



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث 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

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

Etude lithostratigraphique et sédimentologique de quelques affleurements
de la Formation du Teniet el Klakh (Bajocien supérieur) dans la région
d'Aïn Ouarka (Monts des Ksour, Algérie occidentale)

Présenté par : Mlle MENOUEUR Fatima Zohra Souhila

Soutenu le : 23/06/2026

Devant le jury composé de :

- **Président** : M. ATIF K.F.T.
- **Encadrant** : M. BOUTERFA B.
- **Examineur** : M. KHALDI A.Y.

Année universitaire : 2025/2026

Dédicaces

En premier lieu, je remercie Allah, le Tout-Puissant, qui m'a donné le courage, la patience, la force et la volonté nécessaires pour poursuivre mes études jusqu'à leur accomplissement.

Je dédie ce travail à moi-même, pour tous les efforts consentis, pour avoir surmonté les difficultés rencontrées tout au long de ce parcours et pour avoir aimé la géologie avec passion et persévérance.

Aujourd'hui, je suis fière de ce que j'ai accompli.

Je dédie également ce travail à ma mère, cette femme courageuse et admirable qui a toujours assumé à la fois le rôle de mère et celui de père. Merci pour ton amour inconditionnel, tes conseils, ton soutien, tes encouragements et tous les sacrifices que tu as consentis pour moi. Que Dieu te protège et te récompense.

À ma tante maternelle, pour son affection, son soutien et les nombreux sacrifices qu'elle a consentis depuis ma naissance. Merci pour ta présence constante à mes côtés. Je t'aime profondément, ma deuxième mère.

À mes petits chouchous, Nourhane et Abdessamad, merci pour votre affection, votre patience et votre soutien. Vous avez toujours trouvé les mots pour me faire sourire.

À mon grand-père, mon cher Papi, ainsi qu'à tous mes oncles, je témoigne ici de mon profond respect, de mon admiration et de toute mon affection

À mon père et à ma grand-mère, qui ne sont plus parmi nous aujourd'hui.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et toute ma reconnaissance. Ma chère grand-mère, toi qui m'as élevée depuis ma naissance et qui as été pour moi une véritable mère, ton amour, ta tendresse et tes sacrifices resteront à jamais gravés dans mon cœur. Mon cher père, toi qui attendais avec impatience ma réussite et qui rêvais de voir ce jour arriver, j'aurais tant aimé vous avoir à mes côtés pour partager cette fierté et ce moment si précieux.

Que Dieu vous accorde Sa miséricorde et vous accueille dans Son vaste paradis. Vous resterez à jamais présents dans mon cœur et dans chacune de mes réussites.

À mes chères amies, Fatma et Houda, qui m'ont accompagnée lors de la mission de terrain à Aïn Ouara et avec qui j'ai partagé de précieux souvenirs.

À mes amis du GBS, ainsi qu'à tous mes amis géologues, je vous remercie infiniment.

À mes amis Abdelghani de l'USTHB et Yassine, je vous adresse mes sincères remerciements pour votre soutien et votre présence.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, je dédie ce mémoire avec toute ma gratitude.

AVANT-PROPOS

Je tiens, avant tout, à exprimer ma profonde gratitude, mon amour et mon respect à ma chère famille. Son soutien indéfectible, sa patience et ses encouragements constants ont été pour moi une source inépuisable de force et de motivation. Sans elle, je n'aurais jamais pu arriver jusqu'ici.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mon très cher encadrant, **M. Bouterfa B.** Bien plus qu'un enseignant, il a su éveiller en moi une véritable passion pour la pétrologie sédimentaire et la sédimentologie. Par la richesse de ses conseils, la rigueur de son encadrement et son soutien moral, il m'a accompagnée tout au long de ce travail. Je lui suis profondément reconnaissante pour la confiance qu'il m'a accordée, pour la proposition de ce sujet ainsi que pour l'accompagnement lors de la mission de terrain, moments précieux qui resteront gravés dans mon parcours.

Je remercie respectueusement **M. Atif K. F. T.** qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance. Je le remercie également pour les enseignements qu'il m'a dispensés en paléontologie et en stratigraphie durant ma deuxième année de licence.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à **M. Khaldi A. Y.** pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire, pour le temps qu'il m'a consacré, ainsi que pour son accompagnement lors du stage de terrain dans les Monts d'Ougarta en 2025.

J'exprime également ma reconnaissance à l'ensemble des enseignants du Département des Sciences de la Terre pour leur dévouement et la qualité de leur enseignement. Je tiens à remercier tout particulièrement **M. Ouali Mehadji AEK** ainsi que **M. Mansour B.** pour leur disponibilité, leur générosité scientifique et leur contribution à renforcer mon intérêt pour la paléontologie.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à **M. Mahboubi C.Y.**, pour la qualité de son enseignement, sa bienveillance, ses précieux conseils depuis ma deuxième année et son soutien constant. Il a toujours été pour moi un véritable ami et un grand frère.

Je remercie également **M. Belkhedim S.** pour ses conseils minutieux, sa disponibilité et sa bienveillance. Son soutien a été précieux et il a toujours représenté pour moi la figure d'un grand frère.

J'adresse aussi mes remerciements à **M. Bendella, M. Boualem, M. Mansouri, M. Benramdane, M. Sadji, M. Bouzid, Mme Satour, Mme Lagraa, Mme Bezzeghoud** pour leur disponibilité et leur soutien. Je tiens particulièrement à remercier **Mme Sebane**, dont la bienveillance et l'attention ont

toujours eu pour moi une valeur particulière ; elle a représenté une véritable figure maternelle tout au long de mon parcours universitaire.

Je tiens à adresser un remerciement tout spécial à **Mme Yacef F.**, de l'Université de Chlef. C'est grâce à elle que ma passion pour la géologie et la paléontologie est née dès ma deuxième année, notamment à travers ces moments simples mais marquants où elle me faisait découvrir les fossiles. Ces souvenirs resteront à jamais précieux pour moi.

Je n'oublie pas d'exprimer mes vifs remerciements à **M. Bouzza H.** pour la réalisation des lames minces, sa patience et ses précieux conseils. Sa contribution a été essentielle à la réalisation de ce travail. Je remercie également **Mme Merouane F.** pour son accueil chaleureux au laboratoire de microscopie.

Enfin, je remercie l'ensemble du personnel administratif du département, à sa tête **Mme Hadjal S.** et **M. Boufeldja G.**, Je n'oublie pas non plus **Oncle Omar**, ainsi que tantes **Fatima, Bakhta, Nassira, Naïma** et **Alia**, auxquels j'adresse toute ma gratitude pour leur soutien et leurs encouragements et leurs douâa.

Enfin, je prie de bien vouloir excuser toute omission involontaire et adresse ma reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

A tous, merci !

Souhila

R E S U M E

Le présent travail a été réalisé dans la région d'Aïn Ouarka, située dans la partie centrale des Monts des Ksour. Il constitue une contribution à l'étude lithostratigraphique et sédimentologique de la Formation du Teniet el Klakh, datée du Bajocien inférieur. Cette étude s'appuie sur deux affleurements distincts, de bonne qualité, observés et examinés pour la première fois dans cette région. En effet, la principale difficulté rencontrée par les géologues concerne la discontinuité et la rareté des affleurements, liée à la présence d'alluvions récentes et de sable, en particulier dans la plaine d'Aïn Rhezala, à l'Ouest du Djebel Chemarikh.

Deux coupes lithostratigraphiques ont été levées au sein de ces affleurements. La première, notée AO, se caractérise par une alternance d'argiles et de grès fins à moyens, avec rarement des niveaux de calcaire bioclastique. L'ensemble s'organise en une barre décamétrique. La seconde coupe, notée NO', débute par une alternance argilo-gréseuse qui passe à des marno-calcaire. Des olistolites de nature carbonatée sont observés tout au long de cette coupe.

L'étude sédimentologique, fondée notamment sur la nature lithologique et la fréquence des figures sédimentaires hydrodynamiques, a permis de définir trois faciès principaux : argiles/marnes (FA), grès (FB) et calcaires (FC). Les grès ont été subdivisés en trois sous-faciès : FB1 (grès à laminations horizontales), FB2 (grès à rides et/ou à litages de rides de courants) et FB3 (grès massif). Les calcaires comprennent FC1 (calcaires micritiques) et FC2 (calcaires bioclastiques).

Enfin, l'interprétation des faciès et des sous-faciès a conduit à proposer pour les affleurements étudiés un environnement de dépôt de type cône ou éventail détritique sous-marin médian pour la coupe AO, et de cône proximal, voire d'un talus, pour la coupe AO'.

Mots-clés : Aïn Ouarka, Monts des Ksour, Formation du Teniet el Klakh, Bajocien inférieur, lithostratigraphie, sédimentologie, cône détritique sous-marin, talus.

ABSTRACT

This study was carried out in the Aïn Ouarka region, located in the central part of the Ksour Mountains. It represents a contribution to the lithostratigraphic and sedimentological study of the Teniet el Klakh Formation, which is dated to the Early Bajocian. The work is based on two distinct, high-quality outcrops that were first observed and examined in this area. Indeed, the main difficulty encountered by geologists concerns the discontinuity and scarcity of outcrops, linked to the presence of recent alluvium and sand, particularly in the Aïn Rhezala plain, west of the Djebel Chemarikh.

Two lithostratigraphic logs were measured within these outcrops. The first, designated AO, is characterized by an alternation of clays and fine-to-medium sandstones, with rare bioclastic limestone beds. The succession is organized into a decameter-scale bed or bar. The second log, designated N0', starts with an alternation of clayey and sandy (argillaceous–sandy) deposits that grades into marly limestones. Carbonate olistoliths are observed throughout this section.

The sedimentological study, based in particular on lithological characteristics and the frequency of hydrodynamic sedimentary structures, made it possible to define three main facies: clays/marl (FA), sandstones (FB), and limestones (FC). The sandstones were subdivided into three subfacies: FB1 (sandstones with horizontal lamination), FB2 (sandstones with ripples and/or ripple cross-lamination formed by currents), and FB3 (massive sandstones). The limestones include FC1 (micritic limestones) and FC2 (bioclastic limestones).

Finally, facies and subfacies interpretation led to proposing, for the studied outcrops, a depositional setting of the middle part of submarine detrital deep-sea fan for the AO log, and a proximal part of deep-sea fan, possibly also a slope setting, for the AO' log.

Keywords: Aïn Ouarka; Ksour Mountains; Teniet el Klakh Formation; Early Bajocian; lithostratigraphy; sedimentology; submarine deep-sea fan; talus slope.

الملخص

أنجز هذا العمل في منطقة عين ورقة الواقعة في الجزء الأوسط من جبال القصور، ويُعد مساهمة في الدراسة الليثوستراتيغرافية والرسوبية لتكوين تنيت الكلخ العائد إلى الباجوسي السفلي. وقد استندت هذه الدراسة إلى كشفين صخريين متميزين وذوي جودة جيدة، تمت ملاحظتهما ودراستهما لأول مرة في هذه المنطقة. وتتمثل الصعوبة الرئيسية التي تواجه الجيولوجيين في عدم استمرارية وندرة الاكتشافات الصخرية، نتيجة وجود الرواسب الحديثة والكثبان الرملية، خاصة في سهل عين الرزالة الواقع غرب جبل الشماريخ.

تم إنجاز مقطعين ليثوستراتيغرافيين على مستوى هذين الكشفين الصخريين. يتميز المقطع الأول، المرموز له بـ AO ، بتعاقب طبقات من الطين والحجر الرملي الدقيق إلى المتوسط الحبيبات، مع وجود نادر لمستويات من الحجر الجيري البيوكلاستي. وينتظم هذا التتابع ضمن حزمة صخرية ذات سماكة ديكامترية. أما المقطع الثاني، المرموز له بـ NO' ، فيبدأ بتعاقب طيني-رملي يتحول تدريجياً إلى تعاقب مارني-كلسي. كما لوحظت أوليستوليتات ذات طبيعة كربونائية على امتداد هذا المقطع.

اعتمدت الدراسة الرسوبية، ولا سيما على الطبيعة الليثولوجية وتواتر البنيات الرسوبية الهيدروديناميكية، في تحديد ثلاثة أوجه رسوبية رئيسية: الطين/المارن (FA) ، الحجر الرملي (FB) ، والحجر الجيري (FC). وقد قُسم الحجر الرملي إلى ثلاثة أوجه فرعية (FB1: حجر رملي ذو ترققات أفقية) ، (FB2: حجر رملي يحوي تموجات أو تراصف تموجات تيارية) ، و (FB3: حجر رملي كتلي). أما الحجر الجيري فيشمل الوجهين الفرعيين FC1 (حجر جيري ميكريتي) و FC2 (حجر جيري بيوكلاستي).

وأخيراً، سمح تفسير الأوجه الرسوبية والأوجه الفرعية باقتراح بيئة ترسيب من نوع مخروط أو مروحة فتاتية بحرية متوسطة بالنسبة للمقطع AO ، ومن نوع مخروط فتاتي بحري قريب من المصدر، أو ربما منحدر قاري، بالنسبة للمقطع NO'.

الكلمات المفتاحية: عين ورقة، جبال القصور، تكوين تنيت الكلخ، الباجوسي السفلي، الليثوستراتيغرافيا، علم الرسوبيات، مخروط فتاتي بحري، منحدر قاري.

Chapitre 1

Introduction

Le présent chapitre est consacré à la présentation des cadres géographique et géologique, généraux et locaux, du terrain étudié, ainsi que des travaux antérieurs menés sur la Formation du Teniet el Klakh qui fait l'objet de notre étude. Enfin, la dernière partie de ce chapitre présente le but et la démarche méthodologique adoptée.

I- CADRE GEOGRAPHIQUE

A- Situation géographique l'Atlas saharien

L'Atlas saharien, également appelé chaîne atlasique, constitue une imposante chaîne montagneuse, orientée globalement SW-NE. Il s'étend sur plus de 1000 km, depuis Haut Atlas marocain à l'Ouest, jusqu'à la bordure occidentale des Aurès à l'Est (Mekahli, 1998).

En Algérie, l'Atlas saharien est subdivisé en 3 grands ensembles morphostructuraux. Il s'agit, d'Ouest en Est, des Monts des Ksour (Atlas saharien occidental), du Djebel Amour (Atlas saharien central) et des Ouled Naïl (Atlas saharien oriental). Notre étude s'inscrit dans les Monts des Ksour (**Fig. 1**).

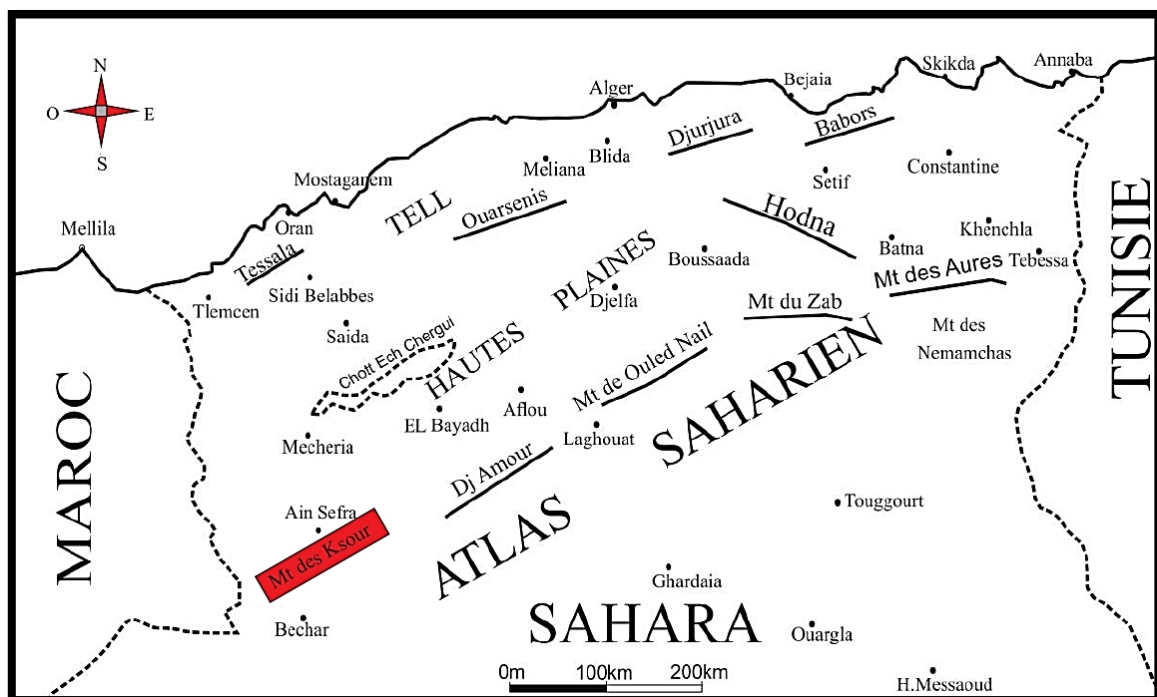


Fig. 1 : Carte géographique de localisation des Monts des Ksour.

Plus vers l'Est, la chaîne atlasique adopte une direction WSW-ENE et se prolonge par les Monts du Zab (Ziban) et les Aurès-Nememcha, avant de franchir la frontière algéro-tunisienne, pour se rattacher à l'Atlas tunisien.

Concernant les Monts des Ksour, ces derniers sont situés au Sud des Hautes Plaines oranaises et au Nord du Sahara et s'étendent depuis la terminaison orientale du Haut Atlas marocain, jusqu'au Djebel Amour.

Ces Monts correspondent à des reliefs montagneux marqués, avec des altitudes dépassant fréquemment 2000 m, notamment à Djebel Aïssa (2236 m), Djebel M'Zi (2145 m) et Djebel Mekther (2020 m). Les altitudes diminuent progressivement vers le Nord, en direction des Hautes Plateaux (environ 1200 m), et plus nettement vers le Sud, où elles n'atteignent généralement pas plus de 800 m au contact du Sahara (**Fig. 2**).

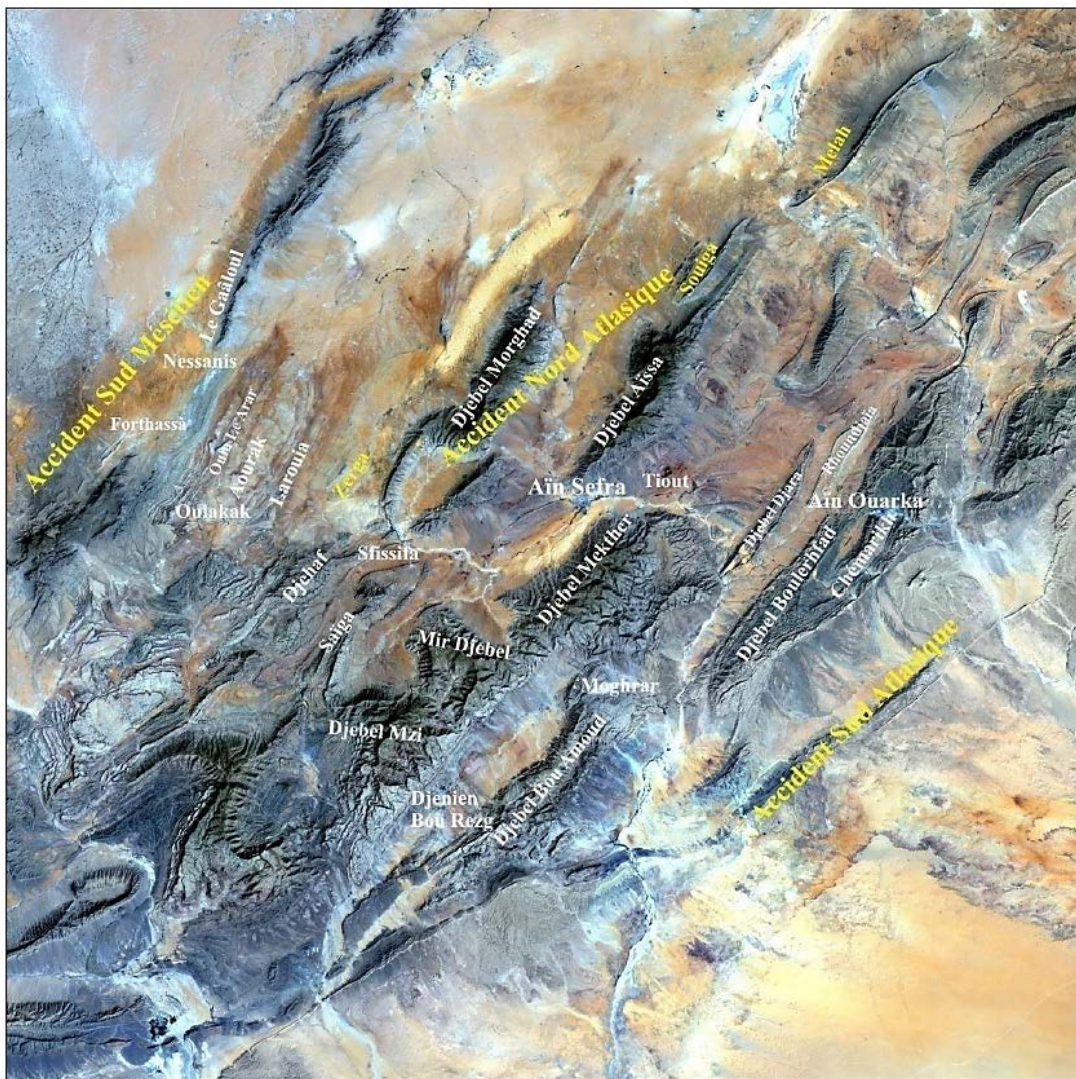


Fig. 2 : Carte de localisation des principaux affleurements, établie à partir d'une mosaïque de quatre images satellitaires (d'après Kacemi, 2013).

