

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

De Master en Sciences de la Terre

Option :

Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

Lithostratigraphie, Sédimentologie et Paléontologie Du Continental Intercalaire de la région de Garat El Hemam (Djebel Amour Laghouat).

Présenté par :

REZKALLAH Walid

Soutenu le:

devant la commission d'examen :

Mr BENDELLA MProfesseur..... Université d'Oran 2.....Président

Mr. BOUZID RMaitre conférence B.....Université d'Oran 2.....Rapporteur

Mr BOUALEM N.....Maitre conférence B.....Université d'Oran 2.....Examineur

Oran, 2021

Table des matières

Avant-propos

Résumé

CHAPITRE I : Généralités

Introduction	4
I -CADRE GENERAL DE LA REGION D'ETUDE	4
A)-Cadre géographique de l'atlas saharien	4
B)- Cadre géographique local	5
C)- Cadre géologique du Djebel Amour	6
II)- Cadre structural du Djebel Amour	10
III)-HISTORIQUE DE RECHERCHES	11
IV)- METHODOLOGIE, BUT DE TRAVAILLEET ORGANISATION DU MANUSCRIT	12
A)- Méthodologie	12
1)- Sur terrain	12
2)- Au Laboratoire	12
B)- but de travail et organisation du manuscrit	13

CHAPITRE II : lithostratigraphie

Introduction	14
A)-Localisation géographique de la coupe géologique	14
B)-Description de la coupe géologique.....	15
I. La Formation de Tiout	18
a)- Membre grésos-argileux.....	18
b)- Membre grésos-argilo-conglomératique.....	19
c)- Membre argilo-gypseux.....	19
II. LA FORMATION D'EL RHELIDA	23
a)- Membre argilo-grésos-calcaire.....	23
b)- Membre argilo-calcaire.....	23

CHAPITRE III : Sédimentologie et Paléontologie

Introduction.....	26
1)-DESCRIPTION ET INTERPRETATION DE FACIES	26
Faciès GH 1. Conglomérat.....	27
Faciès GH 2. Grès	28
Faciès GH 3. Argiles.....	33
Faciès GH 4. Calcaires.....	35
I) Associations de faciès et environnements de dépôt.....	40
Association AF. 1.....	40
Association AF. 2.....	40
Association AF. 3.....	40
PALEONTOLOGIE	
1)- Inventaire des fossiles	42
A)- Poissons.....	42
B)- Dinosaurien.....	43
CHAPITRE IV : CONCLUSION	
Conclusion Général	45
Planches photos.....	46
Références bibliographique	49
Liste des figures.....	58

Dédicace

Au nom de dieu, le clément, le miséricordieux

Tout d'abord dieu merci pour l'achèvement de ce modeste travail

Je dédie ce mémoire :

A les seules qui m'ont fait confiance, qui m'ont suivi et aider toute au long mon chemin, les seules à qui je puisse jamais les remercie assez pour leurs sacrifice et tout ce qui m'ont donnée dès ma naissance jusqu'à ce moment-là, 'mes parents' que Dieu leur donne santé et longue vie, j'espère que aujourd'hui je vous ai rendu fière de moi.

A ma sœur Malika et Mes frères Sid Ahmed et Abd el Mouaiz.

A ma Tante, son Mari et leurs fils Mohamed que je les remercie d'avoir m'accueillie chez eux

Durant toute mes années d'études à Oran

A mes amis : Tadj-eddin, Raouf et Youcef.

A ma précieuse Berkat Meriem qu'elle été toujours à mes côtés et m'a donnée tout l'aide et le support que j'en été besoin

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à tous les gens qu'ils m'ont aider et soutenu dans ma vie

Je remercie aussi ceux qu'ils ont voulu me détruire et de ne pas arriver là où je suis Car c'est grâce à eux que j'ai travaillé dure et ils m'ont donnée plus d'énergie et de volonté

Pour arriver à ce stade et devenu ce que je suis maintenant.

Avants propos

A la fin de ce travail, je dois dire El Hamdoulah au tout puissant et miséricorde Allah qui m'a guidé et illuminé mon chemin. Il m'a donné puissance et courage pour surpasser tous les obstacles vécu spécialement cette année, pour l'élaboration de ce modeste manuscrit.

Tout d'abord, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont apporté de l'aide et du conseil pour réaliser ce travail, en particulier :

Monsieur **Bouzid Rabah** Maître de Conférences B à l'université d'Oran 2 pour m'avoir encadré et dirigé ce travail.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur **BENDELLA MOHAMED**, Professeur à l'université d'Oran 2 pour avoir accepté de présider ce jury. Je le remercie également de m'avoir accompagné pendant mes deux missions de terrain ainsi que pour sa détermination des traces fossiles.

Je suis honoré de voir, parmi les membres du jury, Monsieur **Boualem Noureddine** Maître de Conférences B à Université d'Oran 2. Je le remercie d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **Adán Pérez García** du National Distance Education University, Espagne pour la détermination des vertébrés.

Les deux missions de terrain se sont déroulées dans de très bonnes conditions, pour cela je tiens a remercié Monsieur **BOUCHEMLA IMAD** et Melle **REGUIG ANISSA** de m'avoir accompagné et aidé spécialement pour la récolte des vertébrés, je leurs souhaite une bonne continuation dans le domaine de la géologie. Je remercie également Melle **MAKSENE. N** pour son assistance au travail de laboratoire.

Mes remerciements s'adressent également à Madame **HADJAL SALIHA**, « brave dame », elle m'a toujours facilité les tâches administratives dans le département de science de la terre.

Enfin, je termine cet avant-propos avec mes sincères remerciements à mes amies **HEMIS ABIR**, **BESSGHIR FATIMA** pour leurs aides et pour leurs soutient. Enfin mes remerciements vont à toute la promotion master 2 (2021) et mes amis de la promotion précédente **SEGHIER S**, **NACEL O**, **HAMIDOU N**, **BENGUEDACH I**, **CHATRI R**, **LARBI BEN HADJAR I**, **TADJEDDIN F**, pour leurs soutiens morale pour terminer ce travaille.

REZKALLAH WALID

Résumé

Cette étude s'intéresse aux dépôts du "Continental Intercalaire" d'âge Crétacé inférieur dans le Djebel Amour et plus exactement dans les secteurs de Garat El Hemam et El Dehouane (Laghouat, Atlas Saharien Central).

L'étude lithostratigraphique révèle un matériel silico-clastique et carbonaté réparti en deux formations : Formation de Tiout et Formation de Rhelida

La Formation de Tiout est représentée essentiellement par un matériel grés-argileux conglomératique formant ainsi trois membres. Les niveaux gréseux montrent une richesse en structures sédimentaires alors que les intercalations micro-conglomératiques sont marquées par une riche faune d'ossement et des restes de vertébrés (dents) révélant un âge Albien terminal à Cénomaniens inférieur. Cette formation est marquée par une bioturbation faible à modérée, dominée surtout par les empreintes de pas crocodiliens. La sédimentologie est caractérisée par une association typique d'un environnement fluvial à margino-littoral sous l'influence des marées.

La Formation de Rhelida montre une sédimentation mixte silico-clastique et carbonatée empilée en deux membres. Elle montre des figures hydrodynamiques et une faune de bivalve et gastéropodes. L'âge probable de cette formation correspondrait au Cénomaniens inférieur. L'analyse des critères sédimentologiques révèlent un milieu intertidal à supratidal.

Du point de vue paléontologique ces deux formations montrent une riche faune très diversifiée : restes de poissons (*Onchopristis numidus*), (*hybodus*), des restes de Dinosaures (*Spinosaurus aegyptiacus*), (*carcharodontosaurus saharicus*), des traces de pas de crocodiles ainsi que des restes de plaques de Chélonien.

Mots clés : "Continental intercalaire", Crétacé inférieur, Atlas Saharien Central, Laghouat, empreintes de pas Crocodiliens, sédimentologie, vertébrés.

Abstract

This manuscript represents a study of the “Continental Intercalaire” Lower Cretaceous Deposits in Djebel Amour and exactly in Garat El Hemam and El Dehouane areas (Laghouat, Central Saharan Atlas). The lithostratigraphic study reveals a silico-clastic and limestone material formed two formations which are Tiout Formation and Rhelida Formation.

The Tiout Formation is essentially represented by a sandstone-clay-conglomerate material, forming three members. The sandstone levels show a richness in sedimentary structures while the micro-conglomerate intercalations are marked by a rich fauna of bones and vertebrate remains (teeth) revealing terminal Albian to Lower Cenomanian age. This formation is marked by weak to moderate bioturbation, dominated especially by crocodylian footprints. The sedimentology of this area is characterized by a typical association of a fluvial environment with margino-littoral tidal influence.

The Rhelida Formation shows mixed silico-clastic and limestone sedimentation stacked in two members. It shows hydrodynamic figures and a fauna of; bivalves and gastropods. The probable age of this formation would correspond to the Lower Cenomanian. Analysis of the sedimentological data reveals an intertidal to supratidal environment.

Paleontological data show a rich and very diverse fauna: remains of fish (*Onchopristis numidus*), (*hybodus*), remains of dinosaurs (*Spinosaurus aegyptiacus*), (*carcharodontosaurus saharicus*), crocodile footprints as well as remains of Chelonian plates.

Keywords: “Continental Intercalaire”, Lower Cretaceous, Central Saharan Atlas, Laghouat, Crocodylian footprints, sedimentology, vertebrates.

Chapitre I
Généralités

INTRODUCTION :

Ce travail est consacré à l'étude d'une série sédimentaire dans la région de Laghouat plus précisément la commune de Sidi Mekhlouf cette série est représenté par des terrains d'âge mésozoïque, qui se caractérise par des formations détritiques et d'autres carbonatées.

Cette étude est consacrée à l'étude de deux secteurs, le premier est celui de Garat El Hemam et le second d'El Dahouane.

Ce travail a pour objectif l'étude, la description et la subdivision lithostratigraphique de la série du "Continental Intercalaire" qui affleure dans le Djebel Amour ;

- Enrichir le bilan paléontologique par des nouvelles récoltes dans cette série et réviser les anciennes attributions stratigraphiques établies par nos prédécesseurs
- Enfin, donner un cadre paléoenvironnemental des différentes unités lithostratigraphiques.

D)- CADRE GENERAL DE LA REGION D'ETUDE :**A)- Cadre géographique de l'atlas saharien :**

La région d'étude fait partie de l'Atlas Saharien, il correspond à une chaîne montagneuse qui s'étend du Maroc à l'Ouest jusqu'au Nemamcha à l'Est. Il est formé de trois grandes parties (Atlas saharien occidental, central et oriental) représenté par cinq faisceaux qui se relaient de l'Ouest vers l'Est (Fig. 1):

Les Monts de Ksour (Atlas Saharien occidental) ;

Le Djebel Amour (Atlas Saharien central) ;

Les Monts des Ouled-Nail (Atlas Saharien oriental) ;

Les Aures (Atlas Saharien oriental) ;

Les Nemamcha (Atlas Saharien oriental) ;

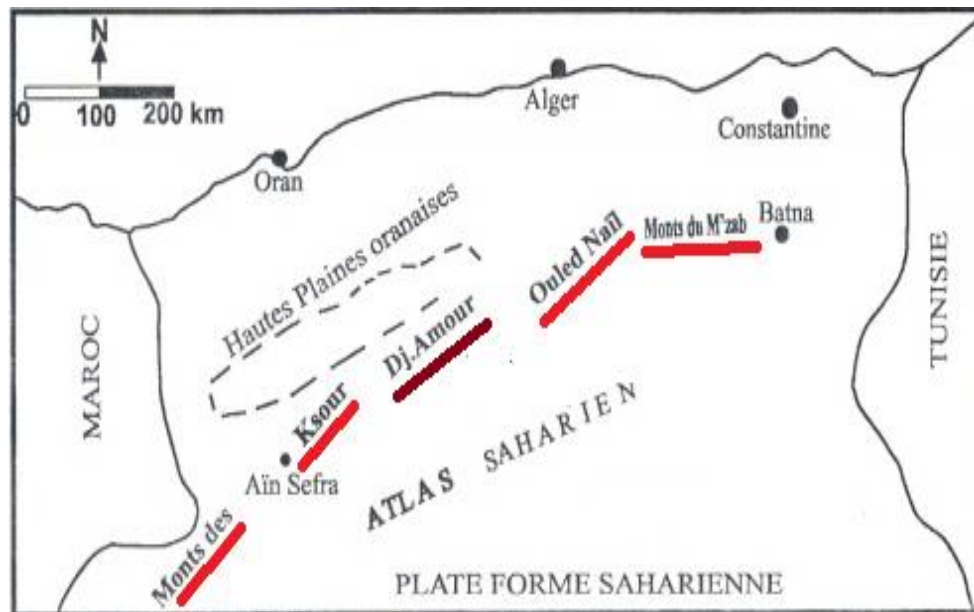


Fig. 1: Position géographique et répartition de l'Atlas Saharien (d'après Benest, 1985).

Cette chaîne représente un domaine de séparation ou bien transition entre les hauts plateaux au nord et le domaine Saharien au sud.

B)- Cadre géographique local : (Fig. 2)

Le secteur d'étude fait partie de l'Atlas saharien central connu également par Djebel Amour. Il est limité par les Monts de Ksour à l'Ouest et les Ouled-Nail à l'Est, au Nord les hauts plateaux et vers le Sud le Sahara. (Fig. 2).

Orographiquement, Djebel Amour est caractérisée par des crêtes de 1500m à 1600m, son extrémité occidentale montre le point le plus culminant atteignant 2008m et correspond à Djebel Ksel. Dans sa partie centrale l'altitude est majeure, elle ne dépasse jamais les 1700m (Djebel Sidi Oukba et Djebel Guern Arif) tandis que, sa partie orientale est dominée par la dépression de Tadjmout.



Fig. 2. Cadre géographique du secteur d'étude.

C)- Cadre géologique du Djebel Amour (Fig. 3) :

Le Djebel Amour a été le siège d'une tectonique hercynienne polyphasée qui a influencée la sédimentation et qui a guidée les phases de déformation durant le Méso-Cénozoïque (Bettahar *et al.*, 1996).

Les travaux réalisés dans le sillon atlasique central sont peu nombreux. Ils sont d'ordre stratigraphique et sédimentologique, ils ont permis la reconstitution paléogéographique du bassin, ils montrent :

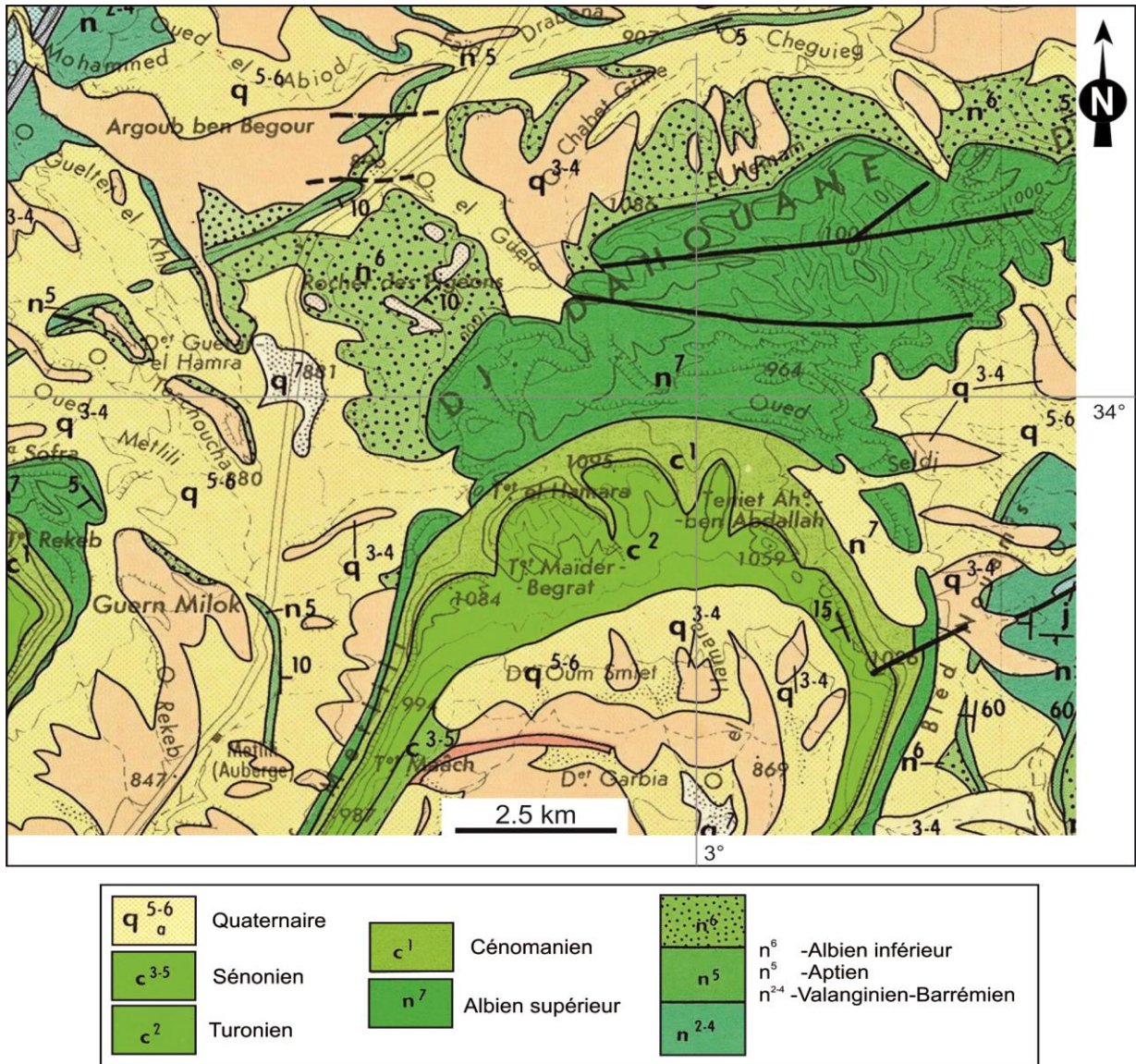


Fig. 3. Extrait de la carte géologique de Laghouat (feuille n° J-K 9-10, l'échelle 1/200.000) montrant les formations géologiques avec leurs âges correspondant.

