



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Faculté des Sciences de la Terre & de l'Univers  
Université d'Oran 2  
Département des Sciences de la Terre

## Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master 2

**Option :** Géologie des Bassins Sédimentaires

**Thème :**

**Lithostratigraphie & Sédimentologie de la Formation de Teniet el Klakh (Bajocien supérieur) dans la partie nord-orientale du Djebel Chemarikh (Ain Ouarka, Monts des Ksour, Algérie)**

**Présenté par :** Mlle BECHIKH CHOUAIKIA Hasnia

**Soutenu le 04/07/2023 devant le jury composé de:**

- **Président :** M. OUALI MEHADJI A.E.K.
- **Encadrant :** M. BOUTERFA B.
- **Examineur :** M. MAHBOUBI C.Y.

**Année universitaire :** 2022/2023

*Dédicaces*

Je dédie ce travail

A mon très **Cher Père**

A ma très **Chère Mère**

A ma seule et unique sœur **ROUIDA**

A ma tante paternelle **Karima**

Je tiens à remercier vraiment mes camarades Yousra, Fatima, Sahnoune, Sid Ahmed, Noufel et toute la famille FOUATIH, qui m'ont apporté le soutien nécessaire quand j'en avais besoin.

Merci à tous(es)

## AVANT-PROPOS

Avant tout, je remercie Dieu le toute puissant de m'avoir donné la force et la patience pour finir ce travail.

Je dois remercier sincèrement **M. B. BOUTERFA**, mon rapporteur qui m'a proposé ce sujet et qui m'a aidé et orienté durant la préparation de cette étude avec ses conseils J'ai la chance d'être son étudiante durant mes études de Licence et de Master.

Je remercie énormément **M. A. OUALI MEHADJI** pour sa présence dans ce jury et pour ses conseils et encouragements.

Je remercie également **M. C.Y. MAHBOUBI** pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury de ce mémoire. Qu'il trouve dans ce travail l'expression de mon profond respect.

Je tiens également remercier **M. H. LIMAM**, Docteur es-Sciences, spécialiste dans le domaine des ichnofossiles et cadre à la Sonatrach pour son aide à la détermination et l'interprétation des traces fossiles. Sa collaboration ma été très importante dans l'interprétation sédimentologique.

J'exprime enfin mes vifs remerciements à **MM. Hocine BOUZA** et **Rachid** pour la confection de mes lames minces, leur sérieux et leurs conseils.

Enfin, je remercie tous(tes) mes camarades de promotion pour leur soutien.

Merci à tous

## R É S U M É

Notre travail est une contribution à l'étude des terrains du Bajocien supérieur-Bathonien inférieur de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour). Il est consacré à une étude détaillée de la formation de Teniet el Klakh, dans un secteur encore mal connu de la région d'Ain Ouarka (NE de Djebel Chemarikh).

L'étude lithostratigraphique de cette formation nous a permis de définir 3 membres, un membre inférieur argilo-gréseux (190 m), un autre membre moyen argileux (500 m) et un membre supérieur gréseux-argileux (73 m).

L'étude sédimentologique de cette formation nous a permis, grâce à l'inventaire, la description détaillée et l'interprétation des faciès et sous-faciès, en terme hydrodynamique (figures sédimentaires) et paléontologique (traces fossiles), de définir 3 faciès principaux, gréseux, argileux carbonaté. Le premier étant subdivisé en plusieurs sous-faciès. Les associations des faciès, au nombre 3, montre que les dépôts de cette formation se sont mis en place dans un cône détritique sous-marin, d'abord médian (association I), puis distal (association II) et, enfin, proximal, en bordure de plate-forme (association III). L'évolution de ces dépôts traduit pour les deux premières une régression, suivie d'une transgression, pour la dernière. Celle-ci continue lors de la mise en place de l'événement récifal de la base de la formation de Tifkirt.

**Mots-clés :** Formation de Teniet el Klakh, Bajocien supérieur, Monts des Ksour, Aïn Ouarka, Lithostratigraphie, Sédimentologie.

# Chapitre 1

## GENERALITES

## INTRODUCTION

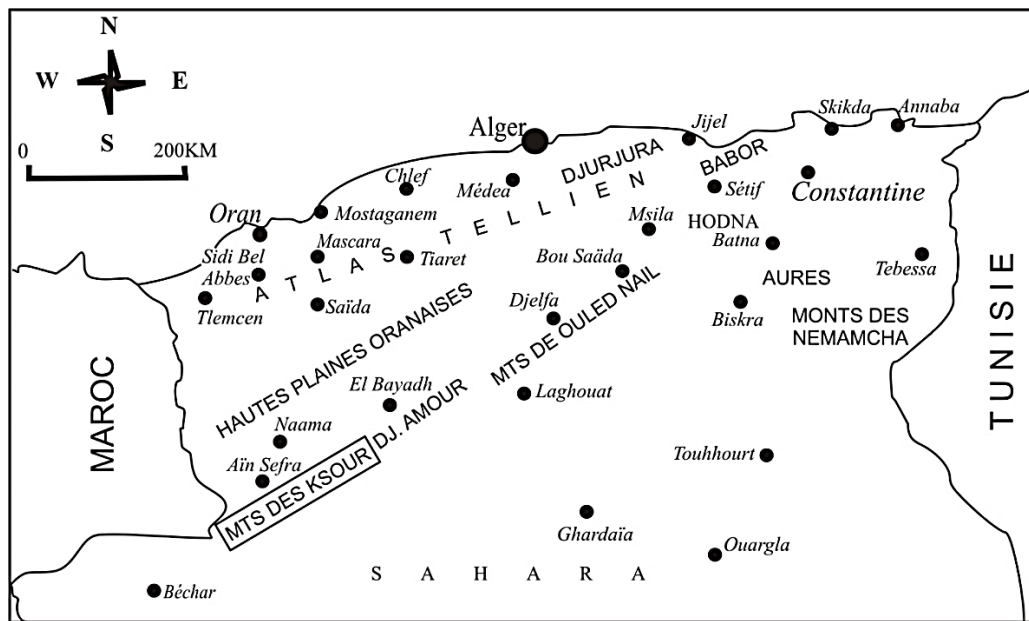
Ce premier chapitre sera consacré à la présentation des cadres géographiques et géologiques généraux et locaux, à l'historique sur les principaux travaux effectués dans notre secteur d'étude et, enfin, au but et méthodologie de travail.

## I- CADRE GEOGRAPHIQUE & GEOLOGIQUE

### A- Cadre géographique

Cette étude intéresse la région d'Ain-Ouarka, région localisée dans le SW oranais, à environ 60 km au SE de la ville d'Ain Sefra. Ce secteur fait partie de l'Atlas saharien occidental ou Monts des Ksour (Fig. 1) (Ritter, 1902). Ces monts sont limités (Fig. 1) :

- au Nord, par les Hautes plaines oranaises ;
- au Sud, par le Sahara ;
- à l'Ouest, par le Haut Atlas marocain ;
- à l'Est, par Djebel Amour (Atlas saharien central).



**Fig. 1** : Carte géographique de localisation des Monts des Ksour.

Le chaînon de Ain Ouarka est constitué d'une ligne de crêtes, formée par Djebel Chemarikh (1700 m), Djebel Tanout (2000 m) et Djebel Boulerhfad (1672 m). Ces crêtes sont entourées par des dépressions de faible altitude (900 m) dont les plus importantes sont (Fig. 2) :

- la dépression de Raknet el Kahla et de l'Oued Bou Amoud, au Nord ;
- la dépression d'Ain Rhezala, au SW ;
- la dépression de Oued el Melah, au NE.

Ces dépressions sont creusées par des oueds dont celui d'el Melah et de Mzimer.

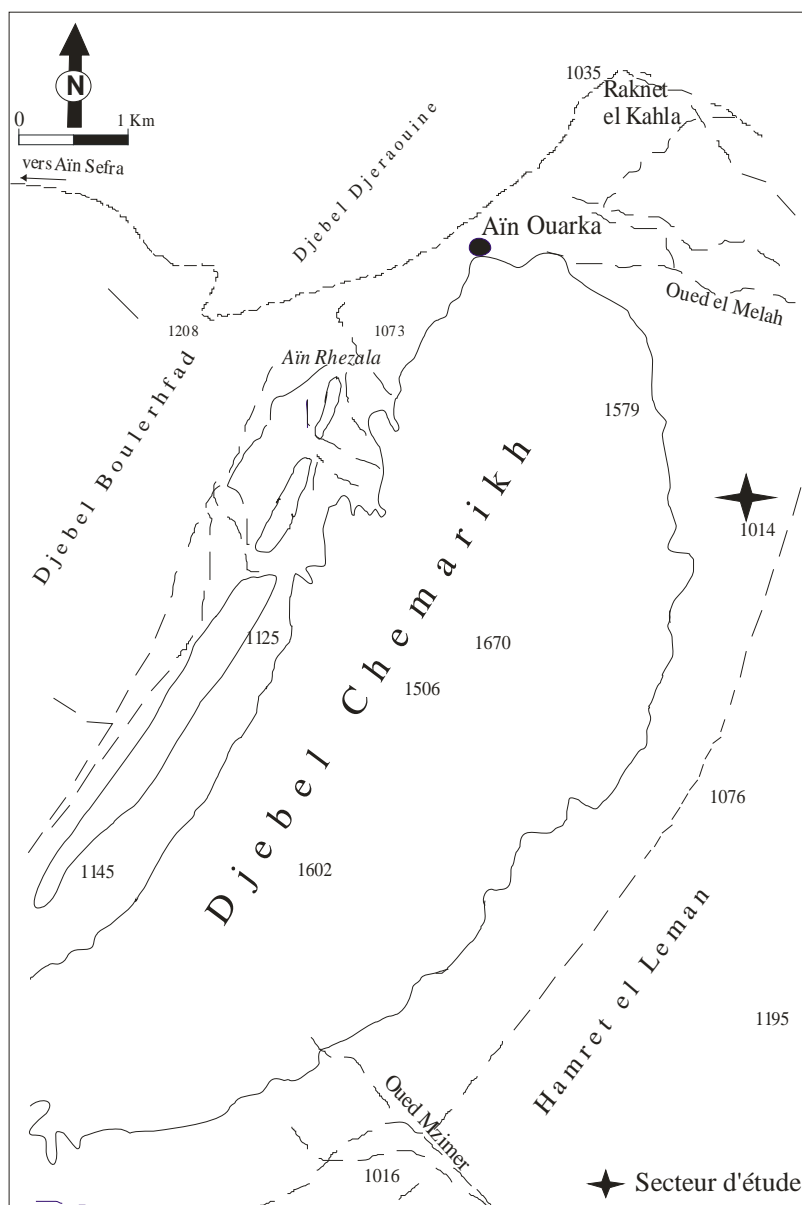


Fig. 2 : Cadre géographique du chainon de Aïn Ouarka.

### B- Cadre géologique

L'Atlas saharien correspond à une chaîne intracratonique plissée qui s'interpose entre deux domaines stables (Kazi-Tani, 1986) :

- le domaine des Hautes plaines oranaises, au Nord ;
- le domaine saharien, au Sud.

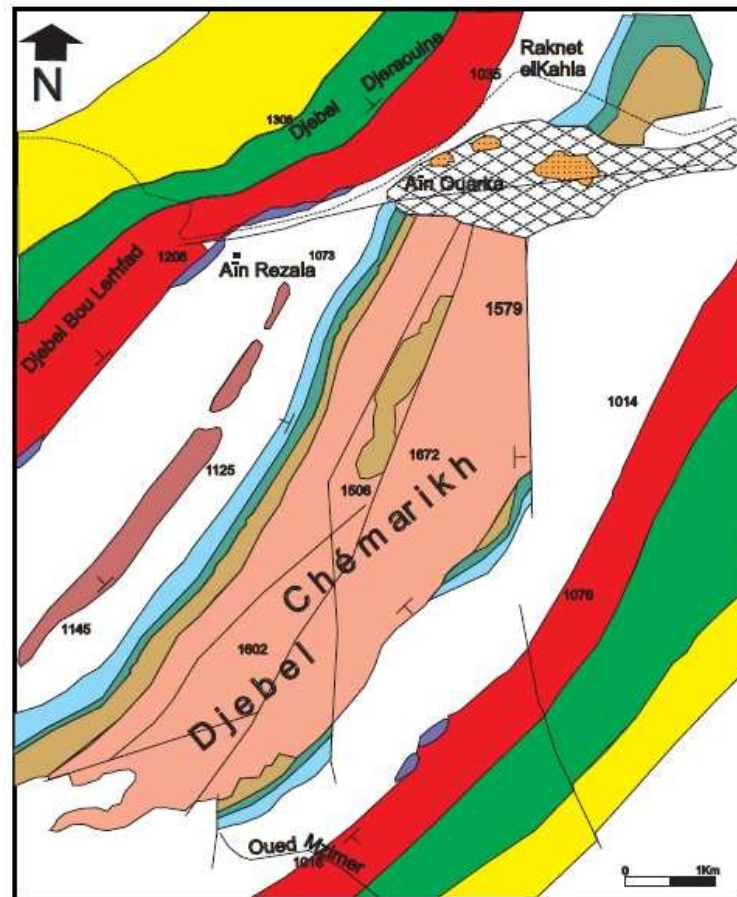
Cette chaîne est limitée par deux grands accidents (Fig. 3) :

- l'**accident nord-atlasique** : Il correspond à une suite de failles en relais. L'ensemble des failles formant une ligne de séparation entre le style des hautes plaines oranaises et le style atlasique. Cette flexure, d'origine profond (Cornet, 1947), a fonctionné dès le Trias pour distinguer une gouttière atlasique et pré atlasique.





Elle est datée de l'Hettangien inférieur. Du point de vue lithologique, il s'agit de calcaires dolomitiques, en bancs mal stratifiés, à lithoclastes, pellets et nombreux bioclastes de lamellibranches, de gastéropodes et d'échinodermes avec notamment une passée de calcaire dolomitique à nombreuses coquilles de brachiopodes (rhynchonellidés).



**Fig. 4 :** Carte géologique du secteur de Ain Ouarka (d'après Mekahli, 1998, modifié d'après Amrane, 2011).



**Légende :** 1- Facies volcano-sédimentaire avec épanchement basaltique (Trias) ; 2- Dolomie de Chemarikh (Hettangien) ; 3- Alternance d'Ain Ouarka (Sinémurien-Domérien) ; 4- Marno-calcaire d'Ain Rhezala (Toarcien) ; 5- Brèche de Raknet el Kahla (Aalénien-Bajocien) ; 6- Teniet el Klakh (Bajocien supérieur) ; 7- Tifkirt (sommet du Bajocien supérieur/Bathonien) ; 8 et 9 - Formations de Djara et de Aïssa (sommet du Dogger et Jurassique supérieur) ; 10-Formations superficielles récentes ; 11- Récifs du Bajocien supérieur ; 12 - Pendages ; 13- Limites des formations ; 14- Failles.

(2) **Alternance d'Ain Ouarka** (Mekahli, 1998) : elle a été définie sur le flanc NE de l'anticlinale où elle constitue une alternance de marnes et de calcaires, d'épaisseur pouvant atteindre 170 m. Elle est d'âge Sinémurien-Domérien supérieur et limitée au sommet par une surface bioturbée à ammonite et brachiopodes (MEKAHLI, 1998).

(3) **Marno-calcaire d'Ain Rhezala** (Mekahli, 1998) : elle est représentée par une alternance de marne et de calcaire blanchâtres, très riches en ammonites, en filaments et *zoophycos*. Son épaisseur est de 65 à 110 m et son âge Lias supérieure/début de l'Aalénien. La limite

supérieure est matérialisée par un banc de calcaire bréchique, de 0,40 à 0,60 m, contenant de nombreux rostrés de bélemnites (MEKAHLI, 1998).

(4) **Brèche de Raknet el Kahla** (Mekahli, 1998) : épaisseur variable (50 à 90 m), cette formation est caractérisée par des calcaires noirs à aspect schisteux et de marnes noirâtres indurées. Mekahli (1998) note l'abondance des brèches (*masse flow*) et de figures de glissements synsédimentaires (*slumps*) et la date de l'Aalénien/Bajocien supérieur.

Cette formation est limitée au sommet par le premier banc gréseux de la formation de Teniet el Klakh.

(5) **Teniet el Klakh** (Bassoullet, 1973) : cette formation occupe toutes les dépressions situées autour du Djebel Chemarikh. Elle est constituée par une alternance d'argilites pélitiques schistoïdes, de grès, de calcaire et de rares passées dolomitiques. Son épaisseur peut atteindre les 1200 m pour Bassoullet (1973), 1100 m pour Oudjoudi (2003) et environ 1300 m pour Adjal (2008). Elle est d'âge Bajocien supérieur (Bassoullet, 1973 ; Almeras *et al.*, 1994 ; Tlili, 1995 ; Ouali Mehadji, 1995 ; Elmi *et al.*, 1998).

