

N°d'ordre

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du Grade

Master 2 en Sciences de la Terre

Option :

Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

**ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE
DU CENOMANO-TURONIEN DES ENVIRONS D'EL BAYADH**

Présenté par :

BELKHIR CHAIMAA

Soutenu le: devant la commission d'examen :

Mr : BOUTERFA. B	Maître Assistant A.	Université d'Oran 2	Président
Mr : BENDELLA. M	Maître de Conférences A	Université d'Oran 2	Rapporteur
Mr : BELHADJI. A	Maître Assistant A	Université d'Oran 2	Examineur

Oran, 2020

AVANT PROPOS

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminé ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur **BENDELLA MOHAMED** Maître de Conférences A à l'université d'Oran 2, on les remercie pour la qualité de leur encadrement exceptionnel, pour leur patiences, leur rigueur et leur disponibilités durant notre préparation de ce mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à **Mr BOUTERFA BOUMEDIEN** Mohammed Maître de Conférences B à Université d'Oran 2, pour accepter la présidence de ce jury.

Merci à Monsieur **BELHADJI AHMED** Maître Assistant A à Université d'Oran 2, qui a bien voulu examiner ce travail et faire partie du jury de ce mémoire.

J'ai l'honneur d'exprimer mes gratitude à Monsieur **BENYOUCEF MADANI** Maître de Conférences à l'université de Mascara, pour m'avoir accompagné sur le terrain et pour toute l'aide précieuse et inestimable.

J'exprime ma profonde gratitude pour les différents spécialistes qui ont contribués à l'élaboration de ce travail. En particulier je cite Monsieur **GAMAL EL QOT** de l'université de Benha (Egypte) pour la détermination des oursins.

Un hommage particulier à **Mm ZAOUI** de l'université de Tlemcen pour la détermination des Ammonites.

Mes remerciements s'adressent également à **EMILIE LANG** membre du Museum d'Histoire Naturelle de la Ville de Genève pour la détermination des vertébrés.

Je tiens a remercier Mm **KENTRI TOURIYA** de l'Université de Tlemcen pour la détermination des Foraminifères.

Et enfin, un grand merci à **SACIT ÖZER**, de l'université d'Izmir (Turquie) pour son travail méticuleux pour la détermination des Rudistes.

J'adresse mes sincères remerciements à **Mr BOUCHEMLA IMAD** et **Mm BENGUEDACH ISMAHAN** qui m'ont accompagnés durant la réalisation de stage du terrain.

Je n'oublie pas de présenter nos chaleureux remerciements à tous mes Enseignants du Département de la Faculté des Sciences de la Terre : Université d'Oran 2, aux quels je dois beaucoup pour ma formation.

Enfin je tiens a remercier la promotion de master 2 GBS 2019/2020, Enfin j'exprime ma gratitude à toutes les personnes ayant collaboré à la rédaction de ce mémoire.

Chaimaâ Belkhir.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A ma chère mère, et mon cher père

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères : Ayoub , Zin tadj, Zakaria et Farouk

A ma chère sœur Souhila

A mes amis(e) proches : Bouchra , Rachida et Souad

Pour ces soutiens moral et leurs conseils précieux taus au long de mes études.

A toutes personnes que j'aime beaucoup

Et toute ma famille

RESUME

Le présent travail a pour objet l'étude de la série Cénomano-Turonienne qui affleure dans l'Atlas saharien central (Monts Amour) et occidental (Monts des Ksour) dans la région d'El Bayadh.

La lithostratigraphie de la série étudiée a été focalisée sur trois formations qui sont contrastées par leur lithologie, contenu paléontologique et traces fossiles.

La Formation d'El Rhelida est faite de deux membres bien distincts, elle est caractérisée par des dépôts mixtes silico-clastiques et carbonatés. Les figures hydrodynamiques ainsi que son contenu fossilifère révèlent un environnement de rampe proximale sous influences des courants et des tempêtes. L'étude ichnologique est compatible aux données sédimentologiques, elle révèle l'ichnofaciès à *Skolithos*. La base de cette formation est datée du Cénomaniens inférieur grâce à un assemblage fossilifère formé de dents dinosauriennes *Spinosaurus aegyptiacus* et des fragments d'os d'*Onchopristis numidus*.

La Formation de Medaour est caractérisée par des dépôts évaporitiques attestant d'un milieu sebkhaïque à plusieurs phases d'émersion et des carbonates déposées dans un milieu de rampe médiane. Elle est attribuée au Cénomaniens inférieur à moyen par encadrement lithologique.

La Formation de Rhoundjaïa dans la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor est formée de dépôts carbonatés attribués à un milieu de rampe médiane à externe, d'âge Cénomaniens supérieur-Turonien, grâce à la découverte de plusieurs niveaux à ammonites *Vascoceras gamai* *Choffaticeras sinaiticum*. Tandis que dans le secteur de Kbeur el Merhsel, la Formation est caractérisée par l'installation des dépôts carbonatés à rudistes. La présence des *Neolobites vibrayanus* et les rudistes (*Sauvagesia sharpei*, *Sauvagesia nicasei*, *Durania blayaci*, *Durania arnaudi*) permettent d'attribuer un âge du Cénomaniens supérieur à la Formation.

Mots clés: Atlas saharien, El Bayadh., Cénomaniens, Turonien, lithostratigraphie, sédimentologie, ammonite, rampe.

TABLE DE MATIERE

CHAPITRE 1 Généralités

1. INTRODUCTION	1.
2. CADRE GENERAL	1.
2.1. Situation géographique générale de l'Atlas saharien.....	1
2.2. Cadre géologique de l'Atlas Saharien.....	2
2.3. Aperçu structural de l'Atlas saharien	4
3. Historique des recherches effectuées sur le Cénomano-Turonien de l'Atlas Saharien central et occidental.....	5
4. Contexte géologique de secteur d'étude	8
5. Méthodologie de travail.....	10

CHAPITRE 2 lithostratigraphie

1. Introduction.....	12
2. Description litho-stratigraphique de la série étudiée.....	14
2.1. Secteur de Sidi Ali Ben Tayfor.....	14
2.1.1. Position géographique de la coupe.....	14
2.1.2. Description de la coupe.....	14
A- La Formation de Rhelida.....	15
B- La Formation de Medaour.....	17
C- La Formation de Rhoundjaïa.....	18
2.2. Secteur de Kbeur El Marhsel.....	23
2.2.1. Position géographique de la coupe.....	23
2.2.2. Description de la coupe.....	23
3. Attribution Stratigraphique.....	26

CHAPITRE 3 Sédimentologie

1. Introduction.....	27
2. Description et interprétation des faciès.....	28
FT.1. Microconglomérat.....	28
FT.2. Grès à stratifications et laminations horizontales.....	29
FT.3. Grès à laminations obliques angulaire.....	30
FT. 4. Grès coquillier.....	32
FT. 5. Grès oxydé.....	32

FT. 6. Grès à <i>Skolithos</i>	33
FT. 7. Argile.....	34
FT. 8. Argile gypsifère.....	35
FT. 9. Gypse.....	35
FT. 10. Marne	36
FT. 11. Calcaire à lamines algaires.....	36
FT. 12. Calcaires à structures en tepees.....	37
FT. 13. Calcaires à litages obliques et entrecroisés.....	38
FT. 14. Calcaire à structure fenestraes.....	39
FT. 15. Calcaire oolithique.....	39
FT. 16. Calcaire à rudistes.....	40
FT. 17. Calcaires bioturbé.....	41
FT. 18. Calcaire pseudonoduleux à faune mixte.....	42
FT. 19. Calcaires à céphalopodes.....	42
FT. 20. Calcaire lité.....	43
3. Association de faciès et milieux de dépôt.....	44
3.1. Système sédimentaire détritique	44
Association de Faciès AF.1.....	44
3.2. Système sédimentaire mixte.....	45
Association de Faciès AF2.....	45
Association de Faciès AF3.....	45
3.3. Système sédimentaire carbonaté.....	45
Association de faciès AF4.....	45
Association de faciès AF5.....	45
Association de facies AF6.....	46
Association des facies AF7.....	46
3.4. Les milieux des dépôts.....	46
CHAPITRE 4 Ichnologie	
4.1. Ichnogène : <i>Palaeophycus</i> Hall, 1847	51
4.2. Ichnogène : <i>Thalassinoides</i> Ehrenberg, 1944.....	51
4.3. Ichnogène : <i>Phycodes</i> Richter, 1850	52
4.4. Ichnogène : <i>Skolithos</i> Haldemann.....	53

4.5. Ichnogénre : <i>Planolites</i> Nicholson 1873	54
4.6. Association des traces fossiles ou Ichnofaciès.....	55

CHAPITRE 5 CONCLUSION

Conclusion Général	56
Références bibliographique	58
Planches.....	66
Liste des figures.....	70

Chapitre I
Généralités

1. INTRODUCTION

Notre travail porte sur l'étude stratigraphique, paléontologique et sédimentologique de deux coupes Cénomano-turonien (Crétacé moyen) qui affleurent au niveau de la région d'El Bayadh (Atlas saharien) : la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor (extrémité occidentale de Djebel Amour) et la coupe de Kbeur El Merhsel (terminaison orientale des Monts des Ksour). Les objectifs visés par ce travail sont :

- compléter la description lithologique, du Cénomano-Turonien, établie par nos prédécesseurs (Bassoullet, 1973 ; Benyoucef et al., 2017).
- affiner l'aspect biostratigraphique et réviser les attributions stratigraphiques grâce à de nouvelles récoltes paléontologiques, telles que des restes de vertébrés, des rudistes et des ammonites.
- préciser le contexte paléoenvironnemental des différentes unités lithologiques. Notre travail apporte aussi une contribution à la connaissance de la limite Cénomano-turonienne dans l'Atlas saharien.

2. CADRE GENERAL

2.1. Situation géographique générale de l'Atlas saharien (Fig.1.1)

L'Algérie est représentée par trois grands domaines géographiques obliques par rapport au littoral méditerranéen : l'Atlas tellien au nord ; l'Atlas saharien et le Sahara au sud.

Le domaine atlasique s'étend sur environ 1000 km, depuis la terminaison orientale du Haut Atlas marocain jusqu'à la terminaison occidentale de l'Atlas Tunisien. Il est composé d'un alignement de reliefs grossièrement orienté SW-NE : les Monts des Ksour à l'Ouest ; Djebel Amour au centre ; Monts des Ouled-Nail, les Aurès, les Monts de Hodna, les Monts de Mellègue et les Monts Nememcha-Mزاب à l'Est (Ritter, 1902) (Fig.1.1).

Les Monts des Ksour et la terminaison occidentale du Djebel Amour s'intercalent entre deux domaines relativement stables, la plate-forme saharienne au sud et les Hauts Plateaux au nord.

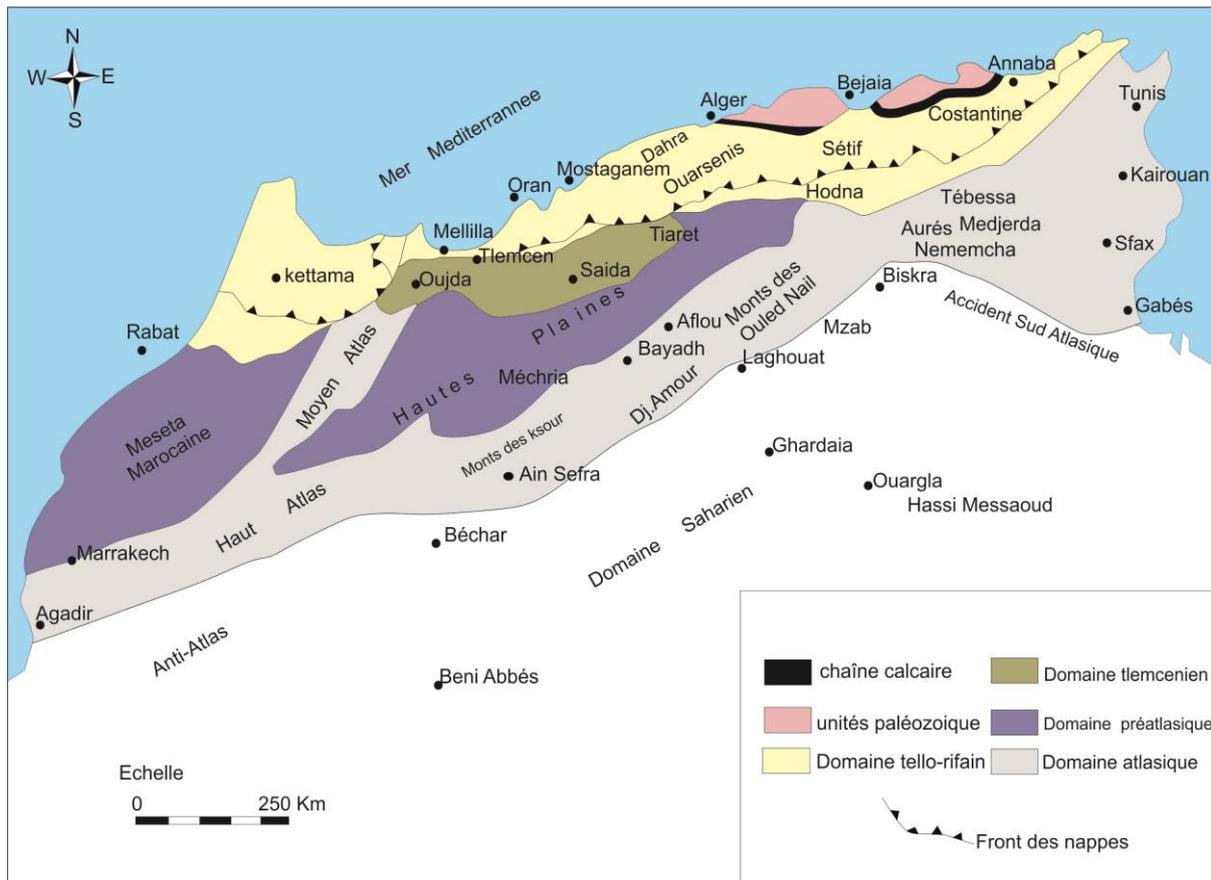


Fig.1.1: Les grands ensembles géographiques de la chaîne alpine en Méditerranée occidentale (d'après Benest, 1985, modifié)

2.2. Cadre géologique de l'Atlas Saharien (Fig.1.2)

Le domaine de l'Atlas saharien (ou système atlasique) est un système intracontinental peu déformé. La limite sud de l'Atlas saharien est représentée par une rupture tectonique majeure, appelée Flexure Saharienne (Laffitte, 1939) ou Faille Sud Atlasique (FSA). L'Atlas Saharien est composé essentiellement de dépôts sédimentaires dont l'âge s'échelonne du Trias à l'actuel. L'édifice mésozoïque-éocène est plissé lors de l'orogénèse alpine. En se basant sur les travaux de Bassoullet (1973), Mekahli (1995) et Benyoucef et al. (2017), la série stratigraphique de l'Atlas saharien occidental peut être divisée, en se basant sur des considérations essentiellement faciologique, en plusieurs groupes :

- un groupe magmatique formé de roches vertes à structures ophiolitiques apparaissant en petits dykes ou emballées dans les argiles gypsifères triasiques ;
- un groupe triasique affleurant à la faveur des diapirs (halocénèse) composée d'un mélange d'argiles gypsifères et salifères versicolores surgissant brusquement au sein de Formations plus récentes. Il affleure à la faveur des failles à proximité du village d'Ain Ouarka, au Nord-

Est de Djebel Rhoundjaia, à Djebel Elarhreck (carte de Challala Dahrania 1/100.000) et à l'Est du Djebel El Ktef, au voisinage du village de Djenien Bou Rezg. Les évaporites triasiques sont localement associées à des écoulements basaltiques liés probablement au début du rifting de l'Océan atlantique (Ambroggi, 1963) ;

- un groupe d'âge Jurassique inférieur-moyen formé essentiellement de marnes et de carbonates marins ;

- un groupe détritique, d'âge Jurassique supérieur-Crétacé inférieur, représenté par les Formations de Djaâra, d'Aissa, de Tiloula et de Tiout. Cette dernière Formation est aussi appelée « Continental intercalaire » ;

- un groupe d'âge Cénomano-Turonien composé d'une Formation mixte silicoclastique-carbonatée à la base (Formation d'El Rhelida), suivie par une Formation à cachet évaporitique (Formation de M'daouer) et enfin d'une Formation à dominance carbonatée (Formation de Rhoundjaïa). Les principaux affleurements du Crétacé moyen sont Kef Bel Hendjir, Djebel Rhoundjaïa, Djebel M'daouer, Djebel Tismert, Djebel Rhelida, Dalaa Sefra, Djebel Mezroue et Djebel Rhoundjaïa, Dalaât Brezina, Dalaât Sidi Ali Ben Tayfor, Djebel Kbeur El Merhsel.

Au début du Crétacé supérieur, l'Atlas saharien faisait partie d'une grande mer épi-continentale peu profonde, sur la marge méridionale de la Téthys, entre le domaine tello-mésétien au nord et le bouclier africain au sud. Les sédiments du Cénomano-Turonien documentent une plate-forme marine qui s'est développée sur la marge passive nord-africaine connectée à l'Océan Téthys au Nord et bordé par les terres émergées du craton saharien au sud. Blakey (2012) (Fig.1.2).

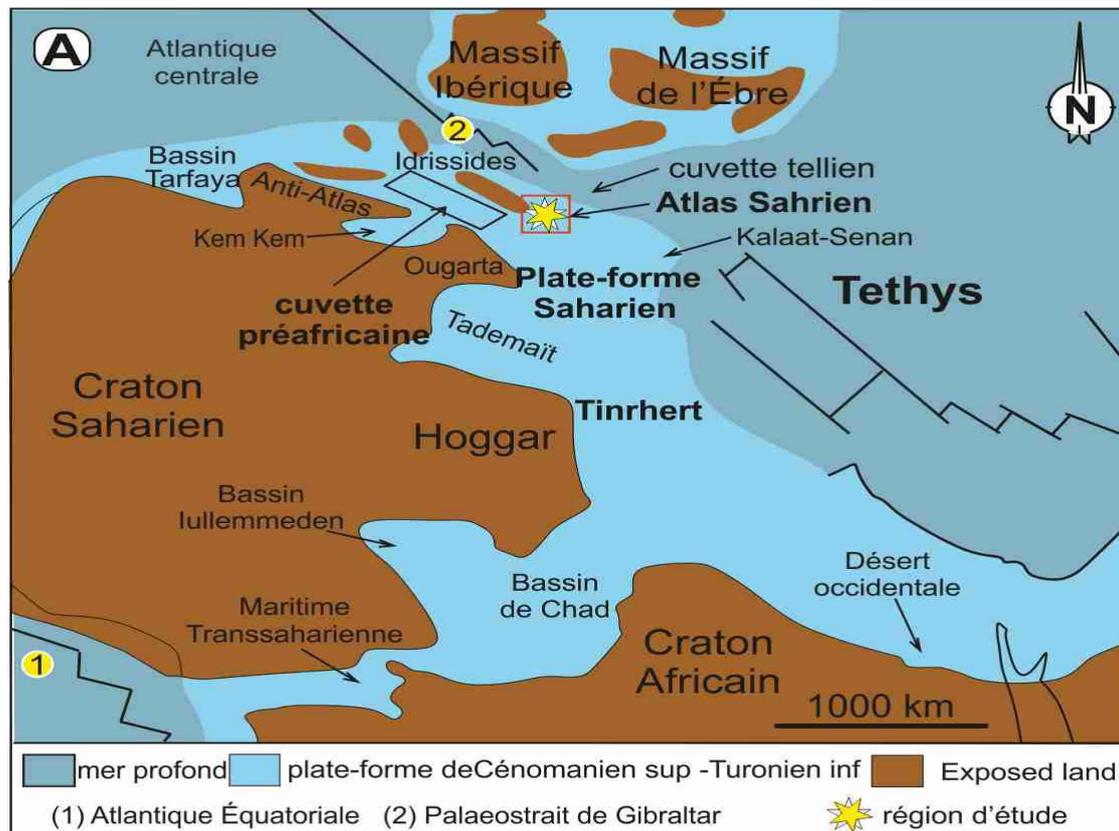


Fig.1.2. Position paléogéographique de l'Atlas saharien par rapport à la Téthys pendant le Cénomanien supérieur-Turonien inférieur (Carte paléogéographique d'après Blakey, 2012).

- un groupe continental d'âge Tertiaire, constitué de grès, d'argiles rouges et de conglomérats. Ces Formations détritiques affleurent au sud de Djebel Rhelida, à proximité de Djebel Boulerhfad et au Sud de l'Abiod Sidi Chikh.
- un groupe d'âge Quaternaire résultant de l'accumulation dans des zones topographiquement basses du matériel sédimentaire (galets, grès, argiles) arraché de la chaîne par les actions érosives. Les dépôts de ce groupe sont très répandus sur la feuille d'Ain Sefra 1/100000, notamment au pied de Gare El Kheil et Gare Debae, à l'extrémité occidentale d'Oued Rhoundjaïa et à l'extrémité orientale d'Oued Mezioud, ainsi que sur les feuilles de Mograr Foukania et de Forthassa Rhabia à l'échelle 1/10.0000.

2.3. Aperçu structural de l'Atlas saharien

Les déformations majeures de l'Atlas saharien sont dues à la phase atlasique, responsable des plissements et des cassures. Cette phase est produite à la fin du Lutétien et contemporaine à l'ensemble de tous les domaines affectés par le système alpin. La chaîne de l'Atlas saharien est marquée par l'existence de trois accidents importants d'extension différente. Ces accidents délimitent les différents domaines.