1)- Le Mésozoïque

a)- Le Trias :

Il est représenté par une longue variété de faciès : marnes, argiles bariolés, gypses, silts, grés, dolomies et cargneules, associés parfois à des roches vertes d'origines volcaniques. Ces derniers n'affleurent qu'en portion anormale à la faveur d'accident tectonique (Herkat, 1986).

b)- Le Jurassique :

Les affleurements jurassiques affleurent beaucoup plus dans la partie Ouest de la ville de Laghouat.

Dans le Djebel Amour seulement la partie supérieure est connue par une lithologie variée du Dogger daté du Callovien par des ammonites (Abed, 1982), le Portlandien-Berriasien est daté par des Calpionelles. Ces terrains jurassiques sont organisés en quatre séries sédimentaires :

- **la série d'El Beyadh** : elle est caractérisée par des affleurements allant du Bathonien à l'Oxfordien formant trois formations, (Formation des Argiles silteuses d'El Aoudja, Formation dite zone de passage et la Formation des Grés et Dolomie des Krakda).

- **la série de Brezina**: elle est faite essentiellement de l'empilement de quatre formations (Formation des Calcaires à polypiers d'El Azreg, Formation dite zone intermédiaire, Formation des Grés massifs de Seklafa et la Formation des Grés et Argiles rouge de Kourdan) d'âge Kimméridgien inférieur.

- **la série de Laghouat** : elle est d'âge Kimméridgien supérieur formée par deux sous série ;

* **la sous série de Tadjmout** : (200 à 400m) : cette série est connue par les Formations des Calcaires lumachelliques, des alternances de marnes grises et de calcaires bioclastiques, une deuxième Formation des Marnes à gypses à la base et des Marnes a intercalations de bancs massifs de gypses au sommet ;

* **La sous-série d'Aflou** : (300m): elle est formée par une Formation basale des Calcaires massifs et une autre sommitale des Calcaires en plaquettes et un ensemble argilo gréseux ;

- **la série d'Ain Rich** : elle représente le Portlandien-Berriasien marquée par deux formations (la Formation des Marnes à gypses de Taouiala et la Formation de des Calcaires oolithiques de Zerga). Cette série se forme par une première partie des combes marneuses gypseuses mais qui affleure mal et la deuxième partie est matérialisée par des bancs de calcaires oolithiques métriques séparés par des niveaux minces de marnes et de marno-calcaires.

c)- Le Crétacé inférieur :

Pendant le Barrémien, l'Atlas saharien a connu une régression optimale qui coïncident avec une méga-séquence argilo-gréseuse continentale et des alternances de calcaires plus ou moins dolomitiques. L'Aptien se termine par une base calcaro-dolomitiques. Le cœur des synclinaux est dominé par une sédimentation continentale d'âge albien (250-300 m).

- L'Albien :

***Albien inférieur :** il est caractérisé par une alternance d'argiles et de grés fins à stratifications entrecroisées, des niveaux à dragées de quartz et des argiles marneuses parfois détritiques. À Laghouat, l'Albien inférieur est représenté par des épaisseurs de 250m à 300m ayant une couleur rouge brique généralement friable avec un ciment calcitique.

***Albien supérieur :** il débute par une discontinuité matérialisée par un changement de facies (d'un pôle gréseux à un pôle carbonaté). Albien supérieur est représenté par des marnes vertes, des grés et des calcaires en plaquettes peu épais.

d)- Crétacé supérieur :

Les dépôts de cette période correspondent à une sédimentation marine qui montre des alternances de formations calcaires et dolomitiques avec des dépôts argileux qui sont parfois gypsifères.

***Cénomaniens :**

Il est représenté par des calcaires dolomitiques et des marnes vertes parfois gypseuses avec une rareté de fossiles caractéristiques, les formations terminales du Cénomaniens ont un caractère marin le reste ayant un faciès à cachet continental.

***Turonien :**

Il est matérialisé par une sédimentation calcaro-dolomitiques déposées dans une mer peu profonde.

***Sénonien :** les affleurements sénoniens figurent dans la partie Est du Djebel Amour. Il couvre de faibles surfaces, il est représenté par des calcaires crayeux,

calcaires en petits bancs avec des nodules de silex, gypses et une barre épaisse de calcaires gris massifs.

2)- Le Tertiaire :

La sédimentation tertiaire est enregistrée dans les cœurs des synclinaux alors qu'elle a été érodée aux niveaux des anticlinaux. Le Tertiaire est d'origine continental dans l'Atlas saharien central.

3)- Le Quaternaire :

Il surmonte directement les terrains secondaires dans le domaine atlasique contrairement au domaine saharien où les alluvions quaternaires reposent sur les dépôts détritiques tertiaires.

II)- CADRE STRUCTURAL DU DJEBEL AMOUR :

La région de Laghouat se compose de deux domaines structuraux : le domaine atlasique au Nord et le domaine saharien au Sud, ils sont séparés par la flexure Sud atlasique (Kazi-Tani, 1986).

Djebel Amour représente une dernière barrière montagneuse avant d'atteindre la plateforme saharienne, les anticlinaux et les synclinaux de l'Atlas saharien ont subi une tectonique très poussée durant le Tertiaire. Ils sont remplis de grès Barrémien, quant aux synclinaux perchés de Gourou, Sidi Oukba, Oum el Guedour sont formés par de calcaires aptiens, de grès albiens, des marnes gypseuses du Cénomaniens. Les plis sont bien individualisés; les anticlinaux sont à cœur érodés ; les synclinaux sont très larges et à fond plats. Parmi ces anticlinaux et synclinaux on peut citer : l'anticlinal du Djebel Aouidja et Sidi Bouzid, synclinal du Djebel Tafza, synclinal perché de Gourou, Sidi Oukba, Oum el Guedour, l'anticlinal de Djebel Zlag et le synclinal de la Gaada.

Pour le système de fracturation il existe quatre directions principales :

N10° - N30° : cette direction est marquée par des rejets importants.

N50° - N70° : celle-ci affecte généralement les dépôts barrémien, elle est marquée d'un rejet faible.

N80° - N120° : cette direction de faille constitue est de nature profonde.

N140° - N160° : elle est responsable souvent des pertes totales au niveau des grands oueds du Djebel Amour.

Concernant les fissures on distingue aussi des directions affectant plus particulièrement les Grés de barrémiens, il s'agit de N60°-N80° et N140°-N160°.

III)- HISTORIQUE DE RECHERCHES :

Les recherches et les travaux géologiques qui ont été effectuées dans le Djebel Amour remontent à la fin du 19eme siècle. Les premières esquisses de cartes géologiques sont réalisées par Tissot, 1881(in Cornet, 1952), Peron, 1883 et Brossard, 1886(in Cornet, 1952).

- Ritter, 1902 a fait une description détaillée des différentes formations de Djebel Amour, et précisa l'âge albien des calcaires de Djebel Djahaifa, Chebka et El Mezana.

- Flamand, 1911 a fait une révision complète de la série géologique de l'Atlas saharien.

- Flandrin, 1948 a donné une définition de la stratigraphie du Nummulitique et sa répartition en Algérie.

- Durand-Delga, 1949 a établi une carte géologique de Djebel Amour au 1/200000 et il a défini un âge Portlandien aux calcaires dans Djebel Djahaifa, Chebka et El Mezana et un âge Albien aux grés d'Aflou ;

- Cornet, 1952 réalisa une première synthèse stratigraphique de ces régions et attribua un âge Cénomaniens supérieur à la suite de la découverte d'une faune d'ammonoïdes au Djebel Tissemer.

- Caratini, 1961 Dans le Djebel Sidi Oukba, il attribue aux calcaires et aux grés un âge Barrémo-Albo-Aptien.

- En 1967 (in Abed, 1982), une mission soviétique est chargée d'étudier les formations aquifères du bassin versant de l'oued Touildresse. Ils ont réalisés une carte géologique à 1/200000 qui confirme les travaux de Caratini .

-Basseto et Coumes, 1967 réalisent une levée de coupe dans le Djebel Azreg, ils révisent la stratigraphie de la région d'étude tout en identifiant le Kimméridgien, le Portlandien et le Barrémien.

- En 1978 Les géologues de la SONATRACH (in Abed, 1982) ont travaillé dans les Monts du Djebel Amour et rangent les calcaires de Chebka, El- Mezara et Djahaifa dans le Kimméridgien et les grés dans le Barrémien.

- Abed, 1982 et Herkat, 1982 ont donné plusieurs détails sur la sédimentologie et la lithostratigraphie du Jurassique moyen et supérieur de Djebel Mimouna.

- Mahboubi, 1983 a fait une étude géologique et paléontologique du Crétacé post Albien et du Tertiaire de la bordure méridional du Djebel Amour. Il donne une précision stratigraphique sur l'Albien supérieur, le Turonien inférieur et le Tertiaire ancien, sur la base des coupes établies dans la région d'El Kohol.

Kazi-Tani, 1986 décrit les séries du Jurassique et du Crétacé dans Djebel Amour.

Nouar, 1992 a fait une étude structurale du Djebel Amour en utilisant la télédétection.

Les travaux récents dans la région du Djebel Amour, présentent des travaux d'ingénieurs sur la recherche hydrogéologique et des études de la direction de l'hydraulique.

IV)- METHODOLOGIE, BUT DU TRAVAIL ET ORGANISATION DU MANUSCRIT :

A)- Méthodologie :

La méthodologie adoptée est classique, elle se base sur des données de terrain et des analyses faites au laboratoire.

1)- Sur terrain :

Le travail de terrain consiste surtout à un levé de coupe pour déterminer la succession lithostratigraphique de la région étudiée (banc par banc). Ce travail nécessite une prise en compte de tous les paramètres sédimentologiques à savoir :

Les épaisseurs des différents bancs ;

La géométrie des corps sédimentaires ;

La récolte de la faune avec des illustrations photographiques sur site (faune de vertébrés);

Illustrations photographiques des différentes traces biologiques rencontrées

Inventaire et illustrations des figures hydrodynamiques

Toutes ces caractéristiques sédimentologiques, paléontologiques et ichnologiques sont présentées sous forme d'un log lithostratigraphique bien détaillé (une coupe vertical).

2)- Au Laboratoire :

De nombreux échantillons ont été prélevés sur terrain pour déterminer les différents lithologies et discontinuités rencontrées. Pour le microfaciès, des sections polies et de lames minces ont été réalisés. Ce travail est complété par des lavages des niveaux meubles suivi d'un tri systématique traité sous une loupe binoculaire pour la microfaune.

B)- but de travail et organisation du manuscrit :

Le travail réalisé dans la région de Laghouat (Atlas saharien central) a été organisé selon les objectifs suivant :

- Chapitres généralités : il est réservé aux données trouvées dans la littérature concernant la région d'étude
- Chapitre lithostratigraphie : il concerne tous les résultats obtenus sur terrain avec un essai de découpage lithostratigraphique présentant :
 - de nouvelles formations informelles.
- Chapitre de sédimentologie et paléontologie, il est réservé à :
 - définir les différents faciès et microfaciès ;
 - interprétation des différents faciès et de les regrouper en association pour aboutir à une reconstitution paléo-environnementale ;
 - établir un inventaire paléontologique et ichnologique.
 - des illustrations photographiques de quelques ichnogenres et quelques ichnotaxa de vertébré seront présentés en planches.
 - en conclusion on met en relief les faits saillants de ce travail et les principaux résultats obtenus et des perspectives.

Chapitre II
Lithostratigraphie

INTRODUCTION

La première synthèse stratigraphique et la nomenclature des dépôts mésozoïques qui affleurent entre Laghouat et Béchar (Atlas saharien central et occidental) ont été introduites par Bassoullet, 1973. Selon cet auteur, la succession stratigraphique attribuée au Crétacé inférieur regroupe trois formations litho-stratigraphiques d'extension régionale et ayant chacune des caractères sédimentologiques propres: la Formation de Tiloula (Tithonien supérieur-Berriasien); la Formation de Tiout (Valangénien-Albien) et la Formation de Rhelida (Vraconien = Albien supérieur). Ces trois formations recouvrent la partie supérieure du "Continental intercalaire" (selon la définition de Kilian, 1931).

Les travaux géologiques réalisés dans les Monts des Ksour se sont rarement intéressés à ces deux formations, à son organisation spatio-temporelle, ainsi qu'aux mécanismes de son dépôt. Aucune coupe précise n'a encore été levée. Les études entreprises dans cette série se limitent uniquement à des descriptions lithologiques très sommaires accompagnées d'inventaires paléontologiques fragmentaires. L'âge de cette série reste imprécis ("infra-Cénomaniens", "infra-Crétacé"), faute de données paléontologiques.

Dans la région de Laghouat, la coupe mésocrétacée la plus complète, la plus épaisse et la plus dégagée se trouve sur le bord droit de la route nationale RN1, en allant vers Alger (e.g. carte géologique de Laghouat, à l'échelle 1/200.000).

Dans le cadre du présent travail, la série du Crétacé supérieur a été étudiée à partir d'une coupe géologique orientée NW-SE, sur une distance d'environ 4km (Fig. 3). Cette coupe nous a conduits à établir un découpage en unités litho-stratigraphiques et à réviser le cadre temporel grâce à de nouvelles récoltes paléontologiques (restes de vertébrés), dont la détermination des fossiles a été assurée par des spécialistes des faunes du Crétacé.

A)- Localisation géographique de la coupe géologique (Fig. 4)

La coupe géologique étudiée se situe à environ 22 km nord-nord-est de la ville de Laghouat. Elle est limitée au Nord par Argoub ben Begour; au Sud par Djebel Dakhla; à l'Est par Oued El Guela; et à l'Ouest par Oued Metlili et la route nationale RN 1. Cette coupe a pour coordonnées UTM moyennes : X = 33°59'28.64"N; Y = 2°58'2.99"E.



Fig. 4. Image satellitaire (d'après "Google earth") présentant la position géographique des coupes étudiées.

La coupe est composée essentiellement par les affleurements de Gare El Hemam (Rocher des piégeons) et Djebel El Dahouane (Fig. 5).

B)- Description de la coupe géologique

Les successions lithostratigraphiques établies par Bassoulet (1973), serviront de base à notre découpage. La coupe étudiée regroupe deux formations bien distinctes (Fig. 6) :

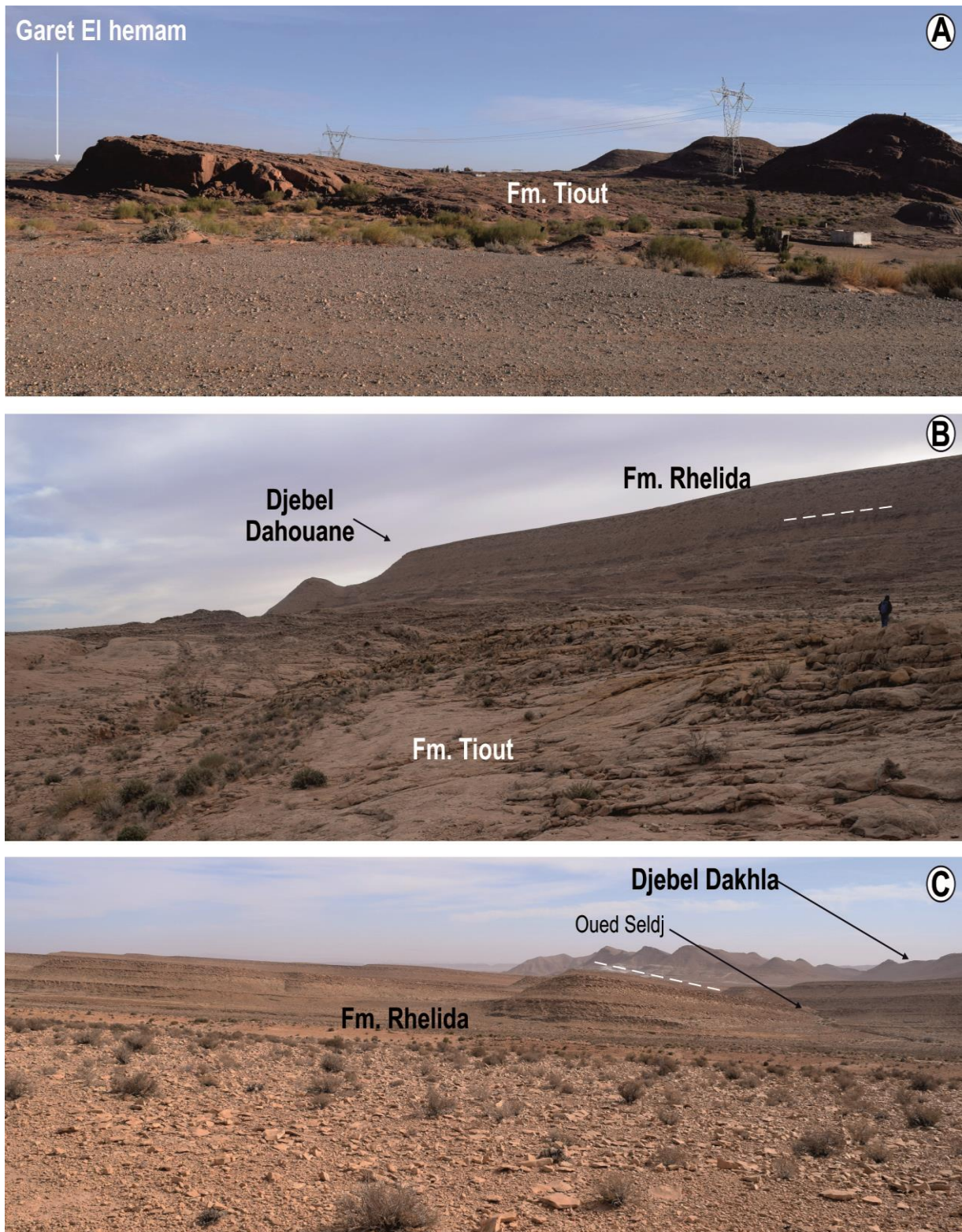


Fig. 5. Vues panoramiques présentant les principaux affleurements de la coupe étudiée. **A**, Panorama montrant Garet el Hemam et la partie basale de la Formation de Tiout ; **B**, Présentation photographique de la partie sommitale de la Formation de Tiout et la partie basale de la Formation de Rhelida ; **C**, Panorama présentant la partie supérieure de la Formation de Rhelida.

