



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

## Mémoire Pour l'obtention du diplôme de Master 2

**Option :** Géologie des Bassins Sédimentaires

### **Lithostratigraphie et environnement sédimentaire du Jurassique supérieur dans le secteur d'Arbaouat (Dj Bes Sebaa), Atlas saharien occidental, Algérie**

Présenté et soutenu publiquement par :  
**M. BENDJERD Houari**

Soutenu le 31/09/222

**Devant le jury composé de :**

<b>OUALI MEHADJI Aek</b>	Professeur	Université d'Oran 2	Président
<b>MAHBOUBI Chikh Younes</b>	M.C.B	Université d'Oran 2	Rapporteur
<b>SALHI Abde Jabare</b>	M.C. B	Université d'Oran 2	Examineur

Année universitaire 2021 / 2022

# REMERCIEMENTS

*Avant tout, je rends grâce à ALLAH, le tout puissant qui m'a guidé dans tout ce que j'ai entrepris.*

*À la mémoire de mes chers parents*

*Aucune dédicace ne serait exprimée l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*Je tiens à exprimer toute une grande reconnaissance à l'endroit de mon encadreur **M. MAHBOUBI Chikh Younes** pour ces encouragements, ces conseils sa rigueur dans le travail et surtout ses qualités humaines qui nous ont permis de travailler avec confiance dans un climat détendu.*

*Je tiens à remercier Monsieur **OUALI MEHADJI Aek**, Professeur à la faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université d'Oran II, qui m'a fait l'honneur de présider le jury*

*Mes sincères remerciements vont également à **SALHI Abde Jabare**, qui m'a fait grand Honneur d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*A Tous Mes enseignants tout au long de mes études.*

*Je n'oublie pas non plus mes frères pour leurs encouragements. Tous mes amis qui m'ont toujours encouragé.*

*À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, à tous ceux qui m'ont encadré, à tous ceux qui m'ont encouragé, à tous ceux qui m'ont accordé leur confiance, à tous ceux qui m'ont montré leur intérêt, à vous tous MERCI*

## Dédicaces

*All praises are due to Allah for guiding me all along the way. I thank myself one thousand times and more, for believing in me, for being patient and more.*

*Special thanks to my beloved family... their support is unforgettable and indeed priceless...*

*I would like to thank my friends and colleagues, starting from @**Yacine Sanaa** for his valuable advices (make it simple idiot #SEMPOULI), @**Mouad pro** for helping me by his skills and technics in Microsoft word, Power Point and ...etc. I also thank my friends @**Salih**, @**Sofiane**, @**Aloula** Et @**Chakib**, and last but not least my special friend @**Larbi***

## Résumé

Notre étude est focalisée sur les terrains Jurassique supérieur (Atlas saharien occidental), dans la région d'Arbaouat (Dj Bes Sebaa). L'étude lithostratigraphie nous a permis de définir trois (03) formations :

1-Formation de Tifkirt (37,13 m) (sauf la partie sommitale qui affleure), caractérisé par un faciès argileux avec des intercalations de grès, calcaires oolithiques, et les dolomies, présentent parfois sous des structure pseudo-noduleux, comprenant des diverses structures sédimentaires (les rides de courants, séquence de tempestite).

2- la Formation de Djara (94,57 m) représentée par deux membres :(i) un membre inférieur (71,57 m) caractérisé par une alternance argileux-gréseux à stratification en flaser, (ii) membre supérieur (23 m) matérialise par une sédimentation argileuse à l'intercalation de grès massif.

3-La Formation gréseux carbonaté (117,15 m), c' est une nouvelle formation identifiée pour la première fois dans ce secteur, c'est une alternance de grès présente diverses structures hydrodynamiques telle que : (stratification horizontale, oblique, entrecroisé...) et des calcaires oolithiques de texture wackestone à grainstone.

La partie sédimentologie, basée sur la description et l'interprétation des faciès et sous-faciès en terme surtout hydrodynamique, nous permis de définir 4 associations de faciès notés A, B, C, et D, correspondent respectivement à un environnement, haut fond pour la Formation de Tifkirt, front de delta à dominance tidalite et fluviale pour la Formation de Djara, haut fond pour la Formation gréseux carbonaté.

**Monts clé :** Atlas, Saharien Occidental, Jurassique supérieur, El Bayadh, Arbaouat, Bes Sebaa.

## Abstract

Our study focuses on the upper Jurassic (Western Saharan Atlas), in the Arbaouat region « Dj Bes Sebaa». The lithostratigraphic study allowed us to define three formations as following:

The 1<sup>st</sup> one is Tifkirt Formation (37.13 m thick) (only the outcropping summit), characterized by a clay facies with sandstone intercalations, oolitic limestone, and dolomites, sometimes present under pseudo-nodular structure, involving various sedimentary structures (current ripples, tempestite sequence).

The 2<sup>nd</sup> one is Djara Formation (94.57 m thick), represented by two members: (i) a lower member (71.57 m) characterized by a clay-sandstone alternation with flaser bedding, (ii) upper member (23 m) materialized by a clay sedimentation with intercalation of massive sandstone.

The 3<sup>rd</sup> one is sandstone-carbonate Formation, 117.15 m in thickness, regarded as a new formation, identified for the first time in this sector. It is chiefly sandstone intercalation with various sedimentary structures such as: (planar bedding, oblique bedding, cross bedding... etc.) and oolitic limestones of wackestone to grainstone texture.

The sedimentology part, based on the description and interpretation of facies and sub-facies in terms mainly hydrodynamic, allowed us to define 4 associations of facies named A, B, C, and D, corresponding respectively to an environment of shoal for Tifkirt Formation, delta front with tidal and fluvial dominant for Djara Formation, and shoal for carbonate-sandstone Formation.

**Keywords:** Atlas, Western Saharan, Upper Jurassic, El Bayadh, Arbaouat, Bes Sebaa.

# CHAPITRE 1

## GENERALITE

**I. Introduction :**

L'Atlas saharien est formé essentiellement par une série sédimentaire d'âge Mésozoïque représentée par des formations essentiellement carbonatées dans le Lias au Bajocien supérieur), détritiques dans Bajocien supérieur au Cénomaniens inférieur. Ce dernier encadré par des formations marno-calcaires (Cénomaniens supérieur à Turonien inférieur).

Notre travail concerne les formations d'âge Jurassique supérieur dans la région d'Arbaouat (secteur de Dj Bes- Sebaa) au sud de la région d'El Bayadh. Il a pour but :

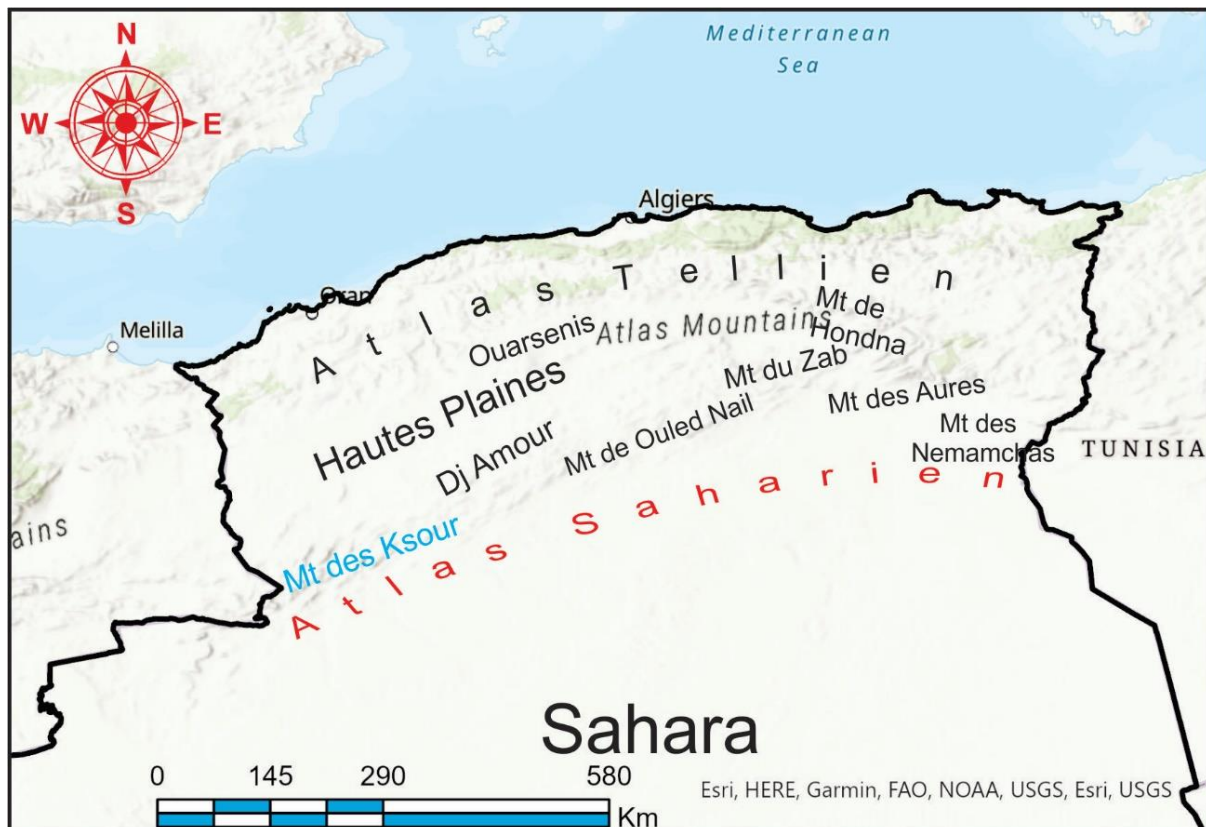
- la réalisation et la description d'une coupe géologique ;
- la définition des principaux faciès et leurs associations en vue de définir les environnements de dépôts.

**II. Cadre géographique :****II.1 Cadre géographique générale (Fig.1) :**

L'Atlas saharien correspond à une vaste chaîne montagneuse qui s'étend depuis la frontière algéro-marocaine à l'Ouest, jusqu'à la frontière algéro-tunisienne à l'Est. Il est délimité au nord par le domaine des Hauts Plateaux et le domaine tellien (*s.s*) et au sud par le Sahara. La limite sud de l'Atlas saharien est représentée par une rupture tectonique majeure, appelée Flexure Saharienne ([Laffite, 1939](#)) ou l'accident Sud Atlasique (ASA).

L'Atlas saharien peut être divisé en trois grandes parties, soit du SW vers le NE, d'une longueur d'environ 1000 km et une largeur de 100 à 200 km :

- L'Atlas saharien occidental est représenté par les Monts des Ksour (Ain Sefra-El Bayadh) ;
- L'Atlas saharien central est formé par Djebel Amour (la région d'El Bayadh-Laghouat) ;
- L'Atlas saharien oriental est composé par les Monts des Ouled-Nail.



**Figure 1** | Position géographique de l'Atlas saharien (par Esri).



II.2 Cadre géographique local (Fig.2) :

Notre secteur d'étude est localisé dans la ville d'Arbaouat. Elle est située à environ 100 km au SSW de ville d'El Bayadh. Il est limité au Nord par Ain Ouarka, au sud par El Abiodh Sidi Cheikh, à l'Est par Kerakda et Brezina, à l'ouest par El Mehara.



Figure 2 | Cadre géographique local de secteur d'étude (par Esri).

### III. Cadre géologique :

#### III.1 Cadre géologique général :

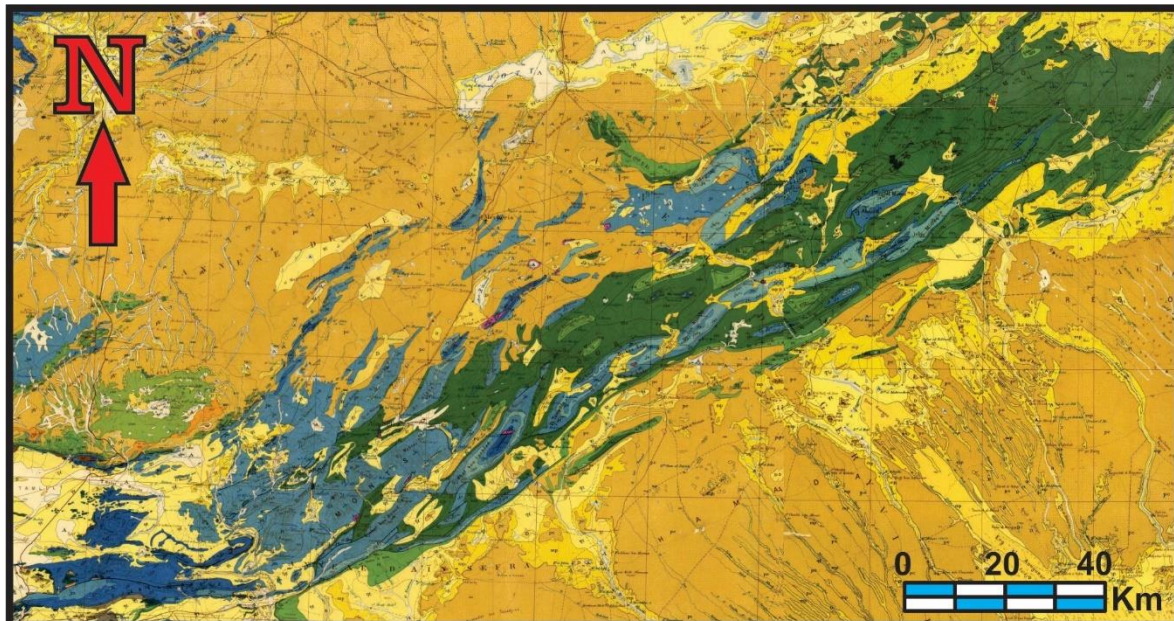
Paléogéographiquement, (Elmi, 1978) considère l'Atlas saharien comme un long sillon subsidiant fonctionné du Trias jusqu'à l'Éocène moyen .

L'âge des séries de l'Atlas saharien s'étend depuis le Trias jusqu'au Crétacé, en plus d'une partie du Cénozoïque et du Quaternaire.

- Le Trias qui affleure sous forme de diapirs, formé par des argiles versicolores à gypse, surmontés par du sel d'épaisseur importante (Aïn Ouarka, par exemple) et recoupés par basaltes tholeïtiques à texture ophitique (Meddah, 2010) ;
- Le jurassique inférieur (Lias) de faciès marin marneux-carbonaté ;
- Le jurassique moyen (Dogger) et supérieur (Malm) caractérisé par l'installation du complexe deltaïque des Ksour, à partir du Bathonien-Callovien (Delfaud et al, 1973-1987, in Kacemi 2013) ;
- Le Crétacé inférieur est formé par des formations argileuses gréseuses ;
- Le Crétacé supérieur est constitué par des argiles à gypse recouvertes par des calcaires à silex (Bassoullet, 1973).

#### III.2 Cadre géologique local :

La lithostratigraphie des formations géologiques de notre secteur d'étude est connue depuis les travaux de Flamand (1911), Cornet (1952), Bassoullet (1973), Mekahli (1998).



## La légende

### Quaternaire et Tertiaire

	<b>A</b> : alluvions actuelles : lacs - marecages - dayas - chotts - sebkhas - limons et croûtes gypso - salines
	<b>D</b> : dunes récentes
	<b>qt</b> : Quaternaire continental ( alluvions - regs - terrasse )
	<b>pc</b> : Pliocène continental ( poudingues - calcaires lacustres )
	<b>me et mp</b> : Miocène continental

### Crétacé

	<b>ci cir cic</b> : Crétacé inférieur ( Vraconien - Berriasien )
	<b>em : cn et</b> : Crétacé moyen , <b>cn</b> : Cénonien ; <b>et</b> : Turonien

### Jurassique

	<b>js</b> : Jurassique supérieur ; <b>js1</b> Oxfordien à Callovien , <b>js2</b> Lusitanien , <b>js3</b> Portlandien et kimmeridgien ( + Berriasien )
	<b>jm</b> : Jurassique moyen
	<b>ji</b> : Jurassique inférieur , <b>ji1</b> : Rhétien à Lotharingien , <b>ji2</b> : Domérien et Pliensbachien , <b>ji3</b> : Toarcien à Aalénien

### Trias

	<b>ω</b> roches magmatiques (basaltes) associées au Trias
	<b>t</b> Trias argilo - gypso - salin

Figure 3 | Carte géologique des Monts des Ksour (extraite de la carte d'Algérie) (Cornet et al., 1951)

On distingue les formations suivantes :

1. **La formation de Tifkirt** (270 m à 430 m) (Bajocien et Bathonien) : elle est caractérisée par une alternance de marnes et d'argilites, de grès et de calcaires bioclastiques, oolithiques ou récifaux.
2. **La formation de Djara** (472 m) (Bajocien supérieur à Bathonien inférieur) : elle est constituée d'alternance de grès, d'argiles et de dolomies
3. **La formation d'Aïssa** (625m) (Kimméridgien-Porthlandien) : elle est représentée par des grès massifs et des passées d'argilites rouges.

### III.3 Cadre géologique structural (Fig.4) :

Au Méso-Cénozoïque, l'Atlas Saharien a subi plusieurs phases de déformation ayant abouti à la formation de structures tectoniques (plis, failles) (figure 4). A1- Les plis L'Atlas Saharien est caractérisé par des plis, aux terminaisons périclinales brutales. Les anticlinaux, à cœur Jurassique moyen à supérieur, sont longs étroits caractérisés par des flancs redressés à voûtes plates (KaziTani, 1986), disposés parfois en échelon et sont souvent affectés par des failles à directions orthogonales et des rejets variables dont certains ont permis aux séries plastiques du Trias d'arriver en surface. Les anticlinaux sont séparés par de larges synclinaux en cuvettes qui se relaient, ce qui confère à la région un style du type éjectif (Kazi-Tani, 1986). Ces cuvettes synclinales, d'orientation NE-SW, sont à cœur Crétacé supérieur.