B- Situation géographique du secteur d'étude

Notre secteur d'étude est situé dans la région d'Aïn Ouarka, au Sud-Ouest de l'Oranais, à environ 55 km au Sud-Est de la ville d'Aïn Sefra. Il appartient à l'Atlas saharien occidental et plus précisément à l'ensemble des Monts des Ksour.

Notre travail a été effectué à l'Ouest du village d'Aïn Ouarka, dans la partie septentrionale de la plaine séparant le Djebel Chemarikh de celui de Boulherfad (dépression d'Aïn Rhezala) (**Fig. 3**).

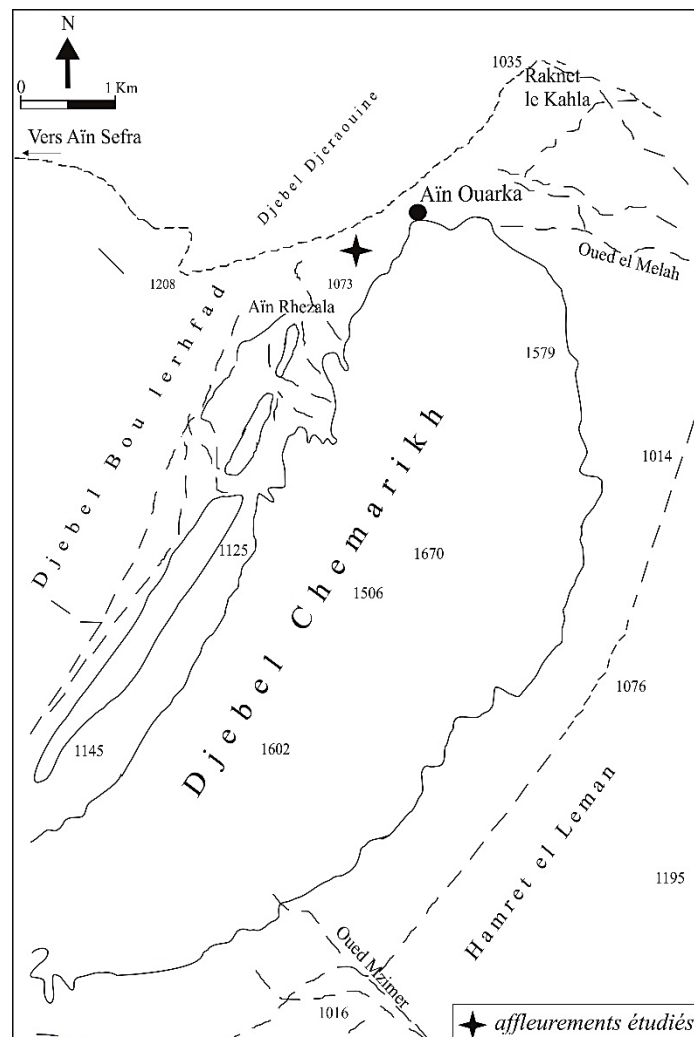


Fig. 3 : Situation du secteur d'étude.

II- CADRE GEOLOGIQUE & STRUCTURAL

A- Cadre géologique et structural des Monts des Ksour

L'Atlas saharien représente une chaîne intracratonique plissée, constituée de formations méso-cénozoïques affectées par des déformations compressives de l'orogénèse alpine.

Cette chaîne atlasique est limitée par deux grandes discontinuités tectoniques régionales : l'accident nord-atlasique et l'accident sud-atlasique, qui délimitent respectivement ses marges septentrionale et méridionale (**Fig. 4**).

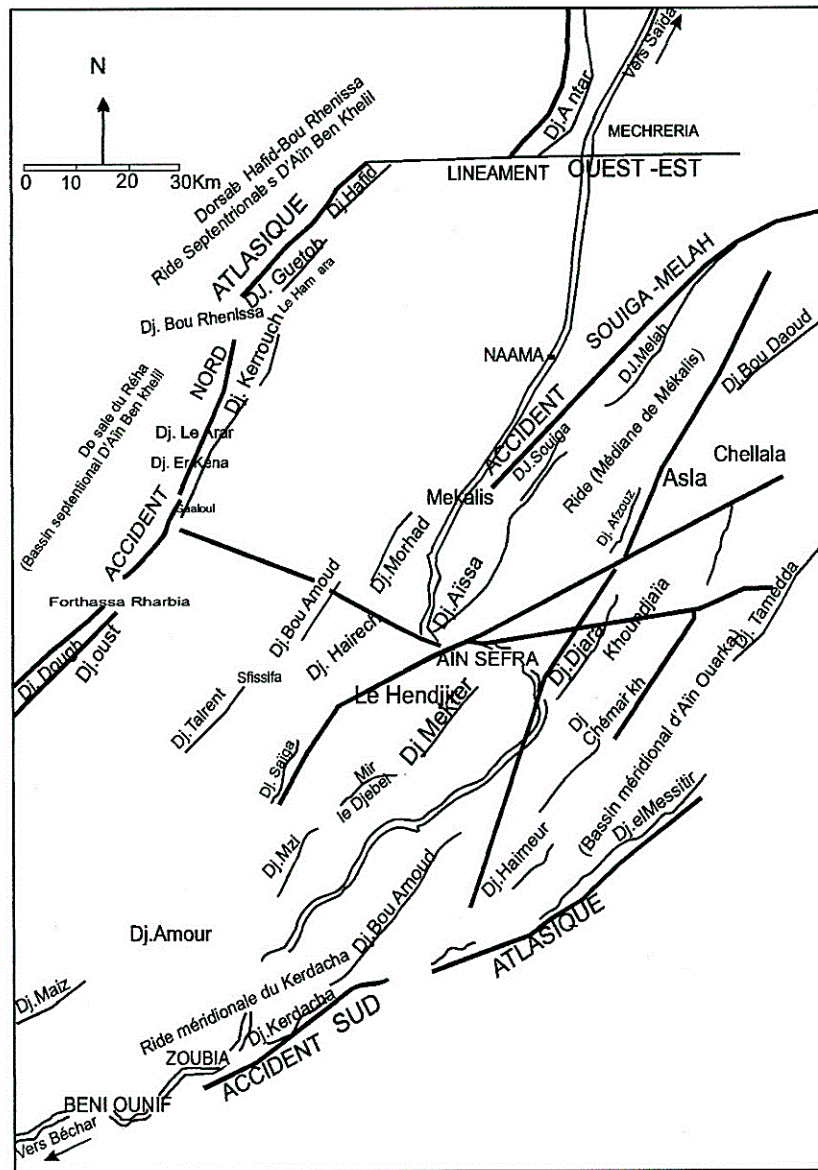


Fig. 4 : Les principaux accidents tectoniques des Monts des Ksour (d'après Mekahli, 1998).

- **L'accident nord-atlasique** : cet accident a été défini par Galmier, en 1951 et désigné par la suite par Kazi-Tani (1986) par "accident sud-mésétien". Il constitue la limite septentrionale de l'Atlas saharien. Il s'agit d'un tracé tectonique discontinu, à changements rapides de direction, qui affecte la chaîne de montagnes depuis le Djebel Antar de Mecheria, jusqu'au Djebel Dough, dans les confins algéro-marocains au SW de Forthassa Rharbia (Mekahli, 1998). Plus au NE, cet accident se voit partiellement

décalé vers l'Est par une ligne tectonique orientée EW, ce qui témoigne de la complexité géométrique de la zone.

- **L'accident sud-atlasique** : L'accident sud-atlasique constitue la limite tectonique majeure séparant l'Atlas saharien de la plate-forme saharienne. Il représente une discontinuité structurale d'envergure régionale, s'étendant depuis Agadir au Maroc, jusqu'à Gabès en Tunisie, sur une distance supérieure à 2000 km, avec une orientation dominante SW NE.

Cette grande structure correspond à une zone d'accidents en coulisse, caractérisée par un ensemble de failles, de plis-failles et de flexures. Elle matérialise un accident crustal profond contrôlant la structuration et l'évolution tectono-sédimentaire de la bordure méridionale de l'Atlas Mekahli (1998).

Laffite (1939) a désigné cet ensemble structural sous le terme de "flexure saharienne", soulignant son rôle de zone charnière entre les reliefs atlasiques au Nord et les vastes étendues sahariennes au Sud.

B- Cadre géologique du secteur d'Aïn Ouarka

Sur une série triasique composée de trois unités volcaniques (B1, B2, B3) verdâtres, caractérisées par des roches basaltiques tholéiitiques avec des intercalations silicoclastiques formées d'argiles versicolores salifères (Meddah, 2010), s'est déposée une puissante série sédimentaire carbonatée, puis détritique, d'âge jurassique. (**Fig. 5**).

La série jurassique formée de bas en haut par les formations suivantes :

1. **Dolomies du Chemarikh** : Définie par Mekahli (1998), Cette dernière constitue une puissante formation affleurant au cœur de l'anticlinal d'Aïn Ouarka, avec une épaisseur comprise entre 150 et 200 m. Elle est formée de calcaires dolomitiques gris-beige, en bancs épais à massifs, renfermant des lithoclastes et des bioclastes (lamellibranches, gastéropodes, échinodermes, brachiopodes). La présence d'ammonites de la zone à *Planorbis* attribue cette formation à l'Hettangien inférieur.
2. **Alternances d'Aïn Ouarka (Sinémurien – Domérien supérieur)** : Définie par Douihasni (1976) puis redécrite par Mekahli (1998), cette formation affleure principalement sur le flanc nord-est de l'anticlinal et atteint 120 à presque 170 m d'épaisseur. Elle correspond à une alternance de marnes noires, verdâtres, violacées et de calcaires lités et des calcaires gris à trainés rouges, et des calcaires localement à silex,

cette formation est attribuée au Sinémurien–Domérien supérieur. L’ensemble de cette formation traduit un approfondissement progressif du milieu allant d’une plate-forme externe à un bassin, et se termine par une surface bioturbée fossilifère. (Mekahli, 1998)

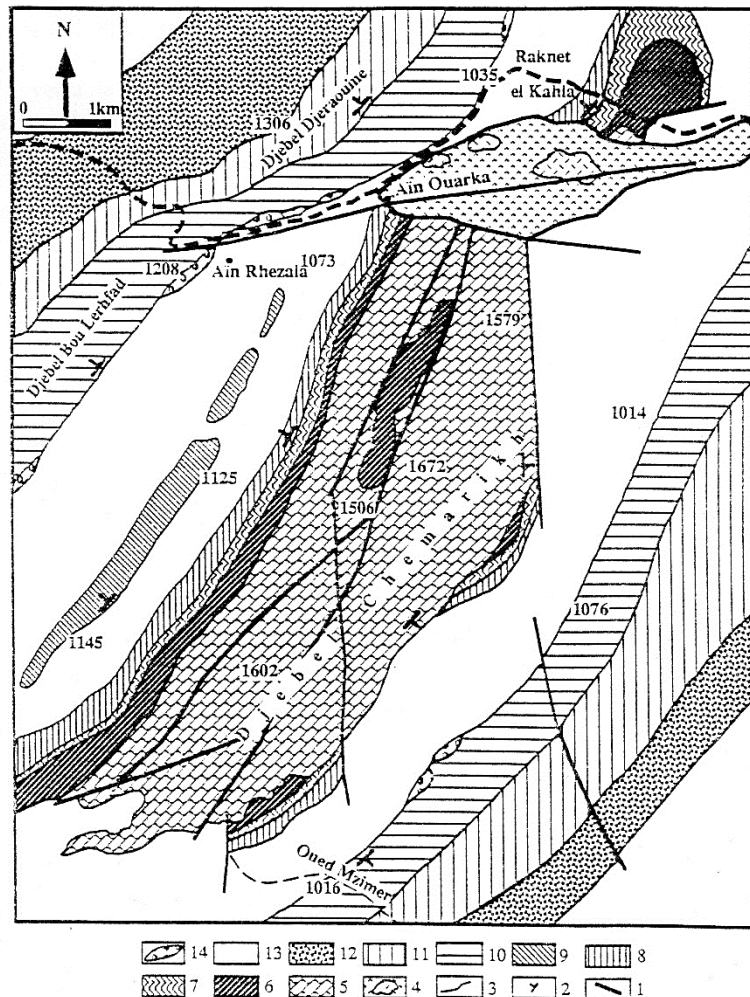


Fig. 5 : Carte géologique du secteur de Ain Ouarka (d’après Mekahli, 1998).

Légende : 1: Failles; 2: pendage ; 3: Limites des formations ; 4: Faciès volcano-sédimentaires avec épanchements basaltiques (Trias) ;5: “Dolomie du Chémari kh”(Hettangien) ; 6: “Alternance d’Ain Ouarka” (Sinémurien-Domérien) ; 7 : “Marno-calcaires d’Ain Rhezala” (Toarcien) ; 8: “Brèche du Raknet el Kahla” (Aaléno-Bajocien) ; 9: “Formation du Téniet el Klakh” (Bajocien supérieur) ; 10: “ Formation du Tifkirt” (sommet du Bajocien supérieur - Bathonien inférieur) ; 11 et 12: Respectivement “Formation du Djara” et “Formation d’Aïssa” (Sommet du Dogger et Jurassique supérieur) ; 13: “ Formations superficielles récentes ; 14: Récifs du Bajocien supérieur.

3. Marno-calcaires d’Ain Rhezala (Mekahli, 1998) : Formation d’âge Lias supérieur – début Aalénien, épaisse de 65 à 137 m au maximum. Elle correspond à une alternance de marnes blanchâtres et de calcaires, riches en ammonites, filaments et traces de *Zoophycos* (Toarcien). La série à dominante marneuse à la base, devient plus calcaire

vers le sommet. La limite supérieure est marquée par un banc de calcaire bréchique à rostrés de bélemnites.

4. **Brèches de Raknet El Kahla** (Mekahli, 1998) : D'âge Aalénien-Bajocien, cette formation (50 à 95 m) est caractérisée par des calcaires noirs à aspect schisteux renferment parfois des lentilles d'oolithes à la surface, des marnes indurées et de fréquents niveaux bréchiques (*mass flows*) associés à des figures de glissements synsédimentaires de type slumps. Elle traduit une instabilité des pentes en bordure du sillon atlasique. Son sommet est marqué par le premier banc gréseux de la Formation du Teniet el Klakh.
5. **Formation du Teniet el Klakh** : définie par Bassoullet en 1973, elle affleure dans les dépressions entourant le Djebel Chemarikh. Elle est constituée d'une alternance d'argilites, de grès et de calcaires, et de rares passées dolomitiques avec parfois des niveaux marneux. Son épaisseur atteint les 1200 m dans le secteur d'Aïn Ouarka (960 m pour Bassoullet, 1973, 1100 m pour Oudjoudi, 2003, environ 1315 m pour Adjal, 2008 et 800 m pour Bechikh, 2022). Pour Bassoullet (1973), cette formation correspondrait à des "faciès de vasières calcaréo-terrigènes" de la plate-forme tandis que Oudjoudi, Adjal, Bechikh suggèrent que les associations de faciès correspondent à un éventail détritique sous-marin (*deep-sea fan*).
Elle a été attribuée au Bajocien supérieur (Bassoullet, 1973 ; Alméras *et al.*, 1994 ; Tlili, 1995 ; Ouali Mehadji, 1995 ; Elmi *et al.*, 1998).
6. **Formation du Tifkirt** (Bassoullet, 1973) : elle est caractérisée à sa base par des calcaires récifaux ou leurs faciès latéraux, puis évolue vers une succession formant une alternance de grès, de marnes, d'argilites et de calcaires bioclastiques et oolithiques. Son épaisseur atteint environ 530 m à Aïn Ouarka (Bassoullet, 1973). Elle est attribuée au Bajocien supérieur- Bathonien inférieur et correspondrait à des faciès de platiers néritiques (Bassoullet, 1973 ; Alméras *et al.*, 1994 ; Ouali Mehadji, 1995).
7. **Formation du Djara** (Bassoullet, 1973) La formation du Djara est constituée d'une alternance de grès, d'argilites pélitiques et de dolomies bioclastiques. Son épaisseur dans le secteur d'Aïn Ouarka atteint 470 m. Cette formation est attribuée au sommet du Dogger et à la base du Malm, avec un âge compris entre le Bathonien moyen et probablement le Callovien-Oxfordien (Bassoullet, 1973 ; Mebrek, 2004).
8. **Formation d'Aïssa** (Bassoullet, 1973) Elle est représentée par des grès massifs et passées d'argilites rouges (550 m) et datée du Kimméridgien-Pothlandien (Bassoullet, 1973).

- 9. Formation de Tiloula** (Bassoullet, 1973) : elle correspond à des alternances d'argilites versicolores, de grès et de minces bancs dolomitiques (670 m). Elle serait datée du passage Jurassique-Crétacé (Bassoullet, 1973).

III- HISTORIQUE SUR LA FORMATION DU TENIET EL KLAKH

En 1911, Flamand fut parmi les premiers à avoir étudié la géologie du Haut Pays oranais et de l'Atlas saharien occidental. Ses travaux ont permis d'apporter les premières données sur la stratigraphie du Jurassique dans plusieurs secteurs tels que Djebel Melah, Djebel Souiga et Djebel Chemarikh. Il a également réalisé des cartes géologiques à différentes échelles (1/200 000, 1/400 000 et 1/800 000). Dans la région d'Aïn Ouarka, il mentionne l'existence de terrains mésojurassiques composés principalement de calcaires oolithiques, de grès quartziteux et de niveaux marneux verdâtres.

En 1952, Cornet dans sa monographie sur l'Atlas reprend des descriptions de Flamand pour le Djebel Chemarikh (Aïn Ouarka); il donne les épaisseurs suivantes : Lias inférieur 200 m. Lias moyen 400 m, Lias supérieur 400 m.

Ce n'est qu'en 1973 qu'a été présenté un véritable travail de détail sur les séries des Monts des Ksour. Il s'agit de la thèse de Bassoullet. Cet auteur fut le premier à proposer une subdivision lithostratigraphique détaillée en définissant plusieurs formations, notamment celle du Teniet el Klakh qui fait partie de notre étude. Celle-ci est considérée comme constituée par une alternance d'argilites, de grès et de calcaires, avec parfois des passées dolomitiques. L'auteur interprète ces dépôts comme étant de faciès de vasière calcaréo-terrigène et il attribue la formation au Bajocien supérieur (zone à *Subfurcatum*).

Dans la continuité des travaux de Bassoullet (1973), un an plus tard (1974) Douihasni réalise une étude structurale de la terminaison nord-orientale de l'anticlinal d'Aïn Ouarka. Trois ans plus tard, il approfondit cette analyse en y intégrant également des données stratigraphiques. Il propose un environnement infratidal au sein d'une plate-forme pour la formation du Teniet el Klakh.

Vingt ans plus tard (1994), Alméras *et al.* Présentent une étude biostratigraphique du Jurassique moyen dans le domaine atlasique (Maroc et Algérie) à partir des faunes de brachiopodes et d'ammonites. Dans les Monts des Ksour, notamment dans le secteur d'Aïn Ouarka, leurs travaux ont mis en évidence une forte épaisseur des dépôts attribués à la Zone à Niortense

(Bajocien supérieur). Ils ont également identifié la présence du brachiopode *Flabellothyris oranensis*, caractéristique de cet intervalle stratigraphique.