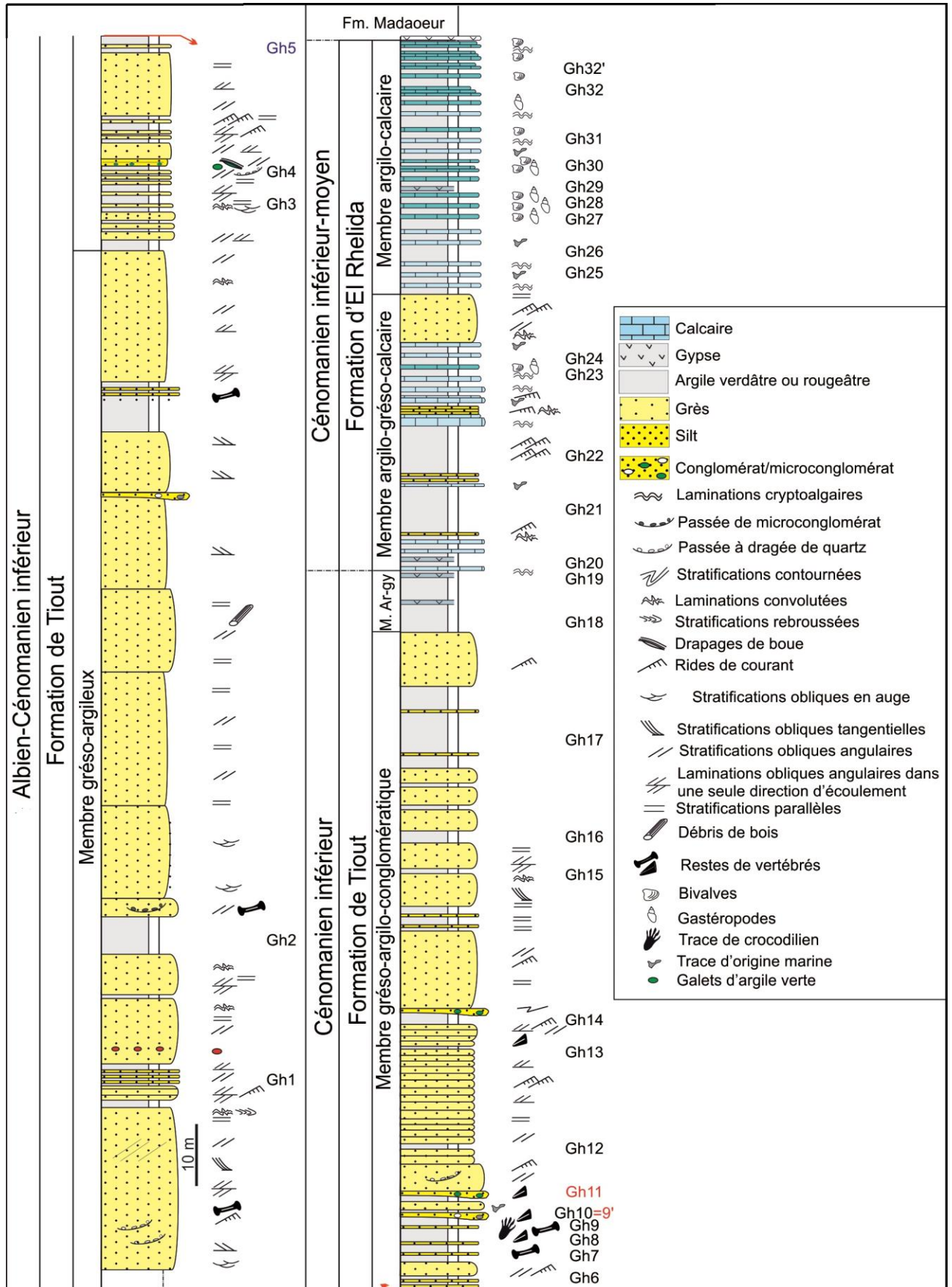


Fig. 6. Succession lithostratigraphique de la Formation de Tiout et d'El Rhélda dans la région de Laghouat.

I)- LA FORMATION DE TIOUT

Cette formation a été définie par Bassoulet (1973), dans le synclinale de Tiout, à environ 15 kilomètres et de la ville d'Ain Sefra. Dans sa localité type, elle est limitée à sa base par la Formation de Tiloula et au sommet par la Formation d'El Rhelida (Fig. 7).

M.a.	Geological Age		Formations (Bassoulet, 1973)
89.3	Late Cretaceous	Turonian	late
			middle
93.5		Cenomanian	early
			late
			Rhoundjaïa
			Mdaouer
99.6	Early Cretaceous	Albian	latest Albian (Vraconnian)
112.0		Aptian	
125.0		Barremian	
130.0		Hauterivian	
136.4		Valanginian	
140.2	Berriasian		
145.5			Tiloula
150.8	Late Jurassic	Tithonian	
		Kimmeridgian	
155.7		Oxfordian	
			Aïssa
			Djara

Fig. 7. Nomenclature stratigraphique de la série Jurassico-Crétacé supérieur de l'Atlas saharien central-occidental d'après Bassoulet (1973) (âges numériques tirés de l'échelle stratigraphique 2013, in Benyoucef *et al.*, 2017).

Dans la région de Laghouat, la limite inférieure de la Formation de Tiout est invisible, tandis que sa limite supérieure a été placée dès l'apparition des argiles à bancs de calcaires de la Formation de Rhelida.

Dans notre région d'étude, la Formation de Tiout peut être divisée en trois membres informels (Fig. 6) :

a)- Membre grés-argileux

Ce membre est composé de bancs gréseux métriques à décamétriques (5-30m) intercalés de combes argileuses rougeâtres (1- 7m). Les grès sont à grain fin, de couleur jaunâtre ou rougeâtre à la patine, jaunâtre à grisâtre à la cassure. Ils montrent à l'interface des

stratifications obliques en auge (Fig. 8A1 ; Fig. 8B), des stratifications planes et parallèles (Fig. 8A2), des stratifications obliques angulaires (Fig. 8D), des structures en flamme de grande ampleur (méga-*'flame structures'*) (Fig. 8C). Certains bancs gréseux admettent des stratifications obliques soulignées par des dragées de quartz. La surface basale des bancs est le plus souvent irrégulière, tandis que la surface supérieure est modelée parfois par des rides de courant asymétriques (Fig. 8E).

La partie sommitale du membre montre des intercalations de bancs gréseux à drapages de boue et surfaces de réactivation (Fig. 9A-D). Certains bancs gréseux présentent des figures d'échappement de fluides (Fig. 9E).

b)- Membre grésio-argilo-conglomératique

Ce membre est formé d'une alternance d'argiles verdâtres avec des bancs gréseux d'épaisseur décimétrique à métrique. Cette alternance peut être intercalée par des lits micro-conglomératiques, d'épaisseur décimétrique, et dépourvus de structures physiques internes.

Les fragments constituant la fabrique sont des dents et os de vertébrés (*Spinosaurus aegyptiacus*, dents de théropodes indéterminés, *Onchopristis numidus*, *Neoceratodus africanus*, dents et plaques dermiques de crocodiliens et plaques et os de chéloniens) (voir Pl. 1&2), Ils ne montrent aucune orientation particulière ou un granoclassement. La matrice est une argile verdâtre ou un grès brun rougeâtre à grain fin. La surface basale des bancs est de type érosif, moulant parfois traces fossiles et des structures en flute (*'flute-cast'*). L'interface des bancs présente des laminations obliques angulaires et des laminations entrecroisées. La surface sommitale des bancs est à rides de courant, parfois moulant des traces d'empreintes de pattes de crocodiles (Fig. 10).

c)- Membre argilo-gypseux

Ce dernier membre est formé d'une vire argileuse verdâtre intercalée de bancs gypseux minces (3 à 10 cm).

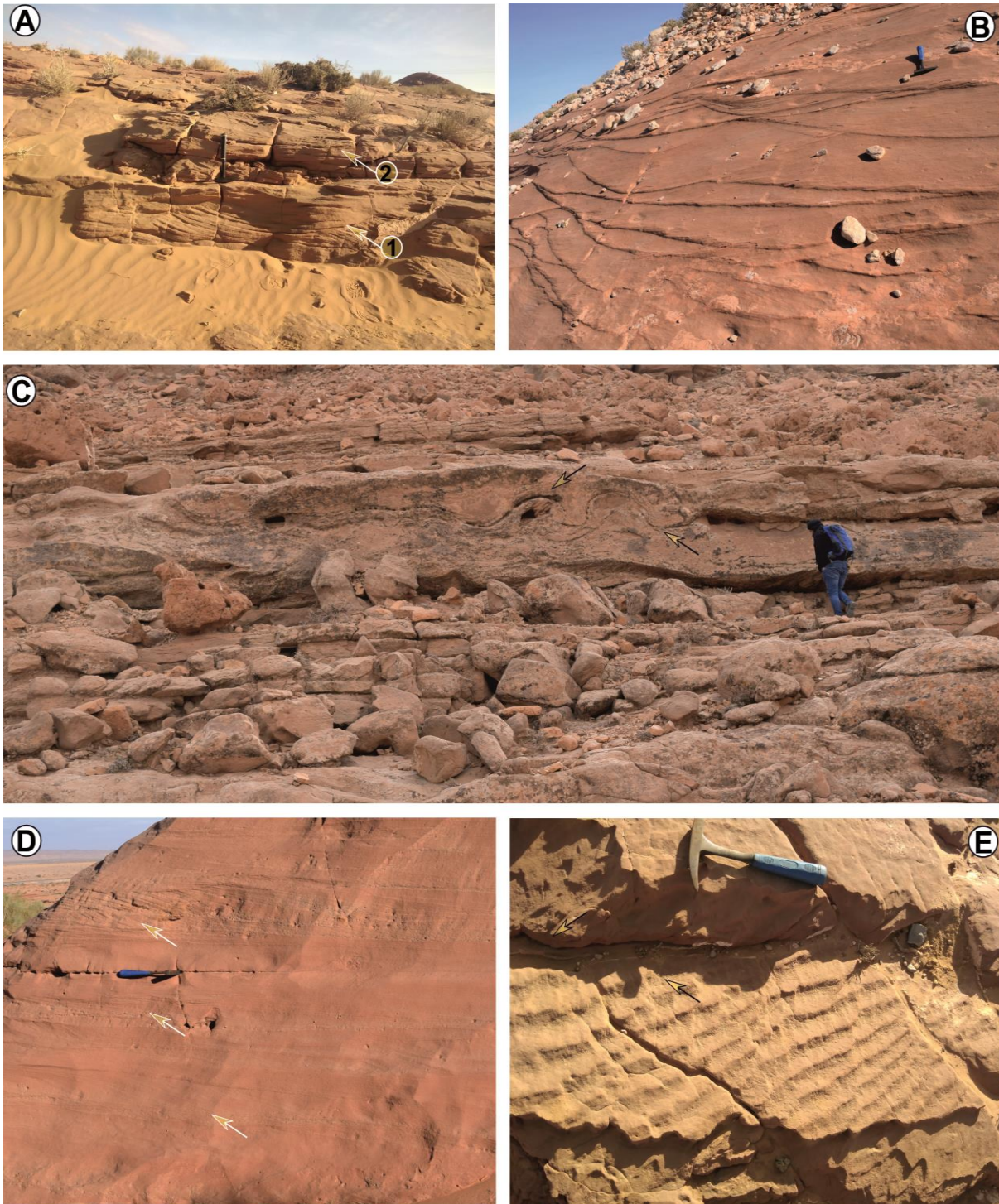


Fig. 8. Photos de terrain montrant les principaux caractères sédimentologiques du membre grés-argileux. **A**, banc gréseux à stratifications obliques en auge (1) surmontées par des stratifications planes et parallèles (2) ; **B**, banc gréseux à stratifications obliques en auge ; **C**, banc gréseux à structures en flamme de grande ampleur, **D**, banc gréseux à stratifications obliques remaniant des dragées de quartz ; **E**, banc gréseux à rides de courant asymétrique à la surface supérieure.

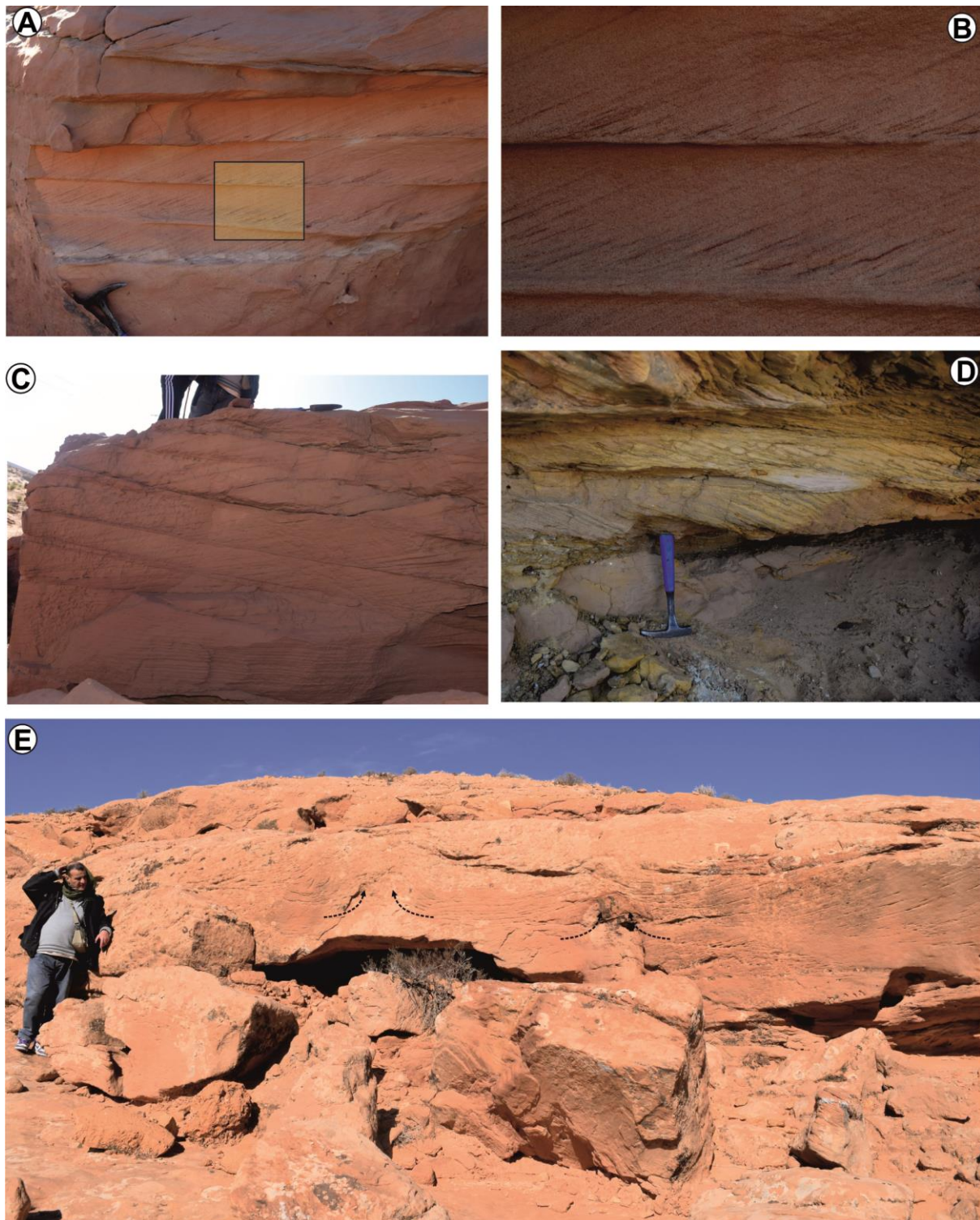


Fig. 9. Photos de terrain montrant les principaux caractères sédimentologiques du membre grés-argileux. **A-D**, bancs gréseux à laminations obliques, drapages argileux et surfaces de réactivation ; **E**, banc gréseux à figures d'échappement de fluide de grande ampleur.

