

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD – TLEMCEM

N° d'ordre : / DSTU/2021



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

LABORATOIRE DE RECHERCHES N°25 : PROMOTION DES  
RESSOURCES HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET MINIÈRES :  
LEGISLATION ET CHOIX TECHNOLOGIQUES

**Mémoire de fin d'études**  
**Présenté pour l'obtention du diplôme**  
**de Master Académique**

**Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers**

**Filière : Géologie**

**Option : Géologie des bassins sédimentaires**

Lithostratigraphie et paléontologie des affleurements d'âge Cénomanién-  
Turonien de la Hamada Orientale du Tinrhert (Sud-Est algérien).

Par

**BOUHOUN Salah et BELHADJ KACEM Abderrahmane**

Soutenu le 08/07/2021 devant le jury composé de :

M. KACEMI Ali	M.C.B	Univ. Tlemcen	Président
M. ADACI Mohammed	M.C.A.	Univ. Tlemcen	Encadreur
Mme ZAOUI Djamila	M.C.B	Univ. Tlemcen	Co-Encadreur
M. BENADLA Mustapha	M.C.B	Univ. Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2020/2021

## **DEDICACE**

Louange à Allah, seigneur de l'univers le tout puissant et miséricordieux, qui m'a inspiré et comblé de bienfait, je lui rends grâce.

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce modeste travail :

A mes parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments.

Pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs sacrifices.

Je mets entre vos mains, le fruit de longues années d'études, de longs mois de distance de votre amour de votre tendresse, de long jours d'apprentissage.

Chaque ligne de ce mémoire, chaque mot et chaque lettre vous exprime la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mes parents.

A mes chers frères et à mes chères sœurs à qui je leur souhaite toute la réussite dans leur vie et à toute ma famille.

A tous mes amis proches, d'étude et dans les cités universitaires

A toute personne pour leur soutien et leur encouragement inconditionnel qui a été un grand plaisir pour moi.

A mon binôme **ABDERRAHMANE**

A toutes mes collègues de la promotion Master II Géologie des bassins sédimentaires 2020-2021.

**SALAH BOUHOUN.**

## **DEDICACE**

C'est avec une grande joie que je dédie ce modeste mémoire, en exprimant ma profonde reconnaissance à tous mes proches particulièrement :

A ma chère Mère Fátima

A mon chère Père Amine

A mon frère et mes sœurs et leurs enfants

A toute ma famille

A Mon binôme Bouhoun Salah

A tous mes amis et collègues de l'université

**ABDERRAHMANE**

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord Nous tenons à remercier avant tout Allah le tout puissant pour ses bienfaits, qui nous a donné la volonté, le courage, la patience d'accomplir ce modeste travail. Puis le grand mérite revient à tous les professeurs qui nous ont enseignés durant notre parcours académique et toute l'équipe pédagogique du département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen. Nous les remercions du fond du cœur de nous avoir transmis leur savoir-faire et leurs connaissances

En guise de reconnaissance, Nous tenons à remercier, très sincèrement, notre encadreur Monsieur **ADACI Mohammed** Maître de Conférences « A » à l'Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, pour son encadrement, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse, sa patience et son ouverture d'esprit ainsi pour le temps qu'il a consacré à la réalisation de ce travail.

Nous exprimons nos respectueux remerciement à notre co-encadreur Mme **ZAOUI Djamila** Maitre de Conférence « B » à l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, et membre du Laboratoire de Recherche N°25, pour son soutien, son intérêt, et pour les nombreux conseils avisés qu'elle nous a donné durant la réalisation de ce travail.

Nous témoignons notre profonde gratitude à Monsieur **KACEMI Ali**, Maître de Conférence « B » à l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, d'avoir accepté de présider ce jury.

Nous tenons à remercier aussi Monsieur **BENADLA Mustapha**, Maître de Conférence « B » à l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont également à Monsieur **BENSALAH Mustapha** Directeur du Laboratoire de Recherche N°25 de nous avoir autorisé à utiliser les moyens disponibles de ce laboratoire nécessaires à la réalisation de notre travail.

Nos remerciements vont également à Monsieur **HAMMOUDA Sid Ahmed**, ingénieur principal au Laboratoire de Recherche N°25, pour ses conseils constructifs et d'avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires pour faciliter notre travail.

## Résumé

L'étude des affleurements géologiques situés dans le Tinrhert oriental est basée sur l'analyse lithologique, paléontologique et stratigraphique de deux localités fossilifères, l'une située dans les Krèbes d'In Akhamil, l'autre dans la localité d'Ohanet.

A In Akhamil, nous avons décrit la formation d'In Akhamil. Cette dernière est constituée de trois membres distincts: un membre argilo-gréseux, un membre argilo-gréso-calcaire et un membre gréso-calcaire. Elle a livré une association fossilifère formée essentiellement de restes de vertébrés désarticulés représentés par : des Sauropsidiens théropodes, de poissons Chondrichthyens, de Sarcopterygiens, d'Actinopterygiens., Pycnodontes et Amiiiformes indet., des restes d'os indéterminables avec des fragments de bois fossiles et de graines indéterminées à ce jour. Cette faune réattribue les affleurements d'In Akhamil à un âge Cénomaniens inférieur et confèrent leur base à un milieu fluvial qui évolue vers leur partie supérieur à un milieu littoral.

A Ohanet, l'étude des affleurements argilo-marno-calcaires nous ont permis de distinguer quatre formations lithostratigraphiques : (1) La Formation des Argiles à gypse datée du Cénomaniens moyen sans arguments paléontologiques ; (2) La Formations des Calcaires inférieurs qui livré trois associations d'ammonites couvrant le Cénomaniens supérieur et correspondant aux biozones : *Calycoceras guerangeri*, *Metoicoceras geslinianum* et *Neocardioceras juddii* ; (3) La Formation des Marnes médianes qui est caractérisé par une seul association d'ammonites qui date le Turonien inférieur et qui correspond à la zone à *Watinoceras coloradoense* ; (4) La Formation des Calcaires supérieurs n'a pas livrés de fossiles index et qui pourrait être attribuée vraisemblablement au Turonien supérieur ?. La limite Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur semble se situer entre la disparition de l'espèce *Vascoceras cauvini* et l'apparition de *Pseudotissotia nigeriensis*.

**Mots-clés:** In Akhamil, Ohanet, Continental Intercalaire, Cénomaniens, Turonien, vertébrés, ammonites, lithostratigraphie.

## Abstract

The study of the geological outcrops located in the eastern Tinrhert is based on the lithological, paleontological and stratigraphic analyses of two fossiliferous localities, one located in the Krib of In Akhamil, the other in the locality of Ohanet.

In In Akhamil, we described the formation of In Akhamil. The latter is made up of three distinct members: a clay-sandstone member, a clay-sandstone-limestone member and a sandstone-limestone member. It delivered a fossiliferous association formed essentially by disarticulated vertebrates remains represented by: theropod Sauropsidians, Chondrichthyan fishes, Sarcopterygians, Actinopterygians., Pycnodonts and Amiiformes indet ..., indeterminate bones remains with fragments of wood fossils and indeterminate seeds. This fauna reassigns the outcrops of In Akhamil to a lower Cenomanian age and their base to a fluvial environment which evolves towards their upper part to a coastal environment.

In Ohanet, the study of clay-marl-limestone outcrops enabled us to distinguish four lithostratigraphic formations: (1) The Gypsum Clay Formation dated from the Middle Cenomanian without palaeontological arguments; (2) The Lower Limestone Formations which delivered three associations of ammonites covering the Upper Cenomanian and corresponding to the biozones: *Calycoceras guerangeri*, *Metoicoceras geslinianum* and *Neocardioceras juddii*; (3) The Median Marl Formation which is characterized by a single association of ammonites dating from the Lower Turonian and which corresponds to the *Watinoceras coloradoense* zone; (4) The Upper Limestone Formation did not deliver any index fossils and which could be attributed in presumably to the Upper Turonian ?. The Upper Cenomanian-Lower Turonian boundary seems to lie between the disappearance of the species *Vascoceras cauvini* and the appearance of *Pseudotissotia nigeriensis*.

**Keywords:** In Akhamil, Ohanet, Continental Intercalaire, Cenomanian, Turonian, vertebrates, ammonites, lithostratigraphy.

## ملخص

تعتمد دراسة النتوءات الجيولوجية الواقعة في شرق تينهرت على الفحص الصخري والحفري والطبقي لموقعين أحفوريين، أحدهما يقع في كرب عين أخميل، والآخر في أوهانات.

في عين أخميل درسنا تشكل عين أخميل. يتكون هذا الأخير من ثلاثة أجزاء مميزة: جزء من الحجر الرملي الطيني، و جزء الحجر الرملي والطيني والحجر الجيري، و جزء الحجر الرملي والحجر الجيري. هذه التشكلات أعطت مجموعة أحفورية مكونة أساساً من بقايا فقاريات مفككة متمثلة من: ثيروبود سوروسيديا (ديناصورات)، وأسماك كوندريتشيان، وساركوبتريجيان، وأكتينوبتريجيان، وبيكنودونت وأميفورم غير مصنفة...، بقايا عظام غير مصنفة مع بقايا من أحافير خشبية وبذور غير مصنفة حتى الآن. هذه الحفريات تورخ تشكلات عين أخميل إلى العصر السينوماني الأدنى وتعطي قاعدتها لبيئة نهريّة التي تتطور باتجاه الجزء العلوي منها إلى بيئة ساحلية.

في أوهانات، مكنتنا دراسة النتوءات الطينية والحجر الجيري من التمييز بين أربعة تكوينات صخرية: (1) تشكيل الجبس الطيني المؤرخ من العصر السينوماني الأوسط دون الأدلة الحفرية. (2) تكوينات الحجر الجيري السفلي التي كشفت عن ثلاث مجموعات من الأمونيت تغطي السينومانيا العلوي وتنسب إلى المناطق الحيوية: كالكوسيراس قيرانجيري ومينواكوسيراس جيسلينيانيم ونيوكاردوسيراس جيدي؛ (3) تشكلات مارن المتوسط الذي يتميز بمجموعة واحدة من الأمونيت الذي يرجع تاريخه إلى حقبة التورونيا السفلى والذي يتوافق مع منطقة واتينوسيراس كولورادوينس؛ (4) لم ينتج عن تشكلات الحجر الجيري العلوي أي أحافير مؤشرة والتي تسمح بتاريخه بصفة دقيقة، ولكن يمكن نسبه إلى إلی تورونيان العليا؛ يبدو أن حدود سينومانيا العليا تيرونيا السفلى تقع بين اختفاء فاسكوسيراس كوفيني وظهور بسودوتيسوتيا نيجيرسيس.

**الكلمات المفتاحية:** عين أخميل، أوهانات، القاري، السينوماني، تيرونيا، الفقاريات، الأمونيت، تكوينات.

## Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciements .....	III
Résumé .....	IV
Abstract.....	V
ملخص.....	VI
Table des matières .....	VII

### Chapitre 1 : Hamada Orientale de Tinrhert (Généralités sur le Tinrhert)

1. Introduction.....	2
2. Cadre géographique général.....	3
3. Contexte géologique.....	4
4. Historique des travaux .....	7
5. But et méthodologie de travail .....	8

### Chapitre 2 : Le continental intercalaire de la région In Akhamil

1. Introduction.....	11
2. Cadre géographique d’In Akhamil.....	11
3. Contexte géologique d’In Akhamil.....	12
4. Description lithologique et paléontologique.....	14
4.1. Description lithologique.....	14
4.1.1. Membre Argilo-gréseux.....	15
4.1.2. Membre Argilo-gréso-calcaire.....	15
4.1.3. Membre gréso-calcaire .....	15
4.2. Description paléontologique.....	18
4.2.1. La faune.....	18
a-Vertébrés(Poissons, Dinosauriens, Coprolithes).....	19
b- Invertébrés.....	20
5. Essai d’interprétation en termes de paléo-environnements.....	20

### Chapitre 3 : Le Céno-manien supérieur -Turonien de la région d’Ohanet

1. Introduction.....	22
2. Cadre géographique .....	24
3. Contexte géologique.....	25
4. Description lithologique et paléontologique.....	25
4.1. Descriptions lithologiques.....	25

4.1.1. Les argiles à gypses.....	27
4.1.2. Les calcaires inférieurs.....	28
a- Unité des calcaires pré- <i>Néolobites</i> .....	29
b- Unité des calcaires à <i>Néolobites</i> .....	29
c- Unité des calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	31
4.1.3. Les marnes médianes.....	31
a- Unité des Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	32
b- Marnes verdâtre.....	33
4.1.4. Les Calcaires supérieurs.....	33
4.2. Description paléontologique.....	35
4.2.1. Faune des « Calcaires Pré- <i>Neolobites</i> » .....	35
4.2.2. Faune des « Calcaires à <i>Neolobites</i> » .....	35
4.2.3. Faune des « Calcaires à <i>Vascoceras</i> » .....	35
4.2.4. Faune des Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	36

#### **Chapitre 4 : Inventaire paléontologique et attribution stratigraphique**

1. Introduction.....	38
2. Contenus fossilifères du continentale intercalaire (In Akhamil) .....	38
2.1 Les Dinosauriens .....	38
2.2.1 Sauropsidiens, Théropode .....	38
<i>Spinosaurus aegyptiacus</i> .....	38
<i>Carcharodontosaurus saharicus</i> .....	40
2.2 Poissons .....	41
<i>Onchopristis numidus</i> .....	41
Vertèbres isolées.....	42
<i>Neoceratodus africanus</i> .....	43
<i>Lepidotes</i> sp.....	44
Amiiiformes.....	45
Pycnodontiformes.....	45
2.3 Restes de vertébrés indéterminés .....	46
2.4. Traces d'activités fossiles, coprolithes .....	47
2.5 Invertébrés.....	47
2.6 Restes de végétaux fossiles .....	48
3. Contenus fossilifères du Cénomaniens supérieur –Turonien.....	49

3.1 Ammonites .....	49
<i>Neolobites vibrayeanus</i> .....	49
<i>Nigericeras gadeni</i> .....	51
<i>Pseudotissotia nigeriensis</i> .....	53
<i>Choffaticeras sinaiticum</i> .....	56
4. Conclusion stratigraphique .....	55
4.1 Attribution stratigraphique des affleurements d’In Akhamil.....	55
4.2. Attribution stratigraphique des affleurements d’Ohanet.....	58
Conclusion générale .....	63
Références bibliographiques.....	65
Liste des figures .....	73
Liste des tableaux .....	76

# **Chapitre 1**

## **Hamada Orientale de Tinrhert (Généralités sur le Tinrhert)**

## 1. Introduction

Le Tinrhert fait partie des grands ensembles géographiques et géologiques du Sud algérien de la plate-forme saharienne. Il a enregistré plusieurs phases de sédimentations. Selon les auteurs, il montre une série sédimentaire d'âge essentiellement Crétacé.

Les terrains sédimentaires, affleurant dans la partie orientale du Tinrhert, notamment dans sa bordure sud et nord, ont livrés aux auteurs précédents des restes fossilifères de vertébrés (Foureau, 1904 ; Lapparent, 1960; Tabaste, 1963 ; Gabani et al., 2016) et d'invertébrés variés (Busson, 1960, 1964, 1969 et 1972; Amédro et al., 1996 ; Tchenar et al., 2015; Ferré et al., 2016 ; Zaoui et al., 2016 et 2018. Ces terrains correspondant respectivement à la formation dite du « continental intercalaire » et aux formations marines du Cénomanién supérieur et du Turonien qui affleurent sur l'ensemble de la Hamada du Tinrhert.

L'objectif de ce travail, réalisé dans des conditions sanitaires particulières (Covid 19), vise à effectuer une étude synthétique des séries citées ci-dessus, sur le plan lithologique, paléontologique et stratigraphique. Il a été basé sur les données géologiques, paléontologiques et sur le matériel fossile récolté sur site par les membres de l'équipe de Paléontologie et Stratigraphie du laboratoire de recherches n°25, dans la région d'Ohanet et d'In Akhamil. Cette partie de la Hamada du Tinrhert montre de remarquables surfaces fossilifères (Figure 1 et 2).



Figure 1. Vue panoramique Ouest de l'affleurement d'In Akhamil (A) renfermant des restes de vertébrés fossiles et de traces fossiles (B, C).



Figure 2. Vue panoramique d'une Gara située à l'Est d'Ohanet (A) avec quelques photos de détail indiquant l'abondance des ammonites dans cette région (B, C, D, E).

## 2. Cadre géographique général

Le Tinrhert ou Hamada du Tinrhert est formé de plusieurs entablements, d'âge différent, limités par des corniches carbonatées. Il se localise, dans la plateforme saharienne orientale au Nord du bassin d'Illizi, entre les méridiens 6 à 10°E et les parallèles 28 à 29° N avec un étendu de plus de 300 km depuis les frontières algéro-tuniso-libyenne à l'Est jusqu'au môle d'El Biod à l'Ouest (Figure 3). Le Grand Erg oriental dessine sa limite septentrionale et celui d'Isaouane limite sa partie méridionale.

Le Tinrhert peut être divisé en trois parties, une partie occidentale situé entre Bordj Omar Driss et Gour Ben Houilet ; une partie centrale située entre Takouazet et l'Est de Bordj Omar Driss et enfin une partie orientale, qui a fait l'objet de cette étude, située entre l'Est de Takouazet et les frontières algéro-tuniso-libyenne. Cette dernière zone couvre la bordure Nord Orientale du Tinrhert [région d'Ohanet et In Adaoui et la bordure Sud Orientale du Tinrhert, (Région d'In Akhamil)].

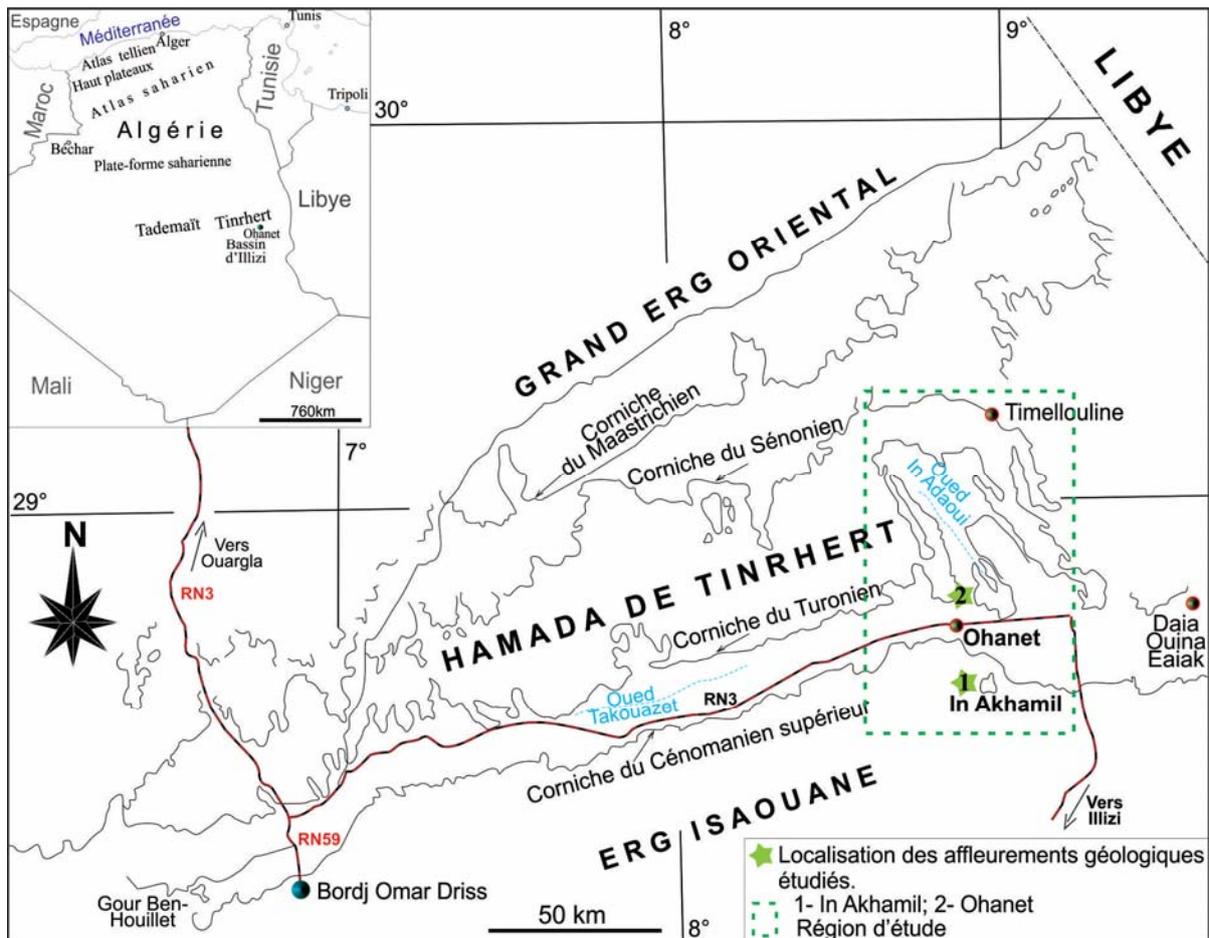


Figure 3. Position géographique du Tinrhert au sein de la carte de l'Algérie (A), Situation géographique des affleurements étudiés (1 et 2, In Akhmil et Ohanet).

### 3. Contexte géologique

Du point de vue géomorphologique et géologique, le Tinrhert montre, du Sud vers le Nord, une succession de plateaux limités, entre eux, par des corniches carbonatées de différents âges, séparées l'une de l'autre par des combes marneuses. Il montre également des affleurements sous forme de Gour (ensemble de Gara = Buttes témoins, isolées).

A l'affleurement et sur la carte géologique de Zaouia El Kahla au 500.000<sup>ème</sup> (Figure 4), on distingue sur le Tinrhert des formations sédimentaires détritiques et carbonatées, continentales et marines, d'âge mésozoïque et cénozoïque.

La succession sédimentaire est représentée, du Sud vers le Nord, du plus ancien vers le plus récent par :

- le continentale intercalaire (Albien) affleurant à environ 20 km au Sud d'Ohanet où Gabani et al. (2016) distinguent la succession de trois unités lithologiques essentiellement : l'unité

argilo-détritique inférieur relativement riche en fossiles ; l'unité détritique intermédiaire riche en restes de vertébrés et l'unité calcaro-détritique.

- le Cénomaniens-Turonien : selon Albanesi et Busson (1974), il affleure sous forme de deux cuestas : la première correspond à une falaise d'une centaine de mètres de hauteur, constituée d'argile à gypse et qui est attribuée à la partie inférieure du Cénomaniens., qui est clôturé par une corniche carbonatée attribuée au Cénomaniens supérieur. La deuxième cuesta est matérialisée par la succession de trois termes, calcaires, marnes et dolomie datée du Turonien.

Plus loin vers le Nord de la région d'étude, on observe les corniches du Sénonien constituées par des argiles à gypse, des argiles dolomitiques et des dolomies et des argiles. Cette ensemble est surmonté par des dépôts carbonatés et détritiques de nature calcaire, marneuse et gréseuse. L'ensemble est clôturé par des sédiments calcaires et gréseux du Cénozoïque essentiellement Eocène.

Par la suite, plusieurs auteurs, notamment Amédéo et al. (1996) et Busson et al. (1999) ont réactualisé les attributions stratigraphiques et distinguent dans le Cénomaniens-Turonien marin trois ensembles lithologiques, à savoir les Calcaires inférieurs datés du Cénomaniens supérieur, les Marnes médianes et les Calcaires supérieurs rattachées au Turonien inférieur. Ces auteurs interprètent ces dépôts marins du Cénomaniens-Turonien comme issus suite à la plus vaste transgression post-Carbonifère.

Enfin, Zaoui et al. (2016, 2018) et Hocine (2019), ont actualisés les subdivisions lithostratigraphiques du Tinrhert oriental. D'après le contenu fossilifère de cette série sédimentaire, ils mettent en évidence plusieurs unités informelles :

Les unités de calcaires pré-*Neolobites*, suivi par les calcaires à *Neolobites*, calcaires à *Vascoceras* et les marno-calcaires à *Choffaticeras* formant la corniche des calcaires inférieurs ; les unités silicoclastiques et marno-calcaires formant la corniche les marnes médianes.