A2- Les failles Trois familles de failles ont été distinguées dans l'Atlas saharien (Guiraud, 1990) : Une famille d'accidents orientés entre N-S et N 60 E qui bordent ou prennent en écharpe les structures anticlinales. Des cassures de direction E-W, dont la plus importante est la faille de Bou Saada qui sépare deux domaines structurellement différents : l'Atlas plissé au Sud et le domaine préatlasique relativement calme, monoclinal, au Nord.

Les accidents NW-SE qui sont assez rares et ne sont importants qu'à l'Est d'Ain Rich. Par ailleurs, la chaîne atlasique est prise entre deux lignes d'accidents majeurs, qui sont les accidents Nord et Sud atlasiques.

L'Accident Sud Atlasique correspond à une succession d'accidents d'orientation générale ENE-WSW qui se relaient et qui s'étendent d'Agadir au Maroc jusqu'au golfe de Gabès en Tunisie. Il sépare le domaine saharien relativement stable du domaine atlasique plissé.

L'Accident Nord Atlasique sépare un domaine atlasique plissé au Sud d'un autre préatlasique peu déformé au Nord. Cet accident, direction NE-SW devenant E-W au niveau

de Bou Saada, se suit de Bou Arfa au Maroc jusqu'à Zahrez Chergui en Algérie. Dans l'Atlas Saharien Central, il se prolonge du NE d'El Bayadh jusqu'au Nord de la ville d'Aflou.

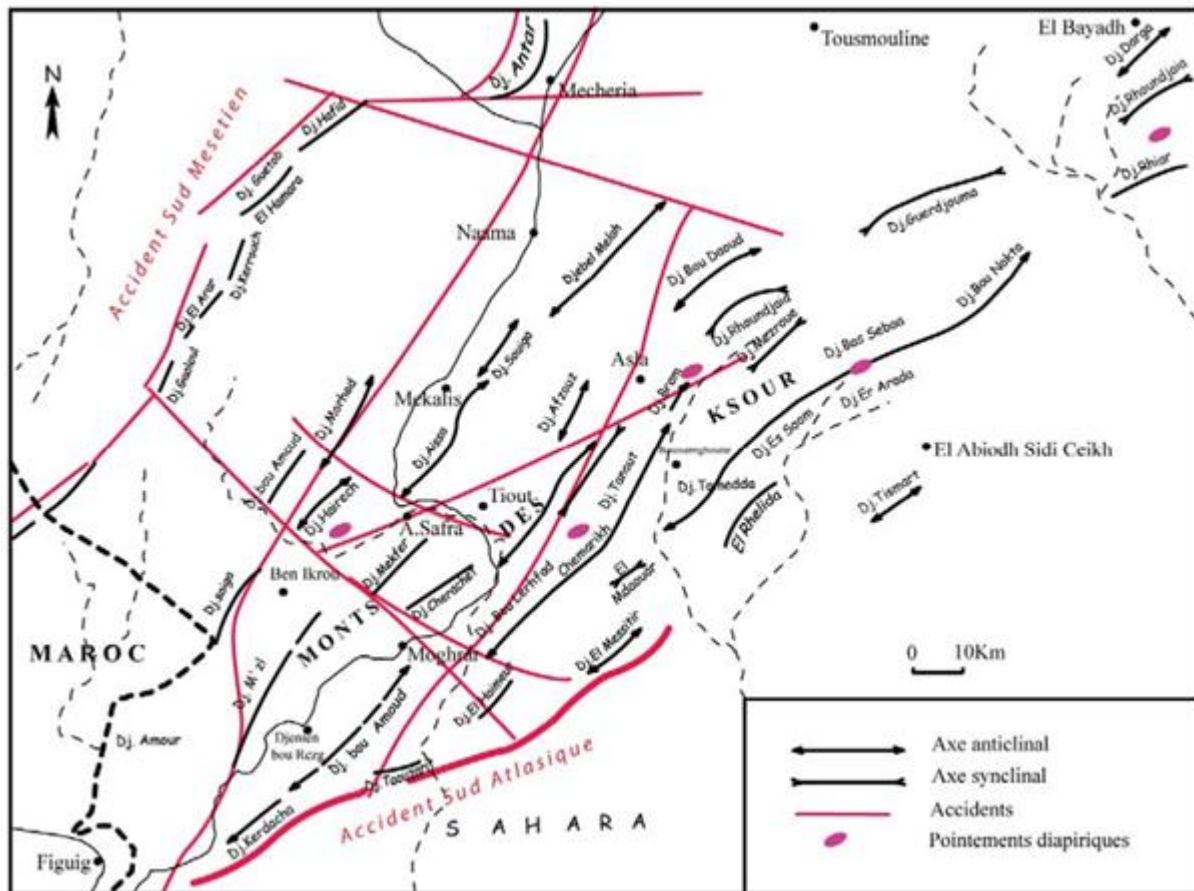


Figure 4 | Ensembles structuraux de l'Atlas Saharien Occidental (Douhasni, 1976).

IV. Historique des travaux :

**Flamand (1911) :** Il est à noter que ce dernier à consigner dans sa thèse sur l'Oranie Sud Occidental l'initial de la stratigraphie et la structure du Lias et du Dogger dans la région du Djebel Melah, Djebel Souiga, Djebel Chémariikh et dans le chaînon de l'Antar-Guettaï.

**Savornin (1931) / Russo (1934-1939) / Laffitte (1939) :** Ces trois travaux de stratigraphie conviennent au contenu de l'Atlas saharien et ses prolongements à l'Ouest ainsi qu'à l'Est notamment le Maroc et la Tunisie.

**Cornet (1950-1952) :** Les trois études précédentes sont suivies par des modifications apportées par ce dernier à l'échelle stratigraphique qui ont été publiées préalablement par Flamand avec une analyse structurale globale. Cornet, interpréta la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000<sup>ème</sup> et désigna par la suite la diminution des épaisseurs des terrains du

Jurassique vers le NE. Qui sont marins du Jurassique inférieur, devenant gréseux au Jurassique moyen et persistent jusqu'au Crétacé inférieur.

**Lasnier (1965)** : Il élaborera une étude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique (Djebel Melah et Djebel Chémarikh).

**Bassoullet (1966)** : Il identifia le Sinémurien supérieur à partir de la découverte d'un *Asteroceras*.

**Lucas et Galmier (1967)** : Ils expriment la tectonique du Djebel Kardacha où ils mettent le point sur la complication structurale de la bordure méridionale de l'Atlas saharien qui est jalonnée par plusieurs accidents produits dans la même année.

**Bassoullet et Iliou** : Ils dénudent les restes dinosauriens, de crocodiliens et de poissons dans l'Oued Boujihane.

- **Période 1970 jusqu'à nos jours**

**Galmier (1970)** : à établi la synthèse géologique et il a réalisé 9 cartes photo-géologiques au 1/100 000ème de la région d'Aïn Sefra, pour avoir une idée sur la tectonique de l'ensemble des Monts des Ksour.

**Bassoullet (1973)** : présente sa thèse sur la stratigraphie des Monts des Ksour avec une subdivision lithostratigraphique en liaison avec l'évolution sédimentaire du bassin des Ksour où il a retracé l'histoire de cette région durant le Mésozoïque.

**Douihasni (1976)** : a complété le travail de Bassoullet dans sa thèse portant sur « l'étude géologique de la région Aïn Ouarka -Boussemgoun », avec une analyse structurale.

**Abed (1982)** : a fait une étude détaillée sur les séries du Jurassique du Djebel Amour.

**Kazi Tani (1986)** : présente une synthèse de l'évolution géodynamique de la bordure Nord – Africaine, mettant en évidence deux grands groupes à caractères opposés : transgressif du Trias au Lias moyen et régressif du Toarcien à l'Oxfordien.

**Ait Ouali (1991)** ; présente un travail sur le Rifting et la diagenèse des assises carbonatées du Lias des Monts des Ksour. Il réalisa une étude sédimentologie et géodynamique basées sur une approche séquentielle couplée à une analyse par stade des phénomènes diagénétiques.

**Almeras et al. (1994)** : présentent une échelle biostratigraphiques du Jurassique moyen grâce aux levés de plusieurs coupes de références avec leurs faunes de brachiopodes et d'ammonites, Dans le cadre des précisions stratigraphiques dans les Monts des Ksour.

**Ouali Mehadji (1994)** : a soutenu un mémoire de magister sur la Stratigraphie des terrains du-Bajocien supérieur - Bathonien dans les Monts des Ksour (Atlas saharien occidental) sur la base des brachiopodes

**Tlili (1995)** : le sujet primordial de son mémoire de Magister s'intéresse aux édifices récifaux de la formation de « Tifkirt » afin d'élaborer une étude paléo-écologique et paléogéographique.

**Mekahli (1995)** : son travail se base sur l'évolution des Monts des Ksour de l'Hettangien au Bajocien supérieur « Biostratigraphie, sédimentologie, stratigraphie séquentielle et paléogéographie », la région est subdivisée en quatre secteurs (Aïn Ben khellil, Aïn Ouarka, Mékalis, Kerdacha. Ainsi que d'autres formations dans l'Infra Lias–Bajocien au niveau de ces secteurs.

**Meddah (1998)** : Il accomplit une étude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas Saharien Occidental (Monts des Ksour) et le volcanisme triasique.

**Kacemi (2005)** : Il fut élaboré une étude sur la dynamique sédimentaire de la série fin Dogger début Crétacé dont la Lithostratigraphie, la sédimentologie et l'analyse séquentielle des formations du Jurassique moyen au Crétacé. Il illustra son étude par le moyen d'une carte géologique de la localité Ouest de l'Athlas Saharien Occidental. Tous ces travaux sont ainsi employables dans la synthèse d'*Elmi et al (1998)*.

**Regagba (2006)** : Il concrète une étude sédimentologique et stratigraphique du Jurassique moyen et supérieur de la région d'El Bayadh s'étendant vers l'Epstar.

**Kacemi (2013)** : Il s'agit d'une thèse de Doctorat où il détaille une l'évolution litho-structurale des Monts des Ksour (Atlas saharien, Algérien) au cours du Trias et du Jurassique et présente l'aspect géodynamique du bassin.

**Mahboubi chikh Younes (2021)** ; proposa une nouvelle nomenclature lithostratigraphique sur la base de repères lithologique et de niveaux à brachiopodes dans des séries argilo-gréseuses avec quelques passés carbonates, à l'Atlas Saharien Central plus précisément dans la région d'El Bayadh, qui font fourni des lignes temps dans la série jurassique supérieur.

## V. METHODOLOGIE DU TRAVAIL

Avant d'avoir entamé les travaux de terrain et afin d'avoir un maximum d'informations, nous avons procédé à une recherche bibliographique détaillée des différents auteurs sur toute la région de l'atlas saharien central et occidental.

**V.1 Sur le terrain**

Reconnaître la succession lithostratigraphique à partir d'une coupe détaillée banc par banc et de suivre les variations verticales et latérales des épaisseurs et des faciès. Les données de nos analyses du terrain seront résumées sous forme d'une coupe verticale.

**V.2 Au laboratoire**

Au total de dix (10) sections de lames minces ont été effectuées dans les niveaux indurés. Celles-ci ont permis la caractérisation des microfaciès sédimentaires.














**CHAPITRE 2**  
**LITHOSTRATIGRAPHIE**

## La légende et l'échelle



















### Les structures sédimentaires

-  Cheneux
-  Stratification horizontale
-  Stratification oblique
-  Stratification entrecroisée
-  Stratification oblique en mamelon
-  Les rides de courant
-  Les mégarides
-  Surface durcie (Hard ground)
- S.T.I** Séquence de tempéstitite à l'interface de banc

### Les éléments figurés

-  Les galets mous
-  Les coraux
-  Les crinoïdes
-  Les gastéropodes
-  Les traces des bivalves
-  Bois de fossile
-  Les silex
-  Trace de dissolution de coquille ou bioturbation
- B** Boiturbation
- NB-1** Niveau bioclastique n°=1
- NB-2** Niveau bioclastique n°=2
-  Les bioclastes
-  *Skolithos*
-  Fragments des brachiopodes

### La lithologie

- |   |                                      |   |                            |   |  |
|---|--------------------------------------|---|----------------------------|---|--|
|   | Calcaire                             |   | Grès à ciment calcaire     |   | Argile à passé gréseux                 |
|  | Calcaire pseudo-noduleux             |  | Grès fin                   |  | Argile à fazar bedding                 |
|  | Calcaire oolithique                  |  | Grès moyen                 |  | Grès à passé de dolomie chenalisée     |
|  | Calcaire oolithique pseudo-noduleux  |  | Dolomie                    |  | Argile à passé de calcaire dolomitique |
|  | Calcaire dolomitique à oolithes      |  | Dolomie pseudo-noduleux    |   |  |
|  | Calcaire dolomitique                 |  | Argile                     |   |  |
|  | Calcaire dolomitique pseudo-noduleux |  | Argile à passé de calcaire |   |  |

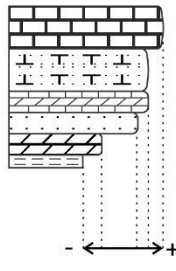
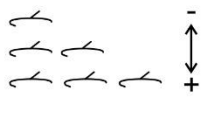
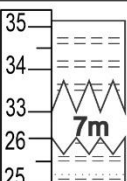
<p><b>La dureté</b></p> 	<p><b>La diffusion</b></p> 	<p>→ Indique l'emplacement du symbole</p>	<p><b>Ech = échantillon</b></p>
	<p><b>La dimension</b></p> <p>Moyenne</p> <p>Petite</p>	<p>⑦ Indique le numéro de la colonne</p>	
<p>0,7mm dans la feuille représente 1m dans la réalité</p> <p>L'épaisseur supprimée(7m) a été ajoutée à la règle(26+7 = 33m)</p> 			

Figure 5 | Photo illustrant la légende et l'échelle du colonne lithostratigraphique.

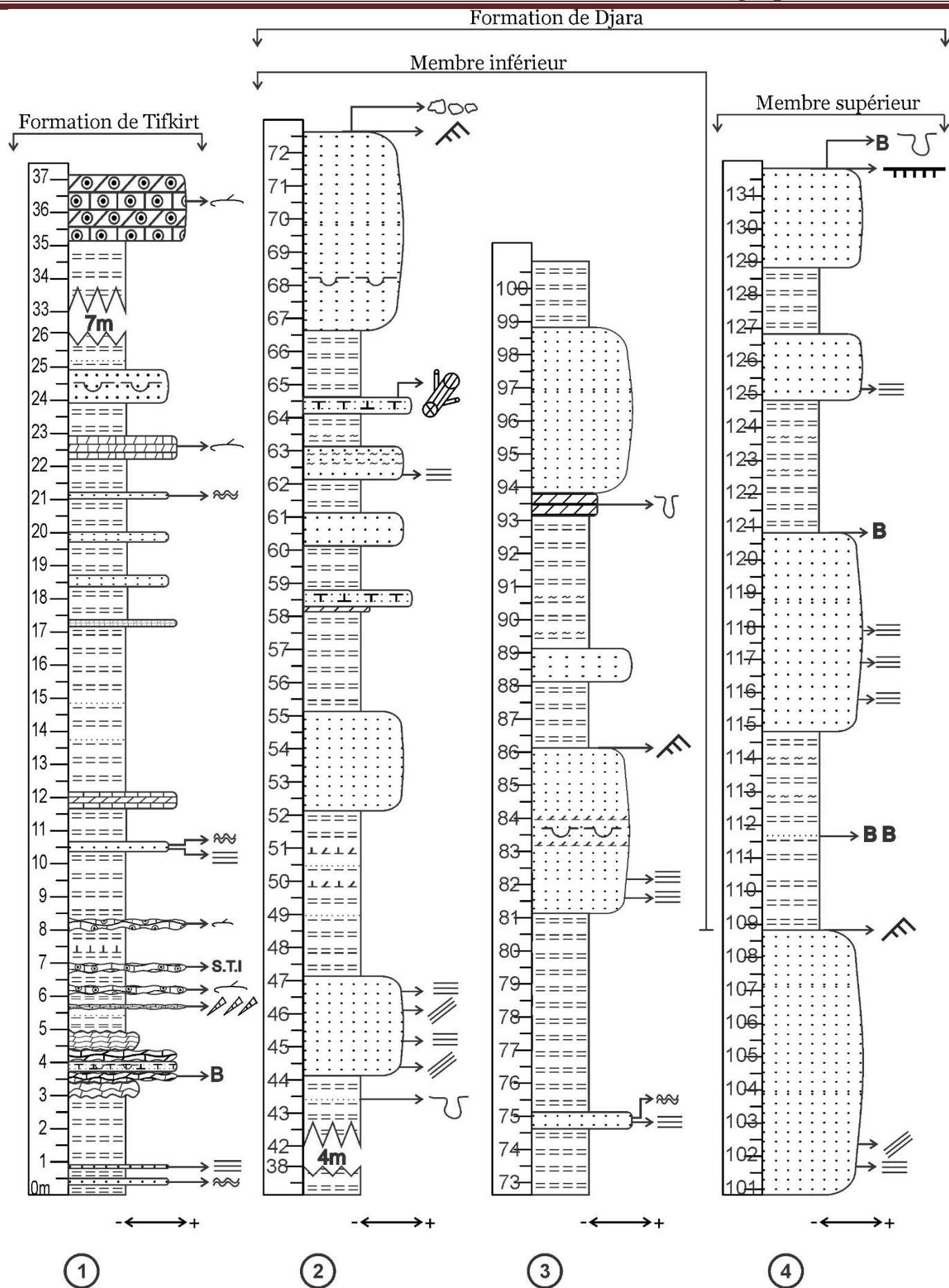


Figure 6 | Section lithostratigraphique de la coupe de Dj Bes Sebaa (Formation de Tifkirt, Formation de Djara).

