sud Est constantinois sera ainsi situé dans son contexte orogénique où un historique des travaux sera exposé. Un bref rappel sur l'événement anoxique du Cénozoïque –Turonien sera énoncé.
 - Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude Sédimentologique ; seront examinés et décrits en détail les microfaciès des lames minces de chaque sondage. Cette étude nous permettra de caractériser les séquences de dépôts et de reconstituer les environnements de dépôts
 - Le troisième chapitre est basé sur une étude micropaléontologique, l'objectif principal de ce mémoire est d'établir un cadre chronostratigraphique précis de la période étudiée, par l'identification des biozones de foraminifères planctoniques afin d'affiner les travaux existant.
 - Le quatrième chapitre est consacré à la reconstitution des paléo-environnements, en utilisant les données de l'analyse litho-stratigraphique et celles de la micropaléontologie (distribution des foraminifères benthiques et planctoniques) et un essai de corrélation entre les différents sondages sera établie
- Et enfin une conclusion générale synthétise et reprend tous les résultats obtenus.

II-Localisation de Bassin Sud Est Constantinois

II.1-Situation Géographique et Géologique du Bassin

II.1.1-Cadre Géographique

Le Bassin Sud Est Constantinois se situe dans la partie Orientale du Nord de l'Algérie. Il est compris entre les longitudes 7° 50' – 8° 40' Est et les latitudes 36° 40' Nord, il est limité à l'Est par la frontière algéro – tunisienne (Fig.I.02).

Le bassin du Sud Est Constantinois est limité :

- Au Sud et Sud- Ouest par la plate-forme Saharienne et le Môle de Biskra,
- Au Sud Est par le Môle de Feriana et Kasserine,
- A l'Ouest par le Bassin de Hodna,

- Au Nord-Nord-Ouest par les nappes telliennes et le Môle constantinois.

Il se prolonge à l'Est suivant une direction Sud-Ouest, Nord Est vers la Tunisie par le sillon du Kef, formant ainsi le Bassin Aurès – Kef.

La morphologie de ce bassin est caractérisée par des dépôts carbonatés méso–cénozoïques conditionnés par le haut-fond tunisien de Kasserine et la bordure septentrionale de la plateforme saharienne ; ces deux dernières structures sont d'âge fin Paléozoïque.

Du point de vue morphologique, cette région est constituée au Nord-Ouest par des massifs montagneux représentés par les monts des Nementcha et les Djebel Kemakem-Onk, séparés par la dépression de Bordj Soukies et au Sud par les monts de Négrine, qui représentent les derniers reliefs atlasiques de cette région avant la plate-forme saharienne. Les Djebel Mandra, et Onk, en sont les principaux sommets, culminants à des hauteurs respectives de 760 m et 1358 m.

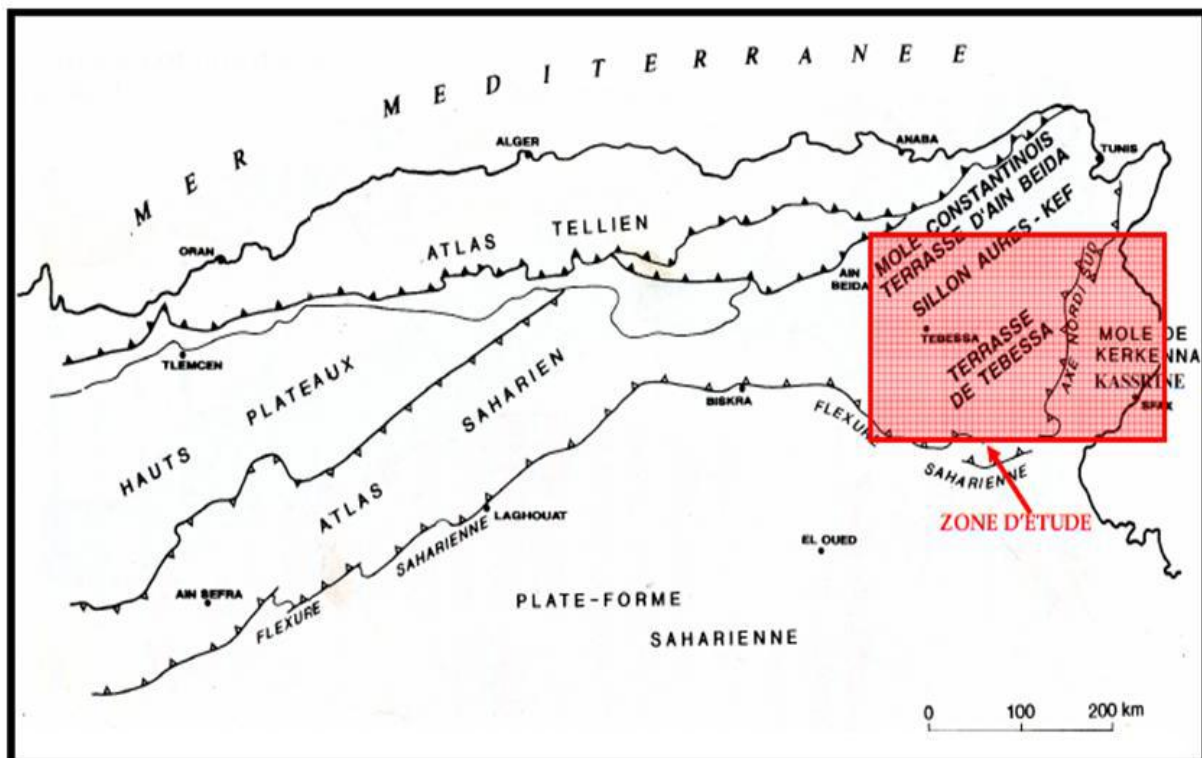


Figure.I.02 : Carte de situation géographique du bassin Sud Est Constantinois (Sonatrach, 2006).

II.1.2-Cadre Géologique

Le Bassin du Sud Est Constantinois correspond à la région délimitée par le môle du constantinois au Nord-Ouest, la plate-forme saharienne au Sud, l'Atlas Tunisien à l'Est et la région de Biskra à l'Ouest (Figure.I.03).

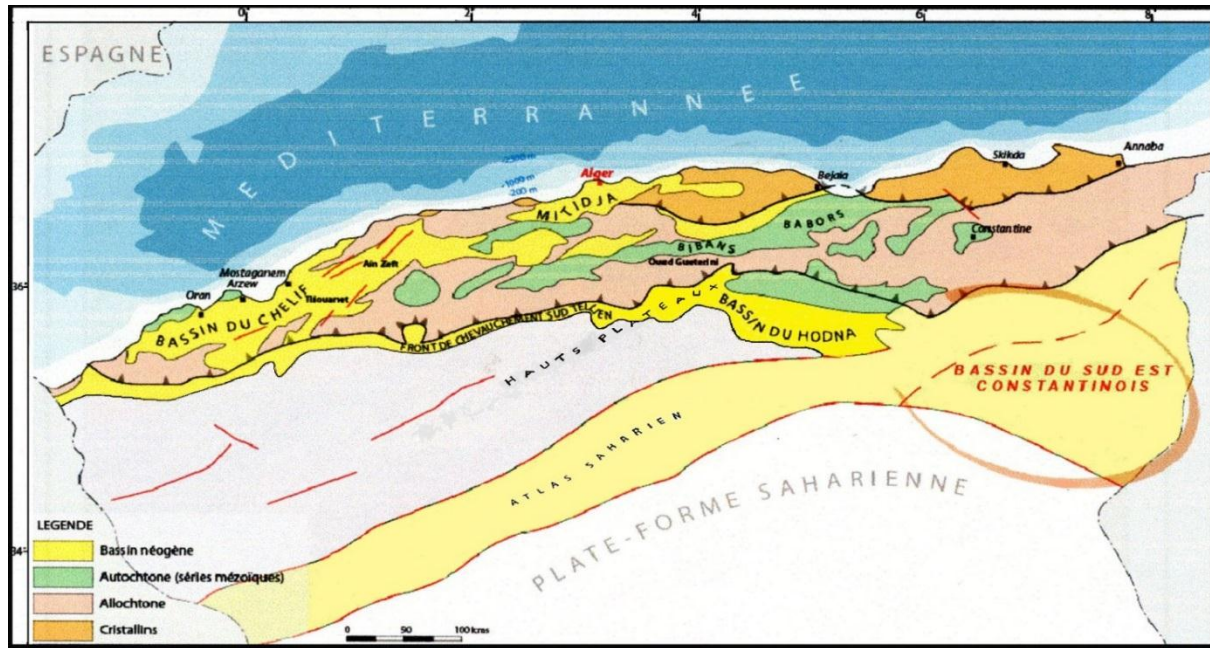


Figure.I.03 : Situation géographique du bassin Sud-Est Constantinois (Bentaalla. S, 2009, modifiée).

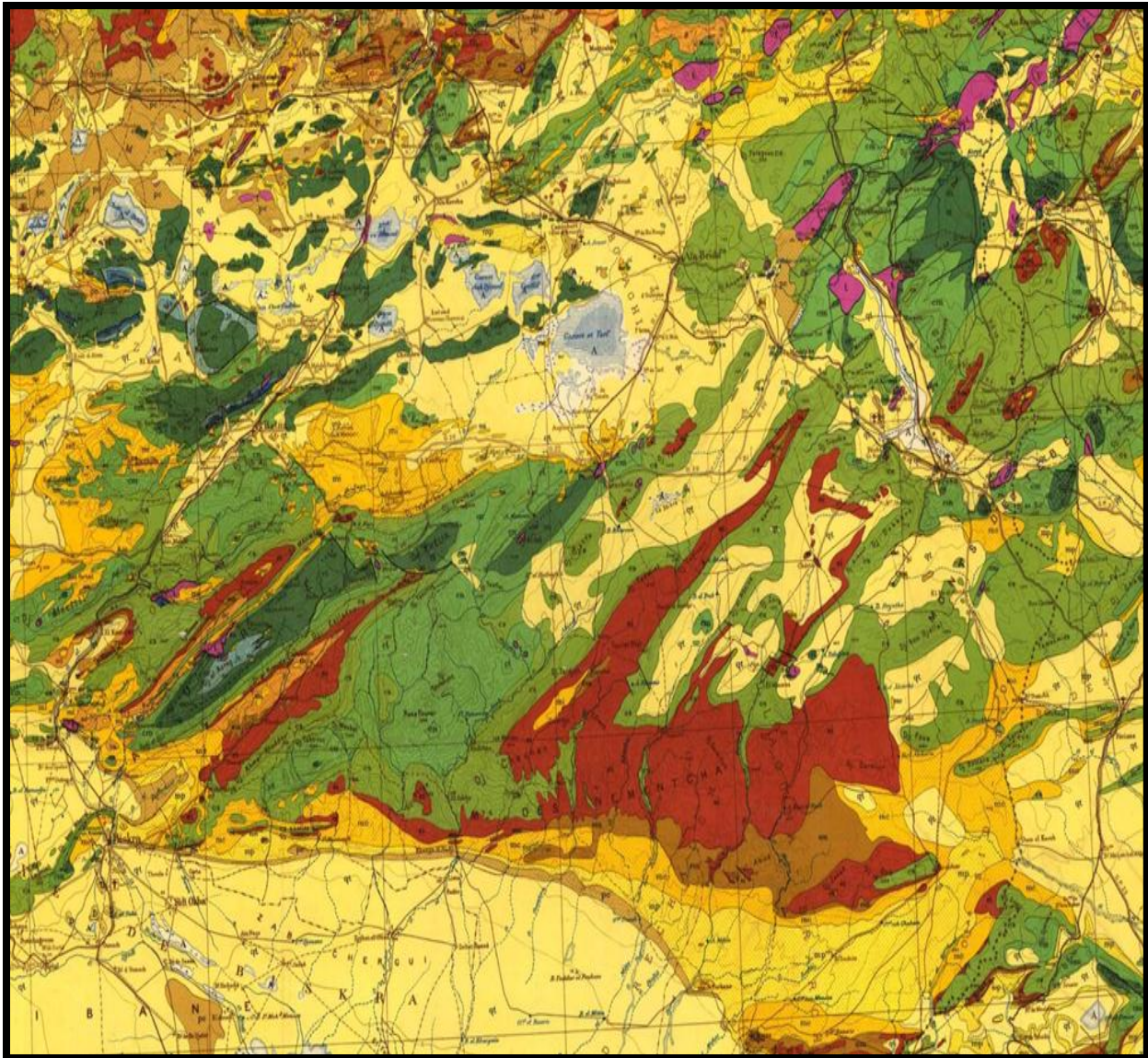


Figure.I.04 : Le bassin Sud-Est Constantinois (extrait de la carte géologique Nord de l'Algérie modifiée 1/500000). (BÉTIER et *al.*1952).

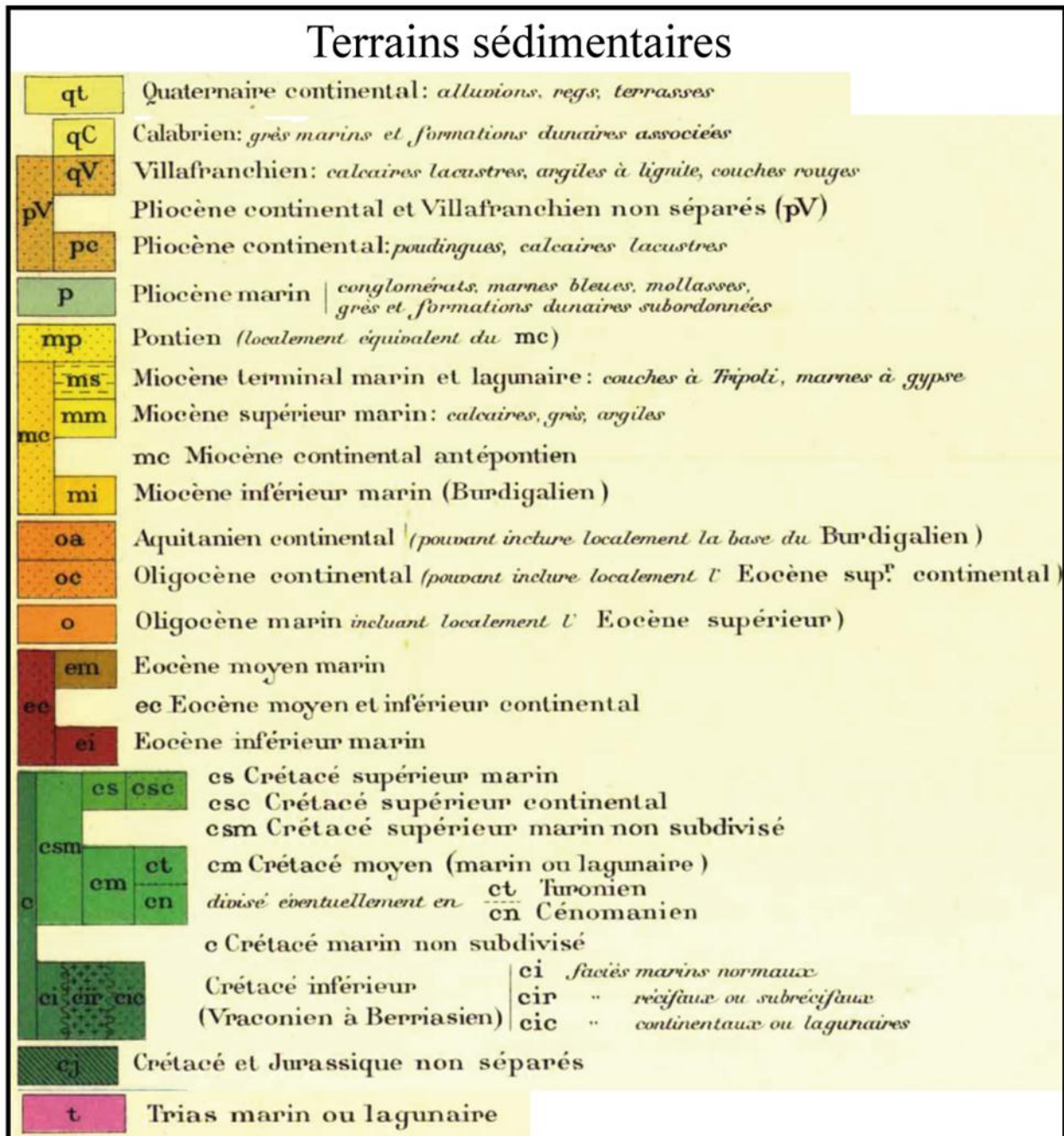


Figure. I.05 : Légende générale de la carte géologique de l'Algérie au 1/ 500.000 (BÉTIER *et al.* 1952).

II.2-Cadre Stratigraphique

II.2.1-Mésozoïque

La colonne stratigraphique de la région du Sud Est constantinois a été synthétisée à partir de nombreux sondages, les principaux termes stratigraphiques vont du Trias à l'actuel (Fig.6)

A/ Le Trias

Le Trias dans le chott Melrhir est argilo-gréseux et discordant sur le Paléozoïque, plus au Nord on le trouve pas en position normale ,il n'affleure qu'en extrusions diapiriques, au coeur des anticlinaux et au croisement des accidents (Villa et al. 1992), il est essentiellement représenté par des argiles gypseuses, versicolores à quartz pyramidé, des anhydrites, des dolomies sombres, des niveaux gypsifères compacts, de rares calcaires crayeux finement gréseux, des grés et des sels.

B/ Le Jurassique

Dans le Sud Est constantinois, le Jurassique affleure largement vers l'Ouest dans l'Atlas oriental, les principaux affleurements se situent à Batna et Djebel Azreg, mais la série complète en affleurement n'est connue que dans la région de Batna et comprend :

- **Le Lias**

Il est dolomitique à la base et calcaire au sommet, avec des faciès néritiques à Algues et Crinoïdes et des faciès Ammonitico-Rosso.

- **Le Dogger**

Comporte environ 65m de calcaires argileux, cryptocristallins, micro-graveleux et des Radiolaires.

- **Le Malm**

Il est caractérisé par des faciès Ammonitico-Rosso, ainsi que des calcaires noduleux versicolores (quelques mètres d'épaisseur) à l'Oxfordien , des argiles marneuses (180m d'épaisseur) et des marnes et calcaires à Ammonites, Aptychus et Calpionelles (500m) au Kimméridgien et au Portlandien, d'une épaisseur de 500 à 850 m, est essentiellement dolomitique avec quelques passées marneuses de milieu néritique, évoluant à des calcaires micritiques pélagiques vers le Nord.

C/ Le Crétacé

Essentiellement terrigène, le Crétacé est composé par un Crétacé inférieur, où les faciès gréseux dominant et un Crétacé supérieur, marno-calcaire, où les grés sont mal connus, il est constitué de bas en haut :

• Le Crétacé inférieur**➤ Le Néocomien (Valanginien — Hauterivien)**

Le milieu de dépôt de cette série est intermédiaire, à fluctuations marines et continentales du type côtier, l'ensemble s'enrichit progressivement en grès vers le haut avec une épaisseur des sédiments qui varie de 500 à 850 mètres.

➤ Le Barrémien

Il correspond à une période régressive, avec installation notable de systèmes Fulviodeltaïques progradants vers le Nord, néanmoins, les dépôts gréseux sont plus fins avec un épisode carbonaté correspondant à une incursion marine de courte durée. La série du Barrémien est subdivisée en trois membres : détritique, carbonaté puis détritique au sommet.

➤ L'Aptien

Cette période est caractérisée par une vaste transgression marine sur tout le bassin du Sud Est constantinois.

L'épaisseur de l'Aptien diminue du Nord vers le Sud (de 800 à 200 m), il est essentiellement carbonaté et comprend : Des calcaires récifaux à Rudistes dolomitisés, des calcaires à Orbitolines et des calcaires oolitiques et bioclastiques. On note quelques intercalations de marnes argileuses et des passées à Lumachelles et Huîtres.

La série admet quelques passées de grès fins et glauconieux au sommet.

➤ L'Albien

Il est connu surtout en forage et en affleurement au Nord du permis et comprend :

✓ *Albien inférieur*

Constitué d'un faciès récifal en continuité avec l'Aptien, surmonté d'une série de bancs de calcaires noirs à Orbitolines intercalés de marnes noires schisteuses. Le sommet de cette série est caractérisé par des dépôts marneux et argileux.

✓ *L'Albien supérieur (Vraconien)*

Il est transgressif et discordant sur les carbonates de l'Aptien supérieur (discordance autrichienne). Il comprend le Vraconien marneux (argiles noires riches en matière organique intercalées de calcaires à bitumes), et le Vraconien calcaire (calcaire bioclastique, organogène à Lumachelles, des dolomies et des calcaires oolitiques) vers la base, l'épaisseur de ce niveau peut atteindre 900m au Sud à OUM-1.

L'Albien supérieur peut être discordant sur les formations de l'Albien inférieur et voir même de l'Aptien (niveaux intra-formationnels, hard-ground, etc...). Vers le Nord, la discordance "intra-Albienne" est négligeable ou même absente. Cette discordance est due à la phase orogénique Autrichienne.

• Le Crétacé supérieur**➤ Le Cénomanién**

Il est constitué d'une alternance de marnes, d'argiles pyriteuses dolomitiques et des passées de calcaires bioclastiques. On note une présence de Rudistes et Polypiers. L'épaisseur moyenne du Cénomanién est de 500 m.

➤ Le Turonien

Il est composé des termes suivants :

✓ Le Turonien basal

Il est constitué de calcaires marneux, bitumineux, qui passent latéralement à des calcaires en bancs décimétriques à centimétriques.

✓ Le Turonien moyen

Il est constitué de calcaires récifaux et bioclastiques.

✓ Le Turonien supérieur

Il est représenté par une série argilo-calcaire, comportant une alternance de marnes vertes et de fines intercalations de Lumachelles.

A Djebel Bottena l'épaisseur du Turonien est de 200 m.

➤ Le Sénonien

Il comprend le Coniacien, le Santonien, le Campanien et le Maestrichtien.

✓ Le Coniacien

Il est caractérisé par une importante variation de faciès, il constitue le principal réservoir carbonaté (500 m de calcaires bioclastiques para récifaux ou graveleux à passées de marnes grises).

✓ Le Santonien

Au niveau de la région du Djebel Bottena, il est caractérisé par la présence de 250m de calcaire, par ailleurs, il est constitué d'une épaisse série de marnes vertes, à quelques passées de calcaires blanchâtres et crayeux. La série devient plus épaisse vers le Sud et le Sud-Ouest, pour devenir argileuse vers le sondage GTR-1.

✓ Le Campanien

Il est transgressif et discordant sur le Sénonien inférieur (discordance Emchérienne). Il constitue une puissante série de 500 m d'épaisseur au total.

✓ Le Maestrichtien

Il est représenté par des calcaires blancs, son épaisseur au niveau du Djebel Foua et Bottena est d'environ 400 m, ce niveau s'amincit vers le Sud et le Nord.

II.2.2-Cénozoïque**A/ Le Paléogène****• Le Paléocène**

Il est constitué de marnes noires bitumineuses à nodules de phosphates intercalées par de petits bancs de calcaires argileux, son épaisseur diminue du Nord vers le Sud et varie entre 50 à 200 m. On note aussi la présence de surfaces durcies (Nardground) dans la région de Tébessa au toit des calcaires massifs du Maestrichtien.

• L'Eocène**➤ L'Yprésien**

Il est concordant sur le Paléocène, avec une série généralement incomplète, constituée de marnes grises à nodules de silex, intercalées par des calcaires, parfois glauconieux, riches en phosphates, de bancs de calcaires bioclastiques à Huîtres et à grandes Nummulites, souvent en amas lenticulaires et à nombreux nodules de silex. L'épaisseur de cette série, varie entre 250 et 350 m.

➤ Le Lutétien

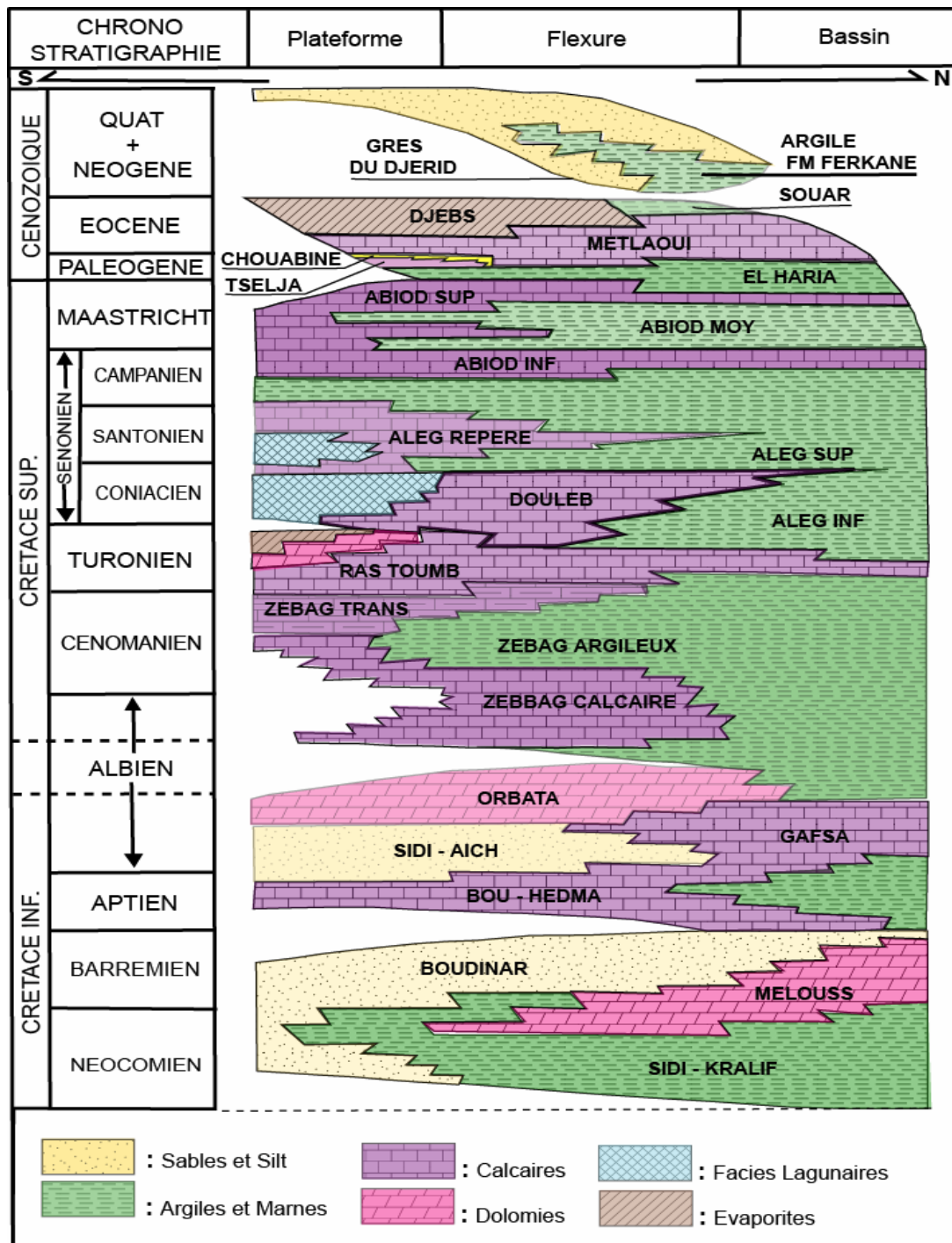
Il est représenté par des calcaires crayeux, suivi par des alternances de bancs de gypses, de marnes à petites intercalations bioclastiques.