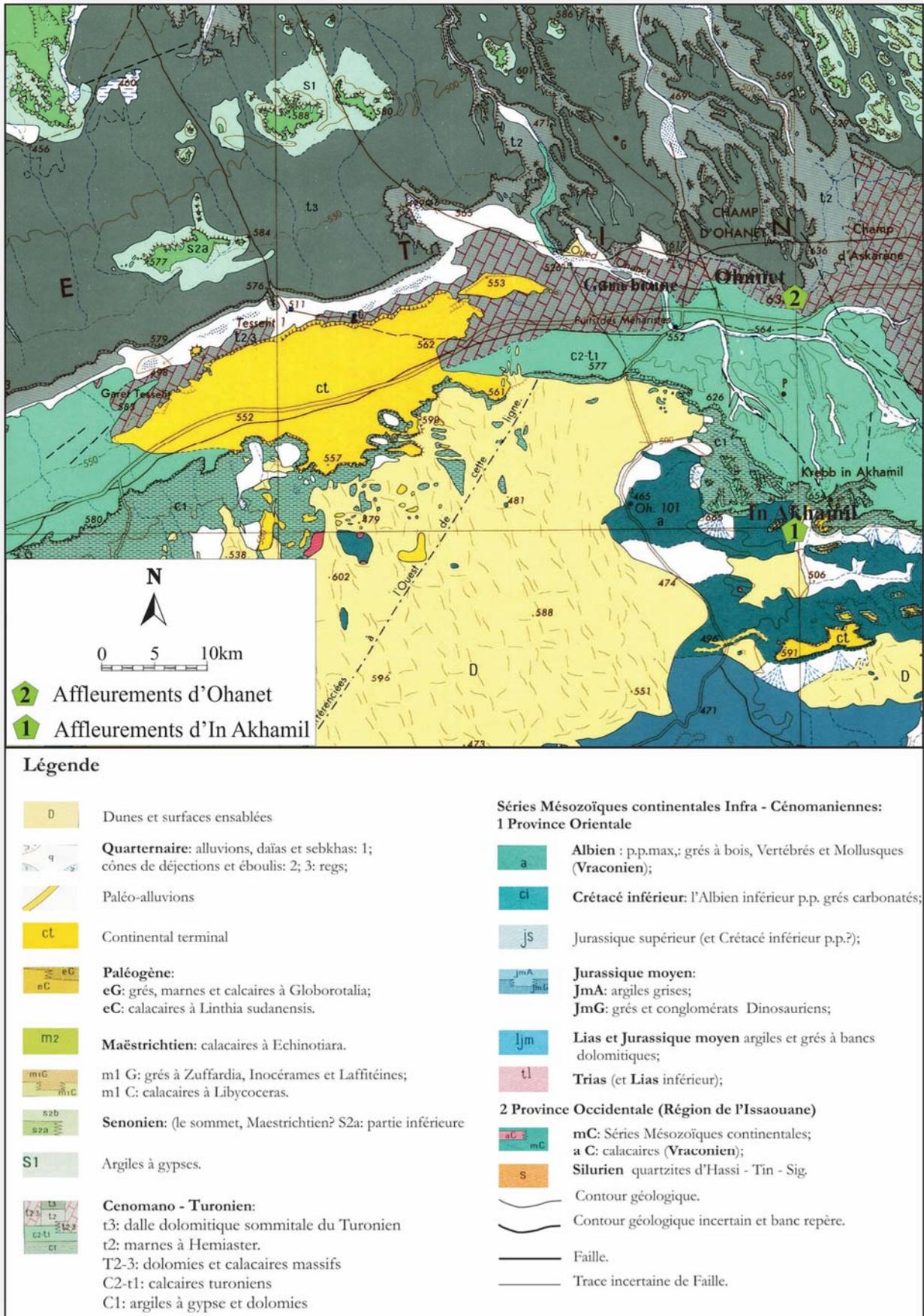


Figure 4. Extrait de la carte géologique de Fort Flatters au 1/500 000 (Busson, 1964 ; modifiée) montrant le plateau oriental de la Hamada du Tinrhert et localisation des coupes étudiées.

#### 4. Historique des travaux :

Depuis le dix-huitième siècle, le Tinrhert a suscité l'intérêt des géologues. Depuis, plusieurs et divers travaux géologiques ont vus le jour :

Foureau (1893, 1904) et Haug (1904) sont les premiers à avoir découvert des restes de vertébrés fossiles dans le secteur de Djoua au Sud de la première corniche cénomanienne.

Lapparent (1960) et Tabaste (1963) ont décrit plusieurs gisements à vertébrés du continental intercalaire du Sahara algérien, notamment dans les Gour du sud du Krib d'In Akhamil où ils ont mis en évidence une bande fossilifère dans les argiles sableuses verdâtres contenant de nombreuses dents de poissons, d'os de crocodiliens et un grand fémur de sauropode. Ces dépôts ont été datés du Crétacé inférieur par Lapparent (1960) et Tabaste (1963) voire du Cénomaniens inférieur par Gabani (2016).

Tabaste (1963) et Martin (1981) confirmèrent la présence d'ossements de dinosauriens et de poissons (sélaciens et dipneustes) dans cette région.

Les plus anciens et les plus importants travaux sur le Cénomaniens-Turonien marins correspondent à ceux qui ont permis l'édition, par Rumeau et al. (1957), de la première carte géologique (200 000<sup>ème</sup>) du Tinrhert. Ces derniers ont rattachés ces dépôts sédimentaires au Turonien et y distinguent trois unités lithologiques : Calcaires inférieurs, Marnes médianes et Calcaires supérieurs.

Des prospections et des travaux importants, dans le domaine de la géologie et de paléontologie, ont été réalisés dans les années 1960, 1965, 1969 et 1972 par Busson. Ces derniers ont été à la base de l'édition de la carte géologique de Bordj Omar Driss appelée autrefois Fort Flatters (échelle=1/500 000<sup>ème</sup>).

Egalement Collignon (1957, 1965 et 1971) , Amard et al. (1981), Néraudeau et al. (1993), Amédéo et al. (1996) et Busson et al., (1999) par leurs travaux paléontologiques et synthèses géologiques réalisés respectivement sur les mollusques et les échinodermes, ont contribué à l'actualisation des données paléontologiques et biostratigraphiques du Tinrhert.

A l'université de Tlemcen, des travaux d'initiation à la recherche se sont intéressés à la limite Cénomaniens supérieur -Turonien de la Hamada du Tinrhert, surtout sur les foraminifères, ostracodes et céphalopodes. Ces travaux inédits ont été faits dans le cadre de la réalisation de mémoires de fin d'étude. On peut citer dans ce cadre les mémoires de Fekih et Sardou (2009), Tidjini (2012), Yahiaoui (2013), Hocine (2019) et Bouhassoun et Mennad (2020).

Ces dix dernières années ont connu une nouvelle relance de travaux de terrains sur le Tinrhert qui ont permis :

A Grosheny et al. (2013) de formuler une synthèse sur le Cénomanién Turonien de la plate-forme saharienne ;

A Tchenar et al (2015, 2020) de réaliser une étude micropaléontologique basée sur les foraminifères et les ostracodes ;

A Ferré et al. (2016) de décrire les rovéacrinides (Crinoidea, Roveacrinida) du Cénomano-Turonien du Tinrhert ;

A Zaoui (2017) et Zaoui et al. (2016, 2018) de compléter l'inventaire macro-faunistique et d'actualiser les attributions stratigraphiques de cette région en se basant sur l'études des mollusques notamment les ammonites et les nautilus.

Récemment, en 2019, Benyoucef et al. Exposèrent une synthèse de leurs travaux géologiques et stratigraphiques sur le Tinrhert durant le Cénomanién supérieur -Turonien avec un article publié dans la revue *Cretaceous* nommé « Stratigraphic and sedimentological framework of Tinrhert Plateau (Cenomanian-Turonian, SE Algeria).

## **5. But et méthodologie de travail :**

L'objectif de ce travail de Master, réalisé dans des conditions spéciales du Coronavirus (Covid 19) et de l'éloignement de la région d'étude, vise à effectuer une étude synthétique des séries sédimentaires à vertébrés dites « Continental intercalaire » et des dépôts marins du Cénomanién supérieur et du Turonien respectivement des localités d'In Akhamil et d'Ohanet (Tinrhert Orientale), sur le plan lithologique, paléontologique et stratigraphique. Ce travail va nous permettre de dresser une colonne lithostratigraphique synthétique des secteurs d'étude, de dresser un inventaire faunique et d'aborder des discussions stratigraphiques appuyés par des illustrations de terrain et de fossiles marqueurs stratigraphiques.

Ce travail est basé sur les données géologiques, paléontologiques et les échantillons de roches et de fossiles récoltés sur sites par les membres de l'équipe de Paléontologie et stratigraphie du laboratoire de recherches n°25, au Sud d'Ohanet (In Akhamil) et à l'Est et à l'Ouest d'Ohanet.

Les macro-restes de vertébrés récoltés sur le terrain par l'encadreur ont été nettoyés, déterminés et comparés avec d'autres sites en Algérie et en Afrique du Nord puis illustrés. Ils sont représentés essentiellement par des restes de dinosauriens (dents et fragments d'os), de reptiliens et de poissons.

Des micro-restes de vertébrés ont été récupérés suite au traitement d'environ un kilogramme de sédiment induré, constitué de grès micro-conglomératiques, par la méthode attaque-acide-lavage-tamissage et tri. Ces derniers étaient constitués essentiellement de fragments de vertébrés indéterminés associés à des dents et à des écailles de poissons.

La macrofaune marine, constituée d'ammonites et de nautilus disponibles au Laboratoire de recherches n° 25 (missions de 2013, 2014 et 2015), a été nettoyée par nous même au micro-burin (Réf. W 224), lavée, déterminée, décrite avec une brève description.

**Chapitre 2**

**Le Continental intercalaire de la région**

**d'In Akhamil**

## 1. Introduction

Ce chapitre est dédié à la série sédimentaire, décrite comme continentale par les anciens auteurs, affleurant dans la bordure sud du plateau du Tinrhert oriental, notamment dans le secteur d'In Akhamil. Elle a livré, à l'Ouest d'In Akhamil, dans le secteur de Djoua, des restes de vertébrés fossiles au niveau de la partie supérieure de la série continentale (Foureau, 1893 et 1904 ; Haug, 1904 ; Gabani, 2008). D'autres sites fossilifères ont été signalés vers l'Est de Djoua, à In Akhamil et à Oued Ameregh par Gabani et al. (2016).

Dans le présent travail, on réalise une description synthétique du lithofaciès et du biofaciès, basée sur les données de la bibliographie et sur de nouvelles données de terrain fournies par l'encadreur.

## 2. Cadre géographique d'In Akhamil

La région d'In Akhamil fait partie de la bordure méridionale de la Hamada du Tinrhert orientale. Avec une altitude moyenne de 550 m. Ce secteur est limité au Nord par la région d'Ohanet (Figure 6), au Sud par In Amenas, à l'Est par les frontières algéro-libyennes et à l'Ouest par le prolongement de la Hamada de Tinrhert (27° 35' 26'' N, 9° 25' 54'' E).

Sur le plan géomorphologique, ce secteur fait partie du Krib du Djoua qui est presque rectiligne et orienté Est-Ouest depuis Bordj Omar Driss (Ex ; Fort Flatters) jusqu'à l'Est d'Alrar. Cette localité est formée par un ensemble de gara (Gour ou buttes témoins), occupant une partie de la grande dépression du Djoua (Figure 5, 6 et 7) et offrant la coupe la plus complète.

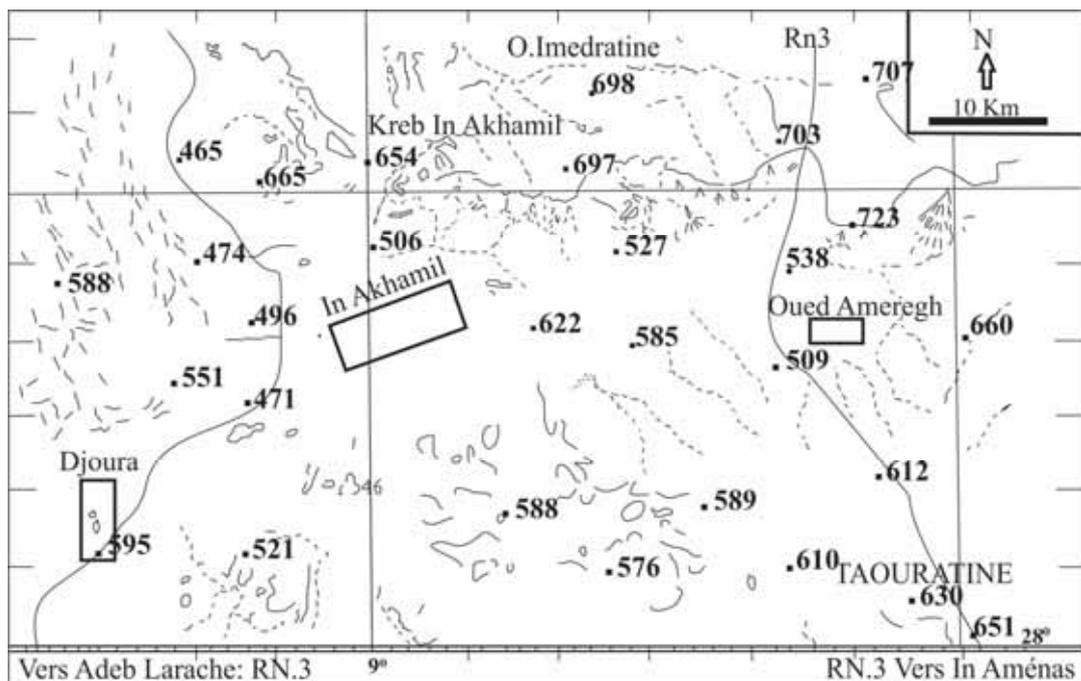


Figure 5. Situation géographique des secteurs étudiés (Gabani, 2008).



Figure 6. Image satellitaire montrant les affleurements d'In Akhamil

### 3. Contexte géologique d'In Akhamil

Dans le Tinheret affleure essentiellement des séries sédimentaires d'âge mésozoïque (Figure 9). On distingue principalement deux ensembles géologiques :

- un premier ensemble inférieur, appelé continental intercalaire, correspondant à tous les dépôts continentaux situés entre les derniers niveaux marins carbonifères et les premiers indices de la transgression cénomaniennne (Kilian, 1931).

- un deuxième ensemble supérieur, correspondant à tous les dépôts marins d'âge Crétacé supérieur marqués par de grands plateaux, formant le Tinrhert et la Hamada el Hamra, reliant le Sahara central au sud-tunisien et libyen qui sera traité en chapitre 3.

Le premier ensemble correspond partiellement à la série stratigraphique de Djoua (Lapparent et Lelure, 1948 et Freulon, 1964) qui fait l'objet de notre étude dans ce chapitre. Cette série vient en concordance, au moins apparente, sur la série de Taouratine d'âge Jurassique. Il s'agit d'un ensemble d'argiles bariolées souvent gypseuses et de grès avec de minces passés dolomitiques (Lapparent et Lelubre, 1948) formée à :

- la base, par des marnes vertes sableuses alternant avec des grès et graviers à restes fossiles de poissons, de reptiles, de dinosauriens et de bois fossiles (In Akhamil) analogue à celle du continental intercalaire signalé dans le Sud marocain et en Egypte et datée du Crétacé inférieur (*Platyspondylus foureaui*, *Onchopristsis numidus*, *Ceratodus africanus*, crocodiles).

- dans la partie médiane, s'observent deux bancs calcaires sableux à moules de lamellibranches marins littoraux ou d'estuaires du Crétacé inférieur.

- la partie sommitale, une falaise formée d'argiles rouges et vertes à gypse suivi par le cénomanienn marin à *Néolobite Vibrayeinus* rattachées par les uns à cette série de Djoua, ou considérée par d'autres comme un terme particulier d'âge cénomanienn inférieur.



Figure 7. Vue panoramique montrant un ensemble de Gour situé au Sud d'Ohanet et Nord d'In Akhamil

#### 4. Description lithologique et paléontologique

##### 4.1- Description lithologique

La description synthétique du lithofaciès et du biofaciès, dans le présent travail, des affleurements d'In Akhamil est basée sur les données des précédents auteurs et complétée et actualisée par de nouvelles données de terrain récoltés par l'encadreur lors des missions de prospections géologiques de 2005 et 2015.

La coupe d'In Akhamil a été levée au pied de Krib In Akhamil situé au sud d'Ohanet et à une quarantaine de kilomètres de la route nationale 3 (Figure 5).

Gabani et al., (2016) ont subdivisé cette coupe en trois formations, à savoir : la formation d'argile détritique inférieure, la formation détritique intermédiaire et la formation calcaro-détritique supérieure (Figure 8).

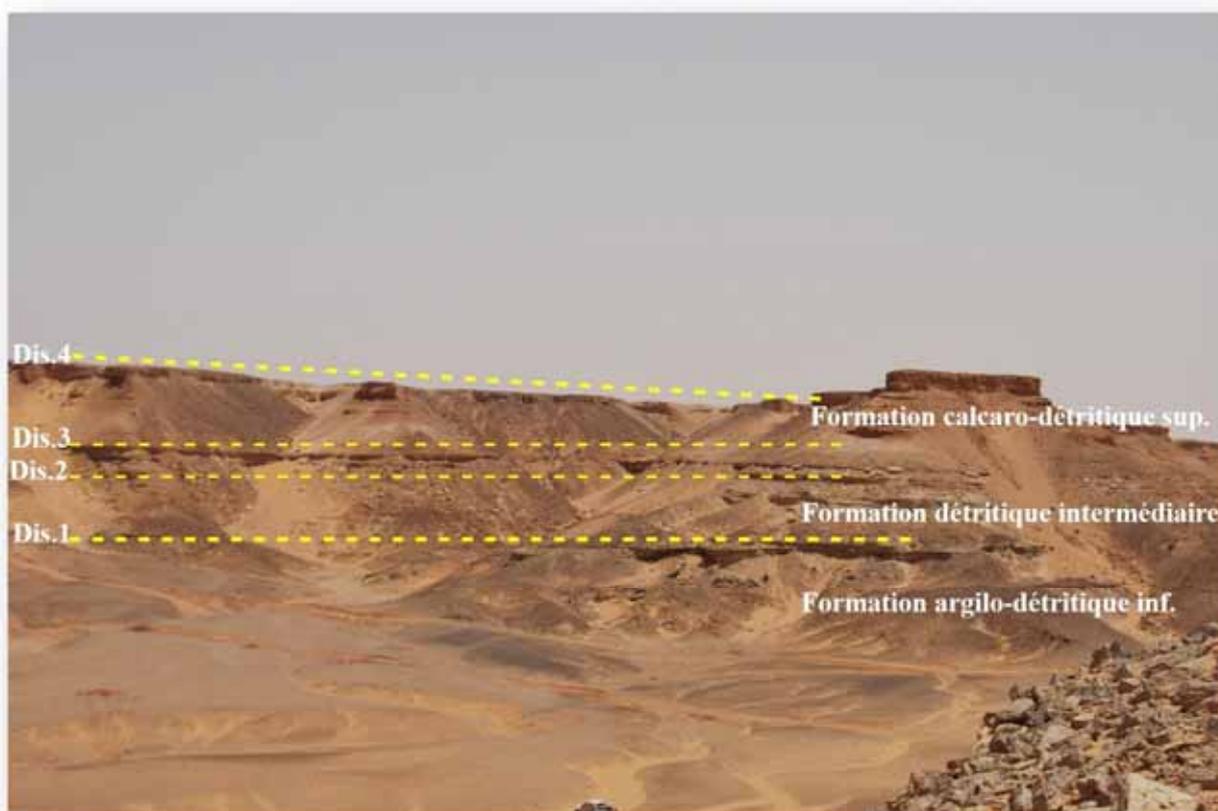


Figure 8. Vue panoramique de l'affleurement d'In Akhamil et les trois formations reconnues par Gabani et al. (2016).

Dans le présent travail, nous considérons que l'affleurement d'In Akhamil montre une série détritique relativement homogène et possédant des caractères communs. Ainsi cet affleurement montre une seule unité lithostratigraphique cartographiable qu'on a nommé Formation d'In Akhamil (Figure 9).

### **Formation d'In Akhamil**

Cette formation affleure au Krib In Akhamil, elle est représentée par des faciès essentiellement détritiques : micro-conglomératiques, gréseux, argileux, calcaires et grésocarbonatés. Ces différents faciès nous ont permis de distinguer trois membres.

#### **4.1.1- Membre Argilo-gréseux**

Ce membre est principalement argilo-gréseux. Il débute par des argiles admettant des passées micro-conglomératiques puis gréseuses renfermant des restes fragmentaires de vertébrés, des graines et du bois fossiles. Cette sédimentation est surmontée par une succession d'argiles et de grès chenalisés stratocroissant à stratifications entrecroisées, et obliques dans les niveaux inférieurs et à stratifications planes (Figure 12) dans les niveaux supérieurs renfermant des ossements de vertébrés, Ce membre est clôturé par plusieurs mètres d'argiles à passées de grès tendre de couleur jaune microconglomératiques à restes fragmentaires de vertébrés (Figure 10 et 11).

#### **4.1.2- Membre Argilo-grésocalcaire**

Ce membre débute par des argiles à passées de calcaires à moules de petits bivalves (Figure 12D), suivi par deux épais bancs de grès à stratifications obliques en auge surmontées par des stratifications planes et parallèles (Figure 12 A-B), avec des terriers en Y de type *Thallassinoïdes* (Figure 12 C). L'ensemble est surmonté par une combe d'argiles intercalées de quelques passées centimétriques de grès à stratifications planes.

#### **4.1.3-Membre grésocalcaire**

Il s'agit d'une barre grésocalcaire (grès encrouté) qui clôture, à l'affleurement, la formation d'In Akhamil et qui dessine dans le paysage hamadien une morphologie caractéristique. Cette corniche, lorsqu'elle n'est pas érodée, coiffe la plupart des buttes-témoins de Krib In Akhamil. D'une épaisseur de 8 mètres, cette barre montre un débit en boules et un aspect conglomératique (Figure 13) avec des reliques de traces fossiles et de

stratifications planes rappelant les Calcrètes décrites dans les série sédimentaires cénozoïques continentales du Tell et de la Hamada du Dra (Bensalah, 1989 ; Adaci et al., 2016).

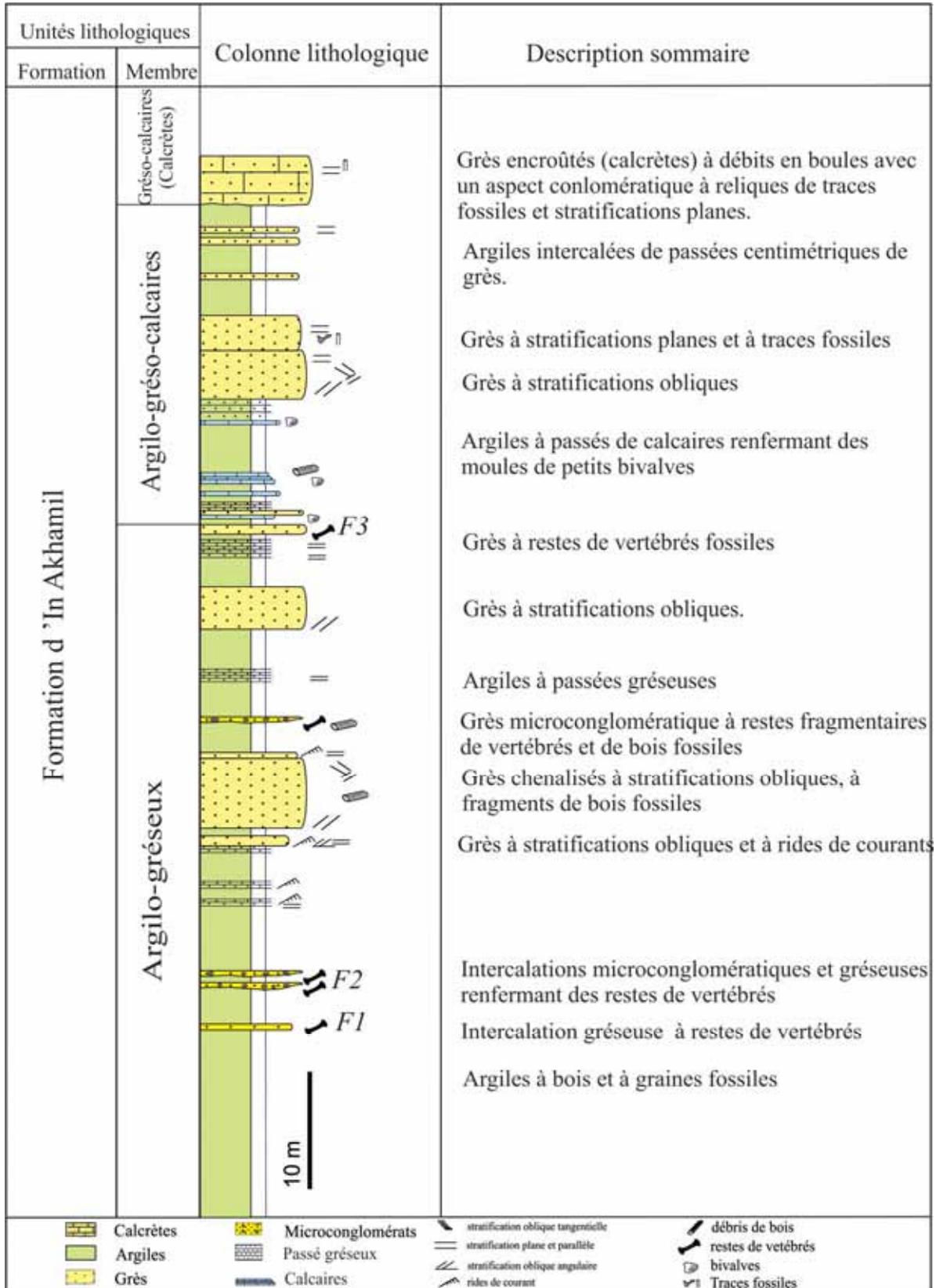


Figure 9. Colonne lithologique de la coupe d'In Akhamil



Figure 10. Microconglomérat à conglomérat avec des graines et du bois fossiles (A), associés à des fragments de vertébrés (B et C).



Figure 11. Grés microconglomératique à restes désarticulés de poissons (A, B, C), avec fragments d'os de poisson (D).