(6) **TIFKIRT** (Bassoullet, 1973) : Cette formation débute par des calcaires récifaux ou leurs équivalents latéraux, puis passe à une alternance de calcaires bioclastiques, oolitiques, de grès et de marnes ou d'argiles. Elle a été attribuée au Bajocien supérieur-Bathonien inférieur par Bassoullet (1973), Almeras *et al.*, (1994) et Ouali mehadji (1995).

(7) **DJARA** (Bassoullet, 1973) : c'est une alternance de grès, d'argilites pélitiques et de dolomie. Son épaisseur peut atteindre les 470 m (Bassoullet, 1973) et elle est d'âge Bathonien moyen et probablement Callovo-Oxfordien (Bassoullet, 1973 ; Mebrek, 2004).

## **II- HISTORIQUE SUR LES PRINCIPAUX TRAVAUX SUR LA REGION D'AIN OUARKA**

Dès 1911, **Flamand** réalise une première synthèse stratigraphique sur la géologie de l'Atlas saharien occidental et des Hautes plaines oranaises. Cette thèse est accompagnée de plusieurs cartes géologiques aux 1/200 000, 1/400 000 et 1/800 000. A Aïn Ouarka, cet auteur note pour la première fois la présence de terrains "mésosjurassiques", constitués essentiellement par des bancs calcaires et calcaréo-gréseux oolithiques et par des grès quartziteux ou psamitiques, alternant avec des marnes argileuses vertes (FLAMAND, 1911, p. 461).

**Cornet (1952)** établit quelque corrélation entre les séries du Jurassique moyen et supérieur des régions de Méchria, Aïn Ouarka et El Bayadh. A Aïn Ouarka, il attribue l'épisode récifal de la formation de Tifkirt à la limite Bajocien/Bathonien.

**Lasnier (1965)** réalisa une étude stratigraphique basée sur la foraminifère à partir de quelques coupes levées au niveau de Djebel Chemarikh (Ain Ouarka).

**Galmier (1970)** présente une thèse accompagnée de 9 cartes photogéologiques au 1/100 000 dont celle de Ain Sefra. Une notice explicative de ces coupures sera publiée deux années plus tard par le Service géologique de l'Algérie. La série du Dogger d'Aïn Ouarka sera subdivisée en 4 unités notées de 7 à 10.

**Bassoullet (1973)** présente sa thèse comprenant un travail fondamental sur le Mésozoïque des Monts des Ksour. Il dresse une étude lithostratigraphique et biostratigraphique des séries étudiées. Il est le premier à définir notre formation faisant l'objet de notre étude (Tenet el Klakh) qu'il décrit comme étant constituée d'une alternance d'argilites, de grès et de calcaires et parfois de passées dolomitiques. Cet auteur l'attribue à un faciès de vasière calcaréo-terrigène (p. 309) et la date du Bajocien supérieur.

En **1974**, **Douihassni** réalise une étude structurale de la terminaison nord-orientale de l'anticlinal d'Ain Ouarka. Deux ans plus tard (**1976**), il présente sa thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle en complétant la partie stratigraphique de Bassoullet (1973). D'après cet auteur, la formation de Tenet el Klakh s'est déposée dans un milieu infra-cotidal (p. 110).

**Alméras et al. (1994)** réalisent une étude biostratigraphique dans le domaine atlasique (Maroc et Algérie). Ils réalisent plusieurs coupes et récoltent des faunes de brachiopodes et d'ammonites à Ain Ouarka et ils notent que la zone à Niortense est présentée par des dépôts très épais. Ils mettent également en évidence la zone à *Flabellothyris oranensis* (Bajocien supérieur).

Un an plus tard (**1995**), dans le cadre de sa thèse de doctorat, **Mekahli** présente une étude sur les séries du Lias et dogger *pp.* des Monts des Ksour en apportant de nouvelles données biostratigraphiques. Il retrace également l'évolution paléogéographique en appliquant les méthodes de la stratigraphie séquentielle. Cette thèse sera publiée, en 1998, dans les *Documents des Laboratoires de Géologie* de l'Université Claude Bernard (Lyon 1- France).

**Ouali Mehadji (1995)** étudie, dans son mémoire de Magister, les brachiopodes du Dogger dans les Monts des Ksour. Il confirme la subdivision biostratigraphique des formations présentées par Alméras *et al.* un an plutôt.

La même année **Tili** définit 3 épisodes récifaux dans la formations de Tifkirt, à Ain Ouarka qu'il note RI (récif inférieur), RM (récif médiane) et RS (récif supérieur). Ces constructions sont de type récifs barrières.

En **2001**, **Hennache et Kouri** présentent une étude lithostratigraphique et sédimentologique des formations de Teniet el Klakh et Tifkirt, dans la partie occidentale de l'anticlinal d'Ain Ouarka. Ces auteurs subdivisent la formation en 2 membres, un membre argilo-gréseux surmonté par un autre, argilo-carbonaté. Elles suggèrent que cette formation s'est déposée dans un cône détritique sous-marin (membre inférieur), puis dans la plate-forme (membre supérieur).

**Oujoudi (2003)** effectue une coupe détaillée des formations de Teniet el Klakh et Tifkirt, dans les régions d'Ain Ouarka (secteur de Raknet el Kahlaà et de Souiga. A Ain Ouarka, il subdivise la formation de Teniet el Klakh (1100 m) en 2 membres, inférieur et supérieur. Le premier membre est constitué par 3 barres gréseuses, séparées des argiles épaisses admettant quelques niveaux gréseux et carbonatés. Il attribue cette formation au Bajocien supérieur (Zone à Niortense), à partir d'ammonites trouvées dans le second membre. Cette formation se serait déposée, d'après cet auteur, dans la partie médiane ou distale d'un éventail détritique sous-marin/bassin (pélagites et hémipélagites).

En **2004**, **Mebrek** présente son mémoire sur la formation de Djara qu'il attribue au Bathonien moyen et, probablement, à une partie du Malm. Il place les affleurements de cette formation dans un cortège de haut niveau précoce, par empilement vertical ou aggradation des séquences deltaïques

**Kacemi (2005)** présente son mémoire Magister dans lequel il d'abord l'étude cartographique et la dynamique sédimentaire de la série fin de Dogger/début du Crétacé.

Deux ans après, **BENDOUDOU** et **HAMMADI** dressent pour la première une cartographie numérique de la feuille de Djebel Boulerhfad (Ain Ouarka), au 1/50 000 en utilisant les méthodes du Système d'Information Géographique, ou SIG.

**Adjal (2008)** a effectué une étude comparative des formations de Teniet el Klakh et Tifkirt, dans 3 secteurs des Monts des Ksour (Ain Ouarka, Souiga et Djebel Zerga de Sfissifa). Elle place la première formation dans la partie médiane à distale d'un éventail détritique sous-marin.

### **III- OBJECTIF ET METHODE DE L'ETUDE**

#### **A- Objectif de l'étude**

Ce mémoire a pour objectif l'étude lithostratigraphique, sédimentologique et séquentielle de la formation de Teniet el Klakh dans la région d'Ain Ouarka. Celle-ci a été réalisée, pour la première fois, dans le secteur oriental de Djebel Chemarikh,

## **B- Méthodes de l'étude**

Ce travail a été effectué en 2 étapes : sur le terrain et au laboratoire.

### **1-Travail de terrain**

Le travail de terrain a consisté à un levé d'une coupe détaillée, "banc-par-banc", accompagné d'un échantillonnage plus au moins serré de roches (détritiques et carbonatées) et prises de photos pour illustrer les caractères géologiques observés, notamment les structures sédimentaires, hydrodynamiques et ichnologiques et la stratonomie.

Dans cette partie d'étude, nous avons utilisé un fond de carte topographique au 1/200 000 de Ain Sefra, un marteau, une loupe de poche et un appareil photo.

### **2- Travail du laboratoire**






La confection de 10 lames minces (au niveau du laboratoire du Département des Sciences de la Terre, Université Oran 2) de roches prélevées sur le terrain nous a permis d'effectuer l'analyse des microfaciès sous microscope polarisant, afin de compléter notre étude descriptive et d'affiner notre interprétation sédimentologie.

Les déterminations et interprétations des ichnofossiles observées sur le terrain ont été réalisées par M. Hicham LIMAM, Docteur spécialiste dans le domaine et cadre à la Sonatrach.

## Chapitre 2

# ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE














## **Lithologie**

-  Grès
-  Argiles
-  Calcaire
-  Calcaire silteux
-  Calcaire oolithique







a      s      g  
m      w      p      gr

a : argiles  
s : silts  
g : grès  
m : mudstone  
w : wackestone  
p : packstone  
g : grainstone

## **Figures sédimentaires**

-  Rides de courants
-  Rides de vagues
-  Rides grimpantes (*climbing ripples*)
-  Laminations horizontales
-  Laminations obliques
-  Litages de rides de vagues en chevrons
-  Glissements syn-sédimentaires
-  Laminations convolutées (*convolute laminations*)
-  Figures d'affouillement (*flute casts*)
-  Figures en cannelures (*groove casts*)
-  Figure de chocs (*prod casts*)
-  Galets mous
-  Traces fossiles (ichnofossiles)

## **Fossiles**

-  Ammonites
-  Plaques d'échinodermes
-  Bivalves
-  Brachiopodes
-  Polypiers coloniaux
-  Bioclastes

## **Divers**


-  Ravinement
- OM 1 : Ech. de roches
- OM I : Ichnofossiles

Fig. 5 : Figurés et symboles utilisés.

## Introduction

La coupe a été levée depuis le flanc nord-oriental du Djebel Chemarikh, jusqu'au premier relief après la plaine, suivant une direction sensiblement NW-SE, à environ 3,5 Km au Sud de la route venant d'Ain Ouarka et menant à Boussemgoun (Fig. 6). Ses coordonnées GPS sont :

A : N32°42'44.59" W00 °07'43.12"

B : N32°43'02.77" W00°07'13.40"



Fig. 6 : Photo panoramique montrant les affleurements de formation de Teniet el Klakh sur le flanc oriental du Djebel Chemarikh.

## I- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DE LA COUPE (Fig. 7)

### A- Formation de Teniet el Klakh

Dans cette coupe, la formation de Teniet el Klakh atteint une puissance de 800 m environ. Elle débute dès l'apparition du premier banc de grès. Ce dernier repose sur le dernier niveau de la formation des Brèche de Raknet el Klakh (33 m) qui sont matérialisés par des calcaires en plaquettes, de couleur jaunâtre à la patine et gris-verdâtre à la cassure (Pl. I, fig. 1) qui passent à une combe argileuse verdâtre, d'aspect schisteux (12 m) (Pl. I, fig. 2), admettant des plaquettes de calcaire, de teinte brunâtre à la patine et verdâtre à la cassure. Cet ensemble se poursuit par une autre combe d'argiles à passées carbonatées micritiques (Pl. I, fig. 3) dont laquelle nous notons la présence d'un banc de calcaire silteux de 0,18 m.

Notons que le pendage des bancs dépasse souvent les 90° à cet endroit.

La formation de Teniet el Klakh a été subdivisée en 3 membres qui sont, de la base au sommet :

- un membre argilo-gréseux ;
- un membre argileux ;
- un membre grés-argileux.



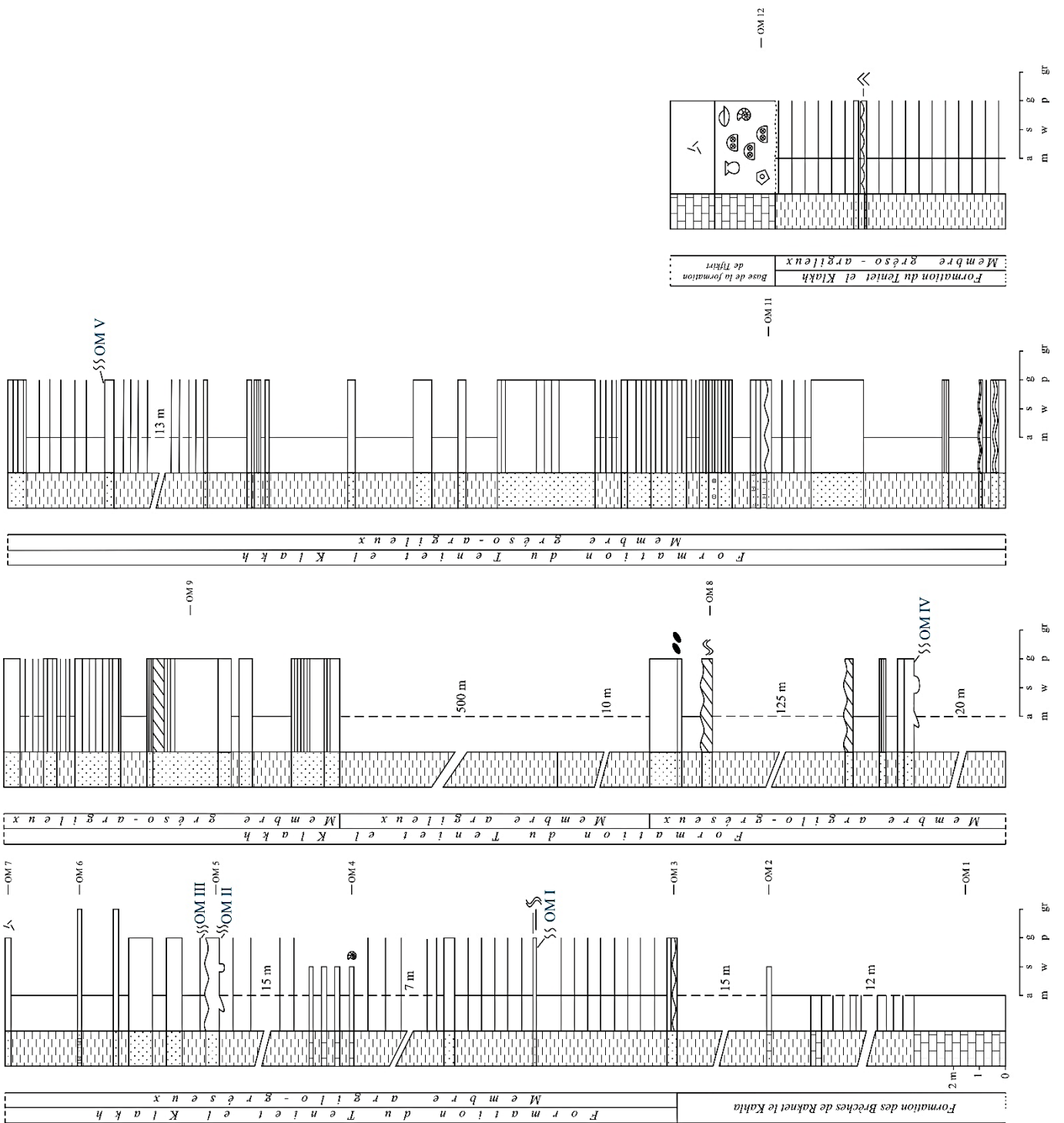


Fig. 7 : Coupe de Oued el Melah.

## 1- Membre argilo-gréseux

Le membre inférieur de la formation de Teniet el Klakh a une épaisseur d'environ 190 m. Il débute par un niveau gréseux micacé (Pl. I, fig. 4), d'épaisseur centimétrique, de teinte noirâtre, rarement brunâtre, à la patine et verdâtre à la cassure et à ciment carbonaté. Ce banc passe à une alternance d'argiles et de passées gréseuses, puis à un autre banc, de même nature, de 0,13 m d'épaisseur, affecté par des glissements synsédimentaires (Pl. I, fig. 6) et montrant à sa base des traces d'activité organique (ichnofossiles) (Fig. 7 ; Pl. VI, fig. 1).

La coupe se poursuit par une intercalation dilatée d'argiles verdâtres et de plaquettes de grès ainsi que 3 bancs de calcaire silteux, jaunâtres à la patine et grisâtres à la cassure, de 0,20 à 0,40 m d'épaisseur et à restes d'ammonites mal concernées. Cette partie est surmontée par un niveau gréseux montrant à la base des figures d'affouillement (*flute casts* - Pl. II, fig. 1), dont certains sont de tailles importante (*megaflute casts* - Pl. II, fig. 2), et des figures en cannelures (*groove casts* - Pl. 2, fig. 1) et, au sommet, des rides de courant. Il y a lieu de signaler également une diversité de traces fossiles à la base de ce banc (Fig. 7 ; Pl. VI, fig. 2 à 5 et Pl. VII, fig. 1 et 2).

Le reste du membre est constitué par une intercalation de niveaux gréseux, d'un banc de calcaire oolithique et bioclastique, d'un grès oolithique et d'argiles. Celles-ci deviennent importantes vers le sommet (jusqu'à 125 m). Les grès sont de teinte noirâtre, rarement brunâtre, à la patine et verdâtre à la cassure et d'épaisseur variable (0,20 à 0,40 m). Le calcaire oolithique et bioclastique est de couleur ocre et de 0,15 m d'épaisseur (Pl. II, fig. 3).

