

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD – TLEMCEM

N° d'ordre : /DSTU/2017

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE, DE LA VIE,  
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

LABORATOIRE DE RECHERCHES N°25 : PROMOTION DES RESSOURCES  
HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET MINIERES

**THESE**

présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences de la Terre et de l'Univers

Option : Stratigraphie et Paléontologie

**ETUDE STRATIGRAPHIQUE, PALEONTOLOGIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE  
DU CENOMANO-TURONIEN DU TINRHERT (SUD-EST DE L'ALGERIE)**

Par

**ZAOUI Djamila**

Soutenu le 02 /07 /2017 devant le jury composé de :

Abla AZZOUNI SEKKAL	Professeur	Univ. Tlemcen	Présidente
Mustapha BENSALAH	Professeur	Univ. Tlemcen	Directeur de thèse
Christian MEISTER	Chargé Recherche	Dép. Géol. Genève	Co-directeur de thèse
M'hammed MAHBOUBI	Professeur	Univ. D'Oran 2	Examineur
Gamal Mohamed El QOT	Professeur	Univ. Benha Egypte	Examineur

Année universitaire 2016/2017

## *AVANT - PROPOS*

Ce travail, réalisé au Laboratoire de Recherche n°25 « Promotion des Ressources Hydriques Pédologiques et Minières » de l'université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen, est le fruit de cinq ans de travail ; il n'aurait, sans doute, pas pu aboutir sans l'aide et le soutien de nombreuses personnes que je tiens à remercier ici :

En premier lieu, je voudrais remercier Monsieur Mustapha BENSALAH, Professeur à l'université de Tlemcen et Directeur du Laboratoire de recherches n°25, qui m'a proposé ce sujet et m'a fait confiance pour mener à bien ce travail. Depuis il n'a cessé de m'encourager et il n'a ménagé aucun effort pour le bon déroulement de mes travaux de thèse. Sa présence dans mon jury en tant que directeur de thèse m'honore à plus d'un titre.

Monsieur Christian MEISTER, Paléontologue et chercheur, fût un soutien sans faille notamment au cours de mes stages de courte durée effectués au laboratoire de Géologie et de Paléontologie du Muséum d'Histoire Naturelle de la ville de Genève (Suisse). Il a accepté d'abord de codiriger cette thèse, il n'a ménagé aucun effort pour que mes recherches se déroulent dans les meilleures conditions. Je tiens ici à le remercier chaleureusement pour sa patience et son aide précieuse dans le monde « compliqué » de la paléontologie des invertébrés et notamment des ammonites et d'avoir suivi ce travail avec un grand intérêt.

Je tiens à exprimer ici aussi ma profonde reconnaissance à Monsieur Madani BENYOUCEF, homme de terrain et Maître de Conférences à l'université de Mascara, qui m'a constamment encouragé et qui a participé aux différentes missions de terrain. Je le remercie vivement pour être toujours intéressé de très près à mes travaux, de m'avoir donné de précieux conseils sur les terrains crétacés.

Je voudrais exprimer mon profond respect et mes vifs remerciements à Madame Abla AZZOUNI SEKAL, Professeur à l'université de Tlemcen, qui a accepté de lire le manuscrit et de présider mon jury.

Mes sincères remerciements vont également à Monsieur M'hammed MAHBOUBI, Professeur à l'université d'Oran, géologue et homme de terrain saharien, d'avoir accepté de lire et de juger ce travail de recherche.

Je tiens également à remercier Monsieur Gamal Mohamed El Sayad El QOT, Professeur à l'université de Benha (Egypte) et spécialiste des macro-invertébrés, notamment des ammonites et d'échinides pour la détermination de la faune d'échinides et d'avoir accepté de lire et de juger ce travail sur le Crétacé du Sud-Est algérien.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à Monsieur Mohammed ADACI, enseignant chercheur et maître de conférences à l'Université de Tlemcen pour son aide précieuse sur le terrain ainsi qu'à Monsieur Kaddour MEBARKI, doctorant au laboratoire n°25.

A Genève, et notamment au laboratoire de Géologie du Muséum d'Histoire Naturelle, où j'ai effectué plusieurs stages de courte durée, je dois remercier :

Monsieur Lionel CAVIN, Conservateur au Muséum, pour son accueil et son aide précieuse.

Monsieur André PIUZ, chargé de recherche et micropaléontologue, de m'avoir réalisé les nombreuses photos MEB et pour ses nombreux conseils à propos des foraminifères en lames minces.

Monsieur Pierre-Alain PROZ, technicien et Collaborateur scientifique au Muséum, de m'avoir confectionné le complément de lames minces.

En France, et notamment au laboratoire de paléontologie de l'Institut des Sciences de l'Evolution de l'université de Montpellier 2, je dois remercier Mme la Professeur Monique VIANEY-LIAUD, Monsieur Rodolphe TABUCE, Monsieur Laurent MARIVAUX pour leur accueil chaleureux dans ce laboratoire, pour leur aide précieuse et pour les nombreuses invitations au repas de familles.

Mes remerciements vont également à Monsieur François ATROPS, à Monsieur Emmanuel ROBERT et Abel PRIEUR du laboratoire de Géologie de l'université Lyon 1, pour leurs aides précieuses lors de mes passages à ce laboratoire.

Je voudrais exprimer mes vifs remerciements à Monsieur Bruno FERRE, micropaléontologue, qui a bien voulu déterminer les crinoïdes en lames minces ce qui a abouti à la publication d'un article sur les rovéacrinides du Tinrhert.

Aux enseignants, qui, par leurs formations m'ont appris à aimer la géologie et à qui j'exprime mes sincères remerciements et mon profond respect, Monsieur M. BENSALAH, A. MAROK, H. HEBIB, M. BENCHOUK.

Je dédie aussi ce modeste travail à la mémoire de Monsieur A. KHEROUS, ancien géologue au département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen.

Je n'ai pas le droit d'oublier, de remercier nos enseignants et collègues en géologie, en particulier Mme A. AZZOUNI, Mme K. BOUANANI, Mme N. GUELLAÏ, Mme F. HADJI, M. A.

BOUANANI, M. A. TABET HELLAL, M. K. TALEB, M. A. BAGHLI, M. A. KACEMI, M. H. BENRAMDANE, M. A. BELMOUHOU.

A mes collègues au département STU de l'université de Tlemcen, messieurs C. SOULIMANE, A. BOUCIF, S. HAMMOUDA, K. BENSEFIA, A. BOUDJEMAA et M. BENADLA.

A mes amies et sœurs, L. YEBDRI, S. TCHENAR, S. KERZABI, S. BOUDJEMMA, S. GAOUAR, I. HEBIB, R. BOUANANI, H. LOUHA, F. SAOULI, S. MAHBOUBI, A. ZERRIOUH, L. DIB, Z. BOUAYED, I. BERIKSI et I. CHAUCHE.

Je ne saurais oublier de remercier le personnel, enseignants et administratifs ; du département des Sciences de la Terre de l'université de Tlemcen.

A tous les jeunes chercheurs et doctorants du laboratoire n°25, je leur souhaite une très bonne continuation et à Monsieur M. TAIBI.

Lors de mes missions de terrain dans le bassin du Guir et dans le plateau du Tinrhert, j'ai eu la chance à chaque mission d'être hôte avec mon équipe de recherche et d'être aidé par plusieurs personnes chaleureuses qui nous ont bien accueillies chez elles. Je remercie ici spécialement Hadj YAHIAOUI de Béchar et Hadj BADRI de Bordj Omar Driss et tous les chauffeurs qui nous ont accompagnés, notamment Hadj Mhammed BELKHEÏRI.

Je ne saurais aussi oublier de souhaiter à tous mes chers étudiants (es), avec qui j'ai appris beaucoup et que j'ai enseigné depuis mes débuts dans le domaine de l'enseignement supérieur en 2004 jusqu'à aujourd'hui, de trouver le bon chemin.

Enfin, que ceux pour lesquels ma mémoire a été défaillante trouvent ici mes remerciements les plus chaleureux.

A MES PARENTS, à mon mari MOHAMMED et à mes deux petits enfants MOHAMMED EL AMINE et SID AHMED, sans leur compréhension et leur patience, ce travail n'aurait jamais pu voir le jour. Je tiens à leur exprimer combien ils sont si importants et combien ils comptent plus que tout autre chose dans ma vie.

A mes chères sœurs, mes beaux-frères, mon neveu Rayane et ma nièce Narjiss, qui lors de mes absence en stage ou en terrain, étaient tous, des mères, pères, frère et sœur pour mes enfants

*Je dédie ce travail à mes Parents, mon Mari et à mes Enfants*

## ملخص

يهدف هذا البحث الى دراسة الطبقات الصخرية التي تحتوي على مستحاثات، وكذا الى كيفية ترسبها في الحقبة الزمنية الممتدة من السنوماني الأعلى الى التروني الأسفل في منطقة حمادة التترهت (جنوب شرق الجزائر). مستحاثات الامونيت، وكذا المستحاثات المرافقة، لها خضعت لدراسة تصنيفية وبالبيوجيوغرافية. في المجموع تسعة مقاطع جيولوجية تمت دراستها طبقة طبقة على طول خط غرب شرق من منطقة قور بن هويلات الى منطقة واد عين عداوي على مسافة تقارب 300 كلم.

اعتمادا على المميزات الصخرية والمستحاثات المتواجدة، يمكن تقسيم السلسلة الرسوبية الى ثلاثة تكوينات، تحتوي كل واحدة منها على وحدات ليتوستراتيغرافية: تشكيلة الكلس السفلي، التي تنقسم الى أربعة وحدات (أ) وحدة كلس قبل نيولوبتاس، (ب) وحدة كلس بنيولوبتاس، (ج) وحدة كلس بفاسكوسغاس، (د) وحدة مارن-كلس بشوفاتسغاس. تشكيلة المارن الأوسط، وهي متجانسة في المنطقة الشرقية، بينما، في المنطقة الغربية، يمكن تمييز ثلاثة وحدات: وحدة مختلطة من طبقات كلسية وحجر رملي (أ)، وحدة نتاب بين طبقات كلسية ومارنيه (ب)، وأخيرا وحدة الطبقات الحمراء (ج). تشكيلة الكلس العلوي، وهو عبارة عن منصة كلسية ممتدة على طول الحمادة وسمكها يتعدى عدة أمتار.

دراسة مستحاثات الأمونيت في الفترة الزمنية السنوماني الأعلى-التروني الأسفل، سمحت تقسيم السنوماني الى ثلاثة مراحل زمنية، تميز الجزء القاعدي لتشكيلة الكلس السفلي، بينما التروني الأسفل تميز بمرحلة واحدة في وحدة مارن-كلس بشوفاتسغاس وجزء كبير من تشكيلة المارن الأوسط.

من الصعب تحديد الحدود السينومانية-الترونية بدقة لعدم وجود المستحاثات في هذا المجال الزمني، لكن يمكن القول إنها تتواجد في مجال أقل من 1م سمكا، بين وحدة كلس بفاسكوسغاس ووحدة مارن-كلس بشوفاتسغاس وهو يتزامن مع فترة هيمنة منخربات من نوع اتغوالكس ومع تطور زنبقيات من فصيلة غوفياكخيد.

دراسة الرسوبيات اعتمدت على تحليل السحنات لفهم آليات وطريقة ترسب هذه الطبقات. تم رصد 15 سحنة رسوبية دمجت في خمسة تجمعات، تمتد في بيئة رسوبية من منصة بحرية ذات منحدر خفيف الى منصة ذات منحدر كبير.

مقارنة توزيع الأمونيت والمستحدثات المرافقة (الصدفيات، بطن القدميات، قنفاذ البحر) في حمادة  
الترهت مع باقي مناطق افريقيا يبين أن هناك تبادل حيواني على طول الضفة الجنوبية لبحر التنيس وكذا مع  
المحيط الأطلسي .

**الكلمات المفتاحية:** السنوماني -التروني، ليطوستراتيغرافي، سحنة، الطبيعة القديمة، الأمونيت، التصنيف، حدث  
بيولوجي، بيوستراغرافيا، الترهرت، الجزائر

## RESUME

Le présent travail vise à donner une étude litho-biostratigraphique et sédimentologique du Cénomano-Turonien du plateau du Tinrhert (sud-est algérien). Les ammonoïdes et la faune associée récoltées ont fait l'objet d'une étude systématique et paléo-biogéographique. Ainsi, neuf coupes géologiques ont été levées, banc par banc, et échantillonnées le long d'un transect de 300 km depuis Gour Ben Houillet à l'Ouest, jusqu'à Oued In Adaoui à l'Est. Sur la base du contenu lithologique et paléontologique caractéristique, la série sédimentaire étudiée a été subdivisée en trois formations à unités lithostratigraphiques informelles.

- (1) La Formation des Calcaires inférieurs comprend quatre unités : (A) les Calcaires pré-*Neolobites*, (B) les Calcaires à *Neolobites*, (C) les Calcaires à *Vascoceras* et (D) les Marno-calcaires à *Choffaticeras* ;

- (2). La Formation des Marnes médianes est homogène dans la partie orientale de la Hamada du Tinrhert, elle se caractérise dans la partie occidentale par l'individualisation de trois unités à caractères lithologiques distincts : (A) une unité mixte silicoclastique-carbonatée, (B) une unité marno-carbonatée et (C) une autre formée de couches rouges ;

- (3) La Formation des Calcaires supérieurs correspond à une barre carbonatée d'épaisseur métrique très continue dans l'aire étudiée.