Hennache et Kouri (2001) ont réalisé une étude lithostratigraphique et sédimentologique des formations du Teniet el Klakh et du Tifkirt dans la partie occidentale de l'anticlinal d'Aïn Ouarka. La première formation a été subdivisée en 2 membres distincts : un membre inférieur à dominante argilo-gréseuse et un membre supérieur argilo-carbonaté. L'étude sédimentologique détaillée, basée surtout sur les figures sédimentaires, a mis en évidence la présence de séquences turbiditiques de Boume (1962) dans le membre inférieur où les dépôts se sont mis en place dans un contexte de cône détritique sous-marin. Ceux du membre supérieur argilo-carbonaté indiquent un environnement de plate-forme externe. En appliquant la stratigraphie séquentielle, ces auteurs ont mis en évidence un grand cycle sédimentaire s'étendant de l'Aalénien au Bathonien inférieur. Ce cycle est constitué de 3 cortèges de 3^{ème} ordre dans lequel la Formation du Teniet el Klakh s'inscrit dans un cortège de bas niveau tardif.

Deux années plus tard, Oudjoudi réalise son mémoire dans le secteur de Raknet el Kahla où il subdivise la formation du Teniet el Klakh qui atteint 1100 m en 2 membres : (1) un membre inférieur comprenant 3 barres à dominance gréseuse, séparées par d'épaisses argiles à niveaux gréseux et carbonatés et (2) un membre supérieur en trois termes lithologiques : un terme argilo-silteux, un terme à dominance carbonatée et un terme constitué d'alternances argilo-gréseuses avec intercalations calcaires à bélemnite. Des ammonites découvertes dans le second membre permettent à Oudjoudi d'attribuer cette formation au Bajocien supérieur (Zone à Niortense). Selon lui, les dépôts se sont effectués dans la partie médiane à distale d'un éventail détritique sous-marin, en contexte de bassin (pélagites et hémipélagites).

Adjal (2008) a entrepris une étude sédimentologique et séquentielle des formations du Teniet el Klakh et du Tifkirt dans plusieurs secteurs, notamment à Aïn Ouarka. À partir de l'analyse de coupes stratigraphiques détaillées et de l'étude des microfaciès, cet auteur a mis en évidence plusieurs faciès sédimentaires et proposé des environnements de dépôt allant d'un cône détritique sous-marin pour la Formation du Teniet el Klakh, à une plate-forme carbonatée interne à barres multiples pour la Formation du Tifkirt. Cette étude a également permis de reconstituer l'évolution paléogéographique de la région entre le Bajocien supérieur et le Bathonien inférieur, tout en soulignant le rôle de la tectonique différentielle dans la répartition des faciès et l'organisation séquentielle des dépôts.

En 2023, Bechikh aborde l'étude lithostratigraphique et sédimentologique de la formation du Teniet el Klakh. Celle-ci est étudiée pour la première fois au NE de Djebel Chemarikh. Son étude a permis de subdiviser cette formation en 3 membres (inférieur argilo-gréseux, moyen argileux, et supérieur gréseux-argileux) et d'identifier plusieurs faciès dont l'interprétation, basée sur les structures sédimentaires hydrodynamiques et biologiques (ichnofossiles), révèle un environnement de dépôt de type cône détritique sous-marin. La position de ce cône a évolué dans le temps, passant d'une position médiane à distale, puis proximale, traduisant un cycle régression-transgression. Ce cycle se poursuit avec l'installation d'un récif à la base de la formation sus-jacente du Tifkirt.

Deux années plus tard (2025), Benyoucef *et al.*, dans leur étude consacrée à la formation du Teniet el Klakh, adoptent une approche combinant analyses stratigraphique, sédimentologique, biostratigraphique (ammonites) et ichnologique (traces fossiles). Les investigations menées ont permis d'identifier 13 types de faciès, regroupés en 3 associations de dépôt. Pour ces auteurs, ces associations caractériseraient un environnement sédimentaire allant du *shoreface* inférieure au haut-fond sableux (*Shoal*), dont la dynamique est principalement régie par l'action des tempêtes.

Par ailleurs, cette étude rapporte pour la première fois la présence de 6 ichnotaxons dans le Bajocien de l'Atlas saharien, et la découverte d'une ammonite appartenant à la zone à *Humphriesianum* permet d'attribuer cette formation au Bajocien inférieur au supérieur (zone à Niortense).

IV- BUT & METHODOLOGIE DE TRAVAIL

A- But de travail

Ce mémoire a pour but d'étudier, pour la première fois dans le secteur occidental du Djebel Chemarikh, les affleurements discontinus des barres de la Formation du Teniet el Klakh dans la région d'Aïn Ouarka, en s'appuyant sur des approches lithostratigraphiques et sédimentologiques.

B- Méthodologie de travail

Ce travail de mémoire s'appuie sur le résultat d'une mission de terrain réalisée au mois d'avril 2026 dans la région d'Aïn Ouarka. Il s'articule sur deux étapes, l'une effectuée sur le terrain, la seconde au laboratoire.

1- Sur le terrain

Le travail repose sur un levé détaillé, "banc par banc", de deux coupes lithostratigraphiques réalisées sur des affleurements appartenant à la formation du Teniet el Klakh à Aïn Ouarka. Ces coupes ont été accompagnées d'un échantillonnage de roches. Des prises photographiques ont également été réalisées afin d'observer les caractères géologiques et les structures sédimentaires.

2- Au laboratoire

Le travail de laboratoire a consisté à la confection de 13 lames minces à partir des roches échantillonnées sur le terrain, au niveau du Département des Sciences de la Terre de l'Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed L'étude pétrographique a permis compléter nos observations réalisées sur le terrain et d'affiner la description lithostratigraphiques.



Chapitre 2

INTRODUCTION

Ce deuxième chapitre est consacré à la description lithologique détaillée des affleurements des deux coupes levées banc par banc au sein de la Formation du Teniet el Klakh dans le secteur d'Aïn Ouarka. Cette description sera complétée par celle des microfaciès des 13 échantillons prélevés sur le terrain.

I- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES AFFLEUREMENTS

Deux affleurements distincts sur le terrain appartenant à la Formation du Teniet el Klakh ont été étudiés dans la région d'Aïn Ouarka.

A- Description de la coupe 1 (Fig. 6 et 7)

La coupe du premier affleurement d'étude débute a été levée à environ 500 m à l'Ouest du village d'Aïn Ouarka (Fig. 6). Les affleurements débutent par 1,60 m d'argiles verdâtres, feuilletées, à passées de grès psammitiques en plaquettes, de couleur brunâtre à la patine et verdâtre à la cassure. Elles sont surmontées par une alternance plus serrée de même épaisseur d'argiles et de niveaux relativement plus épais de grès (2 à 6 cm) (Pl. 1, fig. 1), présentant parfois des laminations horizontales (Pl. 1, fig. 2) et des rides de courant à leurs surfaces ((Pl. 1, fig. 3). Le sommet de cet ensemble est matérialisé par un petit banc de grès à laminations convolutées (*convolute laminations*) et à rides de courant (Pl. 1, fig. 4).



Fig. 6 : Vue panoramique des affleurements de la formation du Teniet el Klakh de la première coupe 1 (AO).

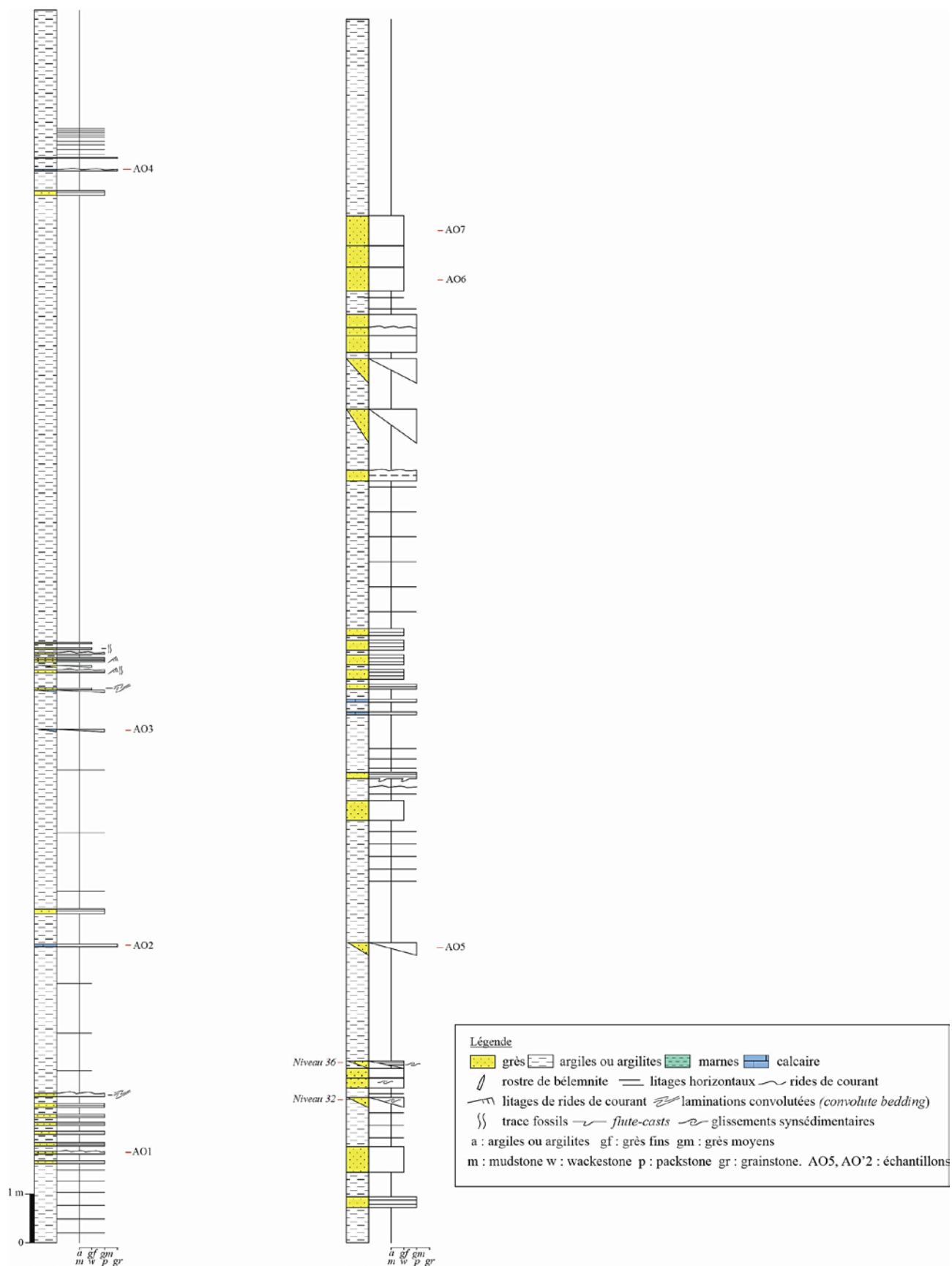


Fig. 7 : Colonne lithologique des affleurements de la formation du Teniet el Klakh dans la coupe 1 (AO).

La coupe se poursuit par une combe d'argiles verdâtres admettant dans sa première moitié des passées de grès (Pl. 1, fig. 5), un banc lenticulaire de 0,05 m de calcaire stromatolithique (échantillon AO2) (Pl. 1, fig. 6) et un autre de grès à laminations horizontales. La seconde moitié est matérialisée par des argiles à passées gréseuses et un banc lenticulaire de calcaire bioclastique (échantillon AO3) de 0,05 m d'épaisseur (Pl. 1, fig. 7).

On arrive ici à la base d'une importante barre à dominance gréseuse (Pl. 1, fig. 8), correspondant au prolongement latéral oriental de la barre inférieure de la Formation du Teniet el Klakh, bien visible par photographies aériennes et images satellites. Celle-ci débute par une autre lentille de calcaire bioclastique de même épaisseur (0,05 m), de teinte ocre à la patine et cassure, surmontée par une petite alternance très serrée d'argiles de bancs de grès dont l'un (0,04 m) montre des laminations horizontales puis convolutées et enfin des rides de courants (Pl. 2, fig. 1). D'autres présentent des litages et/ou des rides de courant (Pl. 2, fig. 2), des litages horizontaux (Pl. 2, fig. 4) ou encore des traces fossiles basales, en hyporeliefs (Pl. 2, fig. 3, 5).

Cette alternance est surmontée par 9,00 m d'argiles verdâtres, admettant un banc de grès d'épaisseur 0.10 m, à laminations horizontales, 2 bancs de calcaire bioclastique de 0,03 et 0,02 m dont le premier présente, de plus, des rides de courant (Pl. 2, fig. 6 - échantillon AO4) et des passées gréseuses (Pl. 2, fig. 7).

A partir de là, on passe à la deuxième partie des affleurements où on remarque que les bancs de grès augmentent d'épaisseur et certains prennent une géométrie lenticulaire. Il s'agit d'une alternance relativement plus serrée d'argiles ou d'argilites verdâtres, s'effritant souvent en plaquettes, et de bancs de grès fins à moyens, d'épaisseur centimétrique à décimétrique (jusqu'à 0,60 m d'épaisseur (Pl. 3, fig. 1), noirâtres à la patine et verdâtre à la cassure (échantillons AO5, AO6 et AO7). Ces grès sont souvent massifs ((Pl. 3, fig. 3), mais certains montrent des laminations horizontales, des rides de courant (Pl. 2, fig. 5) ou encore des figures de base de bancs (figures d'affouillement de type *flute-casts*) (Pl. 3, fig. 4). Certains sont affectés par des glissements synsédimentaires (Pl. 3, fig. 2).

Il y a lieu à signaler la présence de 2 niveaux de calcaire bioclastique (0,20 m d'épaisseur chacun) (Pl. 3, fig. 6).

Enfin, la coupe s'achève par 4,00 m d'argiles mal exposées.

B- Description de la coupe 2 (Fig. 8 et 9)

Cette coupe a été levée sur la rive gauche d'un oued situé au-dessous de la route menant à Aïn Ouarka. Les affleurements étudiés sont isolés et apparaissent à la faveur de l'érosion (Fig. 8). Ils se situent stratigraphiquement dans la partie sommitale de la Formation du Teniet el Klakh (Fig. 9). Ils débutent par 3,50 m d'argilites schisteuses verdâtres (Pl. 4, fig. 1), admettant par endroits des lentilles gréseuses dont l'épaisseur varie entre 0,06 et 0,35 m (Pl. 4, fig. 2) et se poursuivent par un banc de grès (0,25 m) à laminations horizontales (Pl. 4, fig. 3). Ils passent ensuite à un niveau d'argiles, puis un banc de grès de 0,63 m d'épaisseur, à base érosive (ravinée), montrant des laminations convolutées (*convolute laminations*) à l'interface et des rides de courant à la surface (Pl. 4, fig. 4, 5 et 6). Ce banc est surmonté par une alternance de 6,20 m de puissance d'argilites feuilletées, de 2 lentilles gréseuses de 0,08 m chacune dont le premier montre des laminations horizontales surmontées par des rides de courant, et d'un banc de grès tabulaire à laminations horizontales (Pl. 4, fig. 7).



Fig. 8 : Photo panoramique des affleurements de la deuxième coupe 2 (AO').

L'ensemble se poursuit par une autre alternance de 11,00 m d'argiles et de bancs, parfois lenticulaires, de grès, d'épaisseur comprise entre 0,04 et 0,30 m dont certains montrent des structures sédimentaires telles que des figures d'affouillement (*flute-casts*) et aussi des glissements synsédimentaires (Pl. 5, fig. 1, 2 et 3). On note aussi la présence de laminations horizontales nettes ou discrètes (Pl. 5, fig. 3 et 4) ainsi que des rides, des litages de rides de courant, parfois lingoïdes et des traces fossiles (Pl. 5, fig. 5, 6 et 7).

Par ailleurs, il faut signaler que latéralement aux affleurements décrits précédemment, on note la présence d'au moins un olistolite de nature calcaire (Fig. 10).

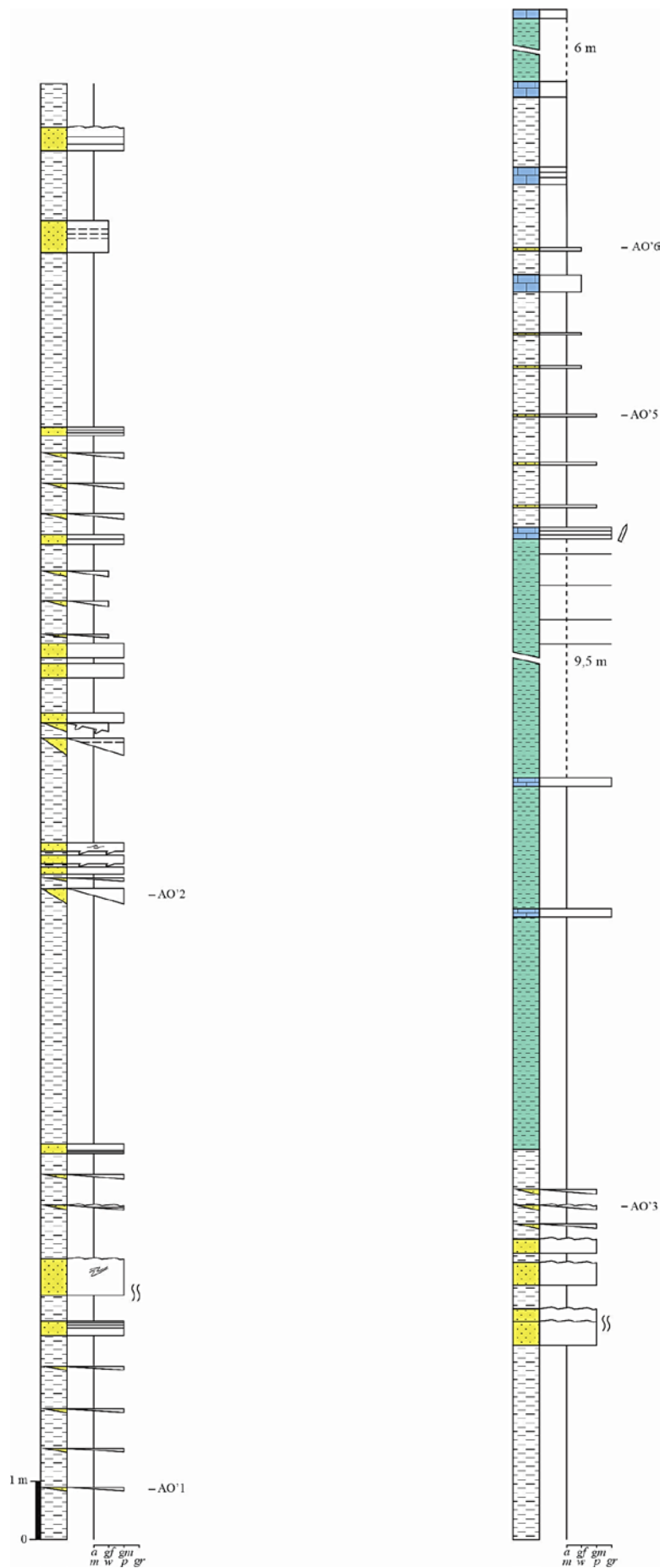


Fig. 9 : Colonne lithologique des affleurements de la formation du Teniet el Klakh dans la coupe 2 (AO') (cf. légende fig. 7).



Fig. 10 : Panorama montrant la présence d'un olistolite (cercle blanc), latéralement aux affleurements étudiés de la base de la coupe 2 (AO').

Les derniers niveaux gréseux sont recouverts par une dizaine de mètres d'alluvions, masquant ainsi la continuité verticale des affleurements. La coupe reprend après environ une translation 100 m vers l'Ouest où elle commence par 4,00 m de marnes verdâtres indurée, à aspect schisteux. Ce faciès passe latéralement à une masse carbonatée micritique, verdâtre, feuilletée, mal stratifiée et disloquée, s'effritant en boules, d'environ 0,60 m d'épaisseur et ayant révélé la présence d'un moule interne d'un brachiopode. Cette masse correspond, en fait, à un olistolite (Pl. 6, fig. 1).

La coupe se poursuit avec des marnes de mêmes nature et aspect admettant dans leur partie inférieure 2 bancs en place de calcaire micritique de 0,15 m d'épaisseur chacun (Pl. 6, fig. 2) et, vers le haut, des passées de calcaires. Ces marnes sont clôturées par un banc carbonaté micritique, feuilleté, de 0,20 m d'épaisseur, dans lequel a été trouvé un fragment d'un rostre de bélemnite d'environ 3 cm de diamètre (Pl. 6, fig. 3). Viennent ensuite 4,00 m d'argiles dans lesquelles s'intercalent d'abord des bancs de grès fins à moyens (échantillon AO'5), puis de calcaire micritique d'environ 0,30 m d'épaisseur. Ce dernier est surmonté par 0,40 m d'argiles, un banc de grès échantillon AO'6 - Pl. 6, fig. 4). Notons que ces argiles admettent latéralement une grande masse d'olistolite de nature calcaire micritique (Fig. 11).