Deux (2) bancs de grès, notés OM20 et OM34 (Fig. 7) montrent dans cette partie de la coupe des traces d'activité organique (Pl. VII, fig. 3 et 4). D'autres figures sédimentaires, de type hydrodynamique, sont observées également au sein du niveau OM34. Il s'agit de *flute casts* et *prod casts* (Pl. II, fig. 2 et 4 et 5). Notons aussi la présence de litages horizontaux, de rides et de litages de rides de courant et de laminations convolutées (*convolute laminations*) dans d'autres niveaux gréseux (Pl. III, fig. 1 et 2).

Enfin, le dernier banc du membre montre à sa base des traces de galets mous (Pl. III, fig. 3).

## 2- Membre moyen argileux

Les affleurements du second membre de cette formation ne sont malheureusement pas très nets. Ils sont totalement cachés par des alluvions récentes et occupent toute la dépression située entre le flanc NE de Djebel Chemarikh et le premier relief, en direction du SE. Ils ont une puissance de 500 m (Fig. 8).



Fig. 8 : Panorama montrant les deux premiers membres de la formation de Teniet el Klakh (A : Membre argilo-gréseux ; B : Membre argileux). Notez l'épaisseur importante du second membre (500 m), caché par des alluvions récentes.

### 3- Membre supérieur gréseux-argileux

Le dernier membre de la formation a une épaisseur de 73 m. Il est matérialisé par une alternance d'argiles verdâtres feuilletées et de bancs de grès. Cette alternance est d'abord serrée, puis dilatée. Dans la partie serrée, les bancs sont d'épaisseur plus importante par rapport à ceux du premier membre (Fig. 7). Celle-ci commence par un banc gréseux massif, puis en plaquettes, de 0,60 m d'épaisseur, brun à la patine et passe à un banc de même aspect (Pl. III, fig. 4). Elle se poursuit par une intercalation d'argiles et de bancs gréseux à grains fins à moyens, d'épaisseur centimétrique à métrique, parfois massifs et parfois montrant des figures sédimentaires primaires telles que des litages horizontaux et obliques (Pl. III, fig. 5), des rides de courant, ainsi que des rides grimpanes (*climbing ripples*) observées dans 2 niveaux (Pl. IV, fig. 1 et 2). Notons que les litages horizontaux sont souvent associés à des grains d'oolithes (Pl., IV, fig. 3).

L'alternance dilatée de ce membre est constituée par des argiles verdâtres à passées ou à bancs de grès, massifs ou en plaquettes, montrant rarement des figures sédimentaires hydrodynamiques. Ces derniers correspondent à des litages horizontaux (Pl. IV, fig. 4) et à des rides et litages de rides de vagues en chevrons, observées au sein d'un banc de 0,05 m d'épaisseur, de teinte ocre à la patine et jaunâtre à la cassure (Pl. V, fig. 1). Notons, enfin, qu'un des bancs gréseux montre à sa surface des traces d'activités organiques (Pl. VI, fig. 5).

La fin de la formation de Teniet el Klakh correspond à des argiles intercalées par des passées gréseuses. (Fig. 9)



Fig. 9 : Photo panoramique montrant le passage entre les formations de Teniet el Klakh et de Tifkirt.

Légende : A : Partie sommitale de la formation de Teniet el Klakh ; B : Partie basale de la formation de Tifkirt (a : membre inférieur récifal, b : membre supérieur post-récifal). Notez l'aspect lenticulaire du membre inférieur (a).

### **B- Formation de Tifkirt**

Dans ce secteur, la formation de Teniet el Klakh est surmontée par une masse récifale, formant la base de la formation sus-jacente de Tifkirt. Celle-ci correspond au second épisode récifal de la formation, ou Récif Médian (RM), au sens de Tlili (1995). Il s'agit d'une barre carbonatée lenticulaire, mesurant environ 20 m d'épaisseur dans sa partie centrale (Fig. 9).

Seule la partie inférieure de la barre récifale a fait l'objet de notre étude. Celle-ci repose par ravinement sur la formation de Teniet el Klakh (Pl. V, fig. 2). Elle est constituée par 2 niveaux de calcaires bioclastiques, d'épaisseur respectivement de 2,30 et 1,70 m, de teinte brunâtre à la patine et grisâtre à la cassure et riches en restes d'organismes (polypiers solitaires ou coloniaux, bivalves, plaques d'échinodermes, brachiopodes etc.) (Pl. V, fig. 3 et 4).

## **II- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE**

L'attribution stratigraphique de la formation de Teniet el Klakh est basée sur les travaux des anciens auteurs vu qu'aucun fossile dateur n'a malheureusement été trouvé dans notre coupe.

Dès 1973, grâce à la présence de rares ammonites, Bassoulet a pu dater la formation de Teniet el Klakh du Bajocien supérieur (Zone à Niortense - Fig. 10). Cet âge sera confirmé plus tard par Alméras *et al.* (1994), Ouali Mehadji (1995) et Elmi *et al.* (1998) à partir de la même faune. Cette attribution

stratigraphique a été effectuée sur des niveaux carbonatés situés dans la partie terminale de la formation, au niveau de la dépression d'Ain Rhezala (NW de Djebel Chemarikh).

STAGES (and SUBSTAGES) UPPER JURASSIC		Ammonites Zones South Tethyan Domain	
MIDDLE JURASSIC		?	
CALLOVIAN Ca	UPPER UCa	46 TREZEENSE	Tz
	MIDDLE MCa	45 CORONATUM 44 ARKELLI	Co Ar
	LOWER LCa	43 GRACILIS 42 BULLATUS	Gl Bs
BATHONIAN Bt	UPPER UBt	41 RETROCOSTATUM	Re
	MIDDLE MBt	40 BREMERI 39 MORRISI 38 SUBCONTRACTUS 37 PROGRACILIS	Br Mo Sc Pg
	LOWER LBt	36 AURIGERUS 35 ZIGZAG	Au Zi
BAJOCIAN Bj	UPPER UBj	34 PARKINSONI 33 GARANTIANA 32 NIORTENSE	Pa Ga Ni
	LOWER LBj	31 HUMPHRIESIANUM 30 PROPINQUANS 29 LAEVIUSCULA 28 DISCITES	Hu Pr Le Di
AALENIAN Aa	UPPER UAa	27 CONCAVUM	Cc
	MIDDLE MAa	26 BRADFORDENSIS 25 MURCHISONAE	Bd Mu
	LOWER LAa	24 OPALINUM	Op

Fig. 10 : Zonations d'ammonites dans le domaine sud-tethycien (D'après Elmi *et al.*, 1998).

Par la suite, Oudjoudi (2003) note la présence d'ammonites dans la partie supérieure de la formation, dans le secteur de Raknet el Kahla, au Nord de Djebel Chemarikh. Celles-ci confirment l'âge Bajocien supérieur (Zone à Niortense) des auteurs précédents.

## Chapitre 3

# SEDIMENTOLOGIE

## **INTRODUCTION**

L'étude sédimentologie de la formation de Teniet el Klakh comporte deux démarches successives :

- (1) la définition des faciès ;
- (2) leur interprétation et la définition des milieux de dépôts.

La définition des faciès sera basée sur la lithologie, le type de structures sédimentaires, l'épaisseur, la stratonomie, la dimension de particules (granulométrie) et la couleur.

La seconde étape consiste à interpréter les faciès, de point de vue hydrodynamique et palichnologique, en vue de reconstituer les environnements de dépôts.

## **I- DESCRIPTION & INNTERPRETATION DES FACIES**

L'étude de la formation de Teniet el Klakh nous a permis de définir 3 faciès principaux : faciès gréseux (A), facies argileux (B) et faciès carbonaté (C).

### **A- Facies gréseux (FA)**

#### **1- Description**

Dans le secteur d'étude, ce faciès est surtout observé dans le premier et le dernier membre de la formation de Teniet el Klakh. Il s'organise généralement en passées ou en bancs centimétriques à métriques.

Ce faciès peut être subdivisé en 5 sous-faciès.

#### **1.1- Sous-faciès de grès à litages horizontaux (FA-I)**

##### **a)- Description**

Les litages horizontaux sont à géométrie plane et continue (Fig. 11) et ont été repérés au sein d'un banc de grès moyen dans la partie sommitale du membre inférieur et, surtout, dans d'autres bancs de même nature dans le membre supérieur (Pl. IV, fig. 3 et 4 ; Pl. V, fig. 1). Pour le premier, il s'agit d'un banc de grès, de couleur noirâtre à la patine et verdâtre à la cassure de 0,25 m d'épaisseur. Dans le second membre, ils occupent toute la section ou juste la partie médiane ou supérieure des bancs dont l'épaisseur est centimétrique à métrique (jusqu'à 3,7 m), souvent noirâtres à la patine et verdâtres à la cassure.

Notons qu'un de grès à grain moyen situé dans le membre inférieur de la formation est affecté par des structures liées à des déformations synsédimentaires (Pl. I, fig. 6).

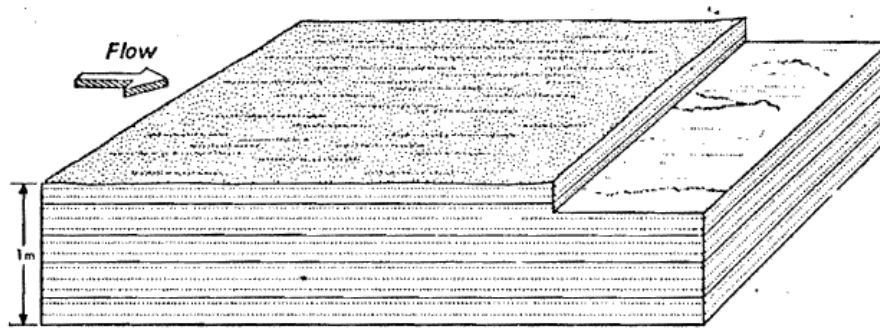


Fig. 11 : Litage horizontaux (*Plan beds*) (d'après Allen, 1977).

### b)- Interprétation

Les litages horizontaux observés dans les bancs gréseux reflètent l'action d'un courant unidirectionnel provoqué par un régime d'écoulement supérieur (*Upper Flow Regime*), accompagné d'un courant puissant (Collinson & Mountney, 2019 ; Chamley & Deconinck, 2000 ; Cojan & Remard, 2021) (Fig. 12).

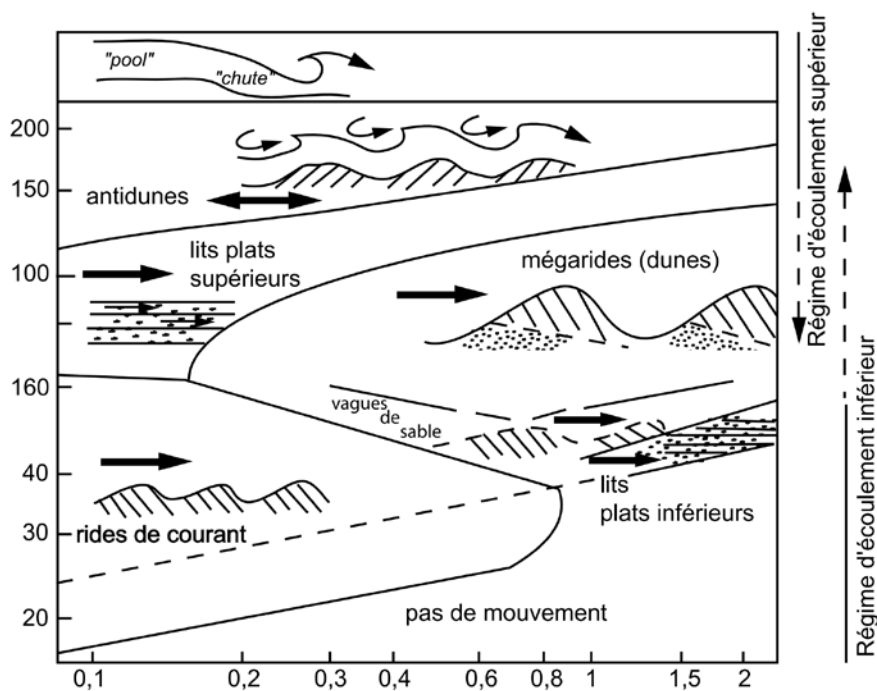


Fig. 12 : Principales formes sédimentaires en fonction du régime D'écoulement d'un courant unidirectionnel (d'après Cojan et Remard, 2021).

## 1.2- Sous-faciès de grès à rides et/ou à laminations de rides de courants et de vagues (FA-II)

### a)- Description

Ce sous-faciès est présent dans les deux membres, inférieur et supérieur, de la formation, mais surtout dans le premier.

Concernant d'abord les rides de courant, celles-ci sont asymétriques et se présentent sous 2 formes distinctes : soit individuelles, soit l'une au-dessus de l'autre (rides grimpantes ou *climbing ripples*) :



- rides individuelles : Elles sont observées au sommet ou en section de bancs gréseux, d'épaisseur centimétrique, à grains fins à moyens, de couleur noirâtre à la patine et gris-verdâtre à la cassure (Fig. 7, p. ?; l. III, fig. 1). On note à la base de deux strates, la présence de figures d'affouillement (*flute casts*) et d'objets (*prod casts* et *groove casts*) (Pl. II, fig. 1, 2, 4 et 5). L'une d'elle montre également des ichnofossiles (Pl. VI, fig. 2 à 5).

Les laminations obliques de rides de courants sont parfois associées aux rides (Pl. III, fig. 1), et parfois isolées en section des bancs (Fig. 7, p. ?).

L'étude microscopique de l'échantillon OM 3, situé à la base de la formation, montre la présence de grains de quartz liés par un ciment argilo-carbonaté. La texture correspond à un packstone à grainstone (Dunham, 1962) (Pl. VIII, fig. 1).

- Rides grimpantes (*Climbing ripples*) : elles sont observées dans le membre supérieur, aux seins de deux bancs gréseux moyens, d'épaisseur centimétrique et de teinte jaunâtre à la patine et à la cassure (Pl. IV, fig. 1 et 2).
- Rides de vagues : ces figures, plus ou moins bien préservées, ont été observées à la surface d'un banc de grès noirâtre à la patine et gris-verdâtre à la cassure, d'environ 0,10 m d'épaisseur. Cette strate montre en section, des litages de rides de vagues en chevrons (Pl. V, fig. 1).

### **b)- Interprétation**

Les rides de courant sont dues à un courant unidirectionnel suffisamment important pour transporter des éléments détritiques sableux. Pour des vitesses et turbulences croissantes, nous obtiendrons ces rides après la déformation de la surface sédimentaire plane (Chamely et Deconinck, 2011) (Fig. 12).

Les figures de base de bancs sont liées à un courant érosif. Elles se forment en général à la surface de sédiments possédant une certaine cohésion (boues, argiles).

Les figures en flûtes (*flûte casts*) représentent la figure d'affouillement la plus répandue. Ces creusements allongés, discontinus et d'axe parallèle au courant sont liés à des courants tourbillonnaires (Cojan et Renard, 2021).

Les figures d'objets (*tool marks*) sont créées par les impacts, sur un substrat meuble, d'objets durs transportés par un courant (galets, fossiles, etc.). Elles sont produites par des objets soit roulés ou

traînés sur le fond (*groove casts*) ou projetés très obliquement contre le fond (*prod cast*) (Chamely et Deconinck, 2011).

Ces figures, expression de conditions hydrodynamiques particulières, s'observent dans des environnements très diversifiés.

Les rides grimpantes résultent de l'action d'un courant unidirectionnel, simultanée, compétitive entre la traction des grains sur le fond (migration des rides) et l'alimentation par les particules en suspension (aggradation des rides vers le haut). Elles sont fréquentes dans des sédiments d'origines diverses, comme dans les systèmes fluviaux, deltaïques et les cônes détritiques sous-marins (*in* Nemra, 2013). Ces structures permettent non seulement d'identifier les propriétés de l'écoulement responsable de leur formation mais sont les seules parmi les structures sédimentaires qui donne une information sur le taux de sédimentation à court terme (Allen, 1973 ; Ashley *et al.*, 1982 ; Chaudhuri, 2005 ; Collinson *et al.*, 2006, 2019 ; Devleeschouwer, 2008, 2009 ; Sylvester, 2008 ; Jobe *et al.*, 2012).

Concernant les rides grimpantes observées dans nos affleurements, celles-ci sont du modèle S, du type 2, d'après la classification de Allen (1973) (Fig. 16).