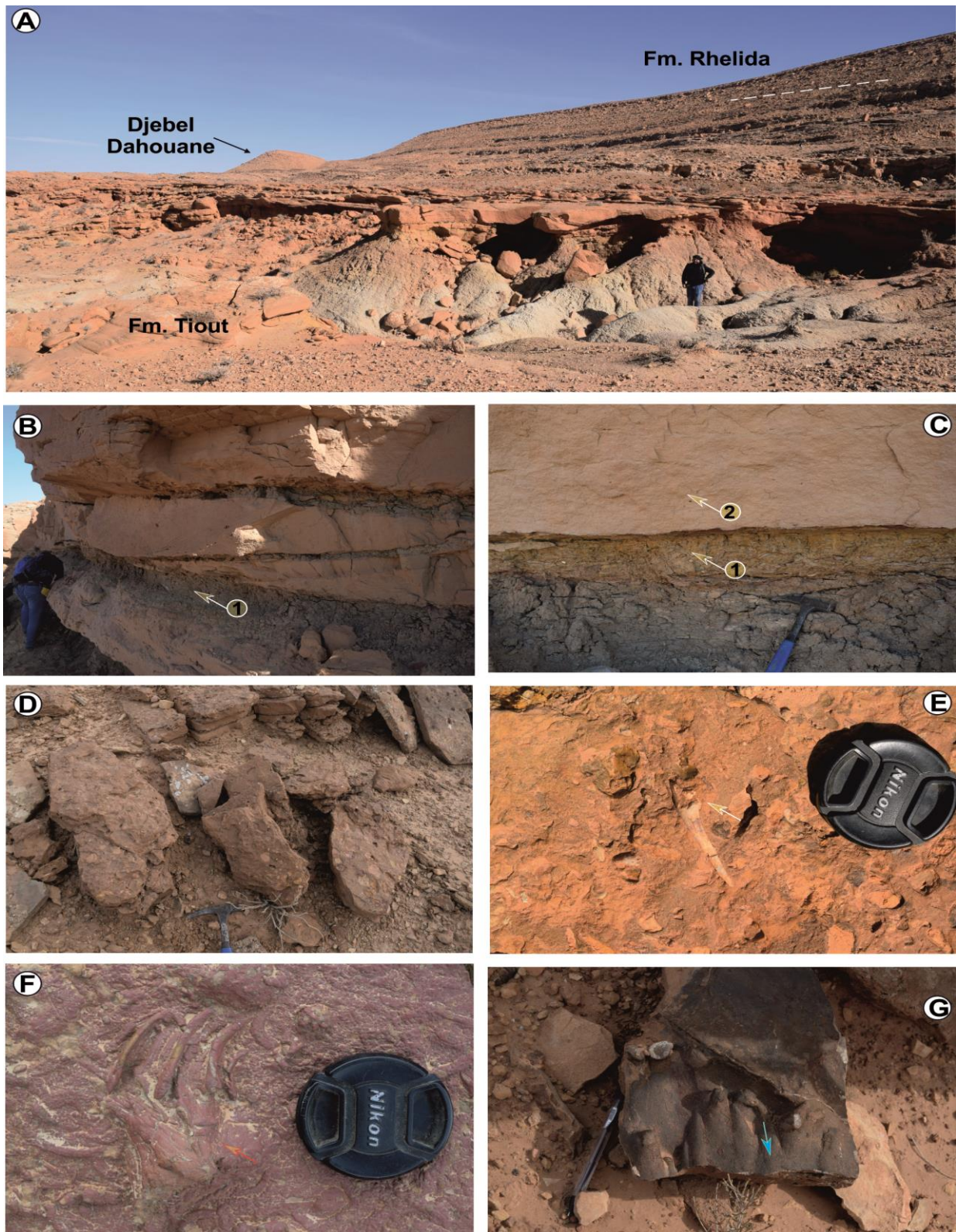


Fig. 10. **A**, Vue panoramique montrant la partie supérieure de la Formation de Tiout ; **B** et **C**, Alternance d'argiles verdâtres à micro-galets et restes de vertébrés (1) avec des bancs gréseux brun rougeâtre ; **D** et **E**, Bancs conglomératiques à galets d'argiles et restes de vertébrés (**E**) ; **F**, Surface supérieure d'un banc gréseux moulant une trace de pas de crocodile (flèche) ; **G**, Surface inférieure d'un banc gréseux moulant des traces d'affouillement (*flute-cast*) à paléocourant unidirectionnel).

II)- LA FORMATION D'EL RHELIDA

A)- Localisation géographique de la coupe géologique (Fig. 4)

Cette formation a été définie par Bassoullet (1973), dans le Djebel Rhelida (région de Labiod Sidi Cheikh). Elle débute avec 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 (Bassoullet, 1973 ; Benyoucef *et al.*, 2017).

La Formation d'El Rhelida dans la région d'étude (Djebel El Dahouane), peut être subdivisée en deux membres informels (Fig. 6):

a)- Membre argilo-gréso-calcaire

C'est une entité litho-stratigraphique mixte formée d'alternances d'argiles verdâtres avec des calcaires et des grès (Fig. 11). Elle débute avec un banc calcaire bleuâtre à lamines stromatolithiques (25cm) et se termine au-dessus d'une barre gréseuse d'environ 8m d'épaisseur. Les bancs gréseux sont à grain fin, de couleur brun rougeâtre et montrant des litages de rides de courant, des laminations convolutées (Fig. 11C-E), obliques, plane et parallèles. Les bancs calcaires sont crème ou marron clair à la patine, grisâtre à la cassure, en bonne continuité latéral. Ils présentent des laminations algaires planes ou ondulées et un réseau de terriers de l'ichnogenre *Thalassinoides*.

b)- Membre argilo-calcaire

Ce membre est formé d'une alternance de marnes verdâtres (0.20-2m) avec des bancs calcaires dolomitiques (0.10 à 1.2m) bioclastiques, bioturbés à *Thalassinoides* (Fig. 12C-D) ou à lamines algaires planes et ondulées (Fig. 12A-B). Les calcaires bioclastiques montrent des lentilles grano-décroissantes de texture wackestone-packstone riches en bivalves et gastéropodes (Fig. 12E-F). La surface supérieure des bancs calcaires est modelée le plus souvent par des rides de courant asymétriques (Fig. 12H). Ce deuxième membre se termine sous le premier niveau gypseux qui marque la base de la Formation de Medaour.

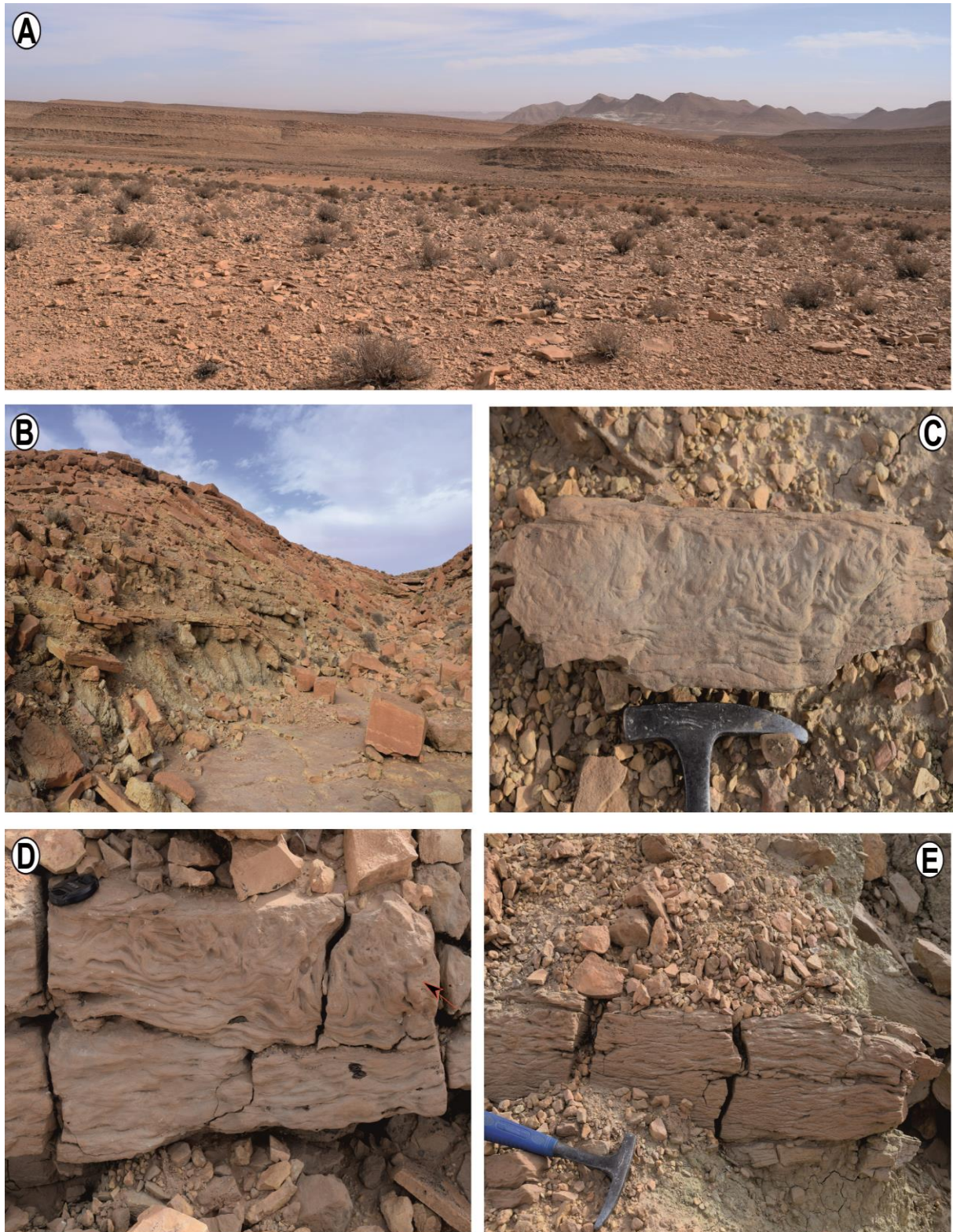


Fig. 11. **A**, Vue panoramique montrant les dépôts de la Formation d'El Rhelida qui affleurent au sein du Djebel El Dahouane. **B**, Alternance d'argiles verdâtres avec des bancs calcaires d'épaisseur centimétrique (membre inférieur) ; **C-E**, bancs gréseux à litages de rides de courant et laminations convolutées.

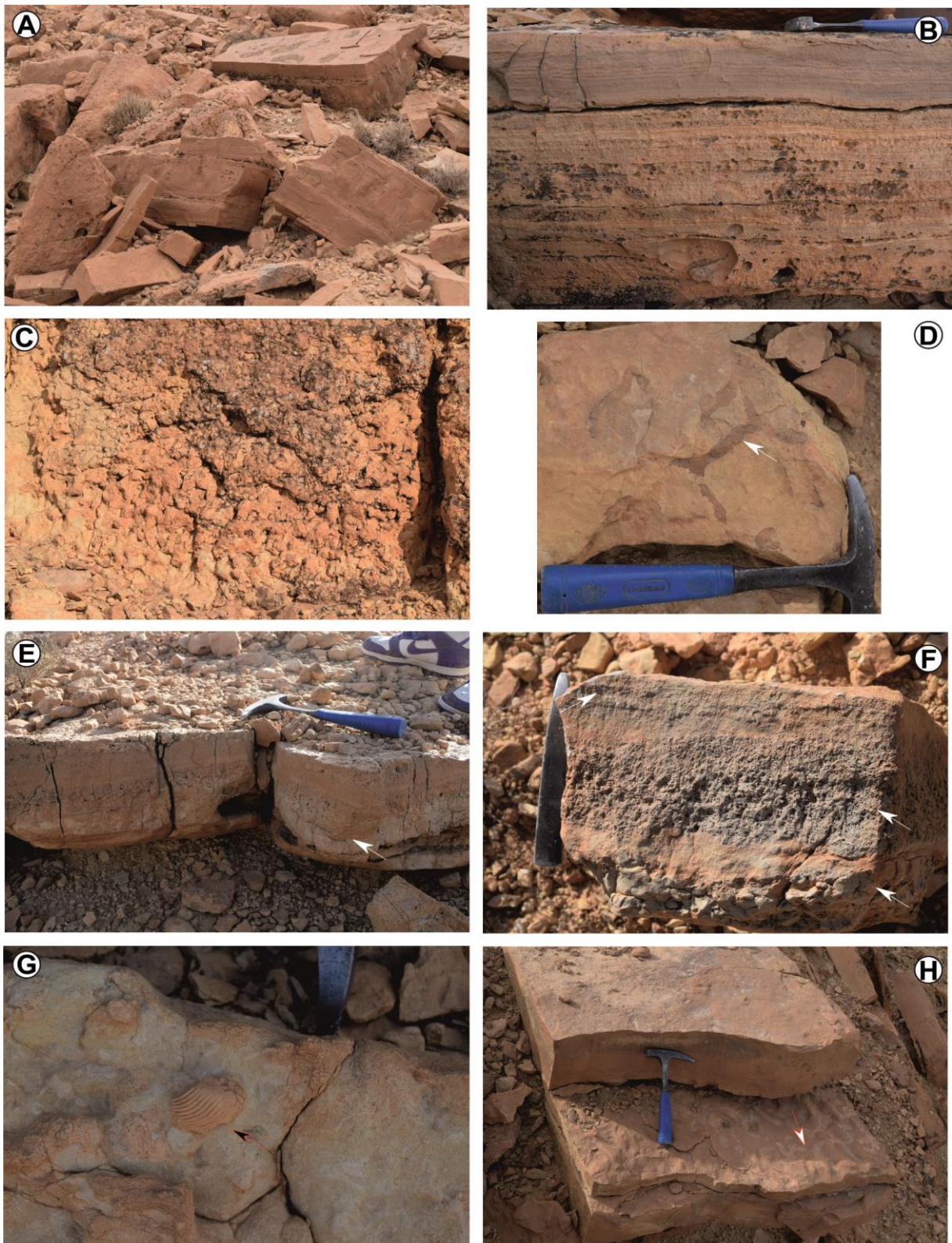


Fig. 12. **A et B**, Vues de terrain montrant des bancs calcaires centimétriques à lamines algaires planes ; **C et D**, Présentations photographiques des bancs calcaires bioturbés par un réseau de terriers de type *Thalassinoides*, **E, F et G**, Bancs centimétriques de calcaires bioclastiques à gastéropodes et bivalves. Notons la succession de deux niveaux à bioclastes grano-décroissantes (**E et F**). **H**, Bancs calcaires à rides de courant au sommet.

Chapitre III
Sédimentologie
&
Paléontologie

INTRODUCTION :

Les données présentées dans ce chapitre du Crétacé inférieur contribuent à la déduction de la dynamique sédimentaire, la reconstitution des paléo-environnements et la paléogéographie des formations étudiées dans la région de Laghouat.

Pour cela, nous avons adopté la méthode de la définition et l'interprétation des faciès (sédimentologie de faciès). Elle est basée essentiellement sur la détermination des faciès (et des sous-faciès) en tenant compte de la lithologie, la granulométrie, le classement des grains, le type de contacts, l'épaisseur et la géométrie des couches, le contenu paléontologique et ichnologique (continental ou marin) et les structures physiques.

Pour cela, nous avons adopté la méthode de sédimentologie de faciès qui consiste à la définition et à l'interprétation des faciès (sédimentologie de faciès de Homewood *et al.*, 1992 et Cross & Homewood, 1997). Chaque faciès sédimentaire est mis en place par un processus sédimentaire, qui ne reflète pas automatiquement à lui seul un milieu de dépôt. Un processus sédimentaire donné peut correspondre à plusieurs milieux de sédimentation, la prise en compte d'un seul faciès conduit à une ambiguïté concernant l'environnement de dépôt. Celle-ci peut être levée en considérant l'ensemble des faciès adjacents et concomitants. La confrontation des scénarios possibles pour chaque faciès conduit généralement à un milieu de sédimentation unique. Considérer un groupe de faciès revient à définir ce qui est couramment appelé un assemblage de faciès sédimentaires. Ce principe de la sédimentologie de faciès conduit à la loi de Gressly, qui établit qu'il existe des relations directes entre le milieu de dépôt et l'ensemble des caractères lithologiques et paléontologiques définissant un faciès sédimentaire (Gressly, 1838).

Les observations de terrain (Mars 2021) et au laboratoire permettent de définir plusieurs faciès sédimentaires types (conglomérats, grès, argiles et calcaires), notés de GH1 à GH4, que nous avons subdivisé aussi en sous-faciès, puis regroupé en trois assemblages de faciès distincts, appartenant à des environnements différents (fluviale, intertidal haut à supratidal et shoreface).

1)- DESCRIPTION ET INTERPRETATION DE FACIES :

Lors de la mission de terrain dans la région de Laghouat, le levé de coupe de la série du Crétacé inférieur se base sur l'identification des faciès et les structures biologiques et mécaniques qui lui sont associées. Dans ce cadre quatre types sédimentaire principale ont été définis : les conglomérats, les grés, les argiles et les calcaires, ils sont notés de GH1 au GH4.

A)- Facies GH1 : Conglomérats (Tabl. 1)

Description

Les conglomérats sont des composants détritiques de fragments unis par un ciment, les fragments sont bien arrondis. Parfois, ils s'organisent en lits chenalisés dont les épaisseurs varient entre 10 à 50 cm. Ils se présentent en deux types qu'on les trouve dans le premier et le deuxième membre de la Formation de Tiout: (i)- le premier correspond à un conglomérat monogénique qui présente des éléments ainsi qu'un ciment de même nature (ii) un deuxième type polygénique formé par des éléments de nature différente. Ces conglomérats ont livrés des fragments de bois pétrifiés et des divers restes de vertébrés (Fig. 12) (dents de dinosaures, spinosauridés, dents de poissons scies et des plaques de chéloniens) (PL. 1 & 2).