B/ Le Néogène

Il est constitué par des formations continentales détritiques issues du démantèlement des reliefs atlasiques, celles-ci reposent localement en discordance angulaire sur les termes de l'Eocène moyen sous-jacents, ou bien sur le Crétacé supérieur. Ces dépôts détritiques présentent des interfaces éoliennes et évaporitiques.

C/ Le Quaternaire

Il est formé de dépôts continentaux (cailloutis, sables et argiles silteuses).



H. SCHALLER 1978 & S. CHABOU-MOSTEFAI 1987

Figure.I.06 : Coupe chronostratigraphique du Crétacé du bassin du Sud-Est Constantinois. (H.SCHALLER, 1978 et S. CHABOU-MOSTEFAI, 1987).

II.3-Conclusion Stratigraphique

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

Deux types de plate-forme sédimentaires sont installés :

1. la première est une plate-forme gréseuse ; elle prend naissance au Jurassique et se termine à l'Albien.
2. la deuxième plate-forme est carbonatée, elle débute au Cénomaniens et prend fin au Maestrichtien.

Sur cette dernière, une grande transgression s'est produite à l'échelle régionale, même planétaire, au cours du Cénomano-Turonien, témoignant d'un approfondissement net du bassin, avec une sédimentation profonde à faune pélagique vers le Nord.

Les phases de comblement et d'approfondissement de ce bassin ont créé une grande disparité aussi bien du point de vue lithologique que puissance. Cela rend les corrélations des formations très complexes d'un secteur à un autre, d'où des appellations des formations différentes et confuses quant à leur âge.

II.4-Cadre Structural

L'Atlas Saharien Oriental auquel appartient notre région d'étude est un bassin de forme rhombique (Kazi-Tani, 1986) bordé par l'Accident Sud Atlasique.

II.4.1-L'Accident Sud Atlasique : Cet accident est subdivisé vers l'Est en deux branches:

- Une branche septentrionale qui correspond à l'Accident Sud Aurésien de direction E-O et qui borde, au Sud, les massifs des Aurès et les monts des Nementchas. Elle est décalée par des failles transversales NO-SE (Bejaia-Negrine et Gafsa) et par des failles décrochantes dextres (Kazi-Tani, 1986).

- Une branche méridionale qui correspond à l'accident Sud Guerguitt de direction E-O à plongement Nord et qui borde, au Sud, les monts de Négrine et les monts de Guerguitts et de Ferkane (Guiraud, 1975 et Piqué et al, 1998). Au niveau du contact plate-forme saharienne–Atlas saharien, les séries les plus récentes constituant le domaine atlasique plongent sous les terrains sahariens selon une flexure brutale qui engendre une série d'accidents secondaires (Cornet, 1959). Cette séparation entre le Sud et le Nord, de direction générale ENE-OSO s'échelonne sur plus de 2000 km depuis Agadir au Maroc jusqu'à Gabès en Tunisie.

L'Accident Sud Atlasique existerait en tant que limite sédimentaire depuis le Primaire dans le Sud Marocain (Menchikoff, 1936) et en tant que limite tectonique entre un domaine atlasique qui s'élève depuis le Néogène et une fosse sud-atlasique qui s'enfonce depuis le Miocène (Laffite, 1939). Busson (1970) remet en question l'âge ancien de cet accident dans sa portion algérienne, à l'Ouest de Biskra. Selon Kazi-Tani (1986), jusqu'à la fin de l'Albo-Aptien, l'Accident Sud Atlasique est composé de différents tronçons qui n'ont ni la même signification, ni la même orientation, ni le même âge. D'après le même auteur (1970), l'Accident Sud Atlasique montre une histoire complexe; actif dès le Mésozoïque, il est caractérisé par deux rejeux :

- Un jeu à fort rejet vertical, anté-plissement jurassique-crétacé et à regard nord (séparation du sillon atlasique de la Plate-forme Saharienne).

- Une inversion post-plissement du rejeu vertical qui devient à regard Sud. Une tectonique post-villafranchienne en Tunisie et post- pliocène sur la bordure sud aurésienne a été signalée (Aissaoui, 1984).

II.4.3-Déformation Interne du Domaine Atlasique Oriental

Sur le plan structural, le bassin du Sud Est Constantinois est caractérisé par une tectonique très complexe matérialisée par des plissements et une fracturation très intense (Fig.I.07).

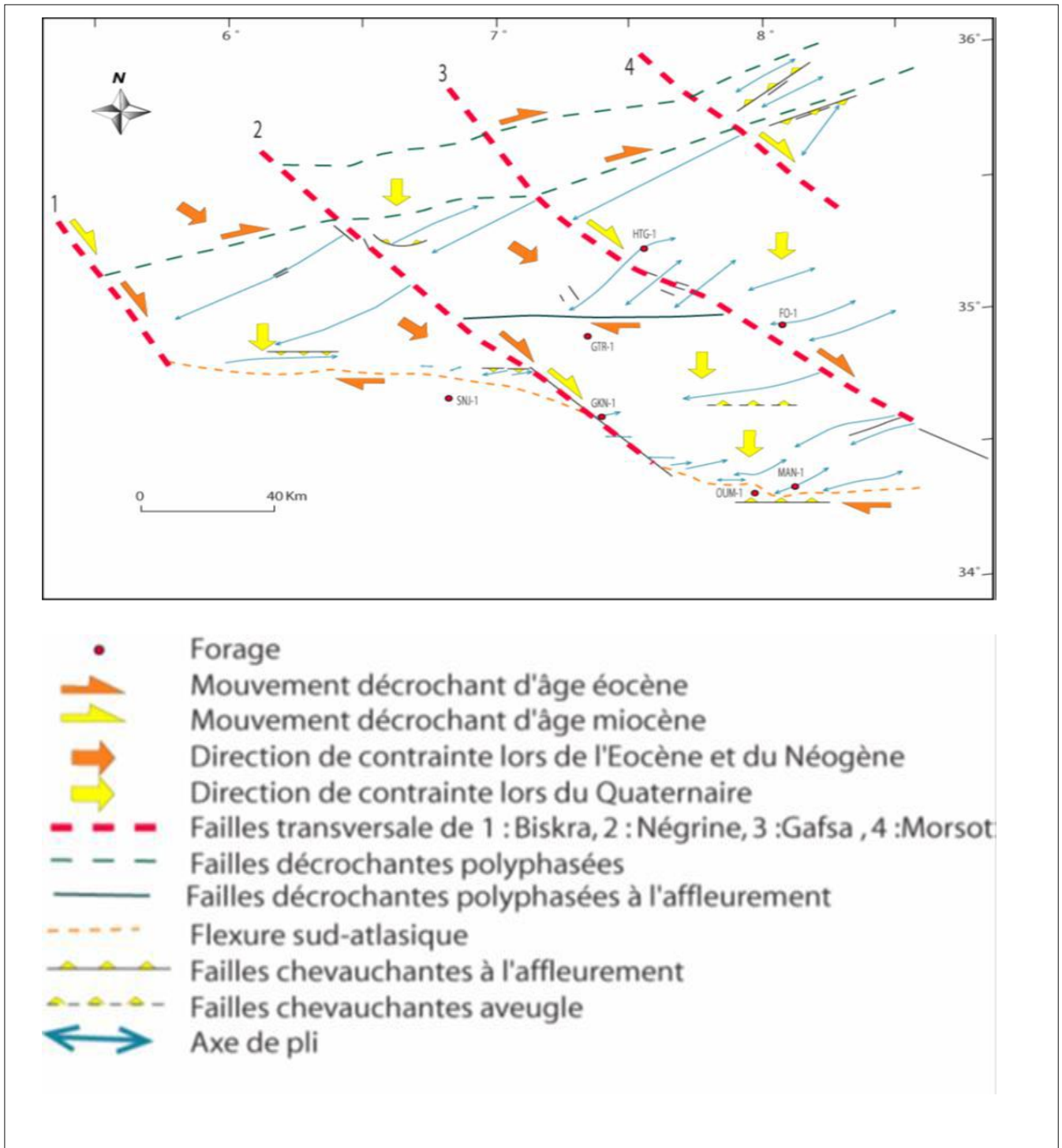


Figure.I.07 : Schéma structural simplifié du Sud-Est Constantinois (Document Sonatrach, 2006).

III. Localisation de la Région d'Etude

III.1.Cadre Géologique

Le permis de Djebel Bottena est situé dans le bassin subsident du Sud Est Constantinois. Géologiquement, celui-ci appartient au domaine de l'Atlas Saharien Oriental. Localement, les sondages A, B, C sont repérés sur djebel Darmoun qui sont limités au nord par les structures de Hamimat Souda et Quibeur, au Sud par l'axe structural de djebel Onk et kemakem, à l'Est, par les djebel Foua et Bou Djellal et à l'Ouest par le djebel Guettar.

La Structure de djebel Darmoun se présente sous forme d'une vaste structure anticlinale de direction E-W longue de 20km et large de 7km. C'est une structure symétrique. Dont les Flancs nord et sud présentent des pendages très faibles. Elle est séparée de l'anticlinal du djebel Foua par une importante faille décrochante dextre d'orientation NW-SE qui est le prolongement de la faille de Gafsa.

Sur le plan régionale 03 évènements tectoniques majeurs peuvent être identifiés :

✓Une période essentiellement distensive (du Trias au Crétacé supérieur) correspondant au rifting Atlasique et se caractérise par une subsidence importante exprimée par une tectonique en blocs basculés.

✓Une phase compressive engendrant une inversion tectonique due à la phase Atlasique de l'Eocène moyen (post-lutétien), elle crée des plis d'orientation NE-SW (Anticlinal d'Ain Telidjene des Hamimats.....).

✓Une phase post-Villafranchienne qui a repris les structures préexistantes en réorientant les axes structuraux selon une direction ENE-WSW (Anticlinaux des Dj.Boudjellal, Bottena, Onk....), puis carrément E-w (Mont de Négrine).

IV. Évolution Géodynamique du Bassin Sud Est Constantinois

La sédimentation du Bassin Sud Est Constantinois a été sous l'influence d'une grande subsidence, connue depuis le Jurassique jusqu'à l'Éocène; Elle est due au jeu de blocs basculés, et elle est différentielle du fait des variations des épaisseurs observées au niveau des différents forages.

Le Bassin montre dans la région de Negrine deux principales failles celle de Gafsa au Nord, et de Bejaia -Negrine au Sud, d'orientation NW-SE.

Au cours de l'Albien moyen le Bassin a connu un début de transgression qui s'étend vers la fin de l'Albien à l'ensemble de l'Algérie à l'exception des hauts plateaux.

L'extension maximale du domaine marin se place lors du Cénomaniens supérieur et du Turonien inférieur avec une très forte subsidence qui affecte tout l'Atlas Saharien oriental.

Au Turonien le domaine marin arrive vers le sud; la mer est largement ouverte vers la Mesogée, à l'exception de certaines zones des hauts plateaux et du Môle Constantinois.

Dans la région d'Aïn El Beïda la subsidence est importante, elle permet l'installation d'épaisses séries à faciès pélagique.

Au Turonien supérieur, les dépôts évaporitiques (Région BOTTENA) marquent un retrait de la mer vers le Nord.

Au cours du Sénonien s'amorce un net recul de la mer; celle-ci persiste dans certaines régions du Sud du Bassin Sud Est Constantinois ainsi qu'à l'Est et au Nord du Hodna; avec émergence des Hauts plateaux et de l'Atlas Saharien.

VI. Historique des travaux

- Les premiers travaux sur la région du Sud Est constantinois remontent au début du vingtième siècle avec Laffitte–R en 1939, traite la stratigraphie et la tectonique des Aurès qu'il compare avec les régions voisines 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.
- En 1956, Burollet à établir une nomenclature en Tunisie centrale.
- En 1966 D.Basseto et Clintzboeckel présentent une esquisse paléogéographique, structurale et pétrolière de l'Algérie du Nord et du bassin Sud Est constantinois.
- En 1972, Tewfik Fehmy présentent une étude sur la nature des dépôts et l'évolution du Bassin Sud Est constantinois au cours du crétacé ainsi que une comparaison des formations définie par Burollet en Tunisie centrale.
- 1974. M. Beghoul publie une thèse sur la géologie des Hamimet dans le Sud Est constantinois et son application dans la recherche pétrolière dans les confins Algero-Tunisiens.
- Aissaoui 1984 à réalise une thèse de doctorat du 3ème cycle en géologie, sur les structures liées à Accident Sud Atlasique entre Biskra et le Manndra, évolution géométrique et cinématique.
- En 1985 Viviere présente une thèse portant sur les ostracodes du djebel Dyr et définit les environnements de dépôts durant le vraconien –coniacien basal.
- En 1986 Kasi-Tani retrace l'évolution géodynamique de la bordure Nord-Africain au Mésocénozoïque.
- En 1989, le CRD à effectue une étude micropaléontologique des sondages ESF-1 et RTB-1, 3, 4, 5,6et7.
- Ghandriche H en 1991 à réaliser une thèse sur les modalités de la superposition de structures de plissement –chevauchement d'âge alpin dans les Aurès.
- Bergueul M, en 1991 à réaliser une thèse dont le thème est : structures géologique et perspectives en hydrocarbures du bassin du Sud Est Atlasique.

- Total Algérie à réalise en 1993 une synthèse sur le permis de Djebel Darmoun, sur les aspects stratigraphique, tectonique et pétrolière de la région.
- Vially et al en 1994 ont réalisé une étude intitulée : basin inversion along the North African margin the sahara atlas.
- Addoum .Ben 1995 à réaliser une thèse de doctorat sur l’atlas saharien sud oriental, cinématique des plis, des chevauchements et reconstitution du bassin Sud Est constantinoise.
- Mezaine – Bettahar en 1995 à réaliser une étude sur l’extension et la distribution du réservoir cénomanien – turonien du bassin Sud Est constantinois.
- Belhadj E.M en1996 a fait une synthèse géochimique sur le Sud Est constantinois.
- Benamrane M.O.et Hadiouche ont réalisé un rapport en 1997intitulé : aperçu général sur les potentialités en hydrocarbures du bassin sud est constantinois chotts Melrhir.
- Aziez .M et Bouslah.S ont sorti en 1999 un rapport intitulé : étude géochimique de la matière organique extraite des huiles (région du S.E constantinois).
- Haddadi .N et Berghoul .M en 1999 ont fait une étude de caractérisation des roches mères du crétacé du bassin Sud-est constantinois.
- Herkat, (1999) 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 établir un rapport pour définir le potentiel pétrolier du bassin sud est constantinois.
- Issad .M et al 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).

V. Aperçu sur l'Évènement Anoxique Océanique

La période crétacé est caractérisée par une série anoxique marines, dénommées OAE « Oceanic Anoxic Event » par (Schlanger et Jenkyns 1976) et des dépôts riche en matière organique (Arthur et al 1987) et cette période a connu une évolution géologique particulière qui est démontrée par l'existence des conditions climatiques extrêmement chaudes , de teneur en gaz carbonique anormalement élevées et une modification de la configuration géodynamique des continents, qui engendré une élévation du niveau marin moyen des océans à l'échelle planétaire traduisant une forte transgression .

Ces conditions spéciales ont conduit à l'installation dans le domaine océanique des conditions anoxique et des dépôts des couches riches en matière organique mondialement connue sous le terme de «black-shales ».

Au total trois OAE ont été définis :

- le premier (OAE1) s'étend de l'Aptien à l'Albien
- le deuxième (OAE2) qui est la plus important à l'échelle globale coïncide avec la limite Cénomanién-Turonien
- le troisième (OAE3) survient lors du passage Coniacien-Santonien.

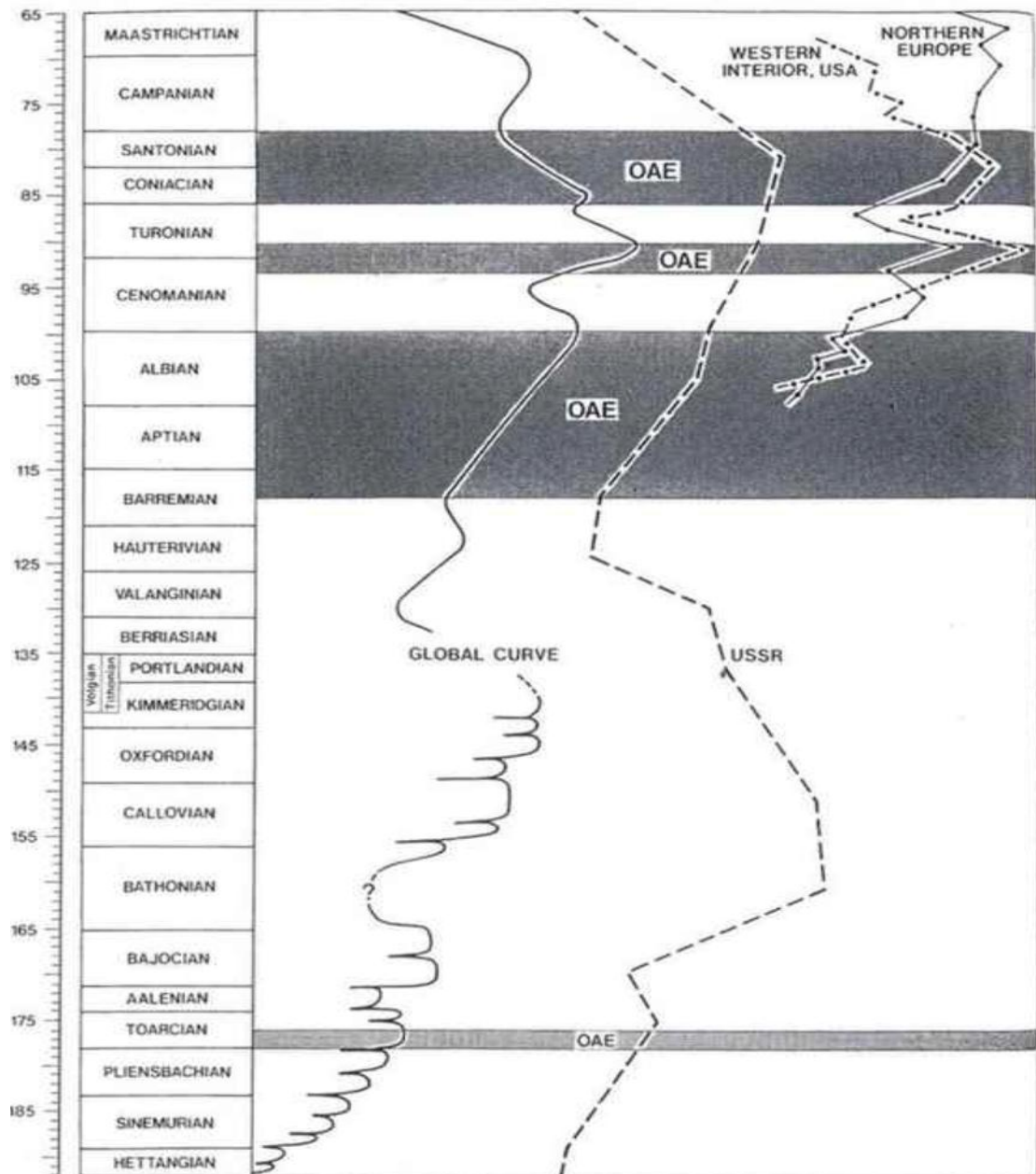


Figure.I.08 : Les Evénements Anoxiques Océaniques du Crétacé en relation avec les variations du niveau marin relatif (JENKYNS, 1980 in DESMARES, 2005).

V.1- Les principales caractéristiques de l'évènement Anoxique Océanique 2 (OAE2)

L'Évènement Anoxique Océanique 2, connu sous le terme de EAO2, s'est produit à la limite Cénomanien-Turonien ; à l'échelle mondiale (Takashima et al, 2009). De nombreux auteurs ont mis en exergue les similitudes que comportent les dépôts sédimentaires au passage C-T dans les différents domaines paléogéographiques étudiés. Ainsi, l'évènement anoxique océanique s'exprime souvent par un faciès comportant :

- (1) des niveaux laminés, sombres, riches en matière organique marine planctonique (COT de 1 à 27%) ;
- (2) des niveaux riches en pyrite et en phosphate.
- (3) une faune benthique réduite, voire absente.
- (4) une faune planctonique abondante.
- (5) une abondance éventuelle de radiolaires.
- (6) d'une anomalie positive du $\delta^{13}C$ (+2.5‰ en moyenne).

Bien que l'EAO-2 s'exprime globalement avec une grande diversité lithologique dans des contextes géologiques très variés, le concept de "black shale" demeure le plus utilisé. Il reflète des sédiments sombres riches en matière organique (MO). Il s'est installé à des niveaux paléobathymétriques variés, dans un contexte de dépôt dépourvu ou en déficit en oxygène, depuis des bassins océaniques profonds à des mers peu profondes (Schlanger et al, 1976 ; Thurow et al 1992).

Cette crise résulte de la conjonction de la combinaison entre le réchauffement climatique qu'a connu la période du Crétacé (Arduno et al 1998), la faible circulation des eaux à l'ancien détroit de Gibraltar et la connexion limitée entre l'océan Atlantique et les océans voisins (Handoh et al, 1999) durant le Cénomanien – Turonien. Ce sont des facteurs favorisant l'établissement de conditions anoxiques dans des milieux marins durant cette période (Schlanger et al. 1976 ; Philip et al, 1993 ; Ricou et al, 1995 ; Baudin, 1995).

Plusieurs expressions furent créées pour distinguer les horizons sédimentaires qui témoignent de l'OAE-2, parmi elles : le niveau Thomel dans le bassin vocontien au SE de la France (ex : Crumière, 1990, Morel, 1998 ; Grosheny et al, 2006) sur la marge nord-ouest téthysienne, le niveau Bonarelli en Italie centrale, sur de la marge nord-est de la Téthys (ex : Mort et al, 2007) et la formation Bahloul en Tunisie sur de la marge sud-est de la Téthys (ex : Burollet, 1956 ; Robaszynski et al, 1990 ; Hardenbol et al, 1993 ; Maamouri et al, 1994).

CHAPITRE II :
Étude Sédimentologique

Introduction

Une importante transgression intervient au Crétacé supérieur qui entraîne le relèvement du niveau marin, atteignant un maximum au cours des temps Phanérozoïques. Ce contexte de haut niveau marin et un climat relativement chaud, vont permettre le dépôt de séries marno-calcaires, caractérisées par une grande diversité d'assemblages fauniques, dans les plates-formes et les bassins situés autour de la Téthys. (M. HERKAT, 1999).

Une Etude Sédimentologique du Bassin Sud-Est Constantinois dans la limite Cénomano-Turonien nécessite l'analyse d'un certain nombre d'échantillons, avait pour objectifs de faire le lien des enchaînements de faciès en rendre compte la nature lithologique et la texture à la fois selon la profondeur, elle a comporté également la révision du cadre biostratigraphique qui est indispensables à la datation et des événements sédimentaires, ainsi que de restituer la répartition des dépôts afin d'effectuer un découpage séquentiel pour identifier les discontinuités qui sont des indicateurs importants de variations brusques des milieux de dépôt. Dans les données de sondage où sont attribués des remplissages sédimentaires essentiellement des calcaires noirs à passés marneux, effectuer dans un milieu marin profond. Cette étude sédimentologique est basée sur l'identification des microfaciès par nomenclature de Dunham (1962), (taille des grains < 2 mm), (Tableau.II.01). Cette classification est basée sur trois critères :

- 1- Présence ou absence de boue carbonatée,
- 2- Proportions relatives des grains présents dans la roche.
- 3- disposition jointifs ou non-jointifs des grains.

Constituants non liés au cours du dépôt				Constituants liés au cours du dépôt
Disposition des grains	Fréquence des grains	Présence de boue carbonatée	Absence de boue carbonatée	
Jointifs	> 10 %	Packstone	Grainstone	Boundstone
Non jointifs		< 10 %	Wackestone	

Tableau.II.01 : Tableau de classification des carbonates selon la nomenclature de Dunham (1962).

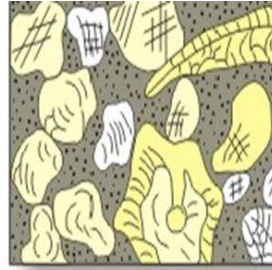
• Les Textures des roches carbonatées



Mudstone



Wackestone



Packstone



Grainstone

L'analyse des microfaciès et leur évolution, permet de distinguer deux mégaséquences (séries), notées I et II, correspondant respectivement au Cénomaniens et au Turonien (HERKAT, 1999, 2002, 2004), (Figure.II.01).