L'examen de la répartition verticale de nouvelles récoltes d'ammonites au Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert, a permis d'identifier trois biozones qui datent le Cénomaniens supérieur et une biozone qui marque le Turonien inférieur, non basal, il s'agit respectivement de la zone à *Calycoceras guerangeri*, la zone à *Metoicoceras geslinianum*, la zone à *Neocardioceras juddii* et la zone à *Watinoceras coloradoense*. Les trois premières biozones couvrent les trois premières unités de la Formation des Calcaires inférieurs. La quatrième biozone regroupe l'unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* et la majeure partie de la Formation des Marnes médianes.

A défaut de marqueurs paléontologiques précis, la limite C-T au Tinrhert reste difficile à repérer avec précision, elle se trouve dans un intervalle d'imprécision de moins d'1 m d'épaisseur, définie à sa base par la dernière occurrence des *Vascoceras* et *Fikaites* du Cénomaniens supérieur et à son sommet par la première occurrence de l'espèce *Pseudotissotia nigerensis* du Turonien inférieur, située entre l'unité des calcaires à *Vascoceras* et celle des marno-calcaires à *Choffaticeras* qui coïncide avec l'acmé des hétérohélicidés ou « *Heterohelix shift* » et un niveau particulièrement riche et constant en rovéacrinides.

L'étude sédimentologique à partir de l'analyse des faciès a permis de définir les mécanismes et l'organisation des dépôts. Quinze faciès sédimentaires (FT1 à FT15) ont été reconnus et regroupés



en cinq assemblages de faciès appartenant à des environnements de dépôt allant de la rampe proximale, à la rampe médiane, voire jusqu'à la rampe externe.

Enfin, la comparaison de la distribution des ammonites et la faune associée (gastéropodes, bivalves, échinides) du Tinrhert avec les régions avoisinantes confirme les échanges fauniques le long de la marge sud-téthysienne avec l'Atlantique via le passage transsaharien.

**Mots clés**: Cénomano-Turonien, lithostratigraphie, faciès, paléoenvironnement, ammonoïdes, systématique, bioévènement, biostratigraphie, Tinrhert, Algérie.

## ABSTRACT

The present study offers a litho-biostratigraphic description, and a sedimentological analysis of the Cenomano-Turonian deposits exposed in the “plateau de Tinrhert” (Southeast Algeria). The ammonoid and the associated fauna collected were the object of a systematic and paleobiogeographic study. Nine sections have been studied over a distance of approximately 300 km, from Gour Ben Houillet in the West to Oued In Adaoui in the East. On the basis of lithological and paleontological content, three formations have been distinguished and divided into informal lithostratigraphic units: (1) The Lower limestones Formation includes four units (A) the pre-*Neolobites* limestones unit, (B) the *Neolobites* limestones unit, (C) the *Vascoceras* limestones unit and the (D) limestone-marlstone with *Choffaticeras* unit. (2) The Middle marls Formation is very homogenous in the eastern part of the study area. In the western part, this formation can be divided into three distinct units: (A) the mixed silicoclastic-carbonate unit, (B) the carbonate unit and (C) the red bed unit. (3) The Upper limestones Formation corresponds to a meter thick limestone ledge extending with great continuity in the studied area.

The spatial and temporal distribution of the late Cenomanian-early Turonian ammonites of the Tinrhert revealed three late Cenomanian biozones that cover the base of the Lower limestones Formation. It is about *Calycoceras guerangeri*, *Metoicoceras geslinianum* and *Neocardioceras juddii* Zones. The early Turonian *Watinoceras coloradoense* biozone characterizes the Marls-limestones with *Choffaticeras* unit and the most part of the Middle marlstone Formation.

The Cenomanian-Turonian boundary is imprecisely situated within an interval of at least 1 m in thickness, defined at its base by the last occurrence of *Vascoceras* and *Fikaites* of late Cenomanian, and at its summit by the first occurrence of *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) in the early Turonian, between Limestones with *Vascoceras* and Marls-limestones with *Choffaticeras* units, Which coincides with “*Heterohelix* shift “and the rich’s roveacrinids level.

The detailed sedimentological study from the facies analysis led to define the mechanisms and organization of deposits. Fifteen sedimentary facies (FT1 to FT15) have been recognized and grouped into five facies associations belonging to homoclinal ramp indeed basin settings.

The paleogeographic distribution of cephalopods and the associated fauna (gastropods, echinoids and bivalves) confirm the faunal exchanges that occurred along the southern margin of the Tethys Ocean, from the south (Niger and Nigeria) where they had been mixing with the South Atlantic counterparts.

**Key words:** Cenomano-Turonian, lithostratigraphy, facies, paleoenvironments, ammonoids, systematic, bioevent, biostratigraphy, Tinrhert, Algeria.

# **SOMMAIRE**

## ***Chapitre I : INTRODUCTION GENERALE***

1. INTRODUCTION
2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE
3. HISTORIQUE DES RECHERCHES
4. OBJECTIF
5. METHODOLOGIE ET TERMINOLOGIE ADOPTEE

## ***Chapitre II : DESCRIPTION DE LA SERIE ETUDUEE ET PALEOENVIRONNEMENT***

1. INTRODUCTION
2. DESCRIPTIONS LITHOLOGIQUES
3. INTERPRETATIONS PALEOENVIRONNEMENTALES
4. CONCLUSION

## ***Chapitre III : PALEONTOLOGIE, BIOSTRATIGRAPHIE ET PALEOBIOGEOGRAPHIE***

1. RESULTATS
  - 1.1. Introduction
  - 1.2. Taxonomie des Céphalopodes
  - 1.3. Autres groupes fossiles
  - 1.4. Conclusion
2. DISCUSSION
  2. 1. Données biostratigraphiques
  2. 2. Données paléobiogéographiques
  - 2.3. Morphologies d'ammonites dans le plateau de Tinrhert...
  2. 4. Intervalle d'imprécision de la limite Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert

## **CONCLUSION GENERALE**

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **LISTE DES FIGURES**

## **ANNEXE**

# TABLE DES MATIERES

## AVANT PROPOS

ملخص

RESUME

ABSTRACT

SOMMAIRE

## TABLE DES MATIERES

<b>Chapitre I : INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>01</b>
1. INTRODUCTION.....	02
2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE.....	04
3. HISTORIQUE DES RECHERCHES.....	06
4. OBJECTIF.....	08
5. METHODOLOGIE ET TERMINOLOGIE ADOPTEE.....	08
<b>Chapitre II : DESCRIPTION DE LA SERIE ETUDUEE ET PALEOENVIRONNEMENT.....</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>11</b>
<b>2. DESCRIPTIONS LITHOLOGIQUES.....</b>	<b>11</b>
2.1. FORMATION DES ARGILES A GYPSE.....	11
2.2. FORMATION DES CALCAIRES INFERIEURS.....	15
2.2.1. Unité des Calcaires pré- <i>Neolobites</i> .....	15
2.2.2. Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	17
2.2.3. Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	19
2.2.4. Unité des Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	20
2.3. FORMATION DES MARNES MEDIANES.....	22
2.3.1. Unité Mixte Silicoclastique – Carbonatée.....	22
2.3.2. Unité des Marno – calcaires.....	23
2.3.3. Unité des Couches Rouges.....	28
2.4. FORMATION DES CALCAIRES SUPERIEURS.....	28

<b>3. INTERPRETATIONS PALEOENVIRONNEMENTALES .....</b>	<b>30</b>
3.1. Introduction.....	30
3.2. Principaux faciès décrits dans le plateau de Tinrhert.....	20
3.3. Associations de faciès et milieux de dépôts.....	41
<b>4.CONCLUSION.....</b>	<b>46</b>

**Chapitre III : PALEONTOLOGIE, BIOSTRATIGRAPHIE ET PALEOBIOGEOGRAPHIE.....**

<b>1. RESUTATS .....</b>	<b>48</b>
<b>1.1. Introduction.....</b>	<b>48</b>
<b>1.2. Taxonomie des Céphalopodes.....</b>	<b>48</b>
<b>1. 2. 1. Nautilus.....</b>	<b>49</b>
Genre <i>Angulithes</i> Montfort, 1808.....	49
Genre <i>Eutrephoceras</i> Hyatt, 1894.....	51
<b>1. 2. 2. Ammonites.....</b>	<b>53</b>
<i>Placenticerias</i> Meek, 1876.....	53
<i>Neolobites</i> Fischer, 1882.....	54
<i>Metengonoceras</i> Hyatt, 1903.....	59
<i>Forbesiceras</i> Kossmat, 1897.....	60
<i>Calycoceras</i> Hyatt, 1900.....	63
<i>Eucalycoceras</i> Spath, 1923.....	66
<i>Cunningtoniceras</i> Collignon, 1937.....	70
<i>Nigericeras</i> Schneegans, 1943.....	71
<i>Fikaites</i> Zaborski, 1993.....	75
<i>Pseudaspidoceras</i> Hyatt, 1903.....	79
<i>Kamerunoceras</i> Reyment, 1954b.....	84
<i>Vascoceras</i> Choffat, 1898.....	85
<i>Rubroceras</i> Cobban, Hook et Kennedy, 1989.....	94
<i>Fagesia</i> Pervinquière, 1907.....	95
<i>Pseudotissotia</i> Peron, 1897.....	98
<i>Eotissotia</i> Barber, 1957.....	102
<i>Choffaticeras</i> Hyatt, 1903.....	103
<i>Hoplitoides</i> von Koenen, 1898.....	111

<b>1.3. Autres groupes fossiles .....</b>	<b>116</b>
<b>1. 3. 1. Classe des Bivalvia Linné, 1758.....</b>	<b>116</b>
<i>Pycnodonte</i> Fischer DE Waldheim, 1835.....	116
<i>Costagyra</i> Vyalov, 1936.....	116
<i>Ceratostreon</i> Bayle, 1878.....	116
<i>Ilymatogyra</i> Stenzel, 1971.....	116
<i>Curvostrea</i> Vyalov, 1936.....	117
<i>Ambigostrea</i> Malchus, 1990.....	117
<i>Rastellum</i> Faujas-Saint-Fond, 1799.....	117
<i>Lopha</i> Röeding, 1798.....	117
<i>Plicatula</i> Lamarck, 1801.....	117
<i>Neithea</i> Drouet, 1824.....	119
<i>Camptonectes</i> Agassiz in Week, 1864.....	119
<i>Venericardia</i> Lamarck, 1801.....	119
<i>Nayadina</i> Munier-Chalmas, 1864.....	121
<b>1. 3. 2. Classe des Gastéropoda Cuvier, 1797.....</b>	<b>121</b>
<i>Ampullina</i> Bowdich, 1822.....	121
<i>Cimolithium</i> Cossmann, 1906.....	121
<i>Tylostoma</i> Sharpe, 1849.....	121
<i>Pterodonta</i> Orbigny, 1842.....	123
<i>Columbellina</i> Orbigny, 1842.....	123
<b>1. 3. 3. Classe des Echinidea Leske, 1778.....</b>	<b>123</b>
<i>Goniopygus</i> Agassiz, 1838.....	123
<i>Pedinopsis</i> Cotteau, 1863.....	123
<i>Anorthopygus</i> Cotteau, 1869.....	125
<i>Tetragramma</i> Agassiz, 1840.....	125
<i>Heterodiadema</i> Cotteau, 1846.....	125
<i>Phymosoma</i> Haime in D'Archiac et Haime, 1853.....	125
<i>Rachiosoma</i> Pomel, 1883.....	125
<i>Coenholectypus</i> Pomel, 1883.....	127
<i>Hemiaster</i> Agassiz, in Agassiz & Desor, 1847.....	127

<i>Petalobrissus</i> Lambert, 1916.....	129
<i>Micropedina</i> Cotteau, 1866.....	129
<b>1. 3. 4. Classe Crinoidea Miller, 1821.....</b>	<b>129</b>
<i>Roveacrinus</i> Douglas, 1908.....	129
<i>Orthogonocrinus</i> Peck, 1973.....	131
<i>Applinocrinus</i> Peck, 1973.....	131
<b>1.5. Conclusion.....</b>	<b>131</b>
<b>2. DISCUSSION.....</b>	<b>134</b>
<b>2. 1. Données biostratigraphiques.....</b>	<b>134</b>
<b>2. 1. 1. Introduction.....</b>	<b>134</b>
<b>2. 1. 2. Céphalopodes.....</b>	<b>134</b>
a- Au Cénomaniens supérieur.....	134
b- Au Turonien inférieur.....	136
<b>2. 1. 3. Conclusion biostratigraphique.....</b>	<b>142</b>
<b>2. 2. Données paléobiogéographiques.....</b>	<b>144</b>
<b>2.2.1. Introduction.....</b>	<b>144</b>
<b>2.2.2. Céphalopodes.....</b>	<b>144</b>
<b>2. 2.3. Autres groupes fossiles.....</b>	<b>148</b>
<b>2. 2. 4. Conclusion .....</b>	<b>149</b>
<b>2.3. Morphologies d'ammonites dans le plateau de Tinrhert....</b>	<b>149</b>
<b>2. 4. Intervalle d'imprécision de la limite Cénomaniens supérieur- Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert.....</b>	<b>150</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>157</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>162</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>192</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>198</b>

**CHAPITRE I**  
**INTRODUCTION GENERALE**

**1. INTRODUCTION**

**2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE**

**3. HISTORIQUE DES RECHERCHES**

**4. OBJECTIF**

**5. METHODOLOGIE ET TERMINOLOGIE ADOPTEE**



## 1. INTRODUCTION

Sur la marge Nord - Ouest africaine, le plateau de Tinrhert comporte des séries d'âge Crétacé supérieur les plus spectaculaires (Fig. 1.1). Elles se présentent sous forme de corniches carbonatées, séparées de combes marneuses, qui fournissent d'excellents repères visuels, à la fois sur le terrain et lors de l'examen des fonds topographiques et des images satellitaires. Du Sud vers le Nord, dans l'ordre stratigraphique, on distingue (Fig. 1.2-B et Fig. 1.3) : la corniche du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur qui surmontent les argiles gypsifères rouges à verdâtres du Cénomaniens inférieur - moyen ; la corniche turonienne qui succède une épaisse formation marneuse verdâtre du Turonien inférieur ; la corniche du Santonien-Campanien et la corniche du Maastrichtien, séparées par des argiles gypseuses rouges.