Interprétation

Les conglomérats sont le résultat d'une coulée de grains subaquatique (liu et Wang, 2001) dans des phases d'hydrodynamismes importants, en raison de manque d'organisation interne et de la matrice gréseuse (Miall, 1996). D'après les restes de vertébrés dans ces niveaux (dents de dinosaures, spinosauridés, carcharodontosaurus saharicus, dents de poissons scies et des plaques de chéloniens).

Ces conglomérats présentent toutes les caractéristiques d'un milieu fluvatile.

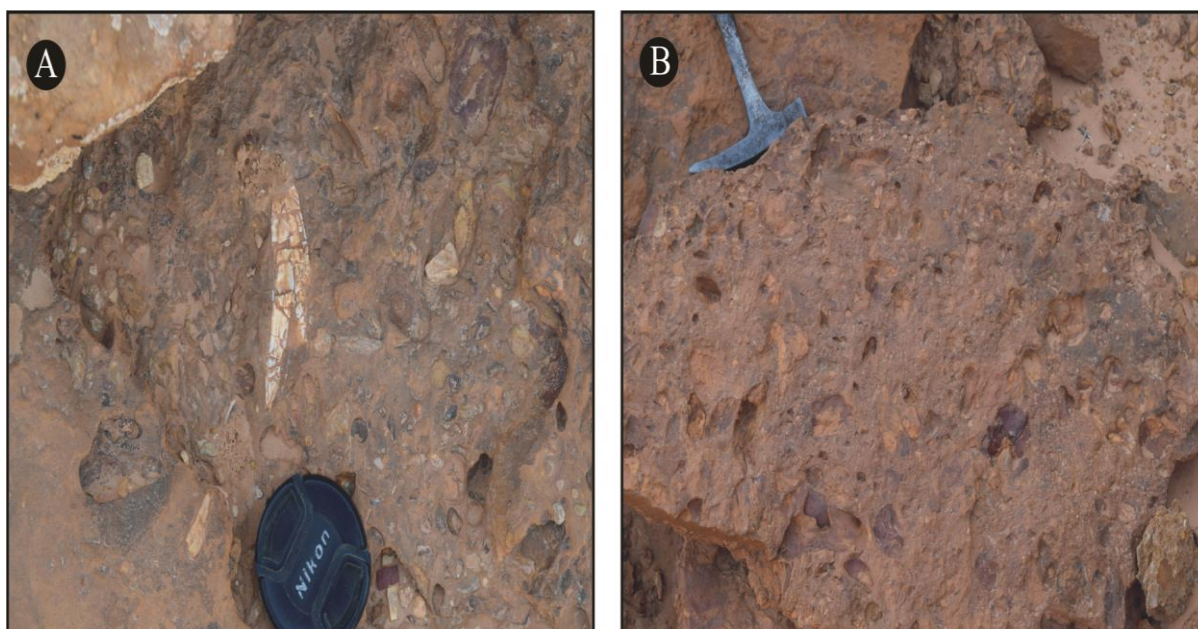


Fig. 13. A. conglomérats renferment des restes de vertébré ; B. congolomérats polygenique.

B)- Facies GH2 : Grés (Tabl. 1)

C'est le facies le plus dominant de la série étudiée, il est représenté par des bancs de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseurs, d'une apparence massive, formant parfois des chenaux. Ils se présentent parfois en passées intercalées dans les argiles. Selon les figures sédimentaires présentes, il a été subdivisé en plusieurs sous facies :

1)- GH2.a : Grés massifs**Description**

Il est représenté par des blocs de grés rougeâtre à grains fin ou moyen, sans structure interne apparente et d'épaisseur métrique caractérisant la partie basale de la Formation de Tiout (Garet El Hemam, 'Rocher des piégeons'), ils sont d'une couleur rougeâtre. (Fig. 14A).

Interprétation

Les grés massifs sont le résultat d'une sédimentation rapide qui se fait à partir d'un matériel en suspension et en saltation, ce qui empêche le développement des structures primaires ou même le classement des grains (Tucker, 2003 ; Stow, 2010). Cette absence des structures peut être également due à une activité biologique intense (Cojan & Renard, 1999 ; Stow, 2010).

2)- GH2.b : Grés à stratifications parallèles**Description**

Ce sous facies est le plus fréquent il se présente toute ou long de la série étudiée souvent associé aux grés massifs. Il est caractérisé par des grés à grain fin à moyen, d'épaisseur centimétrique à métrique et à stratifications planes horizontales (parallèles). (Fig. 14B).

Interprétation

Les stratifications parallèles représentent un dépôt orienté dans une seule direction horizontalement vers le fond de la mer (Arnott, 1993). Ces stratifications planes reflètent le passage d'un régime d'écoulement inférieur à un régime d'écoulement supérieur. (Tucker, 2003 ; Collinson *et al.*, 2006 ; Maravelis *et al.*, 2017). Ce changement de vitesse d'écoulement résulte de la destruction des rides et des dunes et aussi la disposition de la turbulence (Allen, 1977 ; Chamley, 2000 ; Tucker, 2003 ; Collinson *et al.*, 2006).

3)- GH2.c : Grés à stratifications obliques angulaires soulignées par des dragées de quartz

Description

Ce sous facies s'organise en bancs chenalisés, d'une couleur rougeâtre à marron claire et d'une épaisseur centimétrique à métrique. L'interface de ces bancs montre des laminations obliques angulaires soulignées par des dragées de quartz. L'angle de ces laminations varie de 20° à 30°. Ce sous facies se localise dans les deux premiers membres de la première formation. Ces grés sont dépourvus de traces fossiles (Fig.14C).

Interprétation

Ces stratifications sont dues à une sédimentation de remaniement et accumulation d'un matériel fin sous l'action d'un régime unidirectionnel ou probablement à une migration des rides (Reineck, 1973). Les laminations obliques montrent une phase intermédiaire entre les rides sinusoïdales et asymétriques normales (Ferry *et al.*, 2007). Ces dernières structures, caractérisent les environnements de dépôts marins et continentaux mais elles sont fréquentes dans les plateformes peu profondes, soumis à l'action des vagues et des marées. Elles sont généralement soulignées d'une surface de réactivation qui indique le changement périodique de la vitesse d'un courant de marées asymétrique (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005). En plus, la présence des dragées de quartz témoignant d'un hydrodynamisme élevé.

4)- GH2.d : Grés à stratifications en auges

Description

Ce sous facies apparaît dans le premier membre de la Formation de Tiout et dans la partie basale du deuxième membre de la même formation. Cette figure caractérise les bancs gréseux lenticulaires d'une couleur rougeâtre à grain moyen. Leur interface montre des laminations entrecroisées en auge emboîtées (Fig. 14D).

Interprétation

Ces laminations correspondent aussi à des creusements et des remplissages de chenaux fluviaux en méandre de faible largeur (Miall, 1996).

5)- GH2.e : Grés à litage de rides de courants

Description

Ce sous facies s'expose dans le deuxième membre de la Formation de Tiout. Les bancs gréseux sont rougeâtres, à grain fin à moyen, avec une épaisseur centimétrique à décimétrique. L'interface de ces bancs montre des laminations de rides de courant (Fig. 14E).

Interprétation

L'interface des bancs se caractérise par la présence des rides asymétriques. La formation des rides dans un faciès détritique gréseux est attribuée à l'action des vagues, ou des écoulements combinés, sous contrôle des tempêtes (Allen, 1985).

Les litages de rides de courant marque les dépôts des marrées descendante (Cojan & Renard ,1999) ou un courant unidirectionnel (Allen, 1985).

6)- GH2.f : Grés à stratifications obliques rebroussées

Description

Ce sous facies correspond à des grès rougeâtres à marrons dans la partie basale de la Formation de Tiout où ils montrent des stratifications obliques qui ont subi le phénomène de rebroussement ou de déformation (Fig. 14F). Ce phénomène a été décrit dans des terrains de différent âge, surnommée par Chapal, 1966: «*overturned cross stratification*» et «*prolapsed cross bedding*» par Sweet (1988).

Interprétation

Ces «*overturned cross stratification*» sont dues à un cisaillement pénétrant en aval (pliage passifs). Ces stratification sont très fréquentes dans les dépôts fluviaux (Allen & Banks, 1972 ; Allen, 1985). Dans les sédiments actuels leurs origines sont multiples, elles peuvent être provoquées par: un choc sismique (Seed, 1968 ; Allen & Banks, 1972), un taux de sédiments élevé (Roe, 1987), il est également lie aux phénomènes de liquéfaction (Nichols, 2009).

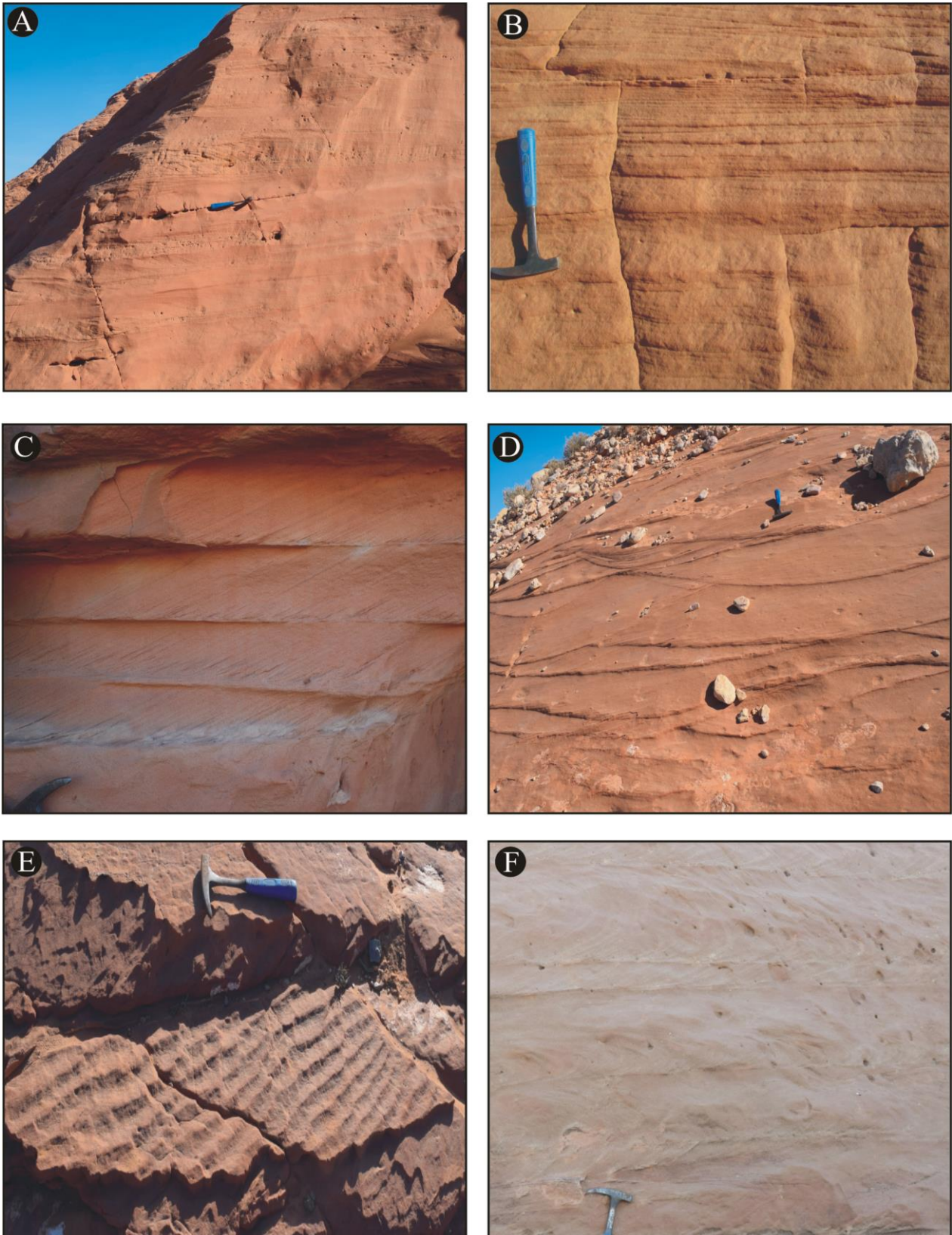


Fig. 14. **A**, grés massifs ; **B**, grés à stratifications parallèles ; **C**, grés à stratifications obliques angulaires à dragées de quartz ; **D**, grés à stratifications en auges ; **E**, grés à litages de rides de courants ; **F**, grés à stratifications obliques rebroussées.

7)- GH2.g : Grés à laminations convolutées

Description

Ce sous-faciès a été identifié à plusieurs niveaux le long de la Formation de Tiout. Il est constitué de grès fin à moyen en bancs d'épaisseur décimétrique à métrique, à laminations convolutées (Fig. 15A). Certains niveaux prennent un aspect totalement chaotique et remanient des clastes argileux isolés et disséminés au sein de ce sous-faciès gréseux. Le sommet des bancs est le plus souvent à rides de courant.

Interprétation

Ce terme est employé pour décrire des structures déformées affectant un sédiment plastique, présentant des laminations, à la suite de mouvements verticaux en l'absence de déplacements horizontaux unidirectionnels (Kuenen, 1953). Ces figures ont été décrites dans les faciès de turbidites (terme C), au voisinage des talus sous-aquatiques, zones deltaïques, intertidales (tidal flats), fluviale (plaine alluviale, point bars) et éolien etc. Ce comportement hydroplastique affectant un dépôt à laminations consiste en un plissement souple accentué, souvent des sables fins et/ou des silts. Ces plis peuvent se prolonger latéralement au sein de la couche sur de grandes distances. La liquéfaction des sédiments d'une couche hydroplastique est sans doute le facteur primordial de la formation des convolutes. Divers phénomènes peuvent générer cette liquéfaction: courants de traction agissant à l'interface eau-sédiment, surcharge sédimentaire locale, échappement d'eau au cours de la compaction et des chocs sismique (Postma, 1983).

8)- GH2.h : Grés à structures en flammes

Description

Ce sont des grés massifs jaunâtres représentés dans la partie sommitale du deuxième membre de la Formation de Tiout. Vu leurs taille considérable dans les interfaces des bancs gréseux, elles sont appelées méga flammes (Fig. 15B).

Interprétation

Les structures en flamme («*flamme structures*») se développent dans des sédiments liquéfiés à gradient de densité inverse suivant l'instabilité du substrat, c'est à dire suivant un dispositif où les sédiments plus denses se superposent à d'autres moins denses dans des conditions de saturation en eau. Cette instabilité gravitaire dans le sédiment est considérée comme une force motrice ou

« *driving force* », capable de déformer le sédiment, si celui-ci perd sa résistance au cisaillement (Owen, 1987). Dans ce cas, un réajustement gravitaire se produit à l'interface des deux unités lithologiques à densités différentes. L'unité supérieure, plus dense, tend à s'effondrer, plongeant dans l'unité inférieure, tandis que, simultanément, le sédiment sous-jacent et le fluide interstitiel se déplacent dans le sens ascendant. L'intensité de la déformation dépend, entre autres facteurs, du contraste des densités et de la viscosité des sédiments impliqués dans la déformation (Alfaro *et al.*, 1997). Les causes de la déformation peuvent être variées : l'accumulation rapide de sédiments denses sur ceux moins denses saturés en eau donc une surcharge sédimentaire (Potter & Pettijohn, 1977 ; Van Loon, 2009), la contrainte exercée par l'action de grandes vagues ou encore la déstabilisation et la liquéfaction des sédiments liée à une secousse sismique « séismites » (Allen, 1982 ; Keefer, 1984 ; Owen, 1987 ; Van Loon & Brodzikowski, 1987 ; Cojan & Thiry, 1992 ; Guiraud & Plaziat, 1993).

9)- GH2.i : Grés à pas crocodiliens

Description :

Ces grés sont présentés par un niveau bien continu latéralement dans la partie médiane du deuxième membre la formation de Tiout, ce niveau gréseux est d'une couleur rouge bourgogne à la patine et une couleur jaunâtre à la cassure.

Interprétation

Les traces de pas crocodiliens (Fig. 15C) sont des témoins de la présence de vie des espèces crocodiliens ce qui implique un environnement continental probablement fluvial.

C)- Facies GH3 Les Argiles (Tabl. 1)

Ce facies est très répandue dans les deux formations étudiées il est représenté parfois par des bancs métriques et d'autres fois par des intercalations centimétriques à décimétriques. La couleur varie du rougeâtre à la base passant à verdâtre dans la partie médiane et sommitale de la coupe. Ces argiles se subdivisent en trois sous facies (Argiles dépourvues de fossiles, Argiles fossilifères et Argiles gypsifères).

1)- GH3.a : Les argiles dépourvues de fossiles :

Description

Ce sous facies est représenté par des intercalations verdâtres, parfois rougeâtres, centimétriques à métriques enregistré entre les bancs gréseux et les calcaires dolomitiques. Ces niveaux argileux se caractérisent par: grains de quartz détritique, absence totale de faunes et microfaune.

Interprétation

L'absence de la macro et microfaune peut témoigner probablement de conditions paléoenvironnementales hostiles, mais aucun indice ne permet de mettre en évidence ni le processus ni le milieu de dépôt.

2)- GH3.b : Les argiles fossilifères

Description

Ces argiles sont représentées généralement par une couleur rougeâtre et parfois verdâtre, elles contiennent parfois des macrofossiles de vertébrés (os, dents...) (PL. 2). Les résidus de lavages ont révélé plusieurs types de microfaune ; des vertèbres formées de dents rostrales et orales d'*onchopristsis numidus*, des poissons *pychnodontiformes* et des plaques chéloniens.