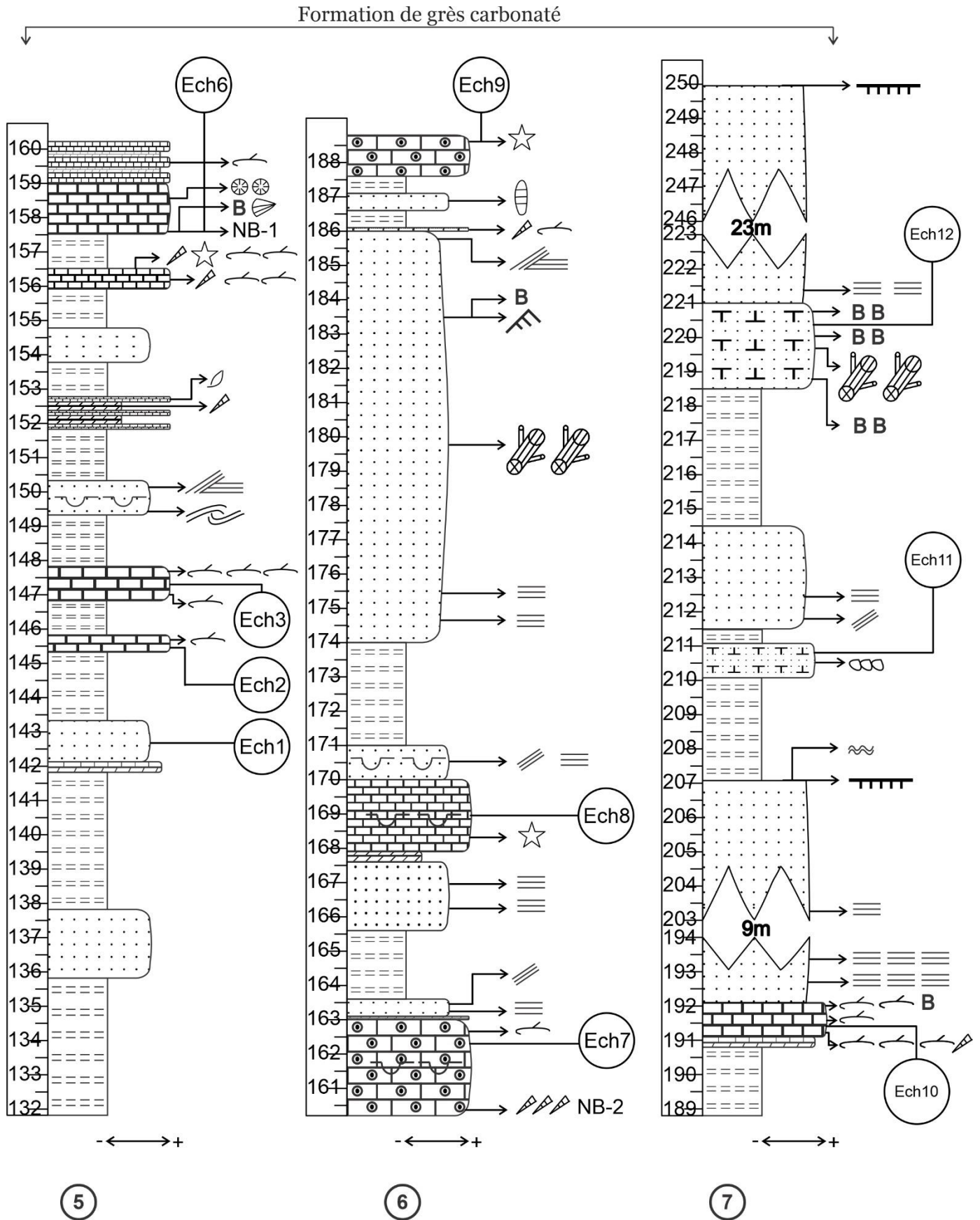


Figure 7 | Section lithostratigraphique de la coupe de Dj Bes Sebaa (Formation gréseux carbonaté)

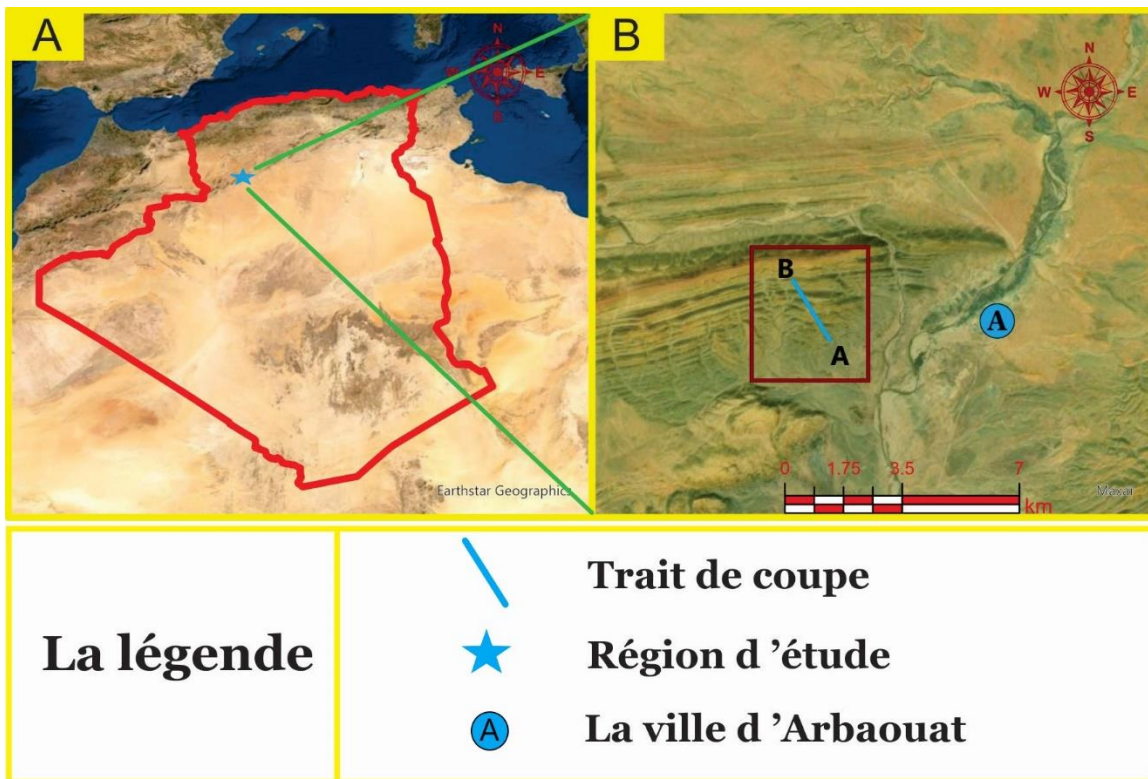
**I. Introduction**

Ce chapitre est consacré à la description lithostratigraphique des terrains d'âge jurassique supérieur dans le région d'Arbaouat (secteur de Dj.Bes-Sebaa). La description est basée sur les observations macroscopiques observées sur le terrain (l'épaisseur des couches, la lithologie, les particularités sédimentaires et le contenu fossile).

**II. Etude lithostratigraphique :**

**II.1 Localisation de la coupe (Fig.8) :**

La coupe étudiée est située à environ 100 km au sud-ouest de la ville d'El Bayadh. Elle se trouve à 2 Km à l'ouest de village d'Arbaouat.



**Figure 8** | Localisation du secteur d'étude (par Google Earth). A) image satellitaire montrant la région d'étude ; B) image présentant le secteur d'étude.

## II.2 Description de la coupe :

### 1. Formation de Tifkirt (37,13 m) (Fig. 9 et Pl. 1) :

Sauf la partie sommitale qui affleure. La partie supérieure de cette Formation est caractérisé par une alternance d'argile, grès et des calcaires. Les argiles sont de couleur verdâtre à aspect schisteuse d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Les grès sont de couleur noirâtre à la patine et blanchâtre à la cassure, avec granulométrie fin à moyenne avec des figures sédimentaires telle que : les rides de courants, les laminations horizontales, et parfois des structure chenalisé. Les calcaires en banc mince ou pseudo-noduleux parfois dolomitisé en épaisseur centimétrique avec la présence des oolithes et des bioclastes et quelque bioturbation. On note que cette formation contient un niveau fossilifère riche en gastéropodes dans la partie inférieur.



Figure 9 | Photo de terrain illustrant la Formation de Tifkirt.

### 2. Formation de Djara (94,57 m) :

La Formation du Djara (436 m) a été défini comme une alternance de grès, argile et de dolomie (Bassoullet, 1973). C'est une formation détritique et d'âge jurassique supérieur.

Quelques caractères de la formation de Djara qui fut soulevée par [Bassoullet en 1973](#) :

1. Les grès : Grosses barres de grès clair à patine noirâtre atteignant 35 m d'épaisseur au sommet de la formation, à stratifications obliques.
2. Les dolomies : Les calcaires disparaissent et sont remplacés par des rares dolomies d'épaisseur centimétrique à structures oolithiques ou lumachilliques ainsi que des débris d'Echinides.
3. Les argiles : Les argilites prennent une couleur lie de vin et vert et sont pélitiques ou gréseuses.

Il est subdivisé en deux membres ; un membre inférieur et l'autre supérieur. (la limite entre ces deux membres est marquée par une surface de mega-ride.

- **Membre inférieur (71,57m) (Fig.10, PL.3,2):**

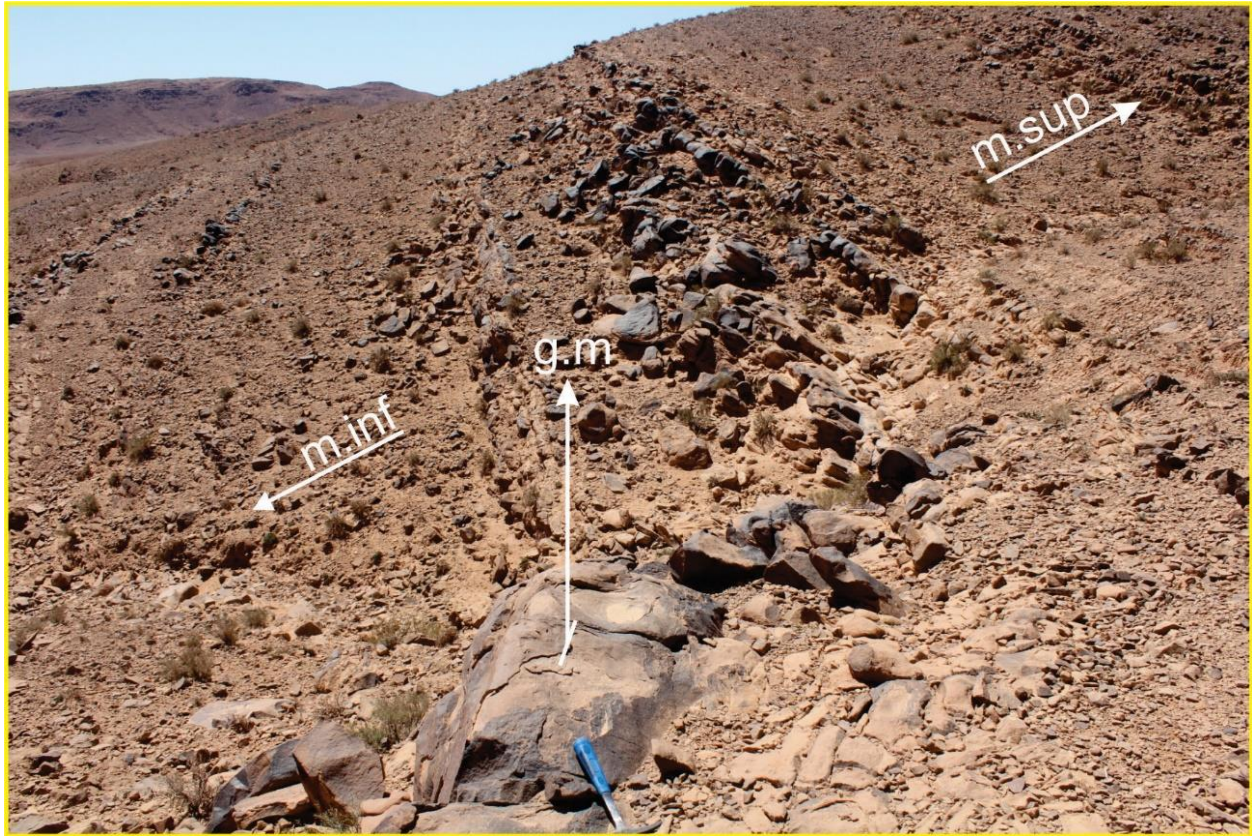
Il est marqué par une alternance argilo-gréseuse. Les argiles sont de couleur verdâtre et affleurent se forme des combes entre deux barres gréseuses.

Les grès sont d'épaisseur métrique (strato-croissant) se forme des barres souvent chenalises stratifiés dans la partie inférieure des barres et deviennent massifs vers sa partie supérieure, aussi les grès est représenté se forme des bancs centimétriques intercalés dans les combes argileuses.

La couleur de ces grès est de teinte noirâtre (patine de désert) à la patine et parfois blanchâtre, rosâtre à la cassure avec des grains fins rarement grossiers. Ces barres de grès contiennent des bois de fossile, parfois des traces de dissolutions de coquille et des figures sédimentaires telle que : les stratifications obliques stratifications horizontales et les rides de courant dans la partie sommitale de grès massif avec une abondance des flaser beddings. On note que certains barres renferment des galets mous.

- **Membre supérieur (23 m) (Fig.10, PL.4):**

Il s'agit d'une alternance argilo-gréseuse. Les grès massifs présentent des stratifications horizontales dans leur partie inférieure. La partie sommitale est matérialisée par une surface durcie, présente des traces de dissolution de coquille, et des bioturbations. Les argiles sont verdâtres à aspect schisteux, d'ordre métriques, strato-décroissantes, présentent des stratifications madrées qui sont mal développées.



**Figure 10** | Photo de terrain illustrant la limite entre le membre inférieur (**m.inf**) et membre supérieur (**m.sup**) marqué par le grès à méga-ride (**g.m**).

### 3. Formation gréseux carbonaté (117,15 m) (Fig.11, PL.5,6,7) :

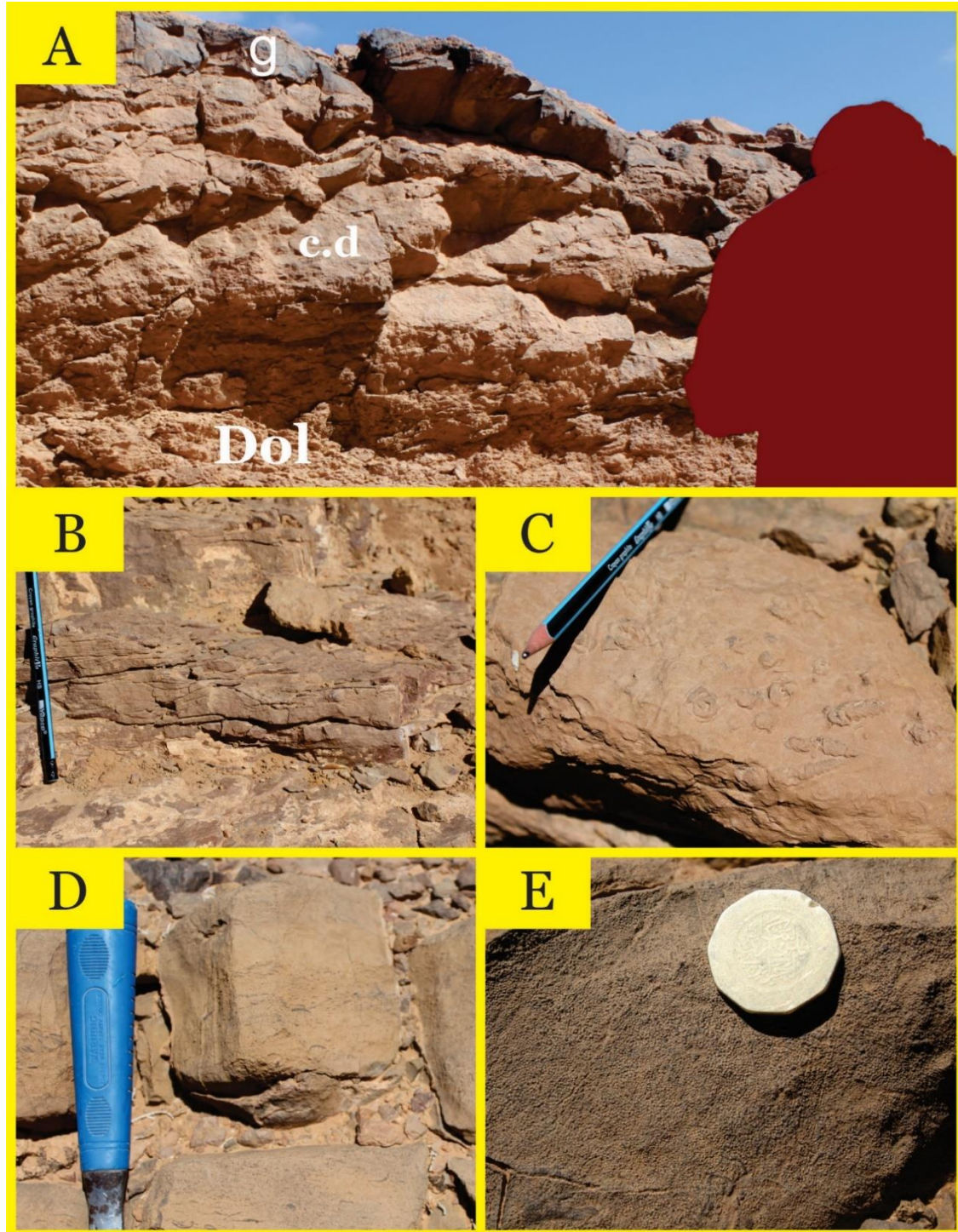
Au-dessus des niveaux chenalisés (d'extension latérale pluri-métrique), les bancs gréseux deviennent très rapprochés strato-croissants, dont les épaisseurs sont variées de 0,2 à 1,5m (Figure). Ces grès sont de couleur blanchâtre à la cassure, et grisâtre à la patine, présente à la partie basale des différents stratifications (horizontale, obliques, entrecroisé, mamelonnée...), la surface sommitale est parfois modelée par des rides de courants, des méga-rides, avec des bois fossilifères. Des grès à ciment carbonaté, bioturbé, riches en bois silicifié, avec quelque nodule des silex ont été observés vers le sommet de formation.