Ces dépôts, d'âge Cénomano-Turonien, sont caractérisés par des conditions d'affleurements particulièrement favorables à une étude sédimentologique détaillée et à la récolte de fossiles. La continuité de cette série sédimentaire permet de suivre les couches, malgré les changements latéraux de faciès, sur plusieurs centaines de kilomètres et facilite ainsi les corrélations. Ces conditions d'affleurement exceptionnelles sont dues également à l'absence du couvert végétal sur l'étendue du Plateau de Tinrhert sur plus de 300 km, depuis Gour Ben Houillet à l'Ouest jusqu'à Oued In Adaoui plus à l'Est.

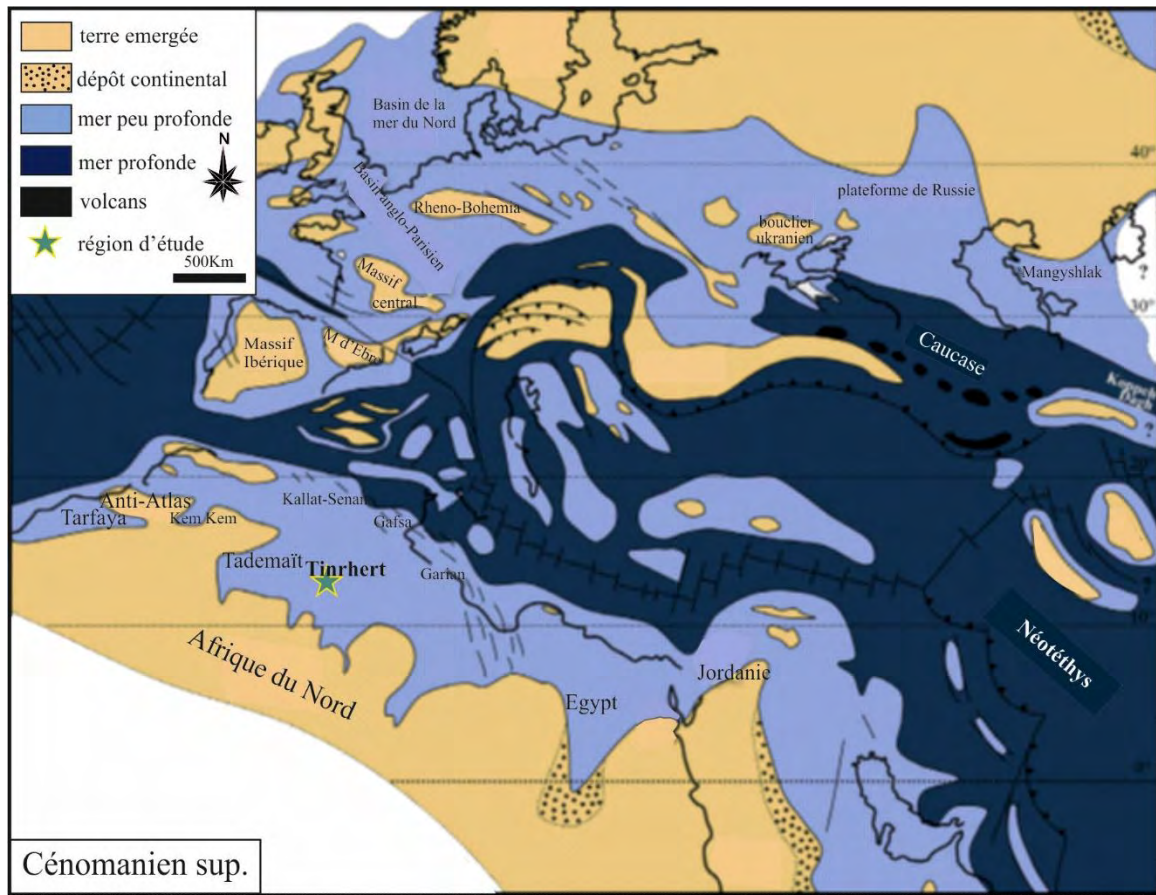
Les travaux de nos prédécesseurs (Rumeau et al. ,1957 ; Busson, 1960) ont permis de subdiviser cette série crétacée en quatre formations lithostratigraphiques :

1- Argiles à gypses : cette unité est constituée d'argile rougeâtre, pauvre en gypse dans les premiers niveaux, qui passe vers le sommet à une alternance d'argile verte et rouge riche en filons et en bancs de gypse massif bien stratifié. Elle est attribuée au Cénomaniens inférieur sans arguments paléontologiques (Amédéo et al., 1996) ;

2- Calcaires inférieurs : cet ensemble montre une barre carbonatée fossilifère, intercalée de quelques niveaux marneux. La faune lui attribue un âge Cénomaniens supérieur ;

3- Marnes médianes : il s'agit d'une grande combe marneuse admettant quelques bancs gréseux et calcaires ;

4- Calcaires supérieurs : c'est une barre de calcaire souvent dolomitisé qui coiffe les Marnes médianes.



**Fig. 1.1** - Position du Plateau de Tinrhert par rapport à la marge africaine de la Téthys.  
(Philip et Floquet, 2000, *in* Nagm, 2009, modifiée)

Ces affleurements, particulièrement fossilifères, ont livré aux anciens auteurs une riche faune d'ammonites, de lamellibranches, de gastéropodes et d'échinodermes dont l'étude paléontologique la plus récente revient à Néraudeau (1993) pour les échinodermes et à Amédro et al. (1996) pour les ammonites. Depuis, aucune étude sédimentologique ou macro-paléontologique détaillée n'a été publiée.

Depuis 2013, les nouvelles missions de prospections géologiques et paléontologiques, réalisées dans le cadre de cette thèse, nous ont permis de compléter la description lithologique en montrant les variations latérales d'Ouest en Est, de réviser les attributions stratigraphiques en utilisant les ammonites (sur la base de plus de 1200 spécimens récoltés) et la microfaune, d'enrichir l'inventaire faunique, notamment d'ammonites, de lamellibranches, de gastéropodes et d'échinodermes (échinides et crinoïdes) et de préciser le contexte lithostratigraphique, biostratigraphique et paléoenvironnemental.

Le présent travail comporte quatre parties :

- Une introduction générale, dans laquelle, on présente le cadre géographique et géologique du plateau de Tinrhert, un historique des plus importants travaux réalisés dans le Cénomano-Turonien de cette région, l'objectif de notre travail et enfin la méthodologie et la terminologie adoptée.

- La deuxième partie est consacrée à la stratigraphie régionale où on présente les coupes étudiées et la description lithologique de chacune d'elles avec une étude sédimentologique et paléoenvironnementale.

- La troisième partie est destinée à la systématique détaillée d'ammonoïdes et à l'inventaire faunique des groupes fossiles associés (gastéropodes, bivalves, échinides et rovéacrinides). elle regroupe aussi les résultats paléontologiques, biostratigraphiques et paléobiogéographiques.

Enfin une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus : lithologiques, sédimentologiques, paléontologiques, biostratigraphiques et paléobiogéographiques.

## **CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE**

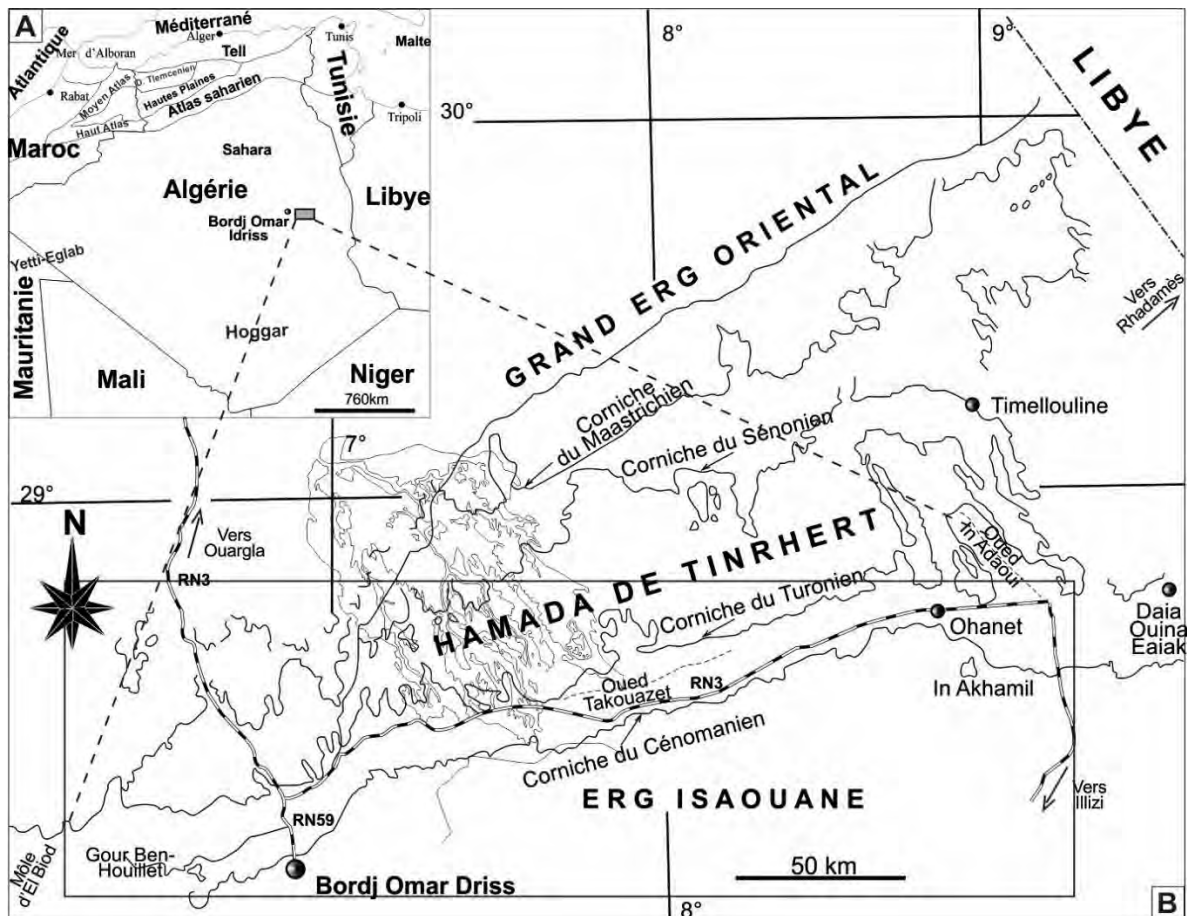
Morphologiquement, quatre grands domaines se distinguent du Nord au Sud de l'Algérie (Fig. 1.2- A) :

- Le domaine tellien situé au Nord, il correspond à un ensemble géographique complexe orienté Est-Ouest. Il regroupe des massifs autochtones allant du Paléozoïque au Cénozoïque et des terrains allochtones constitués essentiellement de dépôts crétacés et paléogènes.

- Le domaine des Hautes plaines est formé par des terrains mésozoïques et cénozoïques épais, reposant sur un socle qui apparaît dans la partie ouest de ce domaine. Vers l'Est, les Hautes plaines oranaises se terminent en pointe dans les Monts de Hodna entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien.

- Le domaine Atlasique correspond à une longue suite de reliefs grossièrement orientée Sud-Ouest/ Nord-Est. Il s'étend depuis la frontière marocaine à l'Ouest, où il fait suite au Haut Atlas marocain, jusqu'à celle de la Tunisie à l'Est faisant suite à l'Atlas tunisien. Il est constitué essentiellement de terrains mésozoïques et cénozoïques, affecté par une tectonique souple et cassante. Il est limité au Sud par la flexure sud atlasique, qui le délimite de la plateforme saharienne, il est séparé des Hautes plaines au Nord par la flexure nord atlasique qui est difficile à cerner.

- Le domaine saharien est formé de dunes (Erg oriental et occidental), de plaines caillouteuses (Regs, Hamada) et parsemés d'oasis. Le massif des Eglab à l'Ouest et celui du Hoggar au Sud-Est forment la limite méridionale du Sahara algérien. Il est dominé par des terrains paléozoïques et mésozoïques.