Fig. 11 : Affleurements montrant des argiles verdâtres indurées (a) incluant latéralement un olistolite carbonaté micritique (b).

La coupe s'achève par 2 niveaux de calcaire micritique, puis 6,00 m de marnes, surmontées par un dernier banc de calcaire de 0,15 m d'épaisseur.

II- DESCRIPTION DES LAMES MINCES

L'analyse microfaciologique des échantillons récoltés au cours de notre mission de terrain au sein des deux affleurements de la Formation du Teniet el Klakh est basée sur l'observation des lames minces au microscope optique et vise à identifier les constituants pétrographiques des roches détritiques et carbonatées. Elle nous permettra de compléter notre description lithostratigraphique.

A- Description des lames minces de la coupe 1

1- Echantillon AO1 (Fig. 12)

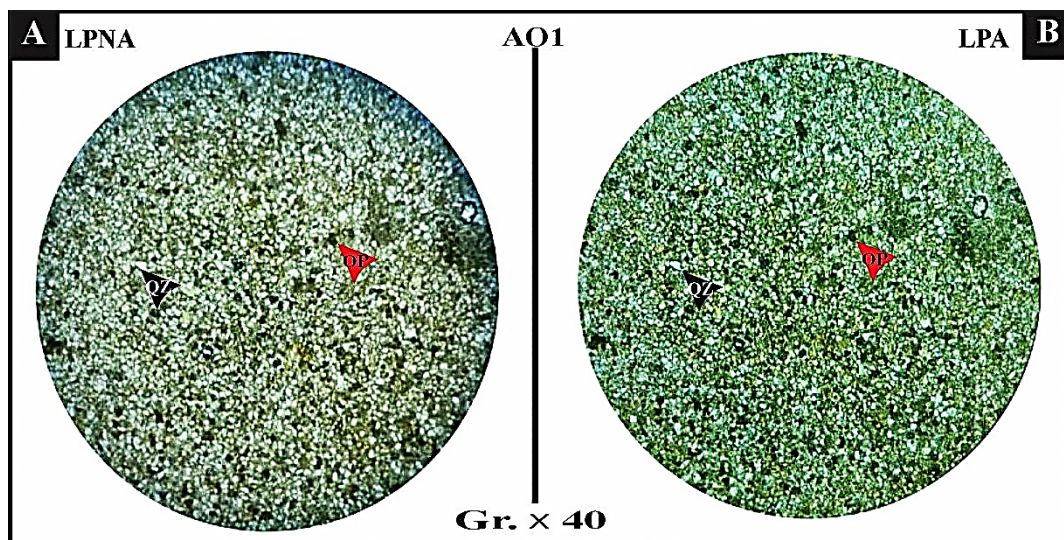


Fig. 12 : Echantillon AO1. QZ : Quartz, OP : Minéraux opaques.

L'échantillon AO1 montre une forte proportion de grains de quartz (Qz) (Fig.11 A, B). Ces derniers sont très fins à fins et de forme généralement anguleuse à sub-anguleuse. Ces grains sont associés à

des minéraux secondaires, notamment des minéraux opaques (Op). La matrice argileuse est abondante et occupe la majeure partie de la lame cette lame s'agit d'un grès fin.

2- Echantillon AO2 (Fig. 13)

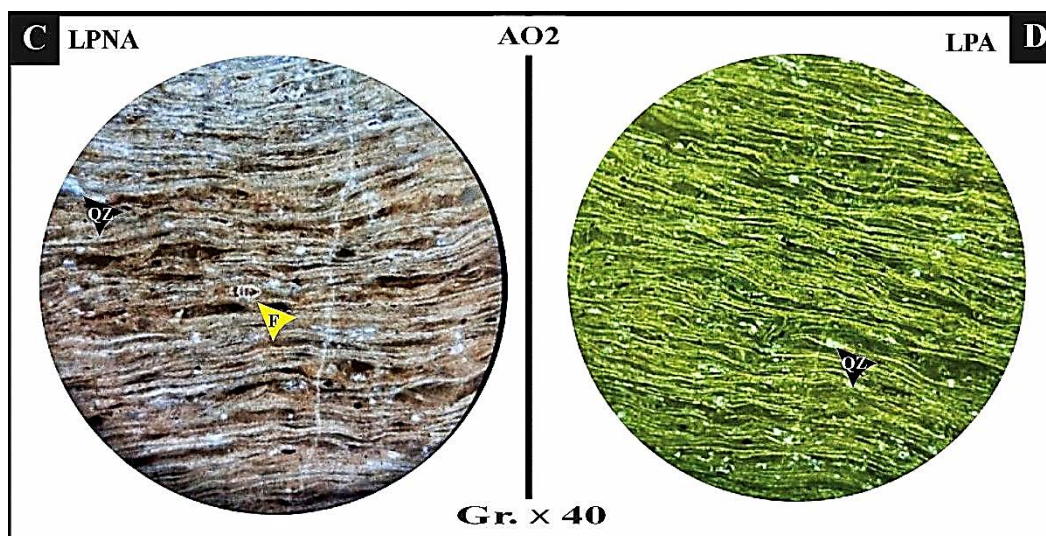


Fig. 13 : Echantillon AO2. QZ : Quartz, F : Foraminifère

L'échantillon AO2 est caractérisé par une alternance de lamines ondulées claires et sombres. Les lamines claires correspondent à une précipitation de calcite, tandis que les lamines sombres sont riches en matière organique. Cette microstructure laminée traduit le développement de biofilms microbiens stromatolitiques produits par l'activité de cyanobactéries. D'après la classification d'Embry et Klovan (1971), ce microfaciès présente une texture de type Bindstone, et cette lame s'agit d'un calcaire stromatolithique..

3- Echantillon AO3 (Fig. 14)

L'échantillon AO3 présente une association de bioclastes dominée par des organismes benthiques et de rares éléments pélagiques. Elle est constituée de plaques d'échinodermes (Pe), de sections transversales d'épines d'oursins (Eo), ainsi que de sections transversales de colonnales de crinoïdes (Pc), reconnaissables à leur contour pentagonal. On y observe également des brachiopodes (Br), des foraminifères (F), un rostre de bélemnite en section transversale (B) et des algues (Ag). La lame est riche en bioclastes (Bio) et montre une bioturbation importante, matérialisée par des perforations affectant certains bioclastes (Fig. 14F). La matrice est essentiellement micritique et présente localement une hématisation. Selon la classification de Dunham (1962), la texture de cette lame correspond à un wackestone à packstone bioclastique et d'un calcaire bioclastique.

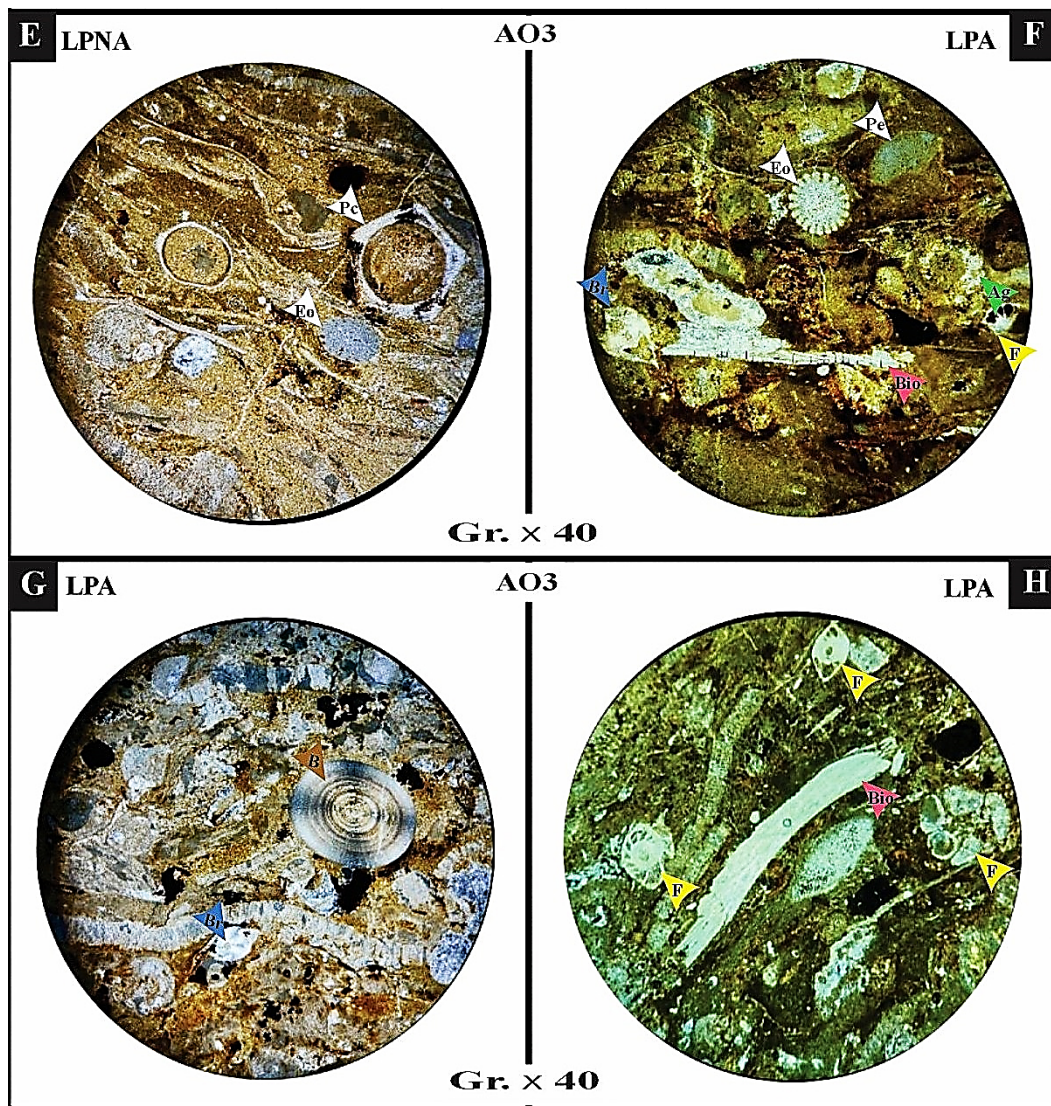


Fig. 14 : Echantillon AO3. Pc : Columnale de crinoïde ; Eo: Epine d'oursin ; Pe : Plaques d'échinoderme ; Br: brachiopode ; Bio : Bioclaste ; Ag : Algue ; F : Foraminifère ; B : Rostre de bélemnite.

4- Echantillon AO4 (Fig. 15)

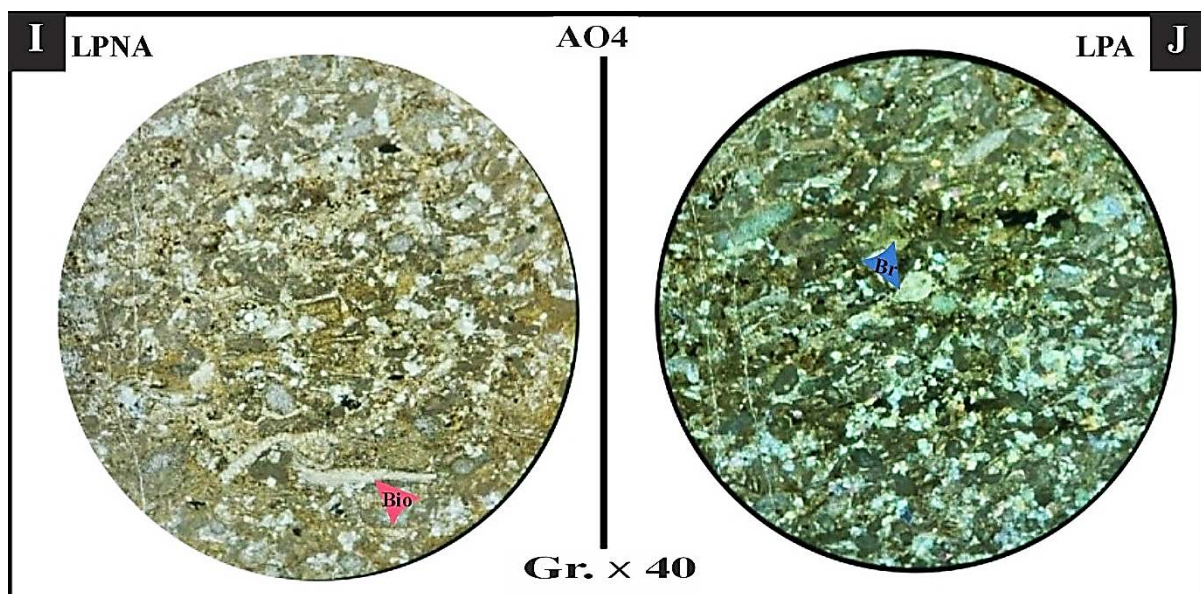


Fig. 15 : Echantillon AO4, Bio : Bioclaste ; Br : Brachiopode.

L'échantillon AO4 est dominé par des bioclastes, représentée notamment par des brachiopodes, et des éléments micritisés, associés à des cristaux de calcite. Les espaces intergranulaires sont remplis par un ciment sparitique. L'absence de matrice micritique et la prédominance des éléments figurés soutenus par le ciment confèrent à cette roche une texture de type Grainstone selon la classification de Dunham (1962), et à un calcaire bioclastique.

5- Echantillon AO5 (Fig. 16)

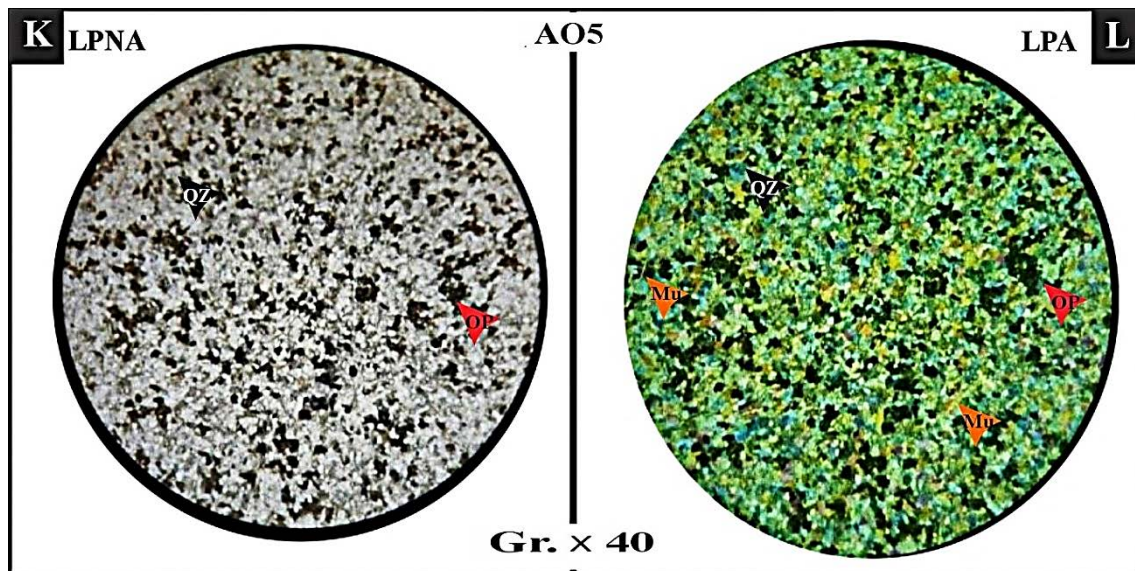


Fig. 16 : Echantillon AO5, OP : Minéraux opaques ; Mu : Muscovite

L'échantillon A05 est caractérisé par une forte proportion de grains de quartz (Qz) constituant l'essentiel de la roche. Les grains sont fins à moyens, subanguleux à subarrondis et présentent une répartition relativement homogène. Ils sont associés à de rares paillettes de muscovite (Mu) allongées et dispersées dans la matrice ainsi que de quelques minéraux opaques (Op), de couleur noire. La roche présente un tri relativement bon. Le ciment est peu abondant et la porosité paraît faible, elle s'agit d'un grès moyen.

6- Echantillon AO6 et AO7 (Fig. 17)

Les échantillons AO6 et AO7 montre une texture fine et homogène. Les grains de quartz sont répartis uniformément dans la matrice. Quelques minéraux opaques (OP) apparaissent sous forme de petits grains noirs dispersés. En lumière polarisée analysée, les minéraux montrent des couleurs d'interférence faibles à modérées, avec peu de ciment et une faible porosité ces lames correspondent à un faciès gréseux à grains fins.

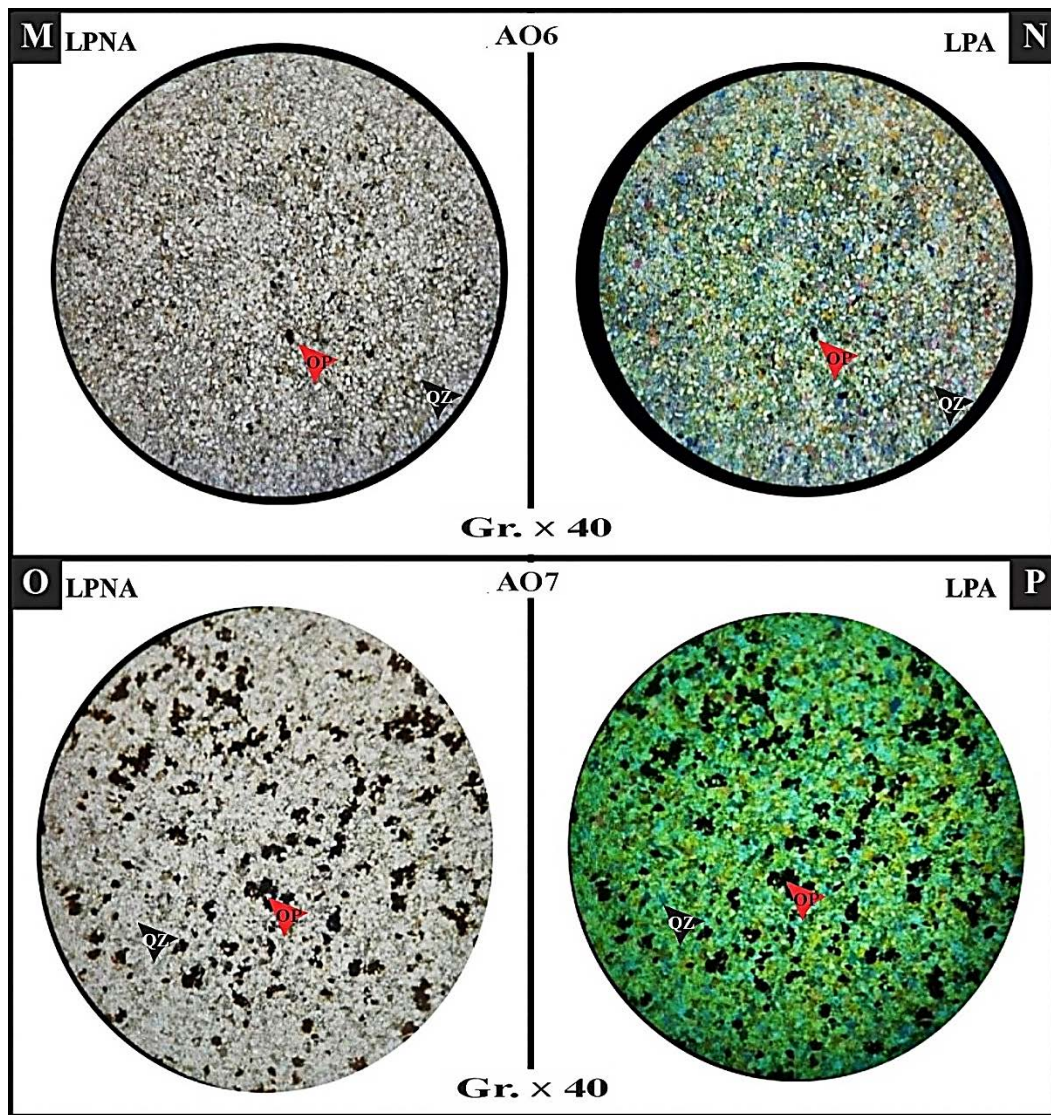


Fig. :17 : Echantillons AO6, AO7 , Qz : Quartz, OP : Minéraux opaques

B- Description des lames minces de la coupe 2

1- Echantillons AO'1, AO'2 et AO'3 (Fig. 18)

Les 3 premiers échantillons de la coupe 2 sont dominées par le quartz (QZ), associé à une proportion variable de minéraux opaques (OP). L'échantillon AO'1 présente des grains de quartz très fins à fins tandis que AO'2 et AO'3 des grains fins à moyens. Les minéraux opaques apparaissent en noir aussi bien en LPNA qu'en LPA et sont dispersés dans la matrice ces lames correspondent à des grès.