- l'accident sud-atlasique correspond à une série d'accidents en coulisse qui se présentent en forme de flexure, de plis-faillés ou de failles, dont l'ensemble constitue la "Flexure saharienne" de Laffitte (1939).

- l'accident nord-atlasique (ou accident sud-mésétien au sens de Kazi-Tani (1986) est décrit par Galmier (1951). Elle présente la limite entre l'Atlas saharien et le domaine des Hauts Plateaux. En effet, il ne s'agirait pas d'un accident unique mais d'une zone accidentée allongée présentant localement une nette séparation entre les structures atlasiques et le domaine des Hautes Plateaux. Cette frontière moins nette que la limite méridionale est reconnue dans les Monts des Ksour sous la forme de failles qui se relaient suivant une direction NE-SO (Cornet, 1952) et dans la région de Bou-Saâda, d'une orientation E-O.

- Notons aussi l'existence d'autres accidents N-S qui séparent les trois grandes régions atlasiques (Monts des Ksour, Djebel Amour et Monts des Ouled Naïl) (Kazi-Tani, 1986).

Selon Galmier (1951), La chaîne atlasique montre un style tectonique souple et un autre cassant. La géomorphologie est de type jurassien à reliefs plissés et de structures simples, constituées d'anticlinaux à flancs redressés, à voûte plus ou moins horizontale (Plis coffrés) (Douihassi, 1976) et de synclinaux de type perchés, correspondant à de vastes dépressions et de plaines. Le style atlasique se reconnaît aussi par la discontinuité des anticlinaux, donnant une disposition en "chenilles processionnaires" (Ritter, 1902).

Selon Coiffait et al. (1984), la phase majeure qui a structuré l'édifice atlasique est datée fin Lutétien-Priabonien.

3. Historique des recherches sur le Cénomano-Turonien de l'Atlas Saharien central et occidental

Le Cénomano-Turonien des Monts des Ksour et de Djebel Amour a fait l'objet des travaux suivants :

- Dans son ouvrage sur le Sahara, Pomel (1872), a cité des échinides dans l'Atlas saharien occidental (*Rhabdocidaris pouyannei*, *Heterodiadema libycum*, *Phymosoma delmarrei*), des lamellibranches et des gastéropodes, ce qui lui permet d'attribuer ces affleurements au Cénomaniens ;

- Flamand (1911), présenta une première synthèse stratigraphique de l'Atlas saharien occidental et des Hautes Plaines oranaises. Il réalisa plusieurs cartes géologiques au 1/800.000 et 1/400.000. Il distingue un Cénomaniens formé de marnes, de gypses et de calcaires et un Turonien sous un faciès calcaéro-dolomitique massif. Les marnes à gypse sont placées dans le

« Vraconien supérieur ». La faune citée à la base des calcaires cénomanien est représentée par des huîtres (*Exogyra olisiponensis*), des échinides (*Heterodiadema libycum*) et des lamellibranches. L'auteur a cité aussi une ammonite cénomaniennne (*Neolobites vibrayeanus*) à Kheneg Namous.

- Galmier (1951), définit et décrit l'accident Nord atlasique. Dans la même année, Dresney (*in* Bouguefda. M., 2019) montre que cet accident se prolonge au Maroc en bordure nord du haut Atlas.

- Cornet (1952), établie la carte géologique de l'atlas saharien central. Certains de ces travaux avaient été réalisés à l'occasion du Congrès Géologique International d'Alger qui vit la parution de la carte au 1/500 000 de l'Algérie.

- Galmier (1970), réalisa neuf cartes photogéologique à l'échelle 1/100 000 en se basant sur les photos aériennes. Il donne une vue d'ensemble sur la tectonique des monts des ksour. Par la suite Busson, dans la même année, réalisa une synthèse fondamentale sur le Mésozoïque Saharien et met en évidence les différences et les ressemblances entre le domaine saharien et le domaine atlasique.

- Bassoullet (1973), présenta sa thèse dans un travail fondamental sur la stratigraphie du Mésozoïque des monts des ksour. Il les a subdivisé en quatre grands ensembles lithostratigraphiques en liaison avec évolution sédimentaire du bassin : les argiles versicolores gypseuses et salines accompagnées de basaltes (Trias), une série épaisse de carbonates surmontée par des marnes (Lias-Bajocien moyen), un ensemble détritique argilo-gréseux à passées carbonatées (Bajocien supérieur-Jurassique supérieur), enfin, les argiles à bancs dolomitiques, puis à gypse surmontée par des calcaires (Vracono-Cénomano-Turonien). Il retrace l'histoire paléogéographique des monts des ksour pendant le Secondaire.

- Chikhi-Aouimeur (1996), a décrit une espèce de rudiste (*Caprinula* aff. *cedrorum*) récolté à Djebel Zerga, à l'Est d'El Bayadh. En 2010, le même auteur illustra une espèce de Radiolitoïdæ (*Sauvagesia sharpei*) provenant des Monts des Ksour.

- En 2006, Boualem présente un mémoire de Magister qui porte sur l'étude sédimentologique du Cénomano-Turonien de Djebel Rhoundjaïa et de Djebel Medaour. Il a placé la limite Cénomano-Turonien au sommet du membre supérieur (Calcaires supérieurs) de la Formation de Rhoundjaïa.

- Mebarki et al. (2016a et b), ont présenté une étude biostratigraphique et paléobiogéographique des ostracodes Cénomano-turonien dans l'Atlas saharien occidentale et le bassin de Guir.
- Benadla et al. (2019), ont présenté une étude sur les Ostracodes de la transition Cénomano-Turonienne (Zone de *Whiteinella archaeocretacea*) dans les Monts Ksour et Amour (Atlas saharien, Algérie).
- Benyoucef et al. (2017), ont présenté une étude lith-bio-stratigraphique et sédimentologique des terrains Cénomano-turonien qui affleurent entre les villes de Ain Sefra et de L'Abiod Sidi Cheikh.

4.Contexte géologique du secteur d'étude :

Age	Ech.	colonne lithologique	Formations	Description sommaire
Plio- Pléiocène			Fr.Hamadas	Conglomérat carapace calcaire
Mio-Pliocène			Fr. des Gours	Argiles sableuses rougeâtres
Anté-Eocène supérieur			Fr. d 'ElKohol	Alternances de grés, d 'argiles gypseuses et calcaires
Turonien			Fr. d 'ElKhoundjaia	Calcaires dolomitiques blanchâtres
Cénomanién			Fr. de Medaour	Alternances d 'argiles et de gypses
Vraconien			Fr. d 'ElRhelida	Alternances d 'argiles et de calcaires dolomitique
Crétacé inférieur			Fr. de Tiout	Alternances d 'argiles et de grés à dragée de quartz
				Argiles à intercalations gréseuses
				Alternances d 'argiles et de grés à dragée de quartz
Crétacé inférieur			Fr. de Tiloula	Calcaires oolithiques
	Argiles à gypses			
	Grés à dragées			
	Calcaires massifs à aspect de cargneuil			
Crétacé inférieur				Argiles à gypses
			Alternance de marnes et de calcaires lumachelliques	
Jurassique supérieur			Fr. d 'Aissa	Alternance d 'argiles rouges et de grés
Oxf. sup. -Kiamé. inf			Fr. Teniet Et - Tmar	Alternance d 'argiles et de calcaires organogènes
Callovo-Oxfordien			Fr. Djara	Alternances de grés, d 'argiles et de calcaires dolomitiques
Fini Bathonien inf-Bathonien sup	408m		Fr. Tifkirt	Alternances de calcaires oolithiques et/ou bioclastique. d 'argiles et de grés
Bathonien ifr-callovien inf-	204 0		Fr. Teniet ELklakh	Argiles silteuses à intercalions gréseuses

Fig.1.3: Colonne lithostratigraphique type de Djebel Amour (Regagba, 2006, modifié).

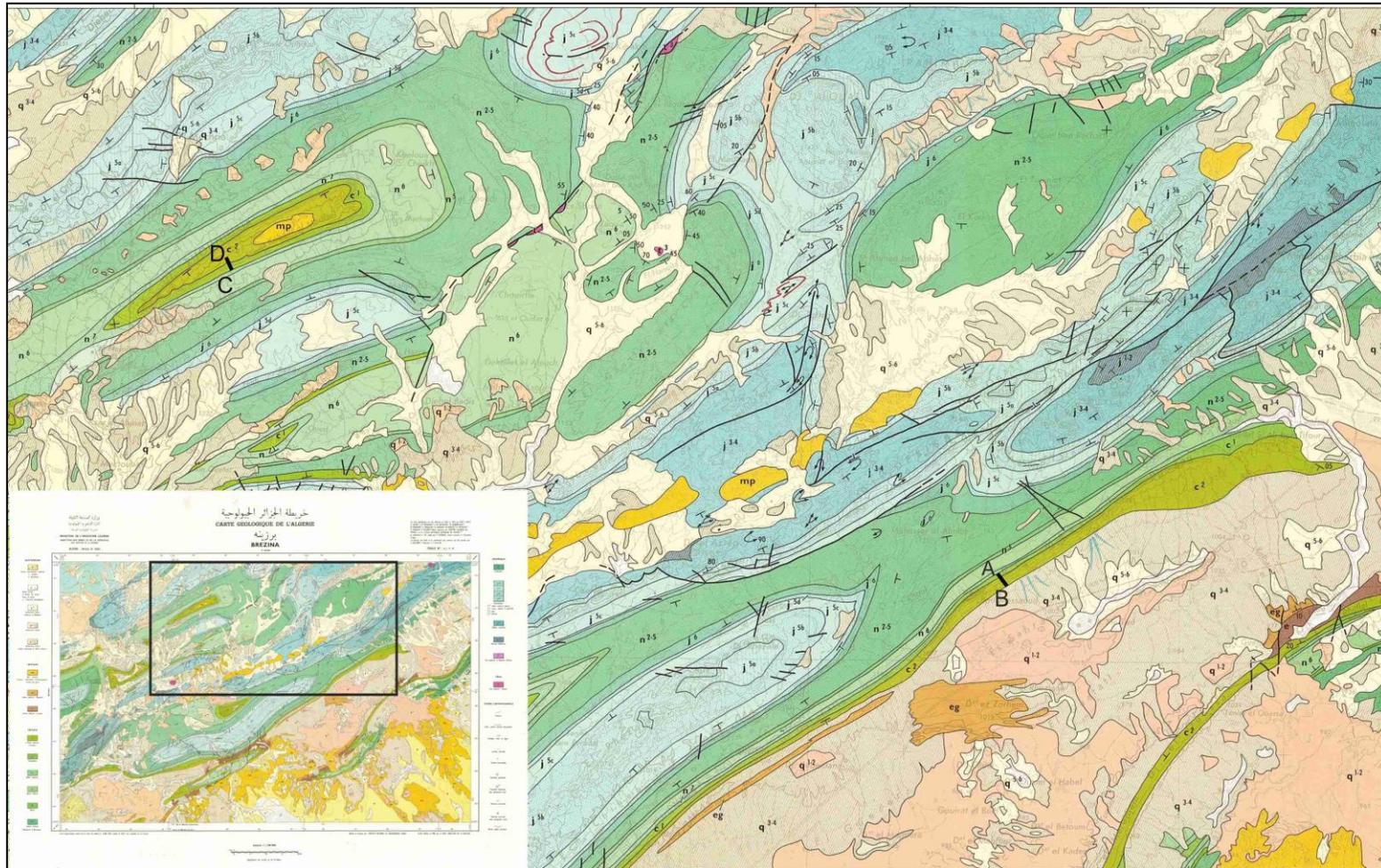


Fig.1.4: Cadre géologique du secteur d'étude de Djebel Sidi Ali Ben Tayfor et Kbeur El Merhsel (Extrait de la carte géologique de Brezina 1/200 000) A-B coupe sidi Ali Ben Tayfor C-D coupe de Kbeur El Marhsel.

5. Méthodologie de travail

Au cours de la réalisation de ce travail, nous avons suivis les étapes suivantes:

5. 1. Travail sur le terrain

Le travail sur le terrain consiste à étudier, banc par banc, une succession d'âge Cénomano-Turonien dans deux régions distinctes : Dalaât Sidi Ali Ben Tayfor à l'Est et Djebel Kbeur El Merhsel à l'Ouest. Les caractères sédimentaires de chaque unité lithologique ont été déterminés, à savoir : lithologie, épaisseur des couches, couleur, figures sédimentaires, ichnofossiles, nature des limites de couche. Ces caractéristiques permettent d'établir un découpage lithostratigraphique précis.

Dans l'objectif d'entamer au laboratoire une analyse micropaléontologique et un examen des roches de ces deux successions par le microscope polarisant, nous avons procédé à un échantillonnage des roches meubles (39 échantillons) et roches durs (17 échantillons).

5.2. Travaux au laboratoire

En fonction de la nature des échantillons prélevés sur le terrain (meuble ou dur), deux méthodes de travail au laboratoire ont été suivies :

5.2. 1. Traitement des roches dures

La préparation et la confection des lames minces ont été faites au niveau de laboratoire de géologie de l'université d'Oran 2. Après le choix des échantillons 17 lames minces ont été réalisées pour l'étude microscopique détaillée ou les techniques de Folk (1959) et de Dunham (1962) ont été utilisées.

5.2. 2. Traitement des échantillons meubles

Les étapes ci-dessous ont été suivies dans le traitement des échantillons meubles :

1) Trempage : l'échantillon est mis dans l'eau pendant plus de 24 h pour la défloculation afin de faciliter le lavage.

2) Lavage : les échantillons marneux devenus complètement malléables après l'étape de trempage, ont été lavés en utilisant deux tamis : l'un de maille de 0,315 mm et le second de maille 0,125mm. On a procédé au lavage des préparations dans un filet d'eau. Pour éviter les contaminations malencontreuses entre les échantillons, les tamis sont imprégnés avec un colorant (Bleu méthylène) qui permettra de repérer les intrus. Enfin, le résidu du tamis fin est mis à sécher dans une étuve.

Chapitre II
Lithostratigraphie

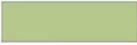
Lithologie	Faunes et bioturbation
 grés  marne  gypse  dolomie  Calcaire pseudonoduleux  Calcaire massif	 Nautilé  Ammonite  Échinide  bivalve  Astarte seguenzae  huitres  dent de spinosauridés  os et dents de vertébrés terrestres  Rudistes  skolithos
Figures et structures sédimentaires	
 lamination et stratification parallèles  lamination et stratification obliques  rides de courant  polygones de dessiccation  Tepee  lamines algaires  Bird-eyes  silex	

Fig.2.1. liste des figurés (lithologie, figures et structures sédimentaires, faunes et bioturbation) utilisés le long du manuscrit.

1. Introduction

La série cénomano-turonienne des Monts des Ksour se distingue aisément, toujours de teintes claires, des Formations silicoclastiques rougeâtres désignées comme le «Continental intercalaire». Elle englobe trois Formations lithostratigraphiques (Bassoulet, 1973) d'extension régionale et ayant chacune des caractères sédimentologiques propres: Formation de Rhelida, d'origine mixte, silico-clastique et carbonatée; Formation de Medaour se caractérise par ses niveaux évaporitiques intercalés dans les marnes gypsifères; Formation de Rhoundjaïa géomorphologiquement, il s'agit d'une crête calcaire correspondant aux dépôts marins liés à la grande transgression cénomano-turonienne.

A partir de deux coupes géologiques levées banc par banc, le présent chapitre a permis de présenter les caractéristiques lithologiques et de compléter la stratigraphie des terrains cénomano-turonien affleurant dans la région d'El Bayadh (Fig. 2.2). Le cadre stratigraphique est fondé essentiellement sur de nouvelles récoltes paléontologiques (restes de vertébrés, ammonites, rudistes,...etc.).

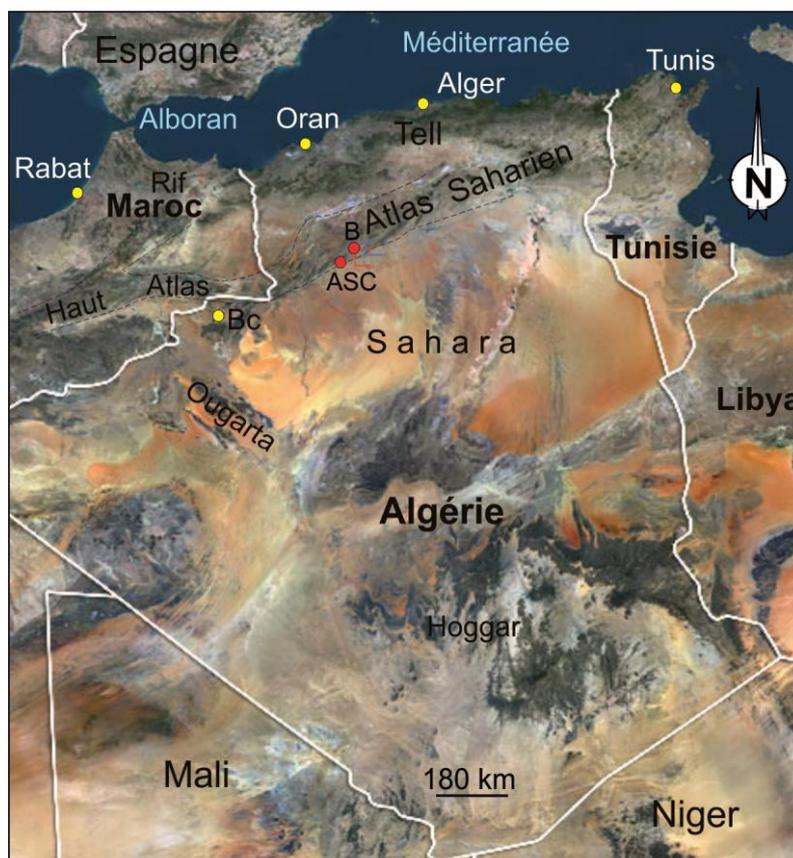


Fig.2.2. Position paléogéographique de la région d'étude par rapport aux différents domaines géographiques de l'Algérie.

2. Description litho-stratigraphique de la série étudiée

2.1. Secteur de Sidi Ali Ben Tayfor

2.1.1. Position géographique de la coupe (Fig .2.3)

Le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor (du nom d'un marabout du même nom) occupe l'extrême partie orientale de l'Atlas saharien occidental. Il se situe à environ 65 km Sud-Ouest de la ville d'El Bayadh. Il est limité au nord par Djebel El Ghoul et au Sud par Daït El Messeid (Fig.2.3). Les coordonnées géographiques moyennes de la coupe sont : $33^{\circ}22'31.30''N$; $1^{\circ}36'49.70''E$.

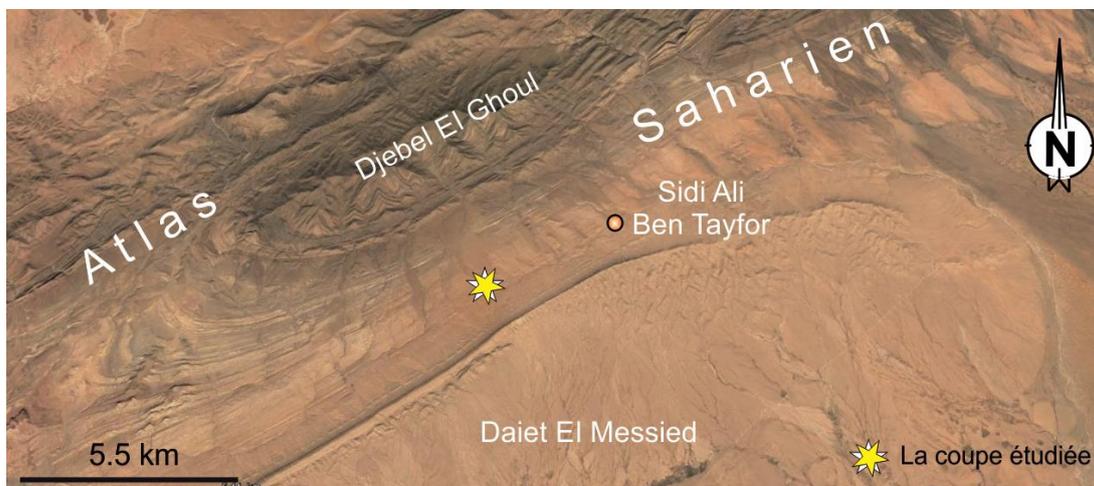


Fig. 2.3. Position géographique de la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor.