Interprétation

Ces indices de vertébrée microfaune (dents rostrales et orales d'*onchopristsis numidus*, des poissons *pychnodontiformes* et des plaques chéloniens ...) peuvent indiquer un milieu de dépôts intertidal (foreshore) à faible énergie hydrodynamique.

3)- GH3.c : Les argiles gypsifères

Description

C'est au sommet de la série ou se trouve se sous facies, Il apparait au troisième membre de la première Formation de Tiout et il réapparait à la fin du deuxième membre de la Formation de Rhelida. Ces argiles sont de couleur verdâtre avec une épaisseur centimétrique à métrique. Les résidus de lavages de ses argiles gypsifères sont azoïques.

Interprétation

La présence de gypse dans ce sous faciès peut être derrière l'absence totale de la faune (macro et microfaune). Il reflète une mise en place dans un milieu de type Sebkha (zone supratidal) sous un climat aride.

D)- Facies GH4 : Les calcaires (Tabl. 1)

Ces calcaires dominent la partie sommital de la série (Formation de Rhelida) avec des intercalations d'argiles, ils sont d'une couleur grisâtre à verdâtre. Ce faciès peut être subdivisé en trois sous faciès dont :

1)- GH4.a : calcaires dolomitiques

Description

Il caractérise la Formation de Rhelida, il est représenté par des strates calcaéro-dolomitiques continu latéralement, de couleur verdâtre parfois beige, d'épaisseurs régulières (5 à 25cm), sans aucune faune caractéristique (Fig. 15D).

Interprétation

La dolomitisation indique des échanges faibles d'eau avec l'océan ouvert et une élévation concomitante de la salinité (Sass & Bein, 1982), en comparaison avec les environnements actuels surtout dans le Golfe Persique. Ce type de faciès est attribué par Purser (1983a-b), à des milieux supra-littoraux (Sebkha) en climat aride.

2)- GH4.b : calcaires bioclastiques

Description

Ce sous faciès est identifié dans certains bancs de la partie sommitale du deuxième membre de la Formation de Rhelida. Il est d'une couleur grisâtre et d'une épaisseur centimétrique à décimétrique. Ce faciès est marqué par la présence des bivalves et de gastéropodes (Fig. 15E).

Interprétation

Ces calcaires témoignent d'une sédimentation mise en place par l'action des courants à haute énergie assimilé à des tempêtes. La présence des bivalves peut indiquer un milieu peu profond (un milieu péritidal) (Miall, 1996).

3)- GH4.c : calcaires à lamines algaires

Description

Ce sous facies se trouve dans le premier membre de la Formation de Rhelida, il se compose de bancs qui sont d'une épaisseur centimétrique à décimétrique et d'une couleur beige. Ces calcaires contiennent des lamines algaires millimétriques (Fig. 15F).

Interprétation

Les tapis algaires (stromatolithiques) est l'un des caractéristiques d'une zone supratidal à intertidale haut (Logan *et al.*, 1964 ; Laporte, 1967 ; Bathurst, 1971 ; Ginsburg, 1975 ; Purser, 1980a-b; Collinson & Thompson, 1982 ; Shinn, 1983 ; Scholle *et al.*, 1983 ; James, 1984a-b; Chaodumrong & Rao, 1992). Certains d'autres auteurs interprètent ces lamines comme des cycles séquentiels d'échelle centimétrique d'émersion-inondation qui traduisent un va-et-vient des marées (Colombié, 2000).

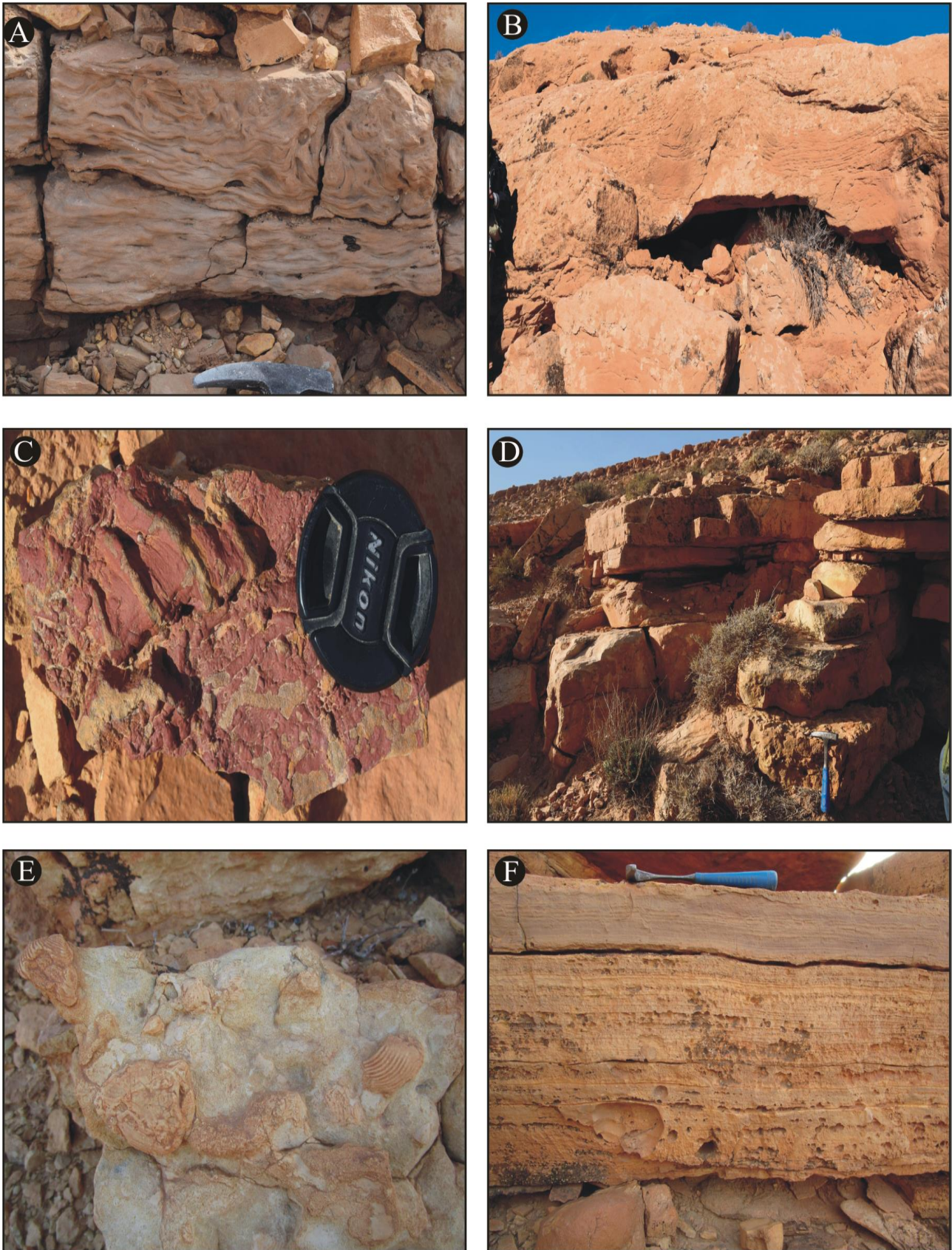


Fig. 15. **A**, grés à laminations convolutées ; **B**, grés à structure en flamme ; **C**, grés à pas crocodiliens ; **D**, calcaires dolomitiques ; **E**, calcaires bioclastiques ; **F**, calcaires à lamines algaires.

Facies	Sous-Facies	Symbol	Interprétation
Les Conglomérats	Conglomérats	GH1	Ils sont le résultat d'une coulée de grains subaquatique dans des phases d'hydrodynamismes important (liu & Wang, 2001), en raison de manque d'organisation interne et de la matrice gréseuse (Miall, 1996).
Les Grés	Grés massifs	GH2.a	Les grés massifs correspond à une sédimentation rapide d'un matériel en suspension et en saltation (Tucker, 2003 ; Stow, 2010).
	Grés à stratification parallèle	GH2.b	Elles reflètent le passage d'un régime d'écoulement inférieur à un régime d'écoulement supérieur. (Arnott, 1993 ; Tucker, 2003 ; Collinson, 2006 ; Maravelis <i>et al</i> ,2017),
	Grés à stratification oblique angulaire soulignée par des dragées de quartz	GH2.c	Action d'un régime unidirectionnel ou la migration des rides (Reineck ,1973), des environnements de dépôts continentaux et marins, elles sont fréquentes dans la plateforme peu profonde, soumis aux actions des vagues et des marées. la surface de réactivation indique le changement périodique dans la vitesse d'un courant (Oboh-ikuenobe <i>et al</i> , 2005).
	Grés à stratification en auge	GH2.d	creusements et des remplissages de chenaux fluviaux en méandre de faible largeur (Miall, 1996).
	Grés à litage de rides de courants	GH2.e	elles marquent les dépôts des marées descendante (Cojan & Renard ,1999) ou un courant unidirectionnel (Allen, 1985)
	Grés à stratification oblique rebroussé	GH2.f	Elles sont fréquentes dans les dépôts fluviaux dû à un cisaillement pénétrant (Allen et Banks, 1972 ; Allen, 1985).

	Grés à convolute	GH2.g	ils sont fréquents dans les turbidités (Therm C). Elles indiquent une déformation et liquéfaction d'un dépôt gorgé d'eau du à un fort taux de sédiment, échappement d'eau au cours de la compaction, chocs sismiques (Postma, 1983 ; Pattison, 2005).
	Grés à structure en Flammes	GH2.H	Elles peuvent être générées par le taux de sédimentation très important, ou les glissements sous-marins soit par tremblements de terre (Eyles, 1992)
	Grés à pas crocodiliens	GH2.I	Ces grés contiennent des traces de pas crocodiliens impliquant une mise en place dans un milieu continental (fluviatile).
Les argiles	Les argiles dépourvues de fossiles	GH3.a	Probablement des conditions hostiles.
	Les argiles fossilifères	GH3.b	Les indices fossilifères peuvent indiquer un milieu de dépôts subtidal à faible énergie hydrodynamique
	Les argiles gypsifères	GH3.c	les gypses reflètent un milieu Sebkhaique.
Les calcaires	Les calcaires dolomitiques	GH4.a	, des milieux supra-littoraux sous un climat aride (Sebkha). (Purser, 1983)
	Les calcaires bioclastiques	GH4.b	Ils correspondent à des tempêtites, la présence des bivalves peut indiquer un milieu peu profond (un milieu péritidal).
	Les calcaires à lamines algaires	GH4.c	Reflètent un milieu supratidales à intertidale (Logan <i>et al.</i> , 1964 ; Laporte, 1967 ; Bathurst, 1971 ; Ginsburg, 1975 ; Purser, 1980 ; Collinson & Thompson, 1982)

Tabl. 1 : Tableau récapitulatif des différents facies, leurs symboles et leurs interprétations.

D)- ASSOCIATIONS DE FACIES ET ENVIRONNEMENT DE DEPOT :

La série d'étude se compose de plusieurs facies, alors l'étude et l'interprétation d'un seul facies ne détermine pas les milieux de dépôts avec précision (Homewood *et al.*, 1992). Donc pour avoir cette certitude concernant les milieux de dépôts on doit regrouper les facies définie en assemblage (association de facies) qui représentent les différents dépôts associé à un milieu de sédimentation ; d'après les facies et sous facies définie on peut déduire trois associations de facies et qui sont de bas en haut :

A)- Association AF.1 : Fluviale

L'association de ces facies représente la partie basale de la série étudiée (partie basale et médiane de la Formation de Tiout). Elle est formée par l'assemblage des différents facies suivants : conglomérats (GH1), Grés (GH2a, GH2b, GH2c, GH2d, GH2f) et argiles (GH3a, GH3b). Ces dernières ont révélé une faune diversifiée de restes de vertébrés qui s'épanouissent dans des eaux douces elles correspondent à des animaux semi aquatiques (*Spinosauridé*, traces de pas de crocodiles, plaques de tortues) ou bien aquatique (poissons scie). Les différents critères sédimentologique montrent clairement une absence de l'influence marine. Cette association caractérise un environnement continental de type fluviale.

B)- Association AF.2 : Shoreface (littoral a influence de marées)

Cette association caractérise la partie sommitale de la Formation de Tiout et la partie basale de la Formation de Rhelida. Elle est faite par l'association des sous facies (GH2g, GH2h et Gh3a). Les caractéristiques sédimentologique montrent une sédimentation marine sous une influence de marée. La présence de méga-flammes, de drapage de boue et de surfaces de réactivations confirment l'influence tidale, Cette association correspond à un milieu de type Shoreface à influence de marée.

C)- Association AF.3 : Sebkhha (Intertidal haut a Supratidal)

L'association marque la partie médiane et sommitale de la Formation de Rhelida, elle est faite par les sous facies (GH3a, Gh3c et GH4a, GH4b, GH4c). L'association des argiles et des calcaires est variable, elle montre les argiles dépourvues de fossiles et les calcaires dolomitique qui correspond à une zone tidale carbonatée alors que les calcaires bioclastiques et les argiles présentent reflètent des dépôts d'un milieu péritidal, tandis que les calcaires a lamines algaires représentent un domaine intertidal haut à supratidal. L'association de tous ces sous faciès ressemble à un milieu Sebkhaique qui se prolifère dans un milieu supratidal à intertidal haut.

Colonne lithologique	Facies	Association de facies	Milieus de dépôts
<p style="text-align: center;">Cénomannien inférieur-moyen</p> <p style="text-align: center;">Formation d'El Rhelida</p> <p style="text-align: center;">Membre argilo-calcaire</p>	<p>GH3a</p> <p>GH3c</p> <p>GH4a</p> <p>GH4b</p> <p>GH4c</p>	<p>Association</p> <p>AF.3</p>	<p>Intertidal haut à</p> <p>Supratidal</p> <p>(sebkha)</p>
<p style="text-align: center;">Cénomannien inférieur</p> <p style="text-align: center;">Formation de Tiout</p> <p style="text-align: center;">Membre grés-argilo-conglomératique</p>	<p>GH2g</p> <p>GH2h</p> <p>Gh3a</p>	<p>Association</p> <p>AF.2</p>	<p>Shorface (littoral a</p> <p>influence de marées)</p>
<p style="text-align: center;">Albien-Cénomannien inférieur</p> <p style="text-align: center;">Formation de Tiout</p> <p style="text-align: center;">Membre grés-argileux</p>	<p>GH1</p> <p>GH2a GH2b</p> <p>GH2c</p> <p>GH2d GH2f</p> <p>GH3a GH3b</p>	<p>Association</p> <p>AF.1</p>	<p>Fluvatile</p>

Fig.16 : Représentation schématique des deux Formations étudiées, les associations de faciès et milieux des dépôts.

Paléontologie :

Les secteurs de Garat El Hemam et El Dahouane révèlent pour la première fois des niveaux à vertébrés, un niveau à traces de pas crocodiliens et diverses traces fossiles. Cette partie de notre étude a pour but de déterminer les assemblages paléontologiques de ces formations pour déduire la biostratigraphie, la paléo-biogéographie et le paléo-environnement.

1)- Inventaire des fossiles :

L'étude de ces terrains nous a permis de récolter des restes de vertébrés dans la partie basale et médiane de cette série. Lors de cette récolte on distingue des divers taxons dont :

A)- Poissons :

Chondrichthyens :

Onchopristis numidus Haug, 1905 (Fig. 17)

Cette espèce est connue comme un poisson scie géant, représenté par des dents rostrales de quelques centimètres de hauteur. Ces dents sont trouvées souvent incomplètes, elles montrent un apex caractéristique pointu avec un seul crochet (Fig.17). Ce poisson a vécu dès la fin du Crétacé inférieur jusqu'au Crétacé supérieur.

Les *Onchopristis* sont connues par deux espèces ; *O. numidus* qui est l'espèce type et *O. dunklei* qui ont la même histologie (McNulty & Slaughter, 1962). Ces espèces se différencient dans le nombre de crochets dans les dents, la première contient un seul crochet et la deuxième contient de deux à cinq crochets. Le genre *Onchopristis* a été décrit pour la première fois par Haug (1905), dans le Crétacé du Djoua (Sahara Algérien) et lui attribua le nom *Gignatichthys numidus*, après quelque temps, Störmer (1917) fonde le genre *Onchopristis* d'après des restes qui proviennent de l'Égypte.

Du point de vue environnemental les dents rostrales d'*Onchopristis* sont souvent marquées les séquences fluviatiles et littorales du Crétacé de l'Afrique du nord. Ces dents montrent une base principale pour la biostratigraphie de l'Aptien-Albien et du Cénomani en Algérie, l'Égypte, la Libye et le Maroc (Störmer, 1917 ; Bassoulet & Iliou, 1967 ; De Broin *et al.*, 1971 ; Werner, 1989, 1990 ; Duteil, 2000 ; Cappetta, 2002 ; Martill *et al.*, 2011 ; Benyoucef *et al.*, 2015).



Fig. 17. Dent d'*Onchopristis numidus*. x1

B)- Dinosaurien :

Les restes Dinosauriens ont été marqués par des dents caractéristiques et des fragments d'os indéterminés, d'après notre récolte on détermine les taxons suivants:

Théropodes :

Spinosaurus aegyptiacus Störmer 1915 (Fig. 18)

Les dents sont d'une forme conique, allongés avec des crénulations sur les carènes (Fig. 18), elles sont très abondantes dans les sédiments détritiques légèrement grossiers ou leur fossilisation est plus facile.

Le *Spinosaurus aegyptiacus* a été nommé et présenté par ce nom pour la première fois en Egypte par Störmer (1915), dans la formation de Bahariya. Ces dents ont été trouvées en Algérie dans la Gara Samani au Nord-Ouest de Tademaït (Taquet & Russel, 1998) à Djoua (Stromer, 1915) et à Béchar (Benyoucef *et al.*, 2015).