2- Echantillons AO'4 (Fig. 19)

L'échantillon correspond un l'olistolite intercalé aux premiers niveaux de marnes de la coupe AO'. Il est caractérisée par une matrice micritique dominante renfermant divers éléments bioclastiques, notamment des fragments de plaques d'échinodermes (Pe), reconnaissables par leur structure, ainsi que des foraminifères (F), dont un spécimen attribué au genre *Nodosaria* Lamarck, 1816 (Fig. 19 I). Les bioclastes sont dispersés de manière relativement homogène au sein de la matrice et présentent

un état de conservation satisfaisant. L'échantillon correspond à un calcaire micritique. Selon la classification de Dunham (1962), cette roche est classée comme un mudstone inférieur à 10% d'éléments

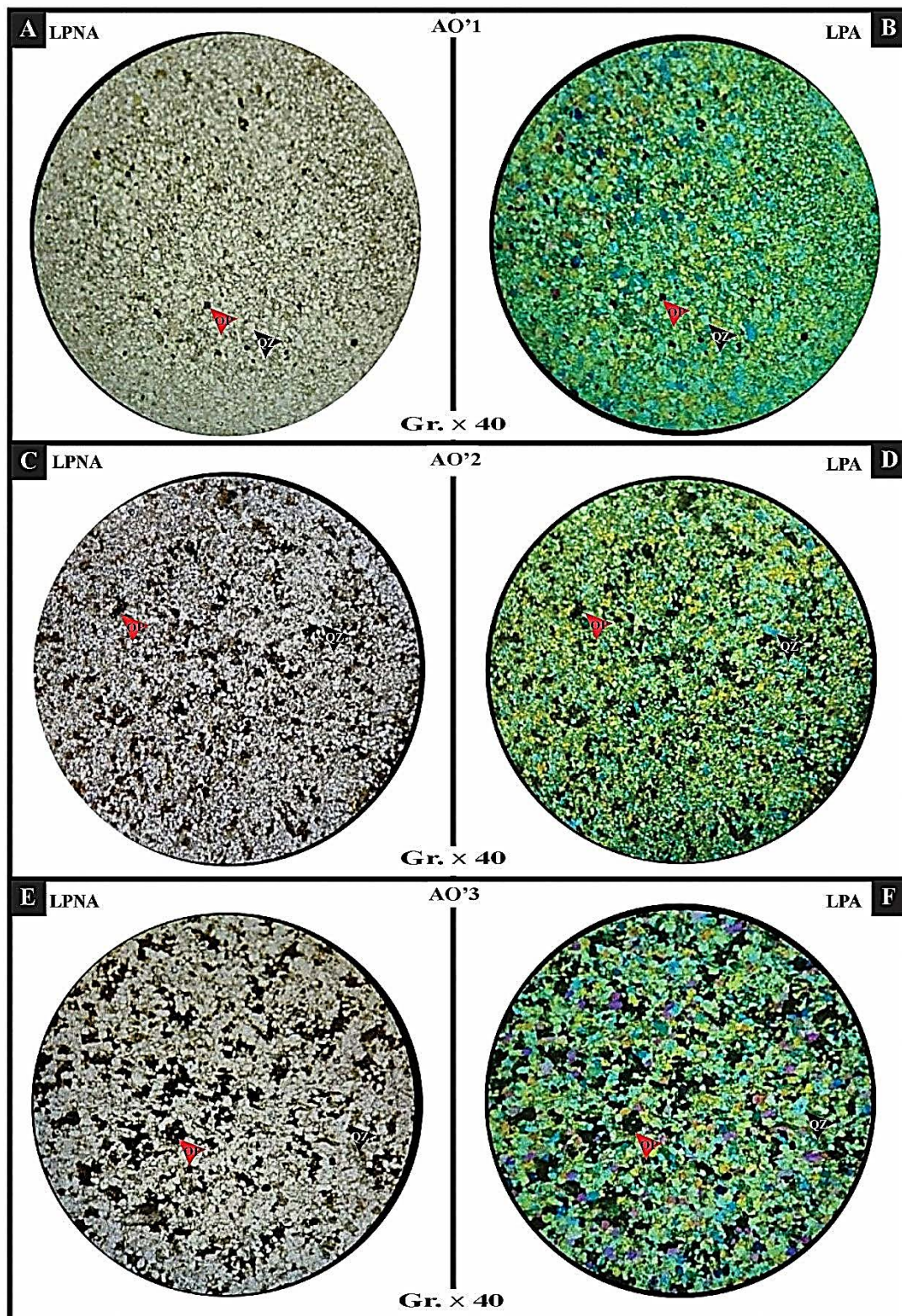


Fig. 18 : Echantillons AO'1, AO'2 et AO'3. Qz : Quartz, OP : Minéraux opaques

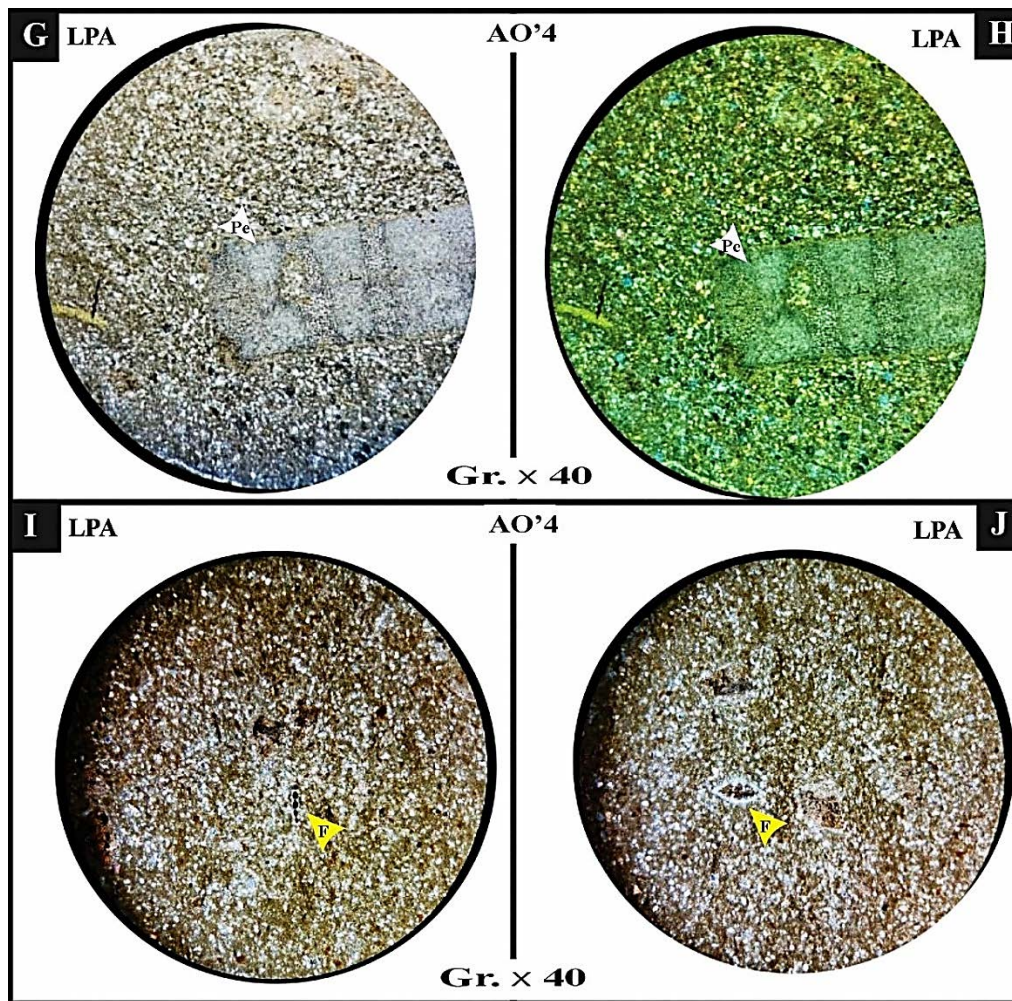


Fig. 19 : Echantillons AO'4, Pe : Plaque d'échinoderme ; F : Foraminifère

3- Echantillon AO'5 (Fig. 20)

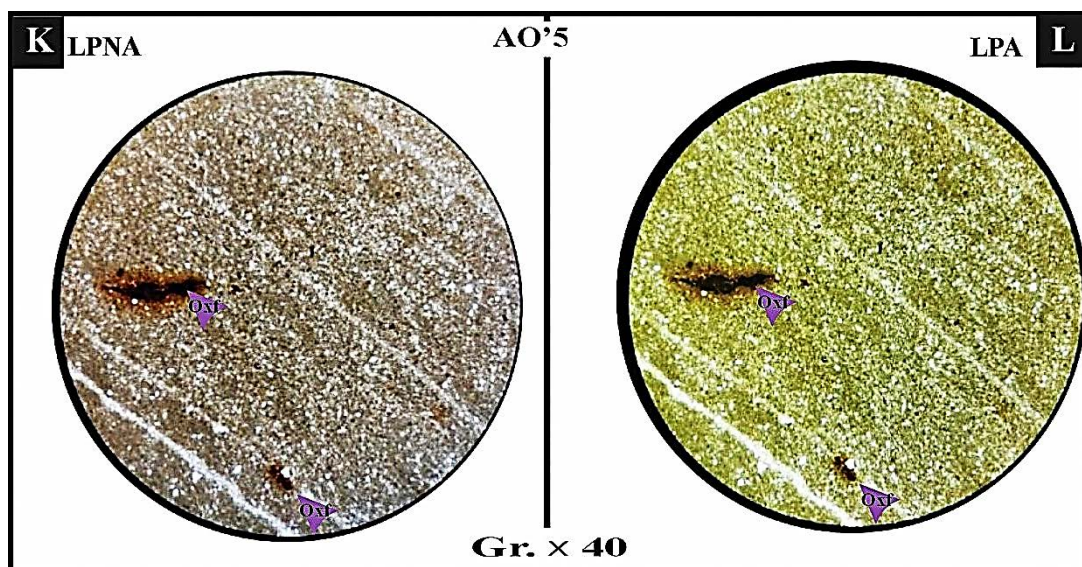


Fig. 20 : Echantillon AO'5, Oxf : Oxyde de fer (hématisation)

L'échantillon AO'5 est constitué essentiellement d'une matrice argileuse occupant la quasi-totalité de la lame. Il montre localement une hématisation liée à la présence d'oxydes de fer (Oxf). Cette roche correspond à un grès fin.

4- Echantillon AO'6 (Fig. 21)

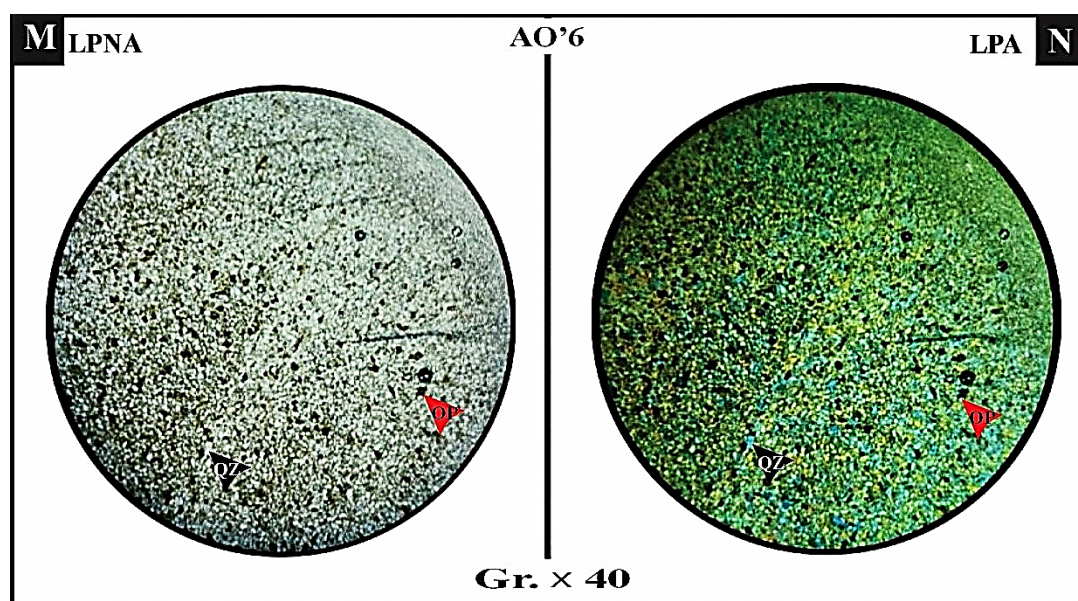


Fig. 21 : Echantillon AO'6, OP : Minéraux opaques.

L'échantillon AO'6 présente une texture fine de grains de quartz répartis uniformément dans la matrice et les minéraux opaques apparaissant sous forme de petits grains noirs dispersés et il s'agit d'un grès fin.

III- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE

Compte tenu de l'absence de fossiles dateurs dans les deux affleurements étudiés, l'attribution stratigraphique de la Formation du Teniet el Klakh s'appuiera sur les données fournies par les études antérieures consacrées à cette formation.

Selon Bassoullet (1973), la présence d'ammonites a permis d'attribuer la Formation du Teniet el Klakh au Bajocien supérieur (zone à *Niortense* - Fig.21). Cette datation a été confirmée ultérieurement par Alméras *et al.* (1994), Ouali Mehadj (1995) et Elmi *et al.* (1998), sur la base de la même faune.

En 2003, Oujoudi a signalé la présence d'ammonites dans la partie supérieure de la formation, au niveau du secteur de Raknet el Kahla, situé au nord du Djebel Chemarikh. Cette découverte a conforté l'attribution de la formation au Bajocien supérieur (zone à *Niortense*).

Enfin, plus récemment, Benyoucef *et al.* (2025) ont mentionné la découverte d'une ammonite caractéristique de la zone à *Humphriesianum*. Cette nouvelle donnée biostratigraphique a conduit à une révision de l'âge de la Formation de Teniet el Klakh, auparavant limitée au Bajocien supérieur (zone à *Niortense*), en lui attribuant désormais un intervalle chronologique s'étendant du Bajocien inférieur au Bajocien supérieur.

STAGES (and SUBSTAGES)		Ammonites Zones South Tethyan Domain	
UPPER JURASSIC			
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 RETROSTATUM	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. 22 : Succession des zones d'ammonites du Jurassique moyen dans le Domaine sud-téthysien (domaine atlasique) d'après Elmi *et al.* (1998).



Chapitre 3

INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à l'étude sédimentologique de la Formation du Teniet el Klakh, laquelle s'appuie sur deux étapes principales :

- (1) la définition et l'interprétation des faciès, fondées notamment sur la lithologie, le type de structures sédimentaires, l'épaisseur, la stratonomie et le chromofaciès ;
- (2) la définition des associations de faciès et des milieux de dépôt, fondées principalement sur l'hydrodynamisme

I- DESCRIPTION & INTERPRETATIONS DES FACIES

Trois faciès principaux ont été définie dans la formation du Teniet el Klakh : les argiles/Marnes (FA), les grès (FB) et les calcaires (FC).

A- Faciès argileux/marneux (FA)

1- Description

Les argiles sont présentes dans les deux coupes et constituent le faciès dominant dans la première. Leur épaisseur varie de quelques centimètres, à plusieurs mètres (jusqu'à 9 m). Elles se présentent sous forme de niveaux meubles ou indurés (argilites), de couleur verdâtre à brunâtre, et prennent souvent un aspect schisteux. Elles s'intercalent fréquemment entre les passées, les bancs et les lentilles de grès (Pl. 1, fig. 1 ; Pl. 4, fig. 1), rarement entre ceux de calcaire (Pl. 3, fig. 6 ; Pl. 6, fig. 2 et 4).

Les marnes sont présentes uniquement dans la partie sommitale de la deuxième coupe (AO'). Leur épaisseur est métrique à décamétrique et peut atteindre une dizaine de mètres. Elles sont de teinte verdâtre et un aspect localement schisteux. Ces niveaux marneux s'alternent avec des bancs de calcaire.

2- Interprétation

Les argiles sont des sédiments terrigènes appartenant à la classe des lutites. Elles résultent de la décantation des particules fines en suspension ainsi que de leur floculation, un processus provoqué par les forces électrostatiques agissant entre les minéraux argileux. Elles se déposent lorsque les actions hydrodynamiques sont faibles, voire absentes, permettant la chute lente des particules élémentaires vers le fond (Chamley & Deconinck, 2011 ; Cojan & Renard, 2021) (Fig. 23). La présence de passées silteuses ou gréseuses au sein des niveaux argileux témoigne d'apports épisodiques de matériel détritique plus grossier, liés à des épisodes de plus forte énergie du milieu de dépôt.

Les marnes se forment selon le même processus de sédimentation, à savoir la décantation. Toutefois, elles se distinguent des argiles par leur teneur en calcaire

B- Faciès gréseux (FB)

Les grès constituent la majeure partie de la Formation du Teniet el Klakh. Ils sont présents dans tous les affleurements des deux coupes, mais dominent particulièrement dans la première (AO). Leur épaisseur est généralement décimétrique à décamétrique et s'organisent généralement en passées, en bancs ou en lentilles. Certains niveaux sont affectés par des déformations synsédimentaires (Pl. 3, fig. 2 ; Pl. 5, fig. 1). Ce faciès se décline en plusieurs sous-faciès, en fonction de la prédominance des figures sédimentaires qu'il renferme.

1- Sous-faciès de grès à laminations horizontales (FB1)

1.1- Description

C'est le sous-faciès gréseux le plus abondant. Il caractérise principalement la première coupe ainsi que la partie argilo-gréseuse de la deuxième coupe. Il est constitué de niveaux gréseux, à grains fins à moyens qui se débitent, par endroits, en plaquettes (Pl. 1, fig. 2 ; Pl. 2, fig. 2, 4 et 7 ; Pl. 4, fig. 3 et 7).

1.2- Interprétation

Selon les modèles classiques (Blatt *et al.*, 1980 ; Reineck & Singh, 1980 ; Allen, 1985 ; Collinson & Mountney, 2019), les laminations horizontales résultent de l'action d'un courant de fond unidirectionnel exerçant une traction et un tri des grains, sous un régime d'écoulement hydrodynamique correspondant à un lit plan du régime inférieur ou du régime supérieur (*lower* et *upper flow-regime flat bed*) (Cojan & Renard, 2021) (Fig. 23).

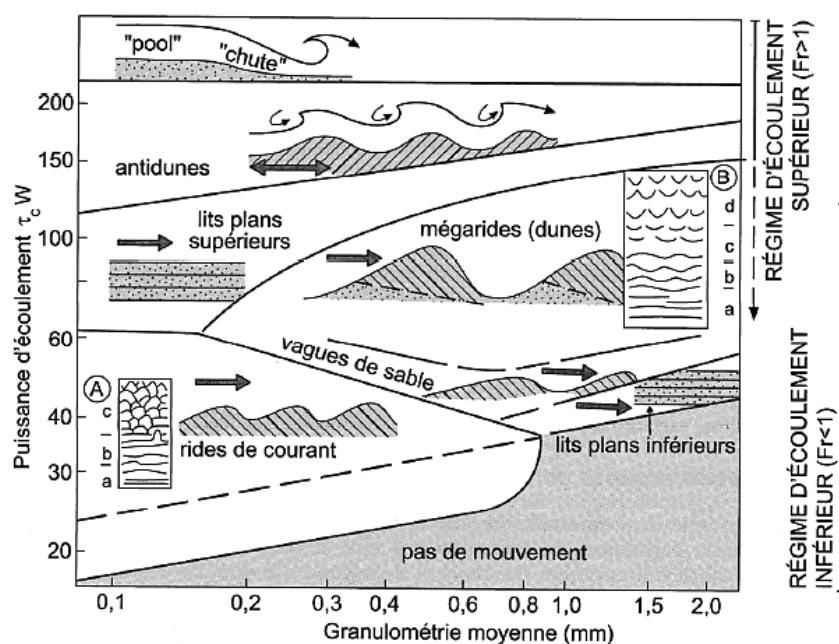


Fig. 23 : Principales formes sédimentaires en fonction du régime d'écoulement d'un Courant unidirectionnel. D'après (Blatt *et al.*, 1980 ; Reineck & Singh, 1980).