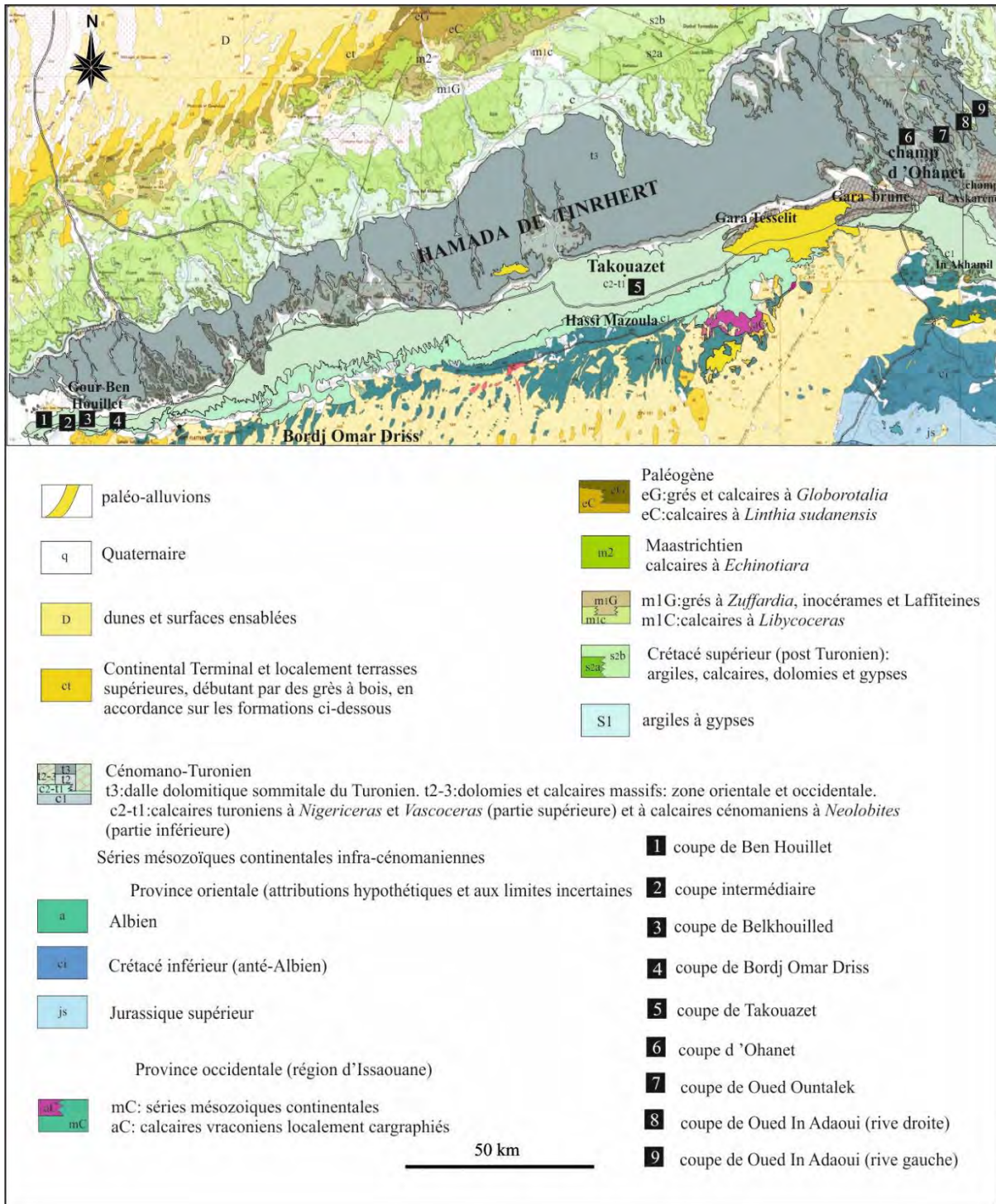
**Fig. 1.2** – Situation géographique du Tinerhert par rapport aux grands ensembles géologiques de l'Algérie (A) et présentation géographique de la région d'étude (B)  
(Amédéo et al., 1996, modifiée)

La région d'étude fait partie de la plateforme saharienne, elle occupe la partie Sud-Est de l'Algérie et correspond à la partie orientale du Plateau de Tinrhert (Hamada du Tinrhert), situé à 550 mètres d'altitude. Ce plateau crétacé, de direction Sud-Ouest/Nord-Est, s'étend sur plus de 300 km depuis le môle d'El Biod –Amguid à l'Ouest en Algérie, jusqu'à l'arc de Tihemboka près de Rhadamès à l'Est (Fig. 1.1 B), dans le Sud-Ouest libyen (Acheche et al., 2001). Il est limité par le Grand Erg oriental au Nord et par l'Erg Isaouane au Sud (Fig. 1.2-B).

### 3. HISTORIQUE DES RECHERCHES

Dans la partie orientale de la plateforme saharienne, les dépôts marins du Cénomano-Turonien reposent sur les puissantes séries détritiques sombres, souvent riche en vertébrés (In Akhamil et Djoua), et attribués au Crétacé inférieur (Lapparent, 1960 ; Tabaste, 1963) voire début du Crétacé supérieur (Gabani et al., 2016). Ces terrains marins ont fait l'objet, dans les années 1955-1956, de la plus importante mission de prospection intitulée BRP-Tinrhert dont les résultats ont permis la publication de la première carte géologique au 1/200000<sup>ème</sup> d'une partie de la Hamada du Tinrhert par Rumeau et al. (1957). Ces derniers subdivisaient la série en une triade lithologique (Calcaires inférieurs, Marnes médianes et Calcaires supérieurs) et l'attribuaient au Turonien. Les travaux de Busson (1960, 1964, 1965, 1969 et 1972) permettront de décrire la lithologie de la triade, d'attribuer la base des calcaires inférieurs au Cénomanién supérieur et le reste de la série au Turonien et de publier la carte géologique au 1/500000<sup>ème</sup> de Fort Flatters.

Le contenu faunistique de cette triade lithologique a fait l'objet d'études paléontologiques et biostratigraphiques : l'étude des bivalves et des gastéropodes (Collignon, 1971 et Amard et al., 1981) ; l'étude systématique des échinides (Néraudeau et al., 1993) et l'étude des ammonites (Collignon, 1957, 1965 ; Amédro et al., 1996 ; Busson et al., 1999), qui ont apporté des précisions stratigraphiques sur le Cénomanién supérieur et le Turonien. Depuis les travaux de ces derniers auteurs qui se sont que peu intéressés à l'aspect sédimentologique, cette région n'a pas été réétudiée, à l'exception de la synthèse sur le Cénomano-Turonien de la plate-forme saharienne établie par Grosheny et al. (2013) et l'étude micropaléontologique basée sur les foraminifères et ostracodes réalisée par Tchenar (2016).



**Fig. 1.3-** Carte géologique simplifiée de la Hamada du Tinrherth et localisation des coupes étudiées (d'après la carte géologique de Fort Flatters, 1/500 000, Busson, 1964).

#### **4.OBJECTIF**

Les investigations réalisées dans le domaine saharien sont nombreuses, mais éparpillées, dans des travaux monodisciplinaires principalement paléontologiques. Il nous est donc apparu intéressant d'abord de décrire en détail la triade lithologique caractéristique du Tinrhert (Calcaires inférieurs, Marnes médianes et Calcaires supérieurs) reconnue par Rumeau et al. (1957) et détaillée par Busson (1960), sur le plan lithostratigraphique et sédimentologique toute en précisant l'évolution et les variations latérales de faciès, et de définir les mécanismes et l'organisation des dépôts du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur, grâce à la sédimentologie de faciès.

Il est également indispensable de compléter l'inventaire faunique de Busson (1957, 1965), qui a été révisé par Amédéo et al., 1996), par de nouvelles récoltes et une nouvelle étude systématique des ammonites. Puis d'élaborer une biozonation de cette série sur la base des ammonites, de compléter la carte paléobiogéographique de la plateforme africaine et enfin d'essayer de cerner la limite Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert.

#### **5. METHODOLOGIE ET TERMINOLOGIE ADOPTEE**

La méthodologie adoptée pour notre travail est à la fois la prospection et le levé de coupes géologiques, dont certaines sont inédites, avec prélèvement de roches dures et la récolte de toute la faune associée aux ammonites ainsi que le traitement des échantillons au laboratoire.

Sur le terrain, neuf coupes sont levées, d'Ouest en Est, banc par banc toute en précisant l'épaisseur, la nature lithologique, la couleur, les structures sédimentaires et la macrofaune.

Les échantillons de roches dures sont transformés en sucres au laboratoire de recherche n° 25 de l'Université de Tlemcen puis en lames minces au sein du département de Géologie et de Paléontologie, du Muséum d'Histoire naturelle de Genève (Suisse) et au Laboratoire de Paléontologie de l'Université de Montpellier II (France), pour les étudier au microscope à des fins sédimentologiques, micropaléontologiques.

Les roches carbonatées sont étudiées sur la base de la classification de Folk (1959) et de Dunham (1962), modifiée par Embry et Klovan (1971). L'analyse microfaciologique est basée sur les schémas de Folk (1962), Wilson (1975), Read (1985) et Flügel (2004 et 2010).

La faune, notamment celle des céphalopodes qui a fait l'objet principal de notre étude, a été récoltée banc par banc dans les coupes étudiées, nettoyée par la méthode de burin électrique ensuite lavée, identifiée, décrite, discutée, colorée avec le chlorure d'ammoniac et enfin photographiée et illustrée.

Plus de 1700 spécimens, complets et fragmentaires, de céphalopodes collectés sont déposés au Laboratoire de Recherche n° 25 « PRHPM-LECT » de l'université de Tlemcen.

Les ammonites ont fait l'objet d'une étude systématique détaillée. La liste synonymique des céphalopodes contient les références les plus importantes pour notre discussion, le lecteur est renvoyé dans le texte à des listes synonymiques plus complètes.

Le macrobenthos [bivalves, gastéropodes, échinides et rovéacrinides (lames minces)] ont fait aussi l'objet d'un inventaire faunique.

L'étude de la distribution verticale des ammonites permet de préciser le cadre biostratigraphique de la série cénomano-turonienne de la Hamada du Tinrhert et de compléter la carte paléobiogéographique de la marge sud téthysienne.



**CHAPITRE II**  
**DESCRIPTION DE LA SERIE ETUDIEE**  
**ET PALEOENVIRONNEMENT**

**1. INTRODUCTION**

**2. DESCRIPTIONS LITHOLOGIQUES**

**2.1. FORMATION DES ARGILES A GYPSE**

**2.2. FORMATION DES CALCAIRES INFERIEURS**

**2.3. FORMATION DES MARNES MEDIANES**

**2.4. FORMATION DES CALCAIRES SUPERIEURS**

**3. INTERPRETATIONS PALEOENVIRONNEMENTALES**

**4. CONCLUSION**

## 1. INTRODUCTION

Pour décrire la série céno-mano-turonienne, qui affleure dans la Hamada du Tinrhert, neuf coupes géologiques ont été levées, banc par banc, le long des limites d'érosion, entre Gour Ben Houillet à l'Ouest et Oued In Adaoui à l'Est (Fig. 1.3). La terminologie de Busson (1960) est appliquée aux grandes ensembles lithologiques identifiés : 1- Formation des Argiles à gypse ; 2- Formation des Calcaires inférieurs ; 3- Formation des Marnes médianes et 4- Formation des Calcaires supérieurs. Toutefois, les variations latérales ont permis de subdiviser dans la coupe la plus complète du secteur de Bordj Omar Driss, les formations n° 2 et 3 en unités lithostratigraphiques informelles (Fig. 2.1), dont chacune est dotée de ses propres caractères lithologiques, paléontologiques, sédimentologiques et environnementaux.

Ci-après, le nom et les coordonnées géographiques des coupes réalisées :

Coupe des Gour Ben Houillet : X = 6°25'0.20"E ; Y = 28°10'23.70"N

Coupe intermédiaire : X = 6°35'35.39"E ; Y = 28°10'31.82"N

Coupe des Gour Belkhouilled : X = 6°42'21.30"E ; Y = 28°11'3.60"N

Coupe de Bordj Omar Driss : X = 6°47'56.92"E ; Y = 28°12'0.37"N

Coupe de l'Oued Takouazet : X = 7°52'4.00"E ; Y = 28°33'24.00"N

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

Coupe de Oued Ountalek : X = 9° 0'52.90"E ; Y = 28°42'37.00"N

Coupe de l'Oued In Adaoui 1 (rive droite) : X = 9° 1'31.30"E ; Y = 28°47'43.10"N

Coupe de l'Oued In Adaoui 2 (rive gauche) : X = 9° 1'31.30"E ; Y = 28°47'43.10"N

## 2. DESCRIPTIONS LITHOLOGIQUES

### 2. 1. FORMATION DES ARGILES A GYPSES

Cette formation n'a pas fait l'objet d'une étude détaillée dans le présent travail. Elle occupe de très grandes étendus et elle est formée d'une alternance d'argiles verdâtres à rougeâtres avec des bancs de gypse fibreux ou massifs, d'épaisseur millimétriques à métrique. La partie supérieure de cette entité lithologique, assez homogène, se distingue par des intercalations dolomitico-argileuses verdâtres et gypseuses à lamines algaires ondulées (Fig.2.2). Les résidus de lavage de certains échantillons argileux n'ont fourni que des clypéines (Dacycladacées), des fragments de gypse et de pyrite (Tchenar et al., 2015).