2.1.2. Description de la coupe

Dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor, la coupe qui a fait l'objet de notre étude peut être divisée en trois Formations lithostratigraphiques (Fig. 2.4, 2.5 et 2.6) :

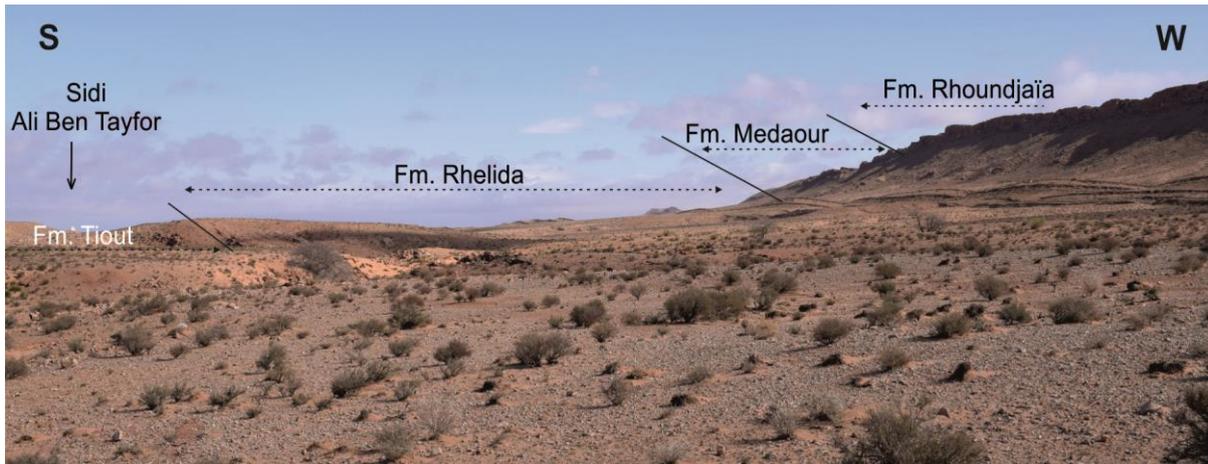


Fig.2.4. Vue panoramique montrant les Formations lithostratigraphiques étudiées dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor.

A- La Formation de Rhelida

Cette Formation a été définie par Bassoulet (1973), dans le Djebel Rhelida (région de Labiod Sidi Cheikh). Elle débute par l'apparition du premier niveau calcaire qui surmonte la Formation de Tiout et se termine sous le premier banc gypseux qui marque le début de la Formation de Medaour. Elle peut être divisée dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor en deux membres informels :

Membre inférieur (45m)

Ce membre commence avec un banc calcaire (30cm) verdâtre, friable, bioturbé (*Thalassinoides* et *Skolithos*) riche en moules internes de bivalves (Fig. 2.5A). Il est formé d'une alternance de marnes verdâtres ou rougeâtres (de 0,5 à 8 m) avec des bancs calcaires et de grès. Les bancs calcaires (de 0,2 à 1,5 m) sont de couleur crème ou marron clair à la patine, grisâtre à la cassure, en bonne continuité latérale. Ils présentent des lamines algaires (Fig. 2.5 B-C), parfois bioclastiques riche en bivalves et gastéropodes. Les bancs gréseux présentent des laminations horizontales, obliques angulaires soulignées par des débris de vertébrés (Fig. 2.5D). Ils renferment des passées micro-conglomératiques à galets bien arrondis, des coprolithes spiralés, os et dents de vertébrés (dents rostrales d'*Onchopristis numidus*, Haug, *Spinosaurus aegyptiacus*, Stromer).

Quatre lames minces ont été confectionnées sur les échantillons provenant de bancs calcaires durs, respectivement pour l'examen microscopique. Cette dernière montre que les bancs calcaires sont chargés d'abondants grains de quartz anguleux à sub-arrondis et à contours irréguliers. Le faciès calcaire laminé est formé d'une alternance fine de lamines algaires ondulées (stromatolithes) avec des sédiments d'origine détritique de forme anguleuse à

arrondie. Au sein des tapis microbiens, les grains détritiques sont orientés avec leur grand axe parallèle à la surface sédimentaire. Ces structures sont considérées comme faisant partie du « *tidal bedding* » et des structures sédimentaires induites par des tapis microbienne « *microbially-induced sedimentary structures* », ou « *MISS* » de Noffke et al. (2001, 2003, 2009). Les grains de quartz présentent des faces extrêmement irrégulières à arêtes anguleuses et à nombreux golfes de corrosion, et sont recouvertes presque totalement d'une mince pellicule d'oxyde de fer.



Fig.2.5. A. Banc gréso-calcaire riche en bivalves ; B. Alternance d'argiles et de bancs calcaires bien continus latéralement; C. Surface supérieure d'un banc calcaire à lamines algaires ; D. Bancs gréseux à laminations obliques angulaires.

Les résidus des lavages effectués dans les argiles révèlent des foraminifères benthiques indéterminés, des ostracodes à valves lisses, gastéropodes et des dents de poissons sans racines.

Membre supérieur (30m)

Il débute avec une barre calcaire (3 m d'épaisseur) jaunâtre, laminé, à brèches et fentes de dessiccation (Fig. 2.6A). Cette barre est surmontée par une alternance de marnes verdâtres (0.20-8m) avec des bancs calcaires dolomitiques (0.10 à 1.2m), bioclastiques ou à lamines algaires (Fig. 2.6B-C). Les calcaires bioclastiques renferment des bivalves et des gastéropodes

(*Gyroïdes* sp.), ils se présentent en lentilles grano-décroissantes avec des laminations horizontales, obliques et entrecroisées en arêtes de poisson ("*herringbone stratifications*") (Fig. 2.6D). La surface supérieure des bancs montre des rides de courant et des fentes de dissolution. La partie sommitale du membre est faite essentiellement d'argiles gypsifères verdâtres, d'environ 8 m d'épaisseur.

Les niveaux bioclastiques montrent une texture wackestone-packstone, à concentrations de gastéropodes et de bivalves hétérodontes

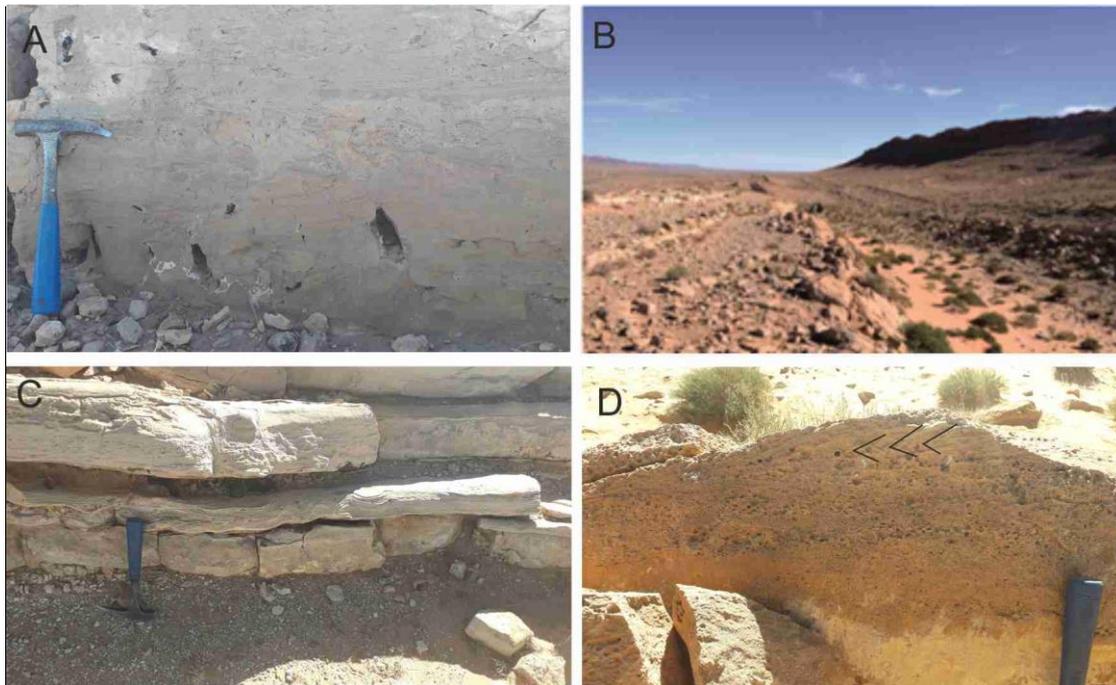


Fig.2.6.A. Banc calcaire à brèches de dessiccation; B et C. Bancs calcaires à lamines algaires; D, Calcaire à stratifications obliques en arêtes de poisson.

B- La Formation de Medaour

Cette Formation est définie par Bassoullet (1973) au niveau du Djebel Medaour. Dans la série étudiée, elle commence avec l'apparition du premier banc gypseux (0.20m), elle peut être subdivisée en deux membres:

Membre inférieur (30m)

Il s'agit d'une alternance de marnes verdâtres ou rougeâtres avec des bancs gypseux (0.10-1.20 m) blanchâtres et des calcaires à lamines algaires jaunâtres.

Membre supérieur (20m)

Ce membre se caractérise par la disparition des gypses, il est formé par une alternance de marnes verdâtres avec des bancs calcaires (0.10-1.50m) à lamines stromatolithiques ou calcaires bioclastiques à bivalves et gastéropodes. Le dernier banc calcaire est bioturbé marqué par un réseau de terriers horizontaux de type *Thalassinoides*.



Fig. 2.7. A. Vue panoramique montrant la Formation de Medaour; B. Surface supérieure d'un banc calcaire riche en *Thalassinoides*.

C- La Formation de Rhoundjaïa

Sur la base des caractéristiques lithologiques, paléontologiques et stratigraphiques, la Formation de Rhoundjaïa est subdivisée dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor, en quatre membres informels :

Membre 1

Ce membre est le plus résistant à l'érosion et forme un ressaut dans la topographie. Il s'étale généralement sur 5 à 12m d'épaisseur en moyenne, il est formée de bancs calcaires pseudonoduleux de couleur beige à grisâtre, d'épaisseur décimétrique à métrique renfermant des bivalves, des huîtres, des gastéropodes, des échinoides (Pl. II), des ammonites (*Neolobites vibrayanus*) et de rares nautiloides (*Angulithes* sp.) (Pl. I).

L'examen microscopique montre qu'il s'agit d'une biomicrite de texture mudstone-packstone, à foraminifères planctoniques, rares foraminifères benthiques, valves d'ostracodes, sections de bivalves, de gastéropodes et de rovéacrinides.

Ce membre est corrélable avec le Membre des calcaires inférieurs qui affleure dans la partie occidentale des Monts des Ksour (Bassoullet, 1973; Benyoucef et *al.*, 2017).

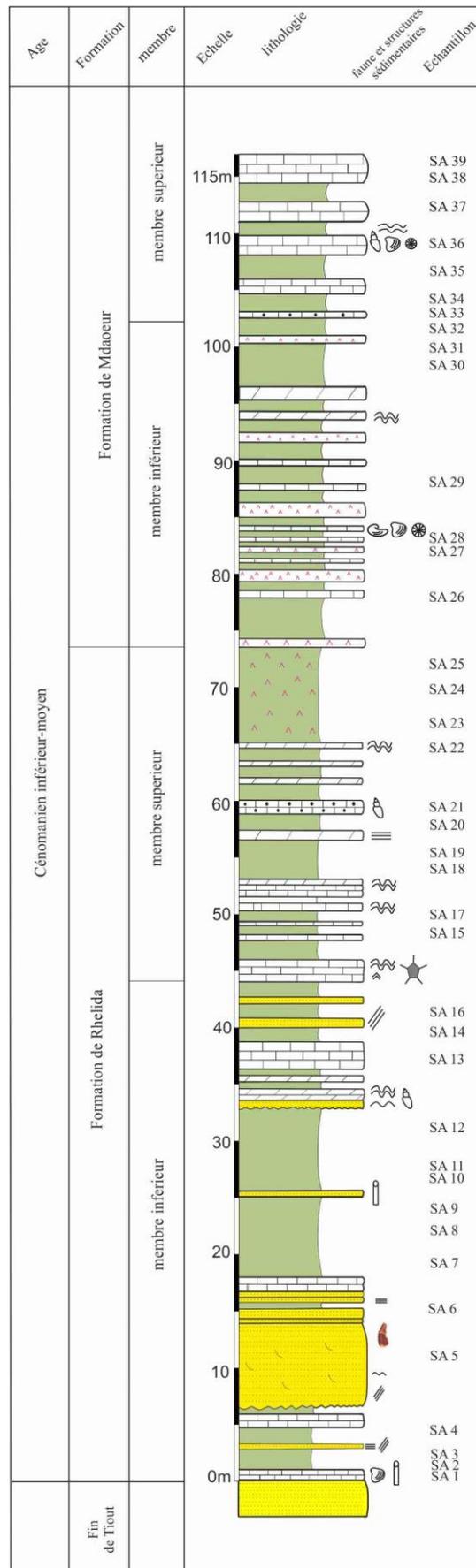


Fig. 2.8. Succession lithostratigraphique des Formations de Rhelida et de Medaour dans la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor.

Membre 2

Ce membre est formé de bancs calcaires décimétriques (Fig.2.9C), de couleur beige à grisâtre, renfermant une riche faune d'ammonites, rares gastéropodes, bivalves (*Tylostomidés*) et oursins. L'étude microfaciologique révèle une biomicrite de texture mudstone-wackestone à foraminifères benthiques (*Epistominidés*) et planctoniques (*Heterohelix* sp., *Rotorbinella mesogeensis*), valves d'ostracodes, rovéacrinides, sections de bivalves, radioles d'oursin, ammonites et de rares gastéropodes. La composition faunistique montre que les dépôts de ce membre peuvent être corrélés avec le membre des Marnes médianes qui affleure dans la partie occidentale des Monts des Ksour (Bassoullet, 1973 ; Benyoucef et *al.*, 2017).

Member 3

Ce membre est constitué d'une barre calcaire massive de couleur jaunâtre riche en ammonites (Fig.2.9A). Le microfaciès montre des biomicrites de texture mudstone-wackestone à rovéacrinides, bivalves à tests minces, sections d'ammonites, riche en foraminifères *hétérohelicidés* de petite taille.

Membre 4

Ce membre est composé de bancs calcaires laminés à patine gris foncé, se débitant en plaquettes (Fig.2.9B), riche en ammonites et microfaunes planctoniques. En microscope, ce sont des calcaires biomicritiques de texture wackestone ou mudstone alternativement sombre et claire. Ces biomicrites renferment des microfilaments, des spicules d'éponges, d'abondantes *hedbergelles* et *heterohelicidés*, sections d'ammonites, de radiolaires, de rovéacrinides, des valves d'ostracodes, et de rares foraminifères benthiques (*Praebulimina* sp.). Vers la partie sommitale, les micro-filaments disparaissent et le microfaciès devient dominé par des niveaux à calcisphères.



Fig.2.9. A. barre calcaire massive; B. calcaires laminés; C. bancs calcaires décimétriques; D. surface ferrugineuse.

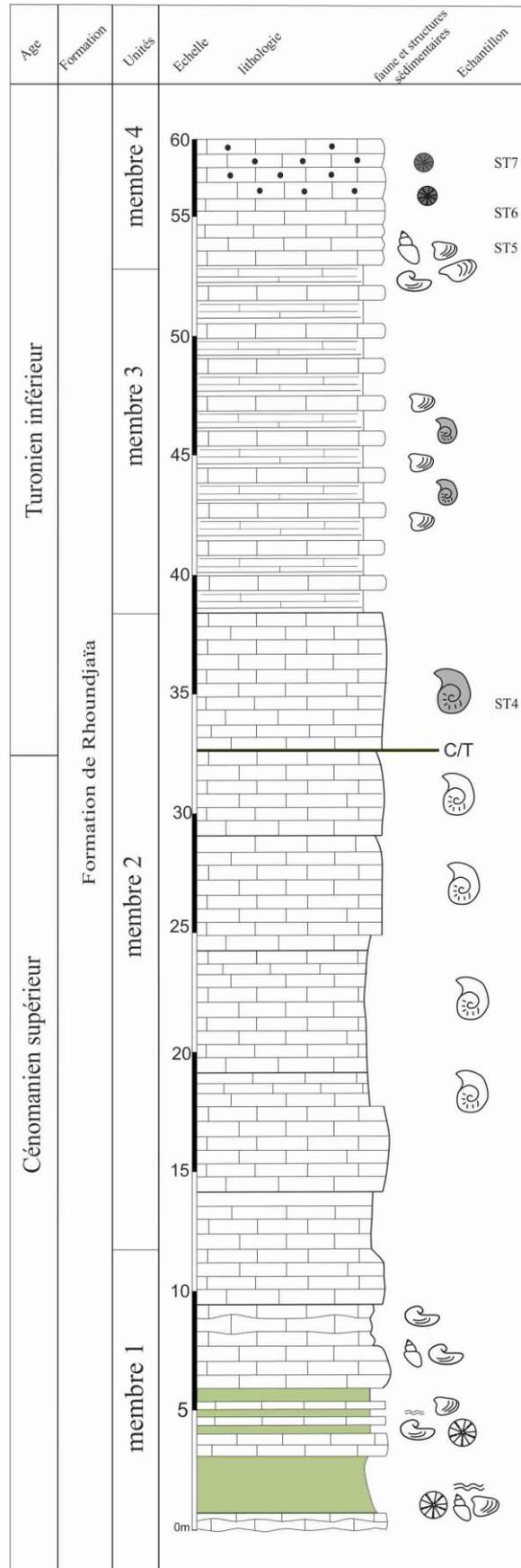


Fig.2.10. Succession litho-stratigraphique de la Formation de Rhoundjaïa dans la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor.

2.2. Secteur de Kbeur El Merhsel

2.2.1. Position géographique de la coupe

Le secteur d'étude fait partie de l'Atlas saharien occidental. Il occupe la partie méridionale du synclinal perché de Kbeur El Merhsel, sensiblement orienté SW-NE. La coupe géologique effectuée se situe à proximité de la commune de Toualil, elle est limitée au Nord par la localité de petite Mecheria, au Sud par Krakeda, à l'Est par Ain El Merhsel et Ain el Orak. Les coordonnées géographiques de la coupes sont : 33,518457°N ; 1 ,063595°E.

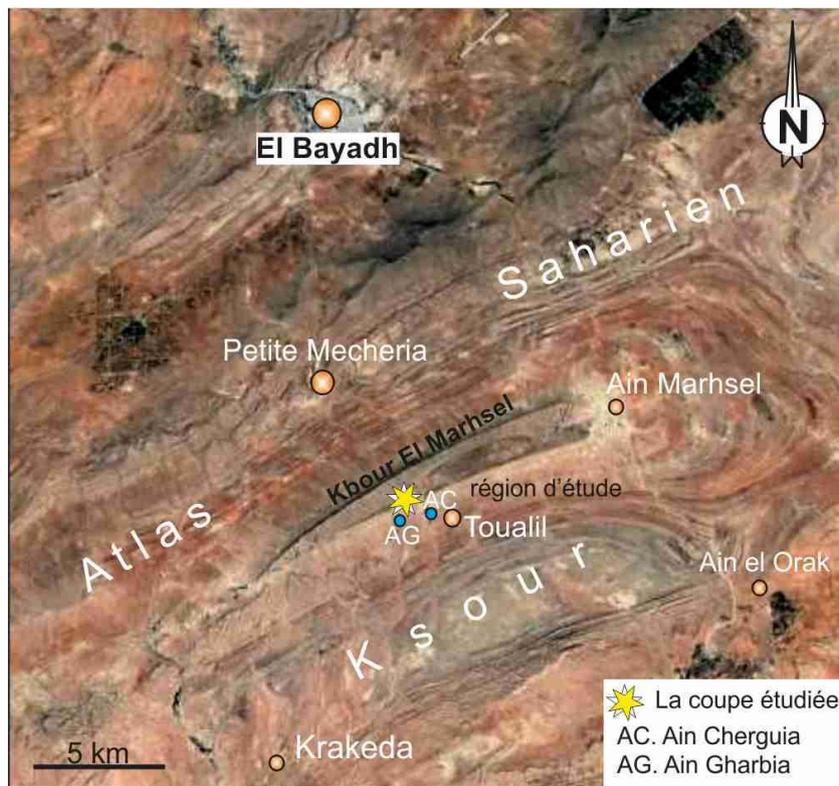


Fig.2.11. Position géographique de la coupe de Kbeur El Merhsel

2.2.2. Description de la coupe

Dans le secteur de Kbeur El Merhsel, seule la Formation de Rhoundjaïa a fait l'objet de notre étude. Cette Formation peut être subdivisée en deux membres informels :

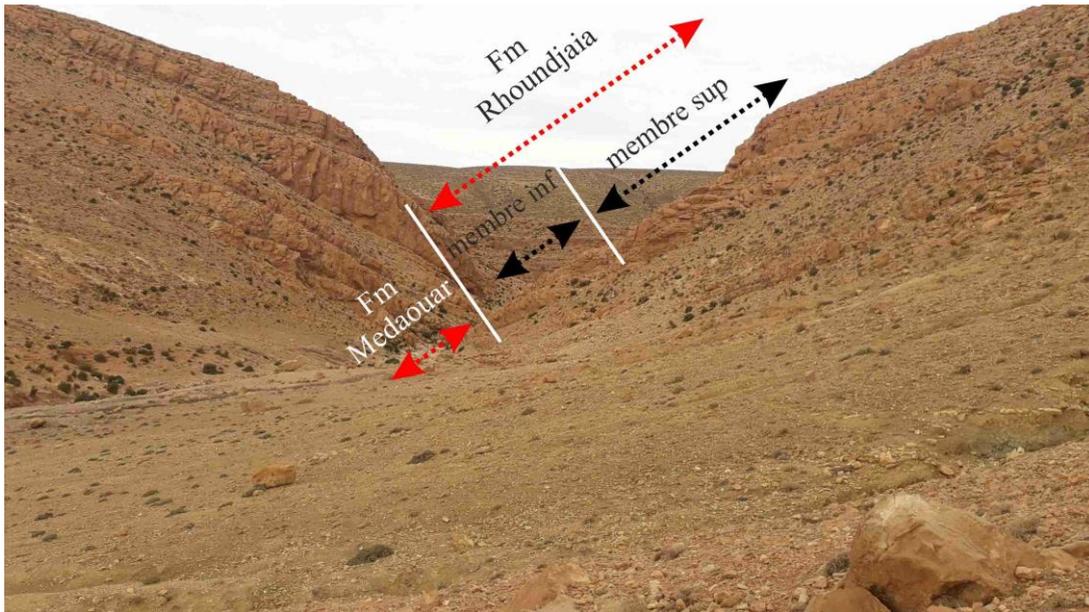


Fig.2.12: Vue panoramique de la coupe de Kbeur El Merhsel montrant la Formation d Rhoundjaïa

Membre inférieur (15m)

Ce membre débute par une vire marneuse (1m) beige à passées centimétriques riches en bivalves. Au dessus de ces marnes, s'installe une barre calcaire massive, grisâtre, renfermant des bivalves, des huîtres, des gastéropodes, des oursins et des ammonites (*Neolobites vibrayeanus*).