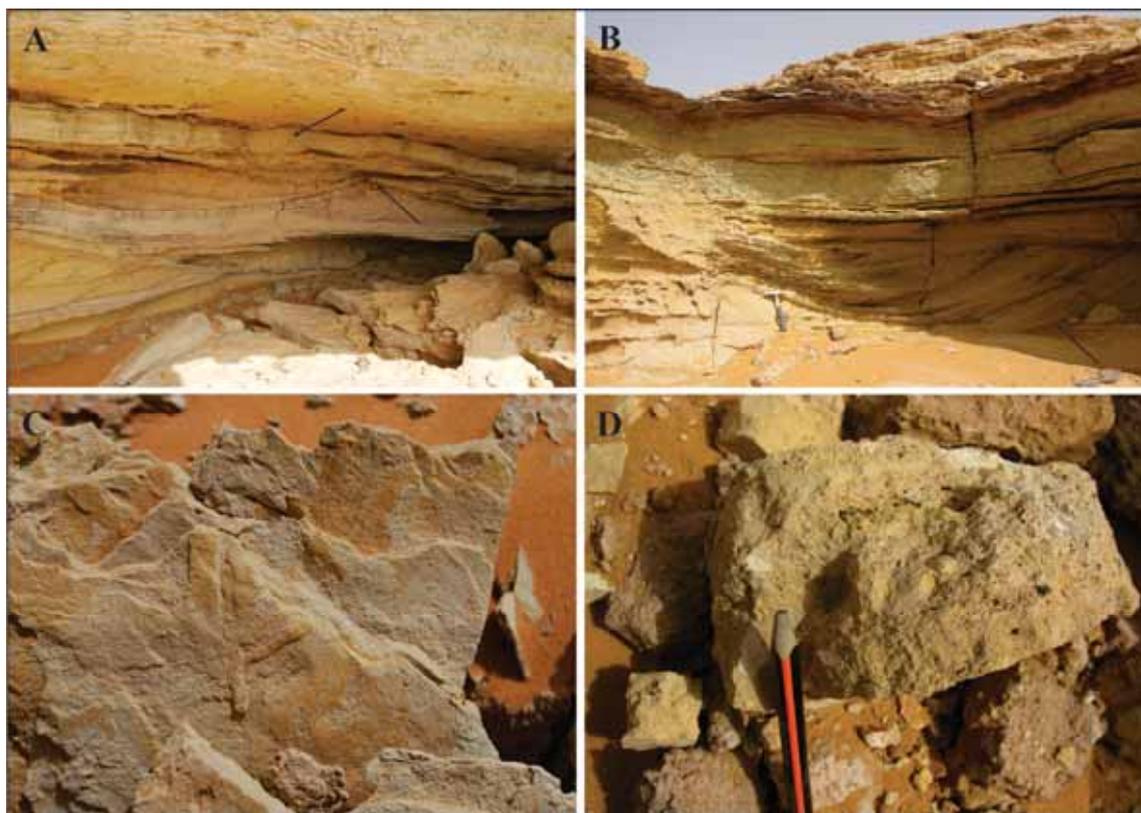


Figure 12. Grès à stratifications obliques, en auge surmontées par des stratifications planes et parallèles (A et B), Grès à terriers en Y (*Thalassinoïdes*) (C), Calcaire à moules de petites bivalves (D).

#### 4.2. Description paléontologique

Les travaux de prospections paléontologiques effectués par l'équipe de géologie du laboratoire de recherches n° 25 en 2005 et 2015 ont permis de mettre en évidence plusieurs locus fossilifères à restes de vertébrés, d'invertébrés et à bois et à graines fossiles et ainsi de compléter l'inventaire faunique et floristique.

La coupe d'In Akhamil montre trois locus à restes de vertébrés, à bois fossiles et à graines, parfois fragmentaires, et de deux niveaux fossilifères à bivalves. Les restes de vertébrés se trouvent dans le membre argilo-gréseux microconglomératiques et celui des bivalves se trouvent vers la base du membre argilo-gréso-calcaires.

##### 4.2.1- La faune

La faune des vertébrés est relativement variée et parfois bien conservée. Elle est dominée par des fragments d'os indéterminables, de dents de dinosauriens, de vertèbres et de dents de poissons associés à des micro-restes de vertébrés notamment de dents de poissons (Figure 10,11 et 12).

Les invertébrés récoltés correspondant à des moules internes de petits bivalves indéterminables jusqu'à présent (Figure 12 D).

**a- Vertébrés**

**Poissons**

**Chondrichthyens**

Sclerorhynchidae

- *Onchopristis numidus*

**Sacropterygiens**

**Dipneustes**

- *Neoceratodus africanus*

**Actinopterygiens**

Ceratodontidae

- *Lepidotes* sp.

- *Pycnodontes* indet.

- *Amiiformes* indet.

**Dinosauriens**

**Théropodes**

- *Spinosaurus aegyptiacus*

- *Carcharodontosaurus saharicus*

- Fragments d'os indéterminable.

**Coprolithes**



Figure 13. Facies du membre grésocalcaire (Calcrète) à débits en boules avec un aspect conglomératique.

### **b- Invertébrés**

Les invertébrés fossiles trouvés sont représentés uniquement par de petits moules internes de bivalves indéterminés (Figure 12 D).

### **4.2.2- restes de végétaux**

Les restes de végétaux sont représentés par :

- Fragments de bois fossiles silicifiées.
- Graines de différentes tailles indéterminées pour le moment (Figure 10A).

## **5. Essai d'interprétation en termes de paléo-environnements**

Le contenu paléontologique formé de restes de vertébrés terrestres, aquatiques d'eau douce voire saumâtre, la présence de bois et de graines fossiles, la présence de niveaux conglomératiques à galets arrondis à restes de vertébrés terrestres, des stratifications entrecroisées, des stratifications parallèles et l'absence de figures sédimentaires caractéristiques d'écoulement oscillatoire ou de marées, suggèrent qu'il puisse s'agir d'un milieu fluviatile dans la partie inférieure de la série. Vers le sommet, le milieu pourrait être littoral soumis à l'influence des marées qu'atteste la présence de quelques niveaux à stratifications obliques, en auge surmontées par des stratifications planes et parallèles. Les calcaires bioclastiques riches en bivalves et accessoirement en gastéropodes traduisent une élévation du niveau eustatique qui permet l'installation des couches de haute énergie (ou de tempêtes proximales).

## **Chapitre 3**

# **Le Cénomaniens supérieur -Turonien de la région d'Ohanet**

## 1. Introduction

Le Tinrhert oriental offre aux géologues des séries sédimentaires marines extraordinaires, sur le plan qualité d'affleurement et sur le plan fossilifère, datées du Crétacé supérieur, notamment du Cénomaniens supérieur et du Turonien. Ces dépôts marins sont caractérisés par des conditions particulièrement favorables à la récolte de fossiles. Ces derniers, notamment les mollusques, sont visibles à perte de vue sur les plateaux de calcaires blanchâtres (Figure14). Ces séries sont représentées par une succession d'empilement d'argiles à gypses, de barres calcaires, de marnes et de calcaires fossilifères et de calcaires dolomitiques en bancs massifs (Rumeau et al., 1957 ; Busson, 1960 et 1969 ; Tchenar et al, 2015; Zaoui, 2017 et Hocine, 2019).

L'objectif de ce chapitre est d'étudier les formations sédimentaires succédant aux séries détritiques appelés « Continental intercalaire » pour atteindre l'objectif de l'étude synthétique mentionné dans le chapitre 1. La réalisation de cette partie a été basée sur la bibliographie et complétée par les données géologiques de terrain fournies par l'équipe de Géologie du laboratoire de recherches n°25, récoltées à l'Est et l'Ouest d'Ohanet.



Figure 14. Photos montrant l'abondance des ammonites sur le plateau calcaire à l'Est d'Ohanet (A et B).

## 2. Cadre géographique

Le terrain qui fait objet d'étude dans ce chapitre occupe une partie du Sud-Est de l'Algérie et correspond à la partie orientale de la Hamada de Tinrhert notamment à la région d'Ohanet qui montre une altitude moyenne de 550m.

Le secteur d'étude se situe de part et d'autre de la route nationale N°3, reliant la wilaya d'Illizi à celle d'Ouargla, aux alentours du village d'Ohanet. Il est limité au nord par Timellouline, au Sud-Est par In Akhamil, à l'Est par les frontières algéro-libyennes, et à l'Ouest par oued Takouazet (Figure15).

Ci-après, Le nom et les coordonnées géographiques de la coupe réalisée :

Coupe d'Ohanet : X = 8°46'42.23"E ; Y = 28°44'5.28"N.

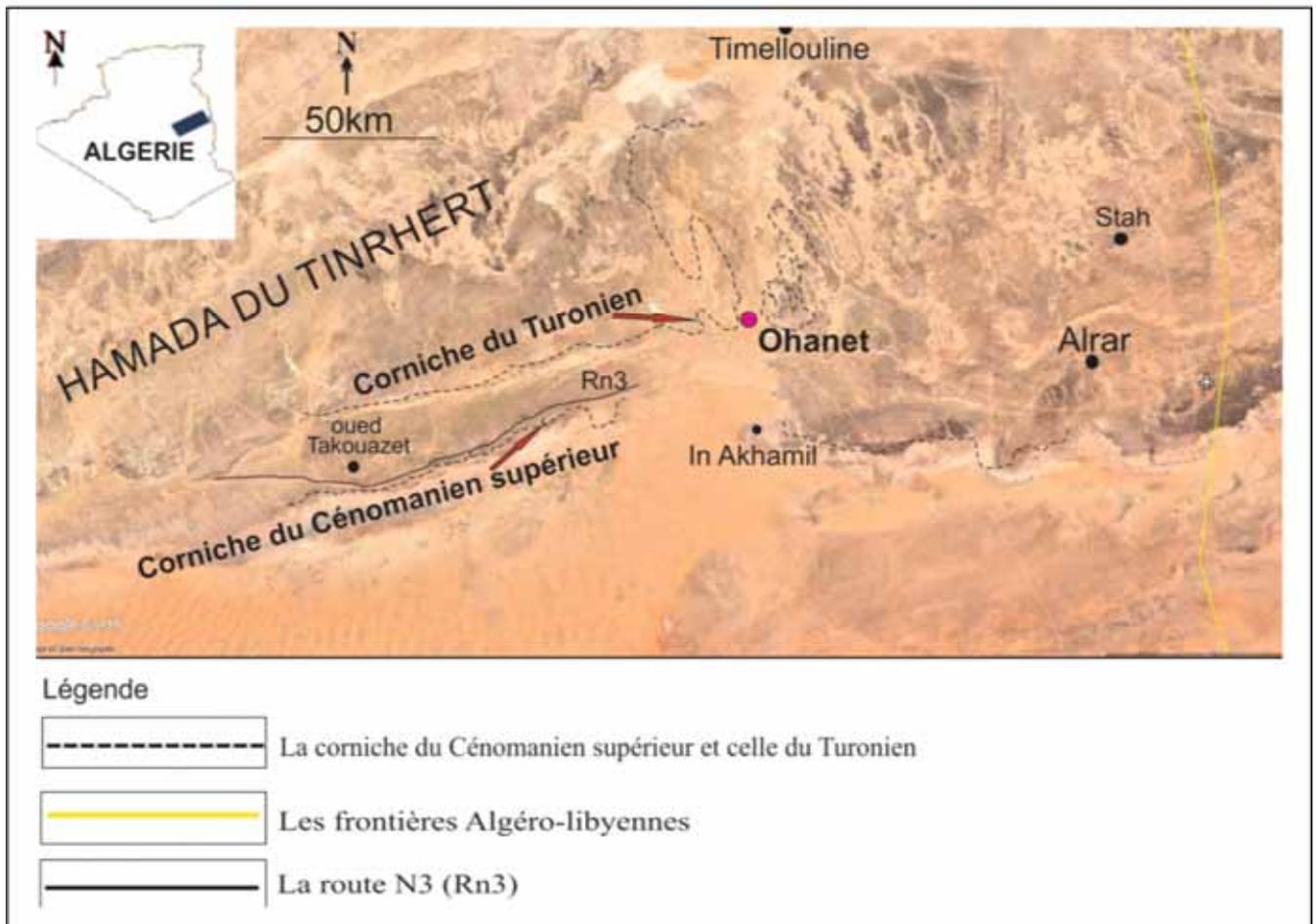


Figure 15. Localisation de la région d'Ohanet sur une carte satellitaire montrant également la succession des différentes corniches et plateaux du Cénomaniens et du Turonien.

### 3. Contexte géologique

La série sédimentaire affleurant dans la région d'Ohanet appartient à la partie supérieure de la série stratigraphique de Djoua (Lapparent et Lelubre, 1948 ; Freulon, 1964). Ces terrains apparaissent à l'affleurement sous forme de Gour isolées ou d'une falaise formée d'argiles rouges et vertes à gypses suivi par des calcaires renfermant l'espèce index d'ammonite *Neolobites Vibrayeinus* du cénomaniens supérieur marin rattachées par les uns à cette série de Djoua, ou considérée par d'autres comme un terme particulier d'âge cénomaniens inférieur.

Dans ce secteur, les roches constituent des affleurements sous forme d'une succession de corniches carbonatées, séparées par des combes argileuses ou marneuses. Cette succession a été subdivisée par Rumeau et al. (1957) en une triade lithologique datée à ce stade du Turonien : (1) Calcaires inférieurs, (2) Marnes médianes et (3) Calcaires supérieurs. Les travaux ultérieurs de Busson (1960 à 1972) ont permis de compléter la description de ces terrains et de rattacher les calcaires inférieurs au Cénomaniens supérieur et le reste des dépôts au Turonien et ainsi d'éditer la carte géologique de Fort Flatters (1/500000<sup>e</sup>). Par la suite, les travaux paléontologiques de Colligon (1957, 1965 et 1971), Amard et al. (1981), Néraudeau et al. (1993), Amédéo et al. (1996) ont apporté des précisions stratigraphiques sur le Cénomaniens supérieur et le Turonien. Enfin, Zaoui et al. (2016, 2018) distinguent selon le contenu fossilifère de chaque ensemble lithologique :

- quatre unités dans les calcaires inférieurs : unité des calcaires pré-*Neolobites*, unité des calcaires à *Neolobites*, unité des calcaires à *Vascoceras* et unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* ;
- deux unités dans les marnes médianes : Unité des silicoclastiques et Unité des marno-calcaires (affleurant uniquement dans la partie ouest du Tinrhert, Hocine (2019).

### 4. Description lithologique et paléontologique

#### 4.1. Descriptions lithologiques :

Le présent travail décrit, sur le plan lithologique, la série sédimentaire qui affleurent aux alentours du village d'Ohanet.

La coupe montre quatre grands ensembles (Formations) lithologiques (Figure 16):

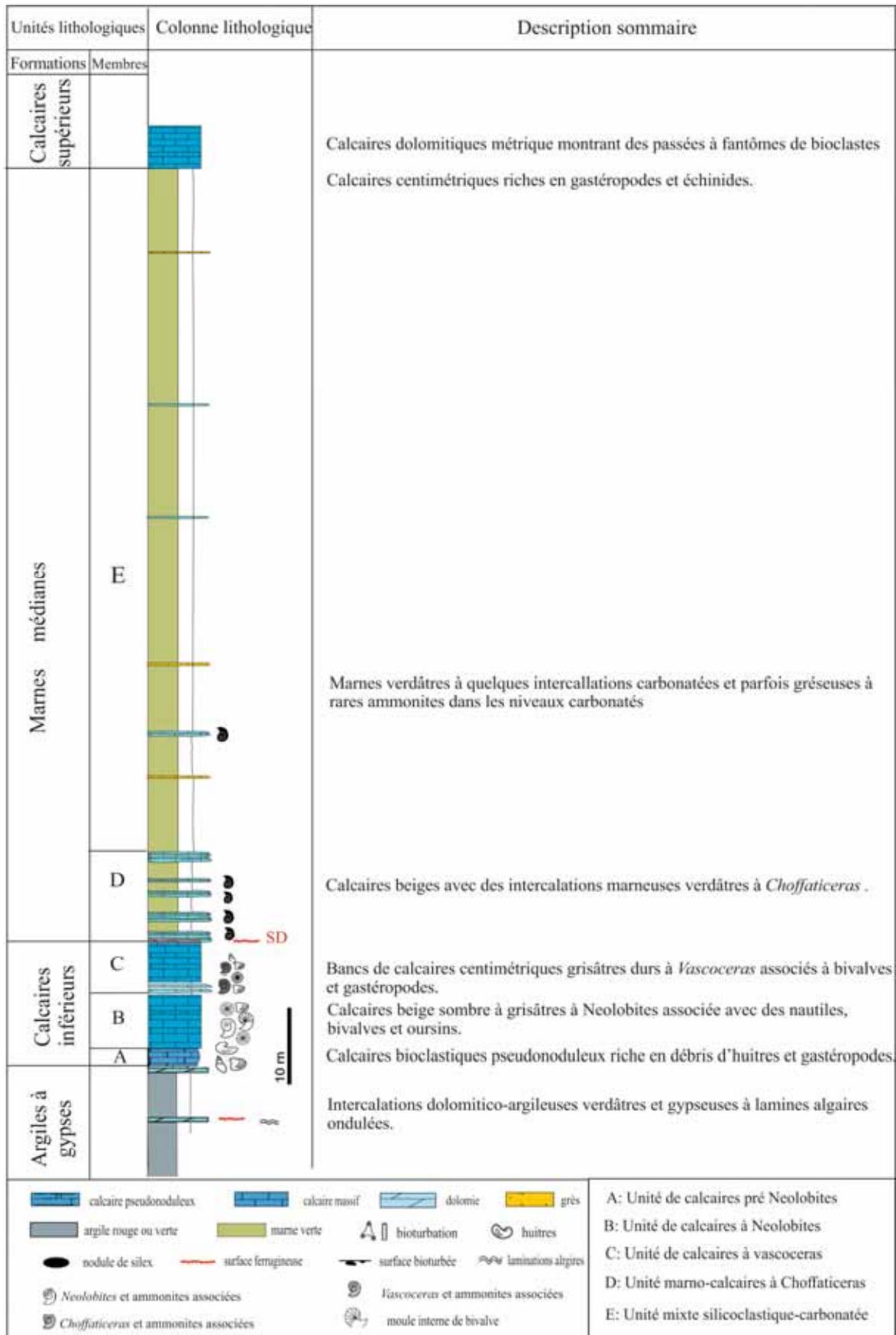


Figure 16. Colonne lithologique synthétique d'Ohanet (synthétisée à travers les coupes de Zaoui, 2017).

#### 4.1.1. Les argiles à gypses

Cet ensemble est sous-jacent aux Calcaires inférieurs et bien visible sur le terrain. Il est formé vers sa base d'une alternance d'argiles versicolores (brun-rougeâtres à verdâtres) et de bancs et de veines gypseux de différentes épaisseurs. Dans sa partie supérieure, il montre des niveaux dolomitiques à laminations algaires et d'autres argileux, parfois gypseux (Figure 17).

Sur le plan microfaunistique, les niveaux argileux, dans la région de Bordj Omar Dris, ont livré à Tchenar et al. (2015) des restes d'algues appartenant aux Dacycladacées (Clypéines) et des grains de de gypse et de pyrite.

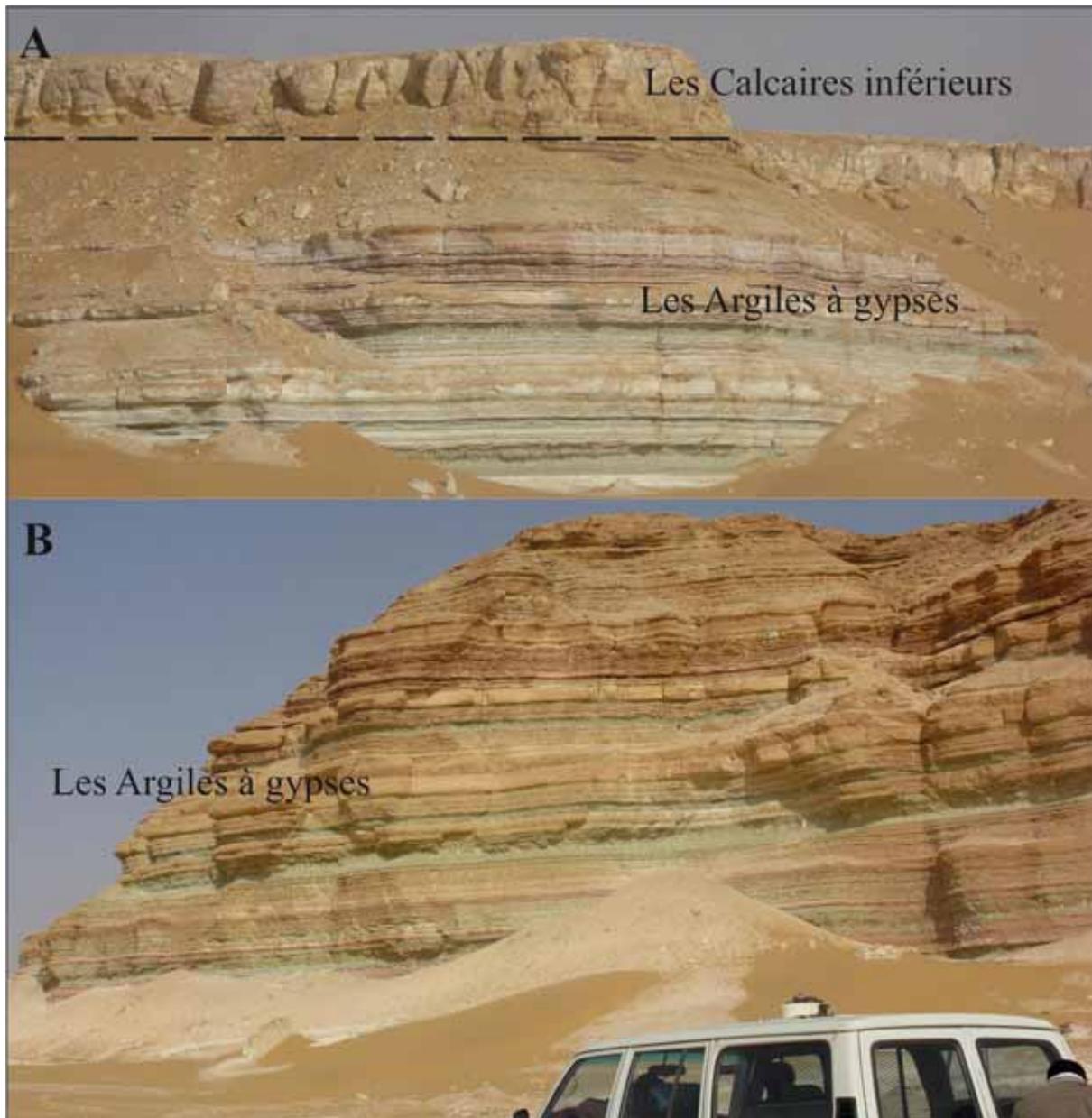


Figure 17. Illustrations photographiques de la Formation des Argiles à Gypses et des Calcaires inférieurs (A et B).

#### 4.1.2. Les calcaires inférieurs

Cet ensemble est différent du précédant par la mise en place des premiers niveaux carbonatés, par la disparition des niveaux de gypses et par l'apparition d'une faune de mollusques et d'oursins relativement variée (Zaoui, 2017).

Les associations de faunes, particulièrement les ammonites, présentes verticalement dans les différents bancs permettent de diviser la série étudiée en plusieurs unités informelles (Figure 18).



Figure 18. Illustrations photographiques des différentes unités lithologiques de la Formation des Calcaires inférieurs. Unité des « Calcaires à *Neolobites* » (A.1). Unité des « Calcaires à *Vascoceras* » (A.2). Unité des « Calcaires pré-*Neolobites* » (B).

**a- Unité des « Calcaires pré-*Néolobites* »**

Cette unité surmonte en concordance sédimentaire la précédente. Elle est bien illustrée, d'Est en Ouest, dans le paysage hamadien du Tinrhert (Zaoui 2017 ; Hocine, 2019), et également au Sud du village d'Ohanet vers la piste qui mène à In Akhamil. Elle est constituée de calcaires à traces fossiles et lamines algaires, renfermant des gastéropodes, des fragments de bivalves (Figure 19) et des oursins et admettant quelques lits marneux.



Figure 19. Illustrations photographiques de l'unité des « Calcaires pré-*Neolobites* » (A.B). Flèches indiquent respectivement : terriers, section de bivalve et gastéropode.

**b- Unité des « Calcaires à *Néolobites* »**

Cet ensemble est bien exposé dans la falaise située au Sud d'Ohanet. Sur le plan géologique, il enregistre le maximum d'extension de la transgression de la mer cénomaniens sur la partie méridionale de la marge téthysienne et concorde également avec le « *Neolobites*

bioevent » selon Ernst et al. (1983), Meister et Piuz (2013); Benyoucef et Meister (2015) et Zaoui et al. (2018).

Il est représenté par une succession de calcaires durs et beiges. Il a livré une malacofaune variée constituée d'ammonites, de nautilus (Figure 20), de lamellibranches, de gastéropodes, d'oursins et des traces fossiles. En lames minces, le microfaciès montre l'abondance de sections de crinoïdes et de foraminifères (voir Ferré et al. 2016.)