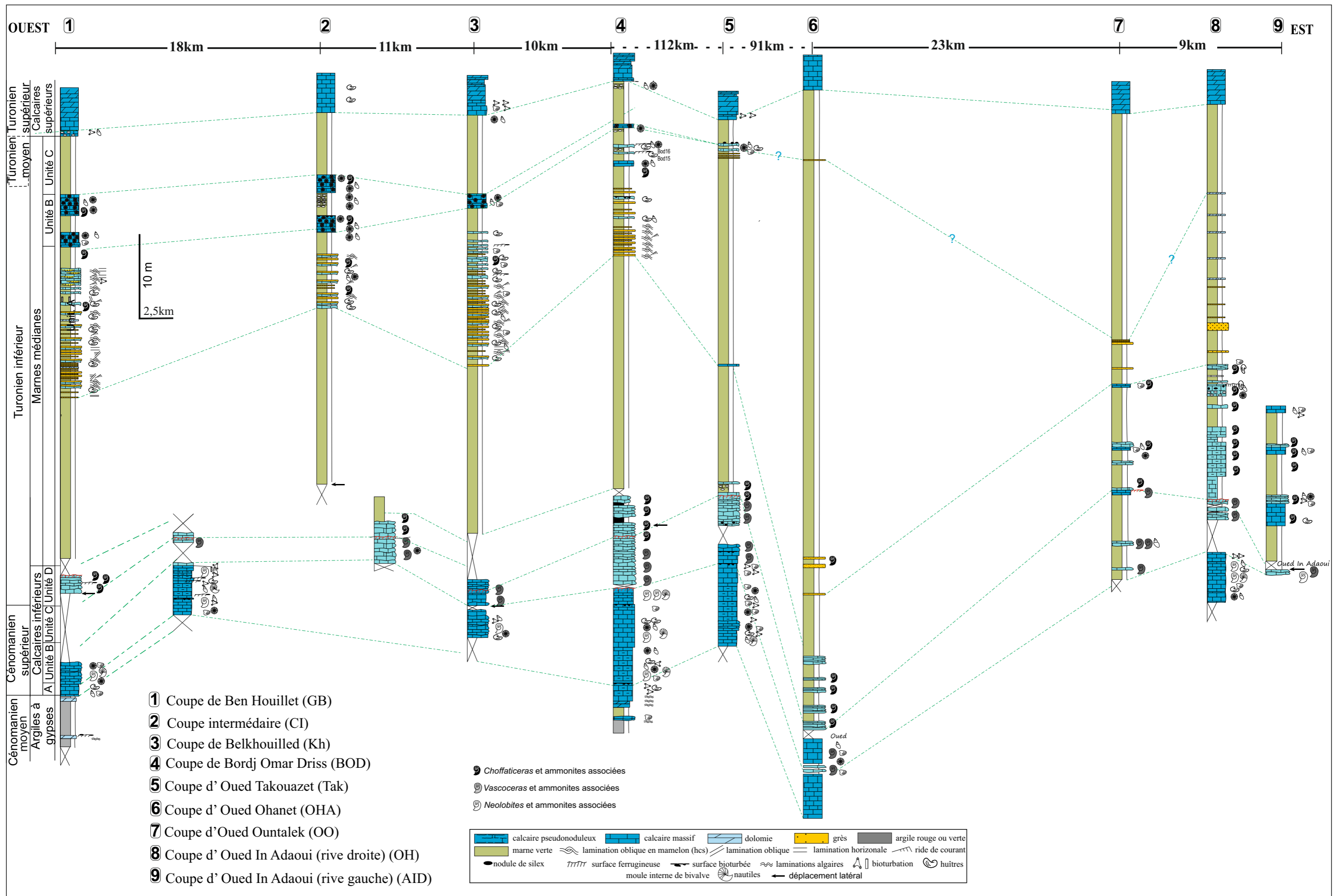
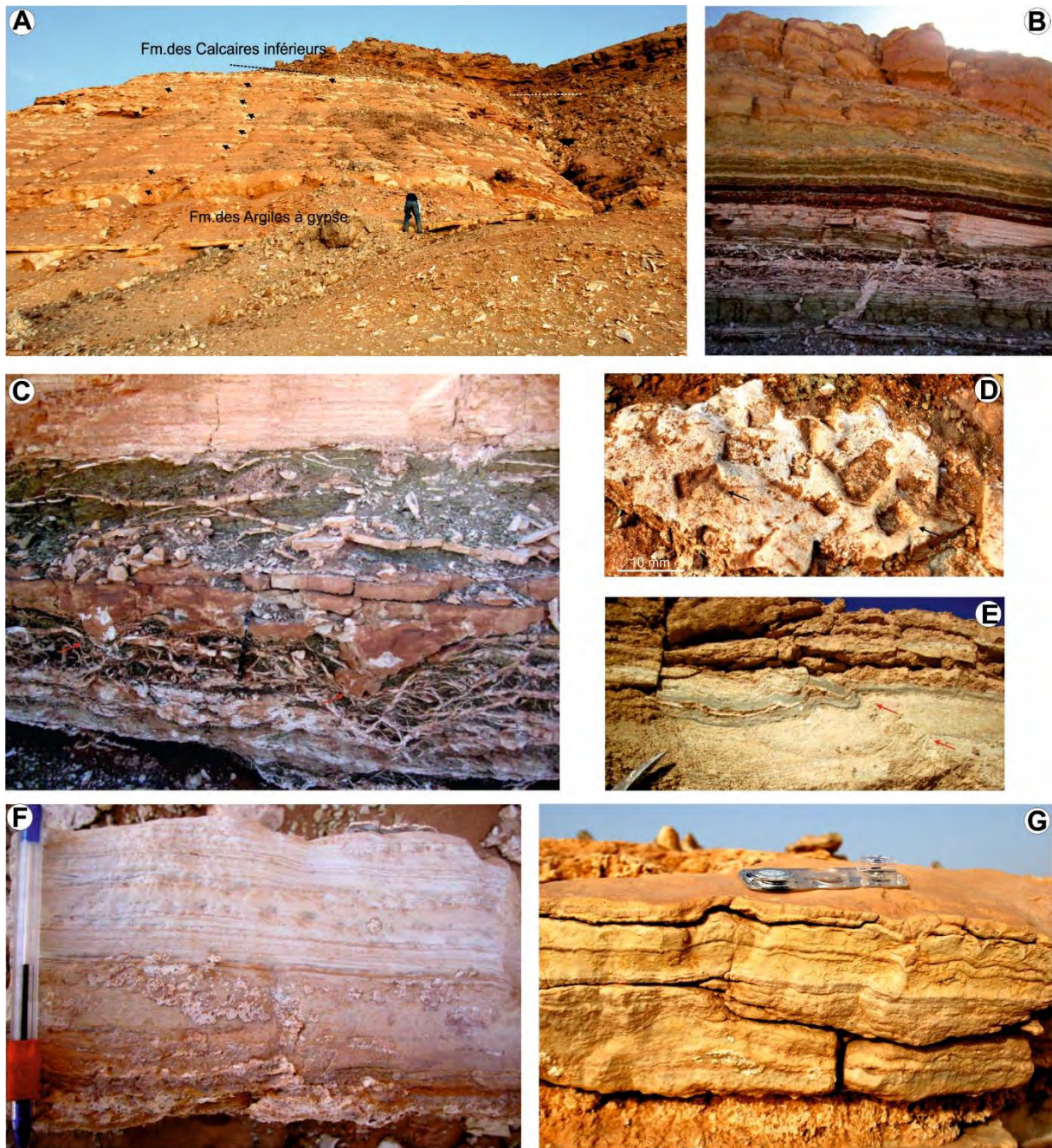


Fig. 2. 1- Corrélations lithostratigraphiques, d'Ouest en Est, le long du plateau de Tinrhert.



**Fig. 2.-** Illustrations photographiques de la Formation des Argiles à gypse : A- dominance des couches d'argiles dans la partie supérieure de la formation (Sud du village d'Ohanet). B- argiles rouges et vertes à alternance de gypses massifs et lamelleux (coupe de Bordj Omar Driss). C- calcaire bioclastique montrant une surface d'érosion. D- moule d'halite cubique dans la partie supérieure des inters bancs dolomitiques dans les argiles vertes à gypse. E- gypse laminé avec une déformation synsédimentaire des couches d'argiles (coupe de Bordj Omar Driss). F et G- banc de dolomie montrant des biolaminations planes (F), ou légèrement ondulées (G) (coupe de Bordj Omar Driss).

## 2. 2. FORMATION DES CALCAIRES INFÉRIEURS

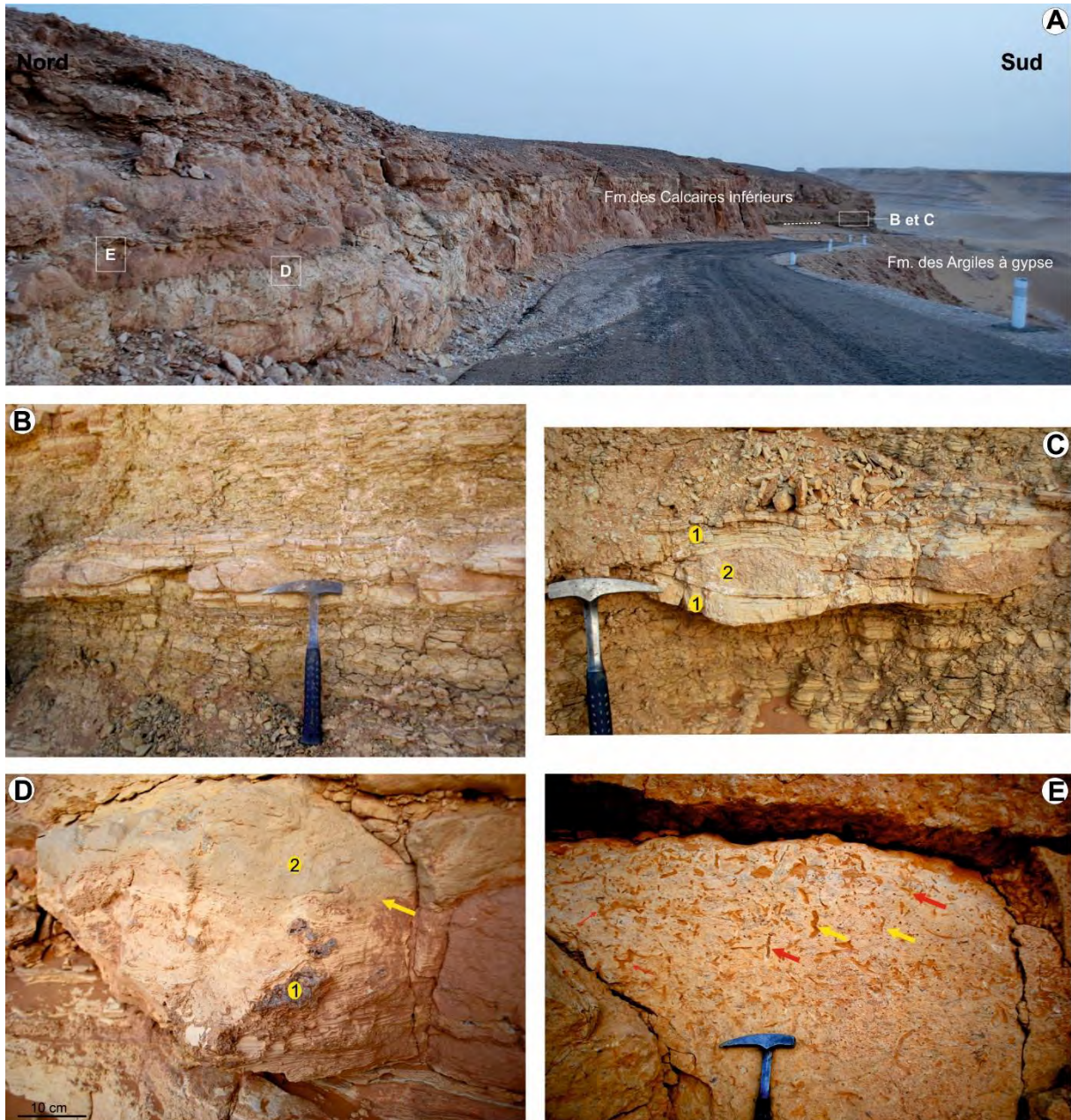
Cet ensemble est bien représenté par la corniche cénomaniennne qui affleure, du Nord-Est au Sud-Ouest, dans le plateau de Tinrhert. Le contact avec les argiles à gypse est bien indiqué dans la région de Bordj Omar Driss, au Nord de Hassi Mazoula et au Sud du village d'Ohanet. Il est marqué par la disparition des lits gypseux et l'apparition des bancs calcaires dolomitiques à lamines algaires dans une petite vire marneuse verdâtre. En fonction de la position stratigraphique de l'événement paléontologique à *Neolobites* (« *Neolobites bioevent* », voir Cavin et al., 2010 ; Meister et Piuz, 2013 ; Benyoucef et Meister, 2015) qui marque l'extension maximale de la transgression cénomaniennne, nous avons divisé les Calcaires inférieurs (Busson, 1960) en quatre unités informelles :

### 2. 2. 1. Unité des Calcaires pré-*Neolobites*

C'est le premier ensemble carbonaté qui repose en concordance sur les argiles verdâtres sommitales de la formation précédente. Il est bien développé dans les environs du village de Bordj Omar Driss, notamment au niveau de l'ancienne route dite communément "Escargot" (Fig. 2.3). Il affleure aussi dans les golfs d'In Akhamil, au Sud et au Sud-Est du village d'Ohanet et du Tinfouye Tabankort (TFT, au Nord de Hassi Mazoula), mais avec des épaisseurs réduites.