2- Sous-faciès de grès à rides et/ou à litages de rides de courants (FB2)

2.1- Description

Ce sous-faciès est présent dans les deux coupes, mais il est particulièrement développé dans la première. Les rides de courant sont observées au sommet de bancs ou de lentilles de grès fins à moyens, de couleur brunâtre à la patine et verdâtre à la cassure, d'épaisseur comprise entre 0,05 et 0,60 m. Ces rides sont généralement de petites dimensions (hauteur de 1 à 3 cm et longueur d'onde de 10 cm maximale) (Pl. 1, fig. 3 ; Pl. 3, fig. 5 ; Pl. 4, fig. 4, 6 et 7 ; Pl. 5, fig. 5 et 7). Parfois, ces figures sont associées à des litages obliques de petites dimensions. Ceux-ci peuvent également être observés de manière isolée, au sein de petites strates gréseuses. (Pl. 2, fig. 2, 4 et 7).

Il y a également lieu de citer la présence, en 3 endroits distincts, de laminations convolutées ou *convolute laminations*. L'un au niveau de deux bancs (respectivement de 0,07 et 0,04 m d'épaisseur) (Pl. 1, fig. 4 ; Pl. 2, fig. 1), à grains moyens puis fins, à la base de la coupe 1 (AO) ; l'autre, au sein d'une seule strate de 0,60 m d'épaisseur dans la deuxième coupe (AO'). Les deux derniers bancs sont également associés à des rides de courant. (Pl. 4, fig. 4)

2.2- Interprétation

Les rides (*ripples*) sont l'expression fondamentale par les particules sableuses du mouvement des fluides (eau ou vent) au-dessus de la surface sédimentaire. Elles sont générées dans un régime d'écoulement inférieur (Fig.23) et se développent avec des crêtes généralement perpendiculaires à la direction du courant qui les génère. Quand les rides sont érodées, seuls les litages obliques sont conservés.

Les rides asymétriques se forment sous l'action d'un courant unidirectionnel (Chamley & Deconinck, 2011). Dans les premiers stades de leur développement, elles présentent généralement des crêtes rectilignes et continues. Cependant, à mesure que la vitesse du courant augmente, ces rides évoluent progressivement vers des formes tridimensionnelles, aboutissant à des rides lingoïdes. Ainsi, leur morphologie constitue un indicateur qualitatif de la vitesse du courant, bien que celle-ci soit également influencée par la profondeur de l'eau (Collinson & Mountney, 2019).

Concernant les litages convolutés (*convolute laminations* ou *convolute bedding*), il s'agit de déformations importantes au sein d'un même lit sableux. Elles se caractérisent par des lamines très sinueuses, formant de nombreuses circonvolutions, tout en restant continues et non interrompues. Ces structures proviennent de processus de liquéfaction interne du sédiment, généralement favorisés par des ondes de choc liées à des séismes, par des remontées d'eaux phréatiques, ou encore par des

courants entraînant les couches à l'interface eau-sédiment et engendrant des phénomènes de succion (Chamley, 2000 ; Chamley et Deconinck, 2011).

Selon Cojan et Renard (2021), ces formes correspondraient en réalité à des lamines primaires ayant subi une déformation souple : leurs crêtes seraient relativement étroites, tandis que leurs creux seraient plus amples.

3- Sous-faciès de grès massif (FB3)

3.1- Description

Le sous-faciès de grès massif est plus fréquent dans la coupe 1 (AO) que dans la seconde (AO'). Dans la première coupe, il est représenté, dans la deuxième moitié des affleurements, par plusieurs bancs d'épaisseur pouvant atteindre 70 cm (Pl. 3, fig. 1 et 3), dépourvus de structures sédimentaires apparentes (Pl. 3, fig. 3 et 5). Les grès sont noirâtres à la patine et verdâtres à la cassure. Des rides de courant sont localement observées au sommet de certains bancs (Pl. 5, fig. 7).

3.2- Interprétation

L'absence de lamination peut être attribuée soit aux conditions de dépôt, soit à la destruction d'une lamination primaire préexistante. Elle est le plus souvent associée à une sédimentation rapide résultant de la décélération d'un courant fortement chargé en sédiments. Dans ces conditions, les grains sont déposés et enfouis si rapidement que le déplacement en charge de fond (*bedload movement*), responsable du tri et de l'organisation des particules en lamines, ne peut s'effectuer (Collinson & Mountney, 2019).

En outre, un écoulement de débris figé (*frozen debris flow*) peut produire un dépôt massif ou dépourvu de structure interne, particulièrement lorsque les particules présentent une granulométrie relativement uniforme (Collinson & Mountney, 2019).

Deux hypothèses principales sont avancées pour expliquer l'origine de ce sous-faciès. La première l'associe aux dépôts turbiditiques, conformément au modèle proposé par Harms & Fahnstock (1965) où un passage latéral s'effectue entre des grès massifs et des grès granoclassés. Dans cette interprétation, les grès massifs dépourvus de structures sédimentaires témoigneraient de dépôts issus de la partie à forte densité des courants de turbidité (Lowe, 1982) ou de flots de débris sableux cohésifs (*cohesive sandy debris flows*) (Shanmugam & Moiola, 1994 ; Shanmugam, 1999). Les écoulements turbulents sus-jacents, responsables de la mise en place des turbidites classiques (Postma *et al.*, 1988), auraient alors érodé ou détruit les laminations initialement déposées (Paciullo *et al.*, 2007).

La seconde hypothèse attribue la formation de ce sous-faciès à une sédimentation extrêmement rapide, liée à un événement de courte durée mais de forte énergie (Allen, 1984 ; Miall, 1996), comparable à un épisode de tempête.

C- Faciès carbonaté (FC)

Il est présent dans les deux coupes, mais domine dans la deuxième. Il apparaît sous forme de bancs ou des plaquettes jaunâtres à la patine et grisâtres à la cassure. Il peut être subdivisé en 2 sous-faciès : calcaire micritique (FC1) et calcaire bioclastique (FC2).

1- Sous-faciès des calcaires micritiques (FC1)

1.1- Description

Les calcaires micritiques sont présents uniquement dans la deuxième coupe. Ils apparaissent sous forme de bancs et de plaquettes jaunâtres à la patine et grisâtres à la cassure, atteignant 0,6 m (Pl. 6, fig. 1) d'épaisseur. Ce sous-faciès renferme parfois des brachiopodes et des bélemnites (Pl. 6, fig. 3). Il est généralement associé aux marnes ou aux argiles (Pl. 6, fig. 2 et 4). Par ailleurs, leur étude microscopique (échantillon AO'4) a révélé la présence de foraminifères ainsi que de plaques d'échinodermes (Fig. 19).

1.2- Interprétation

Les calcaires micritiques résultent d'une production carbonatée physico-chimique *in situ* et témoignent généralement d'un dépôt en milieu marin calme, caractérisé par une faible énergie hydrodynamique favorisant la décantation des particules carbonatées fines (Tucker & Wright, 1990).

2- Sous-faciès des calcaires bioclastiques (FC2)

2.1- Description

Ce sous-faciès est présent dans la coupe 1, au sein de bancs de 0,02 à 0,05 m d'épaisseur (Pl. 1, fig. 7 ; Pl. 2, fig. 6 ; Pl.3, fig. 6), dominés par des organismes benthiques et de rares éléments pélagiques (échantillon AO3 et AO4 - Fig. 14 et 15) et un banc lenticulaire, de 0,05 m d'épaisseur correspondant à un calcaire à stromatolithes (échantillon AO2 - Fig. 13) (Pl. 1, fig. 6). Il se caractérise par une couleur ocre à la patine et brunâtre à rougeâtre à la cassure.

2.2- Interprétation

Le sous-faciès de calcaire bioclastique contenant à la fois une faune benthique et une faune pélagique est généralement interprété comme le résultat d'une accumulation de débris d'organisme dans un milieu marin soumis à une hydrodynamique modérée à relativement forte.

Les stromatolithes sont des constructions biogéniques résultant de l'activité de communautés microbiennes, principalement des cyanobactéries. Ils se développent généralement dans des environnements marins peu profonds, situés dans la zone photique, où la lumière permet la photosynthèse. Cependant, des recherches récentes ont montré que les stromatolithes peuvent également se former en milieu profond, jusqu'à environ 3000 m de profondeur (Farías *et al.*, 2013). De plus, Himmler *et al.* (2018) ont signalé la présence de stromatolithes à des profondeurs d'environ 700 m. Dans ce cas, leur développement n'est pas lié à la photosynthèse, mais à des processus de chimiosynthèse qui augmentent l'alcalinité du milieu et favorisent la précipitation des carbonates ainsi que la croissance des stromatolithes au niveau des suintements de méthane (Himmler *et al.*, 2018).

II- ASSOCIATIONS DE FACIES & MILIEUX DE DEPOT

A- Association de faciès de la coupe 1 (AO)

Une seule association de faciès est reconnue à partir d'affleurements de la Formation du Teniet el Klakh dans la coupe AO. Elle est caractérisée par la prédominance du faciès argileux (FA), associé au faciès gréseux (FB) représenté par ses 3 sous-faciès (Fig. 24) : Grès à laminations horizontales (FB1), grès à rides et/ou litages de rides de courant (FB1) et grès massif (FB3). Ces sous-faciès sont parfois eux-mêmes associés à des litages convolutés, des flute-casts et des glissements synsédimentaires. Il faut ajouter à cela le sous-faciès des calcaires bioclastiques (FC2) qui est peu développé et relativement rare.

En résumé, cette association est caractérisée par :

- la prédominance des argiles ;
- la présence de bancs de grès fins à moyens représentés par les 3 sous-faciès FB1, FB2 et FB3 ;
- une stratocroissance des bancs gréseux ;
- l'existence des laminations convolutées ;
- l'existence de glissements synsédimentaires ;
- la rareté des carbonates bioclastiques.

Ces caractéristiques traduisent des séquences turbiditiques tronquées et incomplètes de Bouma (1962), matérialisées par les termes Tab_e, Tb_{ce}, Tbe et Tce, (Fig. 26). Celles-ci se seraient déposées dans la partie moyenne d'un éventail ou cône détritiques sous-marin (*deep-sea fan*) (Fig. 27).

Faciès	Sous faciès	Autres figures sédimentaires	Epaisseurs des bancs	Interprétations	Milieu de dépôt
Faciès argileux (FA)			jusqu'à 9 m		
Faciès gréseux (FB)	grès à laminations horizontales (FB1)	<i>Flute-casts</i>	0,04 - 0,40 m	Turbidites : Termes Tabe, Tbe, Tbe et Tce de Bouma (1962)	Eventail détritique sous-marin moyen
	grès à rides et/ou à litages de rides de courants (FB2)	Laminations convolutées	0,05 - 0,60 m		
	grès massif (FB3)	<i>Flute-casts, glissements synsédimentaires</i>	Jusqu'à 0,70 m		
Faciès carbonaté (FC)	calcaires bioclastiques (FC2)	Rides de courant	0,02 - 0,05 m		

Fig. 24 : Tableau récapitulatif des faciès et sous-faciès et leurs caractéristiques dans la coupe 1 (AO).

Faciès	Sous faciès	Autres figures sédimentaires et phénomènes géologiques	Epaisseurs des bancs	Interprétations	Milieu de dépôt
Faciès argileux/marneux (FA)		Présence d'olistolites	jusqu'à 9 m		
Faciès gréseux (FB)	grès à laminations horizontales (FB1)	<i>Flute-casts</i>	0,04 - 0,40 m	Turbidites : Termes Tabe, Tae, Tbe et Tce de Bouma (1962)	Dépôts de cône détritiques sous-marin proximal ou de talus
	grès à rides et/ou à litages de rides de courants (FB2)	Laminations convolutées	0,05 - 0,60 m		
	grès massif (FB3)	<i>Flute-casts, glissements synsédimentaires</i>	Jusqu'à 0,70 m		
Faciès carbonaté (FC)	calcaires micritiques (FC1)	Présence d'olistolites	Jusqu'à 030 m	Hémipélagites	

Fig. 25 : Tableau récapitulatif des faciès et sous-faciès et leurs caractéristiques dans la coupe 2 (AO').

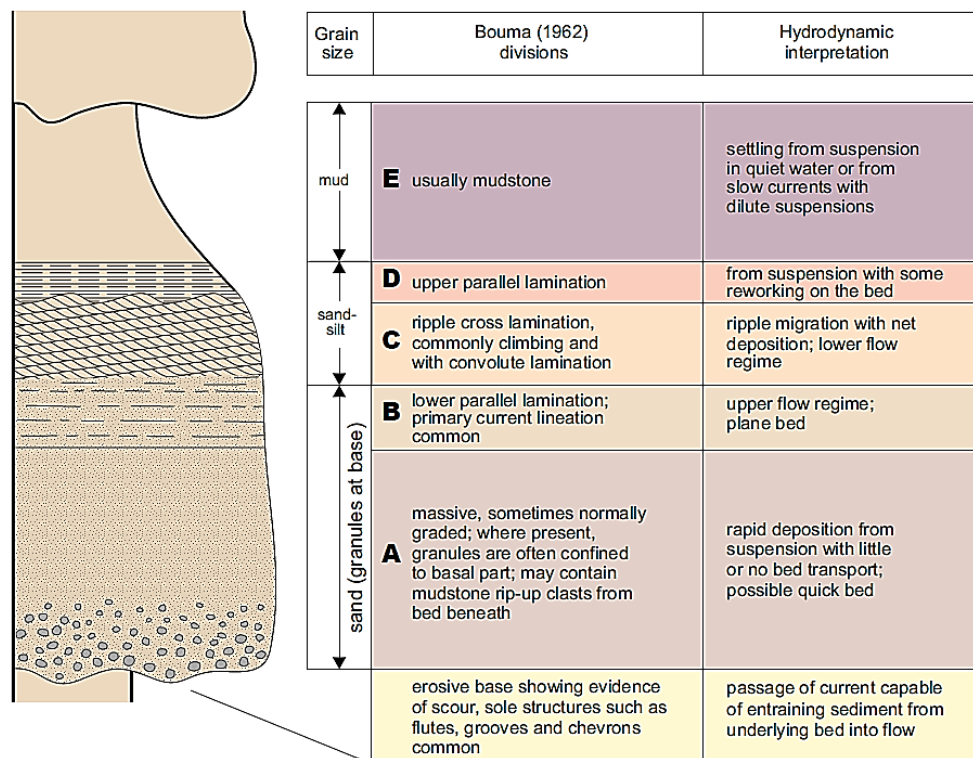


Fig. 26 : Séquence turbiditique de Bouma (1962)

Par ailleurs, la présence des calcaires bioclastiques (Sous-faciès FC2) peut être expliquée par l'arrivée sporadique de décharges carbonatées grossières issus de d'une plate-forme distale. Certains auteurs expliquent la signification paléoenvironnementale des stromatolithes d'eau profonde à des épisodes régressifs (Becker *et al.*, 1993), alors que d'autres les interprètent comme le résultat de conditions transgressives (Whittam *et al.*, 1994 ; Becker et House, 1997 ; George *et al.*, 1997).

B- Association de faciès de la coupe 2 (AO')

La partie inférieure de la seconde coupe est caractérisée par la prédominance du faciès argileux (FA), associé au faciès gréseux (FB) représenté par ses 3 sous-faciès : Grès à laminations horizontales (FB1), grès à rides et/ou litages de rides de courant (FB1) et grès massif (FB3). Le sous-faciès (FB2) est associé à des litages convolutes, des *flute-casts* et des glissements synsédimentaires (Fig. 25).

La partie supérieure de la coupe est dominée par les marnes (FA) associées à des calcaires micritiques (FC1) et quelques bancs gréseux (Fig. 25).

On peut dire que l'association de la coupe 2 est caractérisée par :

- des épaisseurs importantes des argiles et des marnes ;
- une granulométrie fine à moyenne des grès ;
- la présence des glissements synsédimentaires ;
- la présence d'olistolites calcaires.

Ces caractéristiques nous permettent d'avancer que la première moitié de la coupe AO' est liée à des dépôts turbiditiques matérialisés par des expressions tronquées de la séquence de Bouma (1962 - Fig. 26). Il s'agit des termes Tabe, Tae, Tbe et Tce. C'est derniers sont perturbés, par endroits, par la présence d'olistolites.

La seconde moitié, plus carbonatée est surtout liée à des perturbations tectono-sédimentaires matérialisées par la récurrence des olistolites.

Toutes ces données nous permettent de dire que les sédiments de la coupe AO' se sont mis en place dans la partie proximale d'un cône détritiques sous-marin (cône interne), voire même, au niveau du talus. Dans ce dernier cas, les dépôts détritiques représenteraient les turbidites de talus ; les carbonates, des sédiments hémipalagiques.

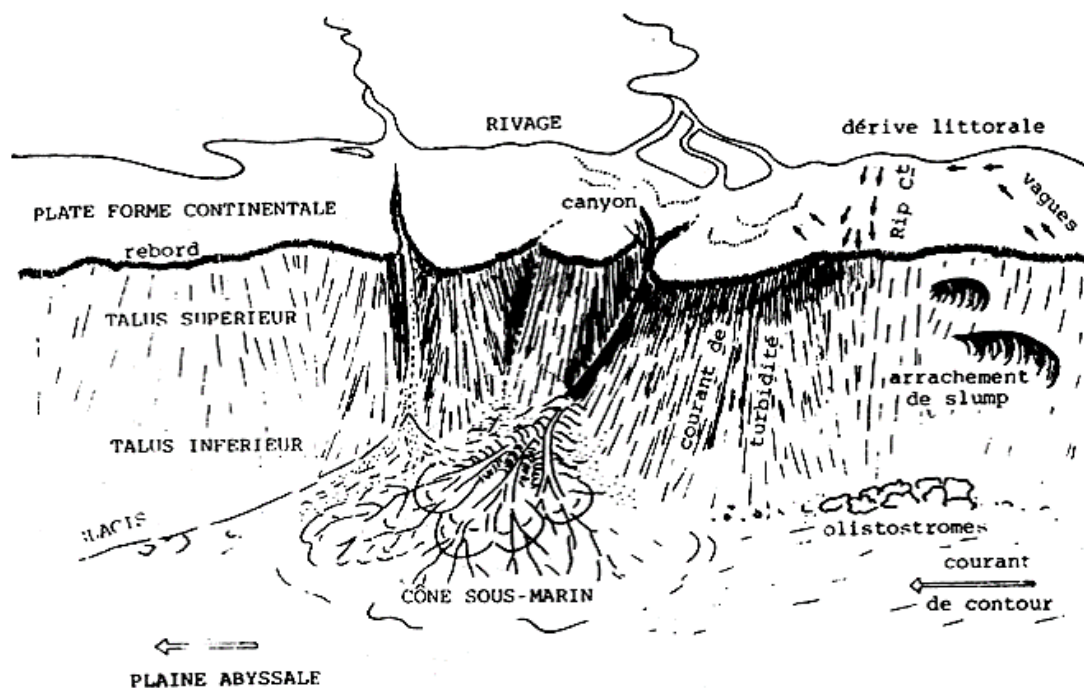


Fig. 27 : Caractéristiques morphologiques et principaux d'un éventail déritique profond (d'après Pomerol *et al.*, 2011).

CONCLUSION GENERALE

Au terme 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 dépôts du Bajocien supérieur dans cette partie de l'Atlas saharien occidental (Ain Ouarka).