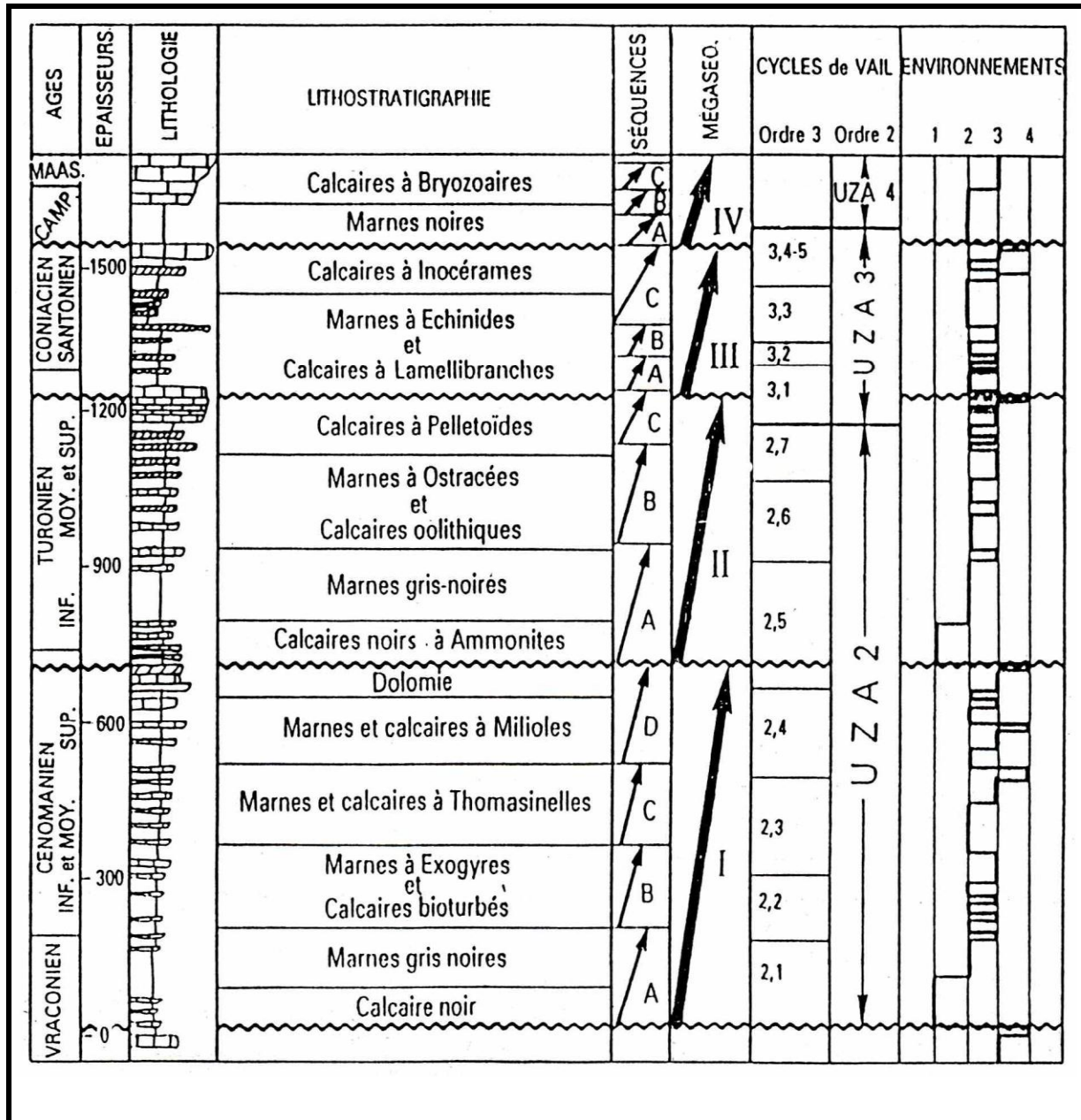


Figure.II.01 : Faciès et séquences d'une série synthétique de Crétacé supérieur des Aurès.
1-Plate-forme externe, 2-Plate-forme médiane, 3-Plate-forme littorale, 4-Zone tidale.
(HERKAT et DELFAUD, 1999).

I. Méthodologie

L'étude Pétrographique est réalisée sous un microscope optique de 54 lames minces qui sont prélevées des carottes de trois (03) sondages : A, B, C (Tab.I.01) se situent au niveau de périmètre d'El Bottena (fig.II.02 et 05). Les intervalles étudiés représentent des faciès carbonatés ont été analysées en lumière polarisée non analysée (naturelle) et en lumière polarisée analysée (réfléchi), Ces données de sondage et la zone d'affleurement sont attribuées au Cénomaniens-Turonien pour bien faire l'étude des microfaciès qui entraîne la destruction de toutes les structures sédimentaires. Il s'agit en effet d'un outil essentiel pour analyser le mode de transport et de dépôt des sédiments. Les différents éléments identifiés lors de l'étude des lames minces sont les suivants :

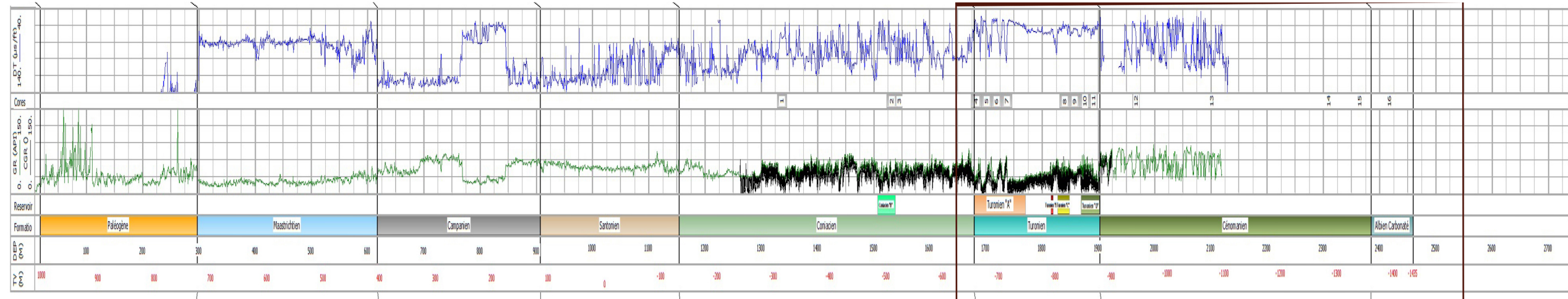
- La texture des roches (Tableau.II.01)
- La présence de certains minéraux (pyrite)
- La présence de bioclastes (échinodermes et lamellibranches)
- La microfaune : foraminifères (benthiques ou planctoniques), calcisphères, pithonelles, 'filaments'.

Des illustrations seront proposées pour certaines lames, celles présentant un microfaciès particulier et/ou des microfossiles caractéristiques

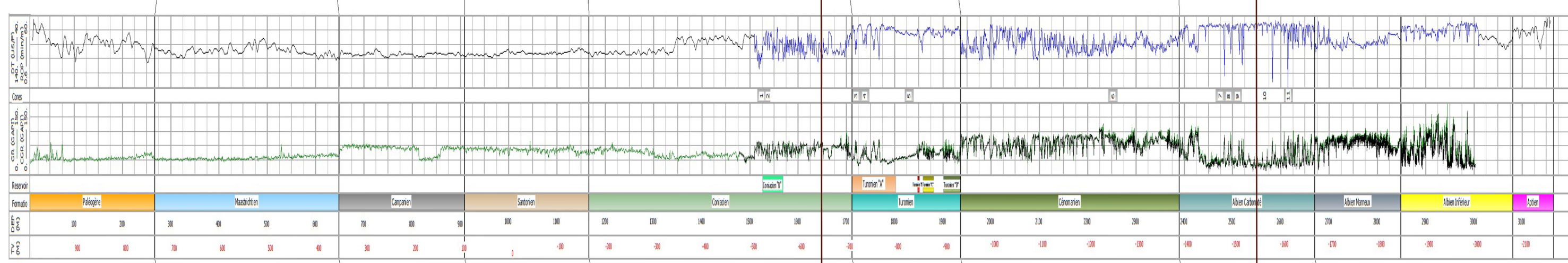
Nom du Puits	N° de la carotte	Intervalle	Nombre de lames minces
<i>Puits (A)</i>	08, 09,10 et 11	1832.28m à 1897.18m	27 lames
<i>Puits (B)</i>	05 et 06	1821.06m à 2256.40m	05 lames
<i>Puits (C)</i>	T07, 08, 09 et 10	1927.90m à 2527.65m	22 lames
			TOTAL : 54 lames

Tableau.II.02 : Intervalles des carottes concernés par l'étude.

Puit A
DEPTH (9M-2737.7M)



Puit B
DEPTH (9M-3199.9M)



Puit C
DEPTH (0M-2783M)

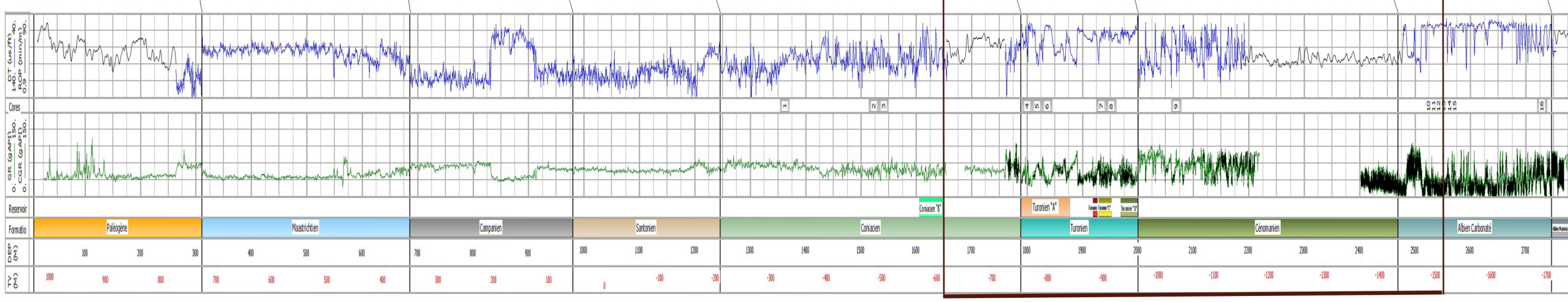


Fig.II.02: Logs (Gamma Ray, Sonique) présente trois sondages A, B et C de Djebel Darmoun.

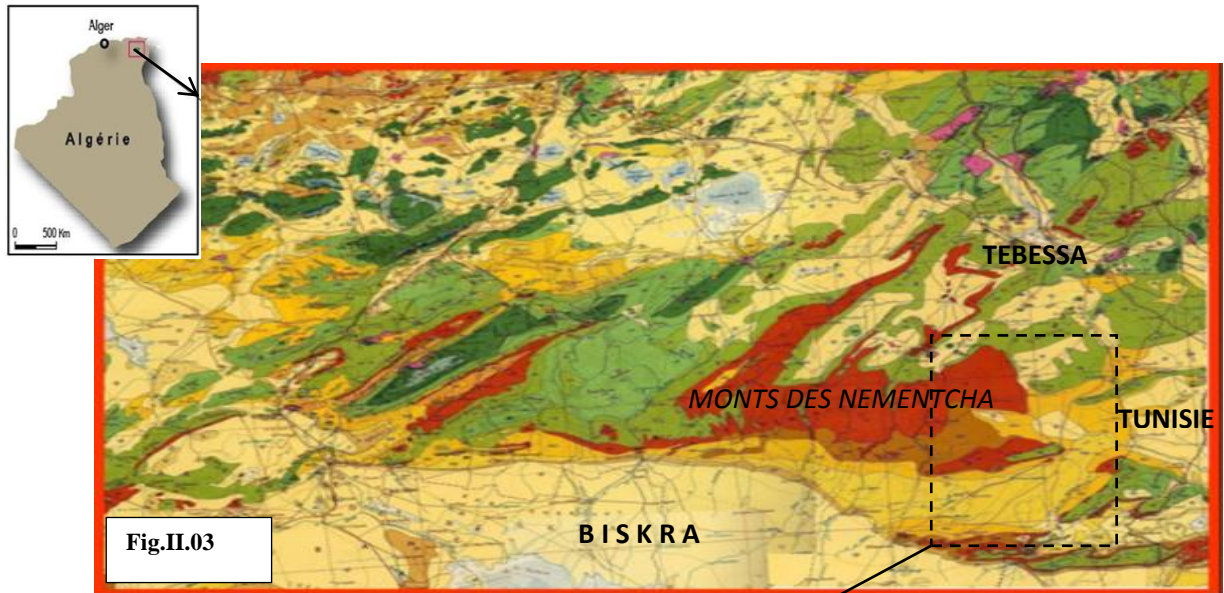


Fig.II.03

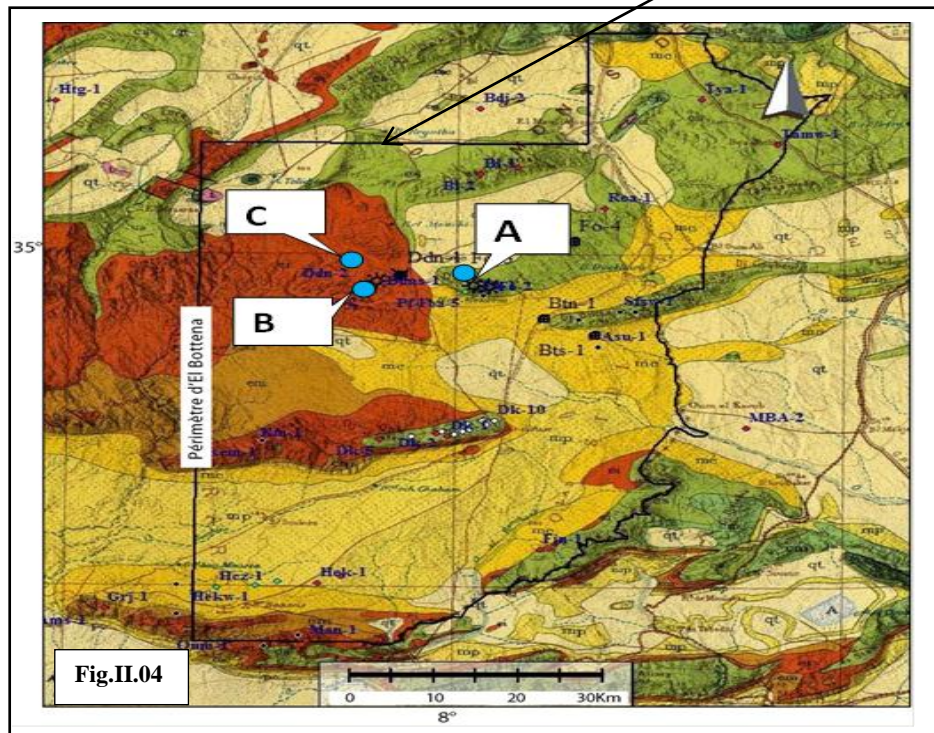


Fig.II.04

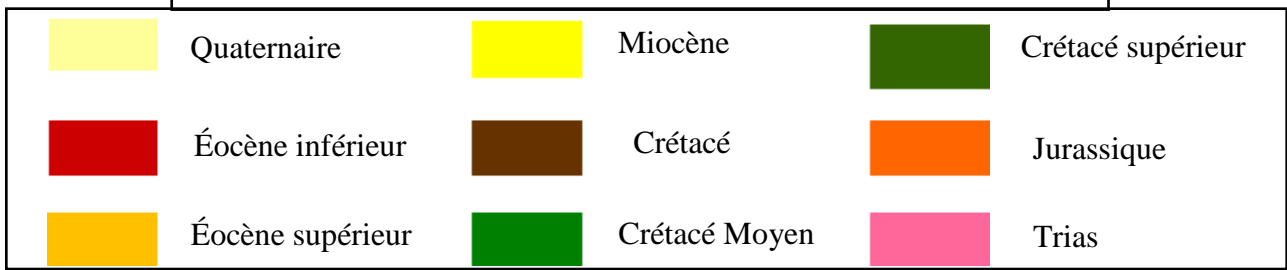


Figure.II.03 : Cadre géologique du bassin Sud-Est Constantinois (Extrait de la carte géologique au 1/500000). (Laffitte. 1939)

Figure.II.04 : Plan de position des sondages A, B, et C. (Document Division-Exploration)

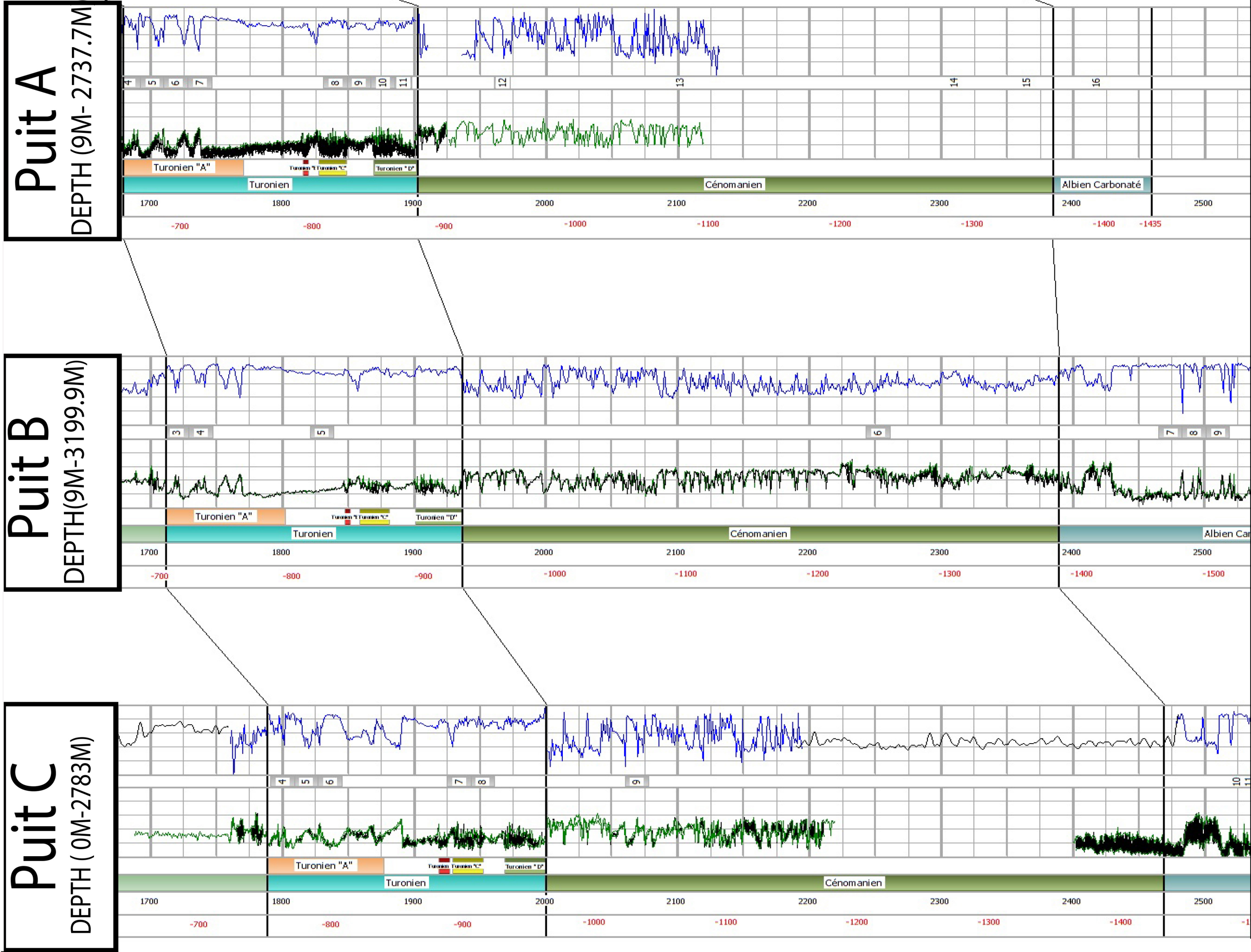


Figure.II.05: Logs (Gamma Ray, Sonique) présente trois sondage A, B et C de Djebel Darmoun: Cénomaniens-Turonien.

II. Étude Pétrographique de Djebel Darmoun

II.1.SondageA

Le sondage A est situé au Nord Est de périmètre El-Bottena (voir la Figure.II.03), L'intervalle analysé est de nombre de quatre carottes (08,09 ,10 et 11), épaisse d'environ 70m, avec 27échantillons ont été prélevés dans la partie étudiée (**Figure.II.06**)

II.1.1.Carotte 11 : l'intervalle analysé compris entre (1897.18m-1887.57m), son épaisseur est d'environ 10m, montre des calcaires noirs à passés d'argiles.

L'intervalle compris entre (1897.18m-1896.45m) présente un facies wackstone riche en foraminifères planctoniques globuleux et carénés, associés à des filaments, calcisphères et pithonelles, cette association accompagnée par des foraminifères benthique, des débris d'ostracodes ainsi des plaques d'Echinides. Cet intervalle marque la séquence ID.

- Parmi les foraminifères planctoniques globuleux nous citons : *Whiteinelles*, *Heterohelix*, *Hedbergelles* (Fig.II.07 et Fig.II.08)
- Les foraminifères planctoniques carénés : *Rotalipora* (Fig.II.09)
- Les foraminifères benthiques tels que : *Dorothia* (Fig.II.10)

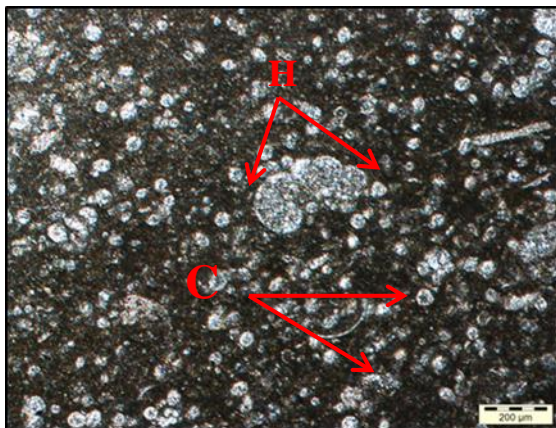


Fig.II.07 : calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques globuleux.
C : *Calcisphères*. **H** : *Hedbergella*
Echantillon : 1897.18m.

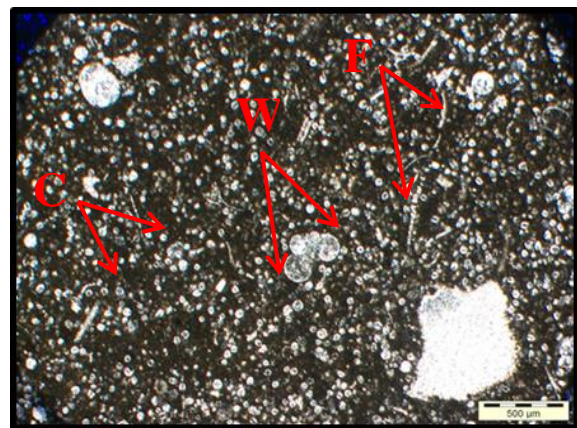
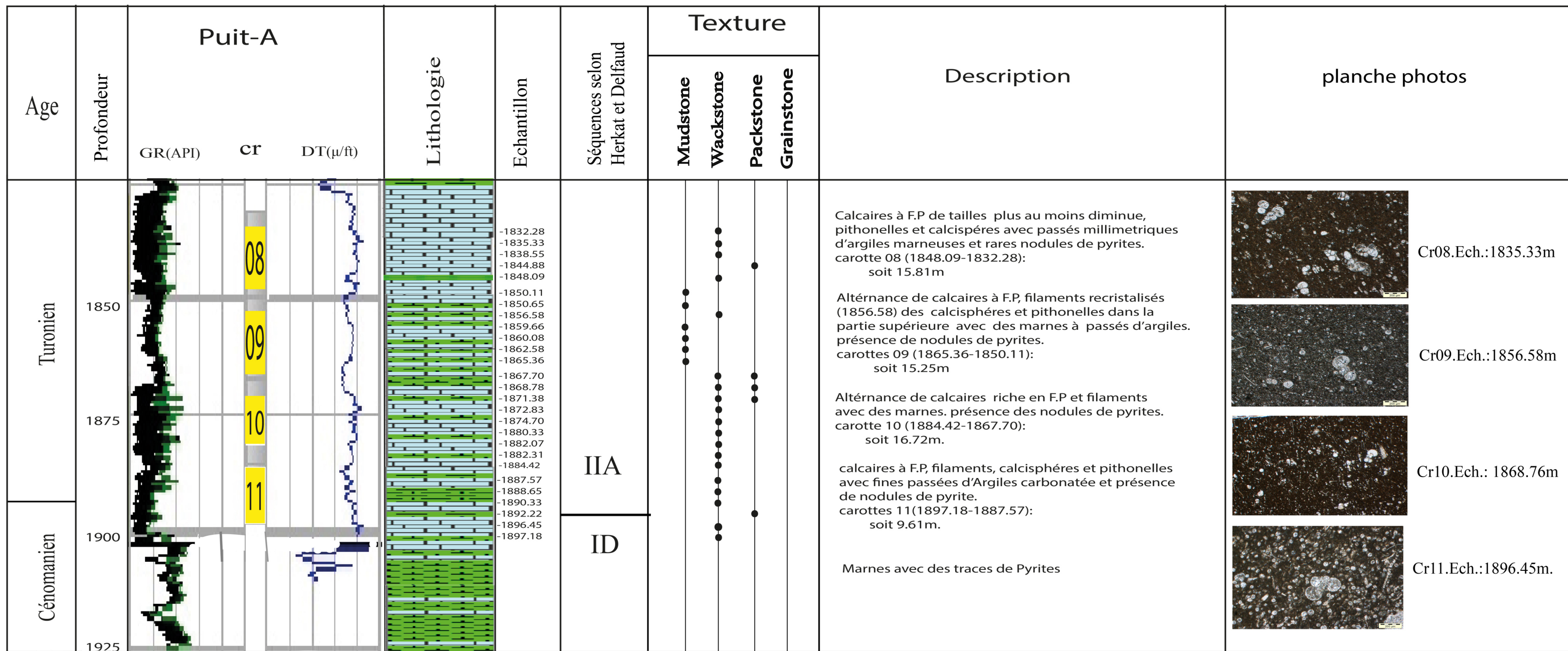
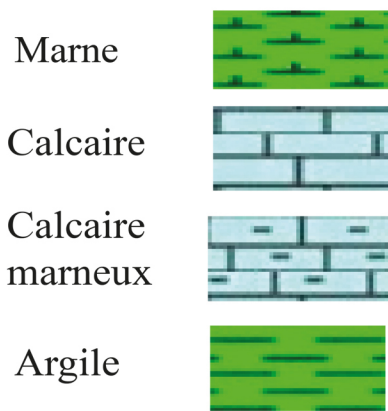


Fig.II.08 : calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques globuleux.
W : *Whiteinella*. **F** : Filaments.
C : *Calcispheres*.
Echantillon : 1897.18m.