D'un point de vue lithologique, l'unité des calcaires pré-*Neolobites* débute par un niveau de calcaire bioclastique pseudo-noduleux riche en débris d'huîtres et de gastéropodes. Ce dernier est surmonté par une alternance de marnes verdâtres et de calcaires d'épaisseur centimétriques, contenant des lamines algaires planes ou ondulées et des structures en tipis. Ces derniers niveaux sont recoupés par une surface d'érosion surmontée par un banc de calcaire massif, d'environ 1,5m d'épaisseur, ocre à la patine, grisâtre à la cassure, à débris d'ostréidés et à bioturbation attribuée essentiellement aux ichnogène *Thalassinoides*. Le sommet du banc est fortement bioturbé (Fig. 2.3).

La base des marnes verdâtres admet également l'intercalation d'un horizon à concentrations coquillères lenticulaires discontinues, à matrice carbonatée, à granulométrie grossière et sans stratification interne apparente. Ces concentrations à débris de bioclastes s'étendent latéralement de quelques mètres et sont repris dans un intervalle calcaire à lamines algaires planes ou ondulées.



**Fig. 2. 3** – Illustrations photographiques de l’Unité des Calcaires pré-*Neolobites* : A- vue générale de l’Unité (coupe de Bordj Omar Driss). B- calcaire bioclastique d’aspect lenticulaire intercalé entre deux niveaux de dolomie biolaminée et d’argiles vertes. C- détail de la figure B : (1)- dolomie biolaminée, (2)- calcaire bioclastique lenticulaire, D- surface d’érosion (indiquée par une flèche) entre un calcaire biolaminé (1) et un calcaire bioturbé (2). E- calcaire bioturbé renfermant des terriers du genre *Thalassinoides* (flèche rouge) et *Planolites* (flèche jaune).

### 2. 2. 2. Unité des Calcaires à *Neolobites*

Cette unité a pour équivalent l'ensemble des intervalles stratigraphiques 1 et 2 d'Amédéo et al. (1996). Elle correspond au dépôt du bio-événement à *Neolobites* (« *Neolobites* bioevents » au sens de Ernst et al., 1983) que l'on retrouve sur la marge méridionale de la Téthys, depuis le Maroc à l'Ouest jusqu'à Oman à l'Est (Cavin et al., 2010 ; Meister et Piuze, 2013 ; Benyoucef et Meister, 2015). Elle est formée par un calcaire beige sombre à grisâtre ou blanchâtre à la patine comme à la cassure, massif et parfois silicifié (Fig.2.4). L'étude de leur contenu paléontologique a mis en évidence la présence d'une faune pélagique et benthique riche et diversifiée. Les éléments fauniques abondants sont les ammonites (Engonoceratidés, forbesiceratidés, acanthoceratinés, vascooceratinés), les bivalves dominés par les huîtres gryphaeidés et ostreidés associés aux autres bivalves (plicatulidés, pectinidés, cardiidés, malleidés), les gastéropodes (ampullinidés, tylostomatidés, colombellinidés) et les échinides réguliers et irréguliers (acropeltidés, diplopodiidés, anorthopygidés, heterodiadematisés, phymosomatidés, holecypidés, hemiasteridés, nucleolitidés, pedinidés) et dans une moindre mesure, on note la présence de nautilus, de serpules et de décapodes. Les *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) dominant et apparaissent seules dans la partie basale de cette unité (Intervalle 1 d'Amédéo et al., 1996) puis avec le *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon) et les nautilus *Angulithes mermeti* (Coquand) et *Eutrephoceras* sp. (Fig. 2.4B). Elles se trouvent en association avec *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* (Mantell), *Calycoceras* (*Proeucalycoceras*) sp., *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne), *Eucalycoceras* sp., *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (Orbigny), *Placenticeras* cf. *kaffrarium* Etheridge vers le sommet correspondant à l'intervalle 2 d'Amédéo et al. (1996).

Les calcaires à *Neolobites* se terminent par un niveau carbonaté noduleux centimétrique riche en échinides [*Mecaster semicavatus* (Peron et Gauthier), *Mecaster batnensis* (Coquand), *Micropedina olisiponensis* (Forbs)] complets et en bon état de conservation. Cet horizon présente une base irrégulière et une surface supérieure à nodules de fer.

Des niveaux bioturbés et des concentrations coquillières sont abondants dans l'ensemble de l'Unité des Calcaires à *Neolobites* : Les concentrations de fossiles se présentent le plus souvent en lentilles sans stratification interne, à base irrégulière et de quelques mètres d'extension latérale. Elles sont riches en huîtres (*Ceratostreon flabellatum* (Goldfuss), *Costagyra olisiponensis* (Sharpe), *Ilymatogyra africana* (Lamarck), *Pycnodonte vesicularis* (Lamarck) et *Rhynchostreon suborbiculatum* (Lamarck)) et plicatulidés (*Plicatula auresensis*

Coquand, *P.ourneli* Coquand et *P.ferryi* Coquand). Cette faune est associée à quelques pectinidés (*Neithea hispanica* Orbigny), échinides [*Goniopygus menardi* (Desmarest) et *Micropedina olisiponensis* (Forbs)], débris de rudistes sauvagésinés et de décapodes.



**Fig. 2. 4-** Illustrations photographiques de l'Unité des Calcaires à *Neolobites* : A- vue générale de cette unité (coupe de Gour Ben Houillet). B- ammonite *Cunningtoceras tinrhertense* (Collignon) (1) et nautilie *Angulithes mermeti* Coquand in situ (2) (coupe d'Ohanet). C- calcaire riche en échinides indiqués par des flèches. D- concentration monospécifique de l'espèce de bivalves *Ilymatogyra (Afrogyra) africana* (Lamarck). E- calcaire bioclastique renfermant les terriers en forme de Y de *Thalassinoides*. F- terriers en U correspondant au *Diplocraterion*.



Les huîtres gryphaeidés sont le plus souvent désarticulés et exceptionnellement complets. Aucun classement par taille ni par forme n'a été observé.

Les niveaux bioturbés surmontent toujours les concentrations coquillères. La bioturbation est à contours nets et à remplissage formé de calcaires micritique de couleur grisâtre. Elle est représentée par des terriers verticaux ou parallèles à la surface correspondant aux ichnogenres *Thalassinoides* et *Ophiomorpha*.

Analysés en lame mince, les sédiments carbonatés de cette unité ont révélé une texture mudstone-wackestone contenant des sections de crinoïdes Rovéacrinides (Ferré et al., 2016) et de bivalves, des épines d'échinides, des foraminifères benthiques et planctoniques et des rhomboèdres de dolomie (voir page 33 et 35, Fig. 2.12 et 2.13).

### **2. 2. 3. Unité des Calcaires à *Vascoceras***

Cette unité est formée par une succession monotone de bancs calcaires centimétriques, grisâtres, durs (Fig.2.5). Elle est marquée par une modification drastique, de point de vue contenu paléontologique, par rapport à l'unité précédente : Les moules internes des ammonites sont très abondants et le benthos est rare voire absent. Selon leur ordre d'apparition dans la série, les espèces d'ammonites récoltées sont : *Nigericeras gadeni* (Chudeau), *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber), *Vascoceras gamai* Choffat, *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Fikaites subtuberculatus* Collignon, *Fikaites laffitei* Collignon, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon et *Rubroceras burroense* Cobban et al.

L'examen pétrographique des lames minces montre qu'il s'agit d'une texture mudstone à foraminifères planctoniques, spicules de spongiaires et crinoïdes pélagiques (voir page 36 et 37, Fig. 2.14 et 2.15).

Partout, cette unité est coiffée par une surface ferrugineuse d'épaisseur millimétrique remaniant des nodules de fer, des terriers et une abondante faune d'ammonites souvent ferrugineuses (Fig. 2.5 A et D), exceptionnellement d'oursins et d'huîtres indéterminés.

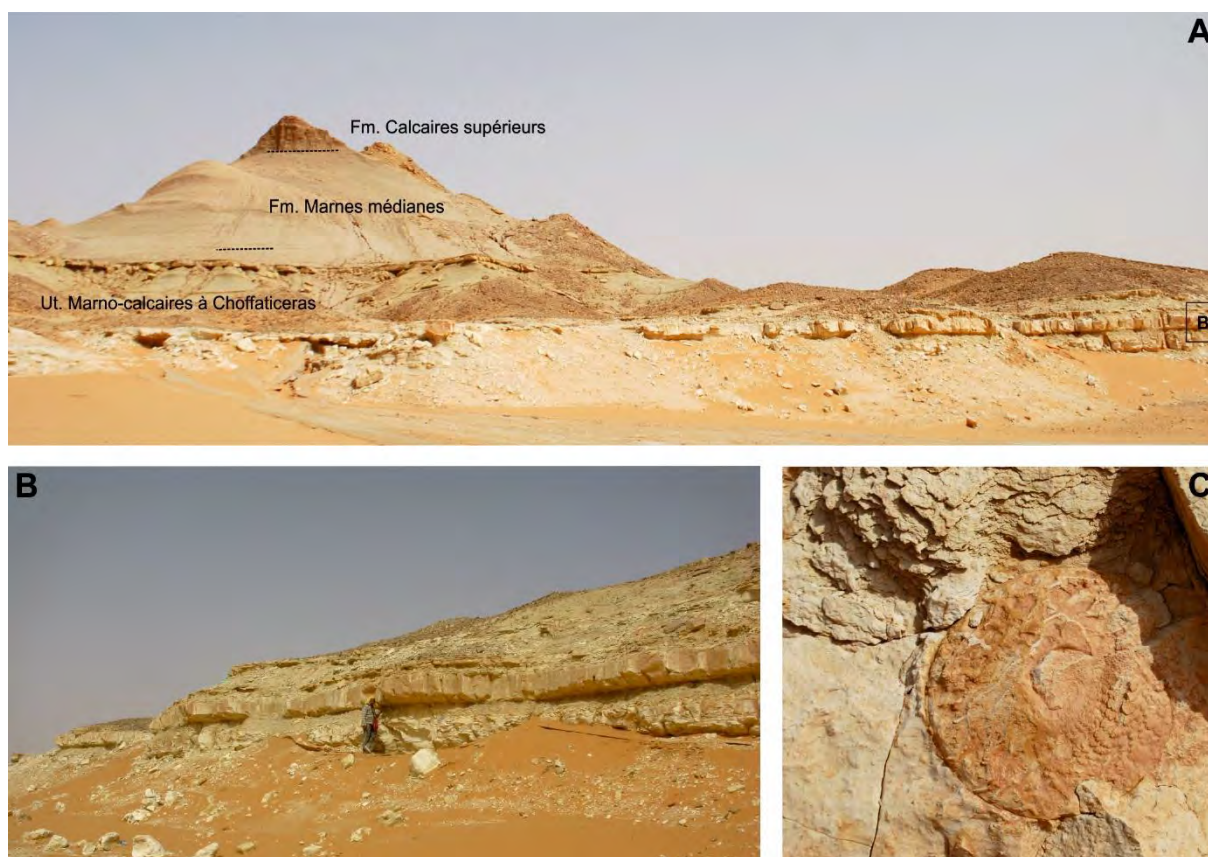


**Fig. 2. 5-** Illustrations photographiques de l'Unité des Calcaires à *Vascoceras* : A- vue de la partie supérieure de l'Unité (coupe de Gour Ben Houillet). B et C- bancs de calcaires crayeux riche en *Vascoceratidae*. D- vue de détail de la surface ferrugineuse au sommet de l'Unité des Calcaires à *Vascoceras* (1- ammonite ; 2- huître ; 3, 4 et 5- terriers).

#### 2. 2.4. Unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras*

De l'Ouest vers l'Est du plateau du Tinrhert, cette unité (partie basale de l'intervalle 6 d'Amédéo et al., 1996) présente une importante variation d'épaisseur : elle est de 2 à 3 m dans le secteur de Bordj Omar Driss, de 4 à 5 m aux environs de l'Oued Takouazet et de 10 à 15m entre Ohanet et Oued In Adaoui. Elle est représentée par des calcaires micritiques beiges, en bancs centimétriques à décimétriques, interstratifiés avec des marnes verdâtres (Fig. 2.6).

L'examen microscopique des niveaux calcaires montre qu'il s'agit d'une micrite riche en foraminifères planctoniques, notamment globuleux (*Planoheterohelix* sp.) et crinoïdes Rovéacrinides (voir page 38, Fig. 2.16).



**Fig. 2. 6-** Vue panoramique de l'Unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* : A et B- vues générales montrant l'alternance entre les niveaux marneux verts et les bancs de calcaire riche en ammonite du genre *Choffaticeras*. C- Ammonite *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé in situ (coupe d'Ohanet).