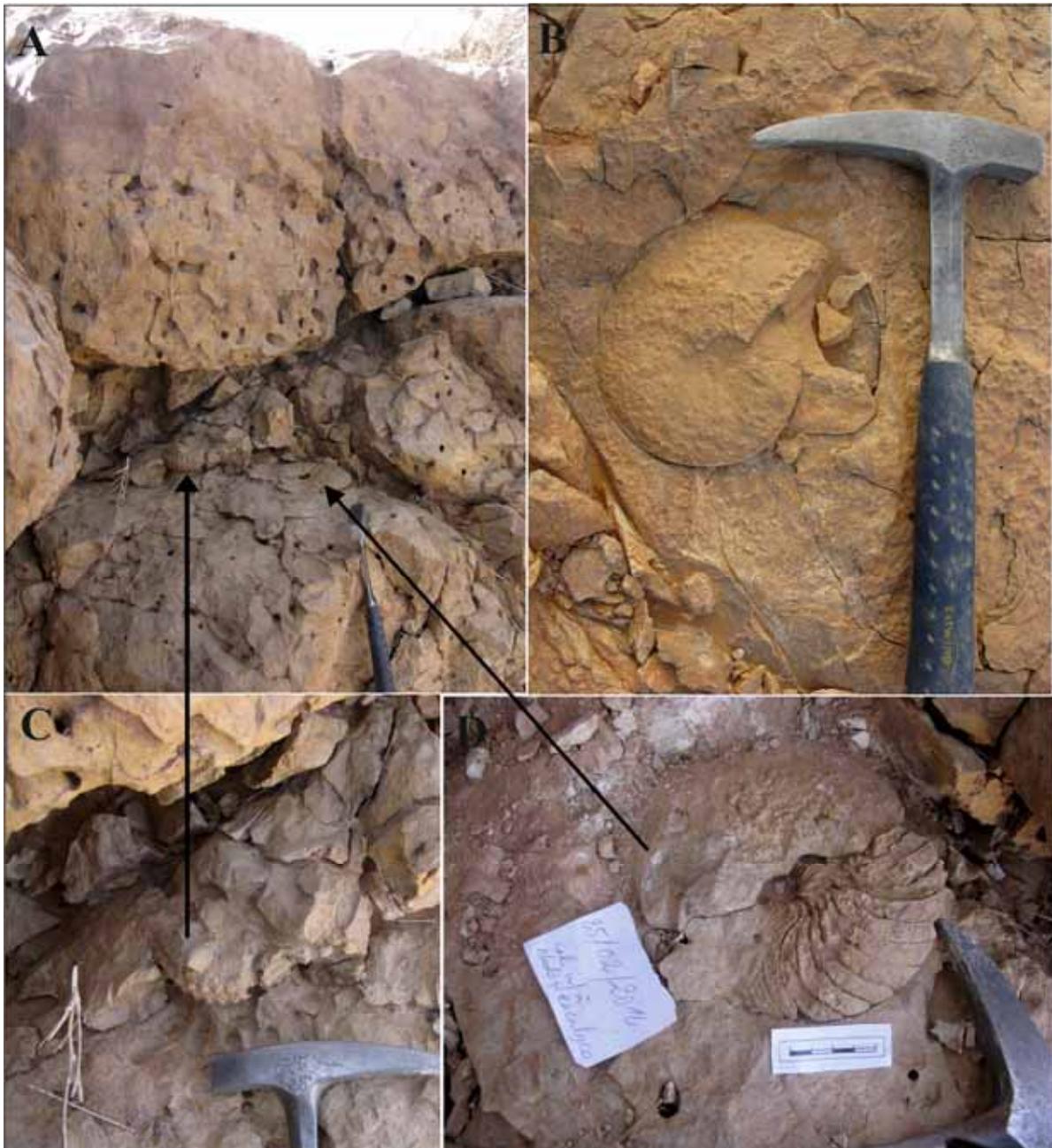


Figure 20. Illustrations photographiques des « Calcaires à *Neolobites* » (A). *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny) (B), *Cunningtoceras tinrhertense* (Collignon) (C). Nautilus *Angulithes mermeti* Coquand (D) en place.

### c- Unité des « Calcaires à *Vascoceras* »

En continuité sédimentaire sur les « Calcaires à *Neolobites* » vient se superposer les « Calcaires à *Vascoceras* ». Il s'agit d'une succession de strates calcaires indurées, parfois blanchâtres et crayeuses, admettant quelques lits marneux. Les surfaces structurales offrent des placages de faunes d'ammonites sur de très grandes surfaces (Figure 21).

Elle est marquée par une faune plus variée que la précédente où on signale la disparition de l'espèce index *Neolobites vibrayanus* (d Orbigny) ainsi que les autres espèces qui étaient associés avec elle et par conséquent l'apparition de l'espèce marqueur *Nigericeras gadeni* (Chudeau) avec une nouvelle association d'ammonite. Zaoui (2017) signale la présence de foraminifères planctoniques, de spicules de spongiaires et de crinoïdes pélagiques dans les lames minces examinées.

Cette unité se termine par une mince surface ferrugineuse à nodules de fer, de terriers ferrugineux, d'ammonites et d'autres fossiles indéterminables.



Figure 21. Photo montrant l'abondance des ammonites sur une surface d'un banc calcaire blanchâtre de l'Unité des « Calcaires à *Vascoceras* ».

#### 4.1.3. Les marnes médianes

Dans le paysage, cet ensemble lithologique se présente sous forme d'une combe marneuse débutant par une alternance marno-calcaires vers la base et admettant quelques

niveaux silicoclastiques vers le sommet. En plus de l'épaisse combe marneuse, cet ensemble lithologique montre :

**a- Unité des « Marno-calcaires à *Choffaticeras* »**

Cette unité est représentée par une alternance de calcaires beiges, centimétriques à décimétriques, de marnes verdâtres à ammonites du genre *Choffaticeras* associé à une nouvelle association d'ammonites (Figure 22). Selon Zaoui (2017), le microfaciès montre une micrite avec une abondance des espèces de foraminifères *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg) et *P. moremani* (Cushman) et de Rovéacrinides. Les bivalves et les gastéropodes deviennent rares dans cette unité.



Figure 22. Vue panoramique des Marnes médianes à l'Est d'Ohanet (A): 1. unité des « Calcaires à *Vascoceras*, 2. Unité des « Marno-calcaire à *Choffaticeras* », 3. les « Marnes verdâtre », 4. Calcaires supérieurs, des *Choffaticeras* en place (B et C).

### **b- Marnes verdâtre**

Cette unité est à dominance marneuse avec quelques intercalations de calcaires et parfois de grès fin d'ordre centimétriques, renfermant quelques rares ammonites du genre *Choffaticeras* (Figure 22-23).



Figure 23. Vue panoramique montrant la partie supérieure des Marnes médianes et les Calcaires supérieurs : 1. Marnes verdâtre, 2. Formation des calcaires supérieurs

#### **4.1.4. Les Calcaires supérieurs**

Ces calcaires forment une barre carbonatée repère dans le paysage de la Hamada du Tinrhert. Ils sont constitués par des bancs de calcaires dolomitiques décimétriques (Figure 24) à fantômes de bioclastes (Zaoui, 2017).

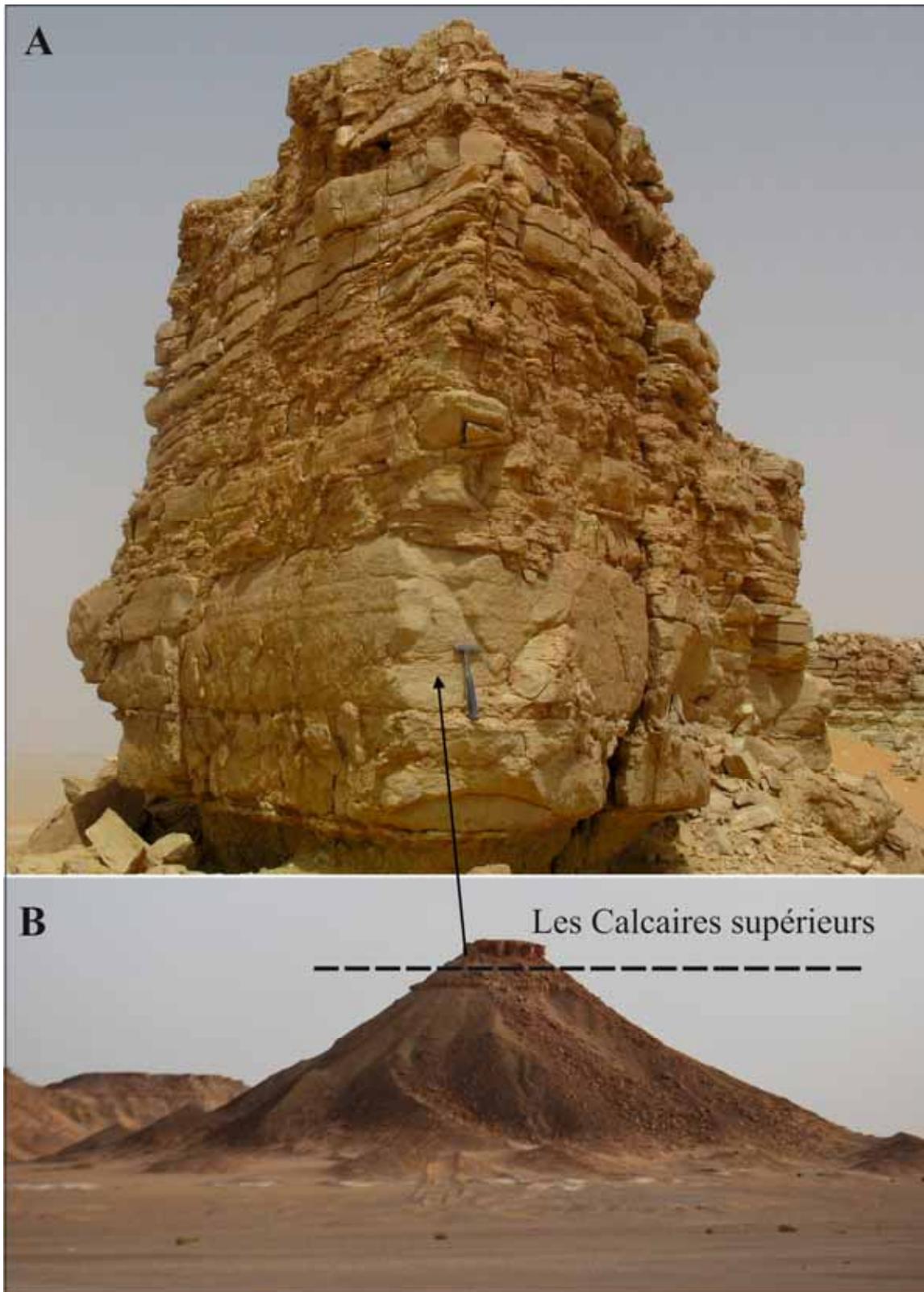


Figure 24. Vues panoramiques et de détail de la Formation des Calcaires supérieurs

## 4.2. Description paléontologique

Les travaux de terrain effectués dans la région d'Ohanet ont permis de récolter plusieurs associations macrofaunistiques (Zaoui, 2017) constituées de mollusques, d'échinodermes et de traces fossiles. Chaque unité lithologique a livré une association caractéristique. Dans cette partie du mémoire, on se limite à la citation de ces différentes associations.

### 4.2.1. Faune des « Calcaires Pré-*Neolobites* »

Elle est présente et figurée par des bivalves et gastéropodes associés à des terriers et bioclastes.

**Huitres:** *Ceratostreon flabellatum* (Goldfuss)

**Gastéropodes:** *Cimolithium tenouklense* (Coquand)

### 4.2.2. Faune des « Calcaires à *Neolobites* »

Elle est abondante et représentée essentiellement par des ammonites, de nautilus, de lamellibranches, de gastéropodes, d'oursins et des traces fossiles.

**Ammonites :** *Neolobites vibrayanus* (Orbigny), *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon), *Calycoceras (C.) navicu/are* (Mantell),

**Nautilus :** *Angulithes mermeti*.

**Bivalves :** *Plicatula auressensis* Coquand, *P. ferryi* Coquand, *Neithea (N.) dutrugi* (Coquand), *Arctica picteti* (Coquand).

**Huitres :** *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis vesiculosa* (Sowerby). *Costagyras olisiponensis* (Sharpe) et *Exogyra conica* (Sowerby).

**Oursins :** *Heterodiadema libycum* (Desor). *H. ouremense* Loriol, *Tetragramma variolare* (Brongniart).

**Gastéropodes :** *Aporrhais dutrugi* (Coquand), *Harpagodes heberri* (Thomas & Péron), *Tylostoma* sp.

### 4.2.3. Faune des « Calcaires à *Vascoceras* »

Elle est représentée essentiellement par des ammonites et rare macrofaune.

**Ammonites :** *Nigericeras gadeni* (Chudeau), *Fikaites laffitei* (Collignon), *F. subtuberculatus*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *P. grecoi*, *Vascoceras gamai* (Choffat), *V. cauvini* (Chudeau), *V. glabrum* et *Rubroceras burroense* Cobban et al.

#### 4.2.4. Faune des Marno-calcaires à *Choffaticeras*

Elle est représentée par :

**Ammonites :** *Choffaticeras (C.) sinaiticum* (Douvillé), *Choffaticeras meslei* Peron et *Pseudotissotia nigerensis* (Woods).

**Bivalves:** *Neithea* sp., *Granocardium* sp.

**Gastéropodes :** *Aptyxiella* sp. et *Tylostoma* sp.

**Oursins :** *Mecaster turonensis* (Fourtau) et *Mecaster* sp.

#### 4.2.4. Faune des « Marnes verdâtres »

La macrofaune fossile devient rare, elle est représentée par quelques ammonites, gastéropodes et oursins :

**Ammonites :** *Choffaticeras (C.) sinaiticum* (Douvillé)

**Gastéropodes :** *Tylostoma cassoni*

# **Chapitre 4**

## **Inventaire paléontologique et attributions stratigraphiques**

## 1. Introduction

Le Tinrhert oriental a révélé de nombreux sites fossilifères, que ce soit au Sud d'Ohanet dans les affleurements d'In Akhamil ou dans les corniches carbonatées et les combes marneuses à l'Est, au Nord et à l'Ouest d'Ohanet.

Les affleurements d'In Akhamil ont livré une faune représentée essentiellement par des restes de poissons, de dinosauriens associés à des restes fragmentaires indéterminables de vertébrés, de végétaux et d'invertébrés.

Les séries marno-calcaires d'Ohanet ont révélé une faune marine très variée constituée d'ammonites, de nautilus, de bivalves, de gastéropodes, d'oursins.

Le but de ce chapitre est de décrire les spécimens fossiles récoltés pour un but essentiellement stratigraphique. Pour la faune marine, seulement les ammonites et seulement les espèces index seront décrites dans cette partie, les espèces associées aux espèces marqueurs seront uniquement illustrées sans description.

## 2. Contenus fossilifères des affleurements d'In Akhamil

Les prospections faites sur la coupe d'In Akhamil ont permis de mettre à jour plusieurs niveaux fossilifères à restes fossiles de dinosauriens, de poissons, de restes de vertébrés indet., d'invertébrés et de végétaux (Tableau 1).

### 2.1 Les Dinosauriens

Le membre argilo-gréseux de la formation d'In Akhamil montre trois locus à vertébrés riche en débris d'Os et en dents isolées de dinosauriens. L'examen des spécimens récoltés a permis d'identifier les taxons suivants :

#### 2.2.1. Sauropsidiens, Théropode

Famille : Spinosauridae Stromer, 1915

Genre : *Spinosaurus* Stromer, 1915

Espèce : *Spinosaurus aegyptiacus* Stromer, 1915 (Figure 25)

#### Description

Les dents isolées de *Spinosaurus aegyptiacus* ont été récoltées dans les deux locus F2 et F3 du membre argilo-gréseux de la formation d'In Akhamil. Ces dents sont de forme conique et allongée et caractérisées par des crénulations réparties sur la longueur de la dent sur les carènes (Figure 25).

Les fossiles de Spinosaures signalés en Afrique du Nord, notamment dans la Sahara (Gabani et al., 2016), dans l'Atlas saharien occidentale (Belkou et Bouknounou, 2018) et dans le bassin du Guir (Benyoucef et Meister, 2015 ; Benyoucef et al., 2015) les plus communs sont trouvés sous forme de spécimens isolés (dents, os indet.). Les spécimens les plus complets ont été trouvés dans le Kem Kem sous forme de série de vertèbres cervicodorsales, de fragments de dentaires et de mandibules et os crâniens (Ibrahim et al., 2021).

Le *Spinosaurus* est un théropode bipède ayant vécu dans la partie supérieure du Crétacé inférieur et la base du Crétacé supérieur, Les spinosauridés étaient des animaux inhabituels par rapport à d'autres grands théropodes carnivores (Holtz et al., 2004 ; Hone et Holtz, 2017). Un animal semi-aquatique hautement spécialisé dans les proies aquatiques.

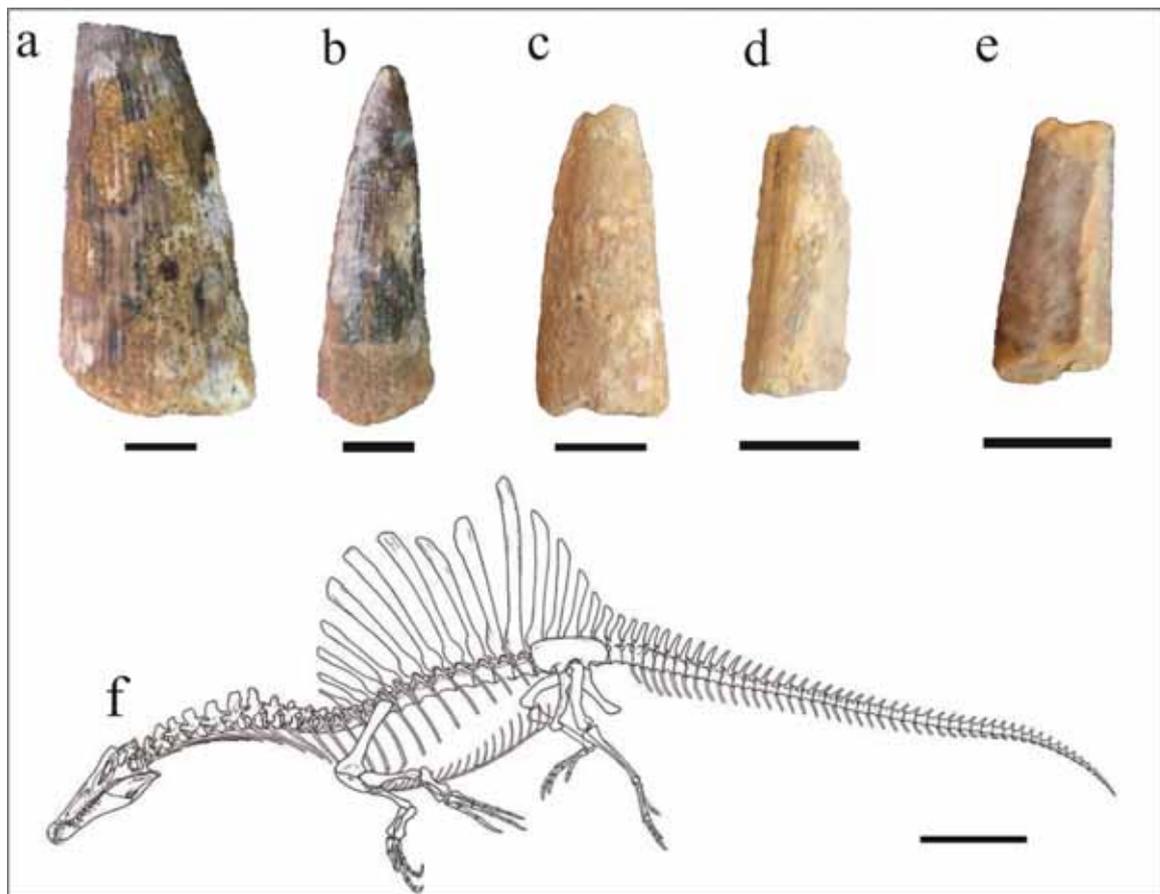


Figure 25. (a, b, c, d et e) dents isolées coniques de *Spinosaurus aegyptiacus* (barre d'échelle = 1 cm). (f) reconstitution du squelette de la même espèce (barre d'échelle = 1 m) d'après Ibrahim et al. (2021).

Famille : Carcharodontosauridae Stromer, 1931

Genre : *Carcharodontosaurus* Stromer, 1931

Espèce : *Carcharodontosaurus saharicus* Depéret & Savornin, 1925 (Figure 26)

### Description

Cette espèce est représentée par une demi-dent (Figure 26) récoltée dans le deuxième locus fossilifère (F2) de la Formation d'In Akhamil (Figure 9). Par ailleurs, quelques dents ont été signalées à Djoua (Gabani, 2008) et dans les Monts de Ksour dans la formation de Boudjihane par Belkou et Bouknounou (2018). Par contre, des parties squelettiques plus complètes constituées de maxillaires, de mandibules, d'éléments squelettiques postérieurs et de vertèbres ont été trouvées dans le Kem Kem (Ibrahim et al., 2021). Ce dinosaure représente un carnivore avec une longue et puissante mâchoire.

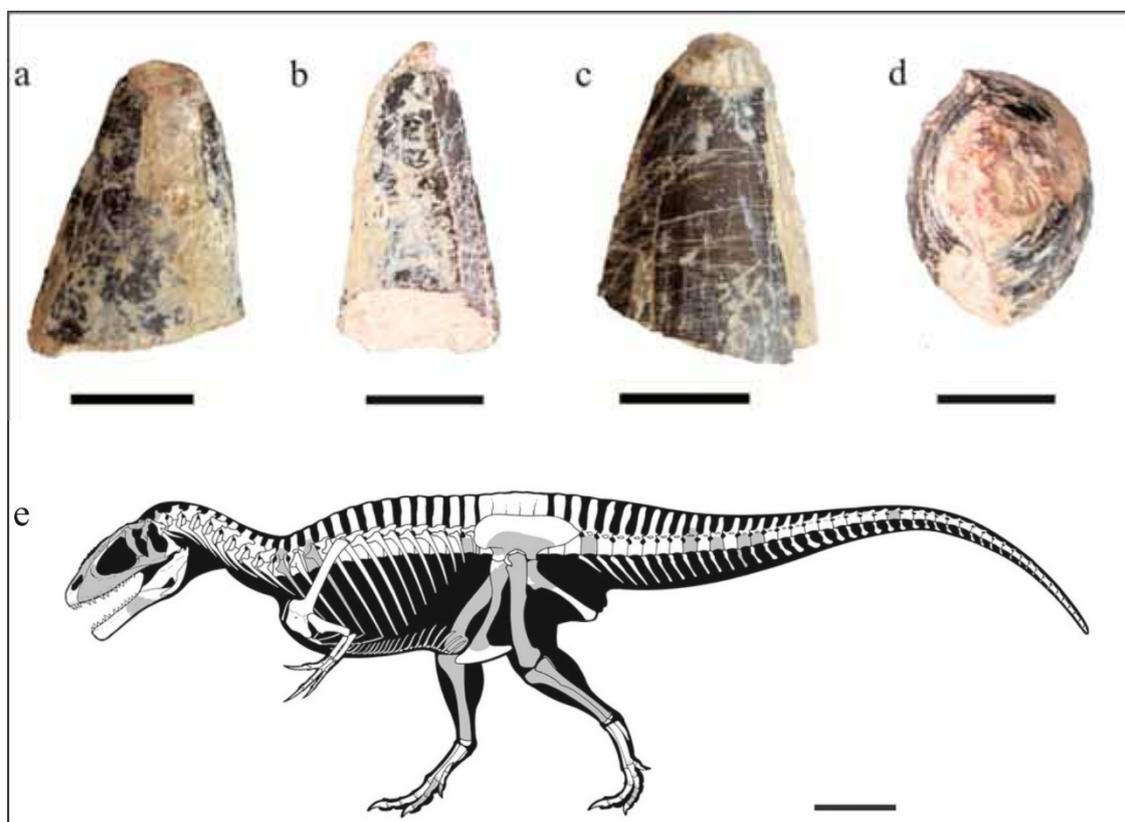


Figure 26. (a, b,c et d) fragment de dent de *Carcharodontosaurus saharicus* récolté dans le site d'In Akhamil (barre d'échelle = 1 cm). (e), reconstitution du squelette de la même espèce (barre d'échelle = 1 m) d'après Ibrahim et al. (2021).

## 2.2. Poissons

En plus des restes de dinosauriens et parmi les autres fossiles communs, on trouve également dans la formation d'In Akhamil des restes de dents, de vertèbres et d'écaillés d'une vaste variété d'espèces aquatiques représentant les classes des Chondrichthyens, des Sarcopterygiens et des Actinopterygiens (Tableau 1).

**Classe : Chondrichthyens**

**Ordre : Pristiformes**

Famille : Sclerorhynchidae Cappetta, 1980

Genre : *Onchopristis*, Stromer 1917

Espèce : *Onchopristis numidus* Haug, 1905 (Figure 27)

**Description : Dents rostrales**

Les dents et fragments de dents d'*Onchopristis numidus* (poisson scie) sont souvent le taxon le plus commun parmi les dents récupérées. Elles ont été trouvées dans les deux membres de la formation d'In Akhamil. Elles sont rostrales et leur couronne est longue, courbée et effilée. Elles ont été trouvées également dans le bassin du Guir (Benyoucef, 2012), dans l'Atlas saharien occidental (Belkou et Bouknounou, 2018) et dans le Kem Kem (Cavin et al., 2010 ; Ibrahim et al., 2021). Ce poisson mesurait jusqu'à 8 m de long (Figure 27).