L'examen microscopique montre une texture mudstone à wackestone renfermant des foraminifères benthiques et planctoniques, sections de radioles d'oursins, et de gastéropodes. Le résidu de lavage montre des oursins, des ostracodes, des foraminifères benthiques

Membre supérieur (45 m)

Ce membre se caractérise par des bancs calcaires massifs (0.20-2m), bioclastiques riche en rudistes en position de vie ou remaniés (*Sauvagesia sharpei*, *Sauvagesia nicasei*, *Durania blayaci*, *Durania arnaudi*). La partie sommitale du membre est intercalée par des bancs calcaires décimétriques à lamines algaires et structures fenestrales. Les derniers niveaux révèlent une texture packstones de type oo-biomicroite à section d'*Apricardia* sp.

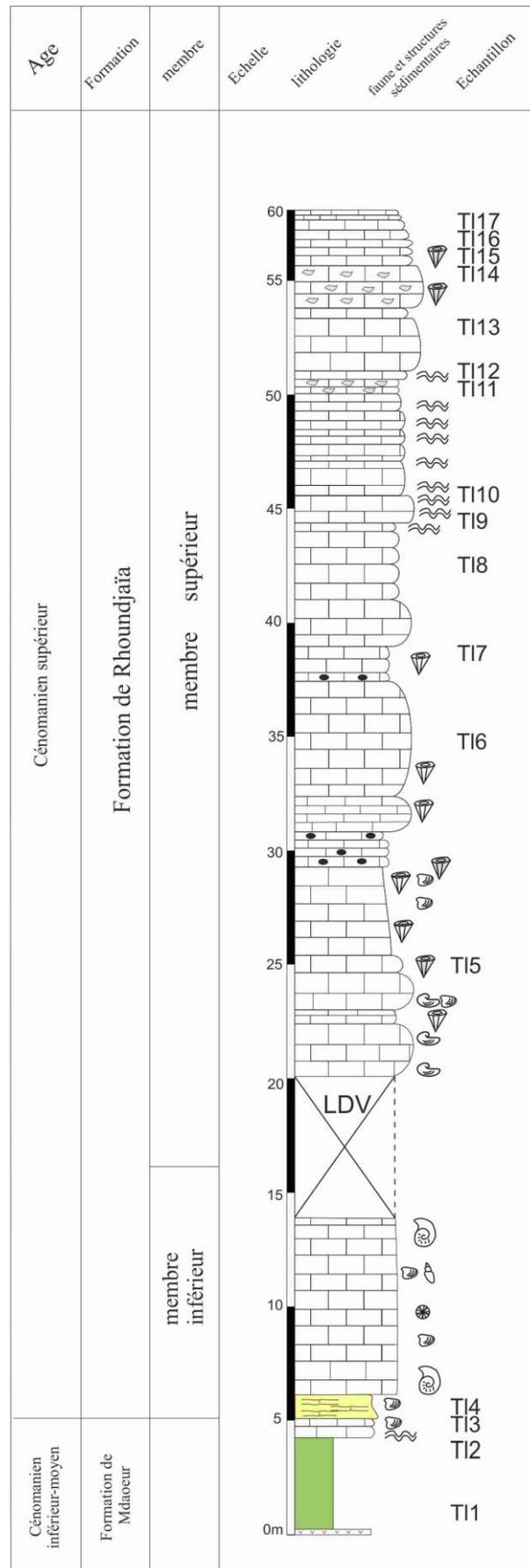


Fig.2.13. Succession lithostratigraphique de la coupe de Kbeur El Merhsel

3. Attribution Stratigraphique

La Formation d'El Rhelida :

La Formation d'El Rhelida est relativement bien datée grâce à l'association de *Spinosaurus aegyptiacus* (Stromer, 1915), *Onchopristis numidus* (Haug, 1905), caractérisant la partie basale de la Formation étudiée, en lui attribuant un âge Cénomaniens inférieur.

La Formation des Medaour

La Formation de Medaour n'avait pas livré de marqueurs biostratigraphiques. Elle était rapportée au Cénomaniens inférieur à moyen, par encadrement lithologique avec les formations sous et sus-jacentes déjà datées (Bassoullet, 1973; Mebarki *et al.*, 2016; Benyoucef *et al.*, 2017). En plus, elle est encadrée par deux Formations qui sont bien datées, elle est insérée entre le Cénomaniens inférieur (EL Rhelida) et Cénomaniens supérieur (Rhoundjaïa).

La Formation de Rhoundjaïa

Dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor, la base de la Formation de Rhoundjaïa est datée du Cénomaniens supérieur (non terminal), par la présence des *Vascoceras cf. gamai*, tandis que dans sa partie supérieure, la découverte des *Choffaticeras sinaiticum* (pour la première fois dans l'Atlas sahariens) permet d'attribuer un âge Turonien inférieur.

Dans le secteur de Kbeur el Merhsel, la présence des *Neolobites vibrayanus* et les rudistes (*Sauvagesia sharpei*, *Sauvagesia nicasei*, *Durania blayaci*, *Durania arnaudi* permettent d'attribuer un âge du Cénomaniens supérieur à la Formation de Rhoundjaïa.

Chapitre III
Sédimentologie

1. Introduction

L'étude sédimentologique des coupes réalisées du Crétacé supérieur de la région d'El Bayadh permet de définir le contexte paléoenvironnemental des unités lithostratigraphique identifiées. Elle est basée sur la méthode de définition et d'interprétation des faciès. Ainsi, les données sédimentologiques utilisées pour la détermination des faciès sont: la lithologie, la granulométrie, la texture, les surfaces de contact, l'épaisseur des couches, la géométrie, le contenu paléontologique et ichnologique, et les structures hydrodynamiques. Chaque faciès est interprété en termes de la dynamique sédimentaire et de processus de dépôt. Les roches carbonatées ont été classées en fonction de leur composition chimique ou minéralogique, et en fonction de leur texture, matrice ou ciment et grains. Les classifications utilisées font appel à des paramètres accessibles sur échantillon ou en lame mince tels que la proportion matrice-ciment-grains. Il s'agit de la classification de Folk (1959) et la classification proposée par Dunham (1962) et modifiée par Embry et Klovan (1972).

- **la classification de Folk (1959)** (Fig.3.1) est basée sur la nature des grains carbonatés (ooïdes, pellets, bioclastes, intraclastes,...), ainsi que sur la nature de la phase de liaison (matrice ou ciment).

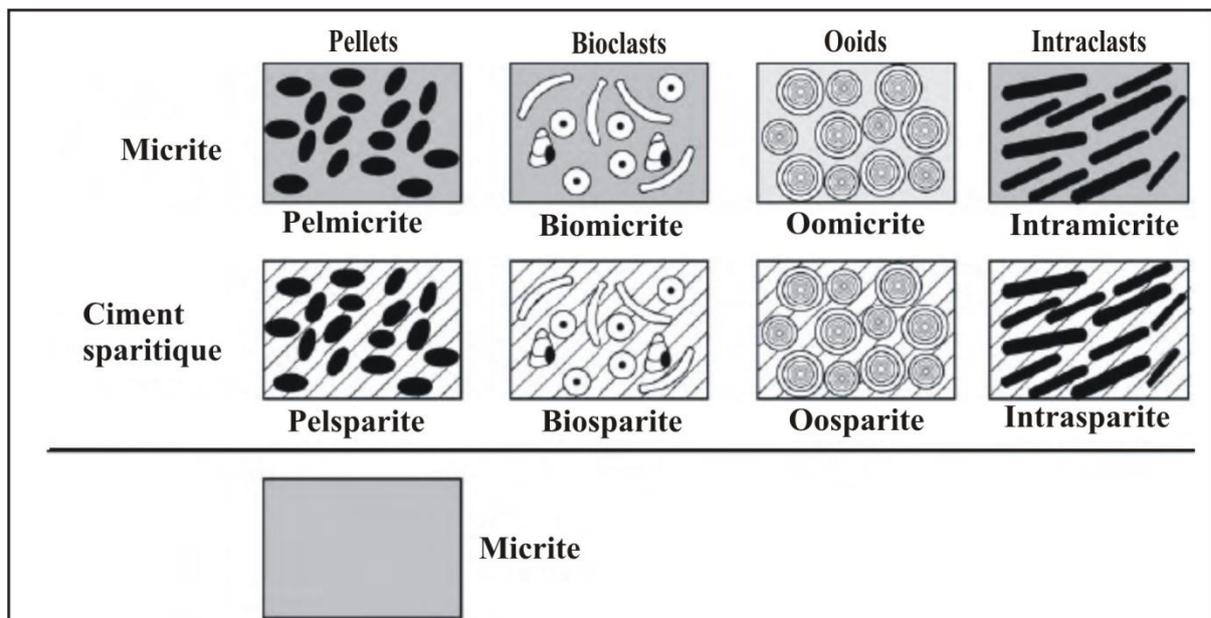


Fig.3.1. Classification de Folk (1959)

-la classification de Dunham (1962) s'intéresse beaucoup plus sur l'arrangement des constituants au moment de dépôt, qu'à la nature des grains. Elle est fondée sur trois critères principaux (Fig. 3.2):

- la présence ou l'absence de la boue carbonatée ;
- la disposition des grains, jointive ou non jointive ;
- la proportion des grains (inférieure ou supérieure à 10%).

Texture reconnaissable						Texture non reconnaissable			
Les éléments ne sont pas liés pendant le dépôt				Les éléments liés organiquement pendant le dépôt					
Existence de la boue		Absence de la boue, et grains jointifs		>10% de grains > 2 mm		Peut être subdivisé en trois types			
Grains non jointif		Grains jointifs	Grainstone	Support par la matrice	Support par des éléments >2 mm	Bafflestone	Bindstone	Framestone	
<10% de grains	>10% de grains								Mudstone
						Par des organisme qui s'organisent comme des cloisons	Par des organismes incrustés	Par des organisme construisant des tests épais	Cristalline

Fig.3.2. Classification de Dunham (1962), complétée par Embry et Klovan (1971).

2. Description et interprétation des faciès

Les nouvelles observations de terrain recueillies lors de notre mission de prospection (décembre 2019) permettent de définir de manière détaillée les mécanismes et l'organisation des dépôts des terrains céno-mano-turonien qui affleurent dans la région d'El Bayadh, grâce à la sédimentologie de faciès. Cette approche nous a permis de reconnaître vingt faciès sédimentaires types, notés de FT 1 à FT 20, que nous avons regroupé en sept assemblages de faciès distincts, appartenant à des environnements différents.

FT.1. Microconglomérat

Ce faciès est essentiellement observable à la base de la Formation d'El Rhelida, par contre il disparaît vers le sommet. Il se trouve intercalé dans des grès en chenaux dissymétriques, à base ravinante, d'une épaisseur centimétrique et d'une largeur métrique. Il contient des éléments calcaires et gréseux, en général sub-anguleux à sub-arrondis, mal classés et de taille millimétrique. Ces clastes baignent le plus souvent dans une matrice rougeâtre constituée de grès à grain moyen. Les niveaux microconglomératiques recèlent occasionnellement des restes de vertébrés variés, brisés

et ayant vécu dans différents biotopes : dinosaures spinosauridés, poissons-scies et crocodiliens. L'interface des bancs micro-conglomératiques est soulignée par des laminations obliques remaniant des débris osseux (Fig.3.3).



Fig. 3.3. Présentation photographique du faciès micro-conglomératique. Notons les laminations obliques à débris osseux (flèches)

La sédimentation de ce faciès résulte d'un hydrodynamisme relativement puissant. Ce qui explique l'absence totale de la bioturbation.

FT.2. Grès à laminations horizontales

Ce faciès a été identifié dans le membre inférieur de la Formation d'El Rhelida. C'est un grès à grain fin ou moyen, sous forme de bancs décimétriques à litages horizontaux parallèles ou faiblement inclinés, avec, parfois délits de linéationse « *parting lineations* ou *primary current lineations* » (Fig.3.4-5). Les bancs sont continus et s'alternent avec des argiles verdâtres. La bioturbation est représenté sporadiquement par des terriers verticaux attribués à l'ichnogenre *Skolithos*.

Ce faciès FT2 a été interprété comme étant le résultat d'un dépôt par traction en régime d'écoulement relativement élevé par des courants unidirectionnels, des courants oscillatoires et très probablement par un écoulement combiné (Arnott, 1993). La rareté de la bioturbation et la présence occasionnelle des terriers verticaux, appartenant à des organismes suspensivores, témoignent aussi de la forte énergie du courant responsable de la mise en place de ce faciès.

Les bancs de grès à litage horizontal à légèrement oblique montrant des lits de grains fins ou moyens pourraient souligner des dépôts de plage (Short, 1984). Ils ressemblent aussi au faciès Sh de Miall (2006).

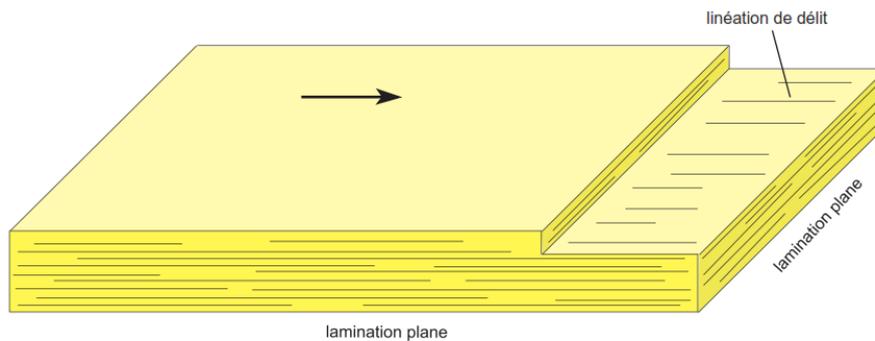


Fig. 3.4. Présentation schématique montrant des laminations horizontales avec des délitement de linéations

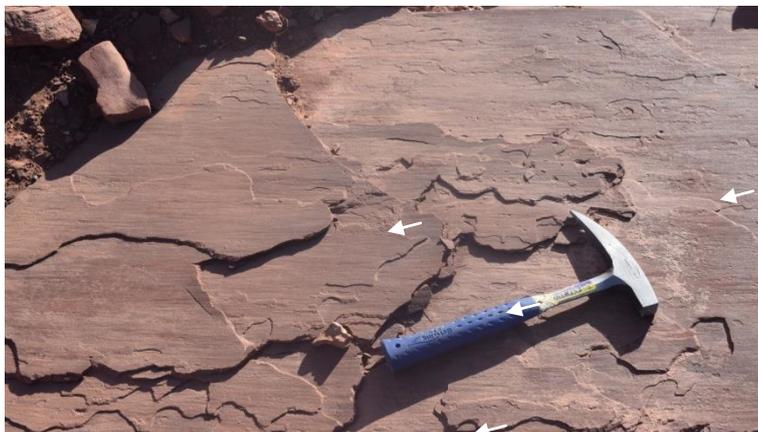


Fig.3.5. Présentation photographique montrant un banc gréseux à laminations horizontales et délitement de linéations (flèches).

FT.3. Grès à laminations obliques angulaires

Ce faciès caractérise la partie basale du membre inférieur de la Formation d'El Rhelida. Il se présente sous forme de bancs gréseux à grains fins ou moyens, de couleur ocre et d'épaisseur décimétrique. L'interface des bancs est marquée par des lamines obliques planes et à contact anguleux avec la surface basale (Fig. 3.6). Les lamines obliques angulaires passent latéralement à des lamines obliques tangentielles (Fig. 3.7-8).

Les laminations obliques sont formées, sous l'action d'un régime d'écoulement inférieur unidirectionnel, par la migration des rides ou mégarides, la migration latérale des dunes hydrauliques et des vagues de sable (Chamley, 2000). Elles apparaissent dans différents environnements de dépôt continentaux et marins, cependant, elles sont

fréquentes dans la plate forme peu profonde (foreshore à shoreface supérieur) soumis à l'action des vagues et des marées (Tucker, 2003).

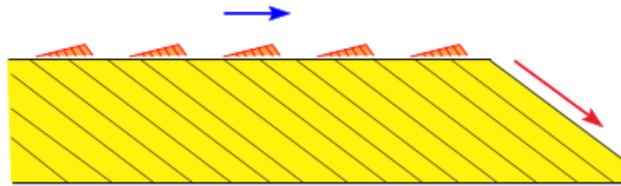


Fig. 3.6. Présentation schématique montrant des litages obliques angulaires

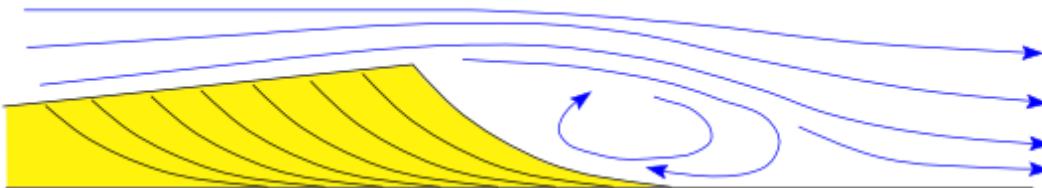


Fig. 3.7. Présentation schématique montrant des litages obliques arqués



Fig. 3.8. Vue de terrain présentant un banc gréseux à litages oblique angulaires (1 flèche blanche) qui passe latéralement à des litages obliques tangentiels (2 flèche jaune).

Le courant responsable de la formation des laminations obliques arquées est relativement plus puissant (Tucker, 2003). Ce type de structure est généré par un décollement du courant sur la crête des mégarides ou des dunes tridimensionnelles. Il est rare en domaine de plate forme, en raison du remaniement épisodique par les autres agents dynamiques. Il se forme préférentiellement en zone abritée (estuaires), bien que de plus petites tailles, elles sont similaires a celles décrite par Visser (1980).

FT. 4. Grès coquilliers

Ce faciès correspond à des bancs gréseux d'épaisseur centimétrique intercalés dans les argiles verdâtres (faciès supratidal) du membre sommital de la Formation d'El Rhelida. Il est formé de grès coquillier à tendance lumachellique, très riches en coquilles de bivalves mono-spécifiques marines (Fig. 3.9).



Fig.3.9. Photo de terrain du faciès gréseux coquillier (Flèche blanche indique les bivalves)

Ces intercalations bioclastiques sont considérées comme le résultat de remaniement syn-sédimentaire par des courants de marées et par les tempêtes ou à un phénomène de «mort en masse» associé à un changement brutal du chimisme de l'environnement (Benyoucef et *al.*, 2017).

FT. 5. Grès oxydé

Ce faciès a été identifié dans la partie inférieure de la Formation d'El Rhelida. Il est représenté par des niveaux gréseux minces (5-15cm), de couleur rougeâtre, à grains fins, et à matrice hématisée (Fig. 3.10). Cette dernière indique probablement des conditions subaériennes relativement prolongées. La présence d'oxyde de fer en grande quantité atteste d'un milieu bien oxygéné.



Fig.3.10. Photo de terrain du faciès gréseux hématisée.

FT. 6. Grès à *Skolithos*

Ce faciès a été repéré dans la partie basale de la Formation d'El Rhelida, il est caractérisé par des bancs gréseux à grain fin ou moyen, d'épaisseur décimétrique et dépourvus de structures hydrodynamiques d'interface. Les bancs gréseux sont caractérisés par d'abondants terriers droits, verticaux ou légèrement obliques par rapport à la stratification, non branchus, cylindriques ou subcylindrique, à diamètre assez uniforme, attribués à des *Skolithos* (Fig. 3. 11.)

Ces traces organiques d'habitat (« *domichnia* ») sont décrites dans des environnements différents : côtiers, estran, barres deltaïques, estuaires (Seilacher, 1967 ; Alpert, 1974 ; Fillion et Pickerill, 1990), fluviale (Stanley et Fagerstrom, 1974 ; Buatois et *al.*, 2001). Des structures similaires du Trias en Groenland ont été attribuées à des terriers d'habitation d'insectes (Bromley et Asgaard, 1979). Cependant, Frey et Pemberton (1984), associent ces traces à des faciès de haute énergie mis en place par l'action des vagues de tempêtes. Cette trace fossile montre une répartition stratigraphique allant du Cambrien jusqu'à l'actuel (Seilacher et *al.*, 2005).