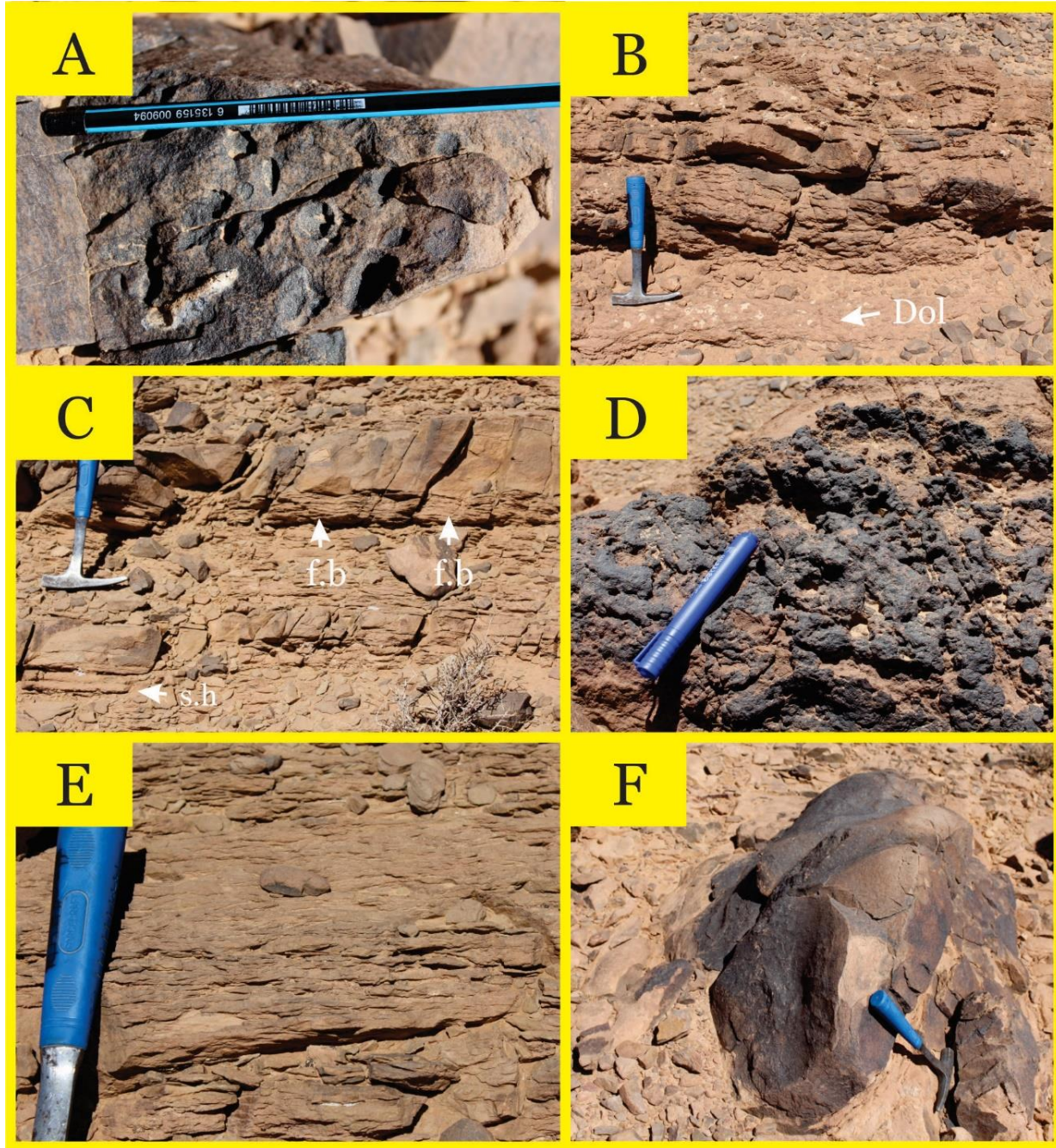
Les calcaires sont d'épaisseurs centimétrique à décimétrique, de couleur bleuâtre à la cassure et beige à jaunâtre à la patine, et parfois jaunâtre à la patine et à la cassure. Ils sont parfois dolomitisé ou se présente se forme des dolomies. Ils renferment des oolithes, les oncolithes, et des divers faunes ; des gastéropodes, avec des fragments de bivalves, des fragments de brachiopodes, des tiges de crinoïdes formant des niveaux bioclastiques, associés à des bioturbations observées dans la partie inférieure des bancs.



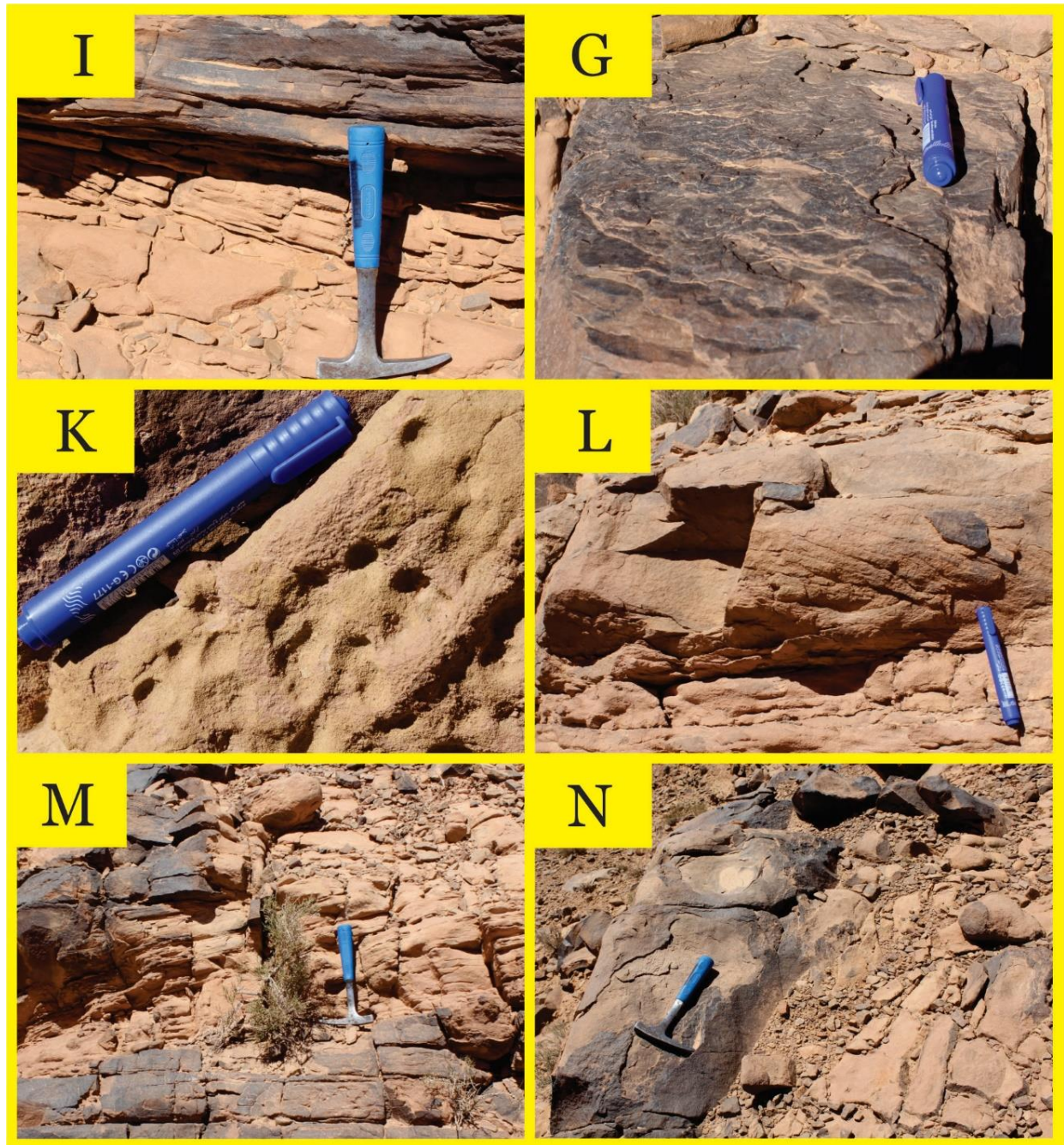
**Figure 11** | Photo de terrain montrant une barre (section des niveaux gréseux) de grès de la Formation gréseux carbonaté.



**Planche 1** | A) Photo de terrain présentant les différents faciès de Formation de Tifkirt ; A) Image illustrant le grès(**g**), le calcaire dolomitique (**c.d**), et la dolomie (**Dol**) ; B) Ride de courant ; C) Niveaux de calcaire riche en gastéropodes. D) Calcaire à figure de tempestite ; E) Calcaire oolithique.

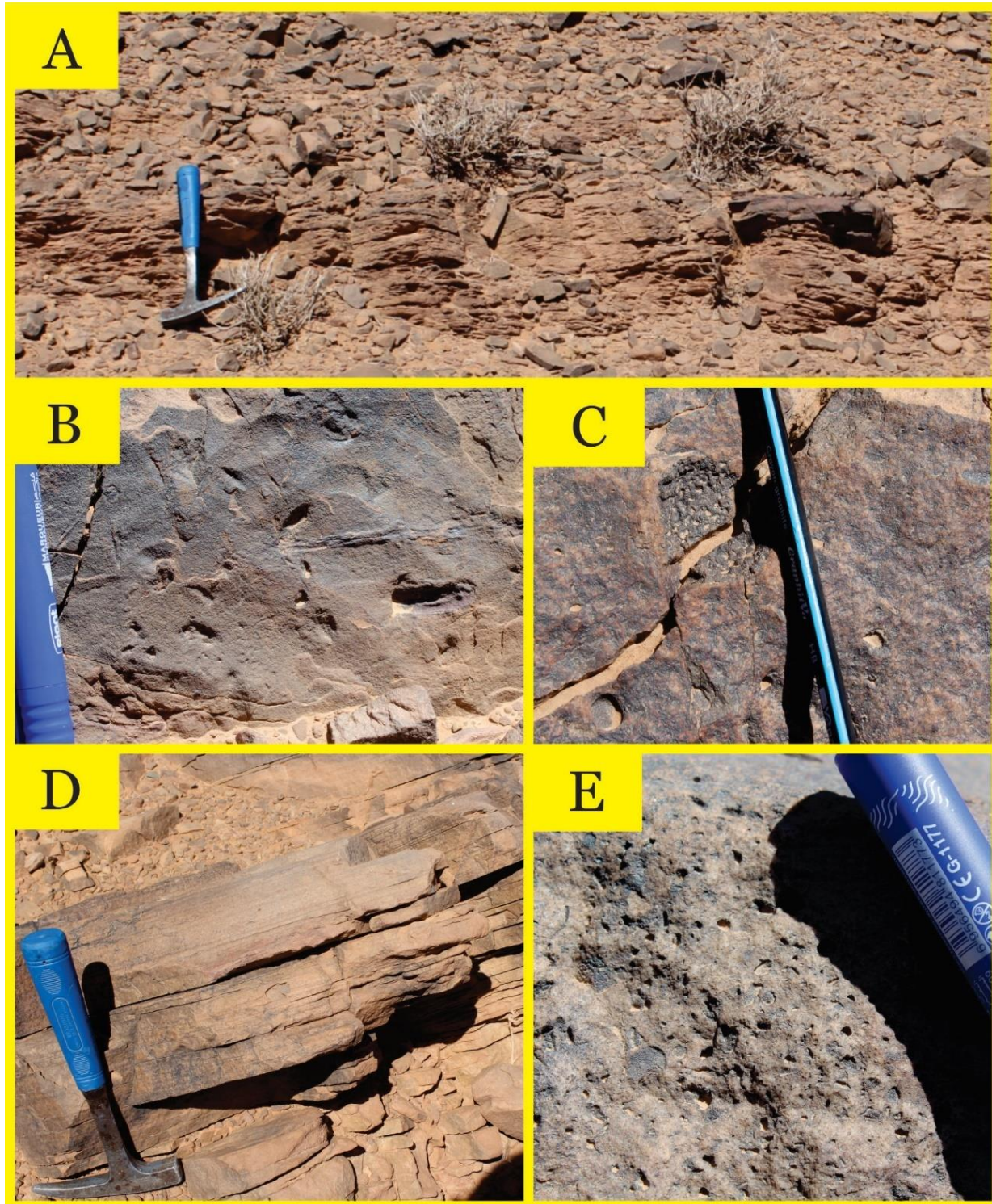


**Planche 2** | Aperçu illustratif sur les caractères de Formation de Djara (membre inférieur). A) Grès à trace de dissolution de coquille ; B) Dolomie et grès à ciment carbonaté à bois de fossile ; C) Grès à lamination horizontale (**s.h**) et à des flaser beddings (**f.b**) ; D) Grès à ciment carbonaté à bois de fossile. E) Argile à stratification en flaser. F) Grès à méga-rides.