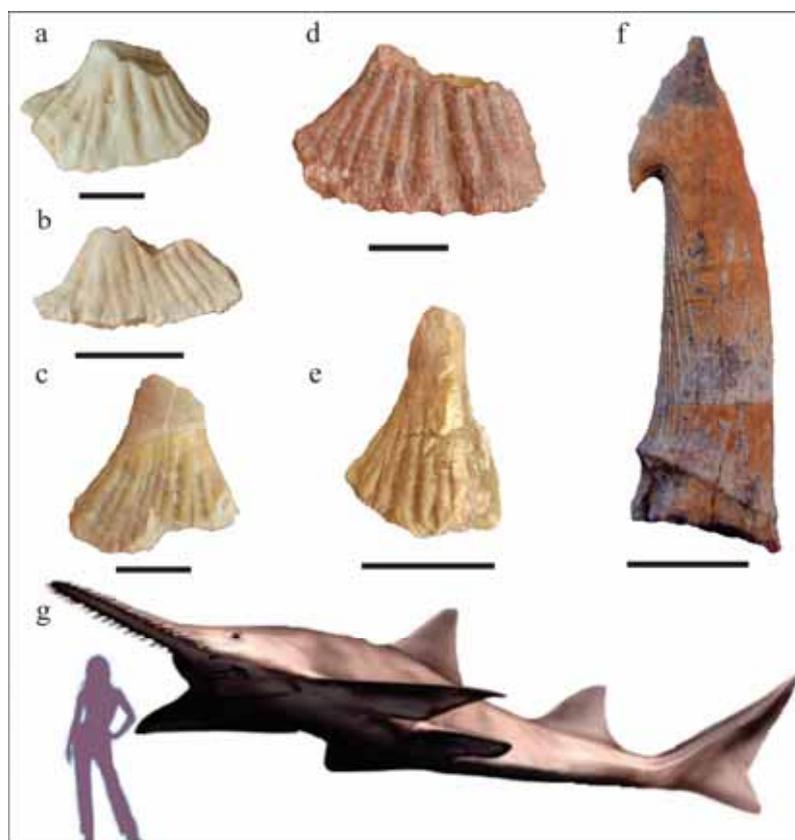


Figure 27. (a,b,c,d,e) Bases de dents rostrales et (f) dent rostrale avec couronne portant un crochet d'*Onchopristis numidus* trouvées à In Akhamil. (Barre d'échelle = 1 cm). (g) reconstitution d'*Onchopristis numidus* ([http://spinops .blogspot.com/2014/03/onchopristis-numidus.html](http://spinops.blogspot.com/2014/03/onchopristis-numidus.html) ).

**Description : Vertèbres isolées**

Également, ces vertèbres sont parmi le matériel le plus commun trouvé dans la formation d'In Akhamil (Figure 28). Elles sont en général de différente taille (0.8 à 3.4 cm) et caractérisées par une forme plate, plus ou moins circulaire et discoïde (Figure 29). Elles ont été rattachées au genre *Platyspondylus* (Tabaste, 1963 ; Gabani et al., 2016). Récemment des fragments de crânes et plusieurs vertèbres antérieures, en connexion, ont été trouvés dans le Kem Kem (Ibrahim et al., 2021), en associations avec les rostrs de dents et les dents buccales d'*Onchopristis numidus* ce qui confirme plutôt que ces vertèbres se rapportent plutôt à cette espèce.

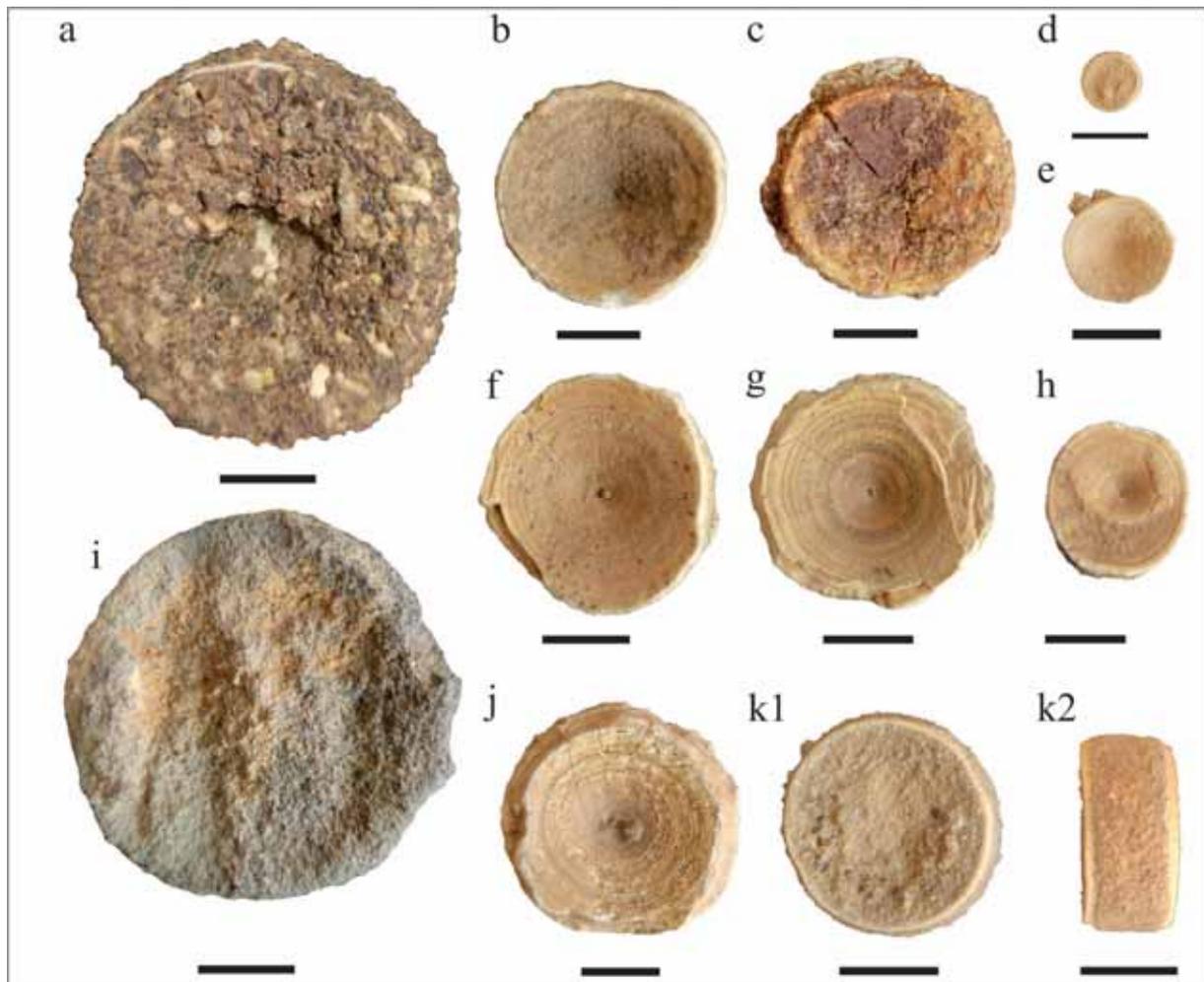


Figure 28. (a à k). Vertèbres discoïdes d'*Onchopristis numidus* récoltés dans le site d'In Akhamil. (Barre d'échelle = 1cm).

**Classe : Sarcopterygii**

**Ordre : Ceratodontiformes**

Dipneustes (Dipnoi)

Famille : Ceratodontidae Gill, 1872

Genre: *Ceratodus* Agassiz, 1837

Espèce : *Neoceratodus africanus* (Haug, 1905) (Figure 29)

**Description**

De nombreuses plaques de dentition de ce taxon ont été récoltées dans les niveaux détritiques de la formation d’In Akhamil. Elles sont de différentes tailles (2 cm à 7.5 cm) et caractérisées par des crêtes profondément incisées et obliques caractéristiques de l’espèce (Figure 29). Elles ont été trouvées aussi dans la formation de Boudjihane (Belkou et Bouknounou, 2018), dans le bassin du Guir (Benyoucef et al. 2012, 2014) et dans le Kem Kem (Ibrahim et al., 2021). Elles ont été initialement identifiées comme *Ceratodus africanus* (Haug 1905, Tabaste 1963, Martin 1984). Plus récemment, ces fossiles ont été révisés et identifiés comme *Neoceratodus africanus* (Cavin et al., 2015).

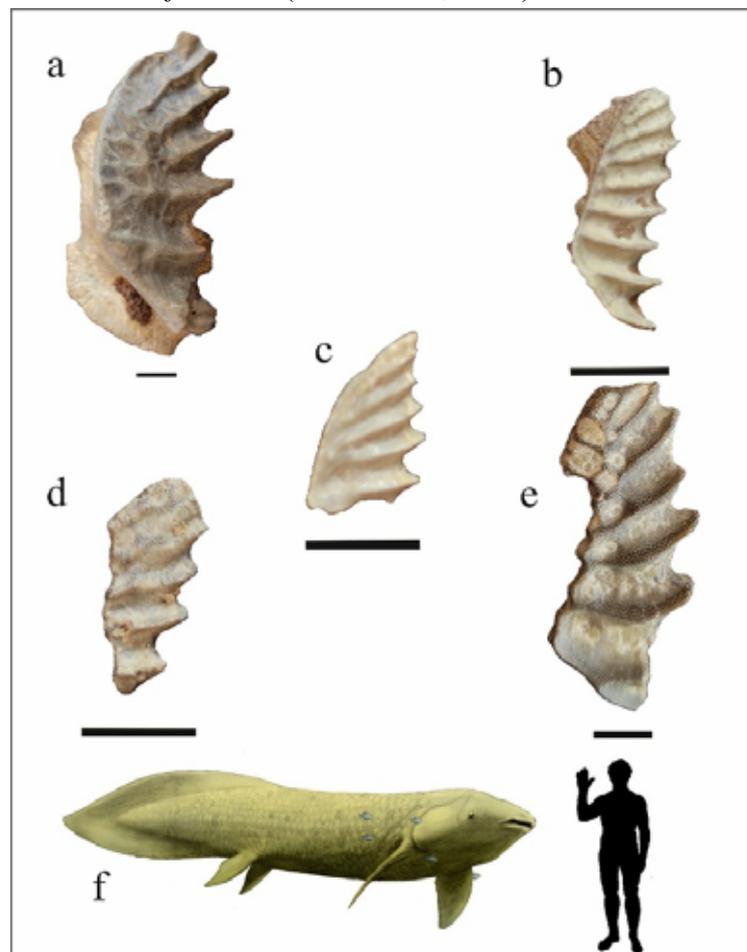


Figure 29. (a-e) Variation de la taille des plaques de dentition de *Neoceratodus africanus* (Barre d'échelle = 1 cm), (f) reconstitution du poisson dipneuste (<https://bestiarium.kryptozoologie.net/artikel/fossile-riesenfische-teil-2-riesenlungenfische/>).

**Classe : Actinopterygii**

**Ordre : Semionotiformes**

Famille : Semionotidae sensu Wenz, 1999

Genre: *Lepidotes* Agassiz, 1832

Espèce : *Lepidotes* sp. (Figure 30)

### Description

Dans les niveaux microconglomératiques de la formation d'In Akhamil ont été récoltées des écailles de poissons ganoïdes avec une forme losangique recouverte par de la dentine (Figure 30). Des écailles similaires ont été trouvées dans le bassin du Guir (Benyoucef, 2012) et dans la formation de Boudjihane des monts de Ksour (Belkou et Bouknoun ou, 2018).

Selon Gallo (2005), *Lepidotes* avaient une distribution presque mondiale et sur une longue période allant du Trias tardif au Crétacé supérieur.

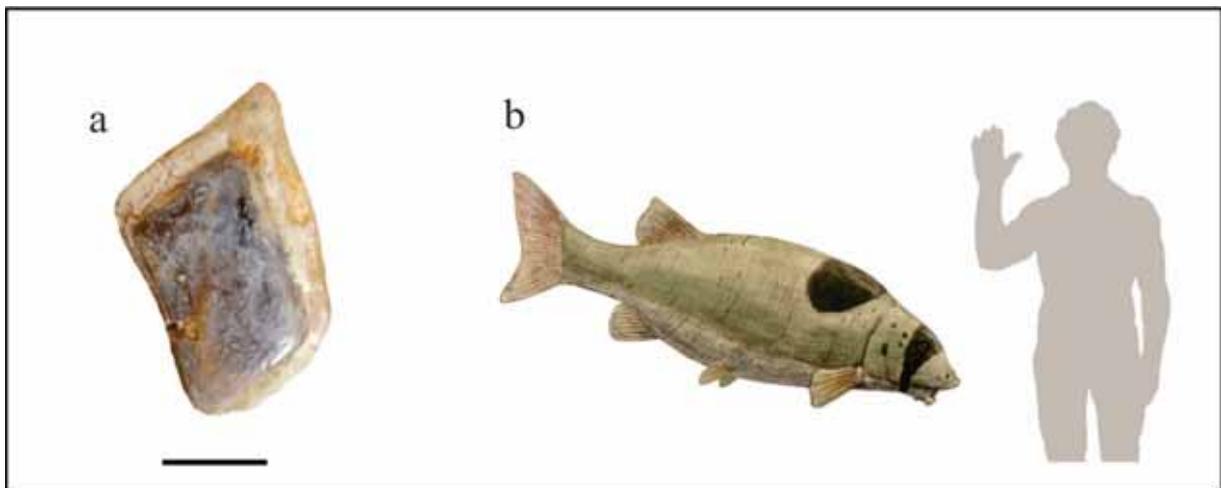


Figure 30. (a) écailles de *Lepidotes* sp. (Barre d'échelle = 1 cm) trouvée dans les microconglomérats de la formation d'In Akhamil (b) reconstitution du poisson (<https://www.deviantart.com/hyrotrioskjan/art/Lepidotes-pankowskii-48717>).

**Ordre : Amiiformes**

Genre et espèce indet. (Figure 31)

**Description**

Plusieurs dents isolées de poissons ont été récupérées dans le résidu de lavage de l'échantillon F2 de microconglomérat traité par la méthode Attaque-Acide-Rinçage-Lavage et tri. Ce sont des dents en forme conique, dont la racine n'est pas conservée, de poissons actinoptérygiens qui se rapprochent essentiellement de celles des Amiiformes (Figure 31). Ces derniers sont un ordre de poissons à nageoires rayonnées (actinoptérygiens) et qui abondent au Crétacé.

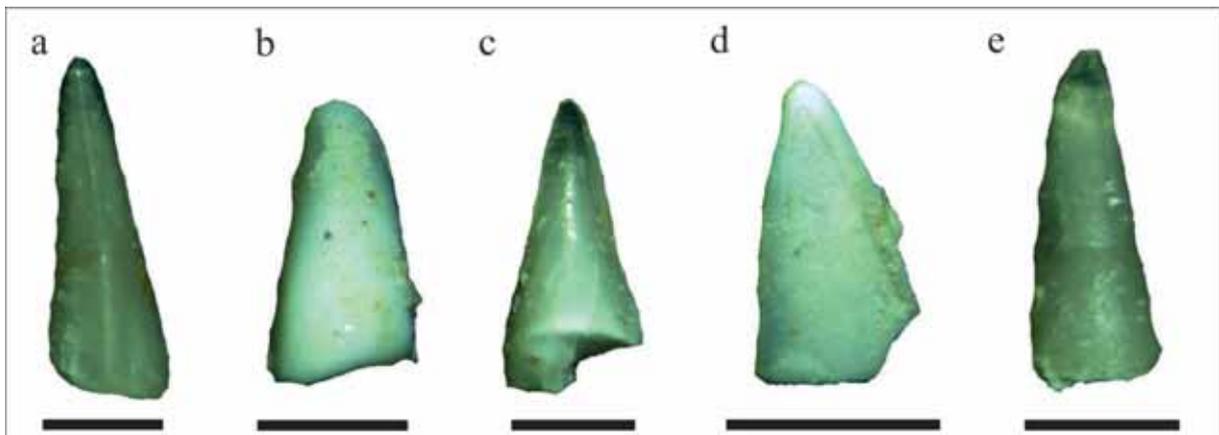


Figure 31. Dents de poissons Actinopterygiens Amiiformes indet. (Barre d'échelle = 0.5 mm).

**Ordre : Pycnodontiformes Berg, 1937**

Genre et espèce indet. (Figure 32)

**Description**

Il s'agit de dents isolées de différentes tailles et de forme circulaire à ovale et généralement aplaties (Figure 32). Elles ont été récoltées dans le membre argilo-gréseux de la formation d'In Akhamil. Les pycnodontes sont signalés aussi dans les dépôts marins du bassin du Guir (Benyoucef, 2012) et par la présence de restes fossiles désarticulés dans les dépôts du Kem Kem (Ibrahim et al., 2021).

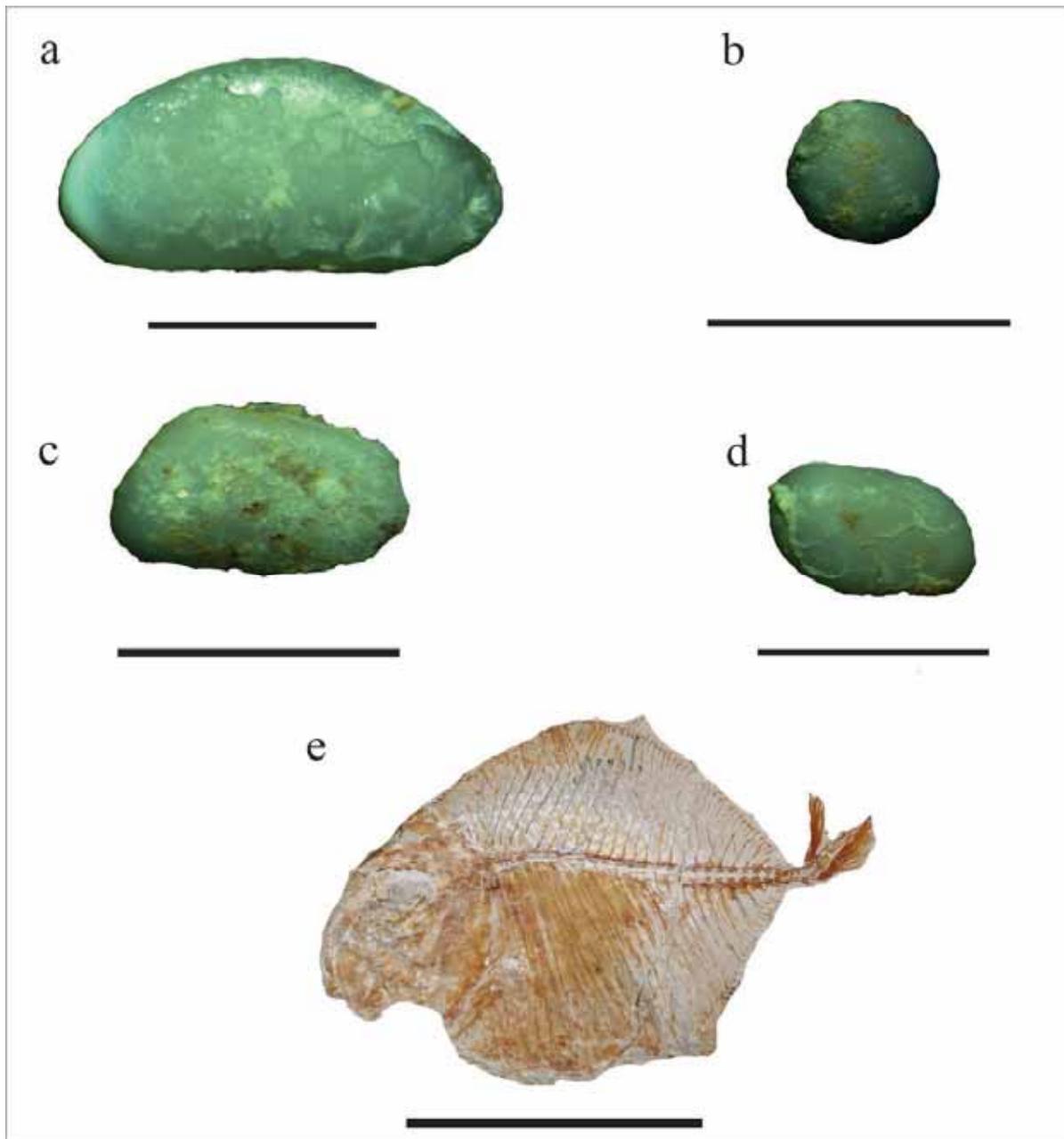


Figure 32. (a-d) Dents isolées de pycnodontes de la région d'In Akhamil (barre d'échelle = 1mm). (e) poisson pycnodonte (<https://expo-hakel.com/product/pycnodont-01r/>.modifier). (Barre d'échelle = 10cm).

### 2.3. Restes de vertébrés indéterminés

Parmi les fossiles récoltés à In Akhamil plusieurs restes fragmentaires indéterminés ont été trouvés. Il s'agit de fragments d'os indéterminés (Figure 33a-b).

#### 2.4. Traces d'activités fossiles, coprolithes

Les niveaux grésos-microconglomératiques du membre inférieur de la formation d'In Akhamil nous ont livré des coprolithes spiralés de vertébrés (Figure 33c).

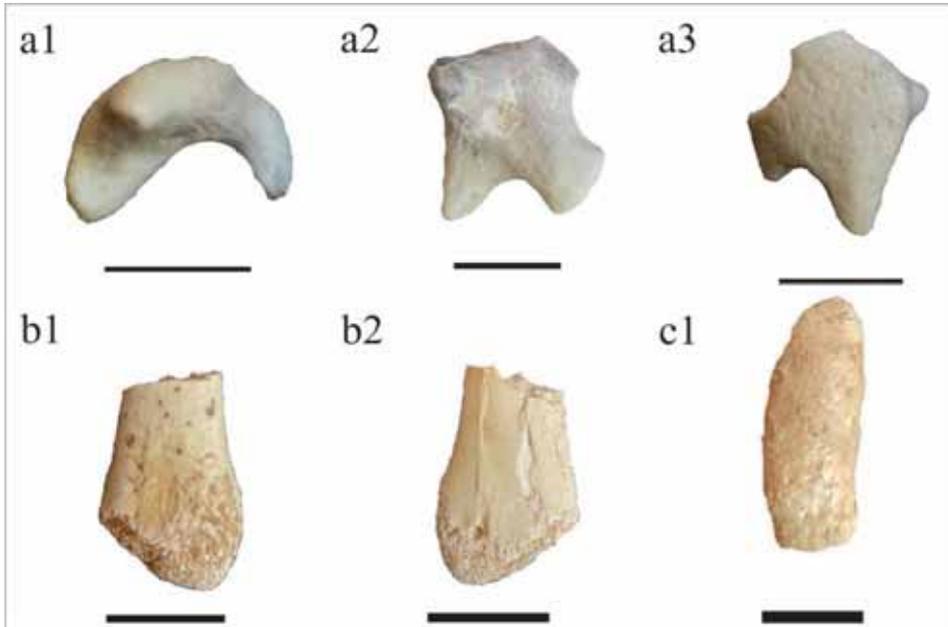


Figure 33. (a) Fragments probablement de dent indéterminée –(b) Fragment d'os indéterminé, (c) coprolithe spiralé récolté à In Akhamil. (Barre d'échelle = 1cm).

#### 2.5. Invertébrés

La partie inférieure du membre Argilo-grésocalcaire de la formation d'In Akhamil renferme un niveau de calcaire à moules internes de lamellibranches (bivalves indéterminés subovale plus long que haute) et de gastéropodes (Figure 34).

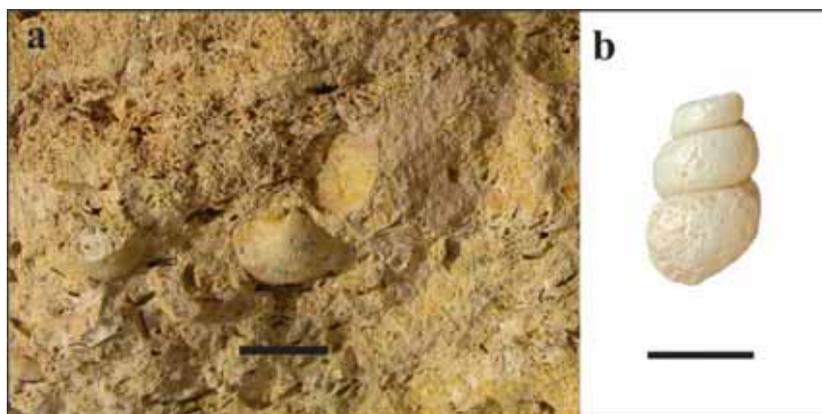


Figure 34. (a) Moules internes et fragments de lamellibranches et (b) de gastéropodes trouvés dans le membre Argilo-grésocalcaire de la formation d'In Akhamil.

## 2.6. Restes de végétaux fossiles

Des fragments de bois fossiles et des graines de différentes tailles ont été récoltés dans les deux membres inférieur et moyen de la formation d'In Akhamil (Figure 35). Malgré le bon état de conservation de ces graines, on n'a pas pu encore les déterminer.