Légende:



Cr: Carotte.
 DT: sonique.
 GR: Gamma Ray.
 F.P: Foraminifères Planctoniques

Figure.II.06 : Colonne Lithostratigraphique de sondage A de Djebel Darmoun. Cénomanién-Turonien.

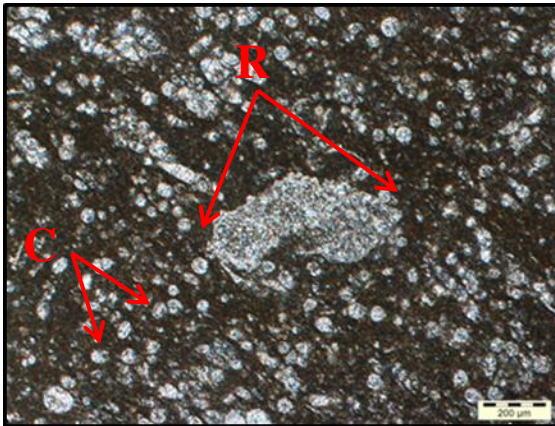


Fig.II.09: Calcaire Wackstone à foraminifères planctoniques carénés.
R : *Rotalipra*. **C :** *Calcispheres*.
Echantillon : 1897.18m.

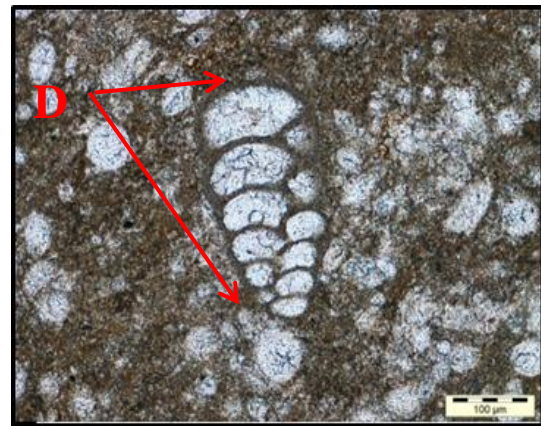


Fig.II.10: Calcaire Wackstone à foraminifères benthiques.
D : *Dorothis*.
Echantillon : 1897.18m.

A partir de l'échantillon 1892.22m, on assiste à un changement brutal de faciès par rapport aux échantillons précédents qui passe à un faciès packstone riche en foraminifères planctoniques globuleux (Fig.II.11), et on note l'absence des foraminifères planctoniques carénés. . Cet échantillon correspond au sommet de la séquence ID

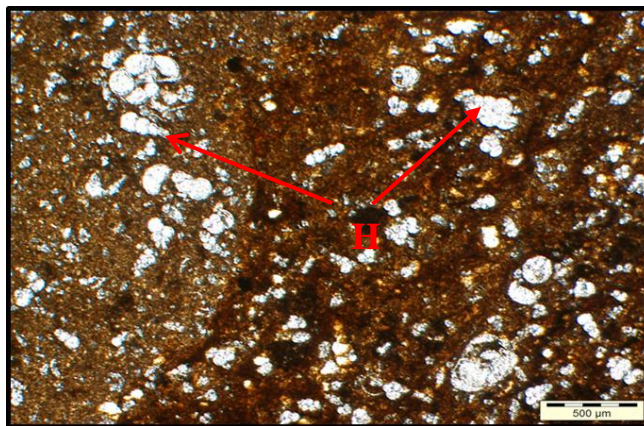


Fig.II.11 : Calcaire Packstone à foraminifères planctoniques globuleux.
H : *Heterohelix*.
Echantillon: 1892.22m

Les échantillons qui suivent (1890.33m, 1888.65m et 1887.57m), montrent des calcaires noirs laminés riche en matière organique, qui se présentent par un faciès wackstone à packstone riche en foraminifères planctoniques globuleux et filaments (Fig.II.12), associées à quelques foraminifères planctoniques carénés tel que : *Praeglobotruncana*. On note

également la présence des cristaux de pyrite (Fig.II.13). C'est l'équivalent de la partie inférieure de la séquence IIA.

- Parmi les foraminifères planctoniques globuleux nous citons : *Whiteinelles*, *Heterohelix*, *Hedbergelles*.

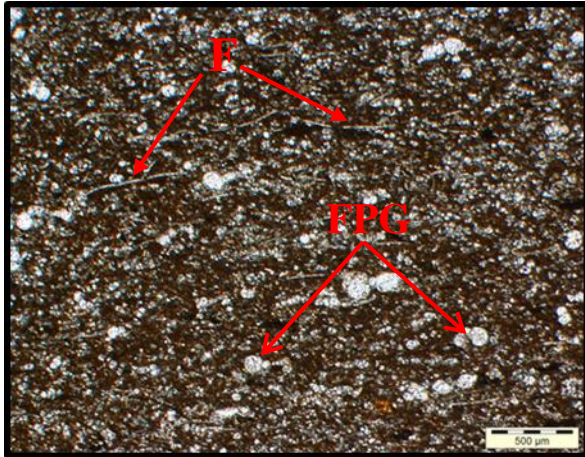


Fig.II.12 : Calcaire laminé packstone
FPG : foraminifères planctoniques globuleux. **F** : Filaments.
Échantillon : 1887.57m.

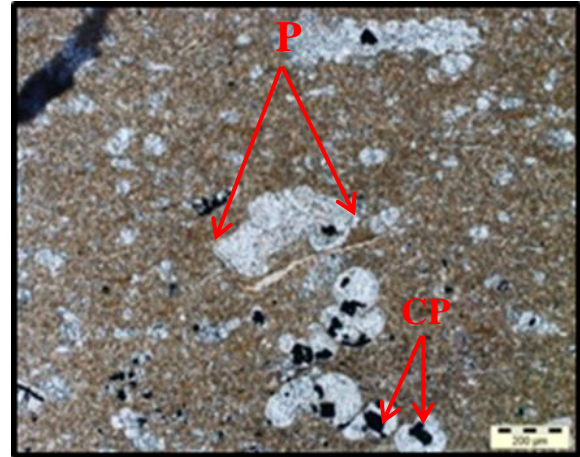


Fig.II.13 : Calcaire laminé Wackstone.
P : *Praeglobotruncana*.
CP : cristaux de pyrite
Échantillon : 1887.57m.

II.1.2.Carotte 10 : L'intervalle analysé compris entre (1884.42m-1867.70m), son épaisseur est de 16m d'environ. Il montre une alternance des calcaires noirs laminé et des marnes à quelques nodules d'argiles. Cet intervalle couvre la séquence IIA.

- Sur la partie basale de cet intervalle les échantillons (1884.42m, 1882.31m, 1882.07m, 1880.33m, 1874.70m et 1872.83m) présentent un facies wackstone à foraminifères planctoniques tels que : (*Heterohelix*, *Whiteinelles*) et des plaques d'*Echinodermes* (Fig.II.14)
- Vers le sommet les échantillons (1871.38m, 1868.78m et 1867.70m) passent à un facies wackstone à packstone riche en foraminifères planctoniques globuleux, les foraminifères benthiques exemple : *Lenticulina*, ainsi que des *calcisphères*, des *pithonelles* et des filaments. (Fig.II.15)

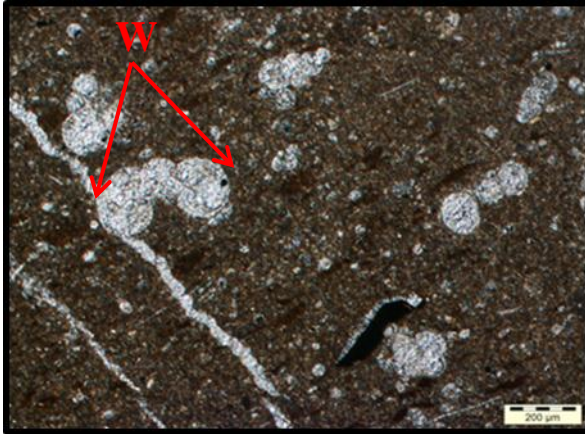


Fig.II.14 : Calcaire Wackstone à quelques foraminifères planctoniques.
W : *Whiteinella*.
Echantillon : 1884.82m

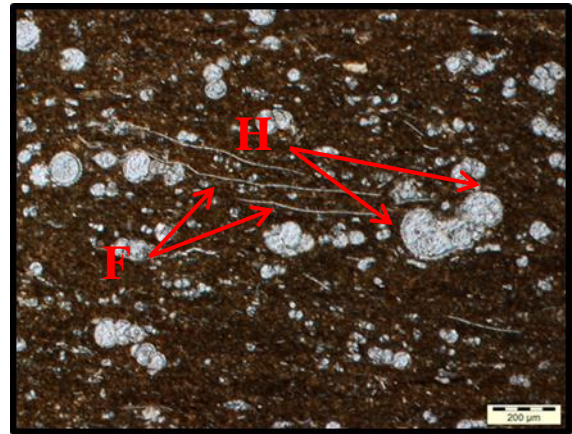


Fig.II.15 : Calcaire Wackstone à Packstone.
F: Filaments. **H** : *Hedbergella*.
Echantillon: 1867.70m

II.1.3. Carotte 09 : L'intervalle analysé compris entre (1865.36m -1850.11m), avec une épaisseur de 15m d'environ .Il montre une alternance des calcaires et des marnes à quelques passés d'argile, il marque aussi la séquence IIA (ROBASNZYNSKI et CARON, 1995).

- Les échantillons : 1865.36m, 1862.58m et 1859.66m, présentent un facies dolomicrite à dolomicrosparite (Fig.II.16).
- Au niveau d'échantillon 1856.58m le facies packstone à filaments et foraminifères planctoniques tels que : *Herbergelles*, *Whiteinelles* et *Heterohelix* .associés à quelques débris d'Echinodermes et *Pithonelles* (Fig.II.17).
- Les échantillons (1860.08m ,1850.65m et 1850.11m) montrent un facies Mudstone à *Heterohelix* avec quelques *Calcisphères*, et *Annélides* (Fig.II.18).

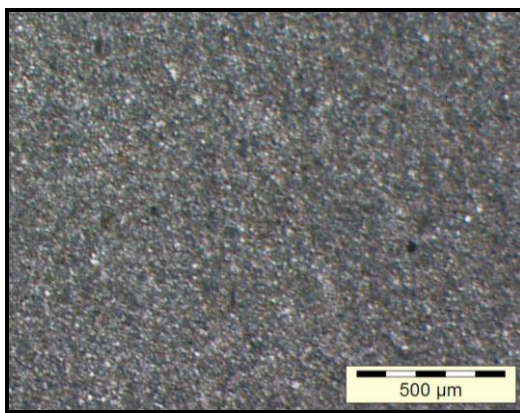


Fig.II.16: facies dolomicrite à dolomicrosparite.
Echantillon : 1862.58m

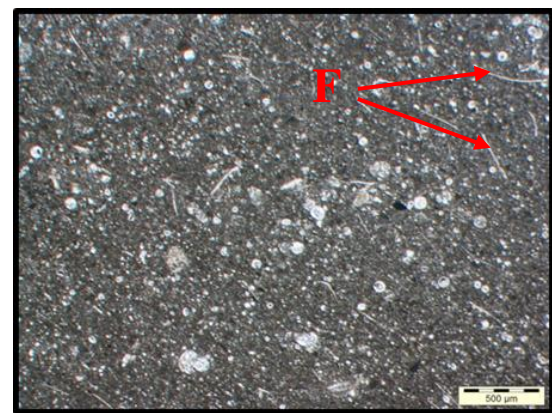


Fig.II.17 : Calcaire packstone à :
F : Filaments.
Echantillon : 1856.58m

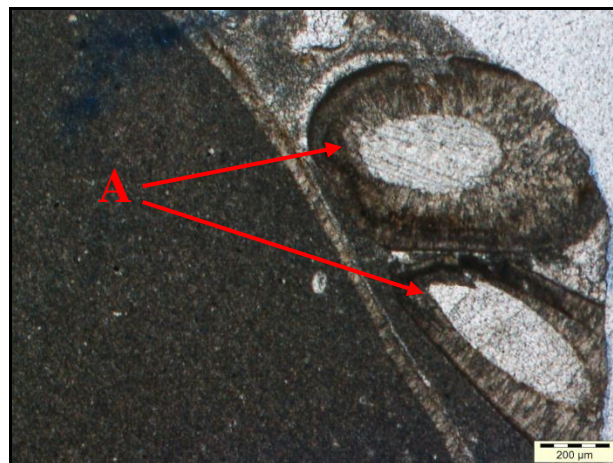


Fig.II.18 : Calcaire Mudstone à
A : *Annélides*
Echantillon : 1860.08m.

II.1.4. Carotte 08 : L'intervalle analysé compris entre (1848.09m -1832.28m), son épaisseur est de 15m d'environ, montre des calcaires noirs à quelques argiles marneux au sommet, présente la séquence IIA.

Les échantillons (1848.09m, 1838.55m, 1835.33m et 1832.28m) présentent un faciès Wackstone riche en foraminifères planctoniques et benthiques (Fig.II.19). Parmi les foraminifères planctoniques nous citons : *Whiteinella*, *Heterohelix*, *Helvetoglobotrancana* et *Dicarinella*. Ainsi que des foraminifères benthiques tel que : *Dorothia*. L'échantillon 1844.88m montre un faciès Packstone à foraminifères planctoniques et benthiques avec des calcisphères (Fig.II.20).

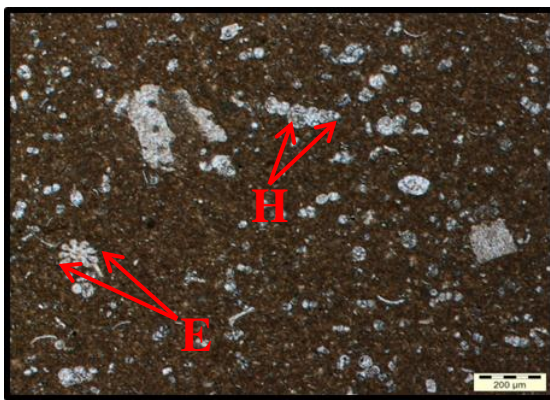


Fig.II.19 : Calcaires Wackstone à foraminifères planctoniques et benthiques.

H : *Heterohelix*. *E* : *Echinoderme*.

Echantillon : 1848.09m

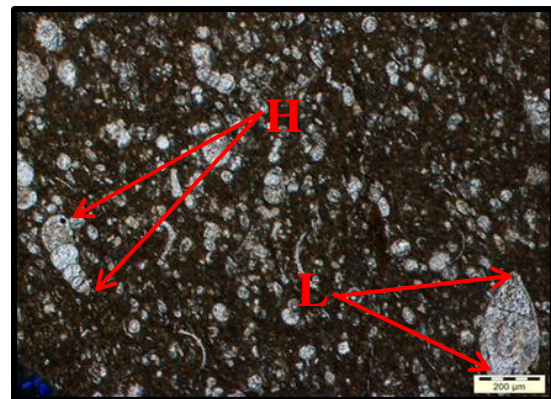


Fig.II.20 : Calcaires Packstone à foraminifères planctoniques et benthiques.

H: *Heterohelix*. *L*: *Lenticulina*.

Echantillon : 1844.88m

II.2. Sondage B

Le sondage B est situé au Sud-Ouest de périmètre El-Bottena, limité au Nord par le sondage C à 5km de distance, à l'Est limité par le sondage A à 15km de distance. (Voir la Fig.II.05).

L'intervalle analysé est de nombre de deux carottes (05 et 06), épaisse d'environ 420m ,05 échantillons seulement ont été prélevés à causes de la nature lithologique qui est presque marneuses. (Fig.II.21).

II.2.1.Carotte 06 :

L'analyse des échantillons prélevés dans cet intervalle (2256.40m et 2244.44m) atteindre 12m d'épaisseur, montre une lithologie marneuses à quelques passés d'argiles, avec une texture packstone à foraminifères planctoniques globuleux et carénés, associés à quelques foraminifères benthiques, calcisphères et pithonelles. Parmi les foraminifères planctoniques globuleux nous citons : *Whiteinelles*, *Hedbergelles*, *Heterohelix* et *Globegerinelloides*. (Fig.II.22), les foraminifères planctoniques carénés : *Rotalipora* et les foraminifères benthiques tels que: *Gaudryina*, *Lenticulina* et *Pseudolituonella*. (Fig.II.23). caractérise éventuellement le sommet de la séquence IC.

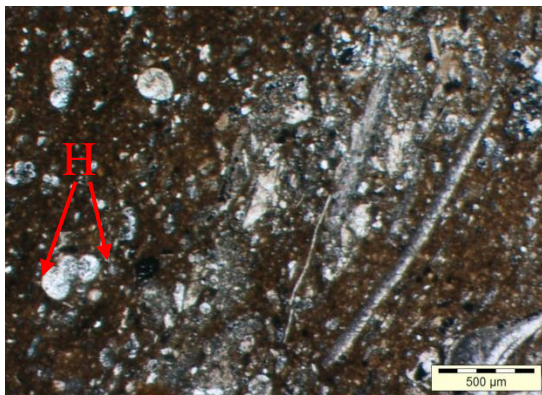


Fig.II.22 : Calcaire Packstone à foraminifères planctoniques.
H : *Hedbergella*.
Echantillon : 2244.44m

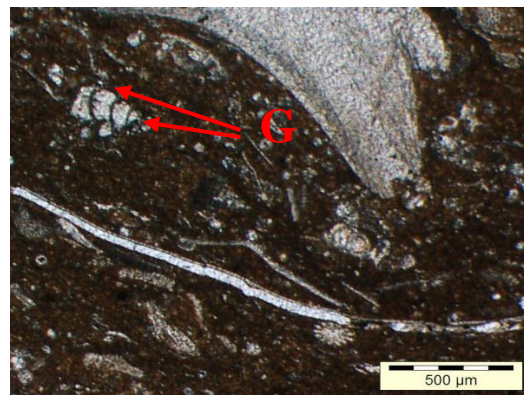
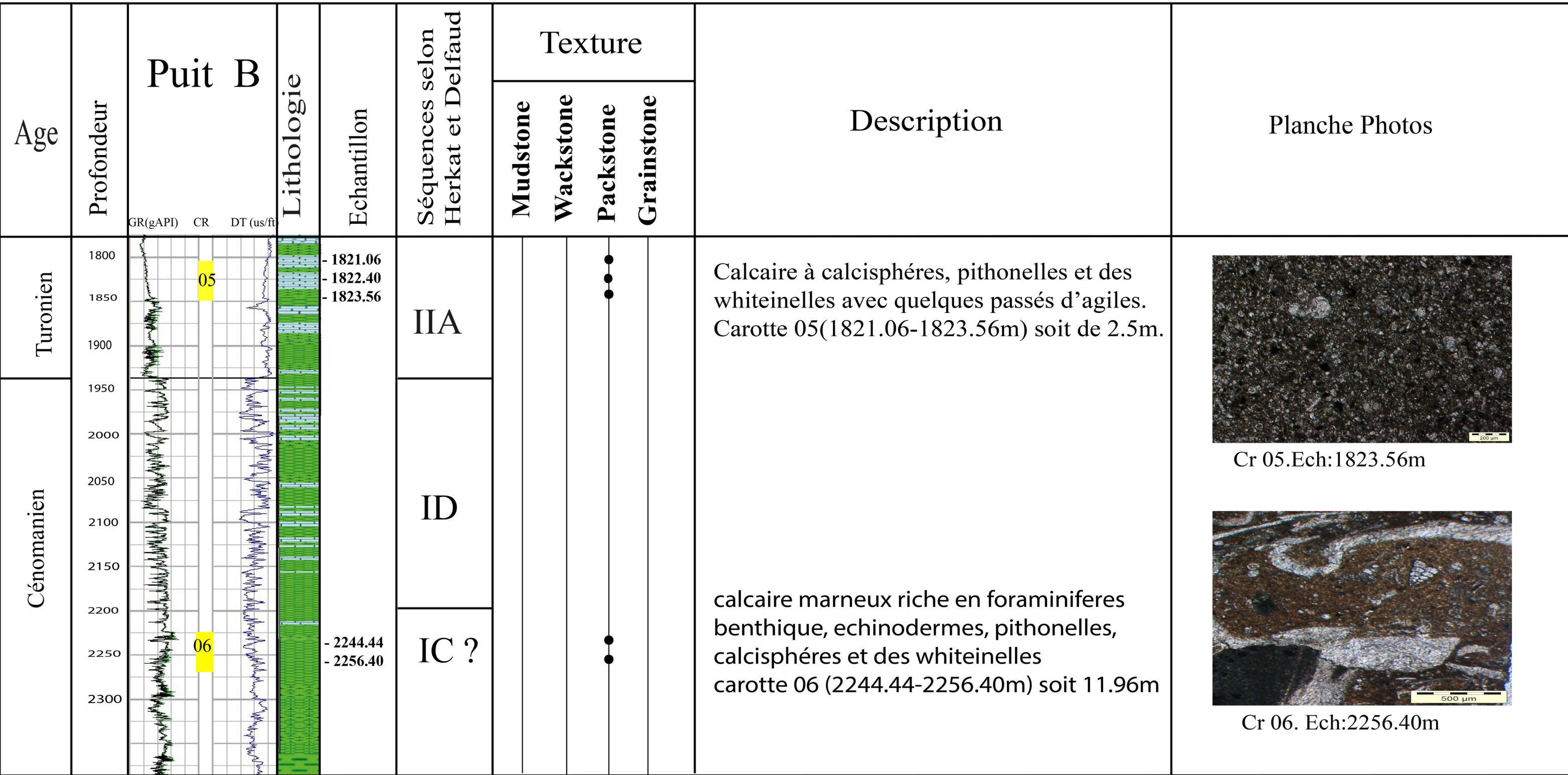






Fig.II.23 : Calcaire packstone à foraminifères benthiques.
G : *Gaudryina*.
Echantillon : 2256.40m



Légende :

- Marne 
- Calcaire 
- Calcaire marneux 
- Argile 

Cr: Carotte.
DT: sonique.
GR: Gamma Ray.
F.P: Foraminifères Planctoniques

Figure.II.21 : Colonne Lithostratigraphique de sondage B de Djebel Darmoun. Cénomanién-Turonien.

II.2.2.Carotte 05 :

Les échantillons analysés compris entre (1823.56m -1821.06m), son épaisseur est d'environ 2.5m, montre des calcaires à passés marneux, avec un facies packstone riche en calcisphères, pithonelles et quelques foraminifères planctoniques tels que : *Heterohelix* et *Whiteinelles* (Fig.II.24). Cette carotte est l'équivalent de la séquence IIA.

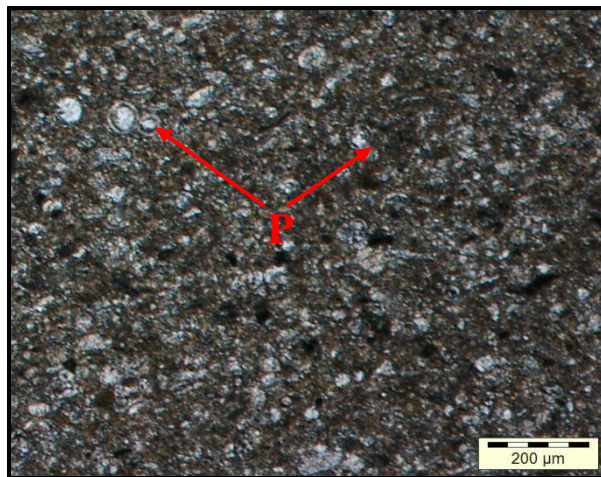


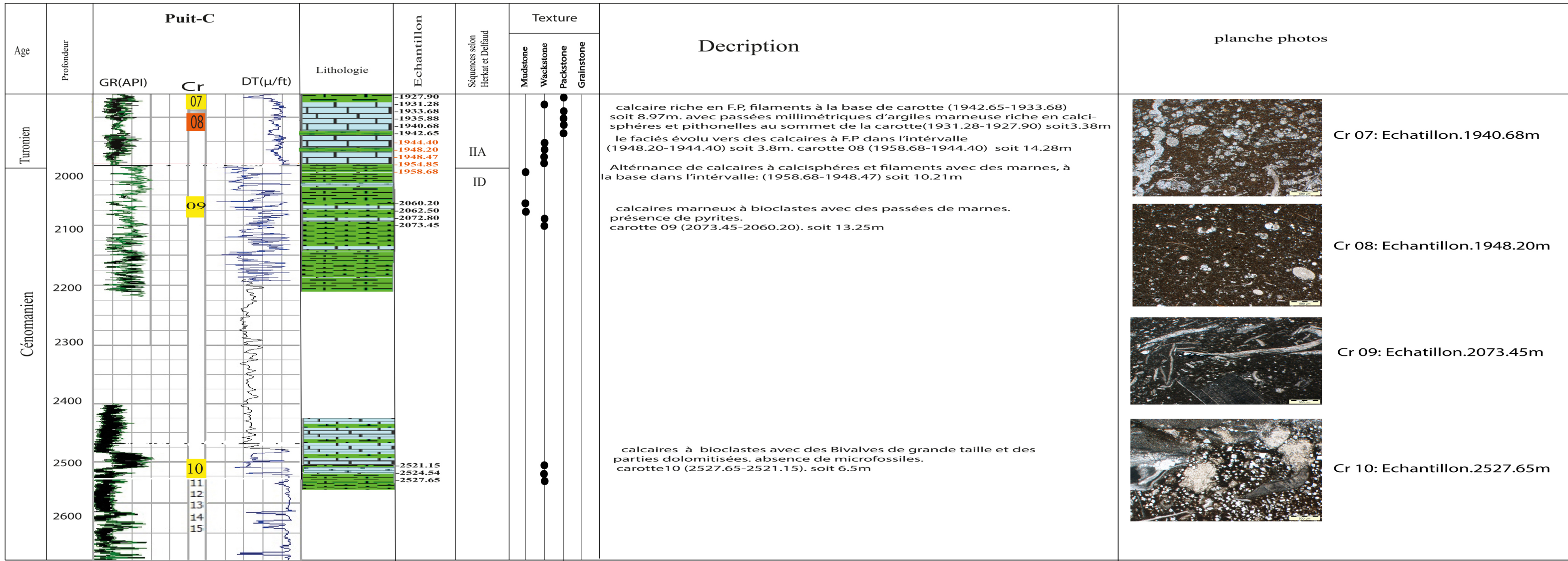
Fig.II.24: Calcaire Packstone à Calcispheres et Pithonelles.
Echantillon : 1821.06m

II.3. Sondage C

Le sondage C se situe au Nord-Ouest de périmètre El-Bottena, limité au Nord-Est par le sondage A à 15km de distance et au Sud-Ouest par le sondage B à 5km de distance (Voir la Fig.II.05).