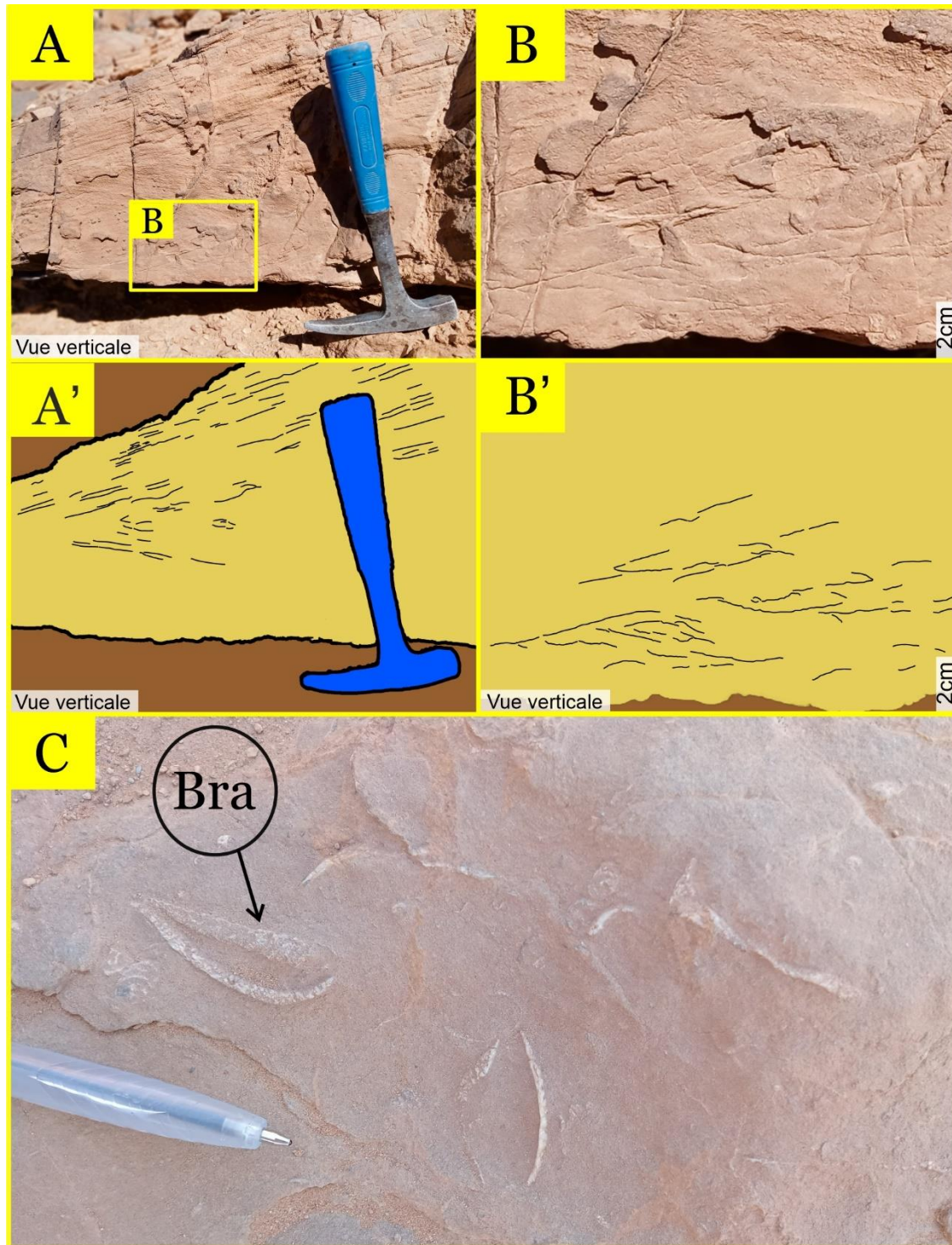


**Planche 3** | Aperçu représentatif des caractéristiques de Formation de Djara (membre inférieur) ;

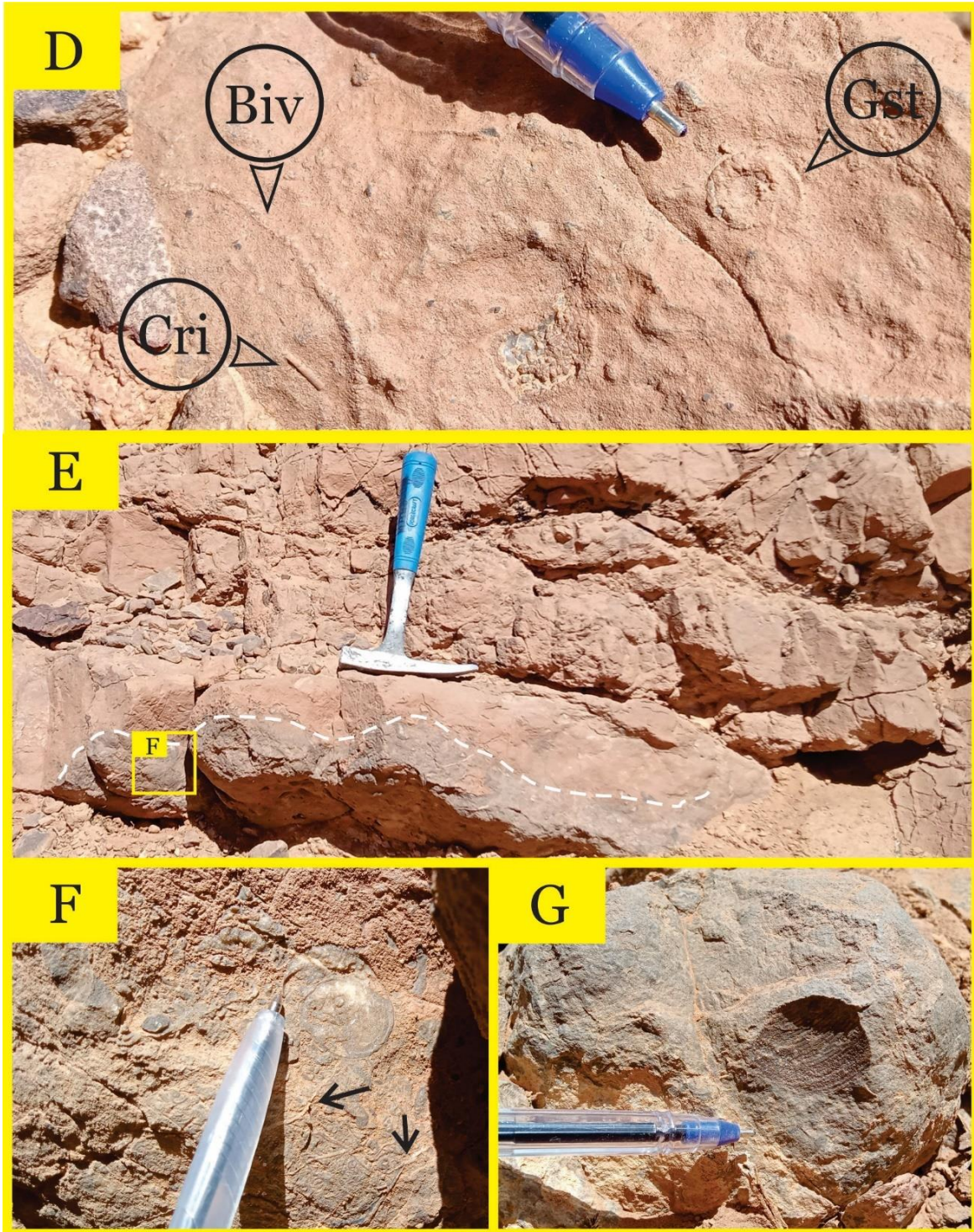
I) Grès à stratification oblique et horizontale, G) Grès à ride de courant, K) Dolomie à trace de dissolution de coquille ? ou biotubation ?, L) Grès à stratification oblique, M) Grès à stratification horizontale surmonté par grès à stratification oblique, N) Grès à mega-ride.



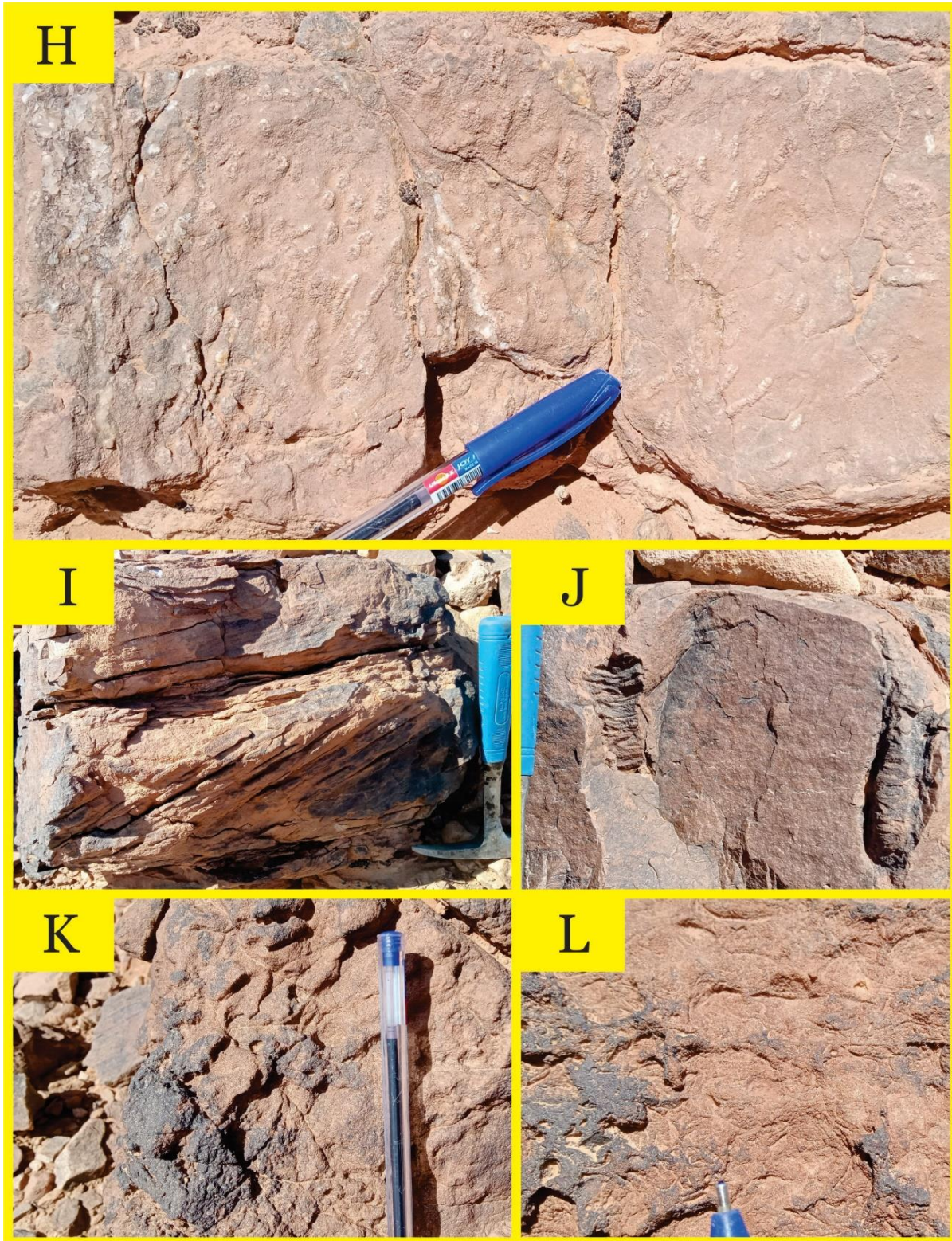
**Planche 4** | Photo de terrain montrant les principales caractéristiques de membre supérieur de Formation de Djara ; A) Grès à flaser bedding mal développé, B) et C) Bioturbation, D) Grès à stratification horizontale, E) Grès à bioturbation (Boring).



**Planche 5** | Illustration photographique et schématique des caractéristiques de Formation gréseux carbonaté ; A) et A') Grès à stratification entrecroisé, B) et B') Grès à stratification oblique mamelonnée (Hcs) érodé à la base, C) Calcaire à Brachiopode ? (**Bra**).



**Planche 6** | Photo de terrain illustrant les caractéristiques de Formation gréseux carbonaté ; D) Calcaire présente des fragments de Bivalve ? (**Biv**), tige de Crinoïde (**Cri**), et Gastéropode (**Gst**), E) Niveaux bioclastique au-dessus de la ligne discontinuée, F) Niveau bioclastique présent des quelque bioturbations (les flèches noirs), G) Niveau bioclastique à empreinte de bivalve.



**Planche 7** | Aperçu représentatif des caractéristiques des différents faciès ; H) Calcaire à coraux ; I) Grès à stratification entrecroisé ; J) Grès à *Skolithos*. K) Grès à bois de fossile ; L) Grès bioturbé.



# CHAPITRE 3

## L'ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE

**I. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous présentons une analyse faciologique détaillée des dépôts de Jurassique supérieur qui affleurent dans la région Arbaouat. L'objectif est de comprendre la dynamique sédimentaire et de déduire les paléo-environnements des Formations étudiées dans le secteur de Dj Bes Sbaa.

Les données sédimentologiques utilisées pour la détermination des faciès et des sous-faciès sont : lithologie, granulométrie, classement des grains, surfaces de contact, épaisseur et géométrie des couches, contenu paléontologique et ichnologique, et structures sédimentaires. Chaque faciès est interprété en termes de la dynamique sédimentaire et des processus de dépôt.

**I.1 Rappel :**

La sédimentologie est la science qui étudie les caractéristiques, les processus de mise en place et la disposition des particules meubles, le sédiment, soit pendant leurs déplacements, soit une fois déposé, leur sédimentation ou les phénomènes de diagenèse.

**I.2 L'objectif de l'analyse sédimentologique :**

Dans la continuité de l'étude lithostratigraphique, l'objectif d'analyse sédimentologique est de vérifier la lithostratigraphie établie sur le terrain lors du relevé par une description de faciès sédimentaire en fonction de leur caractère, mode de formation, et de leur milieu de dépôt. Dans cet optique, la description de faciès et l'interprétation des environnements de dépôts dans ce troisième chapitre s'avère être un outil indispensable.

**II. Généralité sur la sédimentation deltaïque :****II.1 Le concept de delta :**

Les deltas sont des systèmes de dépôt côtiers qui sont régressifs et la plupart de leurs sédiments fournis directement par les cheneaux distributaires de fleuve, de sorte qu'ils ont tendance à faire saillie comme des côtes (Boyd et al., 1992).

**II.2 Les trois subdivisions du delta (Fig.12) :**

La morphologie des deltas est également très variable et dépend principalement de la nature des agents hydrodynamiques pouvant disperser les sédiments à l'embouchure. Selon [Galloway \(1975\)](#), le delta se subdivise en termes des processus dominants contrôlant leur morphologie en trois types: rivières, vagues et marées.

**II.2.1 Les deltas de type fleuve dominant :**

Ont une forme digitée, ou en patte d'oiseau, qui résulte de la formation de chenaux rectilignes qui se prolongent vers le large aux embouchures et qui se subdivisent en de nouveaux chenaux au fil du temps en raison de la formation de barres d'embouchure. Ces deltas dont l'exemple le plus représentatif est celui du Mississippi se forment lorsque les agents fluviaux, responsables de l'apport de sédiments, l'emportent sur les agents de dispersion du bassin.

**II.2.2 Les deltas de type wave dominante :**

Sont soumis à l'action des vagues qui remanient les barres d'embouchures et redistribuent les sédiments le long du rivage pour former des plages, des flèches ou des cordons littoraux qui régularisent le rivage. Ces deltas possèdent une morphologie massive plus ou moins convexe vers le large.

**II.2.3 Le delta de type tidal dominante :**

Les courants de marée sont responsables de la dispersion des matériaux, les sédiments sont remaniés en barres d'embouchure parallèles aux courants de flot et de jusant qui forment dans le cas des grands deltas de véritables îles alluviales de plusieurs kilomètres de longueur ([A. Héquette, 2012](#)).

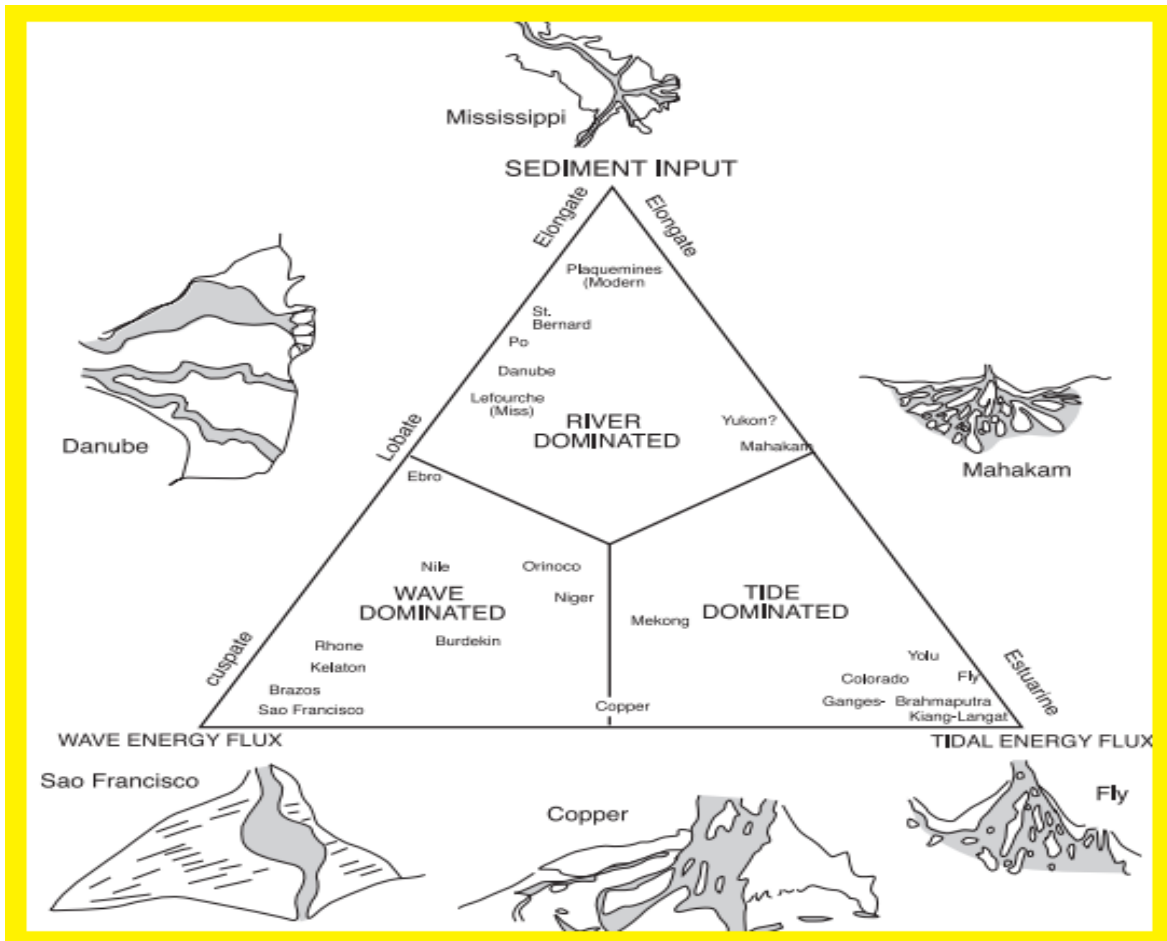


Figure 12 | Les différents types de delta de Galloway (1975), d'après Bhattacharya et Walker (1992).

### III. Inventaire et interprétation des faciès sédimentaires :

En 08/04/2022, nous avons eu une sortie de terrain pendant 4 jours dans le secteur d'Arbaouat « Dj Bes Sebaa ». Durant ces jours, nous avons eu l'occasion de lever une coupe composite 248,85 m d'épaisseur, d'affleurements dont les lithofaciès sont bien exposés, ce qui a conduit à l'apparition de quatre différents faciès sédimentaires-types « argile, grès, calcaire, et dolomie ». Les différents caractères de chaque faciès ont permis de mettre en évidence 12 sous-faciès qui, à leur tour, ont été regroupées en 4 associations de faciès. L'analyse sédimentologique nous a permis d'interpréter ces faciès et sous-faciès en termes de processus physique, chimique et biologique de dépôt qui ont été produits lors de la Formation de Tifkirt, Djara, et Formation gréseux carbonaté.

**Le concept de faciès sédimentaire :**

**Définition :** la somme des caractéristiques des unités sédimentaires résultant d'un ensemble particulier de paramètres physiques, chimiques et biologiques qui fonctionnent pour produire l'unité avec des propriétés texturales, structurales et compositionnelles spécifiques (Boggs ; 2001).

1. Les faciès sont les produits de certains processus physiques.
2. Les processus physiques sont la cause/responsable de la formation des faciès.
3. Différents faciès représentent différentes conditions et environnements de dépôt.