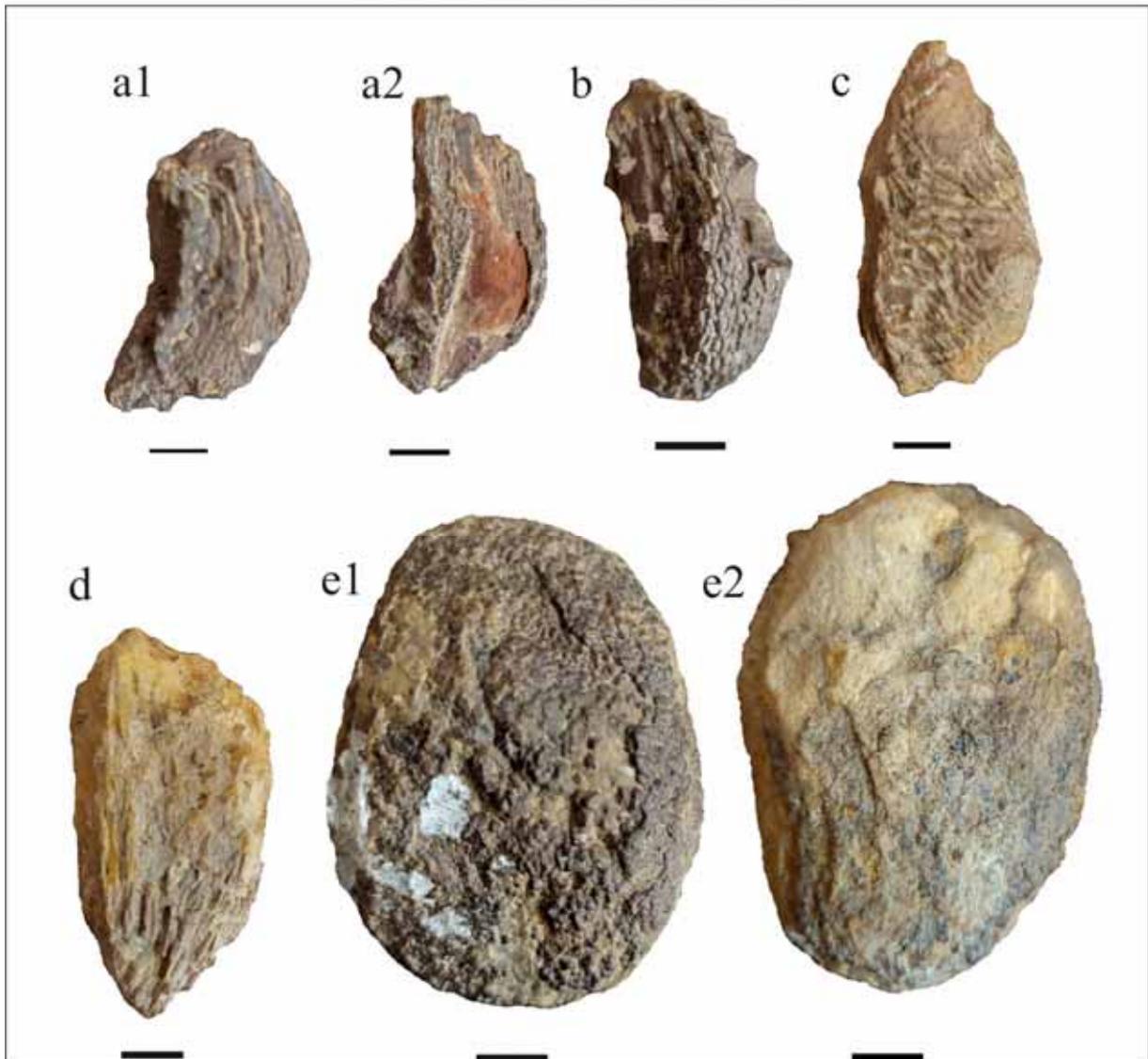


Figure 35. (a-b) bois fossile. (c-e) graines végétales indéterminées (Barre d'échelle = 1 cm).

### 3. Contenus fossilifères des affleurements d'Ohanet

Dans cette partie, seulement les espèces d'ammonites index voire caractéristiques de zones sont décrites, les espèces associées aux espèces marqueurs seront illustrées sans description.

#### 3.1. Ammonites

##### Ordre : Ammonitida

Famille : Engonoceratidae Hyatt, 1900

Genre : *Neolobites* Fischer, 1882

Espèce : *Ammonites vibrayeanus* Orbigny, 1841

(Figure 36)

1841. *Ammonites vibrayeanus* Orbigny, pl. 96, figs. 1-3.

1996. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Amédéo et al., figs. 7C-D.

2019. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) – Hocine, fig. 15.

##### Description

Les spécimens de cette espèce ont été trouvés dans les « Calcaires à *Neolobites* » d'abord associés à *Cunningtoceras tinrhertense* et au nautilite *Angulithes mermeti* puis vers le sommet associé à l'espèce *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Figure 36).

La coquille montre un enroulement involute avec une ornementation atténuée, à lignes de sutures caractéristiques dont les lobes et selles sont simples, la vue ventrale est aplatie.

##### Stratigraphie et paléogéographie de l'espèce

La présence de *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) seule indique le Cénomanién supérieur basal (Meister et al., 1992 ; Zaoui et al., 2018). Elle a été trouvée dans les « Calcaires à *Neolobites* » d'Ohanet en association d'abord avec *Cunningtoniceras tinrhertense* et le nautilite *Angulithes mermeti* puis avec l'ammonite *Calycoceras (Calycoceras) naviculare*. Elle a été trouvée dans des sédiments semblables sur le rebord Nord téthysien (Péninsule ibérique, France) et au Sud de la Téthys (Égypte, Tunisie, Algérie, Maroc) et caractérise ainsi la transgression mondiale du Cénomanién supérieur (Busson et al., 1999).

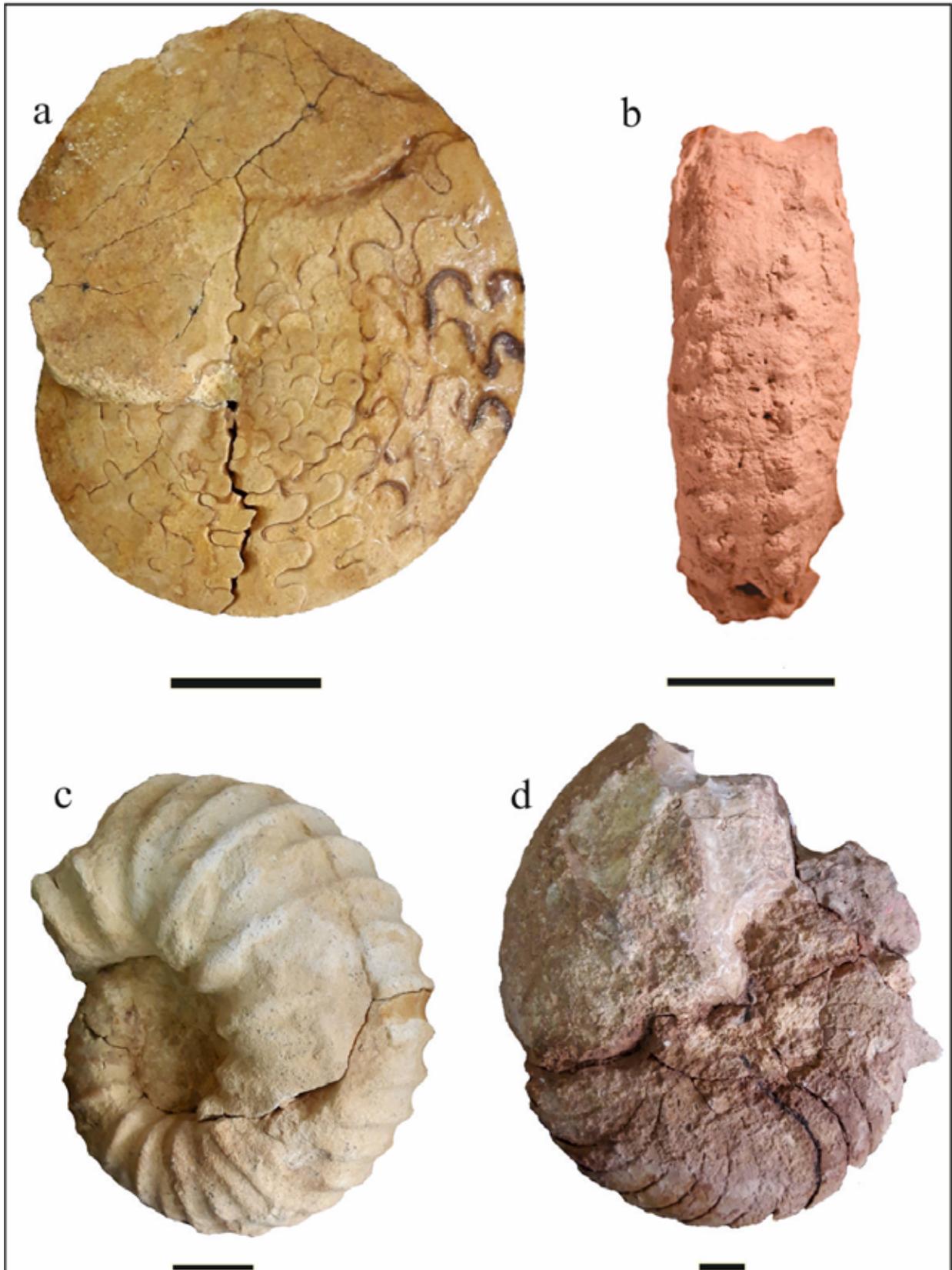


Figure 36. Vue latérale de *Neolobites vibrayeanus* (a); vue ventrale de *Cunningtoceras tinrhertense* (b); vue latérale de *Calycceras (Calycceras) naviculare* (c); d'*Angulithes mermeti* (d) (Barre d'échelle = 2cm).

Famille : Acanthoceratidae De Grossouvre 1894

Genre *Nigericeras* Schneegans, 1943

Espèce : *Nigericeras gadeni* Chudeau, 1909

(Figure 37)

1909. *Acanthoceras* ? *gadeni* Chudeau, pl. 3, fig. 6.

1943. *Nigericeras lamberti* Schneegans, pl. 6, figs 1-5, 7, text.-figs 3-4.

1965. *Nigericeras jacqueti* var. *crassecostata* Collignon, pl. E, fig. 4, a-b

2018. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) – Zaoui et al., fig. 9 (C-D).

2019. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) – Hocine, fig. 18

### **Description**

Cette espèce a été trouvée d'abord seule dans les « Calcaires à *Vascoceras* », succédant aux « Calcaire à *Neolobites* », puis en association avec *Rubroceras burroense*, *Vascoceras* aff. *glabrum*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides*, *Pseudaspidoceras grecoi*, *Fikaites subtuberculatus*, *Fikaites laffitei*, *Vascoceras gamai* et *Vascoceras cauvinii* (Figure 37-38).

Cette espèce possède une coquille platycône-discocone montrant des lignes de sutures complexes (Figure 38). Ses flancs sont légèrement bombés avec des côtes simples et des tubercules effacés.

### **Stratigraphie et paléogéographie de l'espèce**

L'espèce *Nigericeras gadeni* apparait dans les affleurements d'Ohanet après les *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus*. Elle indique la partie supérieure du biozone à *Metoicoceras geslinianum* du Cénomanién supérieur. Elle a été enregistrée en Afrique du Nord le long de la Mer transsaharienne (Meister et al., 2012 ; Hocine, 2019).

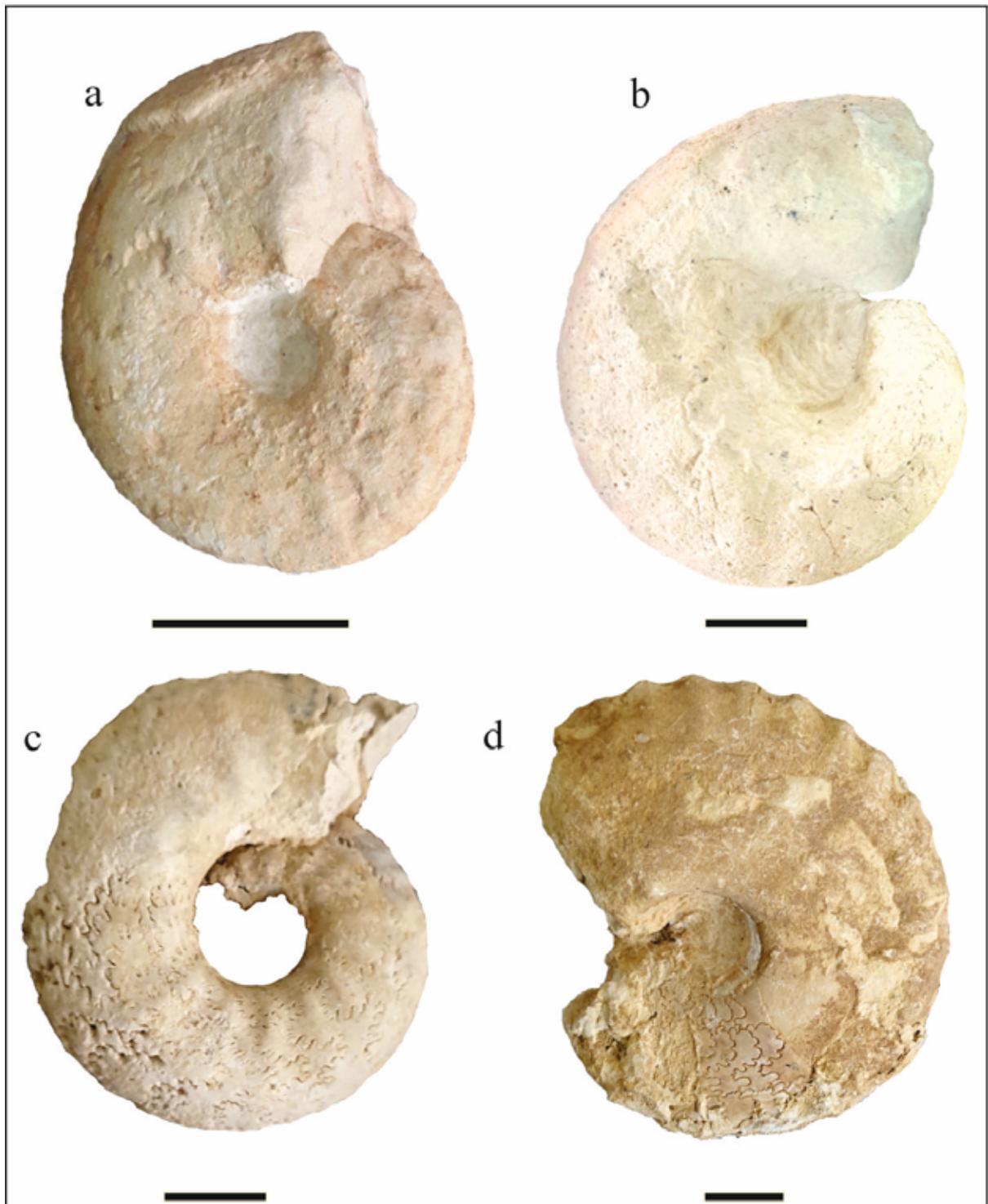


Figure 37. Vue latérale de *Nigericeras gadeni* (a), *Vascoceras* aff. *Glabrum* (b); *Vascoceras gamai* (c); *Vascoceras cauvini* (d). (Barre d'échelle = 2 cm).

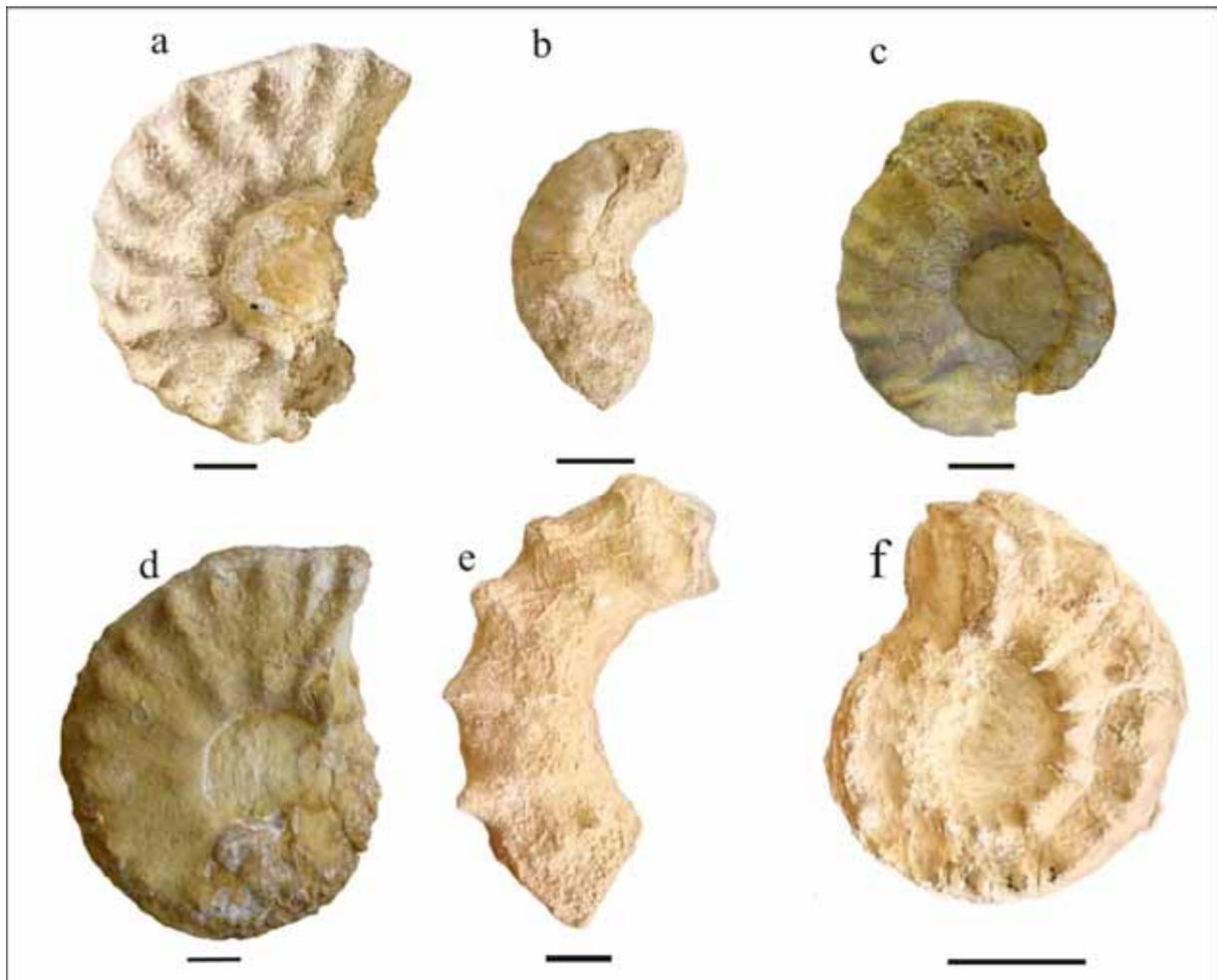


Figure 38. Vue latérale de *Fikaites subtuberculatus* (a); *Fikaites laffitei* (b); *Rubroceras burroense* (c); *Pseudaspidoceras grecoi* (d); *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (e-f). (Barre d'échelle = 2 cm).

Famille : Pseudotissotiidae Hyatt, 1903

Genre : *Pseudotissotia* Peron, 1897

Espèce : *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods, 1911)

(Figure 39)

### Description

De rares spécimens de *Pseudotissotia nigeriensis* ont été trouvés dans l'unité des « Calcaires à *Choffaticeras* » associés à *Fagesia peroni*, *Choffaticeras sinaiticum* et *Choffaticeras melsei* (Figure 39a).

La coquille de *Pseudotissotia nigeriensis* est involute avec des lignes de sutures complexes où les selles sont larges et dentelées alors que l'ombilic est profond (Figure 39).

### **Stratigraphie et paléogéographie de l'espèce**

*Pseudotissotia nigeriensis* marque la base du Turonien inférieur et la biozone à *Watinoceras coloradoense* (Meister et al., 2003 ; Zaoui et al., 2018). Elle a été La coquille de ce spécimen se présente sous forme de grand disque aplati où les lignes de sutures sont complexes. Elle est caractérisée par une vue ventrale tranchante et par un mur ombilical vertical profond (Figure 40c).

signalée en Algérie (Tinrhert, monts des Ksour), au Nigéria, au Niger et en Amérique du Sud.

Famille : Pseudotissotiidae Hyatt, 1903

Genre : *Choffaticeras* Hyatt, 1903

Espèce : *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé, 1912

(Figure 39)

### **Description**

La plupart des spécimens de *Choffaticeras sinaiticum* trouvés sont fragmentaires et rarement en formes complètes. Cette espèce a été trouvée dans l'unité des « Calcaires à *Choffaticeras* » d'Ohanet en association avec *Pseudotissotia nigeriensis* et *Choffaticeras melsei*.

### **Stratigraphie et paléogéographie de l'espèce**

*Choffaticeras sinaiticum* indique le Turonien inférieur en Syrie, en Egypte, en Tunisie, en Algérie, en France et en Espagne.

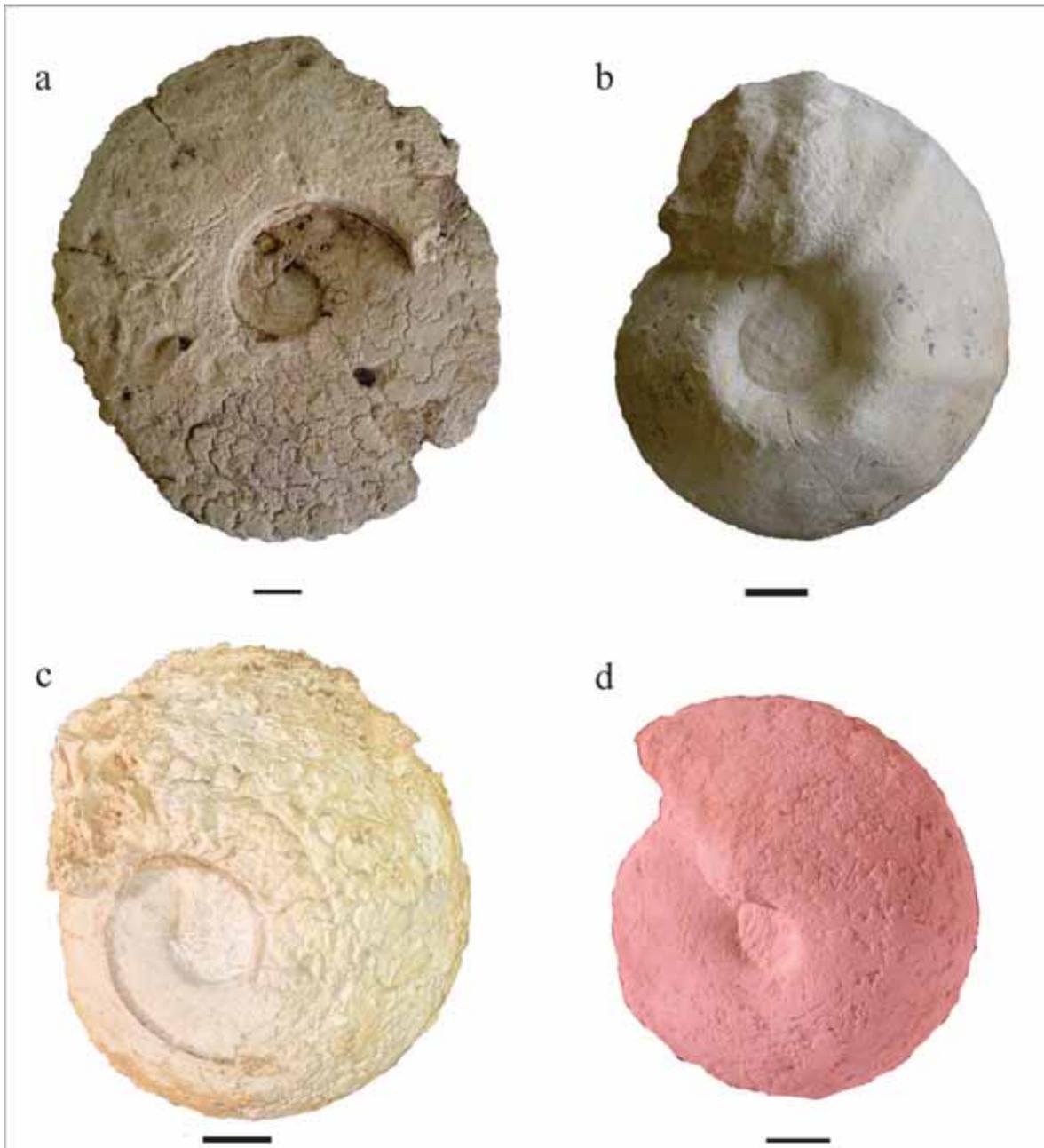


Figure 39. Vue latérale de *Pseudotissotia nigriensis* (a) ; *Fagesia peroni* (b) ; *Choffaticeras sinaiticum* (c) ; *Choffaticeras melsei* (d) (Barre d'échelle = 2cm).