La répartition paléogéographique de ces vertébrés caractérise exclusivement le nord-africain, ils sont totalement absents dans l'Amérique du Sud. Cette absence est justifiée par l'existence d'une importante barrière marine créée par l'ouverture de l'Atlantique sud pendant le Crétacé. Cette barrière a empêché le passage des animaux terrestres entre les deux continents et que la dernière connexion entre eux date de l'Albien supérieur qu'elle reliait à l'actuel Golf de la Guinée et avec l'extrémité orientale du Brésil (Reyment & Dingle, 1987).



Fig. 18. *Spinosaurus aegyptiacus* x2

Carcharodontosaurus saharicus Depéret & Savornin, 1927 (Fig. 19)

Ce genre de *mégalosaurus saharicus* a été attribué par Depéret & Savornin (1927). Cette dent a été décrite pour la première fois par ces géologues dans l'Albien du "continental intercalaire" de la région de Timimoun.

Carcharodontosaurus saharicus est un grand dinosaure carnivore terrestre ; il est représenté par des dents arquées et ornementées avec de larges rainures (Fig. 19), les *Carcharodontosaurus* sont les théropodes les plus fréquents dans le nord-africain dès l'Albien.

Dans les Kem-Kem beds au Maroc (Sereno *et al.*, 1996) ont découverts des dents isolé et un crane bien conservé, En Egypte dans la formation d'âge céno-manien inférieur de Bahariya des fragments de crâne et des os postcrâniens de ce genre ont été signalée (Störmer, 1931).

Au Niger, (Lapparent, 1960) a signalé des dents de cette espèce dans la Formation d'In Abangharit. Elle a été signalé aussi en Tunisie dans les dépôts Albien (Bouaziz *et al.*, 1988 ; Sereno & Brusatte, 2008). Ainsi, en Algérie la découverte de cette espèce a été faite dans des sédiments gréseux de la région d'oued Boudjihane dans les monts des Ksour, aussi à Gara Samani (De Broin *et al.*, 1971 ont signalé sa présence.



Fig. 19. Dent de *Charcharodontosaurus*. x1

Chapitre IV
Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail entamé dans la région de Laghouat (Djebel Amour ou l'Atlas Saharien central) et plus exactement dans les secteurs de Garat El Hemam et El Dahouane avait principalement pour but l'étude du Continental Intercalaire. Elle a permis de mettre en évidence une sédimentation à cachet mixte silico-clastique et carbonatée. Cette sédimentation montre une variation spatio-temporelle très importante, L'étude lithostratigraphique a permis de définir deux formations attribuées à l'Albo-Cénomaniens :

(i) La Formation de Tiout : c'est une entité essentiellement gréseuse composée de trois membres. Elle est riche en figures hydrodynamiques, traces de pas crocodiliens et des niveaux micro-conglomératique à ossement et restes de vertébrés. Grace à cette récolte âge Albien terminal à Cénomaniens inférieur est mis en évidence.

(ii) La Formation de Rhelida : cette entité correspond à un matériel mixte silico-clastique et carbonaté composé de l'empilement de deux membres. Elle a révélée des niveaux fossilifères représentés par coprolithes, bivalves, gastéropodes et traces de *Thalassonoides*. L'âge probable de cette entité pourrait être du Cénomaniens inférieur.

L'étude sédimentologique du Crétacé inférieur de l'Atlas Saharien central a permis de mettre en évidence quatre facies (avec seize '16' sous facies), regroupé dans trois associations :

- La première association (AF1) qui coïncide avec (partie basale et médiane de la Formation de Tiout); le milieu correspond à un environnement continental de type fluvial.
- La deuxième association (AF2) (la partie sommitale de la Formation de Tiout et la partie basale de la Formation de Rhelida); le milieu est attribué à une zone littoral peu profonde à influence des marées (Shorface).
- La troisième association (AF3) (la partie médiane et sommitale de la Formation de Rhelida); le milieu est Sebkhaique qui se prolifère dans un milieu inséré entre l'intertidal haut à supratidal.

Pour le bilan paléontologique, la série étudiée marque la présence de ; Poissons Chondrichthyens (*Onchopristsis numidus*), (*Hybodus*), des Dinosaures Théropodes (*Spinosaurus aegyptiacus*),

(*Carcharodontosaurus saharicus*), des traces Crocodiliens, des plaques Chéloniens et des Coprolithes. Ces restes de vertébré s'accumulent dans un contexte fluviatile ou côtier à influence de marées. On marque aussi la présence de quelques bivalves et des gastéropodes et des traces fossiles de l'ichnogenre *Thalassonoides*.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce mémoire, à travers l'étude des secteurs a permis de préciser l'organisation des dépôts. Plusieurs points mériteraient d'être approfondis en vue de progresser encore dans la connaissance du Continental intercalaire entre autre :

L'aspect paléontologique des vertébrés

L'aspect micropaléontologique ou plusieurs lavages ont été effectué et qui ont donné des résultats (travail préliminaire en cours) qui pourrait contribuer à la précision stratigraphique

L'aspect ichnologique : une étude détaillée sur les empreintes crocodilienne (travail également en cours).

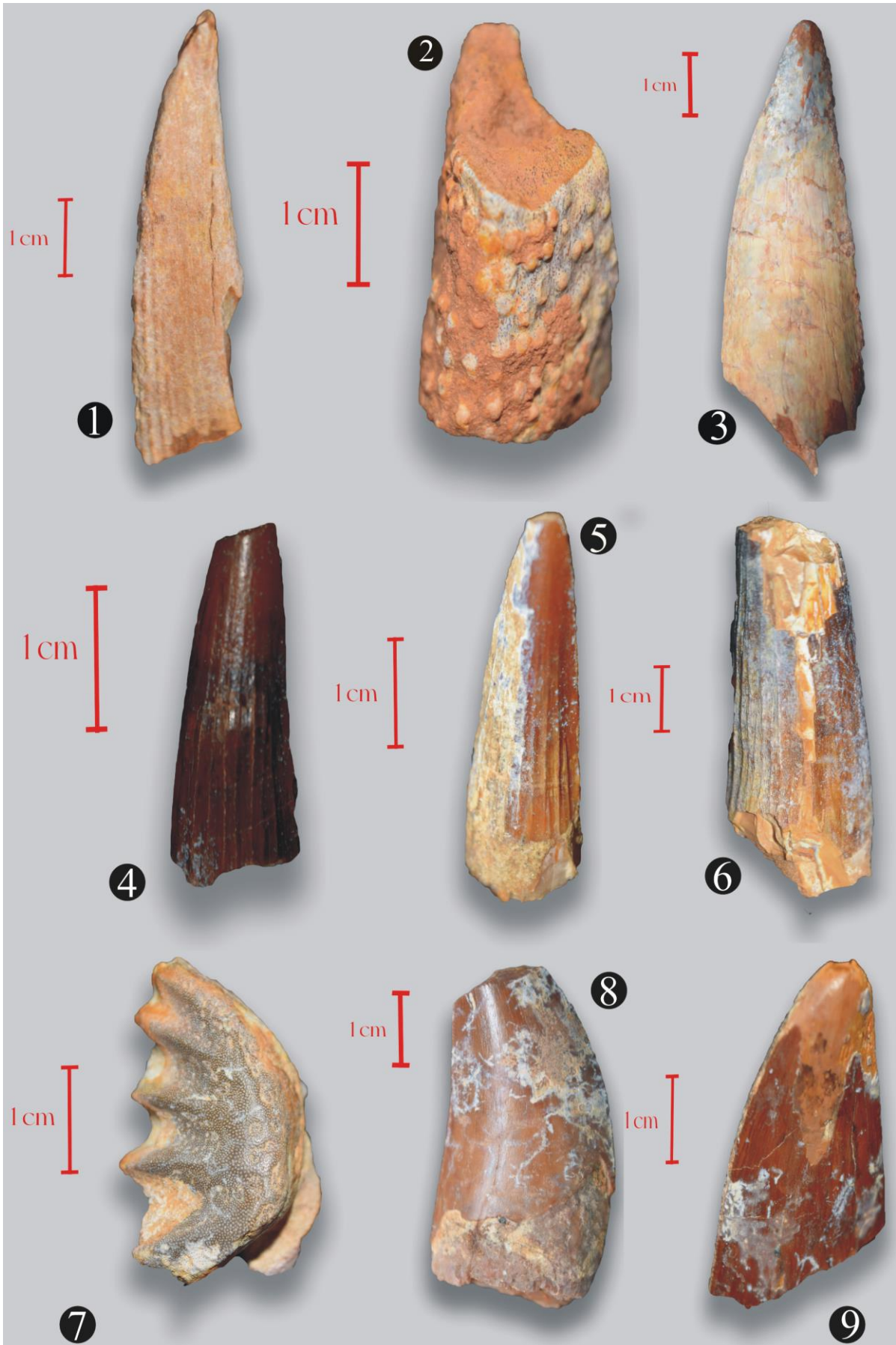


Planche I

1. Épine dorsale non ornementée d'un requin *Hybodus*.
2. Epine dorsale ornementée d'un requin *Hybodus*.
3. Dent de théropode indéterminé
4. Dents de dinosaure piscivore (*Spinosaurus aegyptiacus* Stromer, 1915)
5. Dents de dinosaure piscivore (*Spinosaurus aegyptiacus* Stromer, 1915)
6. Dents de dinosaure piscivore (*Spinosaurus aegyptiacus* Stromer, 1915)
7. Dent de poissons pulmonés et osseux (*Neoceratodus africanus* Haug 1905)
8. Dent de théropodes carnivore (*Carcharodontosaurus*)
9. Dent de théropodes carnivore (*Carcharodontosaurus*)

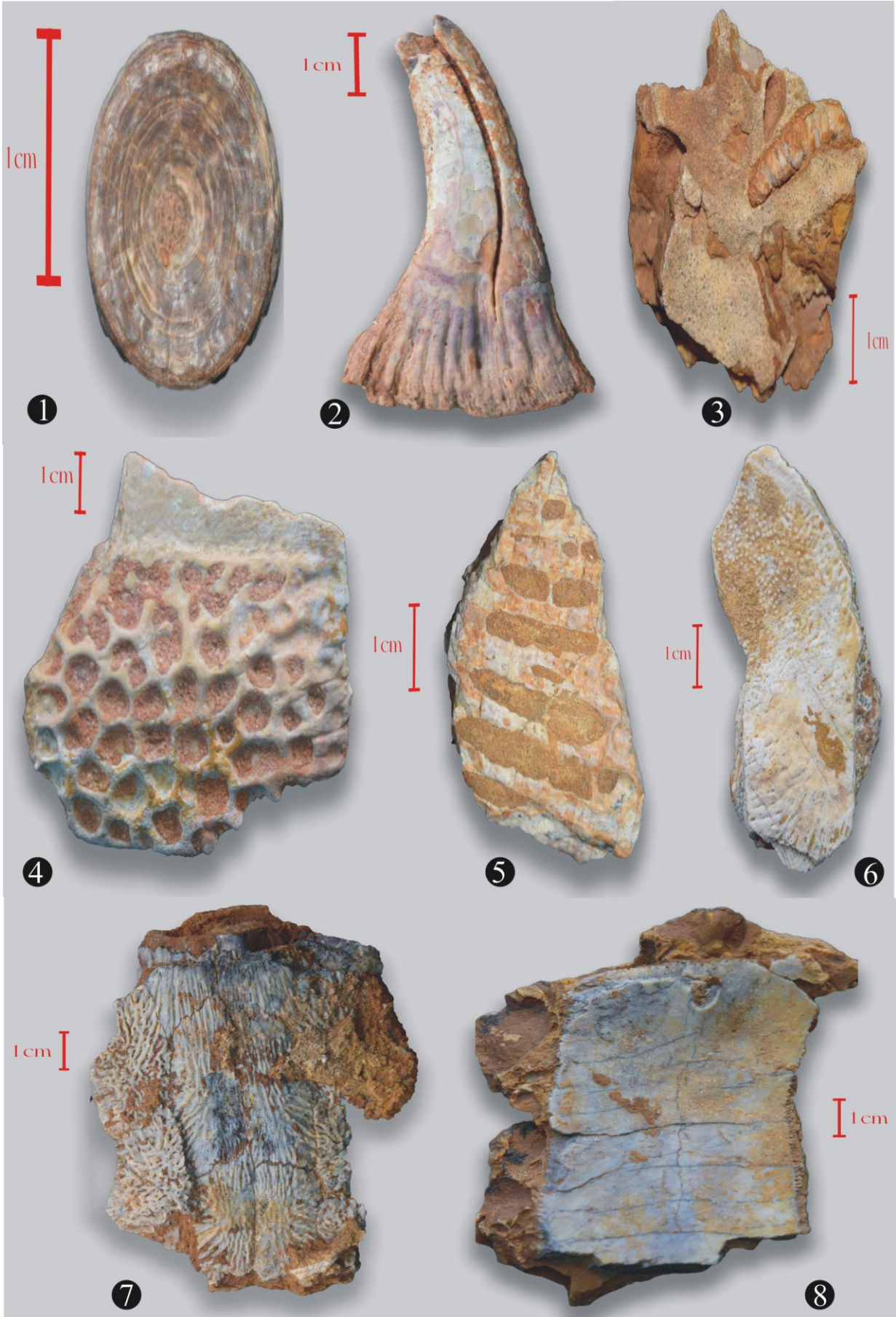


Planche II

1. Vertèbre *Onchopristis numidus* Haug 1905
2. Partie inférieure d'une dent rostrale du poisson scie *Onchopristis numidus* (Haug, 1905)
3. Coprolites
4. Plaque osseuse dermique de crocodylien indéterminé
5. Plaque osseuse dermique de crocodylien indéterminé
6. Plaques de chélonien (tortue)
7. Plaques de chélonien (tortue)
8. Plaques de chélonien (tortue)

A

Abed, S., 1982. Lithostratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Dj. Amour (Atlas saharien). Thèse 3ème cycle, Université. de Pau. 242 p.

Alfaro, P., Moretti, M., Soria, J.M., 1997. Soft-sediment deformation structures induced by earthquakes (seismites) in Pliocene lacustrine deposits (Guadix-Baza basin, Central Betic Cordillera). *Eclogae Geologica Helvetica*, **90**, 531-540.

Allen, G.P., 1977. Milieux et faciès sédimentaires de la côte Nord Aquitaine. Compagnie française des pétroles, CNEXO (édit.), France, 30p.

Allen, J.R.L., 1982. Sedimentary structures: Their Character and physical Basis. Developments in Sedimentology, Elsevier, 30A-B, Amsterdam, 1256p.

Allen, J.R.L., 1985. Principe of Physical Sedimentology. Allen et Unwin Ltd, London, 272p.

Allen, J.R.L., Banks, N.L., 1972. An Interpretation and Analysis of recumbent-folded deformed cross-bedding. *Sedimentology*, 19, 257-283.

Arnott, R.W.C., 1993. Quasi-planar-laminated sandstone beds of the Lower Cretaceous

B

Basseto, D., Coumes, F., 1967. Série lithologique du Djebel El Azreg de Laghouat Etude stratigraphique de la zone de passage Jurassique Crétacé. Publ. Serv. Geol. de l'Algérie. Bull.N° 35 (Nlle série), p. 13-20.

Bassoullet, J.P., 1973. Contribution À L'étude stratigraphique du Mésozoïque De L'Atlas Saharien Occidental (Algérie). Thèse De Doctorat D'état Es-Sciences Naturelles. Université De Paris Vi, France497p, 43-45p.

Bassoullet, J.P., Iliou, J., 1967. Découverte De Dinosauriens Associés À Des Crocodiliens Et Des Poissons Dans Le Crétacé Inférieur De L'Atlas Saharien (Algérie). Compte Rendu Sommaire, Séance De La Société Géologique De France, 7, 294-29

Bathurst, R.G.C., 1971. Carbonate Sediments and their diagenesis. Developments In Sedimentology, 12. Elsevier Publishing Company. 620p.

Benest, M. 1985 Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est Marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé: Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse de doctorat, Documents Laboratoire Géologique Lyon, 381 p.

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* 78, 34-55.

Bettahar, A., Habani, H., Medouari, M., 1996. Analyse structurale d'un tronçon de l'accident sud atlasique, El Kohol (Brezina), Atlas Saharien Occidental. *Bulletin du Service Géologique d'Algérie*, vol. 8, n° 1, pp. 81-94.

Bouaziz, S., Buffetaut, E., Ghanmi, M., Jaeger, J.J., Martin, M., Mazin, J.M., Tong, H., 1988. Nouvelles découvertes de vertébrés fossiles dans l'Albien du Sud tunisien. *Bulletin De la Société Géologique De France* 4, 335-339.

C

Cappetta, H 2002. Les sélaciens du Campanien-Maastrichtien de Tercis-les-Bains (SO France). In: G.S. Odin (Ed.), *The Campanian-Maastrichtian Boundary*. Elsevier, Amsterdam: 645-651.

Chameley, H., 2000. *Base De Sédimentologie*. Dunod (Édit.), Paris, 178p.

Chaodumrong, P., Rao, P., 1992. Depositional environments of Triassic carbonates, Lampang Group, Central North Thailand. National Conference On "Geologic Resources of Thailand: Potential for future development", 17-24 November, 1992, Bangkok, Thailand, 355-362p.

Chapal, O., 1966. Orientation et caractères de formes de stratifications obliques. *Rapports avec les conditions hydrodynamiques de dépôt*. Association. sédimentol. fr.; 1 1 mars :7 p.

Cojan, I., Renard, M., 1999. *Sédimentologie*. Dunod, Paris, 418p.