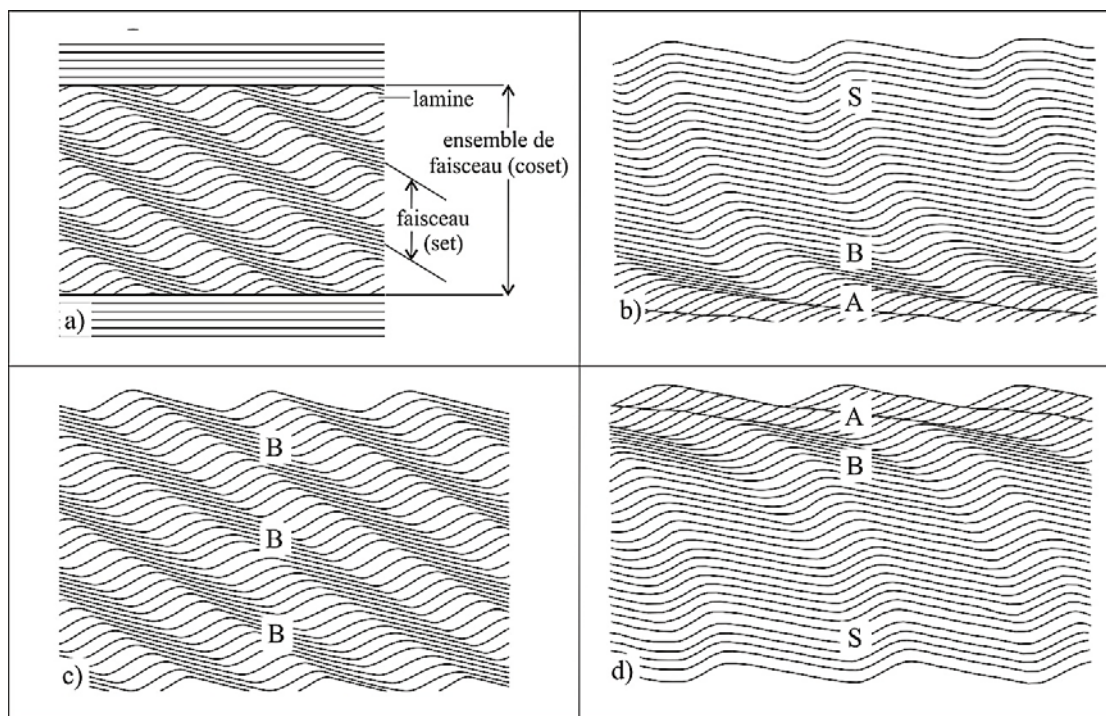


Fig. 16 : Schéma des rides grimpantes avec les différents modèles (D'après Allen, 1973, *in* Nemra, 2013).

a) Termes descriptifs. b) Model 1. c) Model 2. d) Model 3)

Les laminations obliques sont liées à la formation des rides de courants. Elles sont inclinées du même côté que le versant de dépôt de ces rides, suivant une direction généralement parallèle à celle du courant (Chamely et Deconinck, 2011 ; Merzeraud, 2017 ; Cojan et Renard, 2021).

Quant aux litages de rides vagues en chevrons, leur géométrie atteste de l'action oscillatoire des courants de vagues. Chaque faisceau de lamines est incliné en fonction du va et vient de ce courant. D'après Merzeraud (2017), ces structures sont liées à des rides à vortex 2D (ou rides orbitales) provenant d'un tourbillon qui construit la ride en déplaçant le sable de chaque côté des crêtes de rides (Fig. 17).

### 1.3- Sous-faciès de grès massif (FA-III)

#### a)- Description

On observe ce sous-faciès dans les 2 membres inférieur et supérieur de la formation. Il est représenté par des grès sans structures sédimentaires apparentes, à grains fins à moyens, ou encore grossiers, de couleur noirâtre à la patine, verdâtre à la cassure (Pl. III, fig. 4 ; Pl. IV, fig. 3). Leur épaisseur est d'ordre centimétrique à métrique.

L'un des bancs massifs, situé dans le membre inférieur argilo-gréseux, montre à sa base des traces de galets mous (*Mud clasts/Rip-up clasts*).

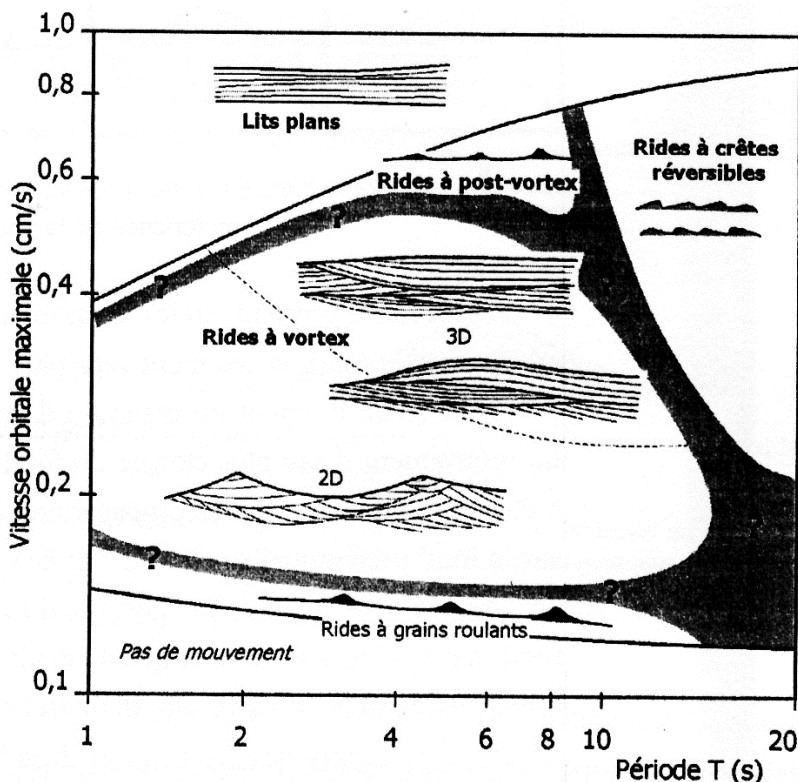


Fig. 17 : Diagramme de répartition des litages en fonction de la vitesse orbitale et de la périodes des vagues (d'après Harms *et al.*, 1982, adapté par Merzeraud, 2017).

## b)- Interprétation

Les grès massifs résultent d'une sédimentation rapide, à partir d'un matériel en suspension, avec destruction de structures primaires antérieures (Simpson, 1987 ; Simson & Eriksson, 1990), lors d'un courant de haut énergie, tel que celui produit par des tempête ou des écoulements turbides (Allen, 1987 ; Miall, 1997).

Les clastes de boue ou galets mous, sont probablement le résultat de l'érosion ou de la bioturbation des sédiments boueux. Ces clastes sont transportés dans un écoulement (par gravités ou écoulement de turbidites) d'après la classification de Shunli *et al.* (2017). Ils indiquent une large gamme d'environnements de dépôt, allant du littoral, au plateau continental dominé par les vagues où leurs formes arrondies indiquent une longue distance de transport (Fig. 18).

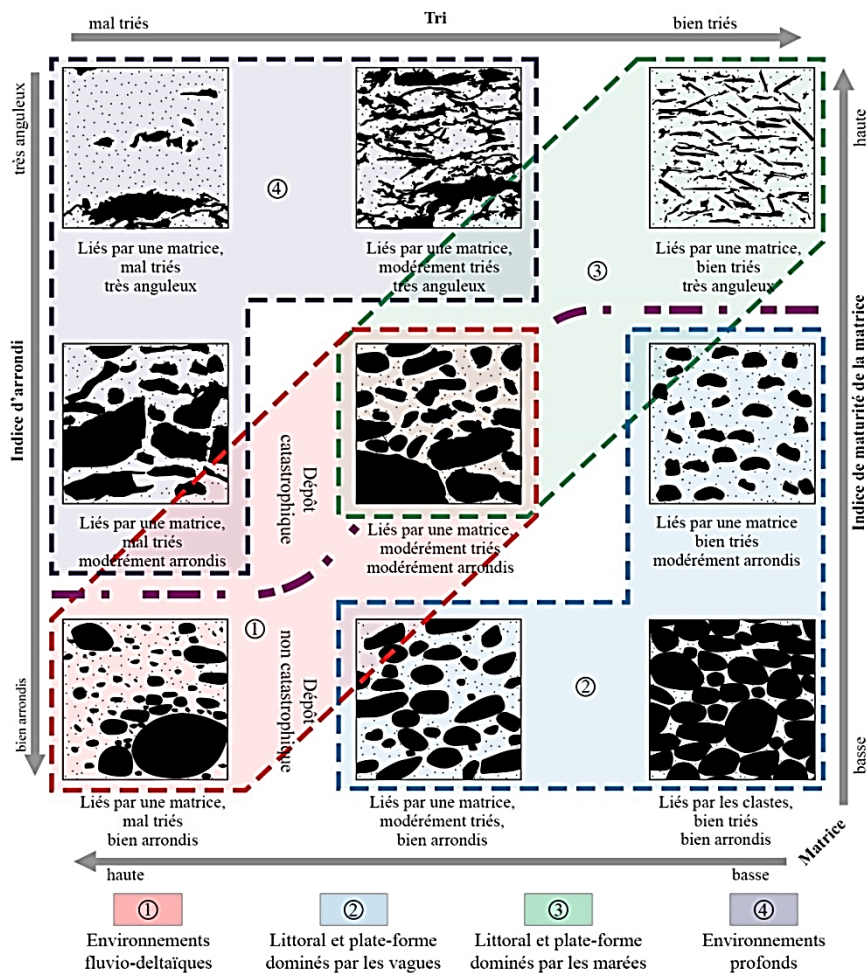


Fig. 18 : Diagramme schématisant les principales caractéristiques texturales identifiées dans divers environnements sédimentaires. (D'après Shunli *et al.*, 2017, modifié in Bradai, 2022).

## B- Facies argileux (FB)

### a)- Description

Ce faciès est présent dans toute la formation de Teniet el Klakh, mais particulièrement dans son membre médian où il atteindrait 500 m. Il est souvent de couleur verdâtre et d'aspect schisteux.

Dans le premier est le dernier membre, il s'alterne avec des bancs ou des passées de grès (Pl. I, fig. 4).

### **b)- Interprétation**

Le faciès des argiles caractérise les dépôts dans un milieu calme dont le principal processus sédimentaire à l'origine de la mise en place de ce faciès est celui du dépôt par décantation. Ce dernier s'effectue lorsque les actions hydrodynamiques interviennent peu ou pas et autorisent la chute lente des particules élémentaires vers le fond (Chamley et Deconinck, 2011 ; Cojan et Renard, 2021).

### **C- Facies carbonaté (FC)**

Le faciès carbonaté peut être subdivisé en deux sous-faciès : calcaire micritique (C-I) et calcaire oolithique (C-II).

#### **1- Sous-faciès des calcaires micritiques (FC-I)**

##### **1.1- Description**

Ce sous-faciès est présent sur le dernier niveau de la formation des Brèche de Raknet el Klakh (Pl. I, fig. 1 et 2). Il se présente en plaquettes jaunâtres à la patine et gris-verdâtres à la cassure. Il est également présent dans les premiers niveaux du membre inférieur de la formation de Teniet el Klakh, sous forme de 3 bancs successifs, séparés par des argiles (Fig. 7, p. ?).

L'étude microscopique de l'échantillon OM1 (Formation des Brèches de Raknet el Kahla) montre un ciment micritique à rares bioclastes indéterminés (Pl. VIII, fig. 2). La texture est mudstone (Dunham, 1962) et correspond à une biomicrite selon la classification de Folk (1959).

L'étude microscopique de l'échantillon OM4, prélevé dans la formation de Teniet el Klakh, révèle la présence d'un ciment micritique, à microfilaments (Pl. VIII, fig. 3), avec une texture mudstone correspond à une biomicrite selon la classification de Folk (1959).

##### **1.2- Interprétation**

Les calcaires micritiques représentent une sédimentation autochtone, purement chimique, propre au bassin de sédimentation qui résulte de l'atténuation du flot détritique responsable de l'arrivée des grains de quartz.

## 2- Sous-faciès de calcaire oolithique (FC-II)

### 2.1- Description

Ce sous-faciès est observé dans la partie inférieure du premier membre de la formation Teniet el Klakh, au sein d'un banc de calcaire bioclastique, de couleur ocre et d'une vingtaine de cm d'épaisseur.

L'étude microscopique de l'échantillon OM6 montre des oolithes sont de formes arrondies ou ovoïdes, à nucleus et cortex souvent micritisés. Ce dernier est également affecté par l'activité microbienne. Nous notons également la présence de fragments de bioclastes, tels que des plaques d'échinodermes. Le ciment est sparitique (Pl. VIII, fig. 4 à 6).

### 2.2- Interprétation

La mise en place du calcaire oolithique serait liée à une arrivée sporadique de décharges carbonatées, oolithiques et bioclastiques, transportées à partir d'une source plus ou moins lointaine.

## II- INVENTAIRE ET INTERPRETATION DES ICHNOFOSSILES

### A- Inventaire des ichnofossiles

Les traces fossiles ont été rencontrées dans le membre inférieur argilo-gréseux (Niveaux OM I à OM IV) (Pl. VI, fig. 1 à 5 et Pl. VII, 1 à 4) et à la surface d'un banc gréseux, dans le membre supérieur gréso-argileux (Pl. VII, fig. 5). Le tableau ci-dessous regroupe les ichnofossiles trouvés au sein de la formation de Teniet el Klach (Fig. 19).

Ichnotaxons	Pré-/Post-dépôt	Classification toponomique	Catégorie éthologique
<i>Circulichnis montanus</i>	Post-	Hyporelief	<i>Fodinichnia</i>
<i>Gyrochorte</i> isp.	Post-	Epirelief	<i>Fodinichnia/ Pascichnia</i>
<i>Helminthoidchnites</i> isp.	Pré-	Hyporelief	<i>Fodinichnia/ Pascichnia</i>
<i>Lockeia</i> isp.	Pré-	Hyporelief	<i>Cubichnia</i>
cf. <i>Ophiomorpha</i>	Post-	Hyporelief	<i>Domichnia</i>
<i>Oravaichnium</i> cf. <i>hrabei</i>	Pré-	Hyporelief	<i>Cubichnia</i>
<i>Palaeophycus tubularis</i>	Post-	Hyporelief	<i>Fodinichnia/Domichnia</i>
? <i>Palaeophycus striatus</i>	Post-	Hyporelief	<i>Fodinichnia/Domichnia</i>
<i>Planolites beverleyensis</i>	Post-	Hyporelief	<i>Pascichnia</i>
<i>Planolites montanus</i>	Post-	Hyporelief	<i>Pascichnia</i>
? <i>Spirophycus</i> isp.	Pré-	Hyporelief	<i>Pascichnia?</i>
<i>Thalassinoides suevicus</i>	Post-	Hyporelief	<i>Fodinichnia/Domichnia</i>
<i>Chondrites</i> isp.			

Fig. 19 : Inventaire des traces fossiles avec leurs classifications toponomiques et éthologies.

## **B- Interprétation des ichnofossiles**

La répartition spatio-temporelle des traces fossiles est faible sur toute la coupe d'étude. Nous pouvons distinguer 2 ichno-assemblages :

(1) Le premier ichno-assemblage concernant le membre inférieur de la formation. Il montre une ichnodiversité relativement faible, avec diverses variétés éthologiques. Il s'agit des traces suivantes : *Circulichnis montanus*, *Helminthoidchnites* isp., *Lockeia* isp., cf. *Ophiomorpha*, *Oravaichnium* cf. *hrabei*, *Palaeophycus tubularis*, ?*Palaeophycus striatus*, *Planolites beverleyensis*, *Planolites montanus*, ?*Spirophycus* isp., et *Thalassinoides suevicus*. Ces traces sont produites par des organismes opportunistes qui viennent exploiter le fond marin à substrat meuble (*soft*), oxygéné et riche en matière nutritive, directement avant et/ou après l'arrivée des dépôts détritiques amenés par un écoulement de courants de densité faible à moyenne, déclenché suite à un déséquilibre gravitaire.

Les caractéristiques de cet ichno-assemblage permettent d'attribuer l'association de ces traces fossiles à un environnement relativement profond et calme, de bordure de plate-forme externe à talus à tablier (*intraslope minibassin sensu* Posamentier et Walker, 2006). Classiquement, la présence des ichnofossiles *Circulichnis montanus*, *Helminthoidchnites* et ?*Spirophycus* isp. est considérée comme ichnofaune typique de l'ichnofaciès à *Nereites* et indiquerait une bathymétrie assez importante (*i.e.*, talus argileux, faciès des flyches ; Seilacher, 1967, 2007 ; Frey et Seilacher, 1980 ; Uchman, 1995 ; Wetzel et al., 2007 ; Buatois et Mángano, 2011 ; Knaust et Bromley, 2012). Cette ichno-association évoque l'ichnofaciès à *Nereites*, ponctuée temporairement par des chocs sismiques induisant des instabilités responsables des structures de déformation syn-sédimentaire observées.