La surface supérieure des bancs calcaires est parfois bioturbée et renfermant des nodules de fer. L'association ammonitique est représentée par des moules internes d'espèces : *Fagesia peroni* Pervinquière, *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), *Choffaticeras parvielleri* Pervinquière, *Choffaticeras meslei* Peron, *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé, *Choffaticeras.sp.*, *Eotissotia simplex* Barber, *Hoplitoides wohltmanni* (Von Koenen), *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny), par contre la macrofaune benthique est absente à l'exception de quelques débris d'huîtres et d'échinides.

Dans les niveaux marneux, la microfaune identifiée est marquée, chez les foraminifères, par la dominance des hétérohélicidés avec *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg) et *P. moremani* (Cushman). En plus s'ajoutent différemment, d'une coupe à une autre, les espèces *Muricohedbergella delrioensis* Carsey et *Marginotruncana marginata* (Reuss).

## 2. 3. FORMATION DES MARNES MÉDIANES

Morphologiquement, cette entité lithostratigraphique prend la forme d'un talus marneux limité par deux ensembles durs : les Calcaires inférieurs à sa base et les Calcaires supérieurs à son sommet. Elle est représentée généralement par une épaisse couche de marnes verdâtres à rares intercalations millimétriques de dolomies argileuses et de grès fins à surface basale riche en terriers indéterminés et à surface supérieure modelée par des rides de courant. Dans la partie inférieure de cette formation, les échantillons lavés-triés ont fourni l'association de foraminifères suivante : *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg), *P. moremani* (Cushman), *Hedbergella simplex* Morrow, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer), *P. stephani* (Gandolfi) et *Ventilabrella austinana* Cushman. Il est à noter que cette microfaune se raréfie considérablement en allant vers le sommet de la série avec la persistance des espèces *Planoheterohelix globulosa*, *P. moremani*, et l'apparition de *Pseudotextularia nuttalli*.

Les marnes médianes, homogènes dans la partie orientale de la région d'étude (Takouazet et In Adaoui), se distinguent dans les secteurs de Gour Ben Houillet et Bordj Omar Driss, par l'individualisation de deux unités à caractères lithologiques distincts : une unité dominée par des dépôts silicoclastiques et une autre plus carbonatée (Fig. 2.7 ; Fig. 2.8). Toutefois, dans les coupes de Takouazet et de Gour Ben Houillet, on a pu identifier un niveau lithologique rougeâtre (Fig. 2.10).

### 2. 3. 1. Unité Mixte Silicoclastique - Carbonatée

Cette unité lithologique est remarquable par la qualité des figures et des structures sédimentaires. Elle est constituée de dépôts mixtes, silicoclastiques et carbonatés, d'épaisseur totale variant de 0 à 15 m (Fig. 2.7). Il s'agit d'une alternance de marnes verdâtres avec des bancs gréseux centimétriques (5 à 25 cm), à grains fins ou moyens, contenant des laminations obliques en mamelons (HCS) et des laminations entrecroisées ou sub-planes.

Le sommet des couches est net et montre des ondulations associées à un litage de rides de vagues ou de rides de courants unidirectionnels souvent chevauchantes. Les bioturbations sont rares et principalement caractérisées par des terriers cylindriques verticaux à sub-verticaux attribués à l'ichnogenre *Skolithos*, et des terriers anastomosés qui s'implantent à la base des couches et correspondent à l'ichnogenre *Thalassinoides* (Fig. 2.8).

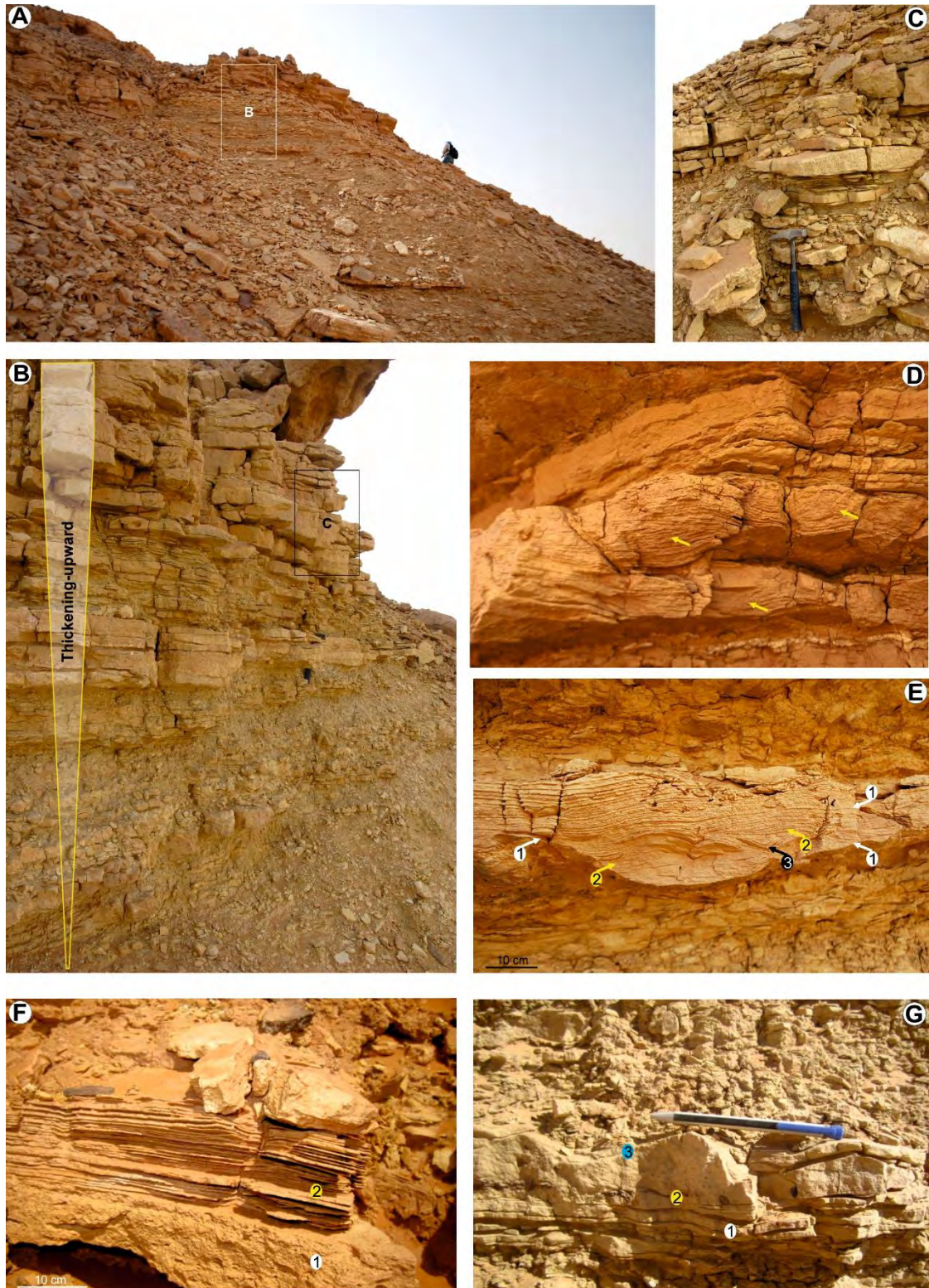
Vers le sommet de l'unité, les niveaux gréseux diminuent en terme d'épaisseur, se raréfient, puis disparaissent. Alors que les trois derniers mètres sont dominés par des dépôts marneux. Cette alternance détritique contient des concentrations coquillières qui forment des strates continues, de quelques centimètres d'épaisseur. La matrice qui emballe les débris de coquilles est de nature variable, gréseuse fine ou encore calcaire. La surface supérieure des niveaux coquilliers remanie une faune benthique de petite taille : des ostréidés [*Curvostrea rouvillei* (Coquand) et *Rastellum carinatum* (Lamarck)] ou des pectinidés associés à des cerithiidés (Fig. 2.8).

Des gouttières et des sillons d'érosion centimétriques sont présents à la base des strates à HCS et des concentrations de fossiles. Les niveaux marneux intercalés entre les calcaires et les grès révèlent une association biotique peu diversifiée, formée essentiellement de gastéropodes tylostomidés et exceptionnellement d'ammonites : *Pseudotissotia nigerensis* (Woods), *Hoplitoides Wohltmanni* (Von Koenen), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* (Douvillé) et *Choffaticeras* sp.

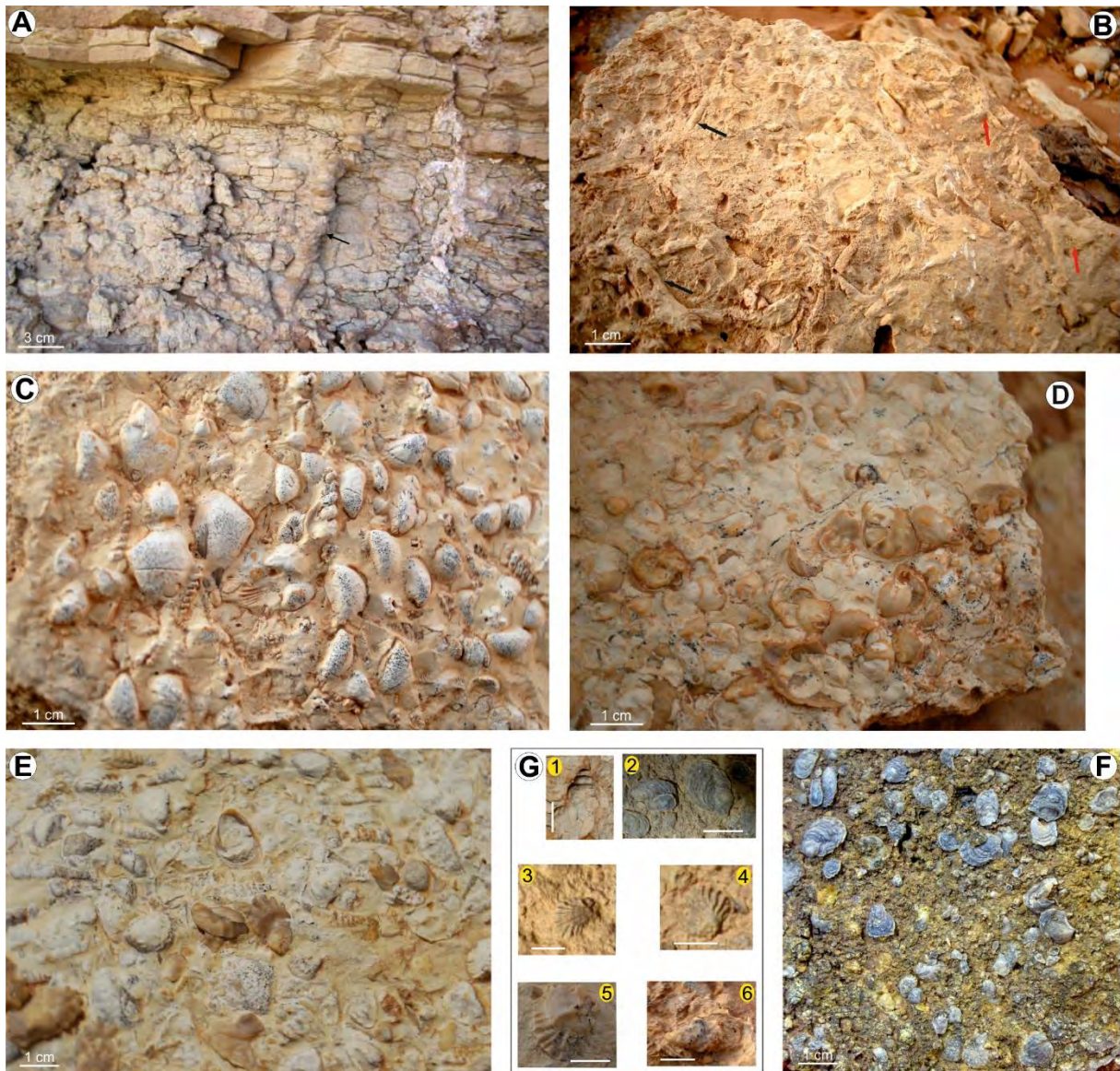
### **2. 3. 2. Unité des Marno-calcaires**

Cette unité correspond à la partie supérieure de l'intervalle 6 d'Amédro et al. (1996) et témoigne du passage d'un régime détritique mixte à un autre carbonaté dans la partie occidentale de la région d'étude. Elle peut varier rapidement d'épaisseur de 1 à 8m entre Gour Ben Houillet et l'Oued Takouazet, ou alors être absente en allant vers l'Est, entre Ohanet et In Adaoui.