Cojan, I., Thiry, M., 1992. Seismically induced deformation structures in Oligocene shallow-marine and aeolian coastal sands (Paris Basin). *Tectonophysics* 206, 79–89.

Collinson, J.D., 2006. *Sedimentary Structures Terra Publishing, Haroenden, U.K, 292p.*

Collinson, J.D., Thompson, D.B., 1982. Sedimentary Structures. George Allen And Unwin, London, 194p.

Colombié, M., 2000. Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie du Kimméridgien du Jura suisse et du Bassin vocontien (France): relations plate-forme – bassin et facteurs déterminants. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences. Université de Fribourg (Suisse), 196 p., 9pl.

Cornet, A., 1952. L'Atlas Saharien Sud-Oranais. Xixème Congr. Géol. Intern., Alger. Monographie Régionale, 1ère Sér., 12, 51 P., 9 Fig., 1 Pl.

Cross, T.A., Homewood, P.W., 1997. Amanz Gressly's role in founding modern stratigraphy. Geological Society of America Bulletin, 1997, vol. 109, pp. 1617–1630.

D

De Broin, F., Grenot, C., Vernet, R., 1971. Sur la découverte d'un nouveau gisement de Vertébrés dans le Continental intercalaire saharien : La Gara Samani (Algérie). C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D 272, 1219–1221.

Depéret, C., Savornin, J., 1925. Sur La Découverte D'une Faune De Vertébrés Albiens À Timimoun (Sahara Occidental). Gauthier-Villars.

Depéret, C., Savornin, J., 1927. La Faune De Reptiles Et De Poissons Albiens De Timimoun (Sahara Algérien). Bulletin De La Société Géologique De France, Paris, 27, 257-256.

Durand-Delga, M., 1949. Sur la structure du Djebel Sidi Maurof et de ses abords (Chaîne Numidique-Algérie). C. r. S. Académie.des. Sciences. Paris. 226, 1913-1915.

Dutheil, D., 2000. Les Cladistia Du Cénomaniens Continental Du Sud-Est Marocain Et Les Ichthyofaunes associées. Implications biostratigraphiques, taphonomiques, paléoécologiques et paléobiogéographiques. Diplôme E.P.H.E., Inédit, 110p.

F

Ferry, M., Meghraoui, M., Abdou Kakari, N., Al-Taj, M., Amoush, H., Al-Dhaisat, S., Barjous, M., 2007. A 48-Kry-Long slip rate history for the Jordan Valley segment of the Dead Sea Fault. Earth and Planetary Science Letters 260, 3-4, 394-406.

Flamand, G.B.M., 1911. Recherches Géologiques Et Géographiques Sur Le Haut-Pays De L'oranie (Algérie Et Territoire Du Sud). Thèse Ès-Sciences, Lyon, N°47, A. Rey (Ed), 1001p.

Flandrin, J., 1948. Contribution à l'étude stratigraphique du Nummulitique algérien. Publications du Service de la Carte géologique de l'Algérie, 2eme Série Stratigraphie.

G

Ginsburg, R.G., 1975. Tidal Deposits - A Case Book of Recent examples and fossil Counterparts. Springer-Verlag, New York.

Gressly, A., 1838. Observations géologiques sur le Jura soleurois: Nouveaux mémoires de la Société Helvetique des Sciences Naturelles, Neuchâtel, v. 2, 349 p., 14 pl.

Guiraud, M., Plaziat, J.C., 1993. Seismites in the fluvial Bima sandstones: identification of paleoseisms and discussion of their magnitudes in a Cretaceous synsedimentary strike-slip basin (Upper Benue, Nigeria). *Tectonophysics* 225, 493–522.

H

Haug, E., 1905. Palaeontologie, P. 751–832. In Foureau, F., (Ed.), Documents scientifiques de la mission saharienne. Mission Foureau-Lamy 3, Paris

Herkat, M., 1986. La sédimentation de hauts niveaux marins du Crétacé supérieur de l'Atlas Saharien orientale et des Aurès : Stratigraphie séquentielle, analyse quantitative des biosénes, évolution paléogéographique et contexte géodynamique. Tese, Doct, Univ Alger.

Herkat, M., 1982. Lithostratigraphie et sédimentologie des formations carbonatées du Jurassique supérieur des monts des Ouled Naïl et de la terminaison orientale du Djebel Amour (atlas saharien).

Homewood, P., Guillocheau, F., Eschard, R., Cross, T.A., 1992. Corrélation haute résolution et stratigraphie génétique : Une Démarche Intégrée, 16(2), 357-381.

J

James, N.P., 1984a. Introduction to carbonate facies models. In: Walker R. G. (Ed): Facies Models. Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint, Serie 1, 209- 211.

James, N.P., 1984b. Shallowing Upward Sequence In Carbonates. In: Walker R. G. (Ed): Facies Models. Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint, Serie 1, 213- 226.

K

Kazi Tani, N., 1986. Évolution Géodynamique de la bordure Nord-Africaine : Le domaine intraplaque Nord-algérien. Approche Mégaséquentielle. Thèse Doct., Sci., N°53, Univ. Pau Et Pays De L'adour, 02, 871-970.

Keefer, D.K., 1984. Landslides caused by earthquakes. Geological Society of America Bulletin 95(4): 406–421.

Kilian, C., 1931. Des principaux complexes continentaux du Sahara. Comptes Rendues Sommaire de la Société Géologique de France, Paris. 109-111.

Kuenen, P.H., 1953. Significant features of graded bedding. Bull. Am. Assoc. Pet. Geologists, 37:1044-1066

L

Laporte, L.F., 1967. Carbonate Deposition near mean Sea-Level and resultant facies mosaic: Manlius formation (Lower Devonian) of New York State. The American Association of Petroleum Geologists (AAPG), Bulletin, 51, 73-101.

Lapparent, A. D., 1960. Les Dinosauriens du “Continental Intercalaire” du Sahara Central. Mémoires de la société géologique de France, 88, 1-57.

Liu, Z., Wang, C., 2001. Facies analysis and depositional systems of Cenozoic sediments in the Hoh Xil Basin, Northern Tibet. Sedimentary Geology 140, 251-270.

Logan, B.W., Rezak, R., Ginsburg, R.N., 1964. Classification and environmental significance of Algal Stromatolites. Journal of Geology, 72, 68-83.

M

Mahboubi, M., 1983. Etude géologique du crétace post Aptien et du Tertiaire Continental de la bordure méridionale du Djebel Amour (Atlas Saharien Central). Tèse 3em cycle, IST, Univ. d'Oran. 161p.

Maravelis A.G., Catuneanu O., Nordsvan A., Landenberger B., Zelilidis. A., 2017. Interplay of tectonism and eustasy during the Early Permian icehouse: Southern Sydney Basin, southeast Australia. Geol. J., 53, 4, 1-32.

Martill, D.M., Ibrahim, N., Brito, P.M., Baider, L., Zhouri, S., Loveridge, R., Naish, D., Hing, R., 2011. A new plattenkalk konservat lagerstätte on The Upper Cretaceous of Gara Sbaa, South-Eastern Morocco. *Cretaceous research*, 32(4), 433-446.

McNulty, J.C.L., Slaughter, B.H., 1962. A new sawfish from the Woodbine Formation (Cretaceous) of Texas. *Copeia*, 775-777p.

Miall, A.D., 1996. The geology of fluvial deposits: Sedimentary facies, Basin analysis, and petroleum geology: New York, Springer, 582p.

N

Nichols, G., 2009. Sedimentology and stratigraphy. John Wiley & Sons (Edi.). 419p.

Nouar, O.B., 1992. Télédétection dans l'Atlas Saharien Central. Structures de réactivation dans le Djebel Amour d'après l'analyse d'images Landsat et SPOT. Mémoire de Magister, CNTS, Arzew, 106 p.

O

Oboh-Ikuenobe, F. E., Obi, C.G., & Jaramillo, C.A. 2005. Lithofacies, palynofacies, and sequence stratigraphy of Palaeogene strata in Southeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 41(1-2), 79-101.

Owen, G., 1987. Deformation processes in unconsolidated sands. In M.E. Jones, R.M.F. Preston (eds.), *Deformation of sediments and sedimentary rocks*. Special Publication - Geological Society of London, 29. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 11-24.

P

Peron, A., 1883. Essai d'une description géologique de l'Algérie. Masson, Paris, 220 p.

Postma, G., 1983. Water escape structures in the context of a depositional model of a mass flow dominated conglomeratic fan delta (Abrioja Formation, Pliocene, Almeria Basin, Se Spain). *Sedimentology* 3091-103.

Potter, P.E., Pettijohn, F.J., 1977. Paleocurrents and Basin Analysis. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York, 425 p.

Purser, B.H., 1980a. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents (Tome 2). Publications de l'institut Français du Pétrole, 2. Société des EDITIONS Technip, 366p.

Purser, B.H., 1983a. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Edition Technip, Paris, tome I et II, 389p.

R

Reineck, H.E., 1973. Despositinal sedimentary environments, Terrigenous clastics.

Reyment, R.A., Dingle, R.V., 1987. Palaeogeography of Africa during the Cretaceous period. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 59, 93-116.

Roe, S.L., 1987. Cross-Strata and bedforms of probable transitional dune to upper-stage plane-bed origin from a Late Precambrian fluvial sandstone, Northern Norway. *Sedimentology*, 34 (1), 89-101.

S

Sass, E., Bein A., 1982. The Cretaceous carbonate platform in Palastine. *Cretaceous Research*, 3, 135-144.

Scholle, P.A., Bebout., D.G., Moore, C.H., 1983. Carbonate depositional environments, The American Association of Petroleum Geologists (AAPG), Memoir, Tulsa, Oklahoma, 33, 780p.

Seed, H.B., 1968. Landslides during earthquakes due to soil liquefaction. *Proc. Am. Soc. Civil Eng., J. Soil Mech. Found. Div.*, 94 (Sm5), 1055-1122.

Sereno, P.C., Dutheil, D.B., Iarochene, M., Larsson, H.C.E., Lyon, G.H., Magwene, P.M., Sidor, C.A., Varricchio, D.J., Wilson, J.A., 1996. Predatory Dinosaurs from the Sahara and Late Cretaceous faunal differentiation. *Science* 272, 986-991.

Sereno, P.C., Brusatte, S.L., 2008. Basal Abelisaurid and Carcharodontosaurid Theropods from the Lower Cretaceous Elrhaz formation of Niger. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53(1), 15-47.

Shinn, E.A., 1983. Tidal flat environment. In Scholle. A., Bebout. D.G., Moore. C.H (Eds) Carbonate depositional environments. The American Association Of Petroleum Geologists (AAPG), Memoir 33, 171-210.

Stromer, E., 1915. Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromer in den Wüsten Ägyptens. II. Wirbeltier-Reste der Baharije-Stufe (unterstes Cenoman). 3. Das Original des Theropoden *Spinosaurus aegyptiacus* nov. gen., nov. spec. Abhandlungen der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Physikalische Klasse, 28, 1-32.

Stromer, E., 1917. Die Sâge Des Pristiden *Onchopristis Numidus* Haug Sp. Und Die Sâge Der Sâgehaie. In : Ergebnisse Der Forschungsreisen Prof. E. Stromers In Den Wüsten Ägyptens. II. Wirbeltier-Resteder Baharije-Stufe (Unterstes Cenoman). 4.Abh.Kgl. Bayr.Akad.Wiss., 28(8), 1-28.

Stromer, E., 1931. Ergebnisse Der Forschungsreisen Prof. E. Stromers In Den Wüsten Ägypten. II. Wirbeltier-Reste Der Baharije-Stufe (Unterstes Cenoman). 10. Ein Skelett-Rest Von *Carcharodontosaurus* Nov. Gen. Abhandlungen Der Bayerischen Akademie Der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Abteilung (N.F.) 9, 1-23.

Stow, D.A.V., 2010. Sedimentary rocks in the field - A colour guide. *Manson*.

Sweet, I.P., 1988. Early Proterozoic stream deposits: Braided or meandering-evidence from Central Australia. *Sediment. Geol.*, 58, 277-293.

T

Taquet, P., Russell, D.A., 1998. New data on Spinosaurid Dinosaurs from the Early Cretaceous of Thesahara. *Comptes rendus de l'académie des Sciences-Series Iia-Earth And Planetary Science*, 327(5), 347-353.

Tucker, M.E., 2003. Sedimentary rocks in the field (*Third Edition*). *John Wiley & Sons*.

V

Van Loon, A.J., Brodzikowski, K., 1987. Problems and progress in the research on soft-sediment deformations. *Sedimentary Geology* 50, 167–193.

Van Loon, A.J., 2009. Soft-sediment deformation structures in siliciclastic sediments: an overview. *Geologos*, 15: 3–55.

W

Werner, C., 1989. Die Elasmobranchier-Fauna Des Gebel Dist Member Der Bahariya Formation (Obercenomanan) Der Oase Bahariya, Ägypten. *Palaeo Ichthyologica* 5, 5-112.

Werner, C., 1990. Late Cenomanian Elasmobranchs of Bahariya, Egypt: Their paleoecological and biostratigraphical significance. *Publ. Occas., Centr. Intern. form. Echang. Géol.*, 20, 439.

Liste des figures

- Fig. 1.** Répartition du composant de l'atlas saharien en Algérie5
- Fig. 2.** Cadres géographiques du secteur d'étude6
- Fig. 3.** Extrait de la carte géologique de Laghouat (feuille n° J-K 9-10, à l'échelle 1/200.000) montrant la région d'étude.....7
- Fig. 4.** Image satellitaire (d'après "Google earth") présentant la position géographique des coupes étudiée.....15
- Fig. 5.** Vues panoramiques présentent les principaux affleurements de la coupe étudiée. **A**, Panorama montrant Garet el Hemmam et la partie basale de la Formation de Tiout ; **B**, Présentation photographique de la partie sommitale de la Formation de Tiout et la partie basale de la Formation de Rhelida ; **C**, Panorama présentant la partie supérieure de la Formation de Rhelida.....16
- Fig. 6.** Succession lithostratigraphique de la Formation de Tiout et d'El Rhélida dans le secteur Laghouat.).....17
- Fig. 7.** Nomenclature stratigraphique de la série Jurassique-Crétacé supérieur de l'Atlas saharien central-occidental d'après Bassoulet (1973) (âges numériques tirés de l'échelle stratigraphique 2013, in Benyoucef et al., 2017).....18
- Fig. 8.** Photos de terrain montrant les principaux caractères sédimentologiques du membre grés-argileux. **A**, banc gréseux à stratifications obliques en auge (1) surmontées par des stratifications planes et parallèles (2) ; **B**, banc gréseux à stratifications obliques en auge ; **C**, banc gréseux à structures en flamme de grande ampleur, **D**, banc gréseux à stratifications obliques remaniant des dragées de quartz ; **E**, banc gréseux à rides de courant asymétrique à la surface supérieure.....20
- Fig. 9.** Photos de terrain montrant les principaux caractères sédimentologiques du membre grés-argileux. **A-D**, bancs gréseux à laminations obliques, drapages argileux et surfaces de réactivation ; **E**, banc gréseux à figures d'échappement de fluide de grande ampleur.....21
- Fig. 10.** **A**. Vue panoramique montrant la partie supérieure de la Formation de Tiout ; **B** et **C**, Alternance d'argiles verdâtre à micro-galets et restes de vertébrés (1) avec des bancs gréseux brun rougeâtre ; **D** et **E**, Bancs conglomératique à galets d'argile et restes de vertébrés (E) ; **F**,

Surface supérieure d'un banc gréseux moulant une trace de pas de crocodile (flèche) ; **G**, Surface inférieure d'un banc gréseux moulant des trace d'affouillement (flute-cast) à paléocourant unidirectionnel)22

Fig. 11. **A**, Vue panoramique montrant les dépôts de la Formation d'El Rhelida qui affleurent au sein du Djebel Dahouane. **B**, Alternance d'argile verdâtre avec des bancs calcaires d'épaisseur centimétrique (membre inférieur) ; **C-E**, bancs gréseux à litages de rides de courant et laminations convolutées.....24

Fig. 12. **A** et **B**, Vues de terrain montrant des bancs calcaires centimétriques à lamines algaires planes ; **C** et **D**, Présentations photographique des bancs calcaires bioturbés par un réseau de terriers de type *Thalassinoides*, **E**, **F** et **G**, Bancs centimétriques de calcaires bioclastiques à gastéropodes et bivalves. Notons la succession de deux niveaux à bioclastes grano-décroissantes (**E** et **F**). **H**, Bancs calcaires à rides de courant au sommet.....25

Fig. 13. **A**. conglomérats renferment des restes de vertébré ; **B**. conglomérats polygénique.....27

Fig. 14. **A**, grés massif ; **B**, grés a stratification parallèle ; **C**, grés a stratification oblique angulaire a dragée de quartz ; **D**, grés a stratification en auge ; **E**, grés a litage de rides de courants ; **F**, grés a stratification oblique rebroussé.....31

Fig. 15. **A**, grés à convolute ; **B**, grés a structure en flamme ; **C**, grés a pas crocodiliens ; **D**, calcaires dolomitique ; **E**, calcaires bioclastique ; **F**, calcaires a lamines algaires.....37

Fig. 16. Représentation schématique des deux Formations étudiées, les associations de faciès et milieux des dépôts.....41

Fig. 17. Dent d'*Onchopristis numidus*. x1.....43

Fig. 18. Dent *Spinosaurus aegyptiacus* x2.....44

Fig. 19. Dent de *Charcharodontosaurus*. x1.....44

Tabl.01 : tableau récapitulatif des différents faciès, leurs symboles et leurs interprétations..38