#### 4. Conclusions stratigraphiques

##### 4.1. Attribution stratigraphique des affleurements d'In Akhamil

La plupart des vertébrés fossiles trouvés dans la formation d'In Akhamil (sud d'Ohanet) ont été signalés également dans plusieurs formations géologiques de l'Afrique du Nord (Figure 40 et 42, Tableau 1) datées de l'Albien (Bassoullet, 1973 ; Taquet, 1976; Wenz, 1980). Cette première attribution stratigraphique (Albien) a été basée sur la comparaison de la faune trouvée dans la Formation de Bahariya (Égypte) datée à ce stade de l'Albien et dans la

formation de Santana du Brésil. L'âge de cette dernière est très discuté : Salgado et al. (2009) lui donne un âge Albien, Martill (2007) lui attribue un âge probablement Cénomaniens. Par ailleurs, les travaux de Schrank, (1991 et 1992) et Le Loeuff et al. (2012) réattribue les niveaux à vertébrés de la Formation de Bahariya au Cénomaniens.

Cavin et al. (2001 et 2010), confirmèrent un âge cénomaniens inférieur aux « Kem Kem beds » (Maroc) en se basant sur l'étude des vertébrés trouvés dans ses sédiments.

En Algérie, les niveaux trouvés à la base de la série crétacée du Guir (Benyoucef et al., 2014 et 2015) et ceux de la Formation de Tiout (Belkou et Boukounou, 2018) situés dans les monts de Ksour (Oued Boudjihane) ont été réattribués au Cénomaniens inférieur.

Les anciens travaux sur les vertébrés trouvés au Sud d'Ohanet (Djoua) de Lapparent (1960), de Tabaste (1963), de Wenz (1975), de Martin (1981) ont tous assigné un âge Crétacé inférieur à cette faune.

Enfin, la formation d'In Akhamil semble avoir un âge Cénomaniens inférieur car sa faune de vertébré montre de forte ressemblances avec celle des formations (Figure 41) de Bahariya (Égypte) datée par les microfossiles (Schrank, 1992), du Kem Kem (Maroc, Cavin et al., 2010), du Guir (Algérie, Benyoucef et al., 2014 et 2015) et celle de Djoua (Tinrhert Gabani et al., 2016).

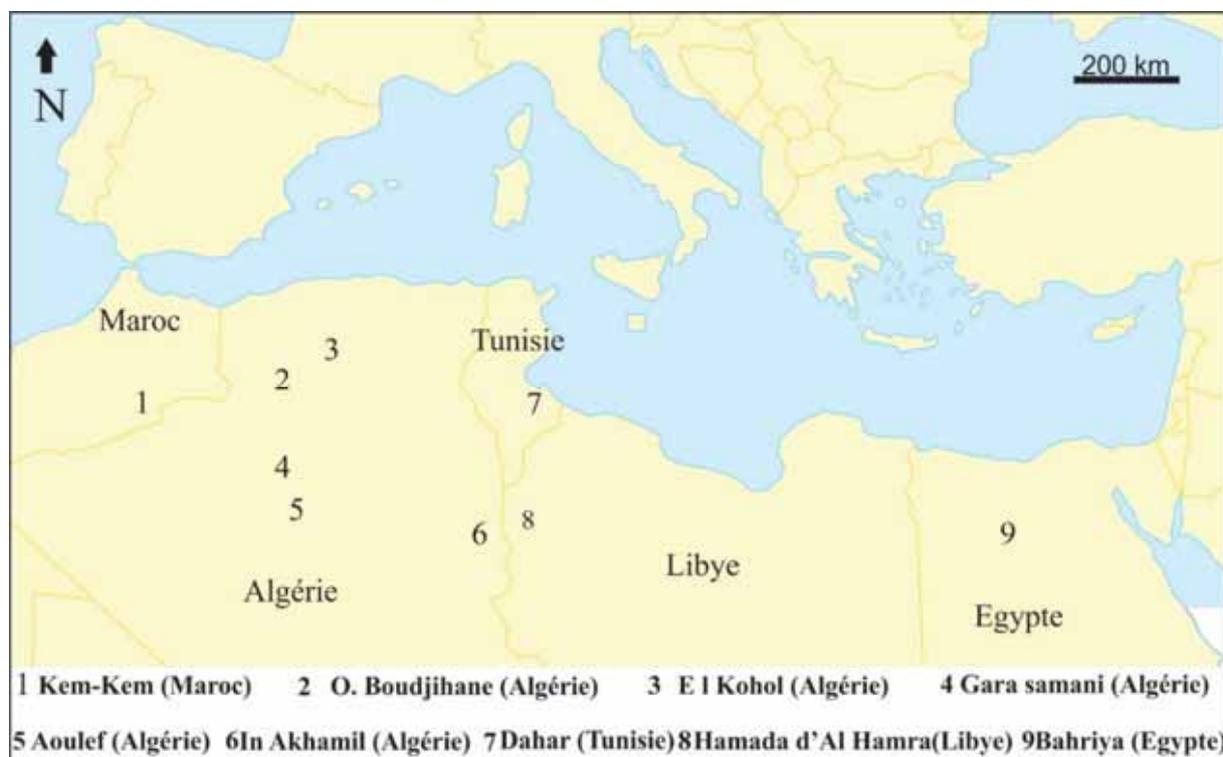


Figure 40. Carte géographique montrant quelques gisements de vertébrés d'âge Crétacé (Cénomaniens inférieur) en Afrique du nord.

Gisements  Fossiles	Atlas saharien		Sahara Algérien					Présent travail
	Oued Boudjhan	El Kohol	Tinimoune	Gara Samani	Aoulef	In Akhamil	Oued Amereg	In Akhamil
<b>Poissons</b>								
<b>Chondrichthyens</b>								
<i>Heterodontus</i> sp.		X						
<i>Hylaeobatis</i> sp.		X						
<i>Hybodus</i> sp.				X			X	
<i>Platyspondylus</i>			X			X	X	
<i>Onchopristis numidus</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Marckgrafia</i> sp.		X						
<b>Ostéichthyens</b>								
<b>Sarcopterygiens</b>								
<i>Neoceratodus africanus</i>								X
<i>Ceratodus africanus</i>	X	X		X		X	X	
<i>Ceratodus homei</i>				X				
<i>Ceratodus tiguidiensis</i>				X				
<i>Ceratodus tuherculatus</i>								
<i>Ceratodus pectinatus</i>						X		
<i>Ceratodus protopleroides</i>				X				
<i>Mawsonia</i> sp.	X			X			X	
<b>Actinopterygiens</b>								
Amiiformes indet.								X
<i>Lepidotes</i> sp.	X	X	X	X		X	X	X
Pycnodonte indet	X	X						X
<i>Enchodus</i> sp.	X							
<i>Brachiosaurus nougarodi</i>					X			
<i>Stephanodus zilleli</i>		X						
<b>Sauropsidiens Dinosauria</b>								
<i>Rebbachisaurus garashal</i>					X			
<i>Carcharodontosaurus saharicus</i>	X	X	X	X			X	X
<i>Braharijasaurus</i> sp.					X			
<i>Spinosaurus aegyptiacus</i>							X	X
<i>Deltadromerus</i> sp.							X	
<i>Megalosaurus saharicus</i>								
<i>Paralititan</i> sp.								
<b>Reptiliens Crocodylia</b>								
<i>Libycosuches breyvirostris</i>								
<i>Stromatosuchus inermus</i>								
<i>Mesosuchien</i> indet.								
<b>Restes de vertébrés indet.</b>								X
<b>Mollusques</b>								
Bivalve indet.								X
Gasteropode indet								X
<b>Traces d'activités fossiles</b>								
Coprolithe								X
terriers								
<b>Restes de végétaux fossiles</b>								
Bois fossiles silicifiées								X
Graines indet.								X

Tableau 1. Répartition géographique des sites à vertébrés fossiles du Crétacé (Cénomaniens inférieur) en Algérie (Gabani et al., 2016, modifié et complété).

## 4.2. Attribution stratigraphique des affleurements d'Ohanet

La répartition verticale des ammonites dans la coupe d'Ohanet a montré la présence et la succession de plusieurs associations d'ammonites et a permis d'actualiser les attributions stratigraphiques formulées par Amédro et al. (1996) et de confirmer celles de Zaoui (2017) et de Hocine (2019) (Figure 41 et 42; Tableau 2):

- L'apparition de l'espèce *Neolobites vibrayeanus* seule puis en association avec *Cunningtoceras tinrhertense* et le nautilite *Angulithes mermeti* ensuite avec *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* dans les « Calcaires à *Neolobites* » marque la partie inférieure de la zone à *Calycoceras guerangeri* selon Zaoui (2017) et Hocine (2019) et ainsi confère à cette unité et aux « Calcaires pré-*Neolobites* » un âge Cénomaniens supérieur basal.

- L'arrivée de l'espèce *Nigericeras gadeni* dans les « Calcaires à *Vascoceras* » seul puis en association avec *Rubroceras burroense*, *Vascoceras* aff. *glabrum*, *V. gamai*, *V. cauvinii*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides*, *P. grecoi*, *Fikaites subtuberculatus* et *F. laffitei*, correspondrait à la sous-zone à *Burroceras clydense* (zone à *Metoicoceras geslinianum*) d'après Zaoui (2017) et Hocine (2019) ainsi rattache cette unité des « Calcaires à *Vascoceras* » à la partie moyenne et supérieur du Cénomaniens supérieur.

- Les spécimens de *Pseudotissotia nigeriensis* succédant aux associations d'ammonites précédentes trouvés dans les « Calcaires à *Choffaticeras* » et dans les « Marnes verdâtres » (Marnes médianes) associés à *Fagesia peroni*, *Choffaticeras sinaiticum* et *Choffaticeras melsei* caractérisent, d'après Zaoui (2017) et Hocine (2019), la sous-zone à *V. (Greenhornoceras) birchbyi* (zone à *Watinoceras coloradoense*) et attribuent cette formation au Turonien inférieur.

Enfin, les Calcaires supérieurs succédant aux Marnes médianes, datés du Turonien inférieur, n'ont pas livrés de faune dans le Tinrhert oriental et occidental. Cependant, un âge Turonien supérieur n'est pas à exclure pour cette formation.

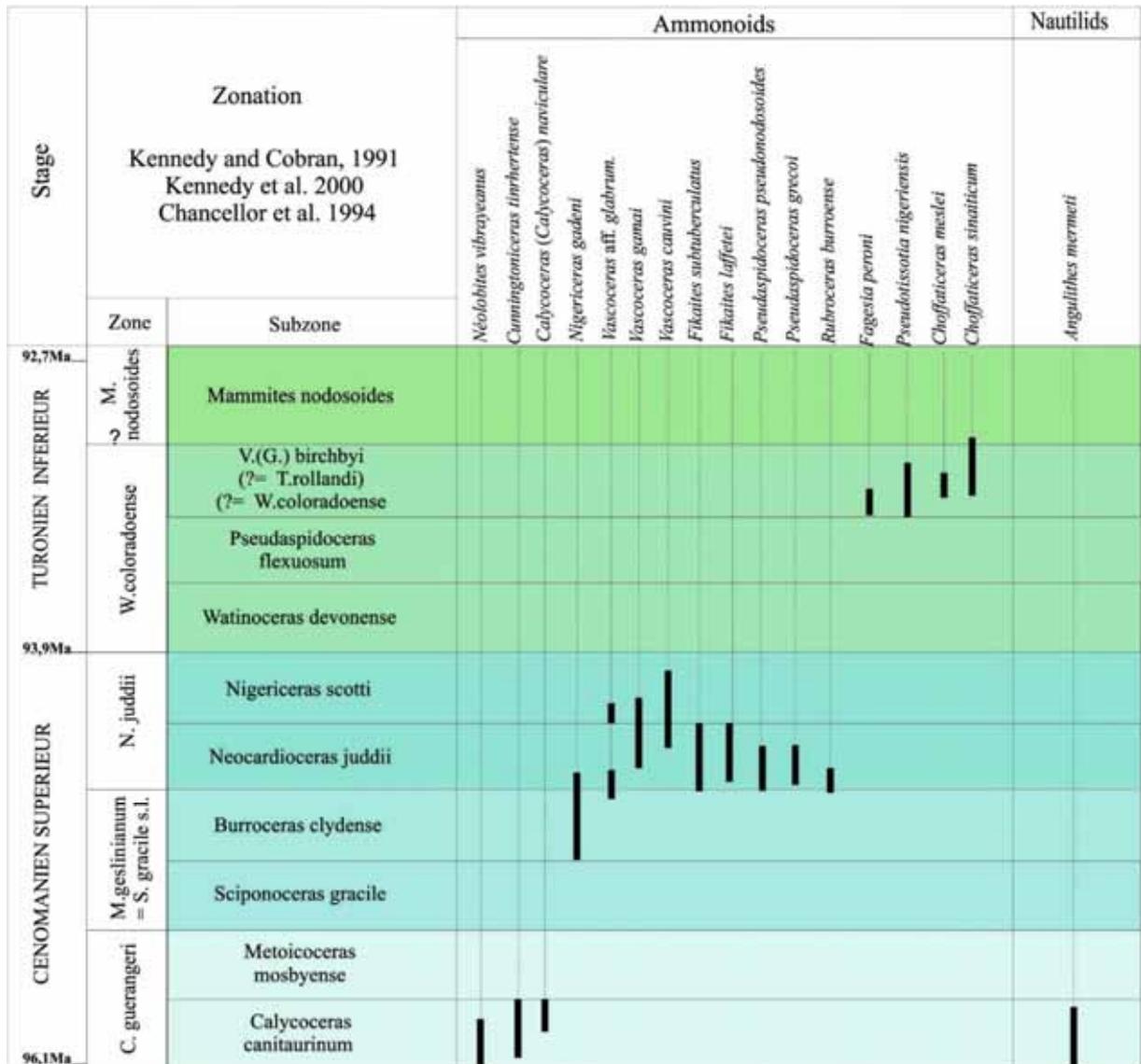


Figure 41. Répartition verticale des ammonites dans la partie Est du plateau de Tinrhert (Hocine, 2019)

Age	Travaux	Tinrhert		Tinrh. oriental
		Amédéo et al.1996	Zaoui et al. 2018	Présent travail
	Céphalopodes			
Turonien inférieur	<i>Choffaticeras meslei</i>		X	X
	<i>Choffaticeras sinaiticum</i>		X	X
	<i>Pseudotissotia nigeriensis</i>	X	X	X
	<i>Fagesia peroni</i>		X	X
	<i>Hoplitoides wohtmanni</i>		X	
	<i>Choffaticeras pavillieri</i>		X	
	<i>Choffaticeras</i> sp.	X	X	
	<i>Eotissoria simplex</i>		X	
	<i>Kamerunoceras turoniense</i>		X	
Cénomaniens supérieur	<i>Metengonoceras dumbli</i>		X	
	<i>Rubroceras burroense</i>		X	X
	<i>Vascoceras aff. glabrum</i>		X	X
	<i>Vascoceras cauvini</i>	X	X	X
	<i>Vascoceras gamai</i>	X	X	X
	<i>Pseudaspidoceras</i> sp.		X	
	<i>Pseudaspidoceras grecoi</i>	X	X	X
	<i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i>		X	X
	<i>Fikaites</i> sp.		X	
	<i>Fikaites subtuberculatus</i>	X	X	X
	<i>Fikaites laffitei</i>	X	X	X
	<i>Nigericeras gadeni</i>	X	X	X
	<i>Placenticeras kaffrarium</i>		X	
	<i>Forbesiceras cf. largilliertianus</i>		X	
	<i>Eucalycoceras</i> sp.		X	
	<i>Eucalycoceras pentagonum</i>	X	X	
	<i>Calycoceras (proeucalycoceras)</i> sp.		X	
	<i>Calycoceras (Calycoceras) naviculare</i>	X	X	X
	<i>Angulithes mermeti</i>		X	X
	<i>Cunningtoniceras tinrhertense</i>	X	X	X
<i>Neolobites (vibrayeanus) brancai</i>	X	X		
<i>Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus</i>	X	X	X	

Tableau 2. Tableau illustrant un inventaire des céphalopodes fossiles récoltés dans le Tinrhert et dans la région d’Ohanet (présent travail).

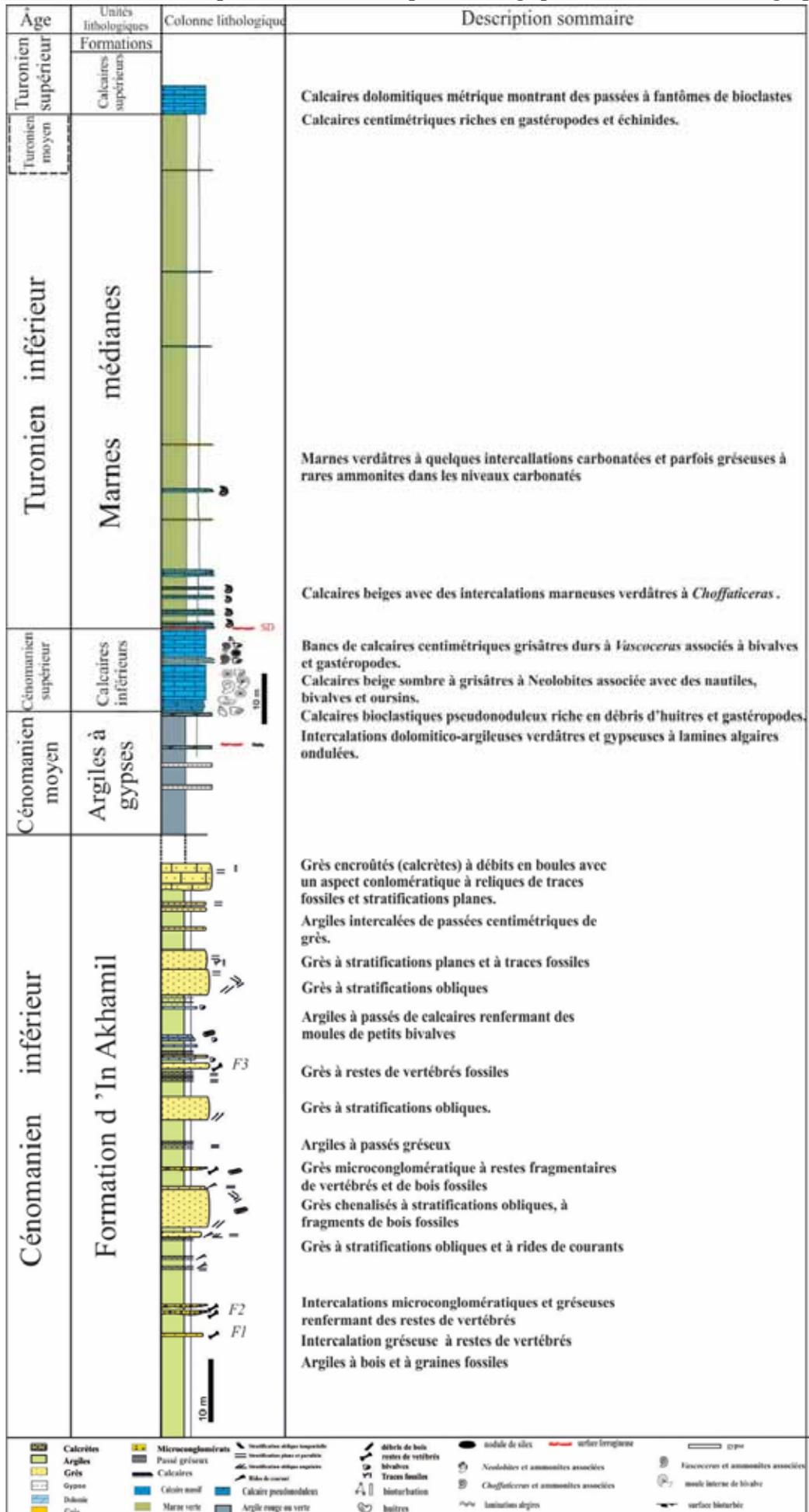


Figure 42. Colonne lithostratigraphique synthétique des formations affleurant à In Akhamil et à Ohanet attribuées aux Cénomaniens et Turoniens.

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

L'étude géologique des affleurements réputés continentaux situés dans la région d'In Akhamil et ceux marins affleurant dans la localité d'Ohanet a permis de réaliser une étude synthétique sur le plan lithologique, paléontologique et stratigraphique.

Les caractères lithologiques (essentiellement détritiques) et paléontologiques des affleurements d'In Akhamil nous ont permis de définir une seule unité lithostratigraphique dite Formation d'In Akhamil. Cette dernière a été subdivisée en trois membres : un membre argilo-gréseux, un membre argilo-gréso-calcaire et un membre gréso-calcaire. Les deux premiers membres, ont livré une riche faune constituée de restes de vertébrés fossiles désarticulés représentés par des Sauropsidiens théropodes (*Spinosaurus aegyptiacus*, *Carcharodontosaurus saharicus*), de poissons Chondrichthyens (*Onchopristis numidus*), de Sarcopterygiens (*Neoceratodus africanus*), d'Actinopterygiens (*Lepidotes* sp., Pycnodonte indet. et Amiiiformes indet.), des restes d'os indéterminables avec des fragments de bois fossiles et de graines indéterminées à ce jour. Cette faune montre de fortes ressemblances avec celle des formations datées du Cénomaniens inférieur de Bahariya (Égypte), celle du Kem Kem (Maroc), celle du Guir (Ouest de Béchar, Algérie) et celle de Djoua (Tinrhert). Ainsi, la formation d'In Akhamil semble avoir plutôt un âge Cénomaniens inférieur que Crétacé inférieur (Albien). Sur le plan paléoenvironnementale, le contenu paléontologique formé d'espèces terrestres, aquatiques et végétaux ainsi que les caractères sédimentologiques confèrent à la base de cette formation un milieu fluvial qui évolue vers sa partie supérieure à un milieu littoral.

L'examen de la série sédimentaire qui affleure dans la localité d'Ohanet a permis aussi de distinguer quatre formations à caractères lithologiques distincts qui ont livré une faune pélagique et benthique variée :

- (1) La Formation des Argiles à gypse datée du Cénomaniens moyen sans arguments paléontologiques, elle a livré aux auteurs précédents des restes d'algues appartenant aux Clypéines ;

- (2) La Formations des Calcaires inférieurs: elle a été subdivisée, selon le contenu en ammonites, en trois unités informelles : Les « Calcaires pré-*Neolobites*, les « Calcaires à *Neolobites* » et les « Calcaires à *Vascoceras* ». Ces unités renferment respectivement trois associations d'ammonites : une première association caractérisée par l'espèce *Neolobites vibrayanus* seul puis associés à *Cunningtoceras tinrhertense*, nautilie *Angulithes mermeti* et *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* ; une deuxième marquée par l'arrivée seule de l'espèce *Nigericeras gadeni* dans les « Calcaires à *Vascoceras* » ; une troisième marquée par

la présence de *N. gadeni* en association avec les espèces *Rubroceras burroense*, *Vascoceras* aff. *glabrum*, *V. gamai*, *V. cauvinii*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides*, *P. grecoi*, *Fikaites subtuberculatus* et *F. laffitei*. Celles-ci indiquent un âge Cénomaniens supérieur à la Formation des Calcaires inférieure.

- (3) Formation des Marnes médianes : relativement riche en faune dans sa partie inférieure, nous l'avons subdivisée en deux unités informelles : les « Calcaires à *Choffaticeras* » et les « Marnes verdâtres ». Cette formation a livré une seule association d'ammonites représentée par *Pseudotissotia nigeriensis*, *Fagesia peroni*, *Choffaticeras sinaiticum* et *Choffaticeras melsei* qui marque le Turonien inférieur.

- (4) La Formation des Calcaires supérieurs n'a pas livré de fossiles index, elle pourrait être attribuée au Turonien supérieur ?.

Enfin la limite Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur semble se situer entre la disparition de l'espèce *Vascoceras cauvinii* (LAD) et l'apparition de *Pseudotissotia nigeriensis* (FAD).

Enfin, l'ensemble de ces résultats nous ont permis d'établir une coupe synthétique du Cénomaniens et du Turonien du Tinrhert oriental (In Akhamil, Ohanet).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

**Adaci, M., Bensalah, M., Tabuce, R., Fateh, M., Marivaux, L., Otero, O., Zaoui, D., Benyoucef, M., Mahboubi, M., 2016.** L'écène continental du complexe de Gour Lazib (Sahara nord-occidental, Algérie). *Mémoire de service géologique de l'Algérie* n° 19, pp. 63-89, 7 fig., 2 tabl., 3 pl.

**Albanesi, C., Busson, G., 1974.** Gastéropodes du Crétacé supérieur du l'extrême-sud Tunisien et de la région du Tinrhert (Sahara Algérien), *Riv. Ital. Paleont.*, v.80, n.2, Milano, pp. 251-342.

**Amard, B., Collignon, M., Roman, J., 1981.** Etude stratigraphique et paléontologique du Crétacé supérieur et Paléocène du Tinrhert-W et Tademaït-E (Sahara algérien). *Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, H. S. 6 : pp. 15-173.

**Amédro, F., Busson, G., Cornée, A., 1996.** Révision des ammonites Du Cénomanién supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert (Sahara algérien): implications biostratigraphiques. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 4e`me Série, 18, sect. C, pp. 179–232.

### B

**Bassoulet, J.P., 1973.** Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharién occidental (Algérie). *Thèse d'État*, Université de Paris, p. 497.