(2) Le deuxième ichno-assemblage concerne le membre supérieur grés-argileux de la formation. Il est dominé par la trace fossile *Gyrochorte* isp., un terrier *Fodinichnia/Pascichnia*, post-dépôt, qui est produit par un animal opportuniste colonisant le fond marin lors de la recherche active de nourriture piégée dans un substrat meuble/induré (*soft/firm*) et qui atteste d'une oxygénation normale avec disponibilité de la matière nutritive accumulée au sein des substrats après des événements de haute énergie, dans des milieux marins aérobiques à énergie faible à modérée. Cela nous permet de l'attribuer à l'ichnofaciès à *Cruziana* méso-distal.

## **III- ASSOCIATION DE FACIES DE LA FORMATION DE TENIET EL KLAKH**

Le regroupement des faciès identifiés dans notre formation d'étude nous permet de mettre en évidence 3 associations, notées I, II et III.

## A- Association I

Cette association coïncide avec le membre inférieur (argilo-gréseux). Elle est formée principalement par 2 faciès, gréseux (A) et argilo (B), et accessoirement, par des niveaux de calcaires micritiques et un banc oolithique (C).

Le faciès gréseux représenté notamment par les sous-faciès de grès à litages horizontaux (FA-I) et de grès à rides et/ou à laminations de rides courants (FA-II), en association avec le faciès argileux (B) déterminent des séquences incomplètes ou rabougries de Bouma (1962 - fig. 20), matérialisées notamment par les expressions Tace, Tbdce, Tcde, ou encore Tce. Ces expressions sont toutes observées dans des bancs gréseux à grains fins à moyens et d'épaisseur centimétrique Il s'agit vraisemblablement de dépôts engendrés par des courants de turbidité de faible densité (*low density turbidity*).

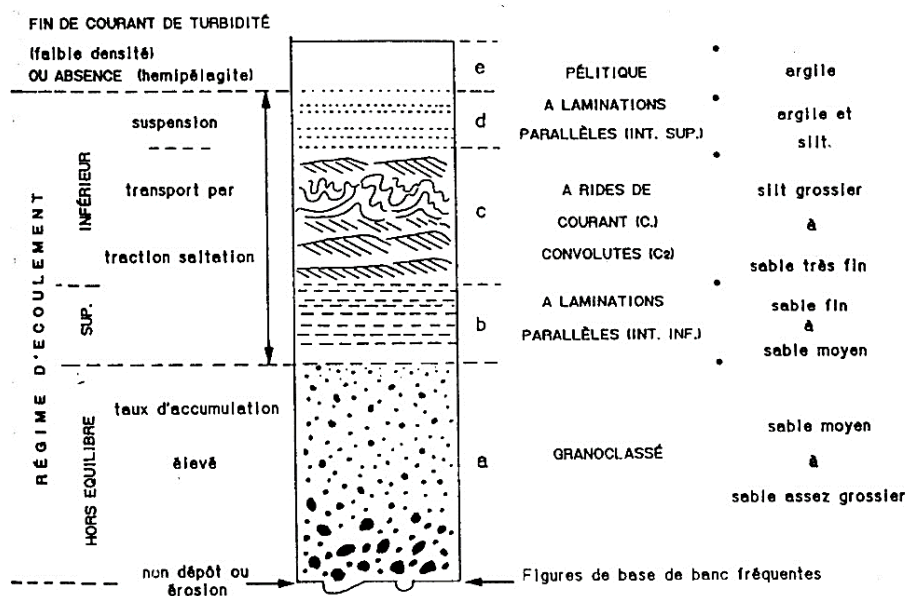


Fig. 20 : Séquence de Bouma (1962).

Par ailleurs, les traces fossiles observées à la base de certains bancs gréseux appartenant à cette association (premier ichno-assemblage) ont montré une ichnofaune typique de l'ichnofaciès à *Nereites*, mise en place sous une bathymétrie assez importante.

Les calcaires micritiques (Sous-faciès FC-I) seraient liés à une accalmie de ces flots turbides et représentent une sédimentation autochtone. Le niveau de calcaire oolithique (Sous-faciès FC-II) est quant à lui issu d'un bref épisode lié à l'arrivée de grains oolithiques et de fragments de fossiles (bioclastes).

En résumé, cette association I est caractérisée par :

- (1) un rapport de grès/argile est faible ;
- (2) la présence de séquence de turbidité de Bouma incomplètes et rabougries ;



- (3) une granulométrie fine et moyenne des faciès gréseux ;
- (4) l'existence de structures de glissements synsédimentaires ;
- (5) la présence d'ichnofossiles indiquant un milieu profond d'ichnofaciès à *Nereites*.

D'après ces caractéristiques, il ressort que l'association I s'est mise en place au niveau d'un éventail détritique sous-marin ou système aquatique profond (*Deep Water System* - Fig. 21). La présence de turbidites fines, l'abondance des argiles et les caractéristiques de l'ichno-assemblage plaident pour un environnement de cône détritique sous-marin moyen à supérieur, d'après le modèle de Walker et Mutti (1973) ou *mid-fan* de Normark (1970). Il s'agit d'une sédimentation d'inter-chenaux et/ou interlobes.

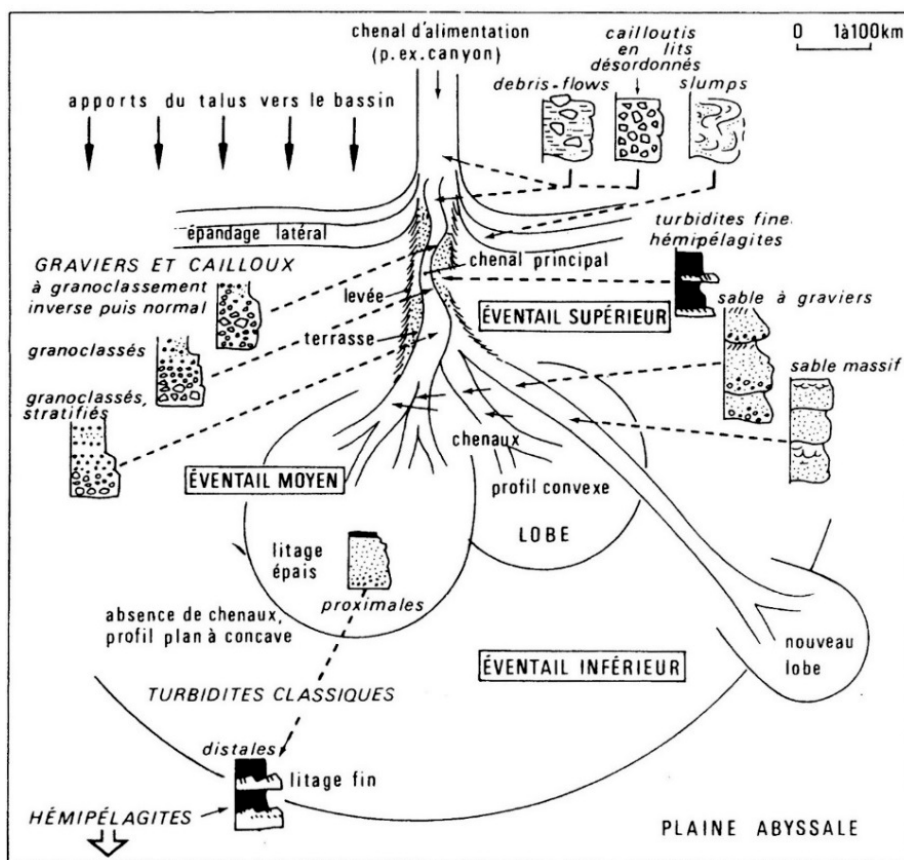


Fig. 21 : Modèle de Walker et Mutti (1973).

## B- Association II

Cette association concerne le membre médian argileux de la formation de Teniet el Klakh. Bien que cachée par les alluvions récentes, il semblerait qu'elle soit formée par une très grande proportion d'argiles. Celles-ci se sont mises en place dans un milieu relativement profond et calme correspondant à la sédimentation hémipélagique, propre au bassin.

### **C- Associations III**

Cette dernière association correspond au membre supérieur grés-argileux de la formation. Nous remarquons l'augmentation de l'épaisseur des bancs gréseux et la diminution des passées gréseuses. Cette association est formée du faciès gréseux (FA), représenté par les grès à laminations horizontales (FA-I), des grès à rides et/ou à laminations de rides de courants et de vagues (Sous-faciès FA-II), des grès massifs (FA-III) et par des argiles (Sous-faciès FB). Elle illustre des expressions incomplètes de la séquence de Bouma (1962), représentées par les termes Tcde, Tbe ou Tde et probablement Tae (grès massifs). Un seul banc gréseux à rides et à litages de rides de vagues en chevrons (Sous-faciès FA-III) a été trouvé aux seins des affleurements.

Par ailleurs, l'interprétation des traces fossiles a indiqué une zone d'ichnofaciès médio- à distale à *Cruziana*.

La présence de turbidites fines ainsi que les données palichnologiques plaident pour un environnement de dépôt de type cône détritique sous-marin, et plus probablement, la partie proximale de celui-ci, en bordure de plate-forme. La sédimentation se serait mise en place dans la zone d'inter-chenaux de cette partie du cône.

### **IV- ESSAI D'INTERPRETATION SEQUENTIELLE**

Cet essai d'interprétation séquentielle concerne la formation de Teniet et Klakh et la base de celle de Tifkirt (Fig. 22).

La tendance générale de l'organisation verticale des affleurements, par rapport à la variation du niveau relatif de la mer, sur la plate-forme, montre d'abord une régression, depuis l'association I (Membre inférieur argilo-gréseux), mise en place dans un cône détritique moyen, vers l'association II (Membre argileux), installée dans la partie distale de cet appareil détritique. Par la suite, la tendance s'inverse et devient transgressive, lors des dépôts du membre terminal grés-argileux de la formation d'étude, et des carbonates récifales de la base de celle de Tifkirt.

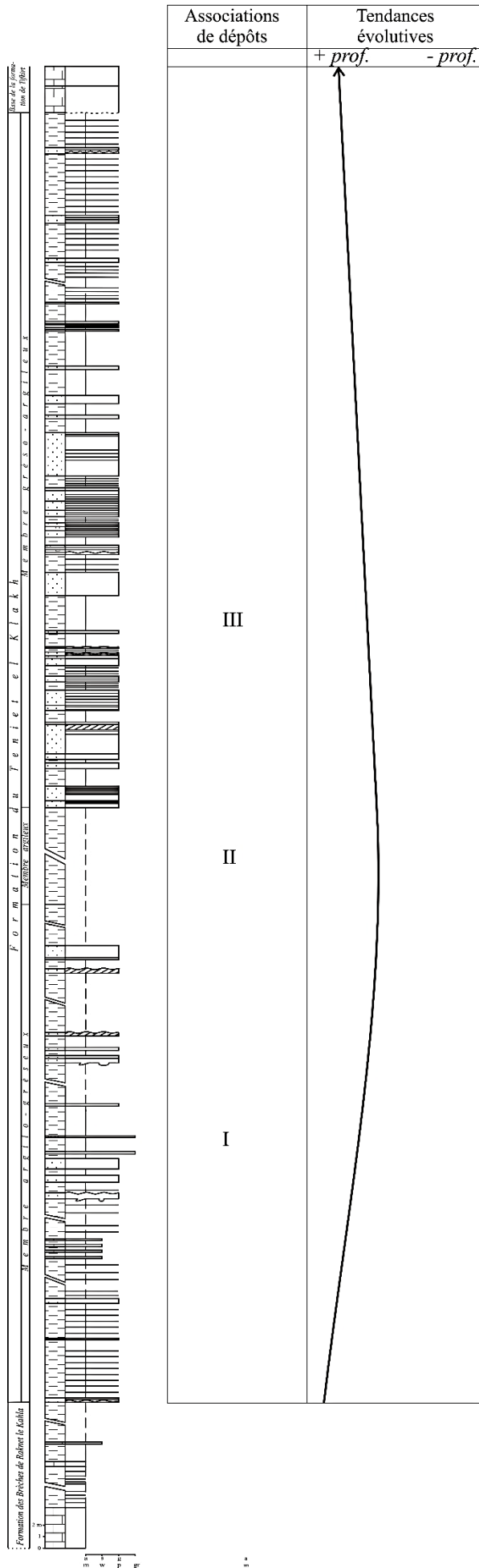


Fig. 22 : Evolution des dépôts de la formation de Teniet el Klakh et de la base de celle de Tifkirt.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion générale

A la fin de ce mémoire, il nous semble nécessaire de présenter les différents résultats obtenus et l'apport de ce modeste mémoire dans la connaissance de la géologie des séries du Bajocien supérieur dans cette partie de l'Atlas saharien occidental (Ain Ouarka).

L'étude lithostratigraphique de la formation Teniet el Klakh, abordée pour la première fois au NE de Djebel Chemarikh, a montré la présence de 3 membres :

- Un membre inférieur argilo-gréseux : caractérisé par une alternance de bancs grès de couleur noirâtre, rarement brunâtre, à la patine et verdâtre à la cassure, et de niveau argileux. Certains niveaux gréseux montrent des structures sédimentaires primaires et une abondance relative de traces d'activité organique.
- un membre moyen argileux : Ce membre n'est malheureusement pas très net. Il est totalement caché par des alluvions récentes.
- un membre supérieur gréseux-argileux : Il est matérialisé par une alternance d'argiles verdâtres feuilletées et de bancs de grès, d'épaisseur plus importante par rapport à ceux du premier membre. Nous notons la présence des figures sédimentaires telles que des rides grimpantes (*climbing ripples*) et des litages horizontaux et des traces d'activité organiques

L'étude sédimentologique, basée principalement l'interprétation des structures sédimentaires hydrodynamiques et ichnologiques nous a permis de définir 3 principaux faciès : gréseux (FA), argileux (FB) et carbonaté (FC). Le premier a été subdivisé en plusieurs sous-faciès.

L'interprétation de ces faciès et sous-faciès a mis en évidence 3 associations de faciès :

- association I) : représente tout le membre inférieur argilo-gréseux. Elle s'est mise en place dans un éventail détritique sous-marin moyen.
- association II : concerne le deuxième membre argileux ; elle s'est déposée dans un milieu relativement profond et calme correspondant à la partie distale de ce cône détritique.
- association III : correspond au membre supérieur grés-argileux. Ses dépôts se sont installés dans la partie distale du cône détritique ou cône interne, en bordure de la plate-forme.

Enfin, l'organisation séquentielle des affleurements se traduit d'abord par une tendance régressive (associations I et II), puis transgressive (association III et base de la formation de Tifkirt).

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjal S. (2008)** – L'étude sédimentologique et organisation spatio-temporelle de quelques affleurements de l'Atlas saharien occidental au cours Bajocien supérieur-Bathonien inférieur. *Mém. Ingén., Univ. Oran*, 107 p.
- Allen J.R.L. (1973)** – A classification of climbing-ripple cross-laminations. *J. geol. Soc. Lond.* vol. 129, Northern Ireland, pp. 537-541.
- Allen G.P. (1977)** – Milieux et faciès sédimentaires de la côte Nord-Aquitaine. *Excursion Géologique, Comp. Fran. Pétroles, CNEOX* (édit), France. 30 p.
- Allen G.P. (1987)** – Les deltas : sédimentologie et explorations pétrolière. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t III, n°7, p. 1247-1269.
- Alpert S.P. (1975)** – *Planolites* and *Skolithos* from the Upper Precambrian-Lower Cambrian White-Inyo Mountains, California. *Journal of Paleontology*, 49, pp. 509-521.
- Alméras Y., Elmi S., Mekahli L., Ouali Mehadji A., Sadki D., Tili M. (1994)** - Biostratigraphie des Brachiopodes du Jurassique moyen dans le domaine atlasique (Maroc, Algérie). Contraintes environnementales et relation avec l'évolution verticale des peuplements d'ammonites. *Miscellanea Del Servizio Geol. Nazion., Italie*, vol. 5, pp. 219-241.
- Ashley. G.M., J.B. Southard & J.C. Boothroyd, (1982)** – Deposition of climbing-ripple beds: a flume simulation. *Sedimentology*. 29, 67-79.
- Bak K. (1995)** – Trace fossils and ichnofabrics in the Upper Cretaceous red deep-water marly deposits of the Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 64: pp. 81-97.
- Bassoullet J.-P. (1973)** – Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie) *Thèse Sci. Nat.*, Paris VI, 2 tomes, 497 p.
- Bendoudou M. & Hammadi M.A. (2007)** - Cartographie numérique au 1/50 000 de la feuille du Djebel Bou Lerhfad (Aïn Ouarka, Atlas saharien occidental). *Mém. Ingén. Etat, Université d'Oran*, 99 p.
- Billings E. (1862)** – New species of fossils from different parts of the Lower, Middle and Upper Silurian rocks of Canada, pp. 96-108. In *Palaeozoic Fossils*, vol. 1 (1861-1865). *Geological Survey of Canada*.
- Bjerstedt T.W. (1988)** – Trace fossils from the Early Mississippian Price Delta, southeast West Virginia. - *Journal of Paleontology*., 62, pp. 506-519.
- Bromley, R.G. (1996)** – Trace fossils. Biology, Taphonomy and Applications. London: Chapman & Hall, London. 361 p.