L'intervalle analysé est de nombre de quatre carottes (07, 08, 09 et 10), épaisse d'environ 600m, sur 22 échantillons ont été prélevés sur cet intervalle (**Fig.II.25**).

II.3.1.Carotte 10 : L'intervalle analysé compris entre (2527.65m-2521.15m), son épaisseur est d'environ 6m, il se présente par des calcaires noirs à quelques passés marneux avec une texture Wackstone à bivalves de grandes taille, on note aussi la présence des parties dolomitisées (Fig.II.26) et (Fig.II.27). Cet intervalle marque la séquence ID.



Légende:

- Marne
- Calcaire
- Calcaire marneux
- Argile

- Cr: Carotte.
- DT: sonique.
- GR: Gamma Ray.
- F.P: Foraminifères Planctoniques

Figure.II.25 : Colonne Lithostratigraphique de sondage C de Djebel Darmoun. Cénomanién-Turonien.

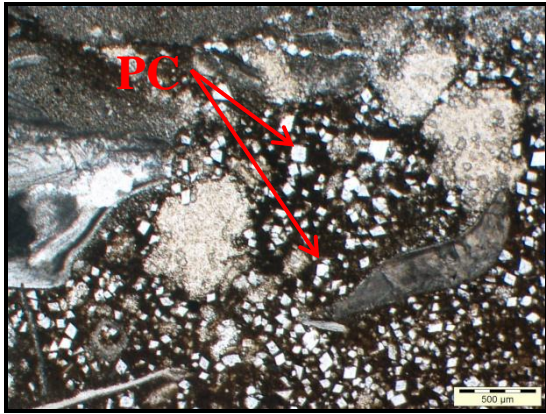


Fig.II.26 : Calcaire Wackstone
PD : parties dolomotisées
Echantillon : 2527.65m

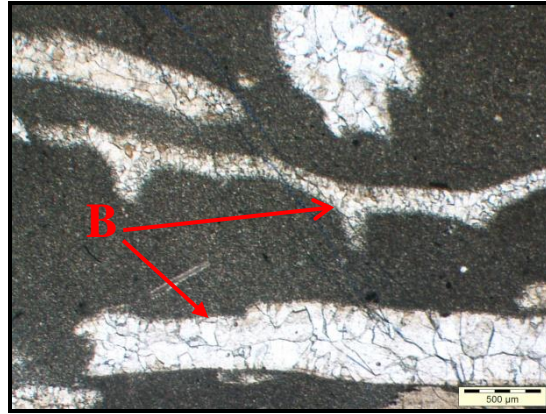


Fig.II.27: Calcaire Wackstone
B: *Bivalves*.
Echantillon: 2521.15m

II.3.2. Carotte 09 : L'analyse des échantillons répartis le long de cet intervalle (2073.45m-2060.20m) à une épaisseur de 13m, montre des calcaires à dominance marneuses, qui présente le sommet de la séquence ID.

- Les échantillons (2073.45m et 2072.80m) présentent un facies Packstone débris de bivalves et les foraminifères benthiques tels que : *Lenticulina* et *Gaudryina* (Fig.II.28).
- Les échantillons (2062.50m et 2060.20m) présentent un facies Mudstone à quelques foraminifères planctoniques comme : *Heterohelix* (Fig.II.29).

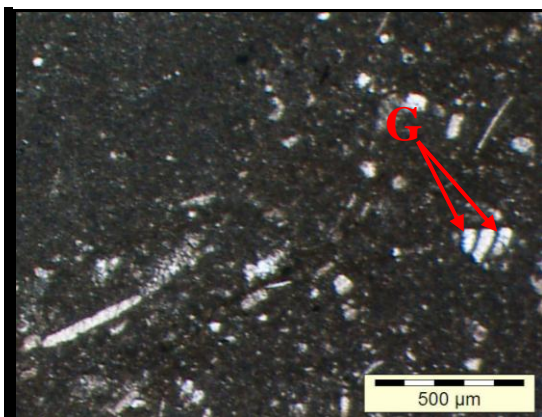


Fig.II.28 : Calcaire Wackstone à foraminifères benthiques
G : *Gaudryina*
Echantillon : 2073.45m

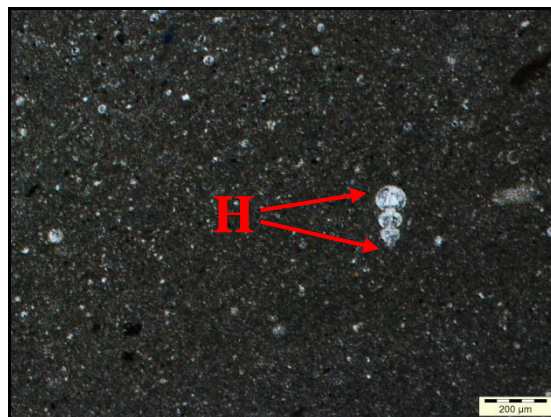


Fig.II.29 : Calcaire Mudstone
H : *Heterohelix*
Echantillon : 2062.50m

II.3.3. Carotte 08 : L'intervalle analysé compris entre (1958.68m-1944.40m), épaisse d'environ 14m, montre des calcaires à quelques intercalations des marnes, marque la base de la séquence IIA.

- Les échantillons (1958.68m ,1958.36m, 1955.25m) présentent un faciès Mudstone à calcisphères (Fig.II.30)
- Les échantillons (1954.85m, 1953.78m, 1948.47m, 1948.20m, 1945.70m et 1944.40m) présentent un faciès Wackstone à Packstone riche en foraminifères planctoniques (Fig.II.31), Calcisphères et foraminifères benthiques comme : *Lenticulina* (Fig.II.32).

Parmi les foraminifères planctoniques : *Whiteinelles*, *Heterohelix*, *Globigerinelloides*, *Hedbergelles* et *Dicarinella*



Fig.II.30 : Calcaire Mudstone
C : Calcisphères
Echantillon : 1955.25m.

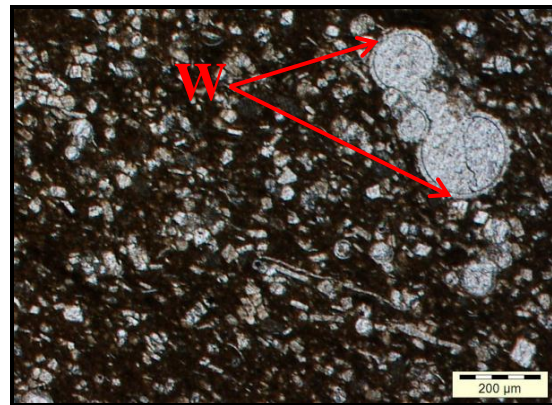


Fig.II.31 : Calcaire Packstone à foraminifères planctoniques.
W : *Whiteinella*.
Echantillon : 1945.70m.

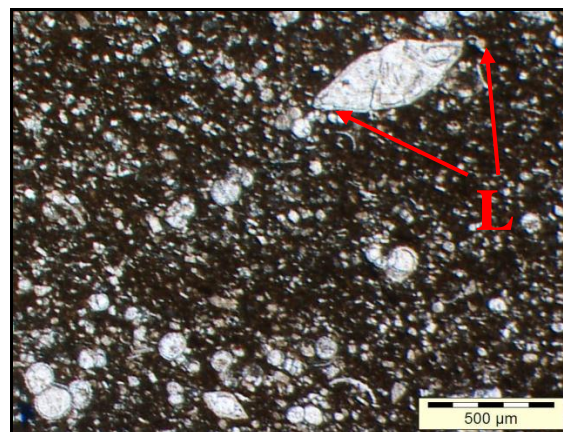


Fig.II.32 : Calcaire Packstone à foraminifères benthiques
L : *Lenticulina.sp*
Echantillon : 1945.70m.

II.3.4. Carotte 07 : L'intervalle analysé compris entre (1942.65m-1927.90m), épaisse d'environ 15m, montre des calcaires à passés d'argiles et marnes, est l'équivalent de la séquence IIA.

- L'échantillon 1931.28m présente un facies Wackstone à calispères et pithonelles (Fig.II.31)
- Les échantillons (1942.65m, 1940.68m, 1935.88m, 1933.68m et 1927.90m) présentent un facies Packtone riche en foraminifères planctoniques, calcispères et filaments (Fig.II.32)

Les foraminifères planctoniques tels que : *Whiteinelles*, *Hedbergelles*, *Dicarinella*, *Helvetoglobotruncana*.

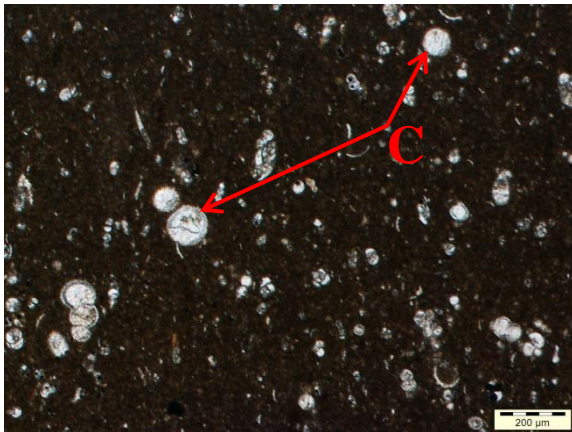


Fig.II.33 : Calcaires Wackstone
C: *Calcispères*
Echantillon: 1931.28m.

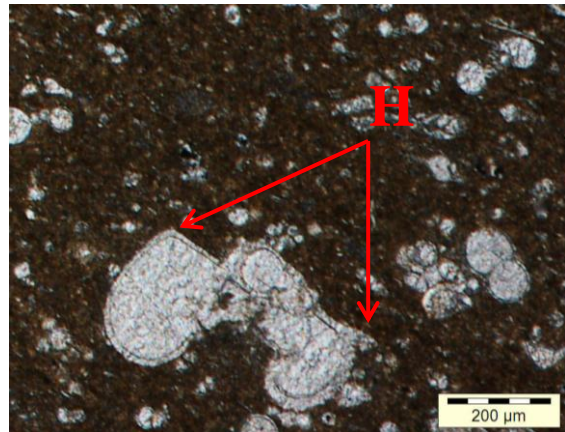


Fig.II.34: Calcaire Wackstone
H: *Helvetoglobotruncana*
Echantillon: 1935.88m.

III. Environnement de Dépôt

Au cours du Crétacé supérieur les facteurs de sédimentation ainsi que les conditions d'environnements du Bassin Sud Est Constantinois ont favorisé l'épanouissement de diverses espèces de foraminifères planctoniques et benthiques. C'est encore le siège d'une sédimentation carbonatée (calcaires ou calcaires marneux) où les faciès disaérobiques et anoxiques représentent une large proportion. L'absence d'un talus fortement incliné entraîne le non développement des dépôts turbiditiques.

A la limite Cénomanién-Turonien basal, l'évènement à filaments a été identifié à l'échelle mondiale. Sont bien représentés dans des calcaires noirs finement laminés, en plaquettes. Ces calcaires noirs sont déposés dans un environnement plus ou moins anoxique exemple le sondage A : dans un intervalle (1890.33-1856.58m), inclus dans la partie distale d'une rampe, ces filaments deviennent particulièrement abondants. En termes de milieux de dépôt, leur abondance est l'expression d'une ouverture du milieu, faisant suite à une restriction accompagnée d'une anoxie ayant favorisé le dépôt des black shales.

L'existence des Calcisphères qui sont considérées comme de petits corps sphérique creux de calcite. Il s'agit probablement d'organes de reproduction calcifiés, selon ADAMS et *al.* 1994 in OUIKENE, 2011, dans les sondages A, B et C, en association avec les foraminifères planctoniques globuleux on note: *Whiteinella baltica*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Heterohelix moremani*, *Heterohelix reussi* et *Heterohelix globulosa*, et avec les foraminifères planctoniques carénés exemple : *Rotalipora cushmani* et *Rotalipora greenhornensis*, ainsi que les foraminifères benthiques, nous citons : *Dorothia*, *Gaudryina* et *Lenticulina*. Indiquent un milieu marin profond.

Une mauvaise oxygénation peut également se traduire par la présence sur le fond de certains éléments minéraux, comme la pyrite notamment, qui est besoin, pour se former, des conditions réductrices. Ce dernier est très fréquent dans les niveaux étudiés en particulier le sondage A: les tests de foraminifères sont en effet fréquemment pyritisés. Ce qui est témoin d'un milieu de dépôts profond, et qui s'inscrit dans un cycle transgressif, au cours du Cénomanién et du Turonien inférieur. Selon ANDREU (1991), deux explications peuvent être fournies quant à la pyritisation des coquilles (ou des carapaces s'il s'agit d'Ostracodes). Pour OERTLI (1971), dans un milieu calme et confiné, à taux de sédimentation (fine) élevée, la

matière organique est préservée sur le fond, où se développent des conditions réductrices. Pour PEYPOUQUET (1977), la décomposition des éléments nutritifs dans des eaux à forte productivité est à l'origine d'un déficit en oxygène et subséquemment de la pyritisation des coquilles. L'ensemble de ces indices laissent donc supposer l'existence d'un milieu appauvri en oxygène.

Les marnes à foraminifères planctoniques qui est présentés dans la carotte 11 de sondage A, en fait ces niveaux d'accumulation de foraminifères planctoniques, correspondent le plus souvent à des horizons de condensation de microfaunes accompagnant les phases transgressives, et qui se développent préférentiellement lors du maximum transgressif correspondant au passage de l'intervalle transgressif vers le prisme de haut niveau (séquence IIA), échantillon (1890.33-1887.57m), selon (HERKAT et DELFAUD).

Plusieurs modèles de plate-forme ont été proposés par différents auteurs afin d'arriver à une plus grande objectivité et homogénéité dans la description sédimentologique, et de faciliter l'interprétation des paléo-environnements, c'est pour cela ils ont proposé une série de "microfaciès standards" qui se voient similaires avec les conditions de chaque milieu et environnement de dépôt.

L'utilisation des microfaciès standards permet de mieux préciser les environnements de dépôt et de compléter en conséquence le modèle standard.

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. (WILSON, 1975),(Fig.II.35).

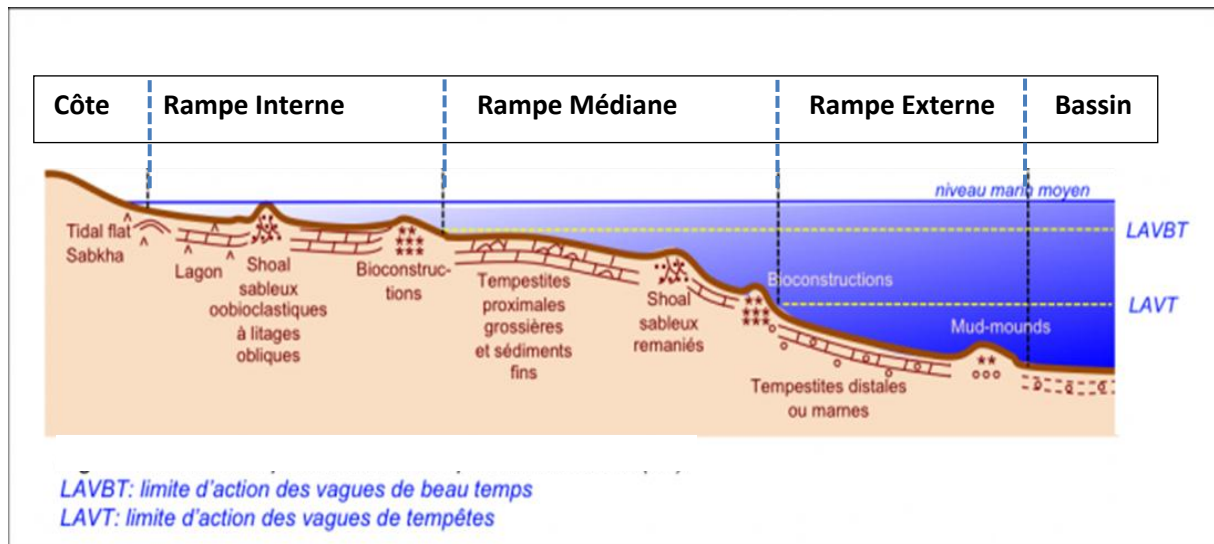


Fig.II.35 : Modèle de Rampe Carbonatée et Répartition de Faciès. (D'après WILSON, 1975)

La **rampe externe** correspond à la zone située sous la limite d'action des vagues de tempêtes (LAVT). La profondeur peut varier de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres. Cette zone se caractérise par un faible hydrodynamisme dans laquelle se déposent des calcaires fins. Les dépôts sont lités. Dans ce travail ; Les roches carbonatées montrent une texture mudstone on cite : l'intervalle (1865.36-1850.11m) dans la carotte 09, sondage A, l'échantillon 2073.45m et l'intervalle (2062.50-2060.20m) dans la carotte 09, sondage C, accompagner dans le même sondage l'échantillon 1954.85 et 1948.20m de la carotte 08.

Un faciès wackestone échantillonner dans certains carotte telleque la 07et la 09 dans le sondage C et la carotte 11,10 et 08 dans le sondage A. Ces deux faciès alternent avec des niveaux marneux ou argileux. La faune comprend majoritairement des organismes benthiques Echinodermes, *Dorothia* et *Lenticulina*) auxquels peuvent être associées à quelques formes planctoniques. La sédimentation pélagique (boues à organismes planctoniques) marque l'entrée dans l'environnement de bassin.

La **rampe médiane** est située entre la limite d'action des vagues de beau temps (LAVBT) et celle des vagues de tempêtes (LAVT). La profondeur est de quelques dizaines de mètres. Dans les sondages étudiés un faciès packstone se voit sur le sondage B, et quelques échantillons dans la carotte 07, sondage C et rare dans le sondage A (1844.88m carotte 08).

Conclusion

Au terme de cette étude pétrographique menée sur 54 échantillons du Cénomanién-Turonien appartenant aux sondages A, B, et C, nous avons retenu la conclusion suivante :

Plusieurs types de lithofaciès sont déterminés. Ils témoignent d'une sédimentation de plate-forme carbonatée, dominées par les faciès de rampe et un milieu marin profond, la détermination du type rampe demeure un facteur primordial dans la justesse des interprétations paléo-environnementales attribuées aux échantillons étudiés.

CHAPITRE III :
Etude Biostratigraphique

Introduction

L'étude biostratigraphique de notre travail s'appuie essentiellement sur la détermination des foraminifères planctoniques, uniquement en lame mince, qui sont considérés comme des bons fossiles stratigraphiques.

Les foraminifères planctoniques réagissent fortement aux fluctuations environnementales, leurs présence ou/et absences et même la prolifération de certaines espèces sont employées pour cibler le passage Cénomaniens-Turonien.

L'association de foraminifères planctoniques, mise en évidence au niveau des sondages A, B, C, permet de définir le découpage zonal, proposé par ROBASINZKY, CARON et G.T.E.F.P(1979), ROBASINZKY et CARON(1995) et de fixer la limite stratigraphique entre le Cénomaniens supérieur et la base du Turonien inférieur (**figure.III.01**).

L'élaboration des biozones est basée essentiellement sur la première et la dernière occurrence des espèces indicatrices telles que : *Rotalipora cushmani* (MORROW), *Whitella archaeocretacea* (PESSAGNO), *Hevetoglobotruncana helvetica* (BOLLI), (ROBASZYNSKI et CARON).

La présence des foraminifères benthiques dans les sondages utilisés en premier lieu pour la datation et également comme témoins de conditions environnementales qui sera traité dans le prochain chapitre.

I. Biozonation des foraminifères planctoniques de sondage A

La distribution des principales espèces de foraminifères planctoniques dans le sondage A, montre des associations qui permettent de définir la succession de trois biozones (**figure.III.03**) :

I.1. Zone à *Rotalipora cushmani pro-parte*

La zone à *Rotalipora cushmani* est une zone d'extension totale, limitée à sa base et à son sommet respectivement par la première et la dernière apparition de l'espèce type de *Rotalipora cushmani* (MORROW). Elle s'étale du Cénomaniens moyen sommital au Cénomaniens supérieur (ROBASZYNSKI et CARON, 1995).

Dans le sondage A, *Rotalipora cushmani* a été identifiée uniquement dans l'échantillon (1897.18m) de la carotte11

Cette biozone est caractérisée au niveau du sondage A par l'association des foraminifères planctoniques suivantes : *Rotalipora greenhornensis*, *Rotalipora sp*, *Whiteinella sp*, *Whiteinella praehelvetica*, *Whiteinella baltica*.

La biozone de *Rotalipora cushmani* couvre uniquement la partie basale de la carotte11. Cette dernière caractérise le sommet de la séquence ID et permet de lui attribuer un âge Cénomaniens supérieur.