**III.1 F 1 : Argile (Clay) :**

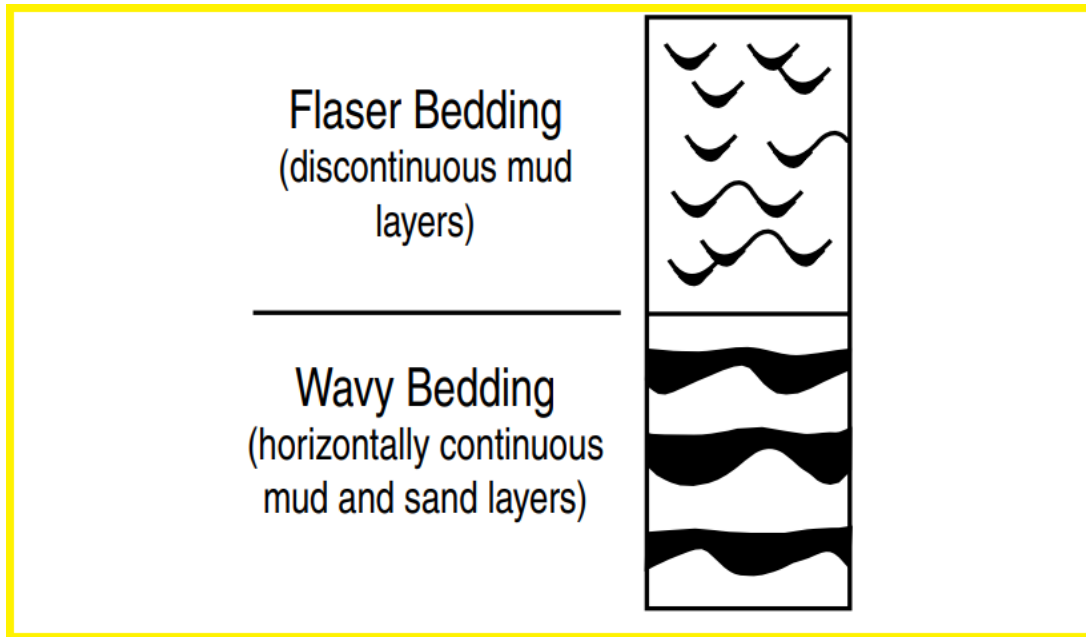
Ce faciès marque toute la coupe de Dj Bes Sebaa. Il est de structure feuilletée, de couleur verdâtre, et d'épaisseur décimétrique à métrique. Bien qu'elle soit non-dominante et présente une strato-décroissante dans le membre supérieur de la Formation de Djara, elle domine dans le membre inférieur avec des épaisseurs différentes « allant de 1 m à 6 m ».

**F1-1 : Argile à stratifications madrées (Flaser bedding clay) (Fig.13) :**

Il s'agit, d'argile à stratification en flaser, présente particulièrement dans le membre inférieur et supérieur « Formation de Djara ». Cependant, le lit en flaser caractérisé par une structure bien développée (membre inférieur), passants à mal développée (membre supérieur), à une nouvelle forme de structure « stratification horizontale ».

**❖ Interprétation :**

Ce type de structure provient du dépôt pendant un intervalles alternés d'écoulement relativement rapide et étale (fast-moving flow and slack water) ; les dépôts de sable forment des ondulations périodes d'écoulement rapide et la boue se dépose sur l'ondulation en période d'étale (Reineck et Wunderlich, 1968). Le flaser bedding peut être le résultat d'un courant de turbidité retravaillé par courant de contour (turbiditic sediment reworked by contour current) (Rebesco, 2014).



**Figure 13** | Photo schématique illustrant la stratification en flaser (flaser bedding) et le lit à ondulation (wavy bedding), (Reineck and Wunderlich, 1968, modifiée).

### III.2 F 2 : Grès :

Il observe dans tous l'affairement étudié avec une épaisseur centimétrique à métrique (1,5 m maximum), à cassure blanchâtre, à patine noirâtre, passant de stratifiées à massives, à largement canalisés, d'extension latérale d'ordre pluri-métrique. Il caractérisé par des figures hydrodynamiques telle que (les ride de courant, les méga-rides...) et aussi par des bois fossilifères. On note que, les barres d'épaisseur métrique sont parfois des sections des niveaux gréseux allant de 0,3 m à 1,5 m.

#### III.2.1 F 2-1 : Grès massif :

Les bancs massifs sont d'épaisseurs métriques, de couleur blanchâtre à la cassure, et grisâtre à la patine. Ces grès d'aspect massifs sont sans aucune structures internes, sans granoclasement « graded-bedding ».

#### ❖ Interprétation :

Ce sous-faciès est l'effet d'une sédimentation très rapide à partir d'un matériau en suspension et saltation, d'une manière ne laissant pas suffisamment de temps pour se développer une structure primaire (primary/current structure) « ex : un granoclasement », (Tucker, 2003 ;

Stow (2010). Et l'absence de structures sédimentaires dans ce grès massif peut indiquer une activité biogénique (processus biologique) (Cojan et Renard, 1999 ; Stow, 2010) ; les structures détruites par la bioturbation (l'activité des organismes fouisseurs), peu de temps après le dépôt.

### III.2.2 F2-2 : Grès à aspect chenalisé (channelized sandstone) :

Il s'agit de niveaux gréseux d'aspect chenalisé d'épaisseur décimétrique, d'extension latérale pluri-métrique, souvent consisté la partie basale. Le grès chenalisé parfois surmonte les grès à stratification horizontale.

#### ❖ Interprétation:

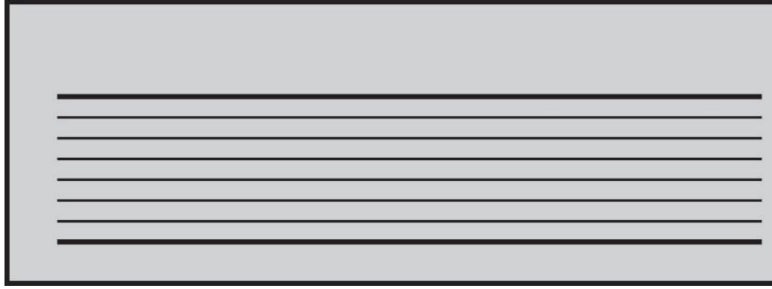
Les apports sédimentaires qui sont transportés par la rivière, continuent de couler dans un chenal confiné. Le dépôt de ces sédiments dans le chenal est dû à événements à décharge élevée (high-discharge events) qui finissent par remplir le chenal avec les sédiments, et l'écoulement actif se déplace, soit par un processus de migration latérale progressive ou par avulsion. Enfin, les sédiments se déposent par suspension (grains plus fins) ou par gravité (grains plus grossiers) dans ce chenal qui apparaît, à son tour, comme un faciès de géométrie chenalisé (grès chenalisé) (Gary Nichols, 2009, modifié)

### III.2.3 F2-3: Grès à stratification horizontal (Planar bedding sandstone) (Fig.14):

Il s'agit des stratifications horizontales, d'ordre centimétrique à décimétrique, souvent observe associé à la partie basale de grès à ride de courant (Formation de Tifkirt et Formation de Djara), parfois surmonté par des niveaux des grès chenalisés Formation gréseux carbonaté.

#### ❖ Interprétation :

Les grès à stratification horizontale peuvent être la conséquence d'un dépôt laminaire de moyenne à basse énergie déposé lors d'un régime d'écoulement rapide (Harms et al, 1982 ; Cojan et Renard, 1997). Elle aussi traduit un régime d'écoulement supérieur (Payros et al, 2000), et un régime d'écoulement hydrodynamique inférieur, sous une faible vitesse hydrodynamique (Cojan & Renard, 2013).



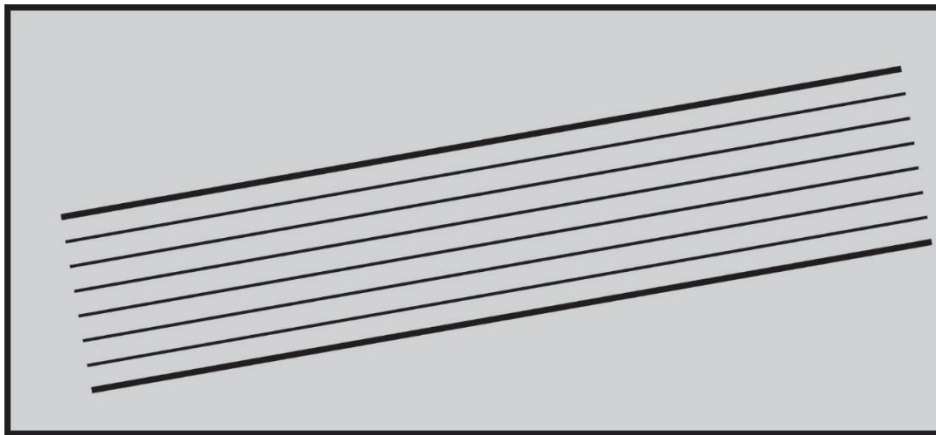
**Figure 14** | Stratification horizontale.

#### III.2.4 F2-4 : Grès à stratification oblique (oblique bedding sandstone) (Fig.15) :

Ce sous faciès affleure dans la Formation de Djara et Formation gréseux carbonaté, de teinte blanchâtre d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Ce sous-faciès est parfois surmonté par le grès à stratification horizontale.

##### ❖ **Interprétation :**

La présence de stratification oblique traduit l'existence de dunes hydrauliques dont les laminations internes caractérisent un tri hydrodynamique efficace ([Benoit VINCENT ;2001](#)).



**Figure 15** | Stratification oblique.

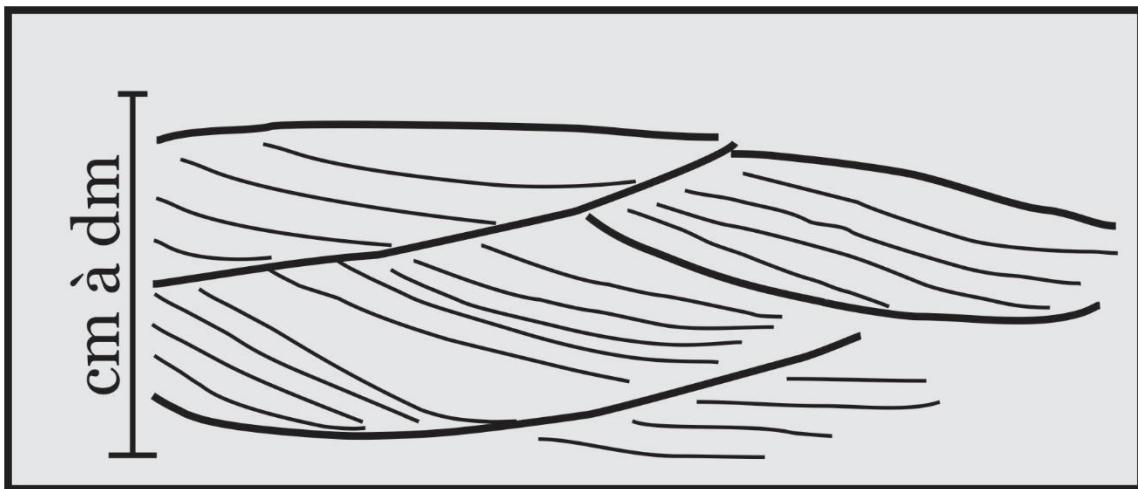


**III.2.5 F2-5 : Grès à stratification entrecroisé (cross bedding sandstone) (Fig.15) :**

Il s'agit de grès à stratification entrecroisé, d'épaisseur décimétrique, de couleur blanchâtre à la patine, caractérise la Formation gréseux carbonaté.

**❖ Interprétation :**

Le grès à stratification entrecroisé, correspond à la migration des rides de vagues (Cojan et Renard, 1997). C'est le résultat des variations survenues au cours du temps dans la vitesse et la direction des courants qui déterminent une troncature souvent oblique des rides sous-jacentes (Baali & Boutadara 2010 in Chamley, 1988).



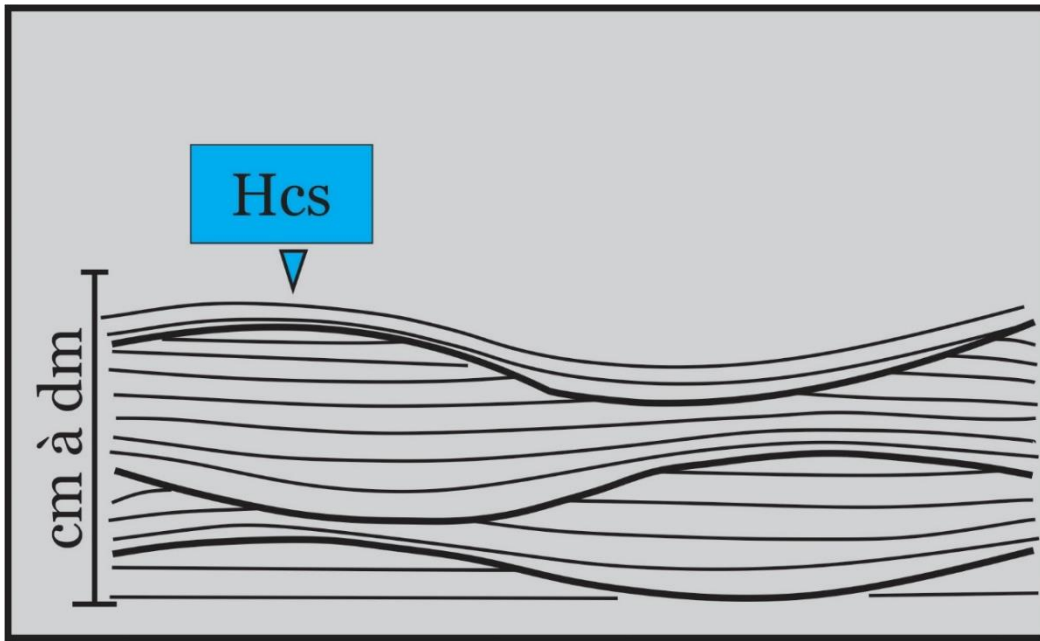
**Figure 16** | Stratification entrecroisée.

**III.2.6 F2-6 : Grès à stratification oblique en mamelon (Fig.17) :**

Ce grès à stratification oblique mamelonné à échelle centimétrique (centimetric-scale Hummocky Cross Stratification), n'a été observé que dans la Formation gréseux carbonaté. Il est d'épaisseur centimétrique, de couleur noirâtre à la patine, et blanchâtre à la cassure.

**❖ Interprétation :**

Le grès à stratification oblique en mamelon indique un environnement de dépôt soumis aux influences des tempêtes (Brenchley 1985 ; Guillocheau & Hoffert 1988).



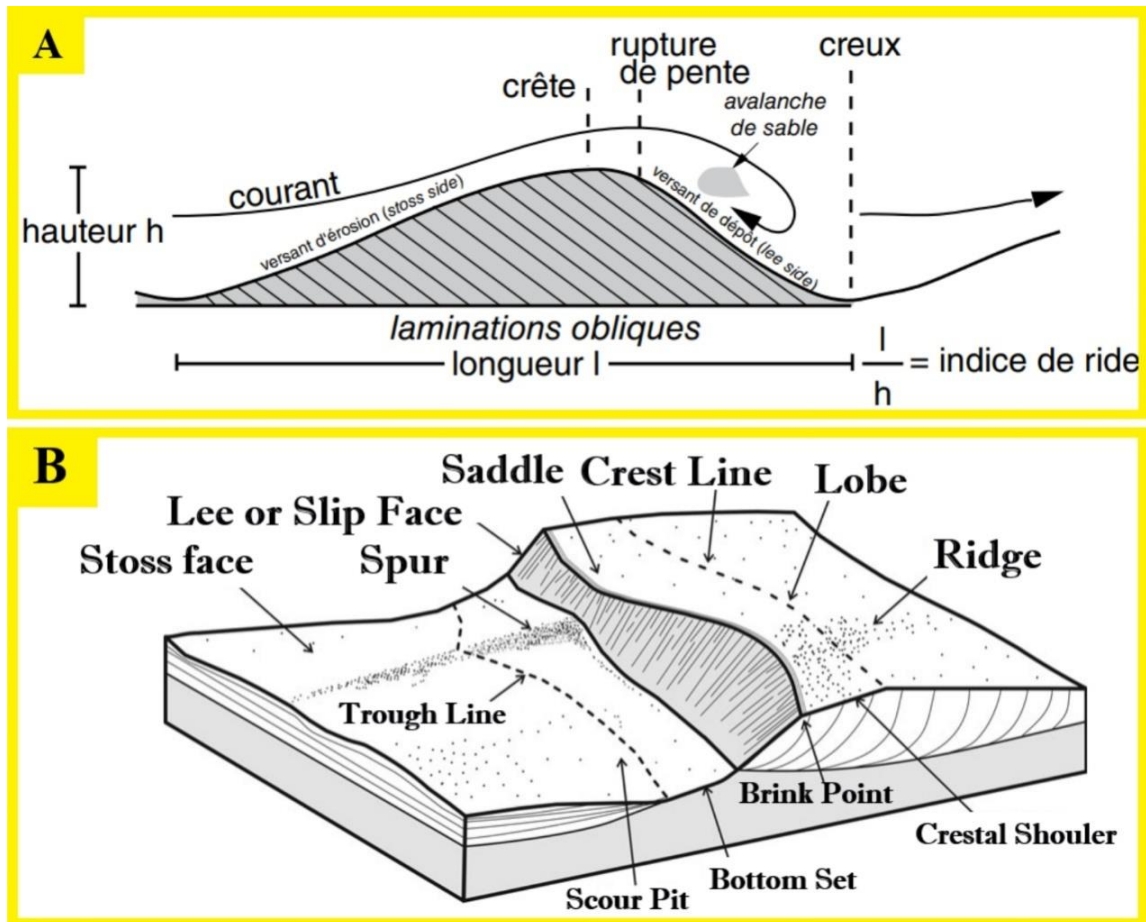
**Figure 17** | Stratification à Hcs (Hummocky Cross-Stratification).

### III.2.7 F2-7 : Grès à ride de courant (Fig.18) :

Ce sous-faciès de grès à ride de courant d'épaisseur centimétrique, marque les trois formations. Il surmonte parfois le grès à stratification horizontale.