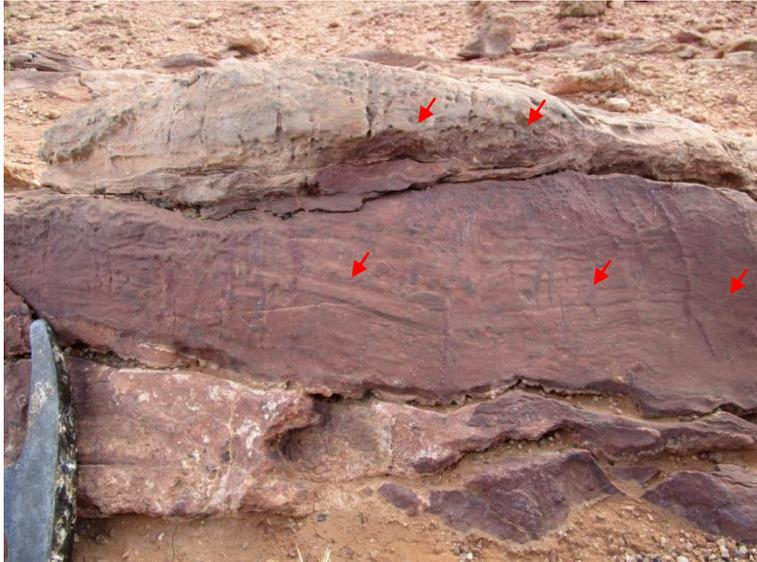


Fig.3.11. Photo de terrain présentant deux bancs gréseux, caractérisés par des terriers de type *Skolithos* (flèches).

FT. 7. Argiles

Le long des Formations d'El Rhelida et de Medaour, entre les bancs gréseux, calcaires et gypseux, s'intercalent des niveaux argileux de couleur rouge, parfois verdâtre, montrant des tâches de marmorisation et d'épaisseur variable, de quelques centimètres à quelques décimètres. Ce faciès détritique à granulométrie fine, parfois silteuse, ne montre ni une structure sédimentaire apparente, ni des bioclastes identifiables à l'affleurement. Les résidus des lavages effectués, dans ces niveaux, sont en cours d'étude. Ce faciès a été supposé continental (Bassoullet, 1973), en raison de sa couleur rouge et aussi en raison de remplissages de chenaux gréseux interprétés comme d'origine fluviale. En effet, cette argile rouge n'est continentale qu'en apparence. Grâce au processus de décantation, leur granulométrie témoigne d'un milieu de dépôt à régime hydrodynamique faible. Cette argile est ici interprétée comme d'origine marine, rougie secondairement par émergence (profil d'altération), en raison de la très grande continuité latérale des bancs de grès (grès coquillier) et de carbonates marins (calcaires à lamines algaires et calcaires bioclastiques) qui les intercalent. La couleur rouge est probablement acquise par altération continentale (« continentalisation ») de dépôts marins de faible profondeur, à la suite de multiples émergences syn-sédimentaires (Ferry *et al.*, 2007; Benyoucef *et al.*, 2014,2017; Benyoucef et Meister 2015).

FT. 8. Argiles gypsifères

Ce sous-faciès marque la Formation de Medaour. Il est de couleur verdâtre ou rougeâtre, d'épaisseur centimétrique à métrique, intercalé par des faciès gypseux et carbonatés. La présence de gypse dans les marnes peut indiquer des conditions arides dans un milieu de type sebkha (zone supratidale).

FT. 9. Gypse

Ce faciès est largement répondu dans la partie inférieure de la Formation de Medaour, sous forme de bancs centimétriques à décimétriques, intercalés au sein des argiles de couleur verdâtre ou rougeâtre (Fig. 3.12). Il se développe sous plusieurs aspects : massif, fibreux ou à structure varvée. Cette dernière est formée d'alternances de lamines claires d'origine gypseuse et d'autres lamines sombres riche en matière détritique (argiles).

Ce faciès est généralement formé par la précipitation d'ions en solution, dans un milieu sursaturé (saumure) soumis à une évaporation intense (Warren, 2010) lors des périodes sèches et arides. Il pourrait être un environnement de plaine côtière ou de plate-forme péritidale au sens de Pratt et *al.* (1992) et Wright et Burchette (1996), analogue à une sebkha qui occupe l'étage supratidal à intertidal supérieur.



Fig. 3.12. Présentation photographique du faciès gypseux (FT. 9)

FT. 10. Marnes

Ce faciès a été enregistré dans la partie basale de la Formation de Rhoundjaïa. Il se compose de marnes beiges à blanchâtres, d'épaisseur métriques et intercalée par des niveaux minces à ostréidés. Les résidus des lavages effectués dans ces marnes ont révélé une riche microfaune: ostracodes, foraminifères benthiques, et ophiuridés, rovéacrinides, gastéropodes et épines d'oursins.

FT. 11. Calcaire à lamines algaires

Ce faciès a été repéré dans la partie sommitale de la Formation de Medaour, sous forme de dalles calcaires à lamines stromatolithiques planes à ondulées, dures et continues latéralement (Fig. 3.13A). L'examen microscopique montre que les bancs calcaires sont chargés d'abondants grains de quartz anguleux à sub-arrondis et à contours irréguliers. Le faciès calcaire laminé est formé d'une alternance fine de lamines algaires ondulées (stromatolithes) avec des sédiments d'origine détritique de forme anguleuse à arrondie (Fig. 3.13B). Ces structures sont considérées comme faisant partie du « *tidal bedding* » et du « *microbially-induced sedimentary structures* », ou « *MISS* » de Noffke et al. (2001, 2003, 2009).

Des niveaux carbonatés massifs ou à lamines d'origine algaire, intercalés dans les marnes, caractérisés par une épaisseur constante et une régularité de faciès, n'ont pu se former que dans un milieu de dépôt quasi-plat ; des tapis microbiens stratifiés avec des intercalations silico-clastiques d'échelle millimétrique à centimétrique (« *tidal bedding* » ou « *microbially-induced sedimentary structures* ») ont été déposés dans des conditions intertidales de faible énergie. L'apport temporaire de sédiments clastiques quartzeux n'a pas oblitéré les colonies microbiennes qui se développent en cycles élémentaires: succession d'une lamine sableuse pour le flot, une lamine de boue pour l'étale de marée haute, une lamine sableuse pour le jusant et à nouveau une lamine de boue pour la marée basse (Flügel, 2010).



Fig.3.13. Présentations photographiques du faciès calcaires à lamines calcaires (FT.11). A, vue de terrain montrant des bancs calcaires à lamines cryptoalgaires (flèches); B, Microphotographie de lame mince du faciès (FT. 11) montrant un calcaire micritique finement stratifié (boundstone stromatolithiques) caractérisé par l'alternance de couplets d'échelle millimétrique composée de deux parties : grains (grains jointifs ou non) de la taille d'un silt (flèches noires continues) ou d'un sable (bande lumineuse), avec une structure graduelle et de minces tapis microbiens interstratifiés (flèches noires discontinues).

FT. 12. Calcaires à structures en tipis (*tepees*)

Il s'agit d'un faciès calcaire dolomitique déposé en strates centimétriques à décimétriques, présentant des lamines stromatolithiques en structures planaires, ondulées ou comme des plis brisés, en tente indienne ou en "V" inversé (Fig. 3.14.) et qui peuvent être interprétées comme des "tipis" ("*tepees*") (Adams et Frenzel, 1950).

Les "*tepees*" sont le produit d'une lithification syngénétique de sédiments carbonatés ayant subis une exposition subaérienne et sont communes dans les successions carbonatées de "tidal-flat" et des plates formes côtières tropicales. Certains auteurs expliquent l'origine de ces figures par la dessiccation, la dilatation thermique et la contraction de la boue carbonatée (Inden et Moore, 1983 ; Tucker et Wright, 1990; Pratt et *al.*, 1992) Pratt et *al.* (2002) interprètent les *tepees* comme étant des séismites (Fig. 3.14).



Fig.3.14. Présentations photographiques du faciès (FT. 12) A. banc calcaire à lamines algaires ondulées et B. un autre banc calcaire à lamines qui apparaissent comme des plis brisés «*tepees*».

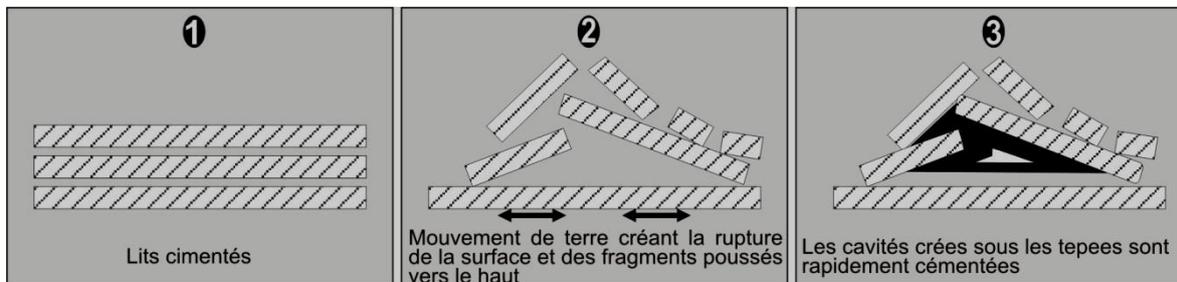


Fig.3.15. Mécanisme de formation des "*tepees*" liés à des séismes (Pratt et al., 2002).

FT. 13. Calcaires à litages obliques et entrecroisés

Ce faciès a été rencontré au sein du membre supérieur de la Formation d'El Rhelida. Il se présente généralement en bancs décimétriques de calcaires bioclastiques, à litages obliques et entrecroisés (Fig.3.16.A), bien continus latéralement et intercalés dans le faciès argileux verdâtre. Ces calcaires bioclastiques sont parfois à tendance lumachelliques et non bioturbés. Les bioclastes sont en majorité des débris de gastéropodes et de bivalves qui présentent une grano-décroissance (Fig.3.16.B).

Ce faciès s'accorde avec des dépôts de tempêtes de milieu à hydrodynamisme plus modérée que celui des dépôts à litages obliques en mamelons (HCS) et à base érosive du domaine d'offshore supérieur (Guilloucheau, 1991 ; Lavoie, 1995). Il ne fait pas de doute qu'un niveau carbonaté, intercalé au milieu des argiles à passées de calcaire algaire et de gypse, caractérisé par une constance des valeurs d'épaisseur et une régularité de faciès remarquables, n'a pu se former que dans un paysage d'une

extraordinaire platitude (horizontalité). Les caractères sédimentologiques et l'épaisseur réduite de ces niveaux coquillers suggèrent des marées exceptionnelles, lors d'une incursion marine brutale et de faible durée (Benyoucef et Meister, 2015).

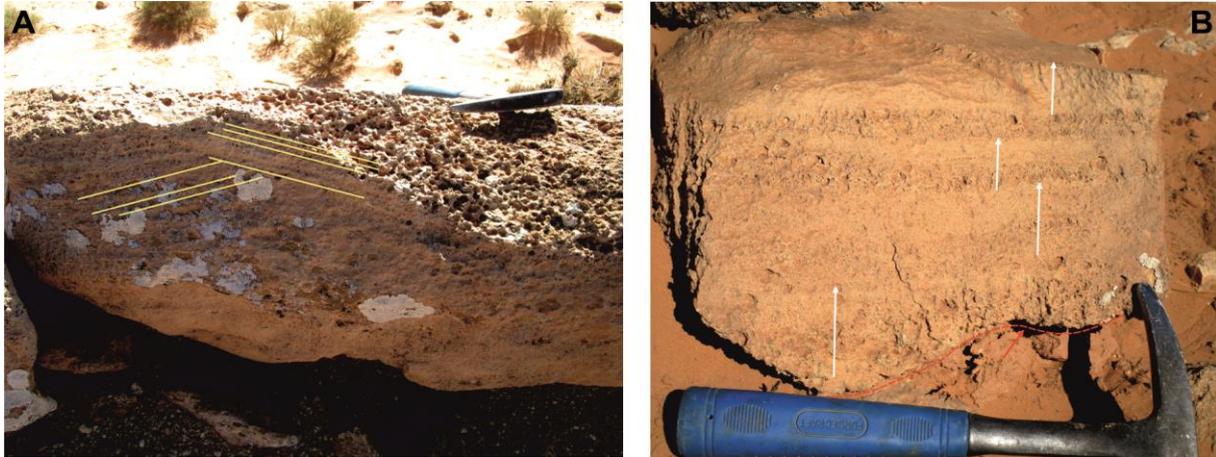


Fig.3.16. Présentations photographiques du faciès calcaires à litages obliques et entrecroisés (FT. 13). A. Banc calcaire bioclastique à litage entrecroisé; B. Interface d'un banc calcaire montrant la succession de quatre termes bioclastiques grano-classés. Notons la base érosive du banc (flèche rouge).

FT. 14. Calcaire à structures fenestraes

Ce faciès occupe la partie sommitale de la Formation de Rhoundjaïa qui affleure dans la région de Toulil. Il est agencé en bancs calcaires grisâtres, d'épaisseur centimétrique à décimétrique et bien continus latéralement. Ces bancs carbonatés présentent des vides de formes irrégulière, en lentilles planes ou ovoïdes ("*bird-eyes*"), de taille millimétrique et cimentées par de la calcite sparitique.

Les fenestraes ont été longtemps considérées comme un des dispositifs de signature des anciens "tidal-flat" tropicaux et des côtes arides. Cette attribution a été soutenue par des modèles modernes analogues (Handford *et al.*, 1984). L'origine de ces structures fenestraes peut être multiple: piégeage de gouttes d'eau dans un gel de boue carbonatée, présence d'algues, piégeage de bulles de gaz liées à l'activité organique (Tucker et Wright, 1992), rétraction des boues carbonatées pendant la lithification et au moment de son émergence précoce (Shinn, 1968),...etc.

FT. 15. Calcaires oolithiques

Ce faciès a été repéré dans la partie sommitale de la Formation de Rhoundjaïa qui affleure dans la région de Toulil, sous forme de bancs calcaires beige, massifs, durs.

L'examen microscopique montre qu'il s'agit d'un packstone-grainstone contenant des oolithes et de rares foraminifères benthiques (Fig.3.17).

Les oolithes se forment par précipitation (bio-) chimique en milieu marin très peu profond, mais fortement agité (eau à la limite de la saturation en carbonates dissous).

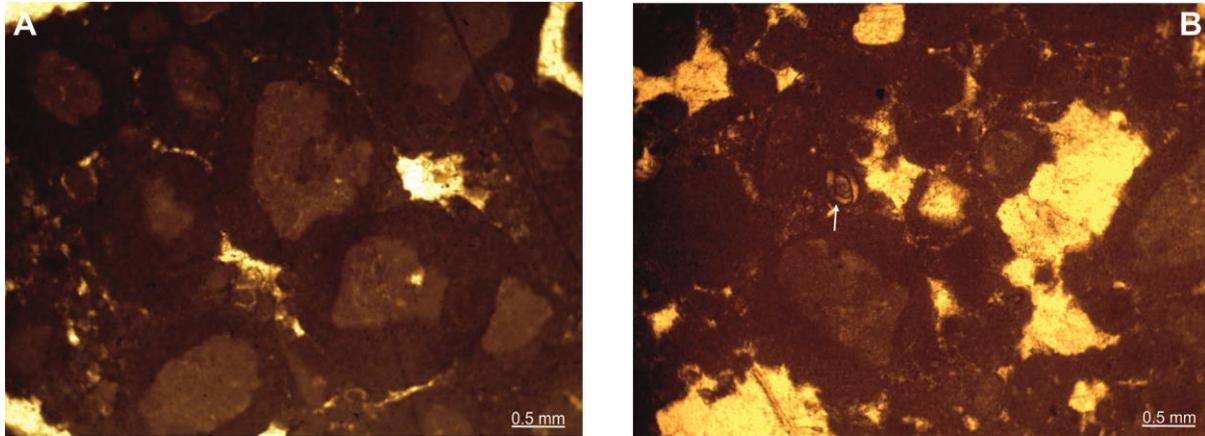


Fig.3.17. Microphotographies des lames minces du faciès calcaires oolithiques (FT. 15) montrant un calcaire à oolithes et de rares foraminifères benthiques (flèche)

FT. 16. Calcaires à rudistes

Ce faciès occupe la majeure partie de la série qui succède le niveau à *Neolobites* dans le secteur de Toualil coupe de Kbeur El Merhsel. Il est caractérisé par des bancs calcaires de texture wackstone-packstone, grisâtre, d'épaisseur décimétrique, riches en sections de rudistes radiolitidés, dont *Sauvagesia nicaisei*, *S. sharpei* et *Apricardia* sp. (Fig.3.18). Ces rudistes sont soit isolés et en position de vie, soit leurs fragments désarticulés, ou même déplacés dans une matrice biomicritique. Les rudistes vivaient à faible profondeur, fixés au substrat, et se nourrissaient de micro-organismes en suspension dans l'eau.

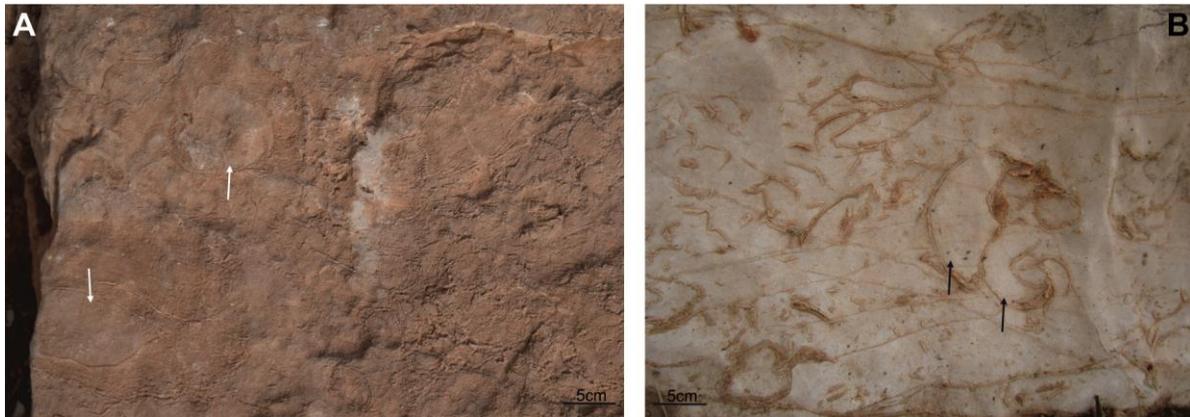


Figure.3.18. Vues de terrain montrant des calcaires à rudistes. A, Sections transversales des individus isolés de *Sauvagesia sharpei* (flèches blanches); B, Sections isolées et dispersées d'*Apricardia*.

FT. 17. Calcaires bioturbés

Ce faciès a été rencontré à la base de la Formation de Rhoundjaïa. Il correspond à des bancs calcaires micritiques grisâtres, dépourvus de fossiles, très bioturbés, d'épaisseur centimétrique à métrique. Le contenu ichnologique est dominé surtout par des terriers de type *Thalassinoides* (Fig.3.19).

Ces terriers cylindriques branchus formant des réseaux caractérisés par des embranchements en Y. Le remplissage est de même nature que l'encaissant (calcaire micritique), mais de couleurs différentes. L'abondance des terriers de l'ichnogenre *Thalassinoides* dans des calcaires mudstone indique un substrat boueux, des eaux oxygénées et à salinité normale et un taux de sédimentation faible (Frey et Pemberton, 1984). Le milieu de dépôt pourrait être margino-littoral à littoral (Benyoucef et Meister, 2015).



Fig.3.19. Illustration photographique présentant un banc calcaire bioturbé par un réseau complexe de *Thalassinoides*.

FT.18. Calcaire pseudonoduleux à faune mixte

Ce faciès se trouve dans la partie inférieure de la Formation de Rhoundjaïa. Il se compose généralement de bancs calcaires grise à beige, à texture mudstone-wackestone, d'épaisseur décimétrique à métrique. Les bancs calcaires montrent aussi un aspect pseudonoduleux avec des stratifications irrégulières à la surface (Fig.3.20). Le contenu faunistique est formé d'ammonites, de nautilus, d'huîtres, de bivalves, de gastéropodes et d'échinides. L'examen des lames minces montre la présence de foraminifères planctoniques (*hedbergellidés*), sections de bivalves et de crinoïdes.

L'abondance de la faune benthique et pélagique suggère une sédimentation lente et continue sous conditions hydrodynamiques faibles à moyennes. Elle indique un milieu marin ouvert, bien oxygénée et à salinité normale. Ce faciès sédimentaire type est interprété comme ayant été déposé dans un milieu de plate-forme (ou rampe carbonatée) médiane à distale (Burchette et Wright, 1992; Benyoucef et Meister, 2015).

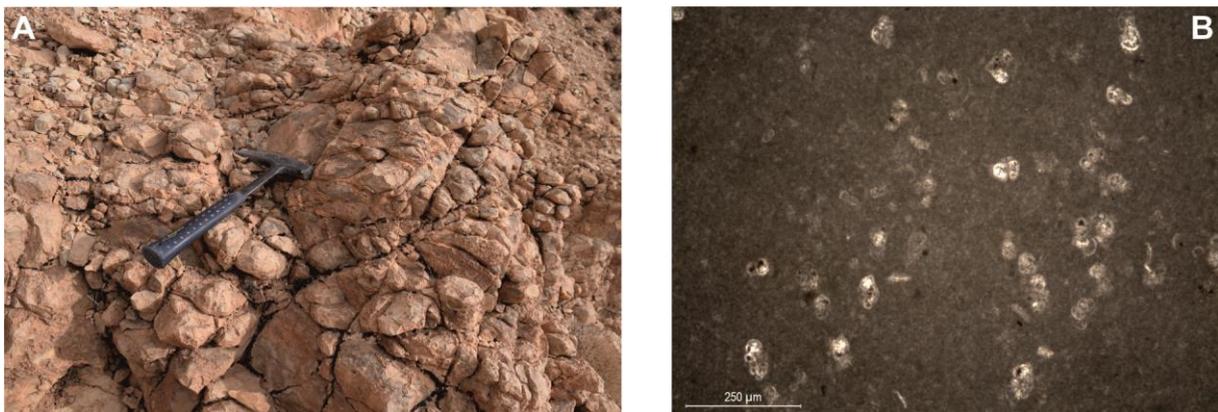


Figure.3.20. Illustrations photographiques présentant le faciès Calcaire pseudonoduleux à faune mixte (FT. 18): A. un banc calcaire pseudonoduleux à faunes benthiques et pélagiques ; B. Microphotographie de lame mince du faciès (FT. 15) montrant un calcaire mudstone-wackestone à *hedbergellidés*.