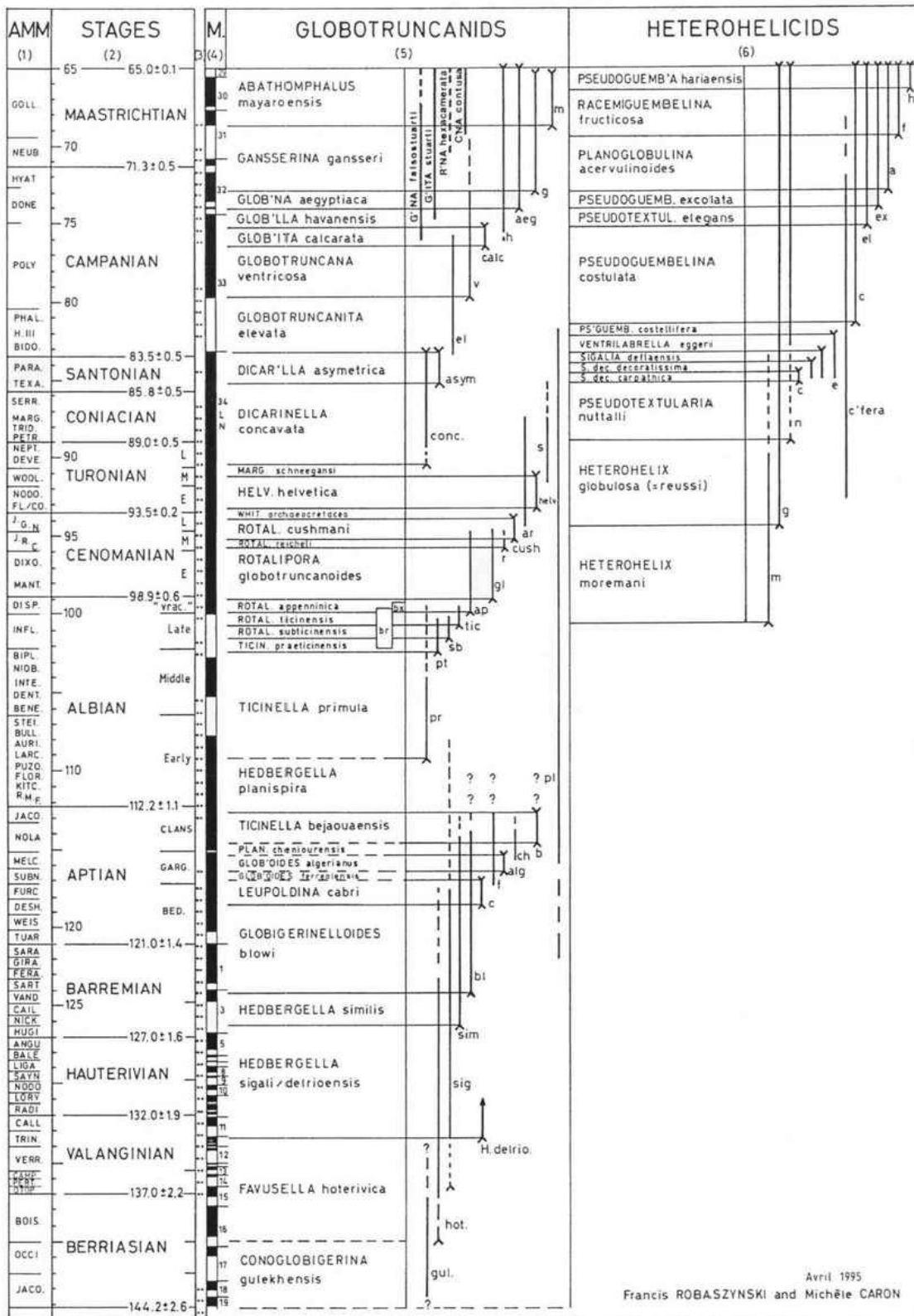
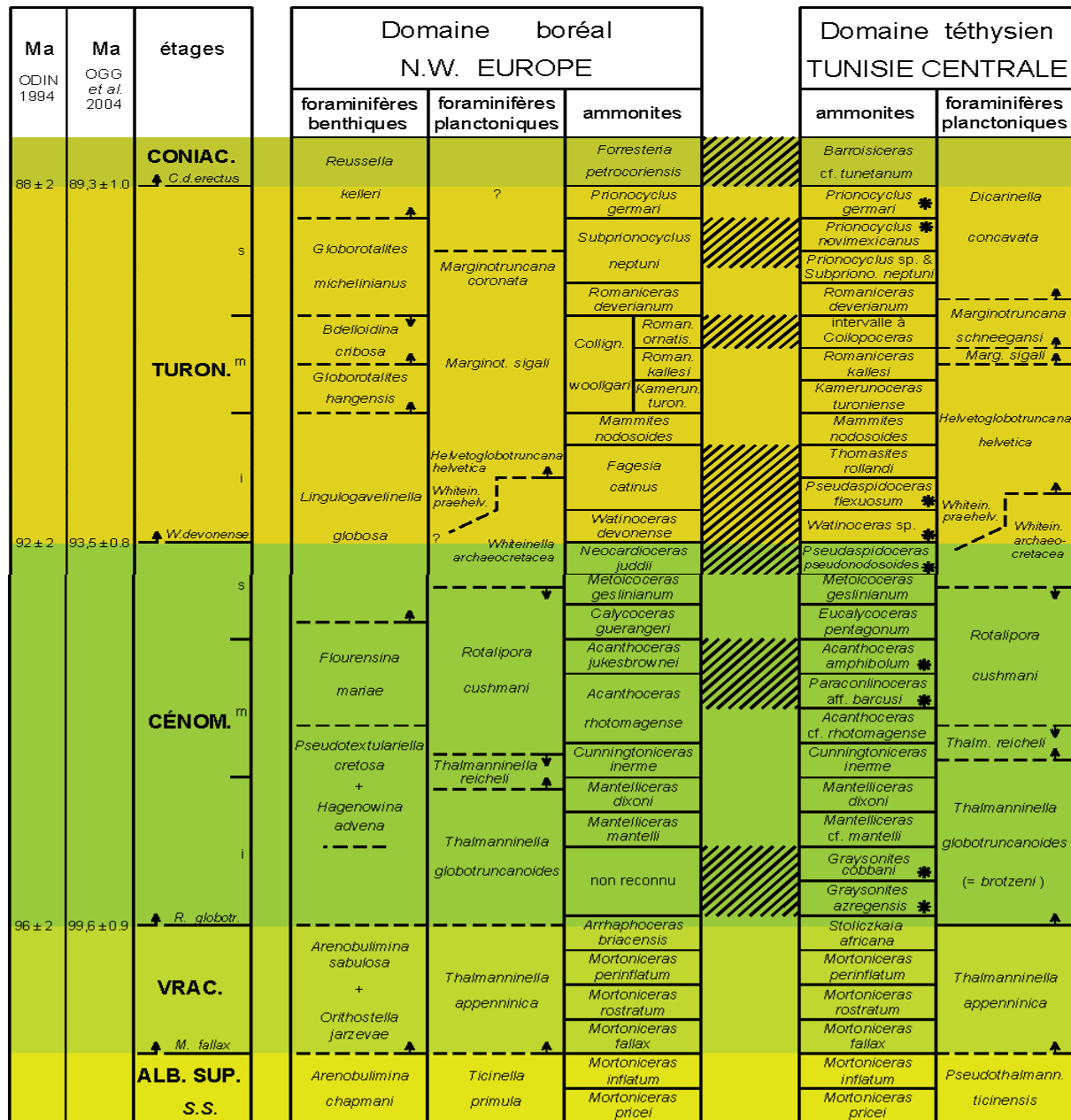


Fig.III.01 : Distribution verticale des espèces-indices de zones dans le groupe des foraminifères planctoniques (ROBASZYNSKI et CARON, 1995).



pas de corrélations directes

* espèces à affinités nord-américaines

Fig.III.02 : Essai de mise en correspondance des zonations d'ammonites et de foraminifères entre le Nord-Ouest de l'Europe (domaine boréal) et la Tunisie centrale (domaine téthysien). Les flèches vers le haut ou vers le bas désignent respectivement les apparitions et disparitions des taxons visés (AMÉDRO et ROBASZYNSKI, 2008).

I.2. Zone à *Whiteinella archaeocretacea*

La zone à *Whiteinella archaeocretacea* est une zone d'intervalle (ROBASZYNSKI et CARON 1995). Cette dernière, recouvre partiellement à sa base l'extinction de *Rotalipora cushmani* (MORROW) et la première occurrence de *Helvetoglobotruncana helvetica* (BOLDI), et marque le Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur.

Dans le sondage A l'espèce *Whiteinella archaeocretacea* (PESSANGO) est présentée au niveau des échantillons (1892.22, 1887.57m) dans la carotte11, (1882.31, 1868.78m) dans la carotte10 et (1848.09m) dans la carotte 08.

L'apparition de *Whiteinella archaeocretacea* associé à des foraminifères planctoniques telque : *Whiteinella baltica*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Heterohelix mormani*, *Whiteinella brittonensis*, *Heterohelix reussi*, *Hedbergella sp*, *Heterohelix globulosa*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Muricohedbergella planispira* et *Whiteinella praehelvetica*.

Cette zone couvre le reste de la carotte 11 et une partie de la carotte 10. C'est l'équivalent de la partie inférieure de la séquence IIA. Ce biozone marque le Turonien inférieur.

I.3. La zone à *Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte*

L'apparition de l'espèce *Helvetoglobotruncana helvetica* marque la limite inférieure de ce biozone, et s'étend tout le long de cette zone qui est l'espèce index (ROBASZYNSKI et CARON, 1995).

Au niveau de sondage A, l'espèce à *Helvetoglobotruncana helvetica* est observée dans la partie supérieure de la carotte10, au niveau de l'échantillon (1868.78m) et dans la carotte 08 au sein de l'échantillon (1835.33 et 1832.28m).

Cette zone comprend les espèces de foraminifères planctonique suivantes : *Whiteinella baltica*, *Heterohelix moremani*, *Whiteinella brittonensis*, *Heterohelix reussi*, *Hedbergella sp*, *Heterohelix globulosa*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Whiteinella praehelvetica*, *preaglobotruncana gibba*, *Whiteinella aprica* et *Dicarinella*.

Cette zone s'étend dans le reste de la carotte 10, la carotte 09 et la carotte 08. Elle permet d'attribuer un âge Turonien inférieur, elle marque aussi la séquence IIA (ROBASZYNSKI et CARON, 1995).

II. Biozonation des Foraminifères Planctoniques de Sondage B

Selon la distribution verticale des foraminifères planctoniques, nous supposant l'existence de deux biozones dans ce sondage. Seul 5 lames minces ont été étudiées dans ce sondage (**figure III.04**) :

II.1. Zone à *Rotalipora cushmani pro-parte*

Cette zone est caractérisée par l'association de foraminifères planctoniques suivants : *Thalmananninella globotruncanoides*, *Whiteinella.sp*, *Hedbergella.sp*, *Whiteinella baltica*, *Globogerinoides sp*, *Hedbergella delrionensis*.

Par conséquent, cette association de foraminifères planctoniques pourrait appartenir à la biozone de *Rotalipora cushmani pro-parte*, cette supposition doit être confirmée par la découverte du taxon-index, que nous n'avons pas observé dans les lames minces.

La présence de foraminifère benthique *Hemicyclamina sigali* caractéristique du Cénomaniens supérieur permet probablement de confirmer cette attribution stratigraphique.

Le foraminifère benthique et l'association des foraminifères planctoniques permettant d'attribuer probablement un âge Cénomaniens supérieur à la carotte 06, qui caractérise éventuellement le sommet de la séquence IC et la séquence ID.

Il faut donc rester réservé quant à l'attribution stratigraphique des niveaux concernés.

II.2. La zone à *Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte*

Dans ce sondage nous avons mis en évidence une association de foraminifères planctoniques constituée de : *Whiteinella baltica*, *W. paradubia* et *heterohelix sp*. Cette association est reconnue au niveau de carotte 05 du sondage B et l'équivalent probablement d'une partie de la séquence IIA et caractérise selon ROBASZYNSKI *et al.* (1979) ; CARON, (1985) ; CARON *et al.* (2006) la zone à *Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte*

Ainsi, en l'absence d'*Helvetoglobotruncana helvetica*, espèce qui n'est pas observée dans les lames minces examinés, il n'est pas possible de définir la partie inférieure de ce biozone

A la carotte 05, nous attribuons probablement un âge Turonien inférieur, reconnue par l'existence de l'association citée ci-dessus.

III. Biozonation des Foraminifères Planctoniques de Sondage C

La distribution des principales espèces de foraminifères planctoniques dans le sondage C, montre des associations qui permettent de définir la succession trois biozones (**figure.III.05**) :

III.1. La zone à *Rotalipora cushmani* pro-parte

Cette zone date le Cénomaniens supérieur ; elle est reconnue uniquement par l'association de foraminifères planctoniques suivants : *Whiteinella baltica*, *Heterohelix* sp, et *Hedbergella* sp. Selon ROBASZYNSKI *et al.* (1979) ; CARON, (1985) ; CARON *et al.* (2006)

La limite inférieure et supérieure de cette zone, qui est définie par la présence de l'espèce caractéristique de cette zone *Rotalipora cushmani*, ne peut l'être déterminée dans ce sondage en raison de l'absence de cette espèce.

A cette zone nous rattachons la carotte 09 et son équivalent selon HERKAT *et al.* La séquence ID.

III.2. Zone à *Whiteinella archaeocretacea*

Pour la détermination de cette biozones nous avons utilisé l'association des foraminifères planctoniques : *Whiteinella praehelvetica*, *Heterohelix globulosa*, *Dicarinella*.sp, *Whiteinella aprica*, *Muricohedbergella simplex*, *Hedbergella delrioensis*, et *Globigerinelloides*.sp.

Cette zone couvre l'ensemble de la carotte 08 et la partie basale de la carotte 07. C'est l'équivalent de la partie sommitale de la séquence ID et la partie basale de la séquence IIA.

L'événement à filament est identifié dans cette biozone, au niveau de la carotte 08, dans l'échantillon 1958.68m

III.3. La zone à *Helvetoglobotruncana helvetica* pro-parte

L'espèce index de cette biozone est identifiée au niveau de la carotte 07, dans l'échantillon (1935.88m), associée à : *Whiteinella* sp, *W. aprica*, *W. baltica*, *W. paradubia*, *Heterohelix* sp, *H. ressi*, *H. moremani*, *H. globulosa*, *Hedbergella* sp, *Dicarinella* sp, *praeglobotruncara aff. gibba* et *Globigerinelloides* sp

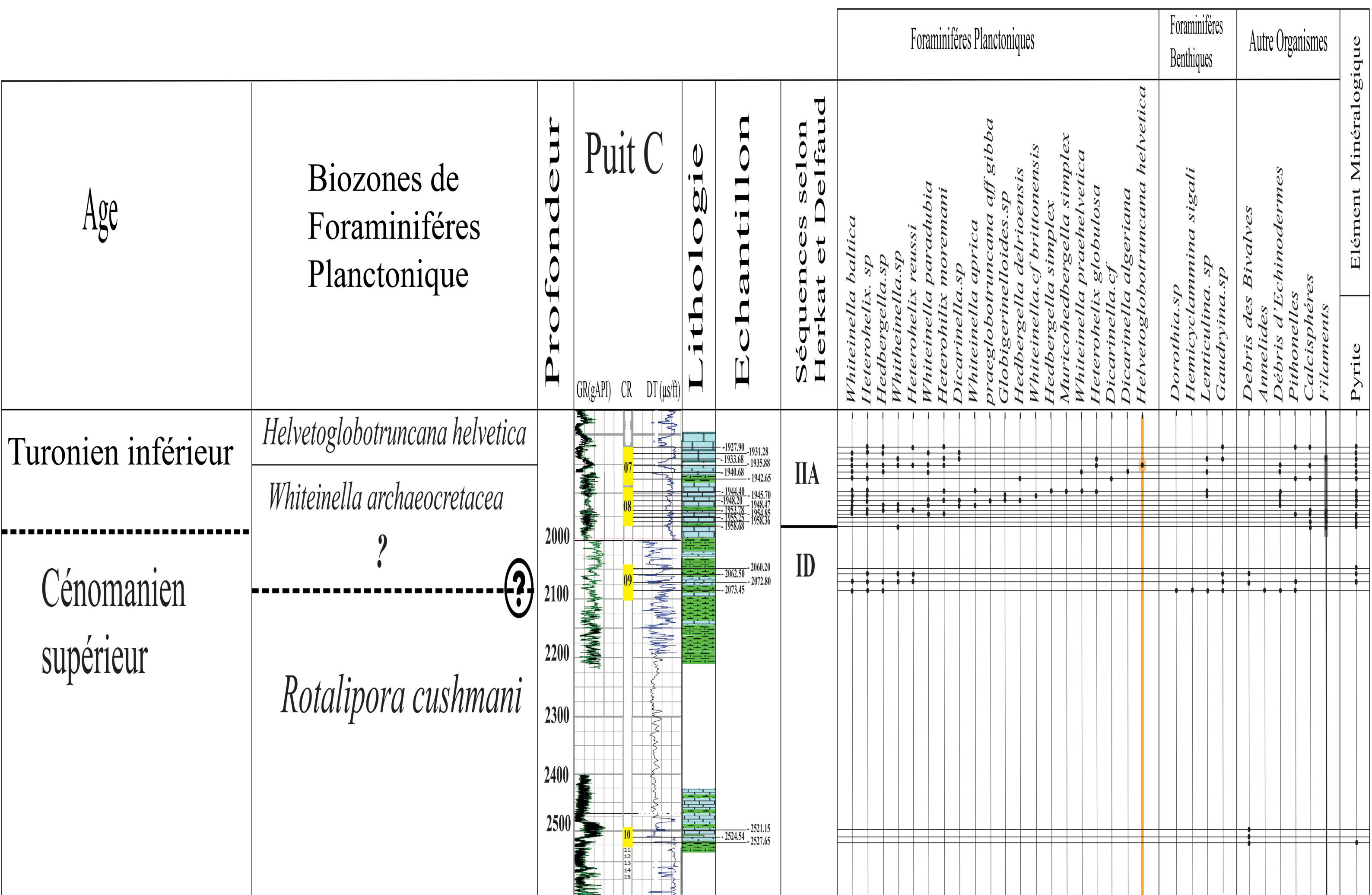


Figure.III.05: Colonne lithobiostratigraphique de Sondage C de Djebel Darmoun. Les couleurs représentent l'extension de Biozone à foraminifères planctoniques et l'événement à Filaments.

Dans ce sondage, cette zone date le Turonien inférieur, et couvre la partie supérieure de la carotte 7 et la partie supérieure de la séquence IIA.

IV. La limite Cénomanién -Turonien

Ce passage caractérisé par un évènement d'anoxie mondialement reconnu dès 1976 par SCHLANGER et JENKYNS. La limite Cénomanién-Turonien se définit par la survenue de différents évènements, dont certains sont bien caractérisés dans les niveaux étudiés.

- Le dépôt des couches riches en matière organique
- La rareté, voire l'absence complète de faune et microfaune benthique,
- Et dans le même temps, la dominance de la microfaune planctonique, souvent peu diversifiée mais très prolifique,
- L'absence de formes planctoniques carénées, et l'extinction de la lignée des *Rotalipora*.

Pour mieux caractériser l'emplacement de la limite Cénomanién-Turonien, CARON et al, 2006 (**Fig.III.06**) ont défini 05 évènements biostratigraphiques cités dans l'ordre chronologique :

- **Évènement 1** : extinction de *Rotalipora cushmani* (MORROW) du Cénomanién.
- **Évènement 2** : L'arrivée massive des hétérohélidés ou l'évènement à *Heterohelix*.
- **Évènement 3** : Cet évènement correspond à la dernière occurrence d'*Anaticinella multiloculata* (MORROW) et *Anaticinella planoconvexa* (LONGORIA). Elles sont actuellement connues, respectivement, sous la dénomination *Thalamninella multiloculata* et *Rotalipora planoconvexa* (DESMARES et al. 2008).

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

- **Évènement 4** : Correspond à la présence en masse de petits bivalves (DESMARES, 2005) c'est l'évènement à filaments.
- **Évènement 5** : Cet évènement est représenté par la première occurrence d'*Helvetoglobotrunca helvetica* (BOLLI), foraminifère planctonique caréné marqueur du Turonien inférieur.

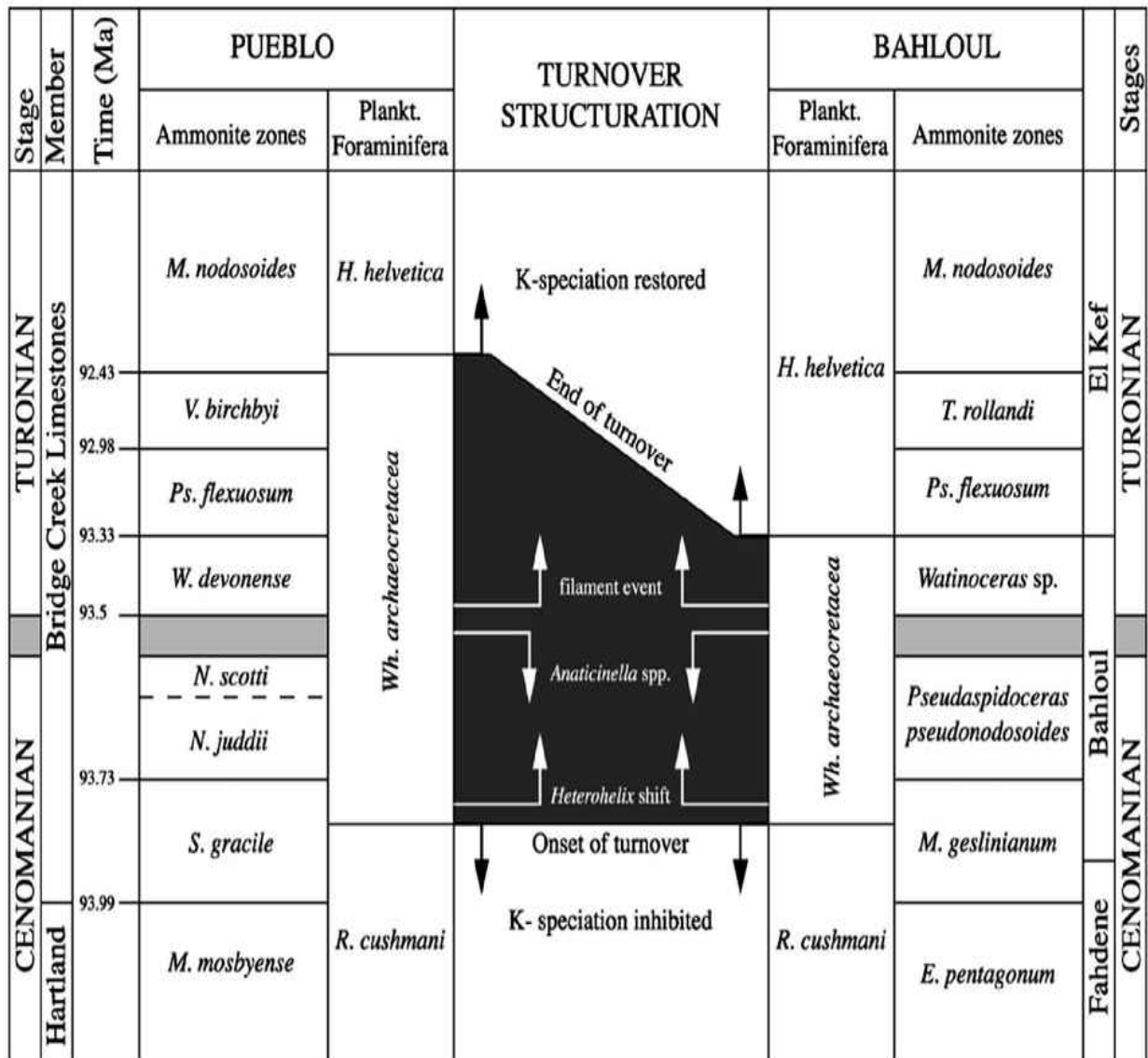


Fig.III.06: position des 5 événements biologiques, structurant l'intervalle, et qui couvrent la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe de Rock Canvon Anticline.à l'ouest de Pueblo et la coupe l'oued Bahloul en Tunisie centrale : la dernière présence de *R. cushmani*, le retour en masse des *Heterohelix*, 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 les sondages A et C, on note l'enregistrement de trois événements qui sont comme suit :

IV.1. L'Extinction de *Rotalipora cushmani*

Cette espèce de foraminifères planctoniques est carénée, qui peuple le milieu marin profond oxygéné. Elle est très sensible aux changements des conditions environnementales. Au cours de l'événement océanique anoxique du passage céno-manien-turonien ces formes vont connaître une diminution nette voir leur disparition totale.

La dernière occurrence de *Rotalipora cushmani* est un bio-événement pris comme repère pour localiser la limite céno-manien-turonien (CORAN et al 2006 ROBASYNSKI et al 2010).

Dans le sondage A, on enregistre la dernière apparition de *Rotalipora cushmani* au niveau de la partie basale de la carotte 11, échantillon (1897.18m).

Par contre dans le sondage C, l'identification de la dernière apparition de *Rotalipora cushmani* a été mise en évidence au niveau d'échantillon (2073.45m) de la carotte 09.

IV.2. L'événement à Filaments

Cet événement reconnu uniquement en lames minces, sont des petits bivalves qui lors de leurs phase larvaire planctonique, peuvent se développent rapidement et coloniser les environnements favorable, peu à peu, les formes juvéniles rejoignent le fond marin, où les eaux males oxygénées les conduisent à la mort.

Cet événement a été identifié à l'échelle mondiale, à la limite céno-manien -turonien, et se situe immédiatement en dessus de cette limite (CARON et al 2006).

L'apparition des filaments en abondance dans le sondage A est marqué dans la carotte 11 au niveau de l'échantillon 1890.33m

Dans le sondage C l'événement à filaments apparait dans la carotte 09 et au niveau de la lame mince de l'échantillon : 1958.68m

IV.3. Première occurrence d'*Helvetoglobotruncana helvetica*

Cet événement est défini par la première occurrence d'*Helvetoglobotruncana helvetica* qui est une espèce mono-carénée, colonisent les milieux profonds (CARON et HOMEWOOD 1983 Hart 1999). Elle apparait lorsque les conditions d'oxygénation deviennent normales. L'*Helvetoglobotruncana helvetica* marqué le turonien inférieur.

Au niveau de sondage A, l'occurrence d'*Helvetoglobotruncana helvetica* est marquée dans l'échantillon (1868.78m) et la carotte 08.

Cette occurrence positionnée aussi dans le sondage C au niveau de la carotte 07 dans l'échantillon (1935.88m).

Le passage Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur a été reconnu uniquement dans deux sondages : A et C, grâce à la détermination des différents bio-événements,

Cette limite se fixe en dessous de l'événement à filaments dans chaque sondage :

- Sous l'échantillon (1890.33m) du sondage A.
- Sous l'échantillon (1958.68m) pour le sondage C.

Néanmoins, l'absence de cet événement dans la partie carotter de sondage B, nous a permis pas d'ignorer cette limite. Par ailleurs, il est possible de l'identifier selon les réponses diagraphiques (Gamma Ray et le Sonique), il est possible de tracer cette limite au-dessus de la profondeur 1950m (voir la planche III.04).

Conclusion

L'attribution chronobiostratigraphique des sondages A, B et C du djebel Dermoun dans la région du bassin Sud-Est constantinois, fonder sur l'analyse de la répartition des foraminifères planctoniques et des foraminifères benthiques, permet de reconnaître les biozones à *Rotalipora cushmani pro-parte*, la zone *Whiteinella archaeocretacea*, et la zone à *Helvetoglobotruncana helvetica pro-parte*

Les zones définies permettent de dater les unités lithostratigraphique ou les carottes :

- Sondage A: Cénomaniens supérieur : Carotte 11, échantillon (1897.18-1892.22m).
Turonien inférieur : Carotte 11, échantillon (1890.33-1887.57m).
Carotte 10, échantillon (1884.42-1867.70m).
Carotte 09, échantillon (1865.36-1850.11m).
Carotte 08, échantillon (1848.09-1832.28m).

- Sondage B : Cénomaniens moyen à supérieur : Carotte 06, échantillon (2256.40-2244.44m).
Turonien inférieur : Carotte 05, échantillon (1823.56-1821.06m).

- Sondage C : Cénomaniens supérieur : Carotte 10, échantillon (2527.65-2521.15m).
Carotte 09, échantillon (2073.45-2060.20m).

Turonien inférieur : Carotte 08, échantillon (1958.68-1944.40m).
Carotte 07, échantillon (1942.65-1927.90m).

La limite Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur est placées dans le sondage A et C respectivement au niveau de l'échantillon (1890.33m) et l'échantillon (1958.68m).

PLANCHE III.01

Fig.01: *Rotalipora cf. cushmani*

Sondage A, Cr 11: Ech: 1897.18m.

Fig.02: *Rotalipora greenhornensis*

Sondage A, Cr 11, Ech. : 1897.18m.

Fig.03: *Rotalipora. sp*

Sondage A, Cr 11, Ech. : 1897.18m.