#### ❖ Interprétation :

Selon [Chamley \(1987\)](#), la ride est l'expression fondamentale par les particules sableuses du mouvement des fluides au-dessus de la surface sédimentaire. Elles résultent de l'organisation des grains déplacés par l'action de l'eau ou du vent et sont perpendiculaires au courant qui les engendre. D'après ([Cojant et Renard, 2013](#)), les rides présentent toutes sortes de formes qui reflètent des processus sédimentaires particuliers et qui permettent d'interpréter les conditions de dépôt ainsi que l'action de vagues. Enfin, l'expérimentation récente sur la formation de ride formées par le courant à l'aide d'un scanner CTa donné lieu à de nouvelles perspectives intrigantes sur la densité de lit distribution par les rides migrantes, et la ventilation des fluides entre la forme de ride et l'écoulement sus-jacent « Montreuil 2014 » ([Carl L. Amos, Hachem Kassem & Patrick. Friend, 2019](#))



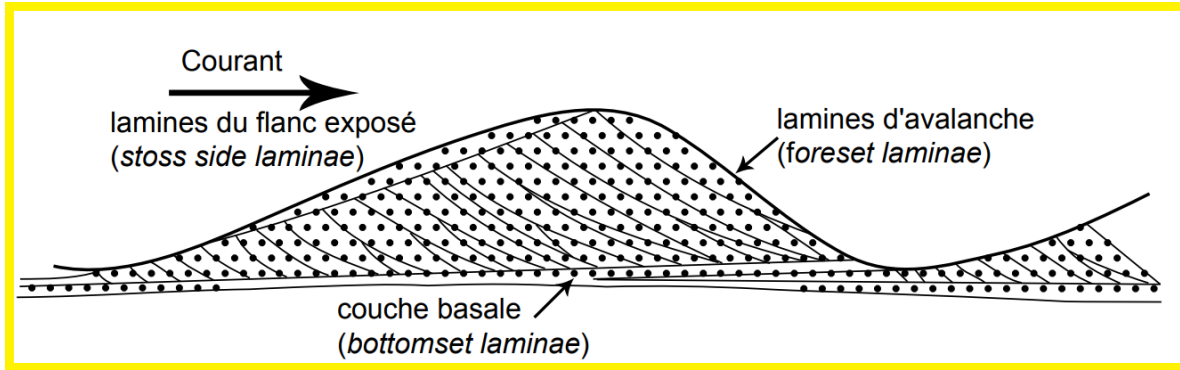
**Figure 18** | A) Formation et caractères d'une ride sédimentaire asymétrique marée (Jean François & Chamley, 2011). B) Illustration schématique en 3D de la morphologie des rides actuelles et de la structure interne résultante (Carl L. Amos, Hachem Kassem & Patrick L. Friend, 2019).

### III.2.8 F2-8 : Grès à méga-ride (mega-ripples sandstone) (Fig.19) :

Ce grès à méga-ride caractérise la partie sommitale de barre de grès. Il observe dans la Formation de Djara avec une couleur blanchâtre à la cassure et noirâtre à la patine.

#### ❖ Interprétation :

Les méga-rides (mega-ripples) sont plus grandes que les rides régulières et ont une longueur d'ordre moyenne d'environ 60 cm. Ils sont caractérisés par une distribution bimodale de particules grossières et fines, qui est nécessaire pour leur formation (Hezi Yizhaq, Ori Isenberg, Rimon Wenkart, Haim Tsoar, & Arnon Karnielia, 2008, modifié). Les méga-rides ne sont pas seulement de grandes vagues ou des rides de courant, mais sont une véritable classe distincte de formes de lit (Ashley et al. 1990)" (M.G. Kleinhans, S. Passchier & T. van Dijk, 2004).



**Figure 19** | Structures de détail d'une ride asymétrique bien individualisée ou d'une méga-ride (d'après Reineck & Singh, 1980).

### III.2.9 F2-9 : Grès à *Skolithos* :

Cet ichnogenre se trouve sous en forme de terrier vertical (0,08-0,1 m), branchu, cylindrique à subcylindrique ne présentant aucune ornementation. Dans la Formation gréseux carbonaté membre, elle s'observe deux fois (en moulage et en trace), dans le même niveau, dans l'interface du banc de grès (la partie médian), en forme verticale de 0,2 m d'épaisseur.

#### ❖ Interprétation :

Selon Frey et Pemberton (1984), *Skolithos* correspond à un milieu de haute énergie assumée t de tempête.

### III.3 F3 : Dolomie(dolomite) :

Il s'agit de dolomie qui affleure la plupart de temps à la base de faciès calcaire. La dolomie observe parfois intercaler avec le calcaire et parfois l'opposite, où le calcaire lui-même est intercalé dans cette dolomie si on observe ces deux faciès on position latéralement différente. Cette dolomie présente une épaisseur variable et une couleur mixte à la cassure (jaunâtre et/ou verdâtre). Elle correspond à des bans parfois friables et rarement d'aspect massif.

#### ❖ Interprétation:

La dolomie peut également former en tant qu'une phase secondaire remplaçant la calcite minérale précurseur (processus de dolomitisation). Hypothèse largement acceptée de la dolomitisation est que le calcaire se transforme en dolomie par la dissolution de la calcite suivie de la dolomite précipitations (Weyl, 1959, Garrels, 1960, Garrels et Christ, 1965, Helgeson et al., 1969, Badiozamani, 1973, Lippmann, 1973, Plummer, 1975, Terre, 1980, Tucker, 1982, Morse

et Mackenzie, 1990, Putnis, 2002, Machel, 2004, Davis et Smith, 2006, Putnis 2009, Whitaker et Xiao, 2010, AlHelal et al., 2012).

#### **III.4 F4 : Calcaire (limestone) :**

Ce faciès apparaît plusieurs fois particulièrement dans la Formation gréseux carbonaté. Il est d'ordre centimétrique à décimétrique, de couleur grisâtre à la patine et bleuâtre à la cassure, et parfois de couleur jaunâtre à la partie sommitale. Il est caractérisé par des diverses structures sédimentaires telle que la figure de tempstite et aussi par des éléments figurés telle que les bioclastes, et des divers faunes, telle que les bivalves, les gastéropodes, les tiges de crinoïdes, et les ammonites.

##### **III.4.1 F 4-1 : Calcaire Packstone à bioclaste (PL. A) :**

Il s'agit de calcaire à packstone d'épaisseur 1,5 m, de couleur bleuâtre à la cassure et beige à jaunâtre à la patine, marque la partie basale de la cinquième barre (Formation gréseux carbonaté), particulièrement un niveau bioclastique.

##### **❖ Interprétation :**

Les bioclastes qui sont mal tries, très brisés, de petites tailles, ressemblent à un environnement de haute énergie (Flügel, 2010).

##### **III.4.2 F 4-2 : Calcaires Grainstone à oolithiques (Pl. B):**

Il s'agit de calcaire oolithique de couleur bleuâtre à la cassure et beige à jaunâtre à la patine. Ce faciès est de 1 m d'épaisseur, présentent des tiges des crinoïde a sa partie sommitale. Le prélèvement de cet échantillon corresponde à la huitième barre.

##### **❖ Interprétation :**

Les grains non squelettique « ooïdes » de textures grainstones résultent un environnement à haute énergie hydrodynamique. Les échinodermes peut traduisent un environnement peu profond (shallow marin) (Flügel, 2010).

**IV. ASSOCIATIONS DE FACIÈS & MILIEUX DE DEPOT :**

Pour déterminer le milieu de dépôt, il faut associer les faciès rencontrés suivant leurs affinités. Plusieurs faciès et/ou sous-faciès unitaires peuvent être regroupés en associations caractéristiques d'un environnement de dépôts (COJAN et RENARD, 2006).

**IV.1 Association de faciès « A » : Haut fond (shoal)**

Cette association de faciès occupe la partie supérieure de Formation de Tifkirt. Elle rassemble principalement le faciès argileux (F1), la dolomie (F 3), calcaire (F4), gréseux (F 2), notamment les sous-faciès de grès à aspect chenalisé (F 2-2), à stratification horizontale (F 2-3), à ride de courant (F 2-7). Les critères sédimentologiques et hydrodynamiques indiquent un milieu de haut fond (shoal).

**IV.2 Association de faciès « B » : Front de delta à influence de marées :**

On regroupe dans cette association tous les faciès intéressant le membre inférieur de la Formation de Djara, c'est-à-dire dolomie (F 3), l'argile (F 1), argile à stratification madrées (F1-1), grès massif (F2-1), grès à aspect chenalisé (F2-2), grès à stratification horizontale (F2-3), grès à stratification oblique (F2-4), grès à ride de courant (F2-7), grès à méga-ride (F2-8). Cette association de faciès (B) est marquée par l'abondance de flaser beddings résultant un environnement de front de delta à l'influence de tidalite.

**IV.3 Association de faciès « C » : Front de delta à influence fluviale :**

Le dépôt de cette association (C) correspond au membre supérieur de la Formation de Djara. Elle regroupe les faciès suivants : les argiles (F 1), grès massif (F 2-1), grès à aspect chenalisé (F 2-2), et grès à stratification horizontale (F 2-3). La présence de bois fossile et les rides de courant indiquent un environnement de front de delta à l'influence fluviale.

**IV.4 Association de faciès « D » : Haut fond (shoal) :**

Les dépôts de cette association de faciès (D) constituent la Formation gréseux carbonaté qui affleure dans la coupe de Dj Bes Sebaa. Elle regroupe les grès massifs (F 2-1), grès à aspect chenalisé (F 2-2), grès à stratification horizontale (F 2-3), grès à stratification oblique (F 2-4), grès à stratification entrecroisé (F 2-5), grès à stratification oblique en mamelon (F 2-6), grès à

*Skolithos* (F 2-9), calcaire Packstone à bioclaste (F 4-1), calcaires Grainstone à oolithiques (F 4-2).

Tableau 1 | Association de faciès et environnement de dépôt.

<b>Association de faciès et environnement de dépôt</b>			
Formation gréseuse carbonaté	F 1 : Argile. F 2-1 : Grès massif. F 2-2 : Grès à aspect chenalisé. F 2-3 : Grès à stratification horizontale. F 2-4 : Grès à stratification oblique. F 2-5 : Grès à stratification entrecroisé. F 2-6 : Grès à stratification oblique en mamelon. F 2-9 : Grès à <i>Skolithos</i> . F 4-1 : Calcaire Packstone à bioclaste. F 4-2 : Calcaires Grainstone à oolithiques.	Association (D)	Haut fond (shoal)
Membre supérieur	F 1 : Argile. F 2-1 : Grès massif. F 2-2 : Grès à aspect chenalisé. F 2-3 : Grès à stratification horizontale.	Association (C)	Front de delta à influence fluviatile
Membre inférieur	F 1 : Argile. F 1-1 : Argile à stratifications madrées. F 2-1 : Grès massif. F 2-2 : Grès à aspect chenalisé. F 2-3 : Grès à stratification horizontale. F 2-4 : Grès à stratification oblique. F 2-7 : Grès à ride de courant. F 2-8 : Grès à méga-ride. F 3 : Dolomie.	Association (B)	Front de Delta à influence tidalite

Formation de Tifkirt	F 1 : Argile. F 2-2 : Grès à aspect chenalisé. F 2-3 : Grès à stratification horizontale. F 2-7 : Grès à ride de courant. F 3 : Dolomie. F 4 : Calcaire	Association (A)	Haut fond (shoal)
----------------------	--	-----------------	----------------------

**PLANCHE A :**

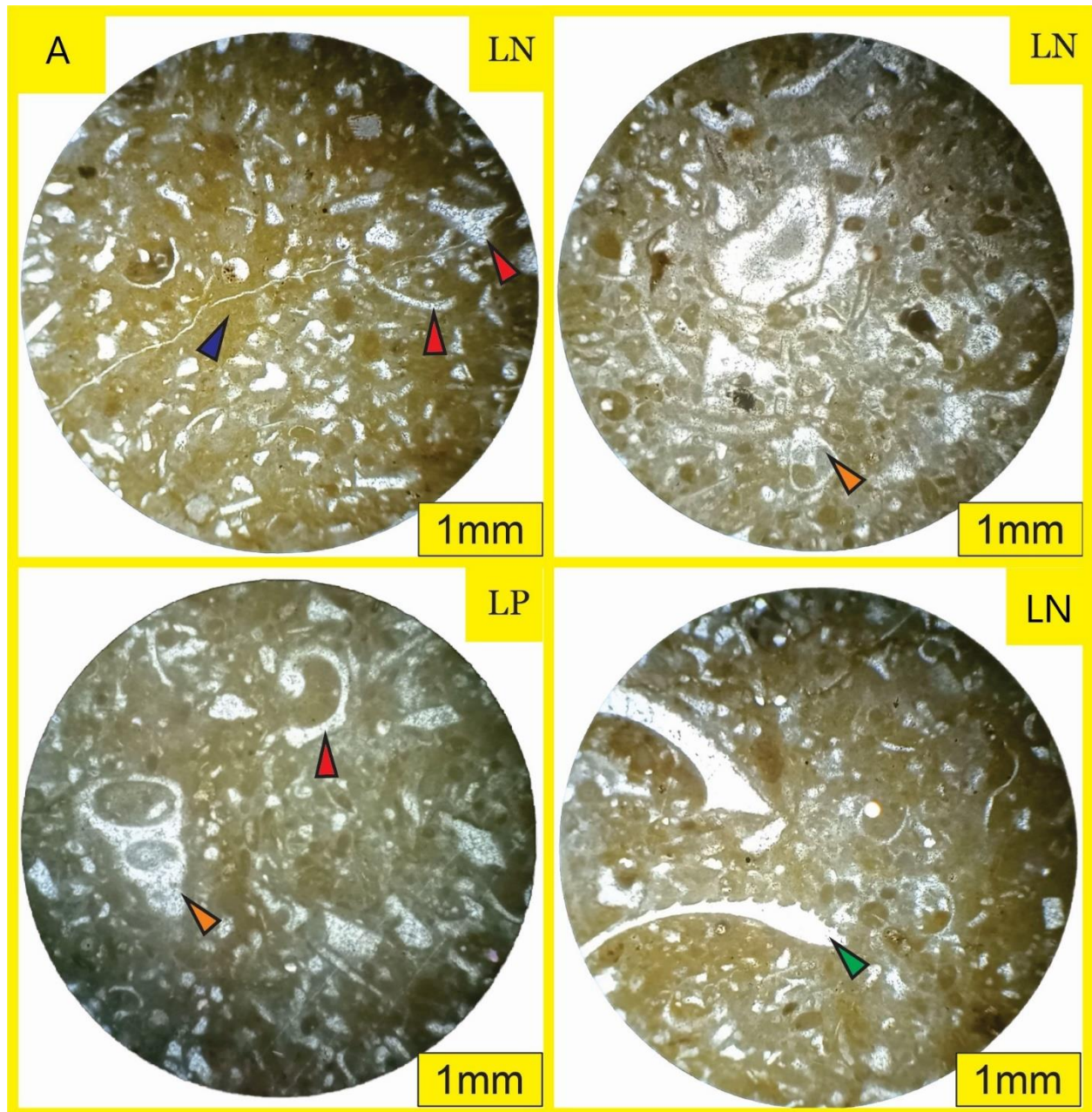
**Description de lame (ECH 6) :**

La texture est packstone; les grains squelettiques sont grain en contact (grain supported).

**Correspondant noms :** Bioclaste (triangle rougeâtre), la micrite (triangle bleuâtre), gastéropodes de grande taille (triangle orange), fragment de bivalve (triangle vers)

Microscopiquement, la majorité des grains squelettiques (bioclastes) sont brisés et séparés par le boue carbonaté (micrite) de couleur brun clair sous la lumière polarisée. Ces bioclastes ne semblent pas coller l'un des autres (les grains sont séparés par la micrite). Aucune intraclast a été observé ou montrée dans ces bioclastes.



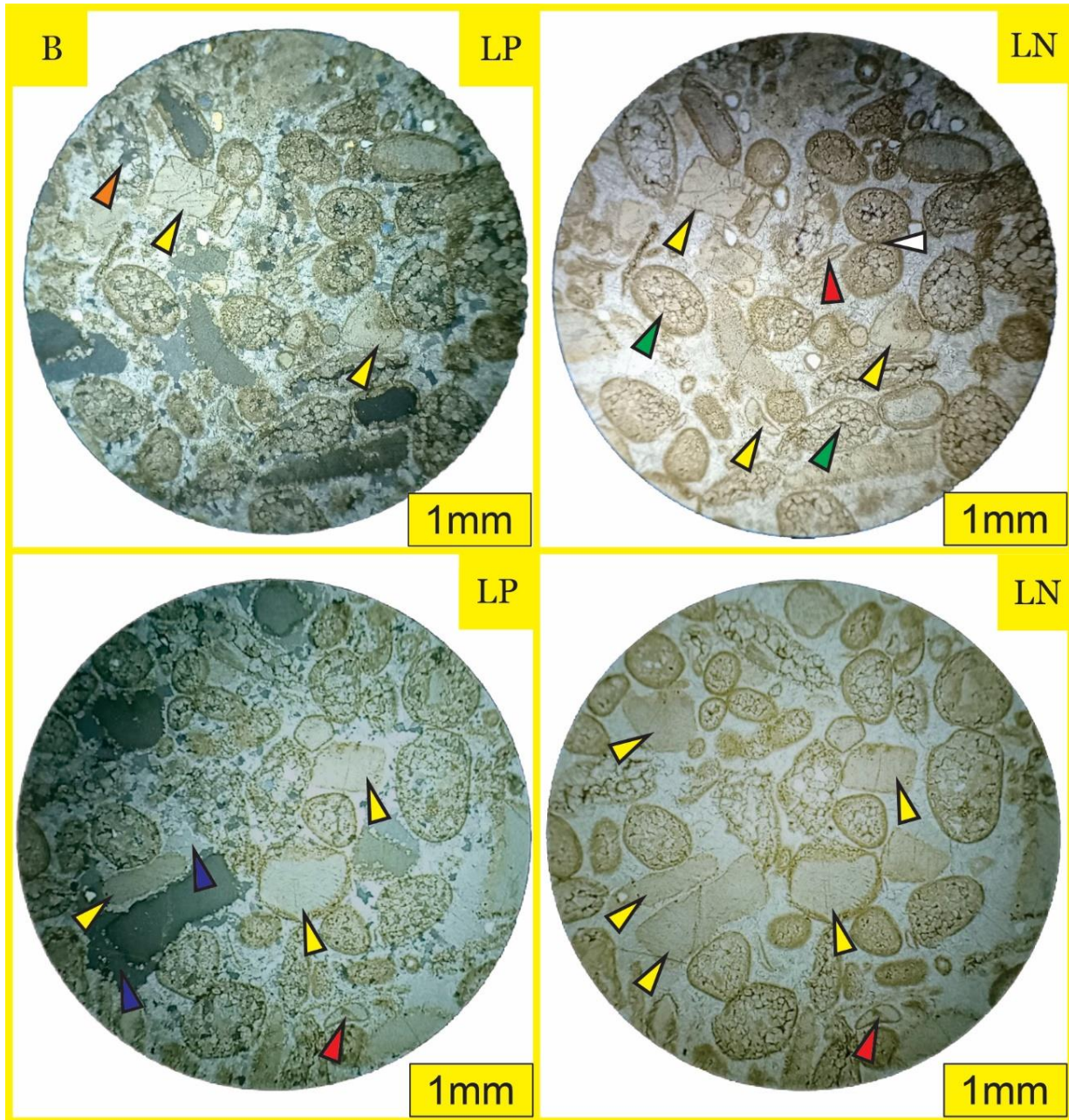


**PLANCHE B :****Description de lame (ECH 9) :**

La texture est grainstone (oosparite) ; les grains sont en contact et le ciment est sparitique (calcite cristallisé).