FT. 19. Calcaires à céphalopodes

Ce faciès a été observé dans la partie inférieure et médiane de la Formation de Rhoundjaïa qui affleure dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor. Il se compose de calcaire micritique riche en ammonites (Fig.3.21). Le microfaciès est dominé par une texture mudstone-wackestone à foraminifères planctoniques et quelques petits foraminifères benthiques. La texture fine et le contenu faunistique indiquent un milieu dépôt à énergie hydrodynamique relativement faible et du fond boueux. L'abondance

des ammonites suggère l'ouverture sur le domaine océanique, et l'existence d'un milieu de dépôt de type subtidal profond (Benyoucef *et al.*, 2017).



Figure.3.21. Illustration photographique présentant le faciès calcaires à ammonites (FT. 19).

FT. 20. Calcaire lités

Ce faciès est enregistré dans la partie supérieure de la Formations de Rhoundjaïa qui affleure dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor. Il est représenté par des bancs calcaires minces (10 et 30cm), durs, massifs, en bonne continuité latérale, de couleur beige. L'examen microscopique montre qu'il s'agit d'une biomicrite, de texture mudstone-wackestone, à foraminifères planctoniques (*hedbergellidés*, *hétérohélicidés*), filaments (coquilles de bivalves à test minces), rovéacrinides (crinoïdes pélagique), et calcisphères (*pithonellidés*) (Fig.3.22).

La matrice fine, le contenu paléontologique et la bonne continuité des dépôts suggèrent un régime hydrodynamique de faible énergie, sous la base des influences des tempêtes, dans un environnement subtidal profond (Benyoucef *et al.*, 2017).



Fig.3.22. Photos de terrain et de microfaciès montrant le faciès Calcaire lités (FT. 20). A. Bancs calcaires lités riches en ammonites; B. wackestone à abondant filaments.

3. Association de faciès et milieux de dépôt

3.1. Système sédimentaire détritique

Association de Faciès (AF.1)

Cette association de faciès occupe la partie inférieure de la Formation d'El Rhelida, elle se compose essentiellement de grès (FT2 à FT6) et de bancs minces de conglomérats (FT1), en alternance avec des argiles de couleur rougeâtre à verdâtre (FT7). Cette association de faciès indique un milieu marin peu profond sous influences des courants des marées et des conditions d'écoulement oscillatoires. Ceux-ci sont attestés par le contenu paléontologique mixte et les structures sédimentaires. L'influence tidale est témoignée par la présence de quelques niveaux à surface de réactivation et à stratifications entrecroisées en arêtes de poissons qui marquent la bidirectionnalité des courants des marées dans un chenal tidal. Les traces fossiles identifiées (*Skolithos*) confirment la position tidale de l'environnement de dépôt. Elle est typique de l'ichnofaciès de *Skolithos* (Bromley, 1996).

3.2. Système sédimentaire mixte

Association de Faciès (AF2)

Les dépôts de cette association constituent la partie supérieure de la Formation d'El Rhelida, ils sont représentés par des calcaires dolomitiques à lamines algaires (FT11), des calcaires à structures en *tepee* (FT12) et des calcaires bioclastiques à lamines obliques et entrecroisées (FT13) alterné par des marnes rougeâtres à verdâtres (FT7). Cette association indique un milieu marin peu profond influencé par les courants de marée et de tempêtes.

Association de Faciès (AF3)

La partie inférieure de la Formation de Medaour est représentée par des argiles gypsifères (FT8) alternant avec des bancs de gypse (FT9) et de calcaires bioclastiques ou à lamines algaires (FT13). Elle indique une sédimentation de type sebkhaïque, avec de fréquentes phases d'émersion. La régularité et la bonne continuité latérale des bancs sur de grandes surfaces, avec peu de changements d'épaisseur, ainsi que l'apparition épisodique des lits carbonatés biolaminés et bioclastiques, sont les principaux signes de

dépôt sur un terrain plat. Ce dernier a subi des incursions marines brèves et rapides (tempêtes), interrompant la sédimentation évaporitique. Ces tempêtes assurent aussi l'alimentation des aires de sédimentation par les eaux marines.

3.3. Système sédimentaire carbonaté

Association de faciès (AF4)

Cette association occupe la partie supérieure de la Formation de Medaour, elle est représentée par des marnes à microfaunes benthiques et planctoniques abondantes et variées (FT10), en alternance avec des calcaires bioclastiques (FT12) attestant une influence occasionnelle des tempêtes. Les ostracodes indiquent des conditions marines de faible énergie hydrodynamique. Il s'agit d'un milieu de plate-forme médiane à influence de tempêtes.

Association de faciès (AF5)

Cette association de faciès occupe la partie inférieure de la Formation de Rhoundjaïa dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor, elle est caractérisée par un calcaire fortement bioturbé (FT17) qui témoigne des périodes de faible agitation des eaux, accompagnée d'une diversification faunique très importante (FT18). Ces faciès indiquent un contexte de sédimentation dans un milieu de rampe carbonatée médiane. Cette rampe est soumise à l'influence des tempêtes qu'attestent les intervalles coquillères.

Association de faciès (AF6)

Cette association des faciès occupe la formation de Rhoundjaïa dans la région de Toualil. Elle regroupe des calcaires oolithiques (FT15), des calcaires à rudistes (FT16), et des Calcaire à structure fenestraes (FT14). Ces faciès carbonatés documentent une plate-forme carbonatée peu profonde Burchette et Wright (1992).

Association des faciès (AF7)

Cette association des faciès est exprimée dans la partie sommitale de la Formation de Rhoundjaïa. Elle se compose par des calcaires à céphalopodes (FT19) et de calcaires micritiques en bancs minces (FT20) avec une texture fine (mudstone-wackstone) L'abondance d'une faune pélagique en bon état de conservation, la texture fine (mudstone à wackstone) et l'absence de structures hydrodynamiques, suggèrent un

environnement de faible énergie, probablement situé sous la limite d'action des vagues de tempêtes. Cette association de faciès est interprétée comme dépôts effectués dans un environnement plus calme et à circulation ouverte, qui pourrait être de type plate-forme distale, sous la limite d'influence des tempêtes.

3.4. Les milieux des dépôts

-La Formation d'El Rhelida caractérisée par un système mixte, carbonaté-silicoclastique, dont l'association des faciès (AF1-AF2) indique un milieu marin peu profond sous influence des marées et des tempêtes, allant du supratidal jusqu'à l'intertidal (Fig.3.23).

-La Formation de Medaour s'installe dans une plateforme mixte (évaporitique-carbonatée), où l'association des faciès (AF3-AF4) indique un environnement de dépôt de type sebkhaïque à une plateforme médiane, sous influence des tempêtes (Fig.3.23)

-La Formation de Rhoundjaïa dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor caractérisée par l'installation des dépôts purement carbonatés, dont l'association de faciès (AF5-AF6) indique un milieu de plateforme de type rampe médiane à rampe externe (Fig.3.24), tandis que dans le secteur de Toualil, cette formation est déposée dans une plate forme carbonatée de type rampe médiane (Fig. 3.25).

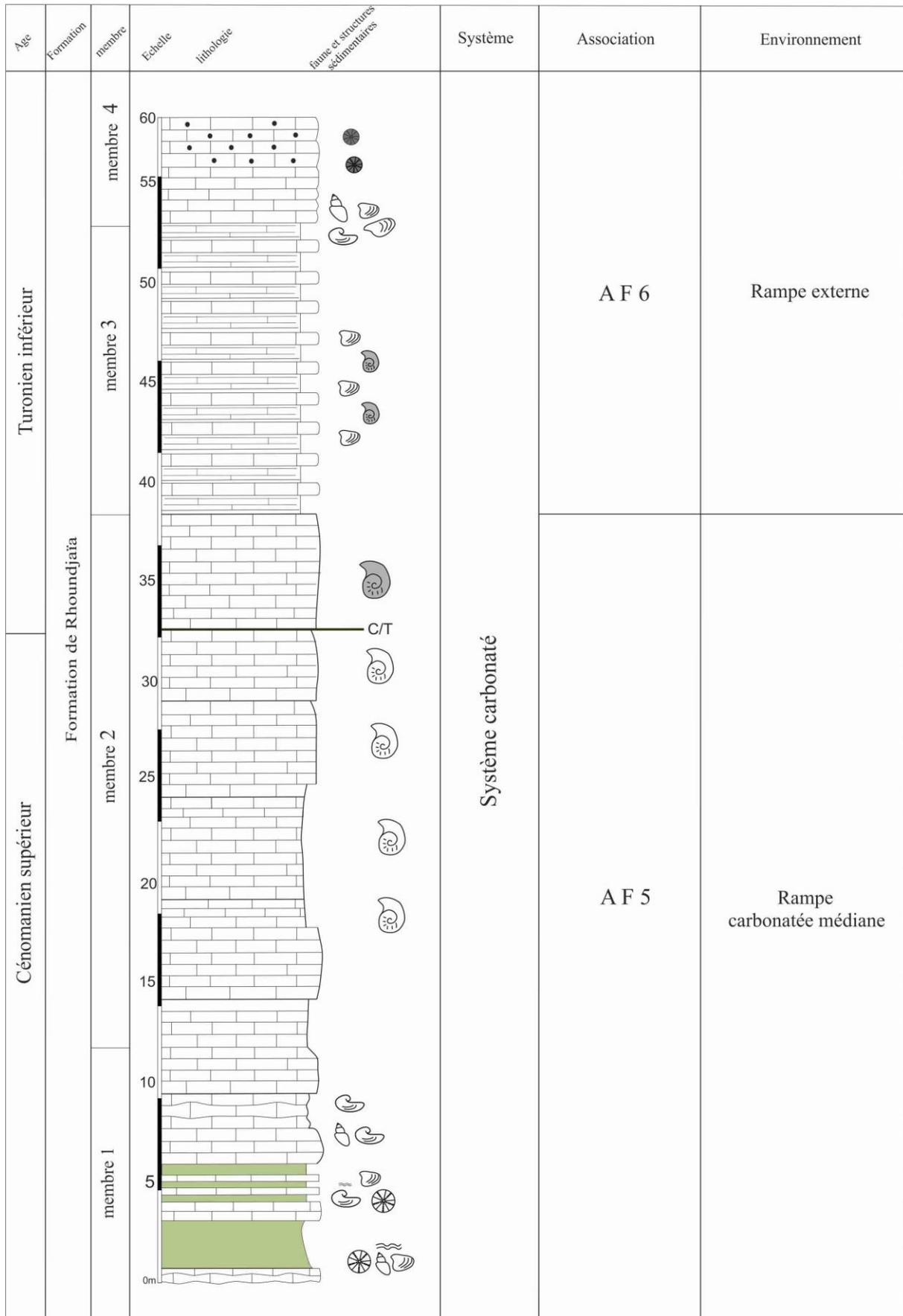


Fig.3.24. Les milieux des dépôts de la Formation de Rhoundjaïa (coupe Sidi Ali ben Tayfor).

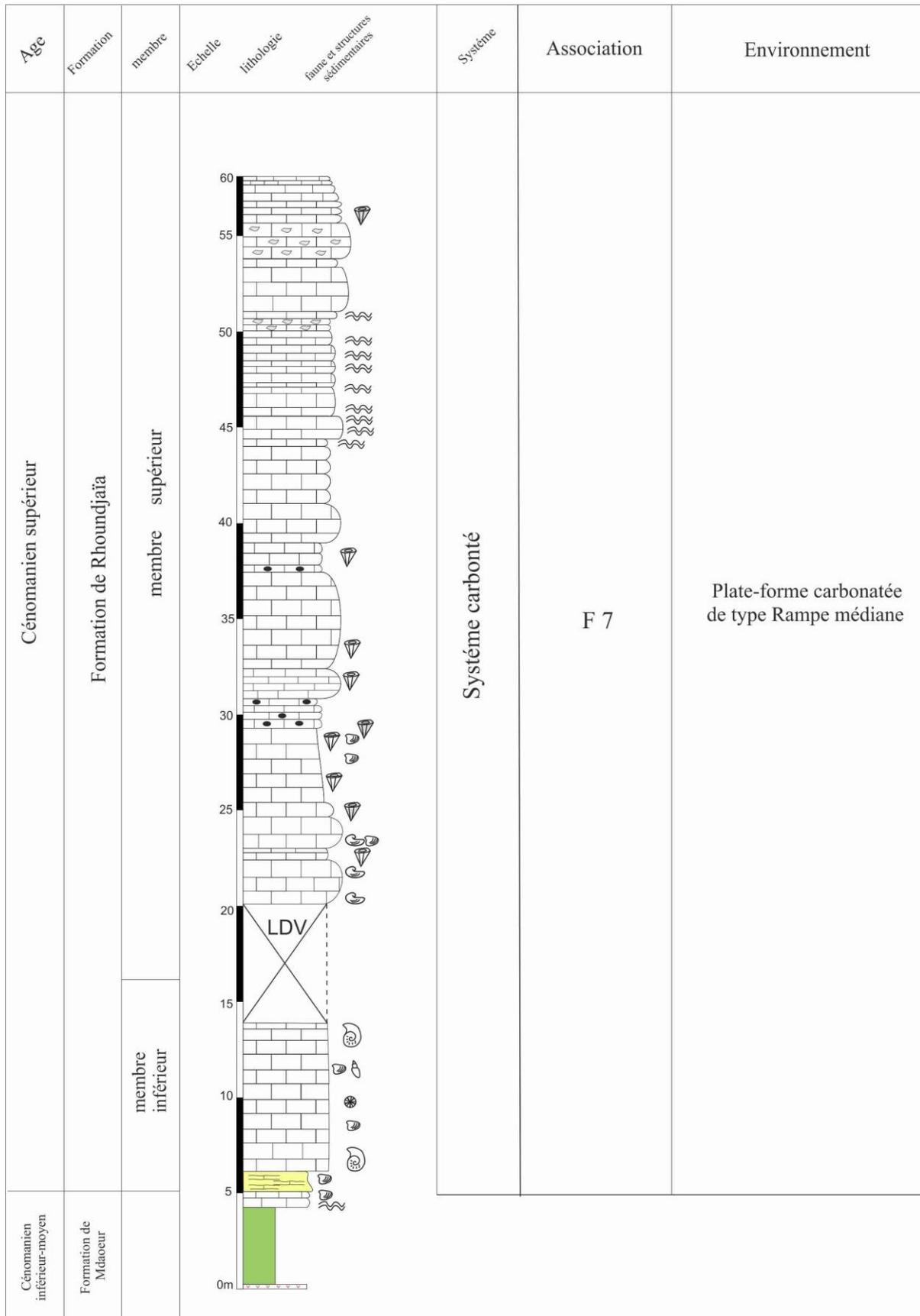


Fig.3.25. Le milieu de dépôts de la Formation de Rhoundjaïa (la coupe de Kbeur el Merhsel).

Chapitre IV

Ichnologie

4. DONNEES ICHNOLOGIQUE

4.1. Ichnogénère: *Palaeophycus* Hall, 1847

Palaeophycus tubularis Hall, 1847 (Fig.4.1)

Description : C'est un terrier à paroi droite, cylindrique, non branchu, de 1 à 2 cm de diamètre et une longueur variable atteignant une dizaine de centimètres. Le remplissage est identique à l'encaissant (Pemberton et Frey, 1982), mais il est remarquablement caractérisé par une double paroi.

Occurrence: Cette trace est assez fréquente, préservée en hyporelief positif dans la Formation de Rhelida.

Discussion : C'est une trace eurybathique interprétée comme des terriers d'habitation de vers polychètes (Tchoumachenco & Uchman, 2001) ou de vers prédateurs (Pemberton & Frey, 1982). Sa répartition stratigraphique est depuis le Cambrien jusqu'à l'actuel (Pemberton & Frey, 1982).



Fig.4.1.*Palaeophycus tubularis*

4.2. Ichnogénère : *Phycodes* Richter, 1850 (Fig.4.2)

Description: Il s'agit d'une trace horizontale branchue, arboriforme, formée d'un terrier principal de 1,5 à 3 mm de diamètre, qui se ramifie en courtes branches de quelques centimètres de long et de diamètre.

Occurrence : Cette trace est assez fréquente, préservée en hyporelief positif dans la Formation de Rhelida.

Discussion: *Phycodes* est une trace de nourriture laissée par un crustacé ou un ver annélide (Schlirf, 2003). Les branches reflètent des actions successives de l'organisme responsable qui déserte le terrier principal après chaque formation de branches. C'est une trace fodinichnia de crustacé ou d'annélide (Schlirf, 2003). C'est une trace signalée dans des environnements variés : peu profond (Seilacher, 1964 ; Narbonne, 1984), pente (Narbonne, 1984).



Fig.4.2. *Phycodes*

4.3. Ichnogénre: *Planolites* Nicholson 1873

Planolites montanus Richter, 1937 (Fig. 4.3)

Description: Il s'agit d'un terrier simple, cylindrique et horizontal ferruginisé dont le remplissage est différent de l'encaissant, sans doublure, de quelques millimètres de diamètres avec une longueur ne dépassant jamais 6 cm. Cette trace fossile est faiblement répandue dans la série étudiée.

Occurrence : Cette trace est assez fréquente, préservée en hyporelief positif dans la Formation de Rhelida.

Discussion: *Planolites* correspond à une trace de nutrition de divers d'organismes d'invertébrés fouisseurs détritivores, y compris des vers, des insectes, des crustacés et des mollusques (par exemple, bivalves). Les *Planolites* sont rencontrés dans les environnements continentaux et marins de profondeur variable (Knaust, 2017).

Les *Planolites* sont des traces d'organismes eurybathiques (Pemberton & Frey, 1982 ; Fillion & Pickerill, 1990 ; Uchman, 1995).



Fig.4.3. *Planolites montanus*

4.4. Ichnogénre: *Skolithos* Haldeman, 1840

Skolithos verticalis Hall 1843 (Fig. 4.4)

Description: Il s'agit d'un terrier vertical ou légèrement incliné, cylindrique à prismatique. Le diamètre varie généralement de 1 à 4 mm et de 2 à 5 cm de longueur. La paroi du terrier est lisse et rarement ondulé. Le remplissage est parfois différent à l'encaissant et il est essentiellement ferrugineux.

Remarque: *Skolithos verticalis* sont de dimensions plus petites par rapport à *S. linearis*.

Occurrence: Cette trace est assez fréquente, préservée en hyporelief positif dans la Formation de Rhelida.

Discussion: Pendant de nombreuses années *Skolithos* a été considéré comme un indicateur d'un milieu de dépôt littoral ou milieu marin peu profond, et son nom a été utilisé pour définir l'ichnofaciès à *Skolithos* (Seilacher, 1967). Ces terriers sont généralement considérés comme des structures d'habitation d'organismes vermiformes sessiles : phoronidiens (Fenton & Fenton, 1934) ; polychète (Curran & Frey, 1977).

En réalité, *Skolithos* a été décrit dans des environnements différents côtiers, estran, barres deltaïques, estuaires (Seilacher, 1967 ; Alpert, 1974 ; Frey & Howard, 1972; Hertweck, 1972; Howard & Frey, 1973, 1975 ; Fillion & Pickerill, 1990), fluviatile (Stanley & Fagerstrom, 1974, Mangano & Buatois, 1991 ; Buatois & *al.*, 2001). Des structures similaires du Trias en

Groenland ont été attribuées à des terriers d'habitation d'insectes (Bromley & Asgaard, 1979). Cependant, Frey & Pemberton (1984), associent ces traces à des faciès de haute énergie généralement de tempête. Ces conditions sont typiques des plages aériennes et sous-marines.



Fig.4.4. *Skolithos verticalis*

4.5. Ichnogre : *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944

Thalassinoides suevicus Rieth, 1932 (Fig. 4.5)

Description: *Thalassinoides* correspond à un terrier cylindrique formant un réseau caractérisé par des embranchements en T ou en Y. Les dimensions sont variables, atteignant parfois 1,5 cm de diamètre et 15 à 17 cm de long. Il est généralement situé à la semelle des bancs. Le remplissage du terrier est identique à l'encaissant. Il s'agit d'une trace préservée en position hypichniale positive.

Occurrence: Cette trace est assez fréquente, préservée en hyporelief positif dans la Formation de Rhelida.

Discussion: *Thalassinoides* est attribué à des crustacés comme un abri d'habitation et de nourriture (Dominichnia Fodinichnia). Ils sont surtout typique d'environnements marin peu profonds (Palmer, 1978, Archer & Maples, 1984, Mangano et Buatois, 1991 & Uchman, 1995, Bouchemla et al., 2020, Vinn et al., 2020) mais se rencontre aussi à des profondeurs importantes dans les dépôts turbiditiques sableux (Uchman, 1995, Uchman & Tchoumatchenco, 2003). Cette trace est répartie stratigraphiquement depuis l'Ordovicien (Sheehan & Schiefelbein, 1984) jusqu'à l'Holocène (Curran & Frey, 1977).