Fig.04: *Dorothia sp.*

Sondage A, Cr11, Ech : 1897.18m

Fig.05: *Whiteinella sp* (loge globuleuses)

Sondage A, Cr 11, Ech : 1897.18m

Fig.06: *Whiteinella Brittonensis*

Sondage A, Cr11, Ech : 1896.45m

Fig.07 : faciès à calcisphère et à pithonelles

Sondage A, Cr11, Ech.1896.45m

Fig.08 : *Whiteinella baltica*(section équatoriale)

Sondage A, Cr 11, Ech.1892.22m

PLANCHE III.01

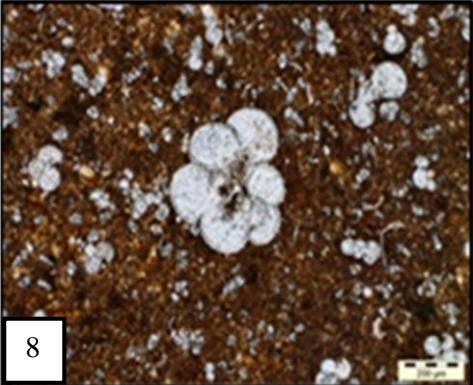
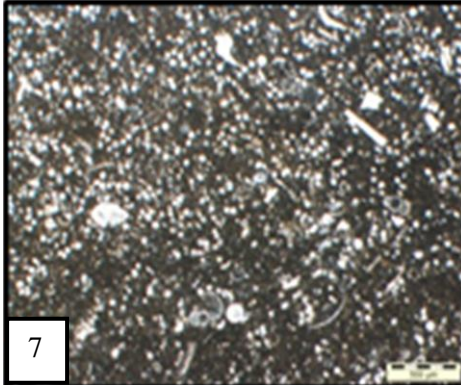
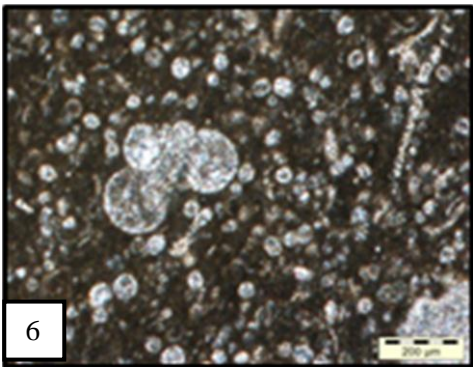
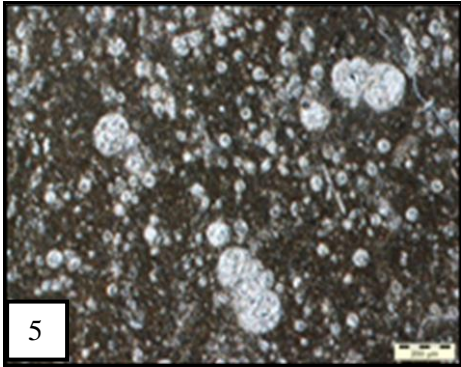
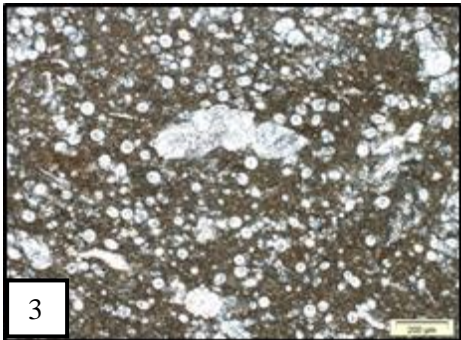
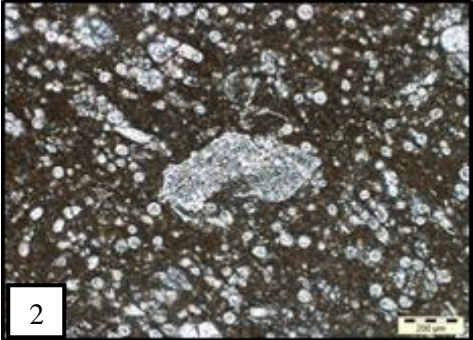
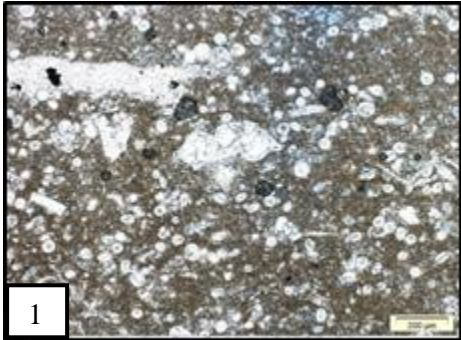


PLANCHE III.02

Fig.01 : Faciès laminé et à filament

Sondage A, Cr 11, Ech. : 1890.33m

Fig.02: *Whiteinella praehelvetica*

Sondage A, Cr 11, Ech.1890.33m

Fig.03: *Whiteinella baltica*

Sondage A, Cr 11, Ech.1890.33m

Fig.04: *Praeglobotruncana cf.stephani*

Sondage A, Cr 11, Ech.1887.57m

Fig.05 : *Whiteinella* sp.

Sondage A, Cr 10, Ech.1882.31m

Fig.06: *Lenticulina*

Sondage A, Cr10, Ech.1882.31m

Fig.07: Annélides

Sondage A, Cr 09, Ech.1860.08m

Fig.08: *Whiteinella cf.brittonensis*

Sondage A, Cr 09, Ech.1859.66m

PLANCHE III.02

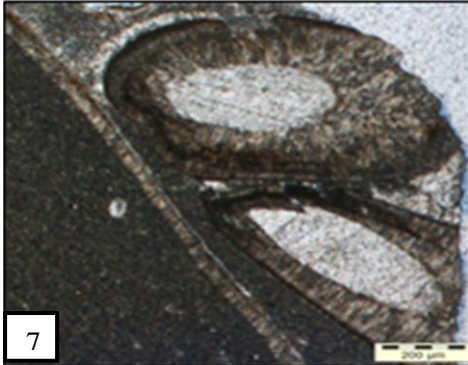
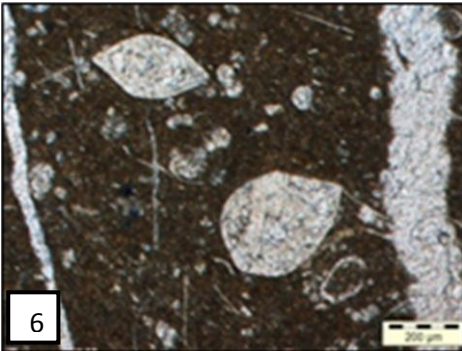
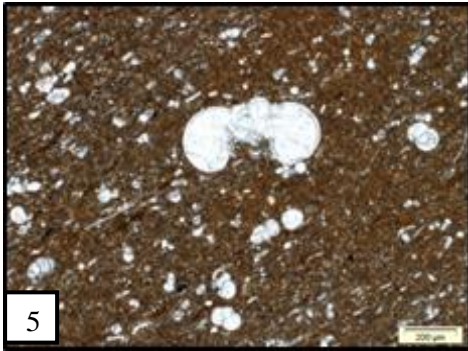
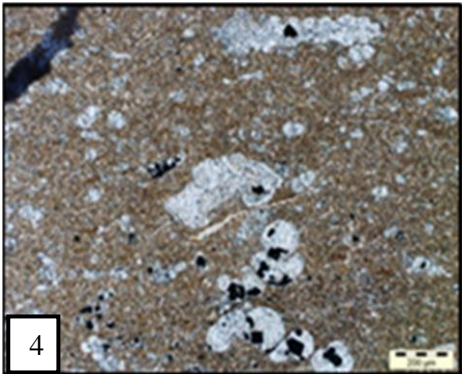
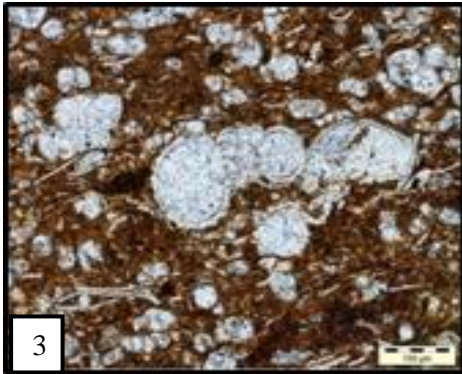
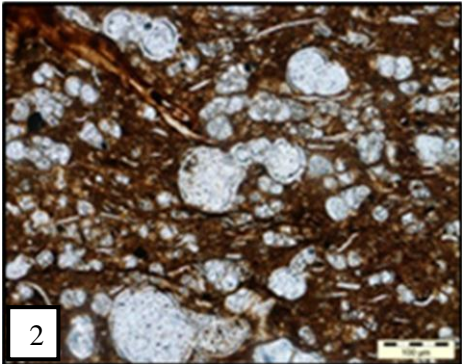
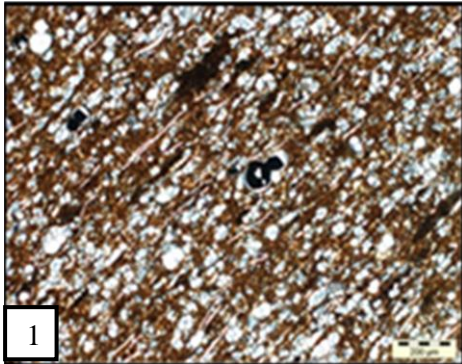


PLANCHE III.03

Fig.01: *Whiteinella archaeocretacea*

Sondage A, Cr 08, Ech.1848.09m

Fig.02: *Helvetoglobotruncana cf.helvetica*

Sondage A, Cr 08, Ech.1848.09m

Fig.03: *Dicarinella* sp.

Sondage A, Cr 08, Ech.1848.09m

Fig.04: *Praeglobotruncana cf.gibba*

Sondage A, Cr 08, Ech.1848.09m

Fig.05 : *Heterohelix globulosa*

Sondage A, Cr 08, Ech.1835.33m

Fig.06 : *Heterohelix reussi.*

Sondage A, Cr 08, Ech.1835.33m

Fig.07 : *Heterohelix moremani.*

Sondage A, Cr 08, Ech.1835.33m

Fig.08: *Hedbergella delrioensis*

Sondage B, Cr06, Ech.2256.40m

PLANCHE III.03

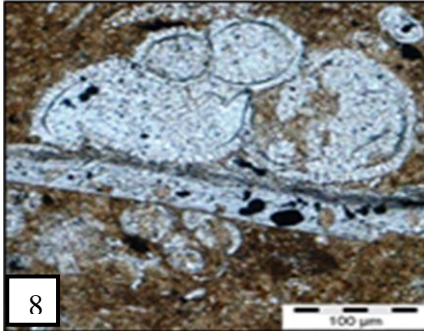
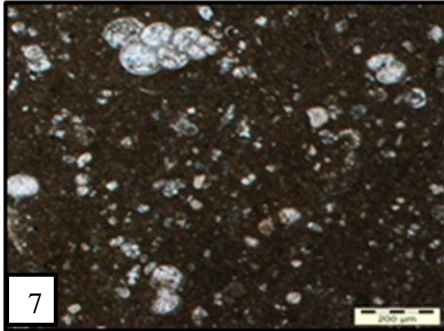
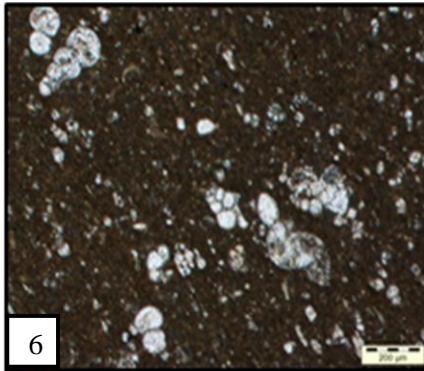
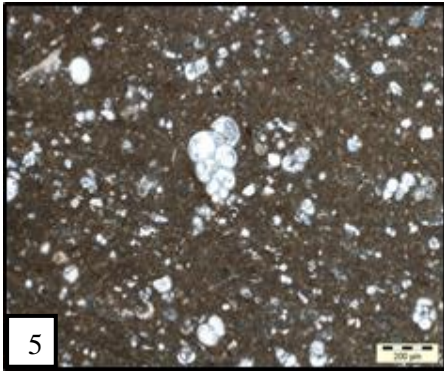
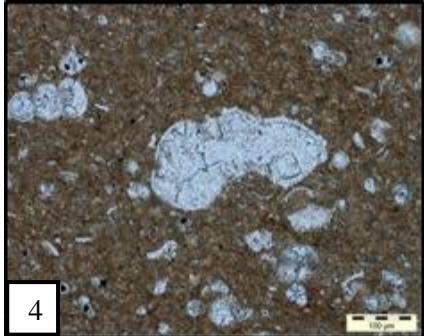
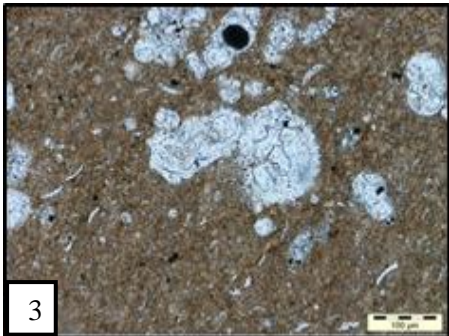
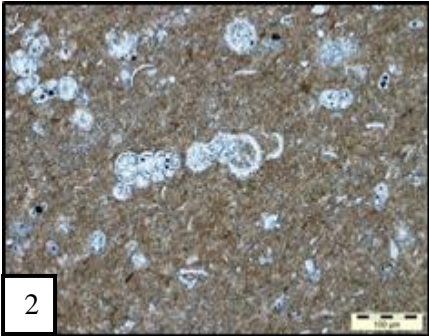
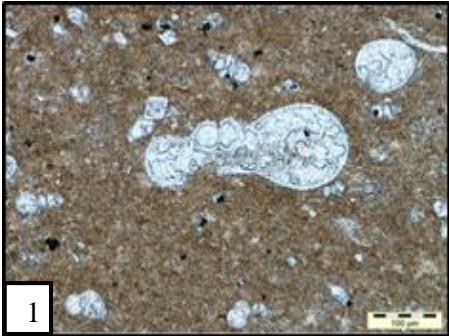


PLANCHE III.04

Fig.01: *Heterohelix* sp.

Sondage B, Cr 06, Ech.2256.40m

Fig.02: *Thalmaninella globotruncanoides*

Sondage B, Cr 06, Ech.2256.40m

Fig.03: *Hedbergella* sp.

Sondage B, Cr 06, Ech.2256.40m

Fig.04: *Hemicyclammina sigali*

Sondage B, Cr 06, Ech.2256.40m

Fig.05: *Hedbergella simplex*

Sondage B, Cr 06, Ech.2244.44m

Fig.06 : *Pseudolituonella reicheli*

Sondage B, Cr 06, Ech.2244.44m

Fig.07: facies à *Calcispheres* et *Pithonelles*

Sondage B, Cr 05, Ech.1823.56m

Fig.08 : Cristaux de Dolomite dans un wackestone

Sondage C, Cr 10, Ech.2527.65m

PLANCHE III.04

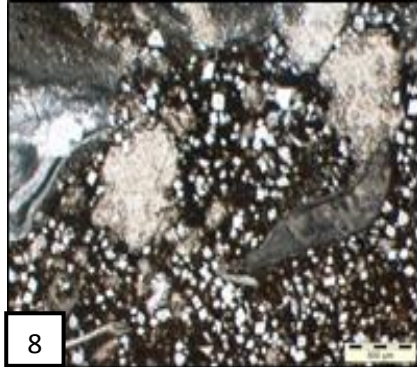
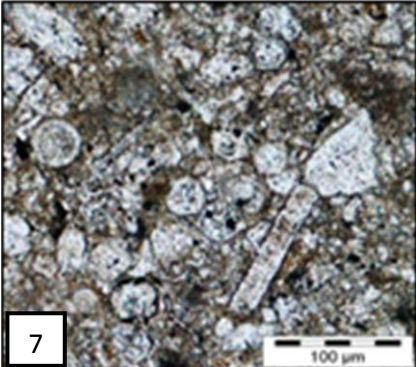
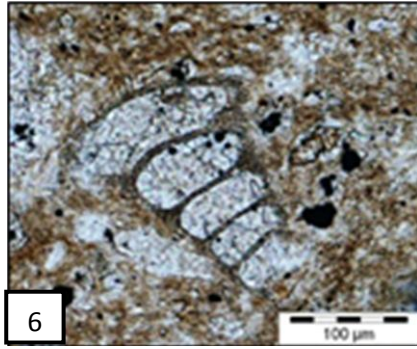
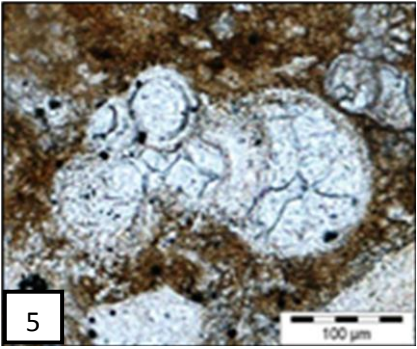
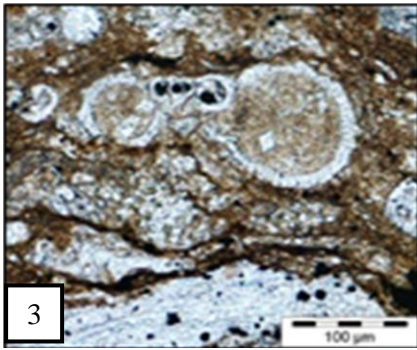
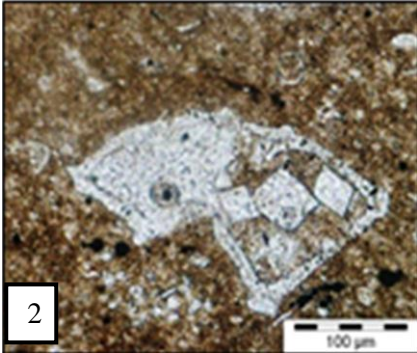
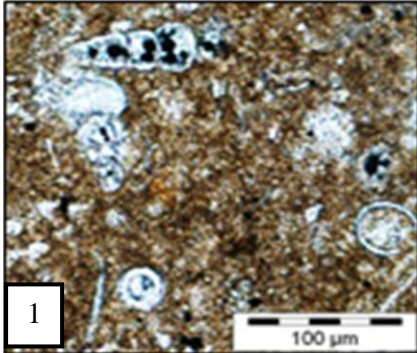


PLANCHE III.05

Fig.01: *Gaudryina* sp.

Sondage C, Cr 09, Ech 2073.45m

Fig.02: *Whiteinella aprica*

Sondage C, Cr 08, Ech.1948.47m

Fig.03: *Praeglobotruncana* aff. *gibba*

Sondage C, Cr 08, Ech.1948.20m

Fig.04: *Globigerinelloides* sp.

Sondage C, Cr 08, Ech.1948.20m

Fig.05: *Muricohedbergella simplex*

Sondage C, Cr 08, Ech.1944.40m

Fig.06: *Dicarinella cf hagni*

Sondage C, Cr 07, Ech.1942.65m

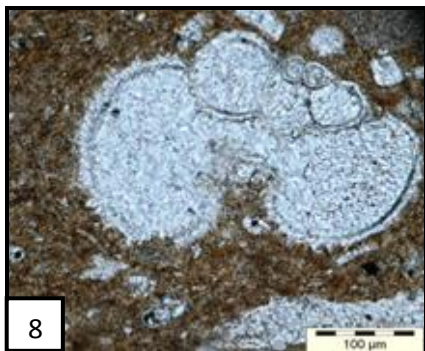
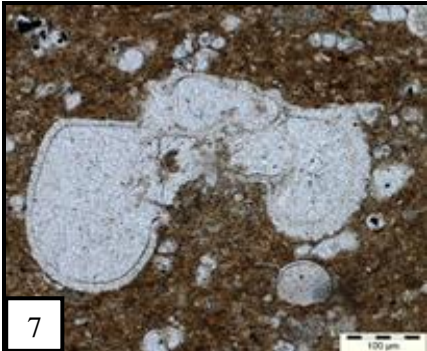
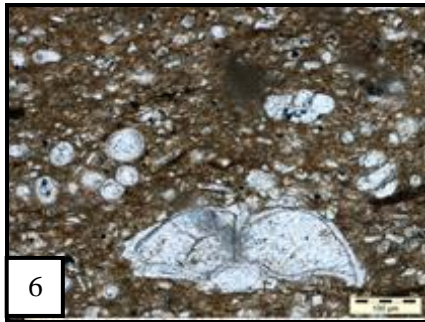
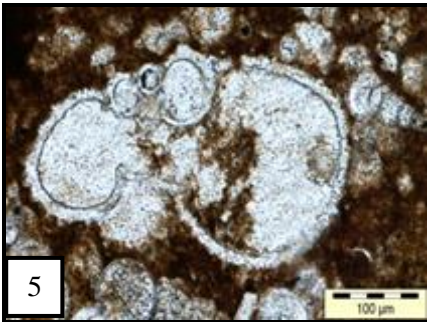
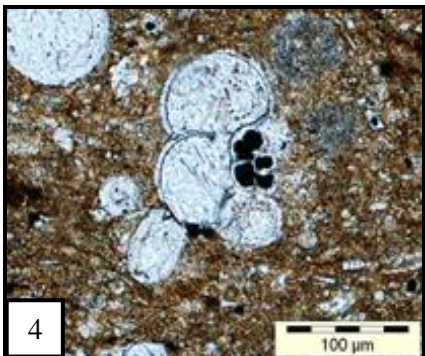
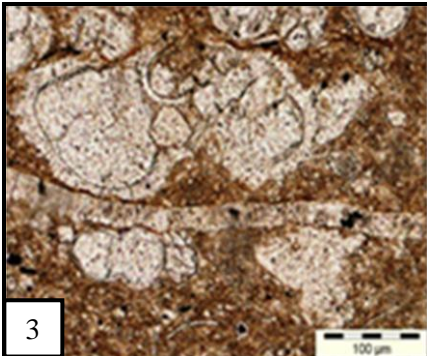
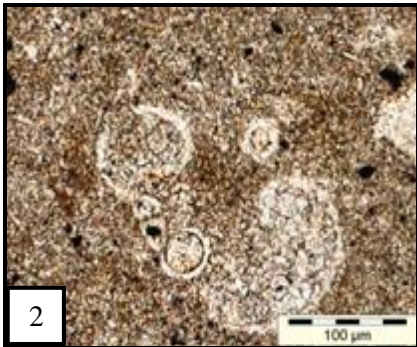
Fig.07: *Helvetoglobotruncana helvetica*

Sondage C, Cr 07, Ech.1935.88m

Fig.08: *Whiteinella paradubia*

Sondage C, Cr 07, Ech.1935.88m

PLANCHE III.05



*Chapitre IV: Reconstitution
des paléoenvironnements*

Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est un essai de reconstitution des paléo-environnements des trois sondages étudiés, en s'appuyant sur des critères de nature lithologique, pétrographique et minéralogique enregistrés dans les dépôts lors de leurs formations

L'étude des microfaciès basée sur l'analyse de 54 lames minces, des dépôts couvrant l'intervalle Cénomaniens-Turonien du bassin Sud-Est constantinois, et précisément dans Djebel Darmoun, a conduit à définir les différentes associations de foraminifères planctoniques et des foraminifères benthiques.

Ces associations de foraminifères nous a permis de mettre en évidence des paramètres paléoécologiques contrôlant la répartition des foraminifères, notamment les conditions paléobathymétriques et le taux d'oxygène dissous dans le milieu marin.

I. Évolution des foraminifères planctoniques et benthiques au cours du passage Cénomaniens-Turonien

La transition entre le Cénomaniens et le Turonien connue par une crise biologique majeure globale (OAE2), marquée par le dépôt de quantités importantes de carbone organique au fond des océans (SCHLANGER et al., 1987, ARTHUR et al., 1988, JENKINS et al., 1994), sous la forme de « black shales »; sont la réponse de l'événement anoxique, elle implique un bouleversement important de l'environnement de l'époque (paléo-environnement) traduisant un milieu marin pauvre en oxygène, et a accompagné la disparition de nombreuses espèces. Parmi elles se trouvent les espèces du genre *Rotalipora*, *Thalmananninella*, *Preaglobotruncana* et *Dicarinella*, formes planctoniques carénées, très répandues au Cénomaniens supérieur, dans les eaux océaniques profondes bien oxygénées, typiquement en-delà de 200m (HART et BAILEY.1979). (**Figure.IV.01** et **IV.02**). Ces formes nécessitent un environnement stable et riche en nutriments afin de se maintenir et de se reproduire. Elles s'opposent à des formes capables de résister à des situations de stress et à un changement rapide de l'environnement, telles que *Hedbergella*, *Whiteinella* et *Heterohelix*, tandis que les foraminifères benthiques colonisent une partie de ce fond océanique.