- Bromley R.G. & Asgaard U. (1979)** – Triassic fresh water ichnocoenosis from Carlsberg Fjord, east Greenland. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 28, pp. 39-80.
- Buatois L.A. & Mángano M.G. (1993)** – Trace fossils from a Carboniferous turbidite lake: Implications for the recognition of additional nonmarine ichnofacies. *Ichnos* 2, pp. 237-258.
- Buatois L.A., Jalfin G. et Aceñolaza F.G. (1997)** – Permian non marine invertebrate trace fossils from southern Patagonia, Argentina, ichnologic signatures of substrate consolidation and colonization sequences. *Journal of Paleontology* 71, pp. 324-336.
- Buatois L.A., Mángano M.G., Alissa A. & Carr, T.R. (2002)** – Sequence stratigraphic and sedimentologic significance of biogenic structures from a late Paleozoic marginal to open marine reservoir, Morrow Sandstone, subsurface of southwest Kansas, USA: *Sedimentary Geology*, 152, pp. 99-132.
- Buatois L.A. & Mángano G.M. (2002)** – Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: complications for ichnofacies models of continental environments. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 183, pp. 71-86.
- Buatois L.A. & Mángano M.G. (2003)** – Early colonization of the deep sea: Ichnologic evidence of deep-marine benthic ecology from the Early Cambrian of northwest Argentina. *Palaios*, 18, pp. 572-581.
- Buatois L.A. & Mángano M.G. (2011)** – Ichnology: organism-substrate interactions in space and time. *Presse de l'Université de Cambridge*, 358 p.
- Buatois L.A., Wisshak M., Wilson M.A. & Mángano M.G. (2017)** – Categories of architectural designs in trace fossils: a measure of ichnodisparity. *Earth-Sci. Rev.* 164, pp. 102-181.
- Chamley H. (2000)** – Base de sédimentologie. *Dunod (édit). Paris, France*, 178 p..
- Chamley H. & Deconinck J-F. (2011)** – Base de sédimentologie. *Dunod (édit)*, 3<sup>ème</sup> édi., 213 p.
- Chen Z.Q., Tong J. & Fraiser M.L. (2011)** – Trace fossil evidence for restoration of marine ecosystems following the end-Permian mass extinction in the Lower Yangtze region, South China: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299, pp. 449-474.
- Cojan I. & Renard M. (2021)** – Sédimentologie. Masson. 3<sup>ème</sup> édi., 491 p.
- Collinson J. & Mountney N. (2019)** – Sedimentary structures. *Dunedin Acad. Press*, Edinburgh, London, 340 p.
- Cornet A. (1947)** Observations géologiques dans l'Atlas saharien sud-oranais. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 38, 1-9, pp. 63-69, 8 fig.
- Cornet A. (1952)** – L'Atlas Saharien sud oranais. *XIX<sup>ème</sup> Congr. Géol. Intern., Alger*, Monographies. régionales, 1<sup>ère</sup> sér., 12, 51 p.
- Crimes T.P. (1974)** – Colonization of the early ocean floor. *Nature.*, 248, pp. 328-330.

- Crimes T.P. (1987)** – Trace fossils and correlation of late Precambrian and early Cambrian strata. *Geol. Mag.* 124 (2), pp. 97-119.
- Crimes T.P. (1992)** – Changes in the trace fossil biota across the Proterozoic-Phanerozoic boundary: *J. Geol. Soc.*, 149 (4), pp. 637-646.
- Devleeschouwer X. (2008-2009) - Cours de géologie (GEOL-F- 204)** – Structures sédimentaires, *université libre de Bruxelles (ULB), D.S.T.E, France*, 139 p.
- Douhasni. (1974)** – Etude structurale de la terminaison nord-orientale de l’anticlinal d’Ain Ouarka (Atlas saharien occidental). *Mém. D.E.A., Univ. Oran*, 113 p.
- Dunham R.J. (1962)** - Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham W.E. (ed.): Classification of carbonate rocks. **Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.**, Mem. 1., Tulsa, 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, pp. 345-359.
- Ekdale A.A., Bromley R.G. & Loope D.B. (2007)** – Ichnofacies of an ancient erg: a climatically influenced trace fossil association in the Jurassic Navajo Sandstone, southern Utah, USA. In: Miller III, W. (Ed.): Trace Fossils. Concepts, Problems, Prospects. *Elsevier*, Amsterdam, pp. 562–574.
- Ekdale A.A. & Lewis D.W. (1991)** – The New Zealand *Zoophycos* revisited: Morphology, Ethology, and Paleoecology. *Ichnos* 1(3), pp.183-194.
- Ekdale A.A. (1988)** – Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on trace fossil assemblages. *Palaios*, 3, pp. 464-472.
- Ekdale A.A. (1992)** – Muckraking and mudslinging: the joys of deposit feeding. In: Maples, C.G., West, R.R. (Eds.), Trace Fossils. *Paleontological Society Short Course Notes* 5, pp. 145-171.
- Fillion, D. & Pickerill, R.K. (1984)** – Systematic ichnology of the Middle Ordovician Trenton Group, St. Lawrence Lowland, eastern Canada. *Marit. Sediments Atl. Geol.* 20, pp. 1-41.
- Fillion D. & Pickerill R.K. (1990)** – Ichnology of the Upper Cambrian? to Lower Ordovician Bell Island and Wabana groups of eastern New found land, Canada. *Palaeontogr. Can.* 7, pp. 1-119.
- Fitch A. (1850)** – A historical, topographical and agricultural survey of the County of Washington. Parts 2–5. *New York Agricultural Society Transactions*, 9: pp. 753–944.
- Flamand. (1911)** – Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l’Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). *Thèse Sci. Lyon*, Rey (édit), 1001 p.
- Frey R.W., Curran H.A. & Pemberton S.G. (1984)** – Trace making activities of crabs and their environmental significance: the ichnogenus *Psilonichnus*. *J. Paleontol.*, 58: pp. 333-350.

- Frey R.W. & Howard J.D. (1985)** – Trace fossils from the Panther Member, Star Point Formation (Upper Cretaceous), Coal Creek Canyon, Utah. - *Journal of Paleontology.*, 59, pp. 370-404.
- Fuchs M. (1988)** – Über einen Neufund von Arthropodenfährten in elsterkalzeitlichen Bänderschluften des Raumes Fürstenwalde/Spree. *Fundgrube* 24, pp. 52-54.
- Fürsich F.T., Pandey D.K. & Alberti M. (2017)** – Behavioural variants of the trace fossil *Gyrochorte*. *Zitteliana* 89, pp. 13-21.
- Fürsich F.T. (1998)** – Environmental distribution of trace fossils in the Jurassic of Kachchh (Western India), *Facies*, 39, pp. 243-272.
- Galmier D. (1970)** – Photogéologie de la région d'Ain safra (Algérie). *These doct.,Etat., Fac. Sci.*, Paris, 320 p.
- Gaigalas A. & Uchman A. (2004)** – Trace fossils from the Upper Pleistocene varved clays S of Kaunas, Lithuania. *Geologija*, 45, pp. 16-26.
- Gibert de J.M. & Benner J.S. (2002)** – The trace fossil *Gyrochorte*: ethology and paleoecology. *Rev. Esp. Palaontol.* 17 (1), pp. 1-12.
- Gouramis C. Webb J.A. & Warren A. A. (2003)** – Fluvio-deltaic sedimentology and ichnology of part of the Silurian Grampians Group, Western Victoria. *Australian Journal of Earth Sciences*, 50: pp. 811-825.
- Hall J. (1847)** – Palaeontology of New York., State of New York. - *Van Benthuyssen*. Albany., 1, 338p.
- Hallam A. (1970)** – *Gyrochorte* and other trace fossils in the Forest Marble (Bathonian) of Dorset, England. *In: Crimes, T.P., Harper, J.C. (Eds.), Trace Fossils 3. Geological Journal Special Issue*, pp. 189-200.
- Hammersburg S.R., Hasiotis S.T. & Robison R.A. (2018)** – Ichnotaxonomy of the Cambrian Spence Shale Member of the Langston Formation, Wellsville Mountains, Northern Utah, USA. *Paleontological Contributions* 20, 1-66.
- Hannache F & Kouri S. (2001)** – Sédimentation de cône détritique sous-marin et de plateforme à barres multiples au cours du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur (formation de « Teniet el Klakh » et de « Tifkirt ») dans la région d'Ain Ouarka (Atlas saharien occidental, Algérie). *Mém. Ingén. Etat. Univ. Oran*, 79 p.
- Häntzschel W. (1962)** – Trace fossils and problematica. *In: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea* (ed. R.C. Moore): W177–W245. Geological Society of America/University of Kansas, New York/Lawrence.
- Häntzschel W. (1975)** – Trace fossils and problematica. *In: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea Supplement 1* (ed. C. Teichert): W1–W269. Geological Society of America/University of Kansas Press, Boulder/Lawrence.

- Hasiotis S.T. (2002)** – Continental Trace Fossils. SEPM Short Course 51, Tulsa, Oklahoma, 132 p.
- Heer O. (1865)** – Die Unwell der Schweiz. F. Schulthess. Zürich. 622 p.
- Heezen B. C. et Hollister C. D. (1971)** – The Face of the Deep. Oxford University Press, New York, 659 p.
- Heinberg C. (1973)** – The internal structure of the trace fossils *Gyrochorte* and *Curvolithus*. *Lethaia* 6, pp. 227-238.
- Hofmann R., Goudemand N., Wasmer M., Bucher H. & Hautmann, M. (2011)** – New trace fossil evidence for an early recovery signal in the aftermath of the End-Permian mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 310: pp. 216-226.
- Hofmann H.J. & Patel I.M. (1989)** – Trace fossils from the type ‘Etcheminian Series’ (Lower Cambrian Ratcliffe Brook Formation), Saint John area, New Brunswick, Canada. *Geological Magazine*, 126, pp. 139-157.
- 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, pp. 200-219.
- James, U.P. (1879)** – Description of new species of fossils and remarks on some others, from the Lower and Upper Silurian rocks of Ohio. *The Paleontologist* 3, pp. 17-24.
- Jensen S., Droser M.L. & Gehling J.G. (2006)** – A critical look at the Ediacaran trace fossil record. In: Xiao, S. et Kaufman, A.J. (Ed.), Neoproterozoic Geobiology and Paleobiology. Springer Netherlands, Amsterdam, pp. 115-157.
- Jobe, Z, R., Lowe, D, R. & Morris W, R. (2012)** – Climbing-ripple successions in turbidite systems: depositional environments, sedimentaion rates and accumulation times. *Sedimentology*. 59, 867–898.
- Kacemi (2005)** – Cartographie et dynamique sédimentaire de la série fin Dogger –Début de Crétacé (Djara-Rhoundjaia) Des monts des ksour (Atlas saharien Algérie) *Mém. Magister, Univ. Oran*, 182 p., 49 fig. 15 pl.
- Kazi-Tani N. (1986)** - Evolution géodynamique de la bordure Nord-Africain: le domaine intraplaque Nord-algérien. Approche méga séquentielle. Thèse Doc. Sc. n°53. Univ. Pau & pays de l’Adour, 2 t, 871 p, 970 fig.
- Keighley D.G. & Pickerill R.K. (1997)** – Systematic ichnology of the Mabou and Cumberland groups (Carboniferous) of western Cape Breton Island, eastern Canada, 1. Burrows, pits, trails, and coprolites. *Atl. Geol.* 33, pp. 181-215.
- Keighley D.G. & Pickerill R.K. (1995)** – The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*: historical perspectives and recommendations. *Ichnos* 3: pp. 301-309.

- Kern J.P. (1978)** – Trails from the Vienna Woods: paleoenvironments and trace fossils of Cretaceous to Eocene flysch, Vienna, Austria. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 23: pp. 231-262.
- Kim J. Y., Kim K-S. & Pickerill R. K. (2002)** – Cretaceous nonmarine trace fossils from the Hasandong and Jinju Formations of the Namhae Area, Kyongsangnamdo, Southeast Korea. *Ichnos*, 9, pp. 41–60
- Knaust D. & Dronov A. (2013)** – *Balanoglossites* Ichnofabrics from the Middle Ordovician Volkhov Formation (St. Petersburg Region, Russia). *Stratigr Geol Correl* 21(3): pp. 265- 279.
- Knaust, D. (2010)** – The end-Permian mass extinction and its aftermath on an equatorial carbonate platform; insights from ichnology: *Terra Nova*, 22, 195-202.
- Knaust D. (2017)** – Atlas of Trace Fossils in Well Core: Appearance, Taxonomy and Interpretation. Springer International Publishing, Berlin, New York, 206 p.
- Książkiewicz M. (1977)** – Tracefossils in the flysch of the Polish Carpathians. *Palaeontologica Polonica*, 36: pp. 1-200.
- Lasnier. (1965)** – Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du Jurassique des Haut Plaines Algériennes (Ain Sefra, Mecheria, Nador, Hodna). *Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle*, Paris, 171 p.
- MacEachern J.A., Pemberton S.G., Gingras M.K. & Bann K.L. (2007)** – The Ichnofacies paradigm: a fifty-year retrospective. In: Miller IIIW (ed) Trace Fossils: Concepts. Elsevier, Problems, Prospects, Amsterdam, pp 110–134
- Macsotay O. (1967)** – Huellas problemáticas y su valor paleoecológico en Venezuela. *Geos*, 16: pp. 7-79.
- Mángano M.G., Buatois L.A., Maples C.G. & West R.R. (2002)** – Ichnology of a Pennsylvanian equatorial tidal flat; the Stull Shale Member at Waverly, eastern Kansas. *Kansas Geological Survey*, Bulletin 245, 133 p.
- Mángano M.G., Buatois L. A. et Muniz-Guinea F. (2005)** – Ichnology of the Alfarcito Member (Santa Rosita Formaiton) of northwestern Argentina: animal–substrate interactions in a lower Paleozoic wave-dominated shallow sea. *Ameghiniana*, 42, pp. 641-668.
- Mángano M.G. et Buatois L.A. (1991)** – Discontinuity surfaces in the Lower Cretaceous of the High Andes (Mendoza, Argentina): trace fossils and environmental implications. *J S Am Earth Sci.* 4: pp. 215–229.
- Mayoral E., Ledesma-Vazquez J., Baarli B.G., Santos A., Ramalho R., Cachão M., Da Silva C.M. & Johnson M.E. (2013)** – Ichnology in oceanic islands; case studies from the Cape Verde Archipelago. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 381: 382, pp. 47–66.
- McCann T. & Pickerill R.K. (1988)** – Flysch trace fossils from the Cretaceous Kodiak Formation of Alaska. *J. Paleontol.* 62, pp. 330-348.

- McCann T. (1993)** – A *Nereites* ichnofacies from the Ordovician-Silurian Welsh basin. *Ichnos*, 3: pp. 39-56.
- Mebrek O. (2004)** – la sédimentologie et l'organisation génétique des faciès de la formation du «Djara» (Dogger) dans la région d'Aïn Ouarka (Monts des Ksour, Atlas Saharien occidental). Mém. Ingén., Univ, Oran, 48 p., 39 fig., 2 pl.ph (inééd).
- Meddah A. (1998)** – Etude géologique des appareils diapirique de l'Atlas Saharien Occidental (Monts des Ksour). Essais de synthèse sur les diapires atlasiques. *Mém.Magister, USTBH, Alger, 174 p., 52 fig., (inééd).*
- Mekahli L. (1998)** – Evolution des Monts des Ksour (Algérie) de l'Hettangien au Bajocien. Biostratigraphie, sédimentologie, paléogéographie et stratigraphie séquentielle. *Doc. Lab. Géol., Lyon, France, N° 147, 319 p., 67 fig., 49 pl. h. t.*
- Myrow P.M. (1995)** – *Thalassinoides* and the enigma of Early Paleozoic open-framework burrow systems: *Palaios*, 10, pp. 58-74.
- Narbonne G.M. & Aitken J.D. (1990)** – Ediacaran fossils from the Sekwi Brook and Mackenzie Mountains, Yukon, Canada. *Palaeontology*, 33: pp. 945–980.
- Nemra A. (2013)** - Caractérisation sédimentologique (structures sédimentaires) des alluvions subactuelles de la Saoura (Béni Abbès, Marhouma et Tamtert, Sahara algérien). Mém. Master, Université d'Oran, 47 p.
- Nicholson H.A. (1873)** – Contributions to the study of the errant annelides of the Older Palaeozoic rocks: *Proceedings of the Royal Society of London*, 21, pp. 288-290.
- Normark W.R. (1970)**- Groth patterns of deep-sea fans. *Bull. Am. Ass. Petro. Geol.*, v. 12, p. 220-235.
- OUALI MEHADJI A. (1995)** – Brachiopodes des Monts des Ksour (Bajocien supérieur, Bathonien inférieur) (Atlas Saharien occidental, Algérie) Mém. De Magister, Univ Oran, 220 p.
- Oudjoudi. M. (2003)** – Environnements sédimentaires et cartographie des séquences des formations détritiques du Bajocien supérieur- Bathonien inférieur des secteurs de Souiga et d'Aïn Ouarka (Monts des Ksour, Atlas Saharien, Algérie occidentale), *Mém. Ingén. Univ, Oran, 81 p.*
- Paranjape A.R., Kulkarni K.G. & Gurav S.S. (2013)** – Significance of *Lockeia* and associated trace fossils from the Bada Bagh Member, Jaisalmer Formation, Rajasthan. *J. Earth Sys. Sci.* 122, pp. 1359-1371.
- Patel S.J. & Desai B.G. (2009)** – Animal-sediment relationship of the crustaceans and polychaetes in the intertidal zone around Mandvi Gulf of Kachchh, Western India. *J Geol Soc India* 74: pp. 233-259.