Fig.4.5. *Thalassinoides suvecus*

4.6. Association des traces fossiles ou Ichnofaciés

Dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor, l'étude ichnologique des dépôts de la Formation de Rhelida, d'âge Cénomanién inférieur montre une bioturbation faible à modérée, variable selon le faciès. Elle est caractérisée par les ichnogenres suivants: *Palaeophycus tubularis* ; *Planolites montanus*; *Phycodes*; *Skolithos verticalis* et *Thalassinoides suvecus*.

Tous les ichnogenres sus-cités sont généralement attribués à l'activité de crustacé (Pemberton & Frey, 1982; Bromley, 1990 ; Uchman, 1998). Elle reflète typiquement l'ichnofaciès à *Skolithos* de Seilacher (1967).

Chapitre V

Conclusion

Conclusion

L'étude géologique consacrée au Cénomano-Turonien (Crétacé moyen) de la région d'El Bayadh et plus précisément les secteurs de Sidi Ali Ben Tayfor (extrémité occidentale de Djebel Amour) et de Kbeur El Marhsel (terminaison orientale des Monts des Ksour), révèle plusieurs résultats d'ordre lithostratigraphique, paléontologiques, sédimentologiques et ichnologiques

Sur le plan lithostratigraphique et paléontologique

L'étude lithostratigraphique des trois Formations étudiées montre de bas en haut :

-Formation de Rhelida, d'origine mixte, silico-clastique et carbonatée; est subdivisée en deux membres bien distincts. Sur le plan paléontologique cette Formation a révélé plusieurs niveaux fossilifères :

-Coprolithes spiralés ;

-Os et dents de vertébrés (dents rostrales d'*Onchopristis numidus*, Haug, *Spinosaurus aegyptiacus*, Stromer) ;

-Des bivalves et des gastéropodes (*Gyroïdes* sp.)

-Formation de Medaour se caractérise par ses niveaux évaporitiques intercalés dans les marnes gypsifères; subdivisée également en deux membres. Dans le secteur de Kbeur El Marhsel le membre inférieur renferme des bivalves, des huîtres, des gastéropodes, des oursins des ostracodes, des foraminifères benthiques et des ammonites (*Neolobites vibrayeanus*) ;

Le membre supérieur, bioclastique, riche en rudistes en position de vie ou remaniés (*Sauvagesia sharpei*, *Sauvagesia nicasei*, *Durania blayaci*, *Durania arnaudi*) ;

-Formation de Rhoundjaïa qui correspond à est une crête calcaire faite de l'empilement de 4 membres :

Membre 1: carbonaté (pseudonoduleux) renferme des bivalves, des huîtres, des gastéropodes, des échinoides, des ammonites (*Neolobites vibrayeanus*) et de rares nautiloïdes (*Angulithes* sp.) ;

Membre 2: les calcaires montrent une riche faune d'ammonites, rares gastéropodes, bivalves (*Tylostomidés*), oursins, foraminifères benthiques (*Epistominidés*) et planctoniques

(*Heterohelix* sp., *Rotorbinella mesogeensis*), valves d'ostracodes, rovéacrinides, sections de bivalves, radioles d'oursin ;

Membre 3: correspond à une barre calcaire massive riche en ammonites, bivalves à tests minces, sections d'ammonites, riche en foraminifères *hétérohelicidés* ;

Membre 4: il s'agit de bancs calcaires laminés, se débitant en plaquettes riche en ammonites et microfaune planctoniques. Ces biomicrites renferment des microfilaments, des spicules d'éponge, d'abondantes *hedbergelles* et *heterohelicidés*, sections d'ammonites, de *radiolaires*, de *rovéacrinides*, des valves d'ostracodes, et de rares foraminifères *benthiques* (*Praebulimina* sp.).

Sur le plan ichnologique

L'étude ichnologique s'est focalisée uniquement sur la Formation de Rhelida qui montre une bioturbation faible à modérée, elle a révélée la présence des ichnotaxons suivants : *Palaeophycus tubularis* ; *Planolites montanus* ; ?*Phycodes* ; *Skolithos verticalis* et *Thalassinoides suevicus*. L'association de ces ichnofossiles montre que la Formation d'El Rhelida reflète typiquement l'ichnofaciès à *Skolithos* de Seilacher (1967). Ceci concorde avec les données sédimentologiques.

Sur le plan sédimentologique :

La figure 3.26 résumé d'une manière générale la répartition des faciès et des environnements appropriés des trois formations étudiées, elle est résumé comme suite :

L'étude sédimentologique de la série Cénomanién-Turonien du Djebel Sidi Ali Ben Tayfor et Toualil a permis de mettre en évidence 20 faciès regroupés en 7 association de faciès. Ces dernières correspondent à des paléoenvironnements de dépôts allant d'une rampe proximale à une rampe externe.

-Formation d'El Rhelida: elle se caractérise par l'empilement de deux associations de faciès AF1 et AF2

.La première association correspond à la partie basale de la Formation de Rhelida, dominée par un contenu fossilifère mixte ainsi que des structures tidalites (surface de réactivation et à stratifications entrecroisées en arêtes de poissons) indiquant un milieu marin peu profond sous

influence des courants des marées. Les traces fossiles identifiées (*Skolithos*) confirment la position tidale de l'environnement de dépôt. Elle est typique de l'ichnofaciés de *Skolithos*.

La partie sommitale de cette Formation coïncide avec l'association (**AF2**) correspondant à une plate-forme peu profonde sous l'influence des courants de marée et des tempêtes.

-La Formation de Medaour: elle est faite également de deux associations de faciès

La première association (**AF3**) coïncide avec la partie inférieure de la Formation de Medaour qui s'est déposée dans un environnement de type sebkhaïque, avec de fréquentes phases d'émersion. La seconde association (**AF4**) correspond à la partie supérieure de la Formation de Medaour, témoignant d'une plate-forme médiane à influence de tempêtes.

-La Formation de Rhoundjaïa: contrairement aux autres précédentes Formations, la Formation de Rhoundjaïa est faite de trois associations de faciès. La première (**AF5**) qui occupe la partie inférieure de la Formation de Rhoundjaïa dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor. Elle traduit des conditions de sédimentation dans une rampe carbonatée médiane, soumise à l'influence des tempêtes. La deuxième association (**AF6**) occupe la Formation de Rhoundjaïa dans le secteur de Kbeur El Marhsel, et correspond à une plate-forme carbonatée peu profonde. La dernière association (**AF7**) s'étale sur la partie sommitale de la Formation de Rhoundjaïa et correspond à une plate-forme distale, sous la limite d'influence des tempêtes.

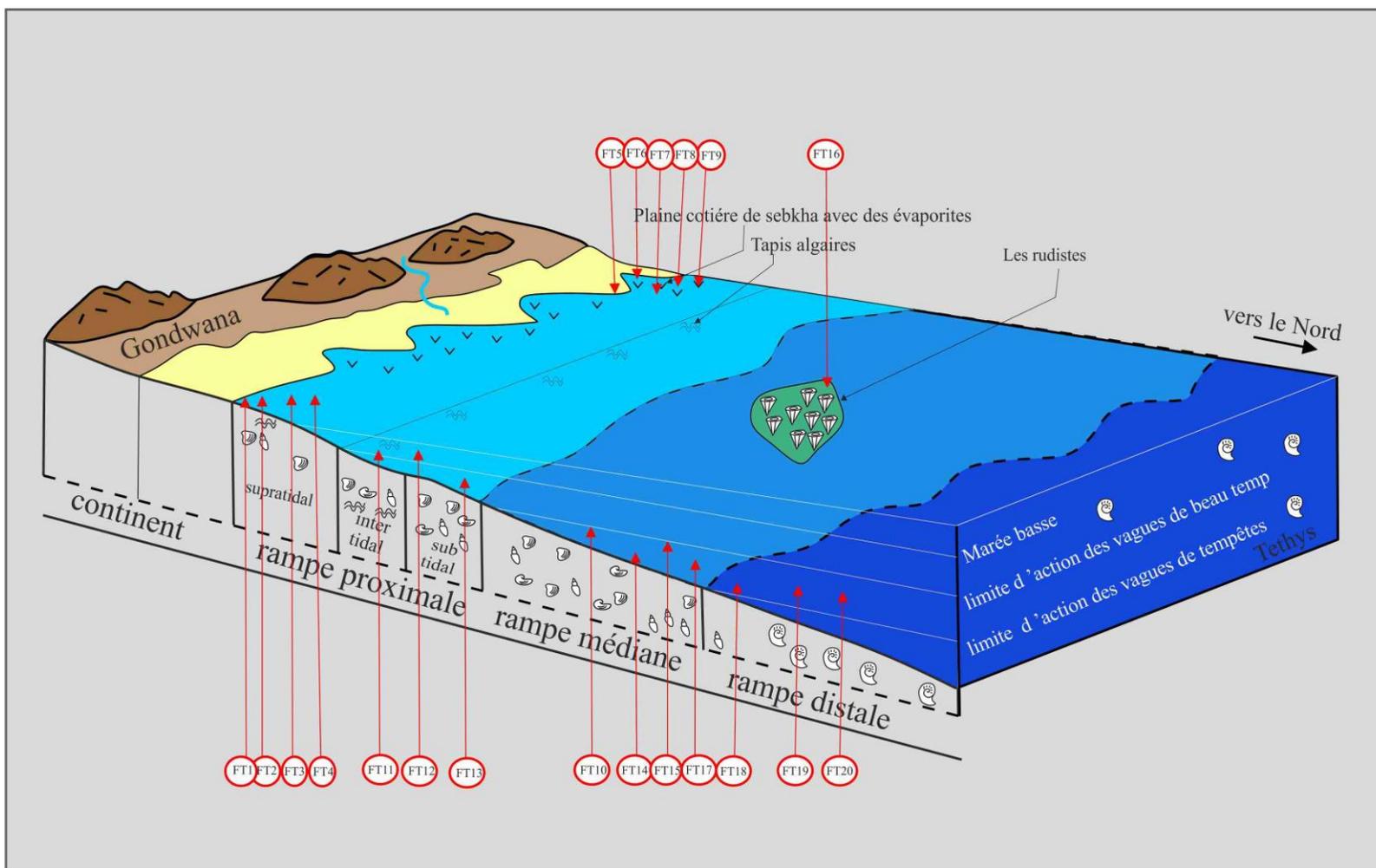


Fig.3.26. Modèle paléogéographique présentant la sédimentation des différents faciès au Cénomanién supérieur-Turonien inférieur dans les Monts Amour.

- Adams, J.E., Frenzel H.N., 1950.** Capitan barrier reef, Texas and New Mexico. *Journal of Geology*, **58**, 289-312.
- Alpert, S.P., 1974.** Systematic review of the genus *Skolithos*. *Journal of Paleontology.*, **48**, 661-669.
- Ambroggi, R., 1963.** Etude Géologique Du Versant Meridional Du Haut Atlas Occidental Etude La Plaines Du Souss :*Notes Et Mémoires Du Service Géologique Du Maroc* ,V .157 ,153-225p.
- Archer, A.W. & Maples, C.G., 1984.** Trace fossil distribution across a marine-to-nonmarine gradient in the Pennsylvanian of southwestern Indiana. - *Journal of Paleontology.*, **58**: 448-466.
- Arnott, R.W.C., 1993.** Quasi-planar-laminated sandstone beds of the Lower Cretaceous bootlegger member, north-central montana: evidence of combined-flow sedimentation. *Journal of Sedimentology and Petrology*, **63**: 488-494.
- Bassoullet, J.P., 1973.** Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). *Thèse Doct. d'Etat*, Paris, 2 vol, p. 1-497, 50 fig., 32 pl.
- Benadla. M., Marok. A., Matias. R. 2019.** Ostracods of the Cenomanian-Turonian Transition (*Whiteinella archaeocretacea* Zone) in the Ksour and Amour Mountains (Saharan Atlas, Algeria): *Paleobiogeographic Implication: IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development*.
- Benest, M., 1985.** Evolution de la plate forme de l'Ouest Algérie et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. *Thèse de l'Université de Claude Bernard Lyon1*. Tome 1.p. 367, fig 107.
- Benyoucef, M., 2012.** Le bassin crétacé du Guir (sud-ouest algérien) : caractérisations litho-biostratigraphiques, sédimentologiques & paléogéographiques. *Thèse de Doctorat de l'Université de Tlemcen*. Algérie, 220 p.
- Benyoucef, M., Adaci, M., Meister, C., Läng, E., Malti, F.Z., Mebarki, K., Cherif, A., Zaoui, D., Benyoucef, A., Bensalah, M. 2014.** Le "Continental Intercalaire" dans la région du Guir (Algérie) : nouvelles données paléontologiques, ichnologiques et sédimentologiques. *Revue de Paléobiologie*, Genève (juin 2014) **33** (1) : 281-297.
- Benyoucef, M., Mebarki, K., Ferre, B., Adaci, M., Bulot, L., Desmares, D., Villier Loi., Bensalah, M., Frau, C., Ifrim C., Malti, F-Z., 2017.** Litho- and biostratigraphy, facies patterns and depositional sequences of the Cenomanian-Turonian deposits in the Ksour

- Mountains (Saharan Atlas, Algeria) *Cretaceous Research*(2017), doi: 10.1016/j.cretres.2017.05.013.
- Benyoucef, M., Meister, C., 2015.** Lithostratigraphic evolution, facies analysis and depositional environment of the Cenomanian-lower Turonian in the Guir area, Southwestern Algeria. *Cretaceous Research*, Elsevier 53 (2015) 68-88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2014.10.009>
- Blakey, R. C., and Middleton, L. T., 2012.** Geologic history and paleogeography of Paleozoic and early Mesozoic sedimentary rocks, eastern Grand Canyon, Arizona: *Geological Society of America Special Paper* 489 p..81-92.
- Boualem, N., 2006.** Dynamique Sédimentaire du Crétacé des Djebels Rhoundjaïa et Medaour (région de Ain Ouarka, Monts des ksours, Algérie).*Mém.Magister Univer.Oran*, 38 fig.,5 tabl., 127p., 23pl.
- Bouchemla, I., Bendella, M., Benyoucef, M., Lagnaoui, A., Ferré, B., Scherzinger, A., belhaouz, W., 2020.** The Upper Jurassic Faïdja Formation (Northwestern Algeria): Sedimentology, biostratigraphy and ichnology. *Journal of African Earth Sciences* 169, 103874. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103874>.
- Bouguelfda, M., 2019.** Modélisation de la nappe du crétacé inférieur de la gouttière synclinale d'El Maader (Monts des ksour-Atlas Saharien occidental).*Mémoire de magister*. Univ. Tlemcen.100p.
- Bromley, R.G., & Assaard, U., 1979.** Triassic freshwater ichnocoenoses from Calsberg Fjord, East Greenland. - *Palaeog. Palaeoclim. Palaeoeco.*, 28, 39-80.
- Bromley, R.G., 1996.**Trace fossils. Biology, taphonomy and applications, 1-361. Chapman and Hall; London. Cantalamessa, G. and Dicelma, C. 2004. Sequence response to syndepositional regional uplift: insights from high-resolution sequence stratigraphy of late early Pleistocene strata, Periadriatic Basin, Central Italy. *Sedimentary Geology*, 164, 283-309.
- Buatois L., Mangano M.G. & Sylvester, Z., 2001.** A diverse Deep-Marine Ichnofauna from the Eocene Tarcau Sandstone of the Eastern Carpathians, Romania. - *Ichnos*, 8(1), 23-62.
- Burchette, T.P., Wright, V.P., 1992.** Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79: 3-57.
- Chamley, H., 1987.** Sédimentologie. *Coll.Géoscience.Dunond(1^{er} édit)*,Paris(France).
- Chamley, H., 2000.** Base de Sédimentologie.*Coll Géoscience (2^{er} édit)*,Paris (France).

- Chikhi-Aouimeur, F., 1996.** Caprinula aff. Cedrorum (Blanckenhorn) from the Upper cenomanian of Western Algeria. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 12(2) : 179-184.
- Chikhi-aouimeur, F., 1998.** Distribution paléogéographique des rudistes du Cénomanién moyen à supérieur en Algérie. *Geobios*, 31, 93–99.
- Chikhi-aouimeur, F., 2002.** Distribution biostratigraphique des rudistes en Algérie : état des connaissances, perspectives d'étude. *Mém. Serv. Géol. Alg.* 11: 115-131.
- Coifait, B., Jaeger, J., Mahboubi. M., 1984.** Un Nouveau Gisement À Mammifères Fossiles D'âge Éocène Supérieure Sur Le Versant Sud Des Nementcha (Algérie Orientale). *Comptes-Rendus Des Séances De L' Académie Des Sciences* .,Paris .,Sér 2.,893-898pp.
- Cojan, I., et Renard, M., 1997.** Sédimentologie. *Coll.Enseig.Sc.Terre.Masson (édit)*,Paris (France).
- Cornet, A., 1947.** Observations géologiques dans l'Atlas Sud-oranais .*Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, t.38.
- Cornet, A., 1952.** L'Atlas saharien sud-oranais. *XLXème Congr. Géol. Intern., Alger,Mongr. Régionales*, sér. 1, 12, 51 p., 9 fig., 1 pl.
- Curran, H.A., & Frey, R.W., 1977.** Pleistocene trace fossils from North Carolina (U.S.A.), and their Holocene analogues, p. 139-162. In T. P. Crimes and J. C. Harper (eds.). Trace Fossils 2. - *Geol. Journ. Spec. Issue 9. Seel House Press*, Liverpool.deposits. Geology, 8, 543-546p.
- Derkaoui, S., 2017.** Etude Paléontologique, ichnologique et sédimentologique de la série Miocène inférieur/Moyen de Kef Ighoud (Ouarsenis orientale, Algérie).*Mem.Master.Univer Oran*. Algérie. pp68.
- Douihassni, M., 1976.** Etude géologique de la série d'Ain Ouarka-Boussemghoune (partie centrale des Monts des ksours). Analyse structurale. *Thèse 3ème cycle*. Univ. Oran.272p.,52fig., 4pl.
- Dunham, R.J., 1962.** Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Classification of carbonates rocks (C. E. Ham. Ed.). *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mém* 1, pp. 108-121.
- Ehrenberg, K., 1944.** Ergänzende Bemerkungen zu den seierzeit au dem Miozän von Burgscheinitz beschriebenen Gangkernen und Bauten dekapoder Krebse. - *Paläont. Zeitschrift*., 23, 345-359.

- Embry, A.F., Klovan, J.E., 1971a.** Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT: *Canadian Petroleum Geology Bulletin*, v. 19,no. 4; p. 730-781.
- Fenton, E.C., & Fenton, M.A., 1934.** Scolithos a fossil phonorid. - *Pau American Geologist.*, 61p. 341-348.
- Ferry, S., 2002.** Sédimentologie des faciès.univ.Géol de Lyon, France,p.71.
- Ferry, S., Masrour, M., & Grosheny, D., 2007.** Le Crétacé de lamarge atlantique marocaine (région d'Agadir). *Excursion du Groupe Français du Crétacé*,75 p.
- Fillion, D., & Pickerill, R.K., 1990.** Ichnology of the upper Cambrian? to Lower Ordovician Bell Island and Wabana groups of eastern Newfoundland, Canada. - *Palaeontogr. Can.*, 7,1-119.
- Flamand, G.B.M., 1911.** Recherches géologiques et géographiques sur le Haut-pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). *Thèse Doct. D'Etat, Univ. Lyon*, n°47, p. 1-1001, 157 fig., 16 p1. 22 cartes.
- Flügel, E., 2010.** Microfacies of carbonate rocks: Analyse, Interpretation and Application. Springer-Verlag-Berlin.
- Folk, R. A., 1959.** Pratical petrographic classification of limestones. *Am. Assoc. Petrol. Geol Bull.*, vol. 43, p. 1-38
- Frey, R.W., & Howard, J.D., 1972.** Georgia coastal region, Sapelo Island, U.S.A., sedimentology and biology, VI, radiographic study of sedimentary structures made by beach and offshore animals in aquaria: - *Senckenbergiana Maritima.*, 4, 169–182.
- Frey, R.W., & Pemberton, S.G., 1984.** Trace-fossils models. In : Walker. R.G (Ed.), *Facies Models. Geological Association of Canada*, Second Edition, 1 : 189-207.
- Frey, R.W., Curran, H.A., & Pemberton, S.G. 1984.** Tracemaking activities of crabs and their environmental significance: the ichnogenus Psilonichnus -*Journal of Paleontology.*, 58, 333–350.
- Galmier, D., 1951.** Sur l'existence d'un Accident Tectonique Nord Atlasique dans la région de Forthassa. *C. R. Acad. Sci. Paris*,232, Pp.999-1001.
- Galmier, D.,1970.** Photogéologie de la région d'Ain Sefra (Algérie).*These de Doctorat d'état. Faculté Des Sciences, Paris*, 320Pp.*Geology* 9 : 369-396.
- Galmier, D.,1972.** Photogéologie de la région d'Ain Sefra (Algérie).*Service Géologique De l'Algérie*, 1972, 164p.
- Groshenyd., Chikhi-Aouimeur, F., Ferry, S., Jatim., Herkatm., Atropsf., Redjimiw., & Benkerouff., 2007..** The Cenomanian-Turonian of the Saharan Atlas (Algeria). *Notebooks on Geology*.9(CG2007_M02/09)

- Guillocheau, F., 1991.** Mise en évidence de grands cycles transgression / régression d'origine tectonique dans les sédiments mésozoïques du Bassin de Paris. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **312**, 1587-1593.
- Haldeman, S.S. 1840.** Supplement to number one of "A Monograph of the limniade and other other fresh- water bivalve shells of the apparently new animals in different classes, and names and characters of the subgenera in Paludina and Anculosa, - *Philadelphia.*, pp.1-3.
- Hall, J., 1843.** Geology of New York. Part IV. Survey of the Fourth Geological District. *Carroll and Cook*, Albany. 683 p.
- Hall, J., 1847.** Palaeontology of New York,. State of New York. - *Van Benthuyesen*. Albany., 1, 338p.
- Hall, J., 1852.** Paleontology of New York. vol 2. Containing descriptions of the organic remains of the Lower Division of the New York System (equivalent in part to the Middel Silurian rocks of Europe). - *C. Van Benthuyesen.*, Albany, 362p.
- Handford, C.R., Kendall, A.C., Prezbindowski, D.R., Dunham, J.B., Logan, B.W., 1984.** Salina-margin tepees, pisoliths, and aragonite cements, Lake MacLeod, Western Australia: their significance in interpreting ancient analogs. *Geology*, **12**, 523–527.
- Hertweck, G., 1972.** Georgia coastal region, Sapelo Island, U.S.A.:sedimentology and biology, V., Distribution and environmental significance of lebenspurren and in situ skeletal remains: - *Senckenbergiana Maritima.*, 4, 125–167.
- Howard, J. D., & Frey, R. W., 1973.** Characteristic physical and biogenic sedimentary structures in Georgia estuaries. *Am. Assoc. Pet. Geol., Bull*, 57: 1169--1184.
- Howard, J. D., & Frey, R. W., 1975.** Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. - *Senckenbergiana Maritima.*, 7, 33–103.
- Howard, J.D. & Frey, R.W., 1984.** Characteristic trace fossils in nearshore to foreshore sequences, Upper Cretaceous of east-central Utah. - *Canadian Journal of Earth Sciences.*, 21, 200-219.
- Inden, R.F., Moore, C.H., 1983.** Beach environment. In: Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. (Eds.), Carbonate Depositional Environments. *The American Association of Petroleum Geologists (AAPG), Memoir* .33, 209-265.
- Kazi-Tani., 1986.** Evolution géodynamique de la bordure nord-africain. Le domaine intraplaque nord-Algérien .Approche mégaséquentielle.*Thèse.doc.d'état*,Pau, t I et II, 784p,361 fig.