**Belkou, A., Bouknounou, A., 2018.** Étude lithostratigraphique et paléontologique de la Formation de Tiout dans la vallée d'Oued Boudjihane (Monts des Ksour). *Mémoire de Master*, université de Tlemcen, p. 50.

**Bensalah, M., 1989.** L'écène continental d'Algérie : importance de la tectogenèse dans la mise en place des sédiments et des processus d'épigénie dans leur transformation, *thèse de doctorat* université de Lyon, France p. 145.

**Benyoucef, M., Meister, C., 2015.** Lithostratigraphic evolution, facies analysis and depositional environment of the Cenomanian-lower Turonian in the Guir area, Southwestern Algeria. *Cretaceous Research* 53, pp. 68-88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2014.10.009>.

**Benyoucef, M., 2012.** Le bassin crétacé du Guir (Sud-Ouest algérien): caractérisations litho-biostratigraphiques, sédimentologiques et paléogéographiques. *Thèse de Doctorat*. Université de Tlemcen, Algérie, p. 220.

- Benyoucef, M., Adaci, M., Meister, C., Lang, E., Malti, F., Mebarki, K., Cherif, A., Zaoui, D., Benyoucef, A., Bensalah, M., 2014.** Le “Continental intercalaire” dans la région du Guir (Algérie): nouvelles données paléontologiques, ichnologiques et sédimentologiques. *Revue de Paléobiologie* 33, pp. 281-297.
- Benyoucef, M., Lang, E., Cavin, L., Mebarki, K., Adaci, M., Bensalah, M., 2015.** Overabundance of piscivorous dinosaurs (Theropoda: Spinosauridae) in the mid-Cretaceous of North Africa: The Algerian dilemma. *Cretaceous Research* 55, pp. 44-55.
- Benyoucef, M., Zaoui, D., Adaci, M., Ferré, B., Meister, C., Piuz, A., El Qot, G M., Mennad, A., Tchnar, S., Bensalah, M., 2019.** Stratigraphic and sedimentological framework of the Tinrhert (Cénomanién-Turonien, SE Algeria). *Cretaceous Research* 98, pp. 95-121.
- Bouhassoun, M., Mennad, O., 2020.** Etude lithostratigraphique et inventaire du Cénomanién-Turonien de la partie occidentale du plateau de Tinrhert (Sahara, Algérie). *Mémoire de Master*, p. 73.
- Busson, G., 1960.** Sur la coupe du Crétacé supérieur et de l’Eocène inférieur du Tinrhert central (Sahara algérien). *Travaux de Recherches sahariennes* 19, pp. 141-149.
- Busson, G., 1964.** Carte géologique de l’Algérie au 1/500 000ème. Feuille Fort-Flatters (publication du centre de recherches sur les zones arides, CNRS, Paris).
- Busson, G., 1969.** Sédimentation, transgression et paléogéographie sur les grandes plates-formes du Mésozoïque : l’exemple du Cénomanién Turonien du nord-est de la plate-forme saharienne et de Berbérie. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7 (XI), pp. 687-703.
- Busson, G., 1972.** Principes, méthodes et résultats d’une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. *Mémoires du Museum National d’Histoire Naturelle*, numéro spécial, Paris, p. 441.
- Busson, G., Dhondt, A., Amédro, F., Néraudeau, D., Cornée, A., 1999.** La grande transgression du Cénomanién supérieur-Turonien inférieur sur la hamada de Tinrhert (Sahara algérien): datations biostratigraphiques, environnement de dépôt et comparaison d’un témoin épicrotonique avec les séries contemporaines à matière organique du Maghreb. *Cretaceous Research*, 20, pp. 29-46.

## C

- Cavin, L., Boudad, L., Duffaud, S., Kabiri, L., Le Loeuf, J., Rouget, I., Tong, K., 2001.** L’évolution paléoenvironnementale des faunes de poissons du Crétacé supérieur du bassin de Tafilalet et des régions avoisinantes (Sud-est du Maroc). Implications paléobiogéographiques. *Compte Rendu de l’Académie des Sciences*, Paris, 333, pp. 677-683.

**Cavin, L., Boudad, L., Lang, E., Tong, H., Buffetaut, E., 2015.** Vertèbres du Crétacé supérieur basal (Cénomaniens-Turonien) du plateau des Hamadas, SE du Maroc. *Mémoires de la société géologique de France* (N.S.) in press pp. 391-412.

**Cavin, L., Tong, H., Boudad, L., Meister, C., Piuz, A., Aarab, M., Amiot, R., Buffetaut, E., Dyke, G., Hua, S., Le Loeuff, J., 2010.** Vertebrate assemblages from the early Late Cretaceous of southeastern Morocco: An overview. *Journal of African Earth Sciences*, Presidential Review 16 57, pp. 391-412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2009.12.007>.

**Collignon, M., 1957.** Céphalopodes néocrétacés du Tinrhert (Fezzan). *Annales de Paléontologie*, v. 43, 3. pl. Paris, pp. 113-136.

**Collignon, M., 1965.** Nouvelles ammonites néocrétacées sahariennes. *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, v. 51, n. 2, 8. pl, 8. Fig, Paris, pp. 165-202.

**Collignon, M., 1971.** Gastéropodes et lamellibranches du Sahara. *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, v. 57, n. 2, 9. pl. Paris, pp. 145-202.

## E

**Ernst, G., Schmid, F., Seibertz, E., 1983.** Event–Stratigraphie im Cenoman und Turon von NW–Deutschland. *Zitteliana*, 10, pp. 531-554.

## F

**Fekih, NH., & Sardou, B., 2009.** Etude micropaléontologique d'une coupe type dans le bassin du Tinrhert (Sud-Est Algérien). *Mémoire d'ingénieur d'Etat*, université de Tlemcen, p. 54, 3 fig., 3 tab., 2 pl. h. t.

**Ferré, B., Benyoucef, M., Zaoui, D., Adaci, M., Piuz, A., Tchenar, S., Meister, C., Mebarki, K., Bensalah, M., 2016.** Cenomanian-Turonian roveacrinid microfacies assemblages (Crinoidea, Roveacrinida) from the Tinrhert area (SE Algeria). *Annales de Paléontologie*, 102 (4), pp. 225-235.

**Foureau, F., 1893.** Une mission chez les Touareg. *C. R. Soc. Géogr.*, Paris, pp. 256-261.

**Foureau, F., 1904.** Découverte de gîtes fossilifères dans le Djoua à l'Est de Timassinine (Sahara). *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 138, pp. 1527-1529.

**Freulon, J M., 1964.** Etude géologique des séries primaires du Sahara central (Tassili n'ajjer et Fezzan). *Centre national de la recherche scientifique* (CNRS), Sér. Géol. 3, p. 198.

## G

**Gabani, A., Mammeri, C., Adaci, M., Bensalah, M., Mahboubi, M., 2016.** Le Crétacé continental à vertébrés de la bordure sud du plateau de Tihert : découvertes paléontologiques et considérations stratigraphiques, *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie* n° 19, 3 fig., 1 tabl., 8 pl. pp. 39-61.

**Gabani, A., 2008.** Le Crétacé continental de la bordure sud du Plateau du Tihert (Djoua, In Akhamil et Oued Ameregh. *Mémoire de Magister*, Université d'Oran, p. 58.

**Gallo, V., 2005.** Redescription of *Lepidotes piauhyensis* Roxo and Löfgren, 1936 (Neopterygii, Semionotiformes, Semionotidae) from the? Late Jurassic-Early Cretaceous of Brazil, *Journal of Vertebrate Paleontology* 25(4), pp.757–769.

**Grosheny, D., Ferry, S., Jati, M., Ouaja, M., Bensalah, M., Atrops, F., Chikhi-Aouimeur, F., Benkerouf-Kechid, F., Negra, H., Aït Salem, H., 2013.** The Cenomanian-Turonian boundary on the Saharian Platform (Tunisia and Algeria). *Cretaceous Research*, 42, pp. 66-84.

## H

**Haug, E., 1904.** Sur la faune des couches à *Ceratodus* crétacées du Djoua, près de Timassinine (Sahara). *C. R. As. Sc.*, Paris, t. 138, pp. 1529-1531.

**Haug, E., 1905.** Document de la mission saharienne. Mission de Foureau-Lamy: *Paléontologie*. Soc, de Géol. Paris, p. 189.

**Hocine, O., 2019.** Etude lithostratigraphique et paléontologique du Cénomano-Turonien d'Oued Ouentalek et In Adaoui (Tinhert oriental, sud-Est algérien). *Mémoire de Master*, université Tlemcen, p. 74

**Holtz Jr, T R., Molnar, R E., Currie, P J., 2004.** Basal tetanurae, In D.B. Weishampel, P. Dodson & H Osmolka (eds), *The Dinosauria*, second edition, university of California press, Berkeley/ Los Angeles/ London, pp. 71-110.

**Hone, D W E., Holtz Jr, T R., 2017.** A century of Spinosaurus – a review and revision of the Spinosauridae with on their ecology. *Acta geologica sinica* (English edition), vol. 91 No.3, pp. 1120-1132.

## I

**Ibrahim, N., Sereno, P.C., Varricchio, D.J., Martill, D.M., Dutheil, D.B., Unwin, D.M., Baidder, L., Larsson, H.C, E., Zouhri, S., Kaoukaya, A., 2021.** Geology and paleontology of the Upper Cretaceous Kem Kem Group of eastern Morocco. *Monographie Zookeys* 928, pp. 1-216.

## K

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

## L

**Lapparent, A.-F. DE., 1960.** Les dinosauriens du Sahara central. *Trav. / R. S.*, Alger, t. 19, pp. 7-22.

**Lapparent, A.-F. DE., Lelubre, M., 1948.** Interprétation stratigraphique des séries continentales entre Ohanet et Bourharet (Sahara central). *Les cahiers de C. R. Ac. Sc.*, t. 227, n° 21, pp. 1106-1108.

**Le Loeuff, J., Läng, E., Cavin, L., Buffetaut, E., 2012.** Between Tendaguru and Bahariya: on the age of the Early Cretaceous dinosaur sites from the Continental Intercalaire and other African formations. *Journal of Stratigraphy*, Nanjing, 36, pp. 486-502.

## M

**Martill, D M., 2007.** The age of the Cretaceous Santana Formation fossil KonservatLagerstätte of north-east Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its biota. *Cretaceous Research*. 28 (6), pp. 895-920.

**Martin, M., 1981.** Les Ceratodontiformes (Dipnoi) de Gadoufa (Aptien supérieur du Niger). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, 4ème Sér., 3, section C, n°3, pp. 267-283.

**Martin, M., 1984.** Deux Lepidosirenidae (Dipnoi) créacé du Sahara, *Protopterus humei* (PRIEM) et *Protopterus protopteroïdes* TABASTE. *Palaontologische Zeitung*, 58, pp. 265-277.

**Meister, C., & Abdallah, H., 2012.** Les ammonites du Cénomaniens-Turonien de la région de Kasserine, Tunisie centrale. *Revue de Paléobiologie*, 31, pp. 425-481.

**Meister, C., Alzouma, K., Lang, J., Mathey, B., 1992.** Les ammonites du Niger (Afrique occidentale) et la transgression transsaharienne au cours du Cénomaniens-Turonien. *Geobios* 25, pp. 55-100.

**Meister, C., M'bina MOUNGUENGUI, M., Lang, J., 2003.** Les ammonites du Cenomano-Turonien du bassin côtier nord-gabonais: systématique et intérêt paléogéographique pour la liaison Téthys-Atlantique Sud. *Revue de Paléobiologie* 22, pp. 341-355.

**Meister, C., Piuz, A., 2013.** Late Cenomanian Early Turonian ammonites of the southern Tethys margin from Morocco to Oman: Biostratigraphy, paleobiogeography and morphology. *Cretaceous Research*, 44, pp. 83–103.

## N

**Néraudeau, P., Busson, G., Cornée, A., 1993.** Les échinides du Cénomaniens supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert oriental et central (Sahara algérien). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 4, pp. 273-313.

## R

**Rumeau, J., Debrenne, P., Decremps, P., 1957.** Mission BrP Tinrhert. Rapport de la fin de campagne 1955-1956. *Publication de l'Institut français de Pétrole*, 1241, p. 33.

**Salgado, L., Canudo, J.I., Garrido, A.C., Ruiz-Omeñaca, J.I., Garcia, R.A., de la Fuente, M.S., Barco, J.L., Bollati, R., 2009.** Upper Cretaceous vertebrates from El Anfiteatro area, Río Negro, Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research*, 30 (3), pp. 767-784.

## S

**Schrank, E., 1991.** Mesozoic palynology and continental sediments in NE Africa (Egypt and Sudan) - a review. - *Journal of African Earth Sciences*, 12, pp. 363-373.

**Schrank, E., 1992.** Nonmarine Cretaceous correlations in Egypt and northern Sudan: palynological and palaeobotanical evidence. - *Cretaceous Research*, 13, pp. 351-368.

## T

**Tabaste, N., 1963.** Étude des restes de poissons du Crétacé Saharien. *I. F. A. N.*, Mélanges ichthyologique, Dakar, pp. 436-499.

**Taquet, P., 1976.** Géologie et paléontologie du gisement de Gadoufaoua (Aptien du Niger). *Compte Rendue de l'Académie des Sciences*. Paris, 271, pp. 437-485.

**Tchenar, S., Ferré, B., Adaci, M., Zaoui, D., Benyoucef, M., Bensalah, M., Touria, K., 2020.** Incidence de l'évènement anoxique océanique II sur l'évolution des ostracodes des dépôts Cénomano-Turonien du bassin du Tinrhert (SE Algérie). *Carnet de géologie* 20 (8) pp. 145-164.

**Tchenar, S., Zaoui, D., Adaci, M., Bensalah, M., Benyoucef, M., Kentri, T., Fekih, NH., 2015.** Le passage Cénomaniens-Turonien dans le bassin du Tinrhert (Sahara algérien) : Lithologie et répartition de la microfaune. *Bulletin du Service Géologique National*. 26 (1), pp. 23-42.

**Tidjini, Z., 2012.** Etude de la microfaune du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur du bassin du Tinrhert (Sud-Est Algérien). *Mémoire d'ingénieur d'Etat*, université de Tlemcen, p.82, 19 fig., 1 pl. h. t.

## W

**Wenz, S., 1980.** A propos du genre *Mawsonia*, Cœlacanthe géant du Crétacé inférieur d'Afrique et du Brésil. *Mémoire de la Société Géologique de France*, 139, pp. 187-190.

## Y

**Yahiaoui, B., 2013.** Influence des variations sédimentologiques et eustatiques sur l'évolution des foraminifères du passage Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur (Bassin du Tinrhert, SE algérien). *Mémoire de Master*, université de Tlemcen, p. 37.

## Z

**Zaoui, D., 2017.** Etude stratigraphique, paléontologique et sédimentologique du Cénomano-Turonien du Tinherth (sud-est de l'Algérie). *Thèse doctorat*, université de Tlemcen, 197 p., 68 fig., 3 pl.

**Zaoui, D., Meister, C., Benyoucef, M., Bensalah, M., Pius, A., Tchnar, S., Ferre, B., Adaci, M., 2018.** Le Cénomano-Turonien ammonite successions dans le bassin du Tinherth (Sud-est. Algérie) : *Révision et nouvelle datation*, *Cretaceous Research* 88, pp. 337-374.

**Zaoui, D., Tchenar, S., Benyoucef, M., Meister, C., Adaci, M., Piuz, A., Mebarki, K., Bensalah, M., Gabani, A., Mahboubi, M., 2016.** Le Cénomano-Turonien dans la Hamada du Tinherth (Sahara, Algérie): résultats préliminaires, *Revue de Paléobiologie* 35 (2), pp. 541-559.

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Illustration qui montre une vue panoramique de la formation In Akhamil (A) avec quelques fossiles récoltés sur site (B, C).....	2
<b>Figure 2.</b> Vue panoramique d'une Gara située à l'Est d'Ohanet (A) avec quelques photos de détail indiquant l'abondance des ammonites dans cette région (B, C, D, E).....	3
<b>Figure 3.</b> Position géographique du Tinrhert au sein de la carte de l'Algérie (A), Situation géographique des affleurements étudiés (1 et 2, In Akhmil et Ohanet).....	4
<b>Figure 4.</b> Extrait de la carte géologique de Fort Flatters au 1/500 000 (Busson, 1964 ; modifiée) montrant le plateau oriental de la Hamada du Tinrhert et localisation des coupes étudiées.....	6
<b>Figure 5.</b> Situation géographique des secteurs étudiés (Gabani, 2008).....	11
<b>Figure 6.</b> Image satellitaire montrant les affleurements d'In Akhamil.....	12
<b>Figure 7.</b> Vue panoramique montrant un ensemble de Gour situé au Sud d'Ohanet et Nord d'In Akhamil.....	13
<b>Figure 8.</b> Vue panoramique de l'affleurement d'In Akhamil et les trois formations reconnues par Gabani et al. (2016).....	14
<b>Figure 9.</b> Colonne lithologique de la coupe d'In Akhamil.....	16
<b>Figure 10.</b> Microconglomérat à conglomérat avec des graines et du bois fossiles (A), associés à des fragments de vertébrés (B et C).....	17
<b>Figure 11.</b> Grès microconglomératique à restes désarticulés de poissons (A, B, C), avec fragments d'os de poisson (D).....	17
<b>Figure 12.</b> Grès à stratifications obliques, en auge surmontées par des stratifications planes et parallèles (A et B), Grès à terriers en Y ( <i>Thallassinoïdes</i> ) (C), Calcaire à moules de petites bivalves (D).....	18
<b>Figure 13.</b> Facies du membre grésocalcaire (Calcrète) à débits en boules avec un aspect conglomératique.....	19
<b>Figure 14.</b> Photos montrant l'abondance des ammonites sur le plateau calcaire à l'Est d'Ohanet (A et B).....	23
<b>Figure 15.</b> Localisation de la région d'Ohanet sur une carte satellitaire montrant également la succession des différentes corniches et plateaux du Cénomaniens et du Turonien.....	24
<b>Figure 16.</b> Colonne lithologique synthétique d'Ohanet (synthétisée à travers les coupes de Zaoui, 2017).....	26

<b>Figure 17.</b> Illustrations photographiques de la Formation des Argiles à Gypses et des Calcaires inférieurs (A et B).....	27
<b>Figure 18.</b> Illustrations photographiques des différentes unités lithologiques de la Formation des Calcaires inférieurs. Unité des « Calcaires à <i>Neolobites</i> » (A.1). Unité des « Calcaires à <i>Vascoceras</i> » (A.2). Unité des « Calcaires pré- <i>Neolobites</i> » (B).....	28
<b>Figure 19.</b> Illustrations photographiques de l'unité des « Calcaires pré- <i>Neolobites</i> » (A.B). Flèches indiquent respectivement : terriers, section de bivalve et gastéropode.....	29
<b>Figure 20.</b> Illustrations photographiques des « Calcaires à <i>Neolobites</i> » (A). <i>Neolobites vibrayeanus vibrayeanus</i> (Orbigny) (B), <i>Cunningtoceras tinrhertense</i> (Collignon) (C). Nautilite <i>Angulithes mermeti</i> Coquand (D) en place.....	30
<b>Figure 21.</b> Photo montrant l'abondance des ammonites sur une surface d'un banc calcaire blanchâtre de l'Unité des « Calcaires à <i>Vascoceras</i> ».....	31
<b>Figure 22.</b> Vue panoramique des Marnes médianes à l'Est d'Ohanet (A): 1. unité des « Calcaires à <i>Vascoceras</i> , 2. Unité des « Marno-calcaire à <i>Choffaticeras</i> », 3. les « Marnes verdâtre », 4. Calcaires supérieurs, des <i>Choffaticeras</i> en place (B et C).....	32
<b>Figure 23.</b> Vue panoramique montrant la partie supérieure des Marnes médianes et les Calcaires supérieurs : 1. Marnes verdâtre, 2. Formation des calcaires supérieurs .....	33
<b>Figure 24.</b> Vues panoramiques et de détail de la Formation des Calcaires supérieurs.....	34
<b>Figure 25.</b> (a, b, c, d et e) dents isolées coniques de <i>Spinosaurus aegyptiacus</i> (barre d'échelle = 1 cm). (f) reconstitution du squelette de la même espèce (barre d'échelle = 1 m) d'après Ibrahim et al. (2021).....	39
<b>Figure 26.</b> (a, b,c et d) fragment de dent de <i>Carcharodontosaurus saharicus</i> récolté dans le site d'In Akhamil (barre d'échelle = 1 cm). (e), reconstitution du squelette de la même espèce (barre d'échelle = 1 m) d'après Ibrahim et al. (2021).....	40
<b>Figure 27.</b> (a,b,c,d,e) Bases de dents rostrales et (f) dent rostrale avec couronne portant un crochet d' <i>Onchopristis numidus</i> trouvées à In Akhamil. (Barre d'échelle = 1 cm). (g) reconstitution d' <i>Onchopristis numidus</i> ( <a href="http://spinops.blogspot.com/2014/03/onchopristis-numidus.html">http://spinops.blogspot.com/2014/03/onchopristis-numidus.html</a> ).....	41
<b>Figure 28.</b> (a à k). Vertèbres discoïdes d' <i>Onchopristis numidus</i> récoltés dans le site d'In Akhamil. (Barre d'échelle = 1cm).....	42
<b>Figure 29.</b> (a-e) Variation de la taille des plaques de dentition de <i>Neoceratodus africanus</i> (Barre d'échelle = 1 cm), (f) reconstitution du poisson dipneuste ( <a href="https://bestiarium.kryptozoologie.net/artikel/fossile-riesenfische-teil-2-riesenlungenfische/">https://bestiarium.kryptozoologie.net/artikel/fossile-riesenfische-teil-2-riesenlungenfische/</a> )...	43

<b>Figure 30.</b> (a) écailles de <i>Lepidotes</i> sp. (Barre d'échelle = 1 cm) trouvée dans les microconglomérats de la formation d'In Akhamil (b) reconstitution du poisson ( <a href="https://www.deviantart.com/hyotrioskjan/art/Lepidotes-pankowskii-48717">https://www.deviantart.com/hyotrioskjan/art/Lepidotes-pankowskii-48717</a> ).....	44
<b>Figure 31.</b> Dents de poissons Actinopterygiens Amiiformes indet. (Barre d'échelle = 1mm)...	45
<b>Figure 32.</b> (a-d) Dents isolées de pycnodontes de la région d'In Akhamil (barre d'échelle = 1mm). (e) poisson pycnodonte ( <a href="https://expo-hakel.com/product/pycnodont-01r/modifier">https://expo-hakel.com/product/pycnodont-01r/modifier</a> ). (Barre d'échelle = 10cm).....	46
<b>Figure 33.</b> (a) Fragments probablement de dent indéterminée –(b) Fragment d'os indéterminé, (c) coprolithe spiralé récolté à In Akhamil. (Barre d'échelle = 1cm).....	47
<b>Figure 34.</b> (a) Moules internes et fragments de lamellibranches et (b) de gastéropodes trouvés dans le membre Argilo-gréso-calcaire de la formation d'In Akhamil.....	47
<b>Figure 35.</b> (a) Moules internes et fragments de lamellibranches et (b) de gastéropodes trouvés dans le membre Argilo-gréso-calcaire de la formation d'In Akhamil.....	48
<b>Figure 36.</b> Vue latérale de <i>Neolobites vibrayeanus</i> (a); vue ventrale de <i>Cunningtoceras tinrhertense</i> (b) ; vue latérale de <i>Calycoceras (Calycoceras) naviculare</i> (c) ; d' <i>Angulithes mermeti</i> (d) (Barre d'échelle = 2cm).....	50
<b>Figure 37.</b> Vue latérale de <i>Nigericeras gadeni</i> (a), <i>Vascoceras</i> aff. <i>Glabrum</i> (b); <i>Vascoceras gamai</i> (c); <i>Vascoceras cauvinii</i> (d). (Barre d'échelle = 2 cm).....	52
<b>Figure 38.</b> Vue latérale de <i>Fikaites subtuberculatus</i> (a); <i>Fikaites laffitei</i> (b); <i>Rubroceras burroense</i> (c); <i>Pseudaspidoceras grecoi</i> (d); <i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i> (e-f). (Barre d'échelle = 2 cm). ....	53
<b>Figure 39.</b> Vue latérale de <i>Pseudotissotia nigeriensis</i> (a) ; <i>Fagesia peroni</i> (b) ; <i>Choffaticeras sinaiticum</i> (c) ; <i>Choffaticeras melsei</i> (d) (Barre d'échelle = 2cm).....	55
<b>Figure 40.</b> Carte géographique montrant quelques gisements de vertébrés d'âge Crétacé (Cénomaniens inférieurs) en Afrique du nord. ....	56
<b>Figure 41.</b> Répartition verticale des ammonites dans la partie Est du plateau de Tinrhert (Hocine, 2019).....	59
<b>Figure 42.</b> Colonne lithostratigraphique synthétique des formations du Cénomaniens inférieurs d'In Akhamil et du Cénomaniens supérieurs-Turonien.....	61

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Répartition géographique des sites à vertébrés fossiles du Crétacé (Cénomaniens inférieur) en Algérie (Gabani et al., 2016, modifié et complété). .....	57
<b>Tableau 2.</b> Tableau illustrant un inventaire des céphalopodes fossiles récoltés dans le Tinrhert et dans la région d'Ohanet (présent travail).....	60