- Pemberton S.G & Frey R.W. (1982)** – Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* Dilemma. *Journal of Paleontology*, 56: pp. 843-881
- Pemberton, S.G. & Frey, R.W. (1984)** – Ichnology of the storm-influenced shallow marine sequence: Cardium Formation (Upper Cretaceous) at Seebe, Alberta, *In*: Stoot, D.F., Glass, D.J. (eds.), *The Mesozoic of Middle North America: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoirs*, Alberta, 9, pp. 281-304.
- Pickerill R.K. & Keppie J.D. (1981)** – Observations on the Ichnology of the Meguma Group (? Cambro-Ordovician) of Nova Scotia Maritime Sediments and Atlantic. *Geology* 17, 130-138.
- Plička M. et J. Uhrová (1990)** – New trace fossils from the Outer Carpathians flysch (Czechoslovakia). *Acta Musei Moraviae, Scientiae Naturales* 75: pp. 53–59.
- Pollard J.E. (1981)** – A comparison between the Triassic trace-fossils of Cheshire and south Germany. *Palaeontology* 24, pp. 555-588.
- Posamentier H.W. & Walker R.G. (2006)** – Deep-water turbidites and submarine fans. *In* : Posamentier H.W. et Walker R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited. SEPM Spec. Publ.*, vol. 84, pp. 397–520.
- Richter R. (1937)** – Marken und Spuren aus allen Zeiten. I–II. *Senckenbergiana* 19, pp. 150-169.
- Rieth A. (1932)** – Neue Funde spongiomorpher Fucoiden aus dem Jura Schwabens. *Geologische und Paläontologische Abhandlungen* 19, 257-294.
- RITTER E. (1902)** – Le Djebel Amour et les Monts des Oulad Nail. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2<sup>ème</sup> sér., n°3, 100 p
- Savrda C. E. (1992)** – Trace fossils and benthic oxygenation. *In*: Maples, C.G., West, R.R. (Eds.), *Trace Fossils. Paleontological Society Short Course*, 5: pp. 172-196.
- Schlirf M. (2000)** – Upper Jurassic trace fossils from the Boulonnais (northern France). *Geologica and Palaeontologica* 34: pp. 145–213.
- Seilacher A. & Seilacher E. (1994)** – Bivalvian trace fossils : a lesson from actuopaleontology. *Cour. Forschungsinst. Senckenberg* 169, pp. 5-15.
- Seilacher A. (2007)** – *Trace Fossil Analysis*. Springer Berlin, Heidelberg, 226 p.
- Shunli L., Shengli L., Xin S., Chenglin G. & Xinghe Y. (2017)** – Classification, formation, and transport mechanisms of mud clasts. *International Geology Review*, pp. 1-12.
- Simpson E.L. (1987)** – Sedimentology and tectonic implications of the late Proterozoic and Early Cambrian Chilhowee Group in southern and central Virginia. *Ph.D. Dissert, Blacksburg, VA, Virginia Polytech. Inst, and State Univ.*, 298 p.
- Simpson E.L. & Eriksoon K.A. (1990)** – Early Cambrian progradational and transgressive sedimentation patterns in Virginia: An example of the early history of passive margin. *Jour. Sedim. Petrol.*, v.60, n° 1, p. 84-100.

- Stachacz M. Knaust D. et Matysik M. (2021)** – Middle Triassic bivalve traces from central Europe (Muschelkalk, Anisian): overlooked burrows of a common ichnofabric. *Paläontologische Zeitschrift*, 96, pp. 175–196.
- Tlili M. (1995)** – Le phénomène récifal du Bajocien de la bordure méridionale de l'atlas saharienne occidentale (Secteur d'Ain Ouarka) lithostratigraphie, Sédimentologie et implication paléoécologie et paléogéographique. *Mém. Magister*, Univ. Oran, 154 p.
- Tunis G. & Uchman, A. (1996)** – Trace fossils and facies changes in Cretaceous-Eocene flysch deposits of the Julian Prealps (Italy and Slovenia): consequences of regional and worldwide changes. – *Ichnos.*, 4, pp. 169-190.
- Uchman, A., Mikuláš, R. & Rindsberg, A.K. (2011)** – Mollusc trace fossils *Ptychoplasma* Fenton and Fenton, 1937 and *Oravaichnium* Plièka and Uhrová, 1990: their type material and ichnospecies. *Geobios*, 44: pp. 387–397.
- Uchman A., Kazakauskas V. & Gaigalas, A. (2009)** – Trace fossils from Late Pleistocene lacustrine varve sediments in eastern Lithuania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 272: pp. 199–211.
- Uchman A. & Gaździcki A. (2006)** – New trace fossils from the La Meseta Formation (Eocene) of Seymour Island, Antarctica. *Pol. Polar Res.* 27 (2), pp. 153-170.
- Uchman A. & Rattazzi B. (2019)** – The trace fossil *Circulichnis* as a record of feeding exploration New data from deep-sea Oligocene-Miocene deposits of the northern Italy. *C. R. Palevol* 18(1), pp. 1-12.
- Uchman A. (1995)** – Taxonomy and paleoecology of flysch trace fossils: the Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). *Beringeria* 15, pp.1-115.
- Uchman A. (1998)** – Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: Revision of the Marian Ksiazkiewicz collection and studies of complementary material. *Ann. Soc. Geol. Pol.* 68, pp. 105- 218.
- Vialov O.S. (1971)** – The rare Mesozoic problematica from Pamir and Caucasus. (*in Russian, English summary*). *Paleontol. Sb. (L'vov)* 7, pp. 85-93.
- Walker R.G. & Mutti E. (1973)** - Turbidite facies and facies associations. In: Middleton G.V., Bouma A.H. (eds): Turbidites and deep-water sedimentation. *Soc. Econ. Paleont. Mirerai.*, Los Angeles, pp. 119-157.
- Weiss W. (1941)** – Die Entstehung der “Zöpfe” im Schwarzen und Braunen Jura. *Nat. Volk* 71, pp. 179-184.
- Wetzel A., Blechschmidt I., Uchman A., Matter A., (2007)** – A highly diverse ichnofauna in Late Triassic deep-sea fan deposits of Oman. *Palaios*, 22, pp. 567–576.



# T A B L E D E M A T I E R E S

Dédicaces	
Avant-propos	
Résumé.....	1

Page

## Chapitre 1 : Généralités

INTRODUCTION.....	3
I- CADRE GEOGRAPHIQUE & GEOLOGIQUE.....	3
A- Cadre géographique.....	3
B- Cadre géologique.....	4
II- HISTORIQUE SUR LES PRINCIPAUX TRAVAUX SUR LA REGION D'AIN OUARKA.....	7
III- OBJECTIF ET METHODE. DE L'ETUDE.....	9
A- Objectif de l'étude.....	9
B- Méthodes de l'étude.....	10
1-Travail de terrain.....	10
2- Travail du laboratoire.....	10

## Chapitre 2 : Etude lithostratigraphique

INTRODUCTION.....	13
I- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DE LA COUPE.....	13
A- -Formation de Teniet el Klakh.....	13
1- Membre argilo-gréseux.....	15
2- Membre moyen argileux.....	15
3- Membre supérieur gréseux-argileux.....	16
B- Formation de Tifkirt.....	17
II- ATTRIBUTION STRATIGRAHIQUE.....	17

## Chapitre 3 : Sédimentologie

INTRODUCTION.....	20
I- DESCRIPTION & INNTERPRETATION DES FACIES.....	20
A- Facies gréseux (FA).....	20
1- Description.....	20
1.1- Sous-faciès de grès à litages horizontaux (FA-I).....	20
a)- Description.....	20
b)- Interprétation.....	21
1.2- Sous-faciès de grès à rides et/ou à laminations de rides de courants et de vagues (FA-II).....	21
a)- Description.....	21
b)- Interprétation.....	22
1.3- Sous-faciès de grès massif (FA-III).....	24
a)- Description.....	24
b)- Interprétation.....	25
B- Facies argileux (FB).....	25
a)- Description.....	25
b)- Interprétation.....	26
C- Facies carbonaté (FC).....	26
1- Sous-faciès des calcaires micritiques (FC-I).....	26
1.1- Description.....	26
1.2- Interprétation.....	26
2- Sous-faciès de calcaires oolithique (FC-II).....	27
2.1- Description.....	27

2.2- Interprétation.....	27
II- INVENTAIRE ET INTERPRETATION DES ICHNOFOSSILES.....	27
A- Inventaire des ichnofossiles.....	27
B- Interprétation des ichnofossiles.....	28
III- ASSOCIATION DE FACIES DE LA FORMATION DE TENIET EL KLAKH.....	28
A- Association I.....	29
B- Association II.....	30
C- Associations III.....	31
IV- ESSAI D'INTERPRETATION SEQUENTIELLE.....	31
Conclusion générale.....	34
Références bibliographiques.....	37
Table de matières.....	48
Planches photos	

# Planches Photographiques

## Planche I

### Formation des Brèches de Raknet el Kahla

**Fig. 1** : Calcaire micritique en plaquettes (Sous-faciès FC-I).

**Fig. 2** : Argiles verdâtres à intercalations de plaquettes calcaires micritique (Sous-faciès C-I).

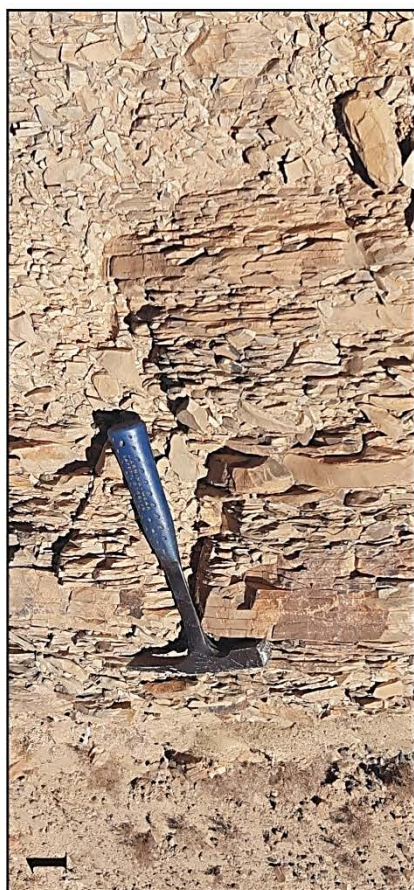
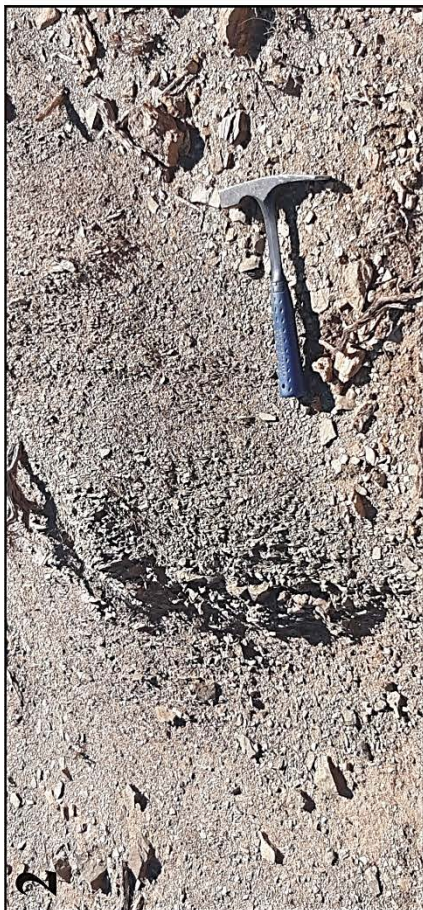
**Fig. 3** : Combe argileuse à passées de calcaire micritique (Partie terminale de la formation).

### Formation de Teniet el Klakh (Membre inférieur argilo-gréseux)

**Fig. 4** : Premier banc gréseux (Sous-faciès FA-II), de la formation Teniet el Klakh.

**Fig. 5** : Argiles verdâtres (Faciès FB) à plaquettes de grès.

**Fig. 6** : Banc de grès moyen (Sous-faciès FA-I) au sein des argiles verdâtres (Faciès FB), affecté par des déformations synsédimentaires.



## Planche II

### Formation de Teniet el Klakh

Membre inférieur argilo-gréseux

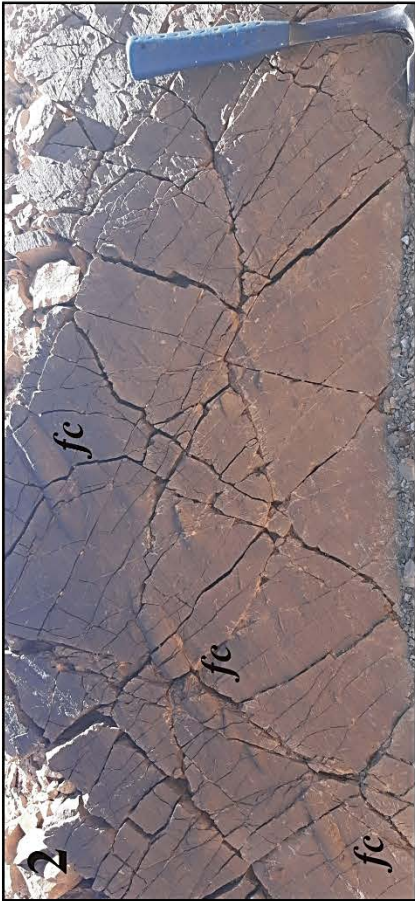
**Fig. 1** : Base d'un banc de grès (Sous-faciès FA-II) à figures d'affouillements (*fc* : *flute casts*) et figures biologiques.

**Fig. 2** : Base d'un banc de grès (Sous-faciès FA-II) à *méga-flute cast* (*fc*).

**Fig. 3** : Banc de grès (Sous-faciès FA-III)

**Fig. 4** : Base d'un banc de grès (Sous-faciès FA-II) montrant des figures d'objets (*pc* : *prod casts*) et d'autres figures d'érosion.

**Fig. 5** : Base d'un banc de grès (Sous-faciès FA-II) montrant le détail d'une figure d'objets (*pc* : *prod casts*) de la fig. 4.



## Planche III

### **Formation de Teniet el Klakh**

Membre inférieur argilo-gréseux

**Fig. 1** : Superposition de 2 bancs gréseux (Sous-faciès FA-II), séparés par un joint argileux. Notez la présence de rides et de laminations de rides de courants dans le second banc.