- Knaust, D., 2017.** Atlas of Trace Fossils in Well Core: Appearance, Taxonomy and Interpretation. Springer International Publishing, Berlin, New York. 206 pp.
- Laffitte, R. 1939.** Etude géologique de l'Aurès. In 8°, 484 p. 26 fig., 35 pl. h. -t., 10 pl. photo h. t., esquisse géologique au 1/200 000.
- Lavoie, D., 1995.** A Late Ordovician high-energy temperate-water carbonate ramp, southern Quebec, Canada: Implication for late Ordovician oceanography. *Sedimentology*, **42**, 95-116.
- Mangano, M.G., & Buatois, L., 1991.** Discontinuity surfaces in the Lower Cretaceous of the High Andes (Mendoza, Argentina) : trace fossils and environmental implications. - Journ. Geol. Sc., 4, 215-229. South American.
- Mebarki, K., Adaci, M., Meister, C., Benyoucef, M., Ferre, B., Läng, E., Cavin, L., Zaoui, D., Desmares, D., Villier, L., Malti, F.-Z., & Bensalah, M., 2016a.** Lithostratigraphy, Palaeoenvironments and sequence evolution of the Cenomanian-Turonian deposits from the Guir area (SW-Algeria). In: Morel, N., Desmares, D., Néraudeau, D. (Orgs.), *Colloque Cénomaniens*, Le Mans, Volume des résumés, pp. 64-65 [http://www-connex.univ-brest.fr/geosciences/GFC/pdf/LIVRE_RESUME_Colloque_Cenomanien.pdf]
- Mebarki, K., 2017.** Stratigraphie et sédimentologie des formations céno-mano-turonniennes de l'atlas saharien occidental et du bassin du Guir. *These.doc.Tlemcen* pp183.
- Mebarki, K., Sauvagnat, J., Benyoucef, M., Zaoui, D., Benachour, H. B., Adaci, M., Mahboubi, M., & Bensalah, M., 2016b.** Ostracodes céno-mano-turonniens dans l'Atlas saharien occidental et le Bassin du Guir (sud-ouest de l'Algérie): systématique, biostratigraphie et paléobiogéographie. *Revue de Paléobiologie*, Genève, 35 (1): 249-277.
- Mekahli, L.,1995.** Hettangien, Bajocien supérieur des Monts des ksour. Biostratigraphie, évolution paléogéographique et stratigraphie séquentielle.Thèse *Doctorat D'état*, Univ.Oran,358p.,67fig,49pl,h.t.
- Miall, A.D., 2006.** The Geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, *Basin Analysis, and Petroleum Geology*.4th corrected printing, Springer.
- Narbonne, G.M. 1984.** Trace fossils in the Upper Silurian tidal flat to basin slope carbonates of Arctic Canada. - *Journal of Paleontology*., 58, 398-415.
- Nicholson, H.A., 1873.** Contributions of the study of the errant annelids of the older Paleozoic rock. – *Proceeding of the Royal Society of London*., 21, 288-290.

- Noffke, N., 2009.** The criteria for the biogenicity of microbially induced sedimentary structures (MISS) in Archean and younger, sandy deposits. *Earth Science Reviews* 96, 180–193.
- Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T., Krumbein, W.E., 2001.** Microbially induced sedimentary structures — A new category within the classification of primary sedimentary structures. *Journal of Sedimentary Research* 71 (64), 649–656.
- Noffke, N., Hazen, R., Nhleko, N., 2003.** Earth's earliest microbial mats in a siliciclastic marine environment (2.9 Ga Mozaan Group, South Africa). *Geology* 31, 673–676.
- Palmer, T.J., 1978.** Burrows at certain omission surfaces on the Middle Ordovician of the Upper Mississippi Valley - *Journal of Paleontology.*, 52, 109-117.
- Pemberton, S.G., & Frey, R.W., 1982.** Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* dilemma. - *Journal of Paleontology.*, 56, 843-881.
- Pratt, B.R., James, N.P., Cowan, C.A., 1992.** Peritidal carbonates. In: Walker, R.G., James, N.P. (Eds.), *Facies Models, Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada, St. John's.* 303-322.
- Pratt, B.R., 2002.** Tepees in peritidal carbonates: origin via earthquake-induced deformation, with example from the Middle Cambrian of western Canada. *Sedimentary Geology*, 153, 57–64.
- Richter, R., 1937.** Marken und Spuren aus allen Zeiten. I-II. – *Senckenbergiana*, 19: 150-163.
- Richter, R., 1850.** Aus der thüringischen Grauwacke. *Zeitschrift der Deutsche Geologische Gesellschaft* 2, 198-206.
- Ritter, E., 1902.** Le Djebel Amour et les Monts d'Ouled Nail . *Bull. Serv. Cart. Géol. Algérie*, (2), 3, 100 p, 4 pl. h. t.
- Schlirf, M., 2003.** Palaeoecologic significance of Late Jurassic trace fossils from the Boulonnais, N France. - *Acta. Geologica. Polonica.*, 53(2), 123-142.
- Seilacher, A., 1967.** Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5: 413-428.
- Seilacher, A., 1964.** Biogenic sedimentary structures in Imbrie J & Newell N. (eds) - *Approaches to palaeoeco.*, Wiley ed. 296-316, New York.
- Seilacher, A., Buatois, L.A., & Mangano, M.G., 2005.** Trace fossils in the Ediacaran-Cambrian transition: Behavioral Diversification, Ecological turnover and Environmental Shift. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 227 : 323-356.

- Seilacher, A., Buatois, L.A., & Mangano, M.G., 2005.** Trace fossils in the Ediacaran-Cambrian transition: Behavioral Diversification, Ecological turnover and Environmental Shift. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 227 : 323-356.
- Shinn, E. A., 1968.** Practical significance of birds-eyes structures in carbonates rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, 38, n° 2, 215-223..
- Stanley, K.O., & Fagerstrom, J.A., 1974.** Miocene invertebrate trace fossils from a braided river environment, western Nebraska., *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. U.S.A, 15, 63–82.
- Tchoumatchenco, P., & Uchman, A., 2001.** The oldest deep-sea *Ophiomorpha* and *Scolicia* and associated trace fossils from the Uper Jurassic-Lower Cretaceous deep-water turbidite deposit of SW Bulgaria. - *Palaeogeog. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, 169, 85-99.
- Tucker, M. E. 2003.** *Sedimentary Rocks in the Field (third edition)*. John Wiley & Sons Ltd (edit.), England, 234 p.
- Tucker, M. E., Wright, V.P., 1992.** *Carbonate sedimentology*, Blackwell Scientific Publications, Oxford.482 p.
- Uchman, A. 1995.** Taxonomy and paleoecology of flysch trace fossils : the Marnosoarenacea Formation and associated facies (Miocene, Orthen Apennines, Italy). – *Beringeria.*, 15, 1-15. **Uchman, A., 1998.** Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: Revision of the Marian Ksiazkiewicz collection and studies of complementary material. - *Ann. Soc. Geol. Poloniae.*, 68, 105-218.
- Uchman, A., & Tchoumatchenco, P., 2003.** A mixed assemblage of deep-sea and shelf trace fossils from the Lower Cretaceous (Valanginian) Kamchia Formation in the Troyan region, central Fore-Balkan, Bulgaria. - *Ann. Soc. Geol. Poloniae.*, 73, 27-34.
- Vinn, O., Bendella, M., Benyoucef, M., Zhang, L-J., Bouchemla, I., Lagnaoui, A., Ferre , B., 2020.** Abundant *Zoophycos* and *Chondrites* from the Messinian (Upper Miocene) of northwesternAlgeria. *Journal of African Earth Sciences*.
- Visser, M. J., 1980.** Neap-spring cycles reflected in Holocene subtidal large-scale bedform
- Warren, J.K. 2010.** Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits. *Earth-Science Reviews* 98 pp. 217–268.
- Wright, V. P., Burchette, T.P., 1996.** Shallow-water Carbonate environments. In Reading. H.G (ed.): *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy*, Oxford (Blackwell). 325-394

PLANCHE. I

Illustration photographique des ammonites récoltées dans la région d'étude

b. *Neolobites vibrayeanus* (base de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Toualil)

c-d. *Vascoceras gamai* (partie médiane de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Sidi Ali Ben Tayfour)

a. *Choffaticeras sinaiticum* (sommet de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Sidi Ali Ben Tayfour)

PLANCHE. I



5cm

Planche. II

Illustration photographique des échinides récoltés dans la région d'étude.

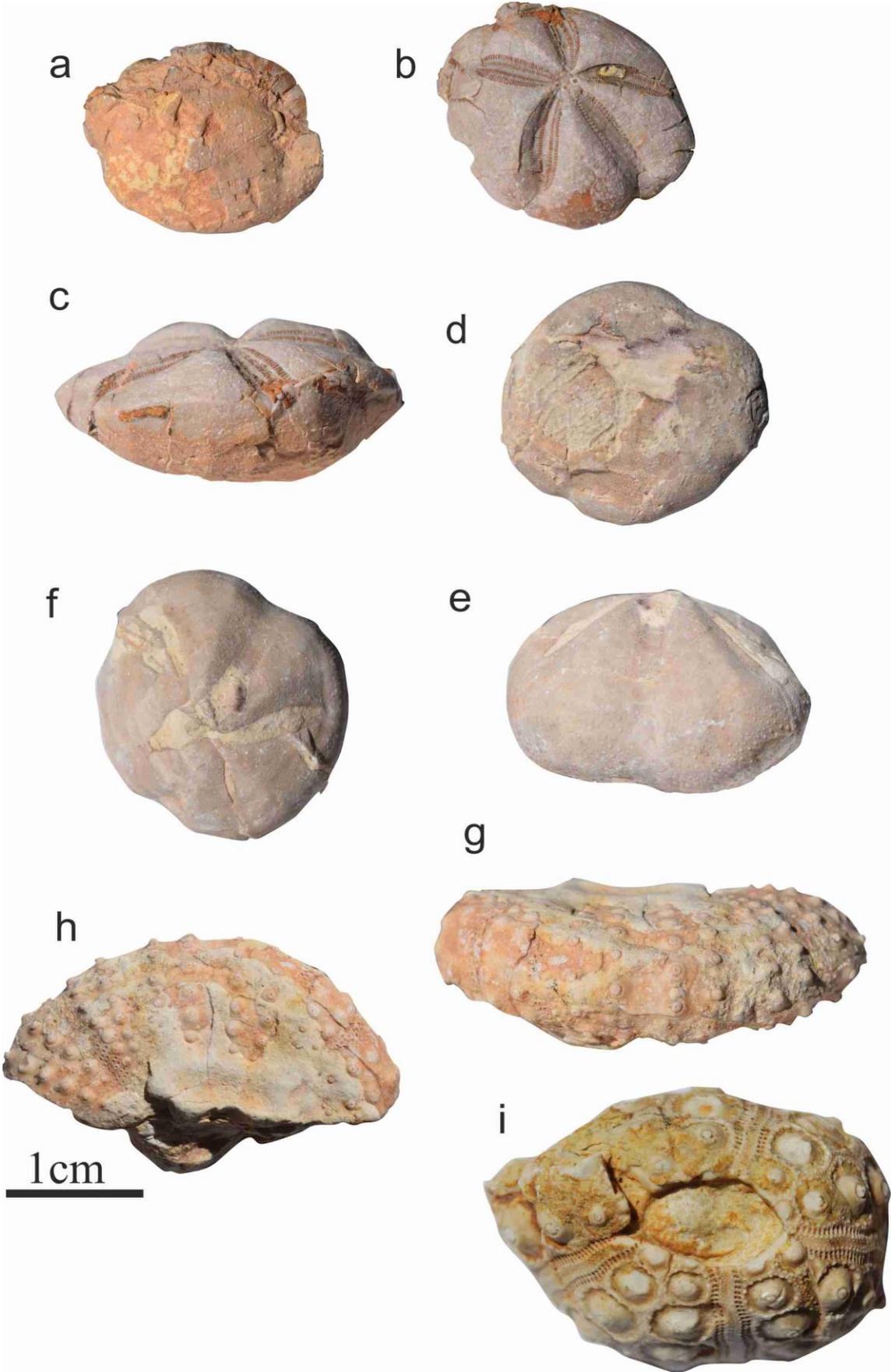
a-c. *Mecaster batnesis* (base de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Toualil)

d-f. *Hemiaster syriacu* (base de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Sidi Ali Ben Tayfour)

g-h. *Tetragramma variolore* (base de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Sidi Ali Ben Tayfour)

i. *Dorocidaris tazouzensis* (base de la Formation de Rhoundjaïa, secteur de Sidi Ali Ben Tayfour)

PLANCHE. I



Liste des Figures

Fig.1.1: Les grands ensembles géographiques de la chaîne alpine en Méditerranée occidentale (d'après Benest, 1985, modifié).p2.

Fig.1.2. Position paléogéographique de l'Atlas saharien par rapport à la Téthys pendant le Cénomanién supérieur-Turonien inférieur (Carte paléogéographique d'après Blakey, 2012).p.4.

Fig.1.3: Colonne lithostratigraphique type de djebel Amour (Regagba, 2006 modifié).p.8.

Fig.1.4: Cadre géologique du secteur d'étude de Djebel Sidi Ali Ben Tayfor et Kbeur El Merhsel (Extrait de la carte géologique de Brezina 1/200 000) A-B coupe sidi Ali Ben Tayfor C-D coupe de Kbeur El Marhsel. p.9.

Fig.2.2. Position paléogéographique de la région d'étude par rapport aux différents domaines géographiques de l'Algérie. p.11.

Fig.2.3. Position géographique de la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor.p.12.

Fig.2.4. Vue panoramique montrant les Formations litho-stratigraphiques étudiées dans le secteur de Sidi Ali Ben Tayfor. p.12.

Fig.2.5. **A.** Banc grésocalcaire riche en bivalves ; **B.** Alternance d'argile et de bancs calcaires bien continus latéralement ; **C.** Surface supérieure d'un banc calcaire à lamines algaires ; **D.** Bancs gréseux à laminations obliques angulaires. p.14.

Fig.2.6.A. Banc calcaire à brèches de dessiccation; **B** et **C.** Bancs calcaires à lamines algaires; **D,** Calcaire à stratifications obliques et en arêtes de poisson. p.15.

Fig. 2.7. A, Vue panoramique montrant la Formation de Medaour ; **B,** Surface supérieure d'un banc calcaire riche en *Thalassinoides*. p.16.

Fig. 2.8. Succession lithostratigraphique des Formations de Rhelida et de Medaour dans la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor. p.17.

Fig.2.9. **A,** barre calcaire massive; **B,** *calcaires laminés* ;**C,** bancs calcaires décimétriques ;**D,** surface ferrugineuse .p.19.

Fig.2.10. Succession litho-stratigraphique de la Formation de Rhoundjaïa dans la coupe de Sidi Ali Ben Tayfor. p.20.

Fig.2.11. Position géographique de la coupe de Kbeur El Merhsel.p.21.

Fig.2.12: Vue panoramique de la coupe de Kbeur El Merhsel montrant la Formation d Rhoundjaïa. p.22.

Fig.2.13. Succession lithostratigraphique de la coupe de Kbeur El Merhsel.p.23.

Fig.2.14. Légende montre la lithologie, les figures et structures sédimentaires, faunes et bioturbation. p.25.

Fig.3.1. Classification de Folk (1959).p.26.

Fig.3.2. Classification de Dunham (1962), complétée par Embry et Klovan (1971). p.27.

Fig. 3.3. Présentation photographique du faciès micro-conglomératique. Notons les laminations obliques à débris osseux (flèches).p.28.

Fig. 3.4. Présentation schématique montrant des laminations horizontales avec des délits de linéations. p.29.

Fig.3.5. Présentation photographique montrant un banc gréseux à laminations horizontales et délits de linéations (flèches).p.29.

Fig.3.6. Présentation schématique montrant des litages obliques angulaires.p.30.

Fig.3.7. Présentation schématique montrant des litages obliques arqués.p.30.

Fig.3.8. Vue de terrain présentant un banc gréseux à litage oblique angulaire (1 flèche blanche) qui passe latéralement à un litage oblique tangentielle (2 flèche jaune).p.30.

Fig.3.9. Photo de terrain du faciès gréseux coquillier (Flèches blanche indique les bivalves).p.31.

Fig.3.10. Photo de terrain du faciès gréseux hématisée.p.32.

Fig.3.11. Photo de terrain présentant deux bancs gréseux caractérisé par des terriers de type *Skolithos* (flèches).p.33.

Fig.3.12. Présentation photographique du faciès gypseux (FT. 9).p.34.

Fig.3.13. Présentations photographiques du faciès calcaires à lamines calcaires (FT.11).p.36.

Fig.3.14. Présentations photographiques du faciès (FT. 12) A. banc calcaire à lamines algaires ondulées et B. un autre banc calcaire à lamines qui apparaissent comme des plis brisés «tepees».p.37.

Fig.3.15. Mécanisme de formation des liés à des séismes (Pratt, 2002).p.37.

Fig.3.16. Présentations photographiques du faciès calcaires à litages obliques et entrecroisés (FT. 13). A. Banc calcaire bioclastique à litage entrecroisé; B. Interface d'un banc calcaire montrant la succession de quatre termes bioclastiques grano-classés. Notons la base érosive du banc (flèche rouge).p.38.

Fig.3.17. Microphotographies des lames minces du faciès calcaires oolithiques (FT.15) montrant un calcaire à oolithes et de rares foraminifères benthiques (flèche).p.39.

Figure.3.18. Vues de terrain montrant des calcaires à rudistes. A, Sections transversales des individus isolés de *Sauvagesia sharpei* (flèches blanches); B, Sections isolées et dispersées d'*Apricardia*. p.39.

Fig.3.19. Illustration photographique présentant un banc calcaire bioturbé par un réseau complexe de *Thalassinoides*.p.40.

Figure.3.20. Illustrations photographiques présentant le faciès Calcaire pseudonoduleux à faune mixte (FT. 18): A. un banc calcaire pseudonoduleux à faune benthique et pélagique ; B. Microphotographie de lame mince du faciès (FT. 15) montrant un calcaire mudstone-wackestone à *hedbergellidés*.p.41.

Figure.3.21. Illustration photographique présentant le faciès calcaires à ammonites (FT. 19).p.42.

Fig.3.22. Photos de terrain et de microfaciès montrant le faciès Calcaire lités (FT.20).A. Bancs calcaires lités riches en ammonites; B. wackestone à abondant filaments.p.42.

Fig.3.23. Milieux des dépôts des Formations Rhelida et Medaour.p.45.

Fig.3.24. Les milieux des dépôts de la Formation de Rhoundjaïa (coupe Sidi Ali ben Tayfor) .p.46

Fig.3.25. Le milieu de dépôts de la Formation de Rhoundjaïa (la coupe de Kbeur el Merhsel).p.47.

Fig.3.26. Modèle paléogéographique présentant la sédimentation des différents faciès au Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur dans les Monts Amour. p.48.

Fig.4.1. *Palaeophycus tubularis*.p.49.

Fig.4.2. *Phycodes*.p.50.

Fig.4.3. *Planolites montanus*.p.51.

Fig.4.4. *Skolithos verticalis*.p.52

Fig.4.5. *Thalassinoides suvecus*.p.53.