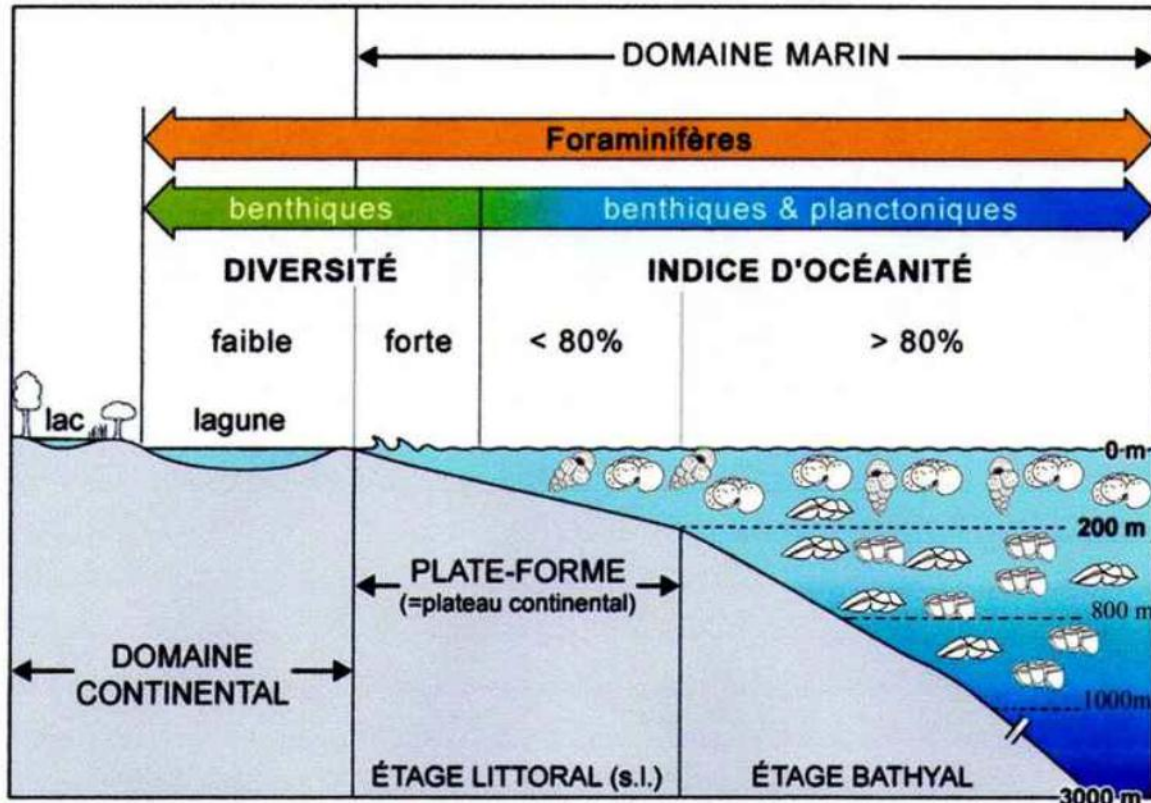


Fig.IV.01 : Indice d'océanité, diversité des foraminifères et relation entre profondeur du milieu et morphologie des foraminifères planctoniques (d'après BELLIER et al, 2010 in MAANDI, 2011).

Lors de telles périodes se développent des associations peu diversifiées, composées de nombreux individus à morphotype simple, globuleux, et au cycle de reproduction court (GROSHENY et MALARTRE, 1997); sont des formes dites opportuniste, indicatrices de conditions de milieu instables, tant au niveau de la salinité que de l'oxygénation : les Hedbergelles, Whiteinelles et les Hétérohélicides sont, quant à elles, des formes de milieu marin ouvert occupant les eaux de surface. Tandis qu'au même moment, quelques formes carénées persistent comme *Dicarinella*, *preaglobotruncana* mais finissent par disparaître lorsque les conditions du vie sont drastiques.

Quant aux foraminifères benthiques, seule l'espèce *Lenticulina*, demeure durant cette crise.

Le retour progressif aux conditions favorables au Turonien inférieur, qui est marqué par l'apparition de nouvelles formes de foraminifères planctoniques carénées tels que *Helvetoglobotruncana helvetica*.

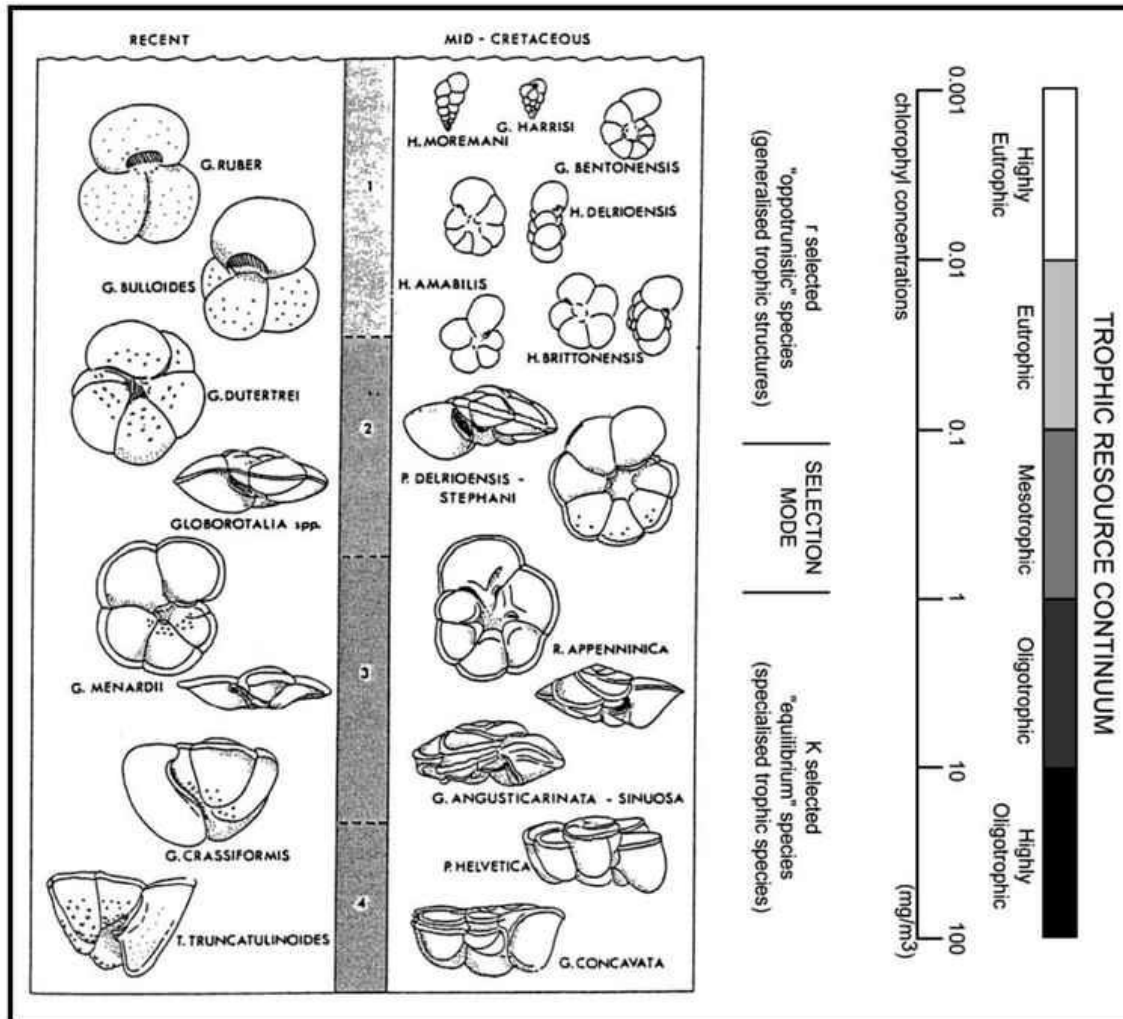


Fig.IV.02 : Distribution des taxons planctoniques du Crétacé (colonne de droite) comparée à la distribution dans l’océan actuel, proposée par (HART et BAILEY, 1979 in MAANDI, 2011).

D'après ROBASYNSKI et *al.* (1994), l'abondance des filaments dans les microfaciès, accompagné de l'augmentation des foraminifères planctoniques témoigne d'un indice d'océanité croissante, qui permet de préciser la position en stratigraphie séquentielle de certains cortèges intervalles transgressifs.

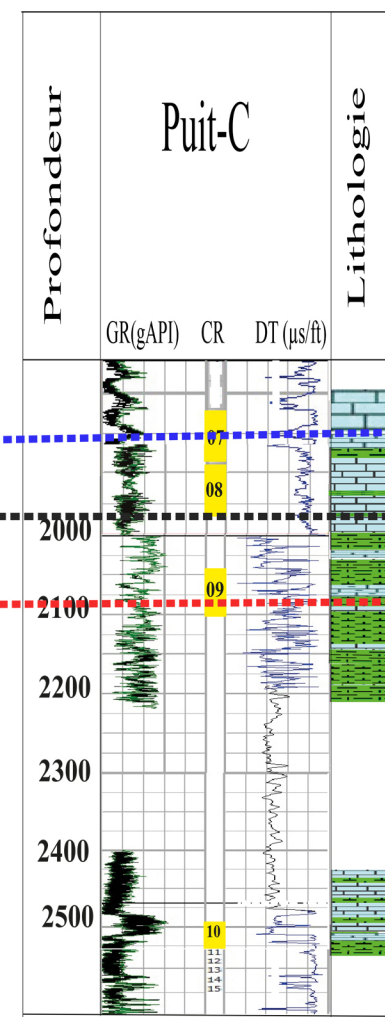
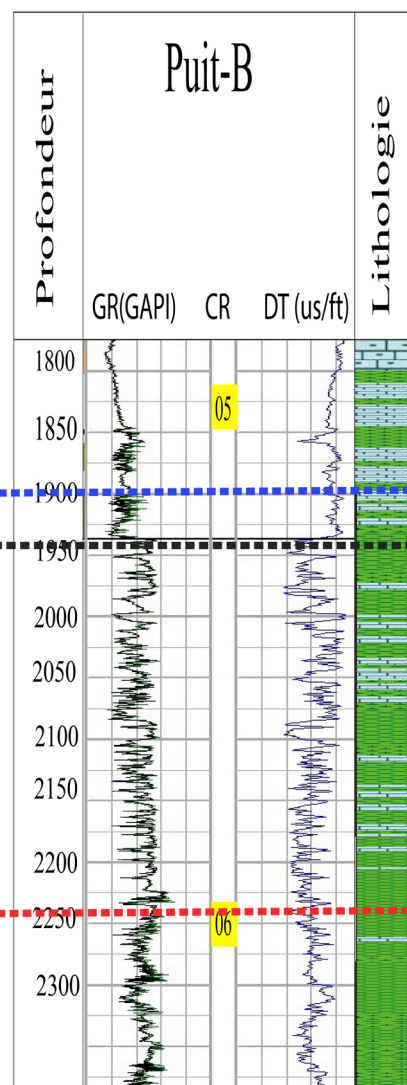
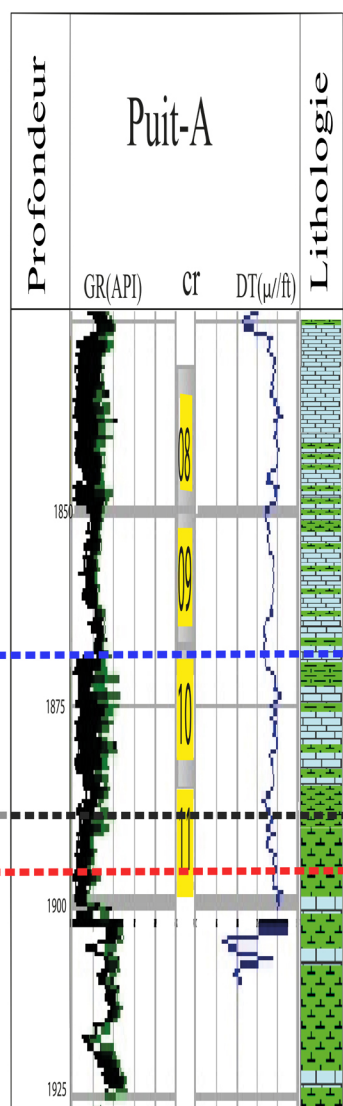
L'abondance des filaments dans les calcaires à faciès pélagiques correspond à des épisodes de pullulement larvaire de bivalves en périodes de disaérobie prononcée, pendant lesquelles ils envahissent les milieux riches en nutriments (SAVRDA et *al.*, 1991. SAGEMAN et *al.*, 1991. ROBASYNSKI et *al.*, 1993).

II. Interprétation de la corrélation Biostratigraphique (figure.IV.03)

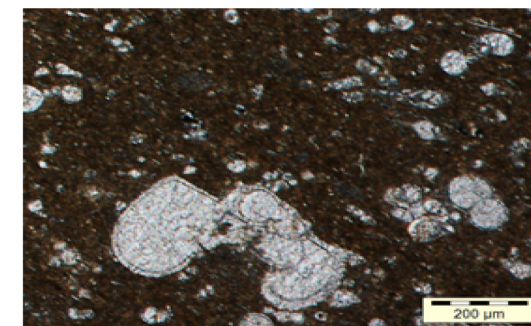
L'étude biostratigraphique nous a permis de fixer de nouvelles limites stratigraphique entre le Cénomaniens supérieur et le Turonien inférieur, dans les sondages A, B et C, la comparaisons de ces limites basés sur la mise en évidence des biozones de foraminifères planctoniques illustrées dans chaque sondage, essentiellement sur la présence ou l'absence des espèces indicatrices telles que : *Rotalipora cushmani* (MORROW), *Whitella archaeocretacea* (PESSAGNO), *Helvetoglobotruncana helvetica* (BOLLI), (ROBASYNSKI et CARON).

Cette corrélation montre que le sondage A présente des épaisseurs de biozones plus importantes que celles de C, cette différence d'épaisseur est due probablement selon HERKAT, 1999 in MAANDI, 2011 à la mise en place de ces dépôts sous contrôle de l'eustatisme, la subsidence, la tectonique entraînent un jeu en blocs basculés et le milieu de sédimentation caractéristique en rampes.

Age	Séquences selon Herkat et Delfaud	Biozones de Framinifères Planctoniques
Turonien inférieur	IIA	<i>Whiteinella archeoretacea</i>
		<i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>
Cénomaniens supérieur	ID	<i>Rotalopora cushmani</i>



Helvetoglobotruncana helvetica

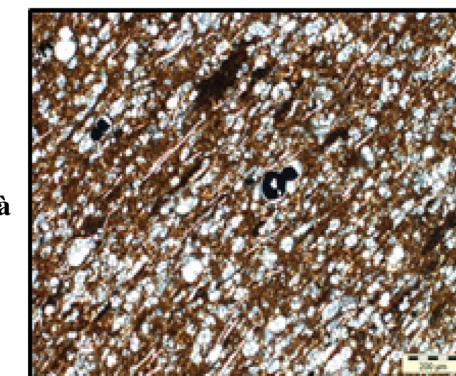


Helvetoglobotruncana helvetica

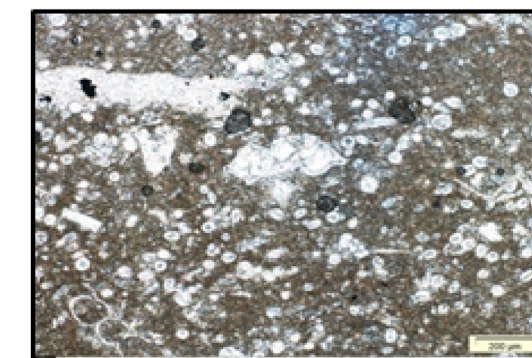
Whiteinella archeoretacea

Rotalopora cushmani

Evénement à Filament



Rotalipora cushmani



----- La ligne de biozone *Helvetoglobotruncana helvetica* pro-parte

----- **La limite Cénomaniens-Turonien.**

----- La ligne de Biozone *Rotalopora cushmani* pro-parte

Figur.IV.03: Essai de Corrélation des Sondages A,B et C de Djebel Darmoun, Cénomaniens-Turonien.

Conclusion

Le Bassin Sud-Est Constantinois offre un site très favorable pour réaliser des études très poussées et très complètes sur l'évolution des foraminifères planctoniques et benthiques, une riche association de ces organismes a été mis en évidence. Ainsi nous avons essayé de déterminer l'évolution des paléo-environnements avant, pendant et après le passage Cénomano-Turonien, ainsi que le développement de conditions anoxiques particulièrement dans les masses d'eaux océaniques profondes.

Ces conditions sont également à l'origine d'une haute productivité organique qui serait en rapport avec un phénomène d'advection verticale des nutriments, liée à la stratification de la colonne d'eau ainsi qu'aux circulations océaniques. Elles sont également propices à l'accumulation et la préservation de la matière organique illustrant l'événement anoxique OAE2 qui est souvent marqué par des dépôts marneux et calcaires noir. Une élévation importante du niveau marin pauvre en oxygène se manifeste au cours de cette crise, liée à une transgression dont le maximale de cette dernière, coïncide avec l'abondance des filaments.

Conclusion générale

Conclusions Générale

Cette étude consiste en l'analyse micropaléontologique des échantillons de carottes des trois sondages de Djebel Darmoun sur les dépôts céno-mano-turonien. Qui nous a permis d'atteindre les conclusions suivantes :

- Au cours du Crétacé supérieur les facteurs de sédimentation ainsi que les conditions d'environnements du Bassin Sud-Est Constantinois ont favorisé le dépôt d'une importante série marine carbonatée, avec l'épanouissement de diverses espèces de foraminifères planctoniques et benthiques qui ont permis de caractériser les séquences de dépôts et de reconstituer les milieux de dépôts.

- Une réactualisation des données micropaléontologiques nous a également permis de replacer de façon approximative les limites stratigraphiques des sondages étudiés. Ces limites stratigraphiques ont été mises en évidence grâce aux associations des foraminifères planctoniques et benthiques rencontrés dans les trois biozones caractérisant les dépôts du Cénomaniens et du Turonien.

Le découpage biostratigraphique réalisé sur les trois sondages A, B et C nous a permis également tracer la limite Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur.

- La détermination des microfaunes, et l'étude de leurs répartitions bathymétriques nous ont conduites à proposer un modèle de dépôt sur lequel nous avons reconstitué les paléo-environnements et offrir un essai de corrélation entre les trois sondages étudié au cours du Cénomaniens et du Turonien.

Enfin les résultats obtenus au cours de notre travail sur le plan sédimentologique, biostratigraphique et paléo-environnementale, ont permis de mettre en évidence à l'événement anoxique océanique (EAO2), au passage Cénomaniens-Turonien au niveau du bassin Sud-Est Constantinois.

Bibliographie

A

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 196p.

Aissaoui D(1984) : Les structures liées à l'accident sud atlasique entre Biskra et le Dj.Mandra (Algérie). Evolution géométrique et cinématique. Thèse 3ème cycle .Strasbourg 145p.12pl.

Arthur .M.A Schlanger, S.O. and Jeenkyns.H.C (1987): The Cénomani-an-Turonian Oceanic Event, II. Palaeoceanographic controls on organic-matter production and preservation: In Brooks, J. Fleet, A.J (eds) 1987, *Marine Petroleum Source Rocks Geological Society Special Publication*. N. 26, 401-420.

B

Barhoum.N. (1991) : Les foraminifères planctoniques du Néogène du bassin de Boudinar (Rif Nord-Oriental, Maroc). Biostratigraphie, Systématique et Paléoécologie. Thèse *Doct. Univ.* Claude Bernard. Lyon 1, 179 pp.

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.

Benkherouf, F et Saint-Marc, P., (1988) : Foraminifères benthiques de milieu bathyal dans le Cénomani-en du Sud-Est de la France (Alpes Maritimes). *Cah. micropal.* Vol.3, N°4, 37-48.

BÉTIER et al., (1952) : Le bassin Sud-Est Constantinois (extrait de la carte géologique Nord de l'Algérie modifiée 1/500000). p06

Bureau.D.(1986) : Approche sédimentaire de la dynamique structurale du fossé saharien (Sud-Ouest Constantinois et Aurès, Algérie) Thèse d'état, uni. Pierre et Marie Curie, Paris ; 441

Burollet P.F.,(1956) : Contribution à l'étude stratigraphique de le Tunisie centrale –*Thèse Sc* Alger.*Ann.Min.et Géol.Tunis.n°18,350p*

Busson, G., (1970) : Le mésozoïque saharien. 2ème partie : essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. *Publication CRZA, Géologie*, 11: 1-811

C

Caron, M and Homewood, P. (1983) : Evolution of early planktonic foraminifers. *Marine Micropaleontology*, 7, 453-462.

Caron, M. (1985): Cretaceous planktonic foraminifera. in: Bolli, H.M., Saunders, J.B et Perchiesi K., eds, Plankton stratigraphy Cambridge. *Univ. Press*, 1, 17-86.

Caron, M. and Spezzaferri, S. (2006): Scanning electron microscope documentation of lost holotypes of Mornod, 1949: *Thalmaninella reicheli* and *Rotalipora montsalvensis*. *Journal of foraminiferal Research*, v. 36, n° 4, p. 374-378.

Chikhaoui M et Salaj J; 1994: La formation Bahloul en Tunisie centro-septentrionale : variation latérale, nouvelle datation et nouvelle interprétation en terme de stratigraphie séquentielle. *Journal of African science*, 18, p. 37-50

D

Desmares, D., Grosheny, D and Beaudoin, B., 2008. Ontogeny and phylogeny of upper Cenomanian rotaliporids (foraminifera). *Marine micropaleontology*. 1-15.

Durand Degla et Fontboté .J.M. 1980 : Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. Publ. 26^e Congr. géol. intern ; Paris, Coll. C5 : Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys – Mèm. Bur. Rech géol. Min ; 115, p. 65-85

G

Ghandriche, H. 1991. Modalités de la superposition de structures de plissement-chevauchement d'âge alpin dans les Aurès (Algérie). Th.Sc., Univ., Paris XI, 189 pp.

Grosheny, D., Tronchetti, G et Schaaf, A., 1992. Nouvelles données sur les foraminifères planctoniques et la biostratigraphie du Cénomanién-Turonien dans le S.E du bassin vocontien (S.E. France). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 315, Série II, 773-776.

Grosheny, D., Tronchetti, G et Schaaf, A., 1992 : Sur la présence de *Sigalitruncana marianosi* (Douglas, 1969) (Foraminifera) dans le Turonien du domaine vocontien (S.E. France). *Geobios*, n° 25, Fasc. 1, p. 13-17.

Guiraud R.1970 : Aperçu sur les principaux traits structuraux du Hodna et des régions voisines .*Publ .Serv.Carte géol. ,Algérie ,(N.S),41,pp41-50,Alger*

Guiraud R.1975 : 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 ; *Rev.géol .dyn.géogr.phys, (2), 17, 4, p, 427-446*

H

Hart, M.B., 1999. The évolution and biodiversity of Cretaceous planktonic foraminifera. *Geobios, 32, 2, 247-255.*

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 Boumediene, Alger, 802pp.

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.

L

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

Loeblich, A.R and Tappan, H., 1964. The Camoebians and foraminifera. In 'Traetise on invertebrate paleontology' R.C Moore, part C-protista 2, Sarcodina, chiefly, the univ. Keras press and the geol. Soc. Amer, New York, 2vol., 900p.

M

Maamouri A.I. Zaghbib-Turki D.,Matmati M.E, Chikhaoui M et Salaj J;1994: La formation Bahloul en Tunisie centro-septentrionale :variation latérale ,nouvelle datation et nouvelle interprétation en terme de stratigraphie séquentielle .*journal of African science ,18,p.37-50*

Maandi.N.2011 :biostratigraphie et paléoenvironnements du Crétacé moyen des Aurès et de Morsott –Mémoire de Magister U.S.T.H.B Alger, 234p

Mort H,P.,Adatte T., Follmi K.B.,Keller G.,Steinmann P., Matera.V.,Bernarz et Stuben .D 2007 : Phosphorus and the roles of productivity and nutrient recycling during oceanic event 2
Geology ,35,p483-486

P

Pessagno Jr,E.A ;1967 : Upper et Cretaceous Stratigraphy of the western Gulf Coast Plain.
*Plaeontogr.Am.*5, 245-445

Piqué. A. Ait Brahim, L. Ait-Ouali, R. Amrhar, M.Charroud, M.Gourmelen, C. Laville, E. Rekhiss, F et Tricart.P. 1998. Evolution structurale des domaines atlasiques du Maghreb au Mésozoïque ; le rôle des structures héritées dans la déformation du domaine atlasique de l'Afrique du Nord. *Bull.Soc.Géol.France*.t,169. N°6. 797-810.

R

Robaszynski, F. Caron, M. et le Groupe de Travail Européen des Foraminifères Planctoniques, 1979 : Atlas des Foraminifères Planctoniques du Crétacé Moyen (Mer Boréale et Téthys). *Cahiers de Micropaléontologie* **1**, 185pp, **2**, 181pp.

Robaszynski.F.Caron, M.Amédro, F. Dupuis, C.Hardenbol, J.Gonzalez- Donoso, J.M. Linares, D et Gartner, S. 1993: Le Cénomaniens de la région de Kalaat Senan (Tunisie Centrale):Lithostratigraphie et interprétation séquentielle. *Revue Paléobiologie*, Vol.12, n°02, 351-505.

Robaszynski, F. Zagrarni, M.F. Caron, M et Amédro, F.2010 : The global bio-events at the Cenomanian-Turonian transition in the reduced Bahloul formation of Boughanem (central Tunisia). *Cretaceous Research*. 31, 1-15

Ruault-Djerrab M. Ferre B. Kechid-Benkherouf., 2012 : Etude micropaléontologique du cénomano-turonien dans la région de Tébesa (NE Algérie) : implication paléoenvironnementales et recherche de l'empreinte de l'OAE2, *Revue de la paléobiologie*, Genève, 31(1), p.127-144

S

SAID, A, 2011: Principales unités structurales de l'Atlas Saharien.p02

Schlanger, S, O, Jenkyns, H.C.1976: Cretaceous Oceanic anoxic events, causes and conséquences. *Géologie en Mijnbouw* 55,179-184

Sliter, W and Baker, R.A., 1972: Cretaceous bathymetric distribution of benthic foraminifera. *Journal of foraminiferal research*, v.2, n°4, 167-183.

V

Vila, J.M., 1980: La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doct. Tomes I et II ; 662 pp. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.

Vila, J.M., 1992: Notice explicative détaillée de la carte géologique à 1/50000 de l'Algérie, feuille n°265.Ain Télijdjéne, 27p. *publ.serv.carte géol. Algérie. Alger*

Viviere J.L ; 1985 : Les ostracodes du crétacé supérieur (vraconien à campanien basal de la région de Tébessa Algérie du NE) : stratigraphie, paléontologie et systématique .*Thèse de doctorat de 3ème cycle, université Pierre et Marie Curie Paris, France ,261p*

Z

Zargouni F.1985 : Tectonique de l'atlas méridional de la Tunisie .Evolution géométrique et cinématique des structures en zone de cisaillement .Thèse ès sci.Uni de Strasbourg .Rev.Des Sci.De la Terre.Vol3.