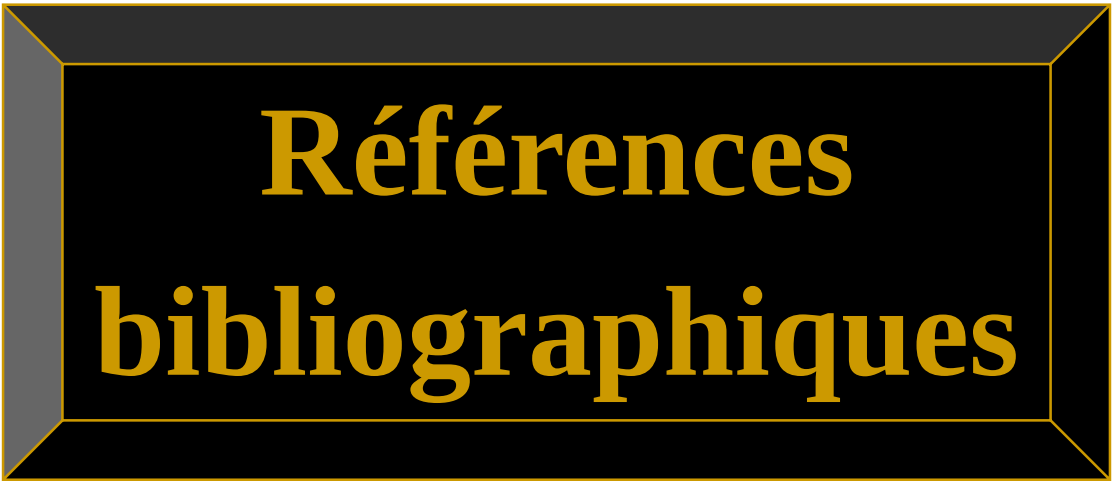
L'étude lithostratigraphique de deux affleurements de la Formation du Teniet el Klakh, étudiés pour la première fois au Nord de la plaine d'Aïn Rhezala, nous a permis de lever deux coupes :

- une coupe 1 ou AO formée d'une alternance d'argiles verdâtres, de bancs ou de passées et de grès fins à moyens, parfois lenticulaires, à litages horizontaux, rides et litages de rides de courant, litages convolutés, *flute-castes* etc.), et de rares niveaux de calcaire bioclastique dont un stromatolithique. L'ensemble s'organise en une barre décamétrique.
- coupe 2 ou AO' débutant d'abord par une alternance d'argiles ou d'argilites verdâtres, souvent à aspect schisteux et de bancs de grès fins à moyens, riches en figures sédimentaires (litages horizontaux, rides et litages obliques de rides de courant, *flute-castes* etc.), puis une autre marno-calcaire. Dans les deux parties de la coupe, on note la présence d'olistolites de nature carbonatée et micritique.

L'étude sédimentologique basée, notamment, sur la nature lithologique et la fréquence des figures sédimentaires hydrodynamiques nous a permis de définir 3 faciès principaux : Argiles/marnes (FA), grès (FB) et calcaire (FC). Les grès ont été subdivisés en 3 sous-faciès. Il s'agit de grès à laminations horizontales (FB1), Les calcaires en calcaires micritiques (FC1) et calcaires bioclastiques (FC2).

La coupe 1 est caractérisée par les faciès et sous-faciès suivants : Argiles (FA), grès à laminations horizontales (FB1), grès à rides et/ou à litages de rides de courants (FB2), de grès massif (FB3) et quelques niveaux de calcaire bioclastique (FC2). La coupe 2 est constituée par les mêmes faciès et sous-faciès, sauf que les marnes remplacent les argiles dans la partie supérieure des affleurements et les calcaires sont de nature micritique (FC1). Ces dépôts sont associés à des olistolites.

L'interprétation des faciès et sous-faciès nous a permis de proposer un environnement de dépôt de type cône détritique sous-marin médian pour les affleurements de la coupe AO et de cône proximal, voire un talus pour la coupe AO'.



Références bibliographiques

A

1. **Adjal S. (2008)** - L'étude sédimentologique et l'organisation spatio-temporelle de quelques affleurements de l'Atlas Saharien occidental au cours du Bajocien supérieur-Bathonien inférieur. Mém. Ingén., Univ. Oran, 107 p.
2. **Allen J.R.L. (1985)** - *Principles of Physical Sedimentology*. Allen & Unwin Ltd., London, 272 p.
3. **Alméras Y., Elmi S., Mekahli L., Ouali Mehadjji 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. *Miscellanea del Servizio Geologico Nazionale*, 5, pp. 219-241.
4. **Amrane M. (2011)** - Analyse stadiale de la « Dolomie du Chemarikh » (Aïn Ouarka, Monts des Ksour, Algérie). Mém. Magister, Univ. Oran, 107 p.

B

5. **Bassoullet J.-P. (1973)** - Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas Saharien occidental (Algérie). Thèse Sci. Nat., Univ. Paris VI, 497 p.
6. **Bechikh C.H. (2023)** - Lithostratigraphie et sédimentologie de la Formation de Teniet el Klakh (Bajocien supérieur) dans la partie nord-orientale du Djebel Chemarikh (Aïn Ouarka, Monts des Ksour, Algérie). Mém. Master, Univ. Oran, 67 p.
7. **Becker R.T., Feist R. & Kirchgasser W.T. (1993)** – Devonian goniatite biostratigraphy and timing of facies movements in the Frasnian of the Canning Basin. *Geological Society of London Special Publication*, 70, pp. 293-321.
8. **Becker R.T. & House M.R. (1997)** - Sea-level changes in the Upper Devonian of the Canning Basin, Western Australia. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 199, pp. 129-146.
9. **Benyoucef M., Krajewski M., Fernández-López S.R., Bouchemha I., Mekki F., Salamon M.A., Adaci M., Zaidi M.A. & Belloumou D. (2025)** - Strategic and sedimentological insights into the Bajocian (Middle Jurassic) Teniet El Klakh Formation, Western Saharan Atlas, Algeria. *Proceedings of the Geologists' Association*, 136(6), Article 101143.

<https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2025.101143>

10. **Blatt H., Middleton G. & Murray R. (1980)** – *Origin of Sedimentary Rocks*. 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 782 p.

C

11. **Chamley H. (2000)** - Base de sédimentologie. Dunod (édit), Paris, France, 178 p.
12. **Chamley H. & Deconinck J.-F. (2011)** - *Bases de sédimentologie*. 3e éd., Dunod, Paris, 214 p.
13. **Cojan I. & Renard M. (2013)** - *Sédimentologie*. 3e éd., Dunod, Paris, 488 p.
14. **Collinson J. & Mountney N. (2019)** - *Sedimentary Structures*. Dunedin Academic Press, Edinburgh, 340 p.

15. **Cornet A. (1952)** - L'Atlas Saharien sud-oranais. *XIXe Congr. Géol. Intern.*, Monographie régionale, 12, 51 p.

D

16. **Douihasni M. (1974)** - Étude structurale de la terminaison nord-orientale de l'anticlinal d'Aïn Ouarka (Atlas Saharien occidental). Mém. D.E.A., Univ. Oran, 113 p.
17. **Douihasni M. (1976)** - Étude géologique de la région d'Aïn Ouarka-Boussemghoun (partie centrale des Monts des Ksour). Analyse structurale. Tome I : Stratigraphie. Thèse 3e cycle, Univ. Oran, 115 p.
18. **Dunham R.J. (1962)** - Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham W.E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks*. Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem., 1, pp. 108-171.

E

19. **Elmi S., Alméras Y., Ameur M., Bassoulet J.P., Boutakiout M., Benhamou M., Marok A., Mekahli L., Makkaoui A. & Mouterde R. (1998)** - Stratigraphic and paleogeographic survey of the Lower and Middle Jurassic along a north-south transect in western Algeria. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 179, pp. 145-211.
20. **Embry A.F. & Klovan J.E. (1971)** - A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T. *Bull. Canadian Petrol. Geol.*, 19, pp. 730-781.

F

21. **Farías M.E., Rascovan N., Toneatti D.M., Albarracín V.H., Flores M.R., Poiré D.G., Collavino M.M., Aguilar O.M., Vazquez M.P. & Polerecky L. (2013)** - The discovery of stromatolites developing at 3570 m above sea level in a high-altitude volcanic lake Socompa, Argentinean Andes. *PLOS ONE*, 8(1), e53497. . <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053497>
22. **Flamand G.B.M. (1911)** - Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et Territoires du Sud). Thèse Sci., Lyon, 1001 p.

G

23. **Galmier D. (1951)** - Sur l'existence d'un accident tectonique nord atlasique dans la région de Forthassa. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 232, pp. 999-1001.
24. **George A.D., Playford P.E., Powell C.McA. & Tornatora P.M. (1997)** - Lithofacies and sequence development on an Upper Devonian mixed carbonate-siliciclastic fore-reef slope, Canning Basin, Western Australia. *Sedimentology*, 44, pp. 843-867.

H

25. **Hannache F. & Kouri S. (2001)** - Sédimentation de cône détritique sous-marin et de plate-forme à barres multiples au cours du Bajocien supérieur-Bathonien inférieur (Formations de Téniet el Klakh et de Tifkirt) dans la région d'Aïn Ouarka (Atlas Saharien occidental, Algérie). Mém. Ingén. État, Univ. Oran, 79 p.
26. **Harms J.C. & Fahnestock R.K. (1965)** - Stratification, bed forms and flow phenomena. In Middleton G.V. (Ed.), *Primary Sedimentary Structures and Their Hydrodynamic Interpretation*. SEPM Spec. Publ., 12, pp. 84-115.

27. **Himmler T., Smrzka D., Zwicker J., Kasten S., Shapiro R.S., Bohrmann G. & Peckmann J. (2018)** - Stromatolites below the photic zone in the northern Arabian Sea formed by calcifying chemotrophic microbial mats. *Geology*, 46(4), pp. 355-358.

K

28. **Kacemi A. (2013)** - Évolution lithostructurale des Monts des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) au cours du Trias et du Jurassique : géodynamique, typologie du bassin et télédétection. Thèse Doc. Sci., Univ. Tlemcen, 229 p.
29. **Kazi Tani N. (1986)** - Évolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse Doct. Sci., Univ. Pau et Pays de l'Adour, 871 p.

L

30. **Laffite (1939)** - Étude géologique de l'Aurès. Thèse, Paris et *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e sér., 15, 484 p.
31. **Lamarck J.B. (1816)** - *Tableau encyclopédique et méthodique des trois règnes de la nature : Mollusques et polypes divers*. Partie 23, Livraison 84, Tome 3, pp. 1-16, pl. 391-488, Veuve Agasse.
32. **Lasnier (1965)** - Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du Jurassique des Hautes Plaines algériennes (Aïn Sefra, Méchéria, Nador, Hodna). Thèse 3e cycle, Paris, 171 p.
33. **Lowe D.R. (1982)** - Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52, pp. 279-297.

M

34. **Meddah A. (2010)** - La province magmatique de l'Atlantique central (CAMP) dans le bassin des Ksour (Atlas Saharien occidental, Algérie). Thèse Doc. Sci., Univ. Oran, 143 p.
35. **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.
36. **Miall A.D. (1996)** - *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer, 582 p.
37. **Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1972)** - Turbidites of the Northern Apennines: Introduction to facies analysis. *International Geology Review*, 20, pp. 125-166.

O

38. **Ouali Mehadji A. (1995)** - Les brachiopodes du Bajocien supérieur-Bathonien inférieur des Monts des Ksour (Atlas Saharien occidental, Algérie) : paléontologie, biostratigraphie et paléoécologie. Mém. Magister, Univ. Oran.
39. **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 occidental). Mém. Ingén. État, Univ. Oran, 87 p.

P

40. **Paciullo F.V.P., Ribeiro A., Trouw R.A.J. & Passchier C.W. (2007)** - Facies and facies association of the siliciclastic Brak River and carbonate Gemsbok formations in the Lower Ugab River Valley, Namibia. *Journal of African Earth Sciences*, 47, pp. 121-134.
41. **Pomerol, C., Lagabrielle, Y., Renard, M., & Guillot, S. (2011).** *Éléments de géologie*. Dunod (édi).

42. **Postma G., Nemeë W. & Kleinspehn K.L. (1988)** - Large floating clasts in turbidites: a mechanism for their emplacement. *Sedimentary Geology*, 58, pp. 47-61.

R

43. **Reineck H.E. & Singh I.B. (1980)** - *Depositional Sedimentary Environments*. 2nd ed., Springer Verlag, Berlin, 549 p.

S

44. **Shanmugam G. (1999)** - 50 years of the turbidite paradigm (1950s-1990s): deep-water processes and facies models. A critical perspective. *Marine and Petroleum Geology*, 17, pp. 285-342.
45. **Shanmugam G. & Moiola R.J. (1994)** – An unconventional model for the deep-water sandstones of the Jackfork Group (Pennsylvanian), Ouachita Mountains, Arkansas and Oklahoma. In Weimer P., Bouma A.H. & Perkins B.F. (Eds.), *Submarine Fans and Turbidite Systems*. pp. 311-326.

T

46. **Tucker M.E. & Wright V.P. (1990)** - *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 482 p. <https://doi.org/10.1130/G39890.1>

W

47. **Whittam D.B., Kennard J.M., Kirk R.B., Sarg J.P. & Southgate P.N. (1994)** - A proposed third-order sequence framework for the Upper Devonian outcrops of the northern Canning Basin. In Purcell P.G. & Purcell R.R. (Eds.), *The Sedimentary Basins of Western Australia*, pp. 697-702.

LISTE DES FIGURES

	Page
Fig. 1 : Carte géographique de localisation des Monts des Ksour.....	3
Fig. 2 : Carte de localisation des principaux affleurements, établie à partir d'une mosaïque de quatre images satellitaires.....	4
Fig. 3 : Situation du secteur d'étude.....	5
Fig. 4 : Les principaux accidents tectoniques des Monts des Ksour.	6
Fig. 5 : Carte géologique du secteur de Ain Ouarka.	8
Fig. 6 : Vue panoramique des affleurements de la formation du Teniet el Klakh de la première coupe 1 (AO).	15
Fig. 7 : Colonne lithologique des affleurements de la formation du Teniet el Klakh dans la coupe 1 (AO).	16
Fig. 8 : Photo panoramique des affleurements de la deuxième coupe 2 (AO').	18
Fig. 9 : Colonne lithologique des affleurements de la formation du Teniet el Klakh dans la coupe 2 (AO').	19
Fig. 10 : Panorama montrant la présence d'un olistolite (cercle blanc), latéralement aux affleurements étudiés de la base de la coupe 2 (AO').	20
Fig. 11 : Affleurements montrant des argiles verdâtres indurées (a) incluant latéralement un olistolite carbonaté micritique (b).	21
Fig. 12 : Echantillon AO1..	21
Fig. 13 : Echantillon AO2.....	22
Fig. 14 : Echantillon AO3.....	23
Fig. 15 : Echantillon AO4.	23
Fig. 16 : Echantillon AO5 ;	24
Fig. 17 : Echantillons AO6, AO7.	25
Fig. 18 : Echantillons AO'1, AO'2 et AO'3.	26
Fig. 19 : Echantillons AO'4.	27
Fig. 20 : Echantillon AO'5,.....	27
Fig. 21 : Echantillon AO'6.	28
Fig. 22 : Succession des zones d'ammonites du Jurassique moyen dans le Domaine sud-téthysien (domaine atlasique)	29
Fig. 23 : Principales formes sédimentaires en fonction du régime d'écoulement d'un courant unidirectionnel.	32
Fig. 24 : Tableau récapitulatif des faciès et sous-faciès et leurs caractéristiques dans la coupe (AO).	37
Fig. 25 : Tableau récapitulatif des faciès et sous-faciès et leurs caractéristiques dans la coup (AO').	37
Fig. 26 : Séquence turbiditique de Bouma (1962)	38
Fig. 27 : Caractéristiques morphologiques et principaux d'un éventail détritique profond	39

TABLE DE MATIERE

Dédicaces	
Avant-propos	
Résumé.....	1

Page

Chapitre 1

Introduction.....	3
I- CADRE GEOGRAPHIQUE.....	3
A- Situation géographique l'Atlas saharien.....	3
B- Situation géographique du secteur d'étude.....	5
II- CADRE GEOLOGIQUE & STRUCTURAL.....	5
A- Cadre géologique et structural des Monts des Ksour.....	5
B- Cadre géologique du secteur d'Aïn Ouarka.....	7
III- HISTORIQUE SUR LA FORMATION DU TENIET EL KLAKH.....	10
IV- BUT & METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	12
A- But de travail.....	12
B- Méthodologie de travail.....	12
1- Sur le terrain.....	13
2- Au laboratoire.....	13

Chapitre 2

Introduction.....	15
I- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES AFFLEUREMENTS.....	15
A- Description de la coupe 1.....	15
B- Description de la coupe 2.....	16
II- DESCRIPTION DES LAMES MINCES.....	21
A- Description des lames minces de la coupe 1.....	21
B- Description des lames minces de la coupe 2.....	25
III- ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE.....	28

Chapitre 3

Introduction.....	31
I- DESCRIPTION & INTERPRETATIONS DES FACIES.....	31
A- Faciès argileux/marneux (FA)	31
1- Description	31
2- Interprétation.....	31
B- Faciès gréseux (FB)	32
1- Sous-faciès de grès à laminations horizontales (FB1)	32
1.1- Description	32
1.2- Interprétation.....	32
2- Sous-faciès de grès à rides et/ou à litages de rides de courants (FB2)	33
2.1- Description.....	33
2.2- Interprétation.....	34
3- Sous-faciès de grès massif (FB3)	34
3.1- Description	34
3.2- Interprétation.....	35
1- Sous-faciès des calcaires micritiques (FC1)	35
1.1- Description.....	35
1.2- Interprétation.....	35
2- Sous-faciès des calcaires bioclastiques (FC2)	35
2.1- Description.....	35
2.2- Interprétation	35

II- ASSOCIATIONS DE FACIES & MILIEUX DE DEPOT.....	36
A-Association de faciès de la coupe 1 (AO)	36
B-Association de faciès de la coupe 2 (AO')	38
CONCLUSION GENERALE.....	39
Références bibliographiques.....	41
Liste des figures.....	46
Table de matières.....	47
Planches photographiques.....	49

**Planches
photographiques**

PLANCHE 1 **Coupe 1 (AO)**

<p>1</p> <p>Alternance d'argiles (Faciès FA) et de niveaux gréseux (Faciès B).</p>	<p>2</p> <p>Niveau de grès à laminations horizontales (Sous-faciès FB1)</p>	<p>3</p> <p>Niveau de grès à rides de courant à la surface (Sous-faciès FB2)</p>
<p>4</p> <p>Banc gréseux à laminations convolutées (Sous-faciès FB2)</p>	<p>5</p> <p>Combe d'argiles (Faciès FA) admettant des passées de grès (Faciès FB)</p>	
<p>6</p> <p>Un banc lenticulaire de calcaire stromatolithique (Sous- Faciès FC2)</p>	<p>7</p> <p>Un banc lenticulaire de calcaire bioclastique (Sous- Faciès FC2)</p>	<p>8</p> <p>Base de la grande barre à dominance gréseuse, équivalent latéral oriental de la barre inférieure de la Formation du Teniet El Klakh</p>

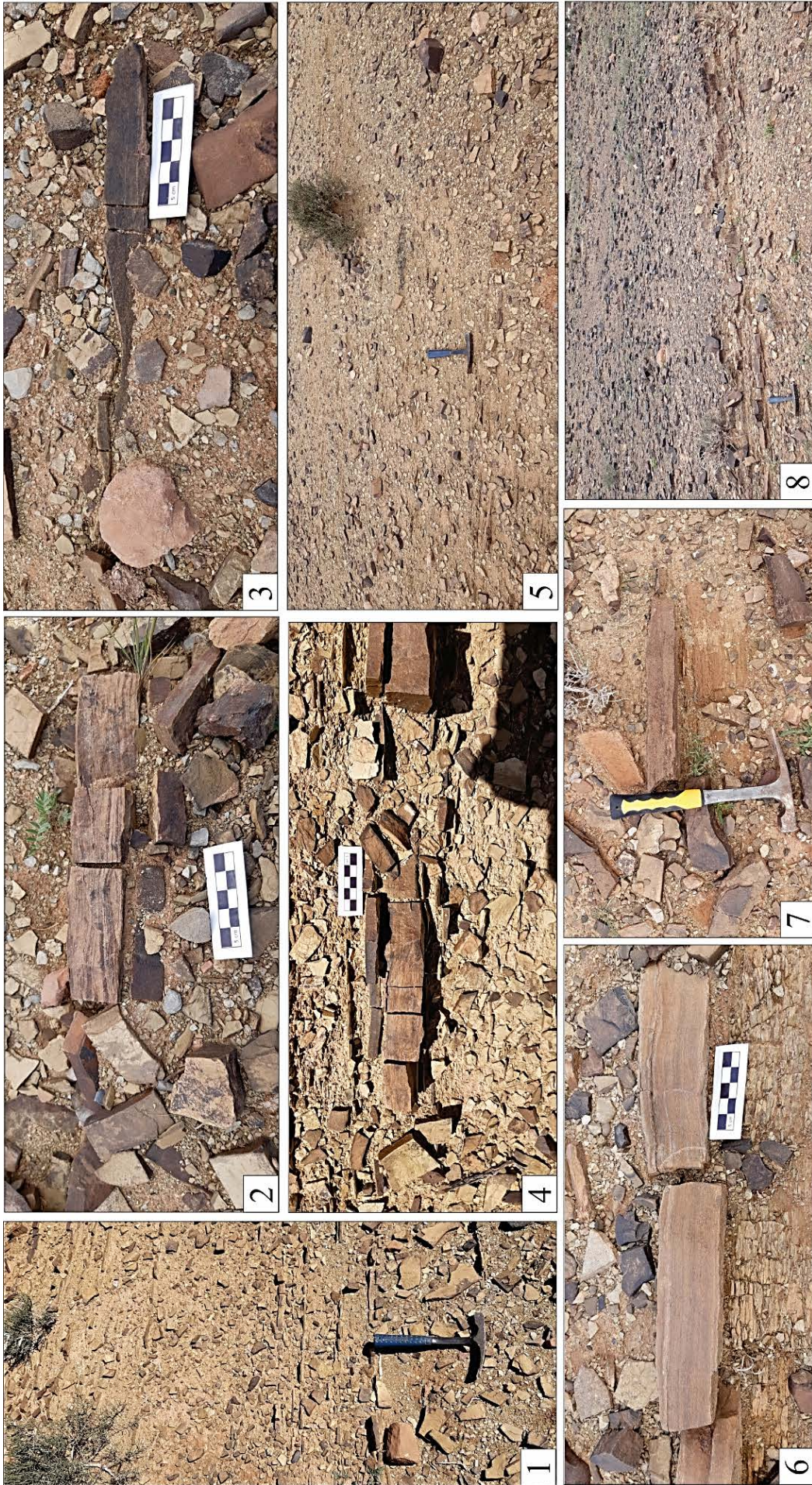


PLANCHE 2

Coupe 1 (AO)