**Correspondant noms :** Oolithe (triangle vers), échinodermes (triangle jaunâtre), oolithes en contact par mince frange micritique (triangle blanche), bioclaste (triangle rougeâtre), cristaux de sparite à l'intérieur d'un oolithe (triangle orange), ciment sparitique (triangle bleuâtre), échinodermes recouvrent par une calcite.

Cette lame, est microscopiquement caractérisé par des oolithes qui dominant et occupent approximativement 60% de l'échantillon 9. Les non-squelettique grain (oolithes) ont une morphologie subsphériques à quelques formes allongées. D'autres grains squelettiques tell que les échinodermes et quelques bioclastes montrent des formes différentes. Les échinodermes occupent approximativement 35% et les bioclastes 5% de l'échantillon. Une ou deux d'oolithes sont en contact par une mince frange micritique qui, à son tour, les entoure à la bordure. A noter que, l'intérieur de ces oolithes, présentent des cristaux de calcite et quelques échinodermes sont recouvrent par une calcite.



# CHAPITRE 4

## CONCLUSION

## CONCLUSION GENERALE

Une coupe lithologique a été levée en détail dans le secteur d'Arbaouat (Atlas saharien occidental) plus précisément dans un antilinal dit (Djebel Bes-Sebaa). Les résultats ainsi obtenus sont les suivantes :

### 1-Sur le plan lithostratigraphique :

L'étude lithostratigraphique de secteur d'étude a permis de subdiviser la série en trois formations :

- Formation de Tifkirt (37,13 m) caractérisée par une alternance d'argile, grès et des calcaires oolithique.

-Formation de Djara (94,57 m) a été subdivisée en deux membres : membre inférieur (71, 57 m), caractérisé par la prédominance de l'argile à présence des lits en flaser, et l'intercalation de grès chenalisé et massif, membre supérieur (23 m), matérialisé par des grès strato-décroissantes à présence des traces de dissolution de coquille et des bioturbations.

-Formation gréseux carbonaté (117,15 m), c'est l'équivalent de la Formation de Theniet-Et-Temar dans l'Atlas saharien central. C'est une alternance gréseux carbonaté, Ces grès d'épaisseur décimétrique à métrique de couleur blanchâtre à la cassure, et grisâtre à la patine, présente à la partie basale des différents stratifications (horizontale, obliques, entrecroisé, mamelonnée...), Les calcaires sont d'épaisseurs centimétrique à décimétrique, de couleur bleuâtre à la cassure et beige à jaunâtre à la patine, ils renferment des oolithes, des oncolithes, et des divers faunes ; des gastéropodes, avec des fragments de bivalves, des fragments de brachiopodes, des tiges de crinoïdes ,des niveaux bioclastiques.

### Sur le plan sédimentologique :

L'étude sédimentologique de cette formation, basée essentiellement sur l'interprétation des lithologies et des structures sédimentaires d'origine hydrodynamique, a révélé la présence de quatre associations de faciès.

- L'association A coïncidant avec la Formation de Tifkirt, Il s'agit d'un environnement Haut fond (shoal).
  
- . L'association B coïncidant avec le membre inférieur de la Formation de Djara Il s'agit d'un environnement Front de delta à influence de marées.
  
- , L'association C coïncidant avec le membre supérieur de la Formation de Djara, Il s'agit d'un environnement Front de delta à influence fluviatile :
  
- L'association D coïncidant avec la Formation de gréseux-carbonaté Il s'agit d'un environnement de Haut fond (shoal).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abed S. (1982)** : Lithostratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du djebel Amour, (Atlas Saharien Central, Algérie). Thèse Doctorat 3ème Cycle, Univ. Pau et des pays de l'Adour, 241p.

**ALMERAS Y., ELMI S., MEKAHLI L., OUALI MEHADJI A., SADKI D. & TLILI 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. In: Cresta, S., Pavia, S. (Eds.), Proceedings of 3rd International Meeting on Aalenian and Bajocian Stratigraphy, Marrakech, 25–31 May 1994. Miscellanea 5, Roma 219–241.

**AIT OUALI R. (1991)** : Le rifting des Monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagénèse des assises carbonatées. Place dans les ouvertures mésozoïques du Maghreb. Thèse de Doctorat-ès-Sciences, Alger, 297 p., 147 fig., 16 tabl. et 6 pl.

**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.

**BOYD, R., DALRYMPLE, R.W., AND ZAITLIN, B.A., (1992):** Classification of clastic coastal depositional environments: *Sedimentary Geology*, v. 80, p. 139–150.

**BHATTACHARYA, J.P., AND WALKER, R.G., 1992,** Deltas, in Walker, R.G., and James, N.P., eds., *Facies Models—Response to Sea Level Change: Geological Association of Canada, Geotext 1*, p. 157–177.

**BRENCHLEY, P. J., 1985.** Storm influenced sandstone beds. *Modern Geology*, 9 : 369– 96.

**COJAN, I., & RENARD M (1997)** : Sédimentologie. Enseignement des Sciences de la terre. Editions Masson.

**COJAN, I., & RENARD, M. (2006).** Sédimentologie-2ème édition.

**COJAN, I., & RENARD, M. (2013).** Sédimentologie-3e édition. Dunod.

**CORNET A. (1952) :** l'Atlas saharien sud-oranais. XIX congr. Géol. Intern. Alger, Monographies régionales, 1ère série, N°12, 51p, 9fig, 1pl.

**Delfaud, J., 1974.** La Sédimentation Deltaïque Ancienne. Exemples Sahariens. Bull. Centre.

Recherches, Pau, Snpa.

**Douihassni, M., 1976.** Etude Géologique La Région D'aïn Ouarka-Bousseghoun (Partie Centrale Des Monts Des Ksour) - Analyse Structurale -Tome I : Stratigraphie. Thèse 3è Cyc. Oran : Université D'oran, , P208, Fig. 49. 115p.

**ELMI S. (1978) :** Polarité tectono-sédimentaire pendant l'effritement des marges septentrionales du bâti africain au cours du Mésozoïque (Maghreb). Ann. Soc. geol. Nord, Lille.

**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.

**Flügel, E. (2010) -** Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application Second Edition, Springer- Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 1005p; p 348-396.

**GARY, N. (2009):** Sedimentology and stratigraphy. 2nd ed. Wiley, Chichester, Oxford.

**GALLOWAY, W.E., (1975):** Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems, in Broussard, M.L., ed., Deltas, Models for Exploration: Houston Geological Society, p. 87–98.

**GALMIER D. (1970) :** Photogéologie de la région d'Aïn Sefra (Algérie). Thèse Doctorat d'Etat. Fac. Sci. Paris, 320 p., 9 cartes h.t. ronéot.



**GUIRAUD R. (1990).** : Évolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et les régions voisines. Rev.Géogr. Phys. Et Géol. Dyn., Masson, éd., Paris.

**HARMS, J. C., SOUTHARD, J. B. & WALKER, R. G., 1982.** Structures and sequences in clastic rocks. Calgary Society of Economy, Palaeontology and Mineralogy.

**Jean F. & Harvey C. (2011)** - Base de sédimentologie, 3<sup>ème</sup> édition, Dunod 2013, 225p; p.76

**KAZI TANI N. (1986)** : Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse Doctorat d'Etat, Pau.

**KACEMI A. (2005):** Cartographie et dynamique sédimentaire de la série fin Dogger début Crétacé (Djara - Rhoundjaïa) des Monts des Ksour (Atlas saharien, Algérie). Dipl. Mag. Univ. Oran 194 p. 47 fig., 15 pl.

**KACEMI A. TALBI D. & BENSALAH M. (2013)** : Structure synsédimentaire transverse en compression au passage Lias-Dogger (secteur de Zerga-Monts des Ksour, Atlas Saharien, Algérie). Bull. Serv. Géol. Nat. Vol. 24, n° 1, pp.27-39, 4 fig. 1pl.

**LAFFITE R. (1939)** : Les plissements post-nummulitiques dans l'Atlas saharien. Bull. Soc. Géol. France, (5), 9, pp. 135-139, 1 pl., 8 fig.

**LASNIER (1965)** : Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du Jurassique des Hautes Plaines algériennes (Aïn Séfra, Mécheria, Nador, Hodna). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Paris.

**Lucas G. (1952)** : Bordure Nord des Hautes plaines dans l'Algérie occidentale : Primaire, jurassique, analyse structurale. Publ.XIX<sup>ème</sup> C.G.I., Alger, Monogr.rég., 1<sup>ère</sup> série, no 21,139p.,59fig.

**Mahboubi 2021:** Les indices de fluides et diagenèse dans les terrains du Jurassique de la région d'Aïn-Ouarka et d'El-Bayadh (Atlas saharien, Algérie). Thèse doctorat, Univ. Algérie.

**MEKAHLI L. (1995)** : Hettangien, Bajocien supérieur des Monts des Ksour. Biostratigraphie, évolution paléogéographique et stratigraphie séquentielle. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Oran, 358 p., 67 fig., 49pl. h.t.

**MEDDAH A. (1998)** : Étude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapirs atlasiques. Thèse Magister, USTHB, Alger. 174 p, 52fig.

**MEKAHLI L. (1998)** : Évolution 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.

**PEMBERTON, S. G. & FREY, R. W., 1982.** Trace fossil nomenclature and the Planolites-Palaeophycus dilemma. *Journal of Paleontology*, 56: 843-881.

**TLILI M. (1995)**: Le phénomène récifal du Bajocien de la bordure méridionale de l'Atlas saharien occidental (secteur Aïn Ouarka). Lithostratigraphie, sédimentologie et implications paléoécologiques et paléogéographiques. Mém. Magister, Univ. Oran, 154p., 48fig, 9pl.

**TUCKER, M. E. (2003).** *Sedimentary Rocks in the Field*, 3rd edn. John Wiley & Sons, New York. 234 p.

**REGAGBA, A (2006)** : Etude sédimentologique et stratigraphique de la série du Jurassique moyen et supérieur de la région d'El-Bayadh (Atlas saharien central, Algérie). Mém magistère univ Oran, Algérie ; p.113.

**VINCENT, B (2001)** : Sédimentologie et géochimie de la diagenèse des carbonates. Application au Malm de la bordure Est du Bassin de Paris. Thèse. Doct. Univ. Dijon.

**REINECK, H. E., WUNDERLISH, F., 1968.** Classification and origin of flaser and lenticular bedding. *Sedimentology*.

# PLAN DE TRAVAIL

## GENERALITE

I. Introduction : .....	2
II. Cadre géographique : .....	2
II.1 Cadre géographique générale (Fig.1) : .....	2
II.2 Cadre géographique local (Fig.2) : .....	4
III. Cadre géologique : .....	5
III.1 Cadre géologique général : .....	5
III.2 Cadre géologique local : .....	5
III.3 Cadre géologique structural (Fig.4) : .....	7
IV. Historique des travaux : .....	8
V. METHODOLOGIE DU TRAVAIL .....	10
V.1 Sur le terrain .....	11
V.2 Au laboratoire .....	11

## L'ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

I. Introduction .....	16
II. Etude lithostratigraphique : .....	16
II.1 Localisation de la coupe (Fig.8) : .....	16
II.2 Description de la coupe : .....	17
1. Formation de Tifkirt (37,13 m) (Fig. 9 et Pl. 1) : .....	17
2. Formation de Djara (94,57 m) : .....	17
3. Formation gréseux carbonaté (117,15 m) (Fig.11, PL.5,6,7) : .....	19

## L'ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE

I. Introduction : .....	29
II.1 Le concept de delta : .....	29
II.2 Les trois subdivisions du delta (Fig.12) : .....	30
II.2.1 Les deltas de type fleuve dominant : .....	30
II.2.2 Les deltas de type wave dominante : .....	30
II.2.3 Le delta de type tidal dominante : .....	30

III. Inventaire et interprétation des faciès sédimentaires : .....	31
Le concept de faciès sédimentaire : .....	32
III.1 F 1 : Argile (Clay) : .....	32
F1-1 : Argile à stratifications madrées (Flaser bedding clay) (Fig.13) : .....	32
III.2 F 2 : Grès : .....	33
III.2.1 F 2-1 : Grès massif : .....	33
III.2.2 F2-2 : Grès à aspect chenalisé (channelized sandstone) : .....	34
III.2.3 F2-3: Grès à stratification horizontale (Planar bedding sandstone) (Fig.14): .....	34
III.2.4 F2-4 : Grès à stratification oblique (oblique bedding sandstone) (Fig.15) : .....	35
III.2.5 F2-5 : Grès à stratification entrecroisé (cross bedding sandstone) (Fig.15) : .....	36
III.2.6 F2-6 : Grès à stratification oblique en mamelon (Fig.17) : .....	36
III.2.7 F2-7 : Grès à ride de courant (Fig.18) : .....	37
III.2.8 F2-8 : Grès à méga-ride (mega-ripples sandstone) (Fig.19) : .....	38
III.2.9 F2-9 : Grès à <i>Skolithos</i> : .....	39
III.3 F3 : Dolomie(dolomite) : .....	39
III.4 F4 : Calcaire (limestone) : .....	40
III.4.1 F 4-1 : Calcaire Packstone à bioclaste (PL. A) : .....	40
III.4.2 F 4-2 : Calcaires Grainstone à oolithiques (Pl. B): .....	40
IV. ASSOCIATIONS DE FACIÈS & MILIEUX DE DEPOT : .....	41
IV.1 Association de faciès « A » : Haut fond (shoal).....	41
IV.2 Association de faciès « B » : Front de delta à influence de marées : .....	41
IV.3 Association de faciès « C » : Front de delta à influence fluviale : .....	41
IV.4 Association de faciès « D » : Haut fond (shoal) : .....	41
CONCLUSION GENERALE .....	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	50

## LISTE DE FIGURE :

Figure 1   Position géographique de l'Atlas saharien.....	3
Figure 2   Cadre géographique local de secteur d'étude.....	4
Figure 3   Carte géologique des Monts des Ksour (extraite de la carte d'Algérie)(Cornet et al., 1951).....	6
Figure 4   Ensembles structuraux de l'Atlas Saharien Occidental (Douihasni, 1976) .....	8
Figure 5   Photo illustrant la légende et la légende l'échelle du colonne lithostratigraphique..	13
Figure 6   Section lithostratigraphique de la coupe de Dj Bes Sebaa (Formation de Tifkirt, Formation de Djara).....	14
Figure 7   Section lithostratigraphique de la coupe de Dj Bes Sebaa (Formation gréseux carbonaté).....	15
Figure 8   Localisation du secteur d'étude. A) image satellitaire montrant la région d'étude ; B) image (par Google earth) présentant le secteur d'étude.....	16
Figure 9   Photo de terrain illustrant la Formation de Tifkirt.....	17
Figure 10   Photo de terrain illustrant la limite entre le membre inférieur(m.inf) et membre supérieur(m.sup) marqué par le grès à méga-ride (g.m).....	19
Figure 11   Photo de terrain montrant une barre (section des niveaux gréseux) de grès de la Formation gréseux carbonaté.....	20
Figure 12   Les différents types de delta de Galloway (1975), d'après Bhattacharya et Walker (1992).....	31
Figure 13  Photo schématique illustrant la stratification en flaser (flaser bedding) et le lit à ondulation (wavy bedding), (Reineck and Wunderlich, 1968, modifie).....	33
Figure 14   Stratification horizontale.....	35
Figure 15   Stratification oblique.....	35
Figure 16   Stratification entrecroisée.....	36
Figure 17   Stratification à Hsc (Hummocky Cross-Stratification).....	37
Figure 18   A) Formation et caractères d'une ride sédimentaire asymétrique marée (Jean François & Chamley, 2011). B) Illustration schématique en 3D de la morphologie des rides	

actuelles et de la structure interne résultante (Carl L. Amos, Hachem Kassem & Patrick L. Friend,2019).....38

Figure 19 | Structures de détail d’une ride asymétrique bien individualisée ou d’une méga-ride (d’après Reineck& Singh, 1980) .....39