**Fig. 2** : Banc de grès (Sous-faciès FA-II) montrant des laminations convolutées (*convolute laminations*).

**Fig. 3** : Base d'un banc de grès (Sous faciès FA-III) montrant à sa base des traces de galets mous.

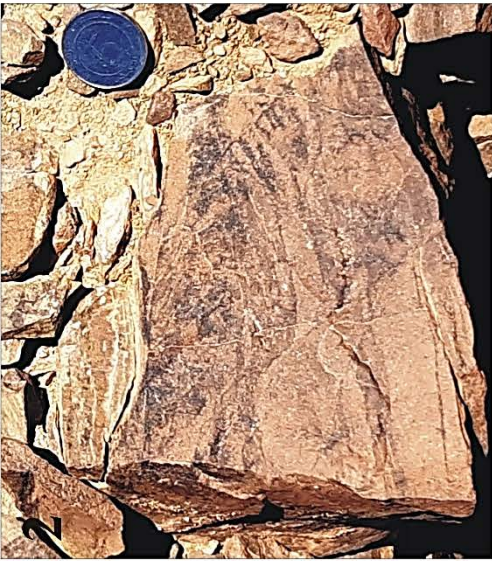
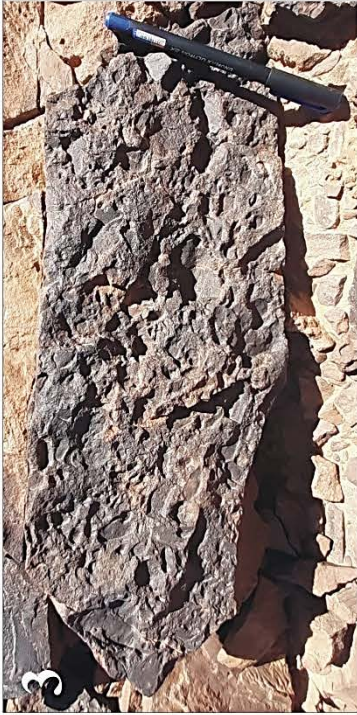
### **Formation de Teniet el Klakh**

Membre supérieur grés-argileux

**Fig. 4** : Bancs de grès massif (Sous-faciès FA-III).

**Fig. 5** : Banc de grès montrant des laminations obliques (Sous-faciès FA-II), surmontées par des laminations horizontales (Sous-faciès FA-I). Ces deux niveaux sont séparés par une surface de ravinement (*rav.*).





## Planche IV

### Formation de Teniet el Klakh

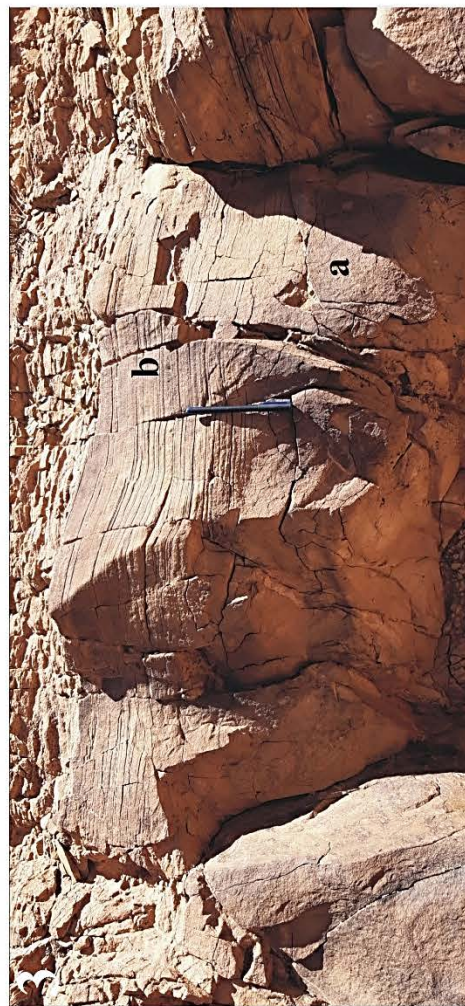
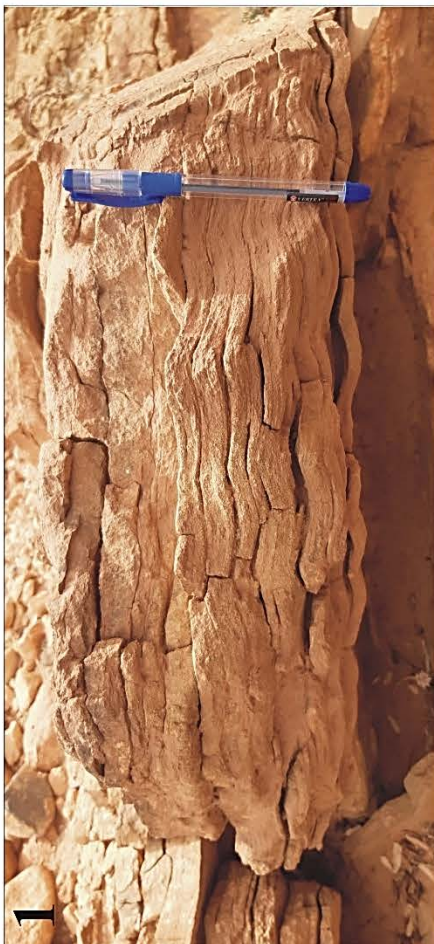
Membre supérieur gréso-argileux

**Fig. 1 & 2** : Deux banc gréseux montrant des rides grimpantes de type *S* (*cimbing ripples* - Sous-faciès FA-II).

**Fig. 2** : Niveaux gréseux montre des rides de grimpantes (sous faciès) (Membre supérieur gréso-argileux).

**Fig. 3** : Banc de grès d'abord massif (Sous-faciès FA-III), puis à laminations horizontales (Sous-faciès FA-I).

**Fig. 4** : Niveaux gréseux à laminations horizontales (Sous-faciès FA-I).



## Planche V

### **Formation de Teniet el Klakh**

Membre supérieur grés-argileux

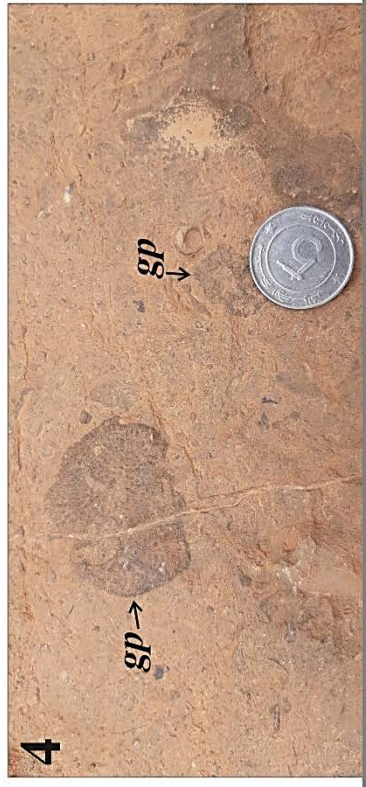
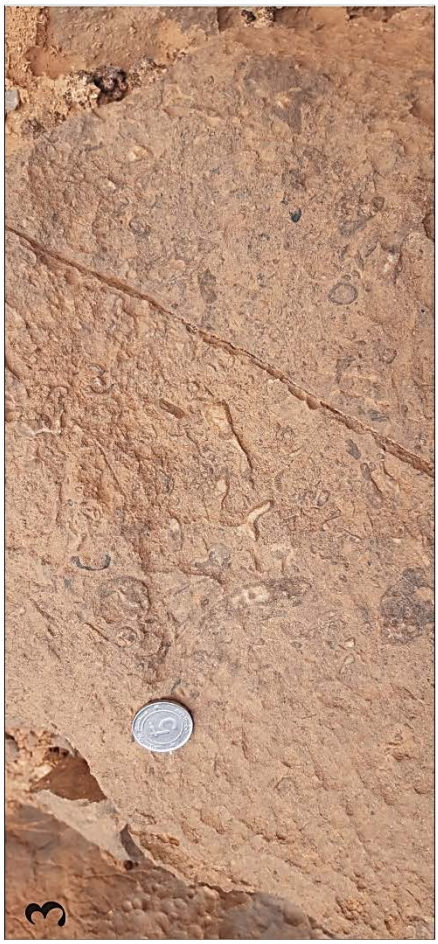
**Fig. 1** : Banc de grès à laminations horizontales (a) (Sous-faciès FA-I) surmontées par des rides et des litages de rides de vagues en chevrons (b) (Sous-faciès FA-II).

### **Formation de Tifkirt (base)**

**Fig. 2** : Calcaire récifal montrant un ravinement à la base.

**Fig. 3** : Calcaire récifal montrant en section des bioclastes (Tests de bivalves, articles de crinoïdes, etc.).

**Fig. 4** : Calcaire récifal montrant des gerbes de polypiers coloniaux (gp), associées à des bioclastes.



## Planche VI

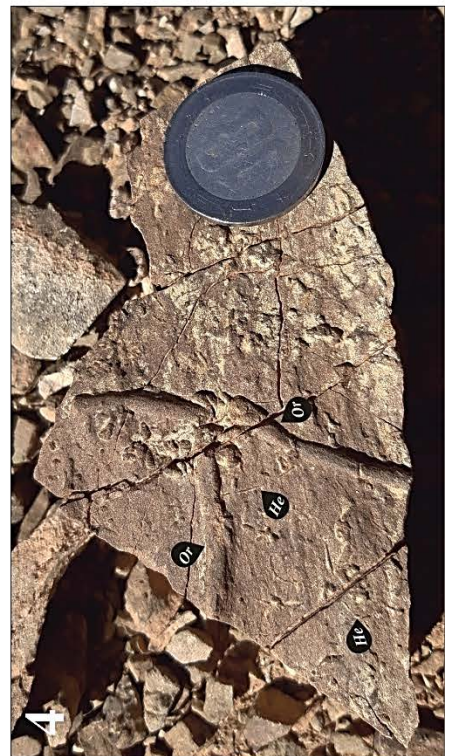
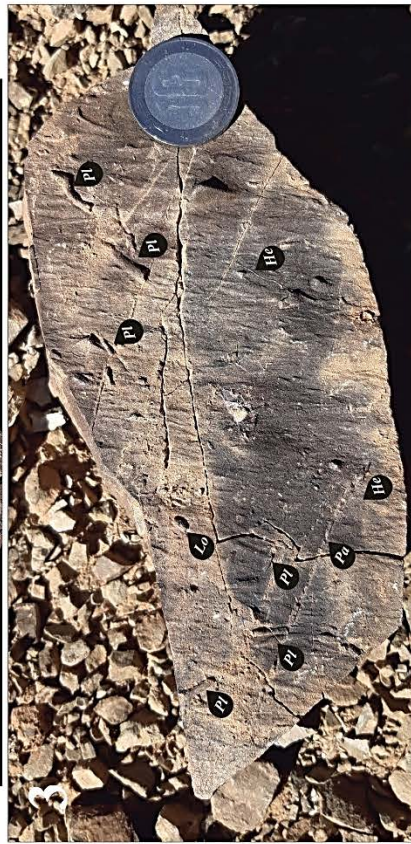
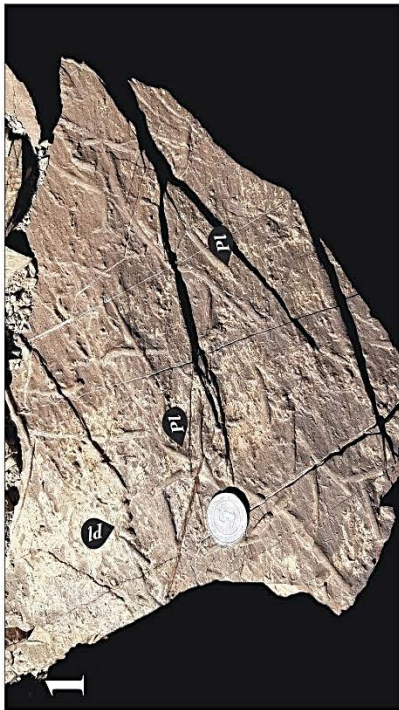
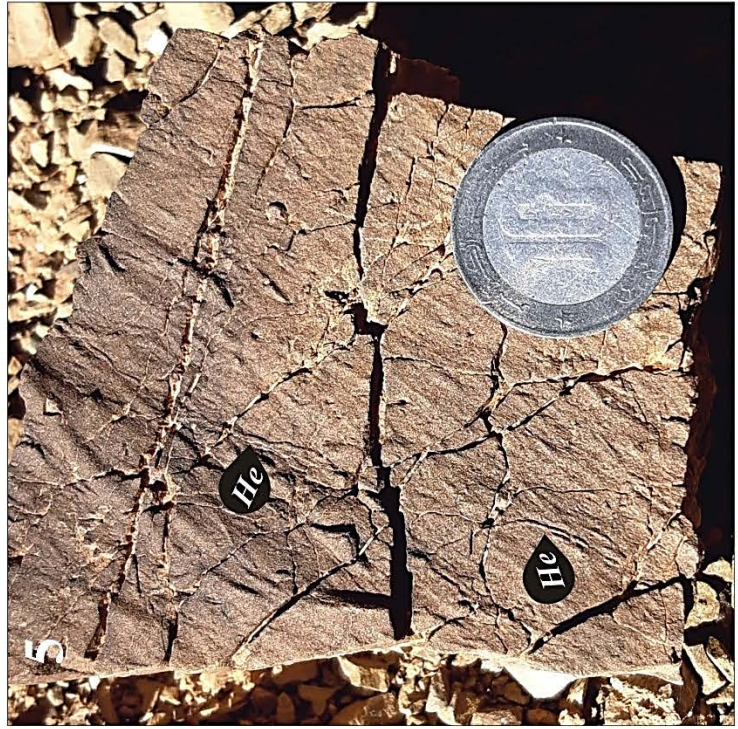
### Ichnofossiles (membre inférieur de la Formation de Teniet el Klakh)

**Fig. 1 & 2 :** Traces de *Planolites (Pl)* à la base de bancs de grès massif (Sous-faciès FA-III).

**Fig. 3 :** Traces de *Helminthoidchnites isp. (He)*, *Planolites (Pl)* et *Lockeia isp. (Lo)* à la base de bancs de grès à rides et/ou à laminations de rides de courant (Sous-faciès FA-III).

**Fig. 4 :** Traces de *Oravaichnium cf. hrabei (Or)* et de *Helminthoidchnites isp. (He)* à la base de bancs de grès à rides et/ou à laminations de rides de courant (Sous-faciès FA-III).

**Fig. 5 :** Traces de *Helminthoidchnites isp. (He)* à la base de bancs de grès à rides et/ou à laminations de rides de courant (Sous-faciès FA-III).



## Planche VII

### **Ichnofossiles (membre inférieur de la Formation de Teniet el Klakh)**

**Fig. 1** : Traces de *Circulichnis montanus* (*Ci*), *Planolites* (*Pl*) et *Ophiomorpha* (*Op*) à la base d'un banc de grès à rides de courant (Sous-faciès FA-II).

**Fig. 2** : Traces de ?*Spirophycus isp.* (*Sp*) et de *Chondrites* (*Ch*) à la base du même banc que celui de la fig. 1.

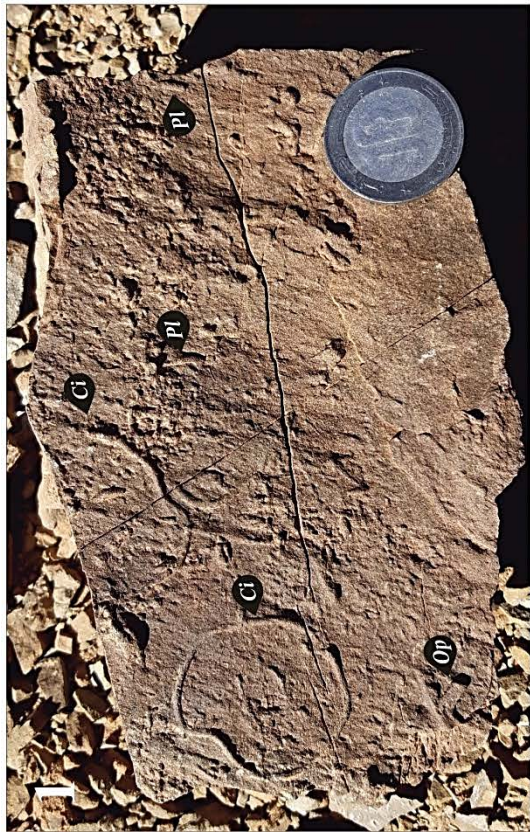
**Fig. 3** : Traces d'*Oravaichnium cf. hrabei* (*Or*) à la base d'un banc de grès massif (Sous-faciès FA-III).

**Fig. 4** : Traces de *Paleophycus cf. tubularis* (*Pa*) à la base d'un banc de grès massif (Sous-faciès FA-III).

### **Ichnofossiles (membre supérieur de la Formation de Teniet el Klakh)**

**Fig. 5** : Traces de *Gyrochorte isp.* (*Gy*) à la surface d'un banc de grès massif (Sous-faciès FA-III).





## Planche VIII

### Microfaciès

- Fig. 1** : Grés à ciment argilo-carbonaté échantillon (Sous-faciès FA-II). Membre inférieur de la formation de Teniet el Klakh. Ech. OM3.
- Fig. 2** : Calcaire micritique, à texture mudstone. Sommet de la formation des Brèches de Reknet el Kahla. Ech. OM1
- Fig. 3** : Calcaire micritique à microfilaments (Sous-faciès C-I), à texture mudstone à wakestone. Membre inférieur de la formation de Teniet el Klakh. Ech. OM4.
- Fig. 4 à 6** : Calcaire oolithique et bioclastique (*p* : plaque d'échinodermes), à ciment sparitique et à texture grainstone. Notez la nature micritisée et à activité microbienne des cortex des oolithes (fig. 6). Membre inférieur de la formation de Teniet el Klakh. Ech. OM6.