<p>Banc de grès montre des laminations convolutées (Sous-faciès FB2)</p>	<p>Grès à laminations horizontales (Sous-faciès FB1) et à litages et rides de courant (Sous-faciès FB2)</p>	<p>Grès à traces fossiles en hyporelief (Faciès B)</p>
<p>Grès à des litages horizontaux (Sous-faciès FB1) et litages de rides de courant (Sous-faciès FB2)</p>	<p>Grès (Faciès B) à ichnofossiles à la base du banc</p>	
<p>Banc de calcaire bioclastique (Sous-faciès FC2) à galets gréseux noirâtres et à litages et rides de courant</p>	<p>Argiles (Faciès A) à plaquettes de grès où le dernier présente des litages subhorizontaux (Sous-faciès FB2)</p>	

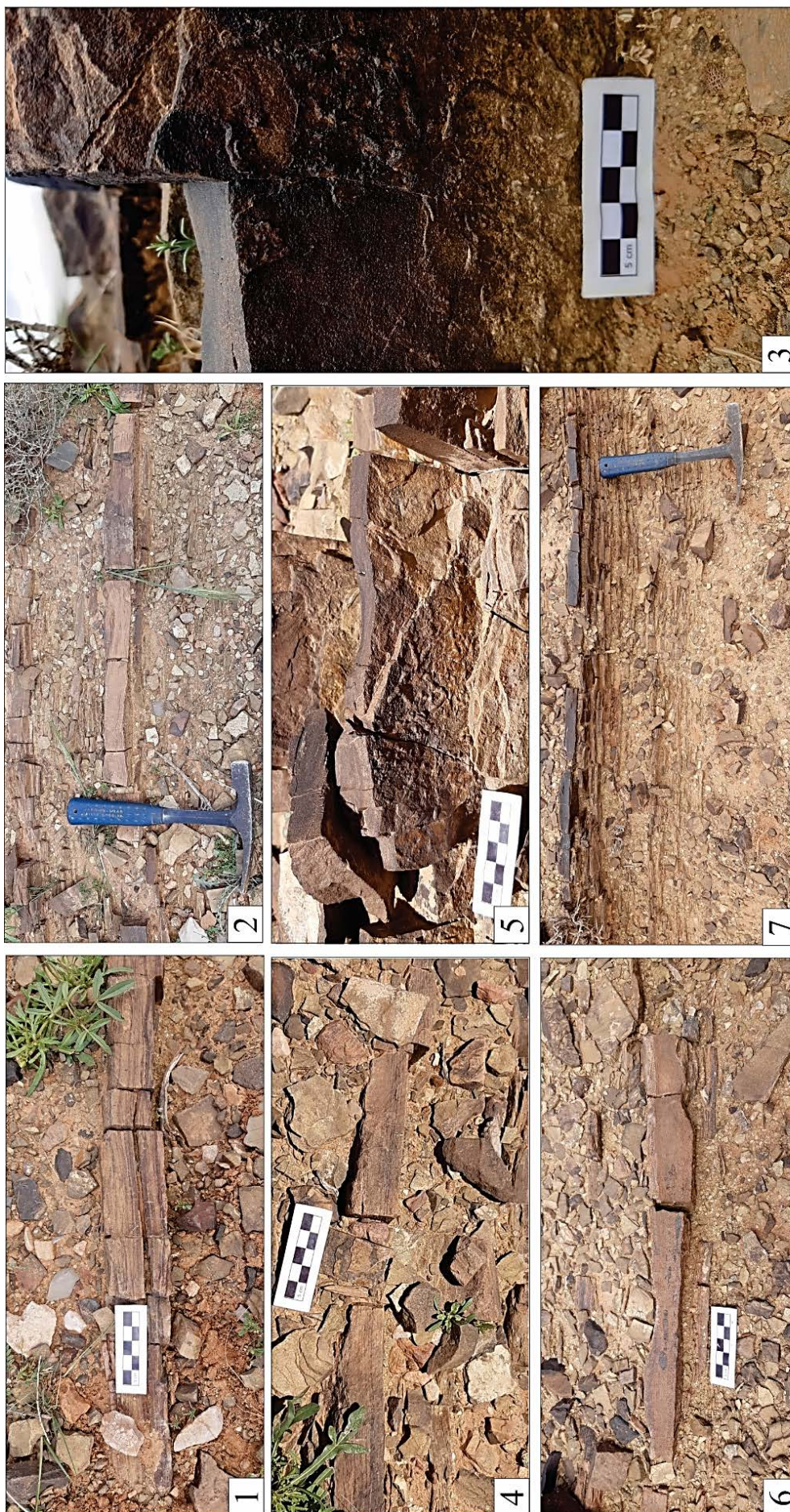


PLANCHE 3
Coupe 1 (AO)

1	Grès massif noirâtre (SousFaciès FB3).	2	Grès en plaquettes affectés par des glissements synsédimentaires (Faciès B).
3	Lentille de grès massif (Sous-faciès FB3) à amalgamation	4	Grès à <i>flute-casts</i> (Faciès B).
5	Trois bancs de grès massif (Sous-faciès FB3)	6	Deux niveaux minces de calcaire bioclastiques (Sous-faciès FC2) séparés par des argiles (Faci-s Aà.

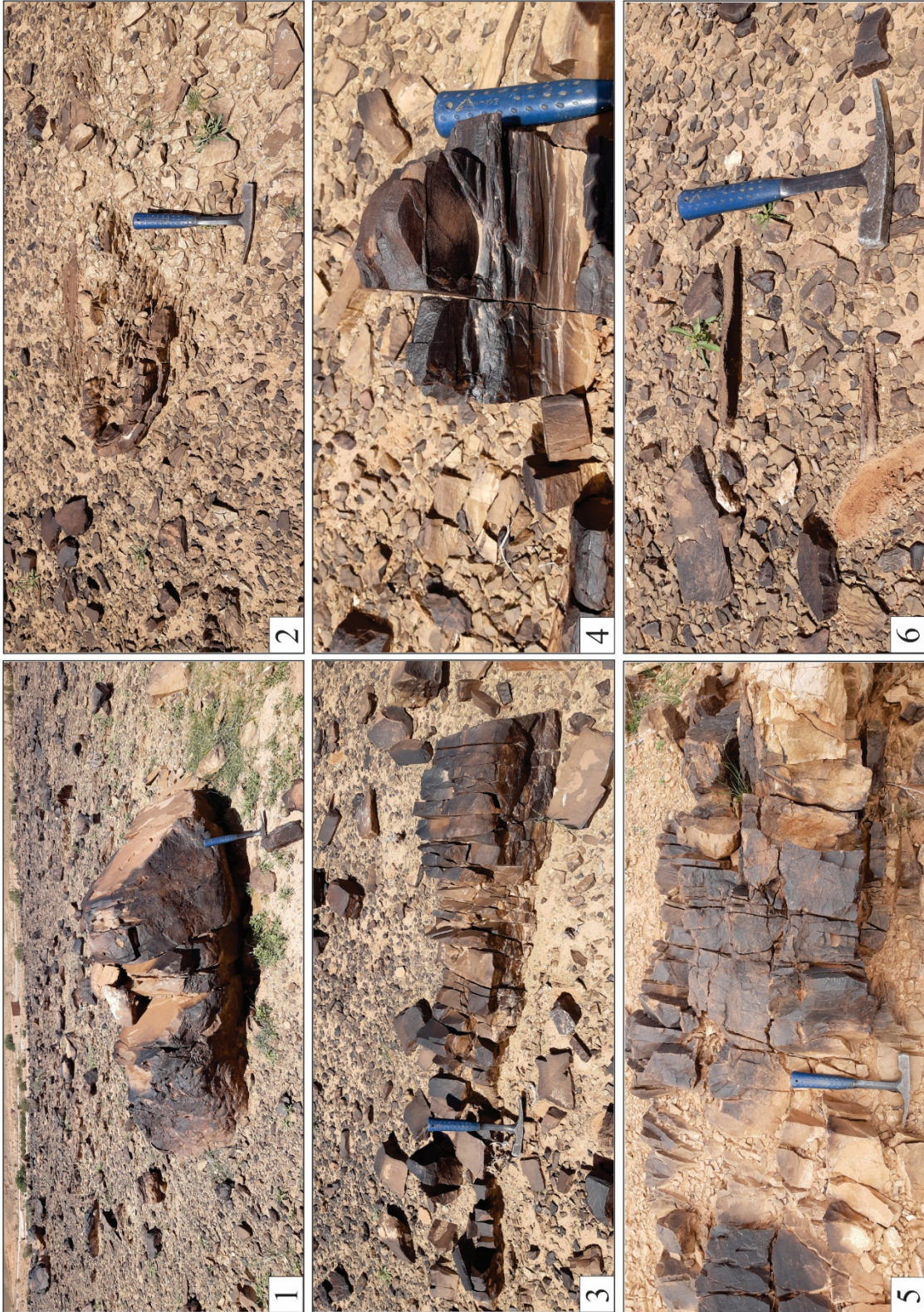


PLANCHE 4
Coupe 2 (AO')

<p>Argilites verdâtres schisteuses (Faciès FA) de la base de la coupe AO' montrant par endroit des lentilles de grès (Faciès B)</p> <p>1</p>	<p>Lentille gréseuse débitée en plaquettes (Sous-faciès FB1).</p> <p>2</p>	<p>Banc de grès en plaquettes à la base et induré au sommet montrant des laminations horizontales (Sous-faciès FB1)</p> <p>3</p>
<p>Banc gréseux à base érosive et à laminations convolutées (Sous-faciès FB2) et rides de courant Fig.6.</p> <p>4</p>	<p>Détail des des laminations convolutées du banc de grès de la fig. 4</p> <p>5</p>	<p>Banc gréseux à rides de courant (Sous-faciès FB2).</p> <p>6</p>
		<p>Lentille gréseuse à laminations horizontales (Sous-faciès FB1) et rides de courant (Sous-faciès FB2)</p> <p>7</p>

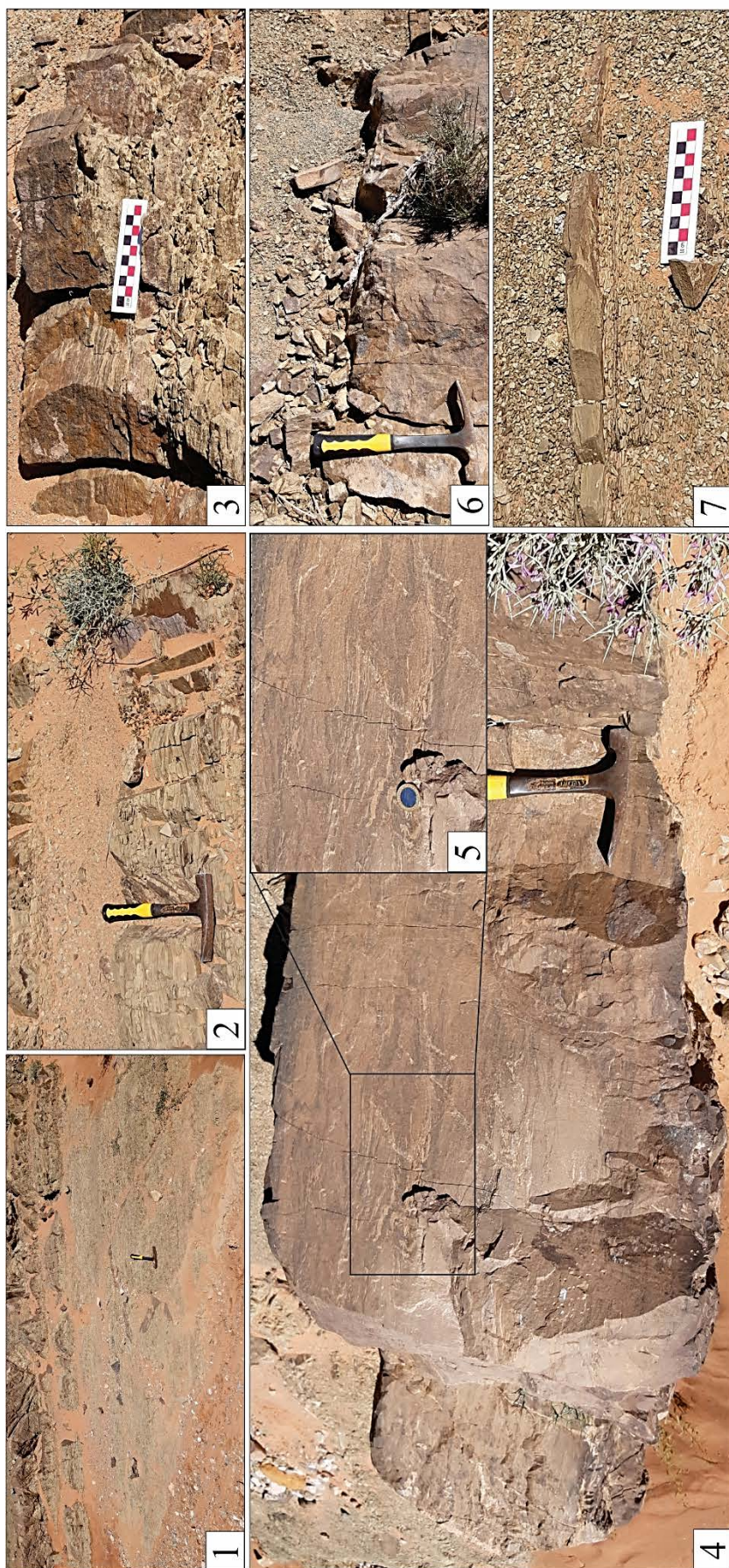


PLANCHE 5
Coupe 2 (AO’)

<div>Lentille gréseuse de 3 bancs gréseux affectés par des glissements synsédimentaires (Sous-faciès FB3).</div> <div>1</div>	<div>Banc gréseux montrant des <i>flute-cast</i> à la base (Sous-faciès FB3)</div> <div>2</div>
<div>Banc de grès lenticulaire à laminations discrètes (Sous-faciès FB3).</div> <div>3</div>	<div>Banc de grès noirâtre à laminations discrètes (Sous-faciès FB3).</div> <div>4</div>
<div>Succession de 2 bancs de grès à rides de courant lingoïdes (Sous-faciès FB2)</div> <div>5</div>	
<div>Traces fossiles en épirelief à la surface du banc de grès sommital de la fig. 5</div> <div>6</div>	
<div>Banc de grès massif (Sous-faciès FB3) à rides de courant</div> <div>7</div>	

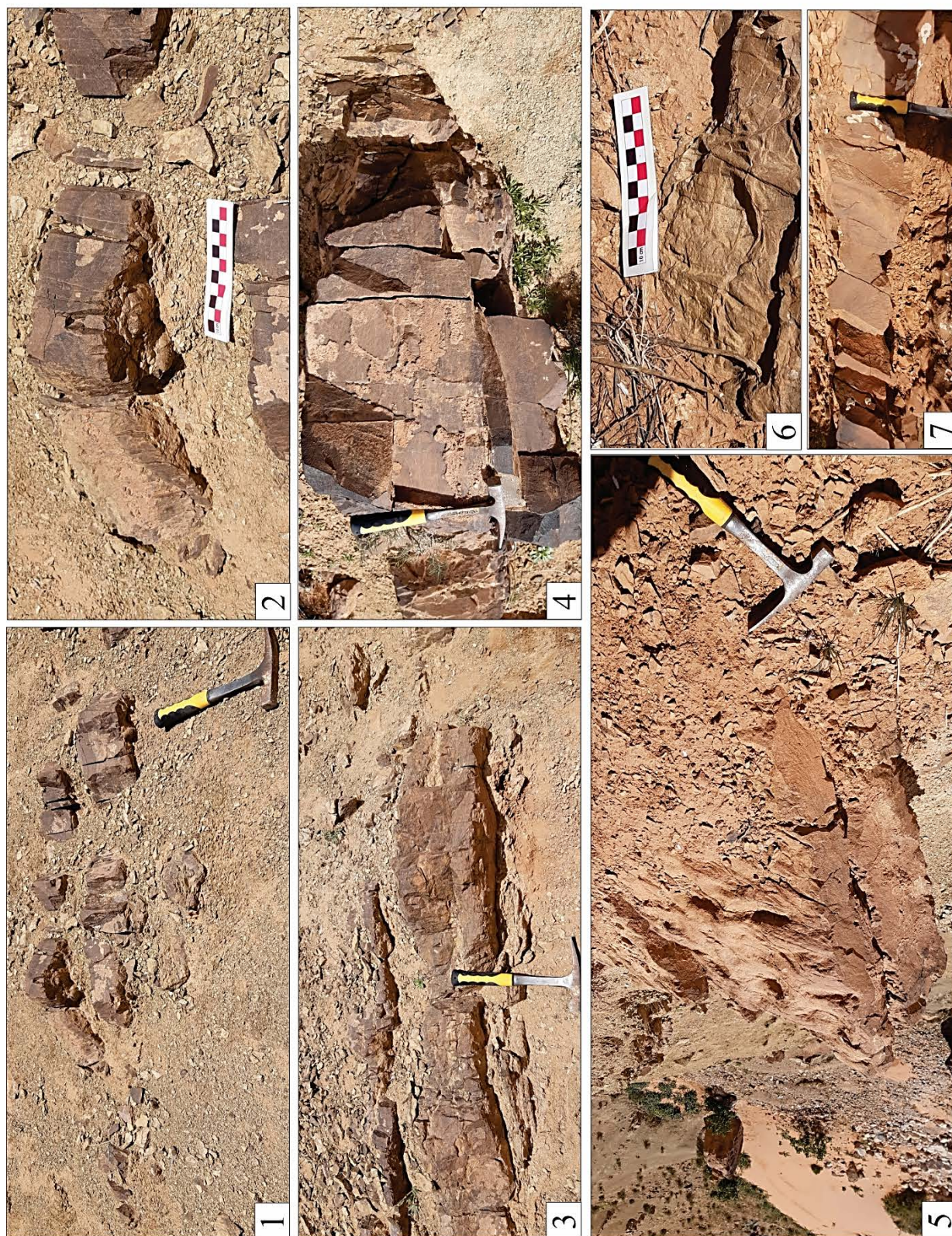


PLANCHE 6
Coupe 2 (AO')

<p>Des marnes verdâtres schisteuses indurées (Faciès FA) (a) et une masse carbonatée micritique (Sous- Faciès FC1) mal stratifiée s'effritant en boules correspondant à un olistolite (b).</p>	<p>Marnes verdâtres indurées admettant 2 bancs de calcaire micritique carbonatées (Sous- Faciès FC1).</p>
<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>Banc carbonaté micritique (Sous- Faciès FC1), feuilleté, renfermant un fragment d'un rostre de bélemnite d'environ 3 cm de diamètre.</p>
<p>4</p>	<p>Argilites indurées surmontées par un banc de calcaire micritique (Sous- Faciès FC1) de 30 cm et à un banc de grès au sommet (Faciès FB).</p>