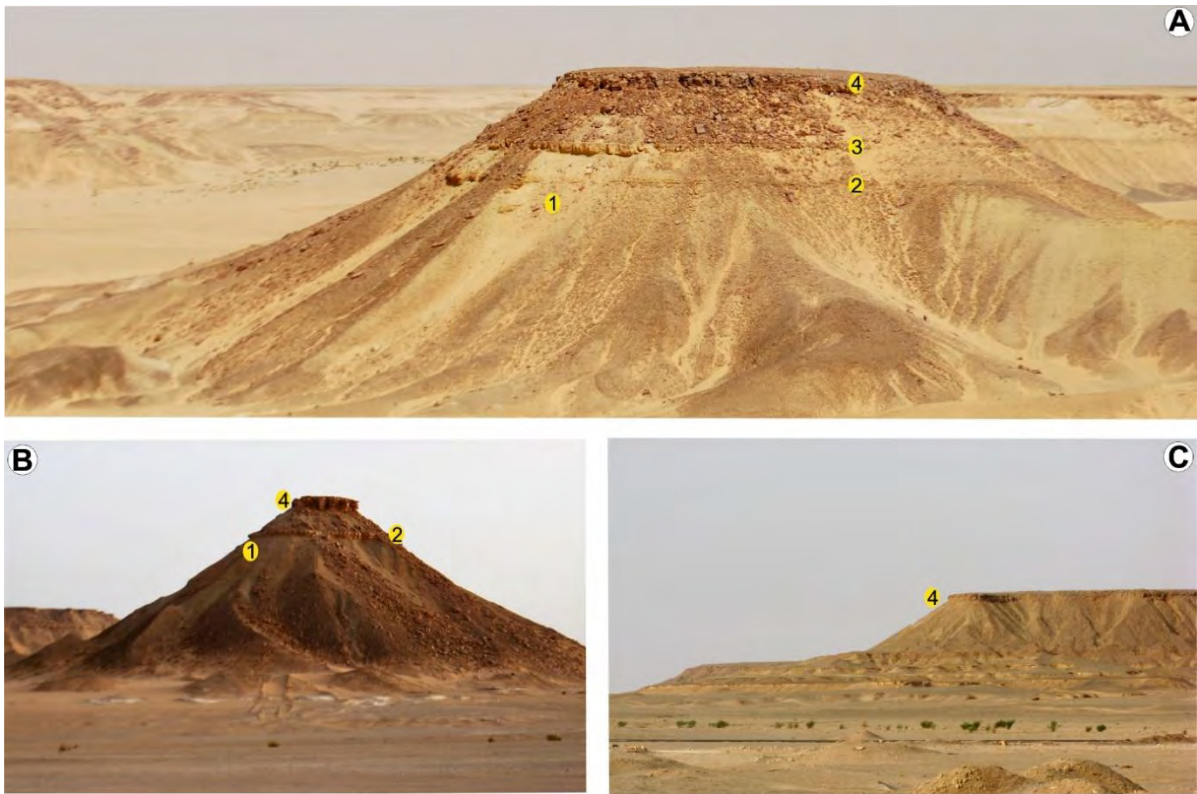
Près de la route RN59 (PK 14), c'est un banc calcaire unique situé à 15m sous la base de la corniche calcaire supérieure, mais dans la région de Gour Ben Houillet, une quarantaine de kilomètres plus au Nord-Ouest, c'est une alternance de marnes verdâtres avec deux barres calcaires atteignant jusqu'à 2 m d'épaisseur (Fig. 2.9).



**Fig. 2.7-** Illustrations photographiques de l'Unité Mixte silicoclastique-carbonatée : A, B et C- vues en coupes montrant une alternance entre les grés, les calcaires bioclastiques et les marnes. Notons que l'épaisseur des bancs diminue du haut vers le bas (voir figure B). D- bancs de grés avec des HCS (hummocky cross-stratification) indiqués par une flèche. E- grés avec une surface d'érosion (1), HCS (2) et laminations parallèles (3). F- banc épais de calcaire bioclastique (1) surmonté par un banc gréseux à laminations parallèles (2). G- grés à : laminations parallèles (1), surface d'érosion (2) et rides (3).



**Fig. 2.8-** Illustrations photographiques de l'Unité mixte silicoclastique-carbonatée : A- terriers de *Skolithos*. B- *Thalassinoides* (flèche rouge) et *Paleophycus* (flèche noire). C- banc épais de calcaire riche en bivalves de la famille des Pectinidae, genre *Neithea* associés à des gastéropodes indéterminés. D- calcaire à forte concentration d'huître *Curvostrea rouvillei* (Coquand) et *Lopha syphax* (Coquand). E- niveau coquillier à surface supérieure pétrie d'huîtres (*Rastellum carinatum* (Lamarck)) et de cerithiids. F- calcaire bioclastique renfermant une concentration monospécifique de *Curvostrea rouvillei*. G- *Tylostoma* sp. (1), *Curvostrea rouvillei* (2 et 6), *Ambigostrea pseudovillei* Malchus, (3 et 4), vue externe de la valve gauche de *Lopha syphax* (5).



**Fig. 2. 9-** Vues panoramiques de la Formation des Marnes médianes et celle des Calcaires supérieurs dans la coupe Gour Ben Houillet (A) ; de la coupe de Bordj Omar Driss (B) et celle d'Oued Ountalek (C). 1- Unité mixte Silicoclastique – Carbonatée. 2 et 3- Unité des Marno-calcaires. 4,- Formation des Calcaires supérieurs.

Ces intercalations carbonatées sont brunâtres à la patine, grisâtres à la cassure, massives à la base, bioturbées au sommet. Elles ont fourni une biophase abondante, composée essentiellement d'échinides bien conservés (*Mecaster turonensis* (Fourteau), *Mecaster* sp. *Phymosoma major* (Coquand), *Phymosoma* sp. et *Rachiosoma* sp.) et de moules internes de gastéropodes (*Ampullina* sp., *Tylostoma cossoni* Thomas et Peron et *Tylostoma globosum* Sharpe), et accessoirement des bivalves pectinidés et des ammonites appartenant à l'espèce *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* (Douvillé) et à l'espèce *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny). La partie sommitale des barres calcaires présente un débit noduleux dû à la présence d'une concentration d'oursins de petite taille.





**Fig. 2. 10-** Illustrations photographiques de la partie supérieure de la Formation des Marnes médianes. A- vue panoramique de la coupe d’Oued In Adaoui. B- lit gypseux (coupe d’Oued Takouazet). C- argiles rouges et croûte ferrugineuse (coupe de Gour Ben Houillet). D- position de l’Unité des Couches rouges dans la coupe de Takouazet. E- la faune caractéristique de l’Unité des Couches rouges, *Mecaster turonensis* (Fourteau), *Mecaster* sp., *Phymosoma major* (Coquand), *Rachiosoma rectilineatum* (Peron et Gauthier) et *Rachiosoma* sp. Notons que cette faune est de petite taille, de couleur rougeâtre.

### 2. 3. 3. Unité des Couches rouges

Dans les coupes de Takouazet et de Gour Ben Houillet, une unité supplémentaire a été bien identifiée. Il s'agit d'un niveau rouge repère, qui pourrait correspondre aux « red beds » de Abdel-Gawad (1999), d'El Qot (2006) et de Wendler et al., (2009), riche en faune benthique de petite taille formée essentiellement d'échinides, de bivalves et de gastéropodes (Fig. 2.10, C, D et E).

### 2. 4. FORMATIONS DES CALCAIRES SUPERIEURS

Cette entité lithostratigraphique constitue un repère remarquable dans la géomorphologie, sous forme d'une corniche métrique bien réglée latéralement, formant la surface de la Hamada (plateau rocheux) du Tinrhert. Elle correspond à la cuesta turonienne d'Amédro et al. (1996) ; à la barre turonienne de Busson (1999) et à l'unité 7 de Grosheny et al. (2013). Cette unité débute par un niveau calcaire centimétrique riche en gastéropodes, échinides et terriers attribués à l'ichnogène *Thalassinoides*. Ce premier niveau est surmonté par quatre à cinq bancs calcaires durs, d'épaisseur décimétriques, brunâtres à la patine et grisâtres à la cassure. Les bancs calcaires renferment des passées à fantômes de bioclastes dolomitisés et alignés conférant à la barre un aspect laminé (Fig. 2.11).

Leur surface supérieure est modelée par des rides de courant. L'examen en lames mince montre un faciès totalement dolomitisé, à cristaux rhomboédriques de 0,1mm parfois zonés de brun, sparitique ou microsparitique voire hématitique (voir page 40, Fig. 2.17).



**Fig. 2. 11-** Illustrations photographiques de la Formation des Calcaires supérieurs : A, B et C- vue de détail de la formation (coupe de Gour Ben Houillet). Notons la continuité et l'irrégularité des bancs (A et B). On note aussi que ces bancs calcaires renferment des passées à fantômes de bioclastes dolomitisés et alignés conférant à la barre un aspect laminé (C). D et E- trace de fossiles dans la surface basale des bancs calcaires.

### **3. INTERPRETATIONS PALEOENVIRONNEMENTALES**

#### **3. 1. Introduction**

Les nouvelles observations de terrain, recueillies lors des dernières missions de prospections (2013 à 2015), permettent de définir de manière détaillée les mécanismes et l'organisation des dépôts du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur, grâce à la sédimentologie de faciès. Cette approche nous a permis de reconnaître quinze faciès sédimentaires types, notés de FT1 à FT15, que nous avons regroupé en cinq assemblages de faciès distincts, appartenant à des environnements de dépôt allant de la rampe proximale à la rampe distale voire bassin.

#### **3. 2. Principaux faciès décrits dans le plateau de Tinrhert**

##### **3. 2. 1. Faciès FT-1 : Argile gypsifère**

###### **a- Description sommaire : Argiles à gypse**

Epaisseur centimétrique à métrique, couleur verdâtre ou rougeâtre, à intercalations gypseuses ou dolomitico-argileuses, dépourvues de faune et de bioturbation.

###### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Climat aride, énergie hydrodynamique faible voire nulle, conditions peu favorables au développement de la vie benthique ; faciès de plaine côtière évaporitique (supratidal) analogue à une sebkha (Oboh-Ikuenobe et al., 2005) ; partie proximale d'une rampe carbonatée (Kaoukaya et al., 2001).

##### **3. 2. 2. Faciès FT-2 : Gypse**

###### **a- Description sommaire : Argiles à gypse**

Epaisseur centimétrique à métrique, couleur blanchâtre à grisâtre, d'aspect fibreux ou saccharoïde, azoïque. La bioturbation est quasiment absente.

###### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Milieu à faible tranche d'eau concentrée en saumures, avec une évaporation intense en climat chaud et aride. Conditions très défavorables au développement d'une vie.

### **3. 2. 3. Faciès FT-3 : Calcaire algair**

#### **a- Description sommaire : Calcaires pré-*Neolobites***

Epaisseur centimétrique à décimétrique, couleur grisâtre, mudstone à rhomboèdres de dolomie, à lamines algaires planes ou ondulées, évoluées parfois en tipis.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Activité des cyanobactéries dans un milieu intertidal haut à supratidal (Logan et al., 1987 ; Shinn, 1983). Les structures en tipis sont le produit d'une lithification synsédimentaire de sédiments carbonatés soumis à une exposition subaérienne (Tucker et Wright, 1990 ; Pratt et al., 1992).

### **3. 2. 4. Faciès FT-4 : Calcaire bioclastique lenticulaire**

#### **a- Description sommaire : Calcaires pré-*Neolobites***

Epaisseur centimétrique, couleur ocre, packstone rarement grainstone, en concentrations coquillères lenticulaires, discontinues, sans structures internes, encadrées par des niveaux à lamines algaires ondulées.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

La texture grainstone et la stratification lenticulaire discontinue montrent tout un milieu dominé par une dynamique de tempête. La dynamique érosive est bien exprimée dans ce faciès par l'aspect lenticulaire du faciès.

### **3. 2. 5. Faciès FT-5 : Calcaire bioturbé**

#### **a- Description sommaire : Calcaires pré-*Neolobites***

Epaisseur décimétrique, couleur grisâtre, mudstone pelmicritique dolomitisé, dur, intensivement bioturbé, contenant des débris d'huîtres. Les terriers montrent des contours nets et correspondent à des *Thalassinoides*. La matrice micritique contenant de nombreux grains de quartz.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

L'abondance des *Thalassinoides* et la présence des débris d'huîtres atteste un dépôt dans un milieu marin médiolittoral à marginolittoral riche en nutriments, à salinité normale et bien oxygéné (Frey et Pemberton, 1984; Sattler et al., 2005). L'influence terrigène est représentée par des grains de quartz dispersés.

### **3. 2. 6. Faciès FT-6 : Calcaire wackestone à faune benthique et pélagique**

#### **a- Description sommaire : Calcaires à *Neolobites***

Épaisseur décimétrique, couleur beige à blanchâtre, en bonne continuité latérale, biomicrite à texture wackestone mais elle peut être occasionnellement de type packstone, riche en faune, parfois complète et en bon état de conservation (ammonites, nautilus, huîtres et autres bivalves, échinides, Rovéacrinides, gastéropodes, annélides, ostracodes, foraminifères benthiques et planctoniques) (Fig. 2.12, Fig. 2.13). Les bioclastes sont en majeure partie déterminables et sont parfois obliquement déformés.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

L'abondance et la diversité de la faune indiquent l'existence d'un milieu de dépôt ouvert, à eau bien éclairée, déconfiné et excessivement riche en éléments nutritifs. La texture wackestone-packstone, riche en bioclastes benthiques et pélagiques, témoigne d'un milieu de dépôt relativement agité situé vraisemblablement au-dessus de la limite d'action des tempêtes et en dessous de la limite d'action des vagues permanentes.

### **3. 2. 7. Faciès FT-7 : Calcaire à *gryphaeids* et bioturbation**

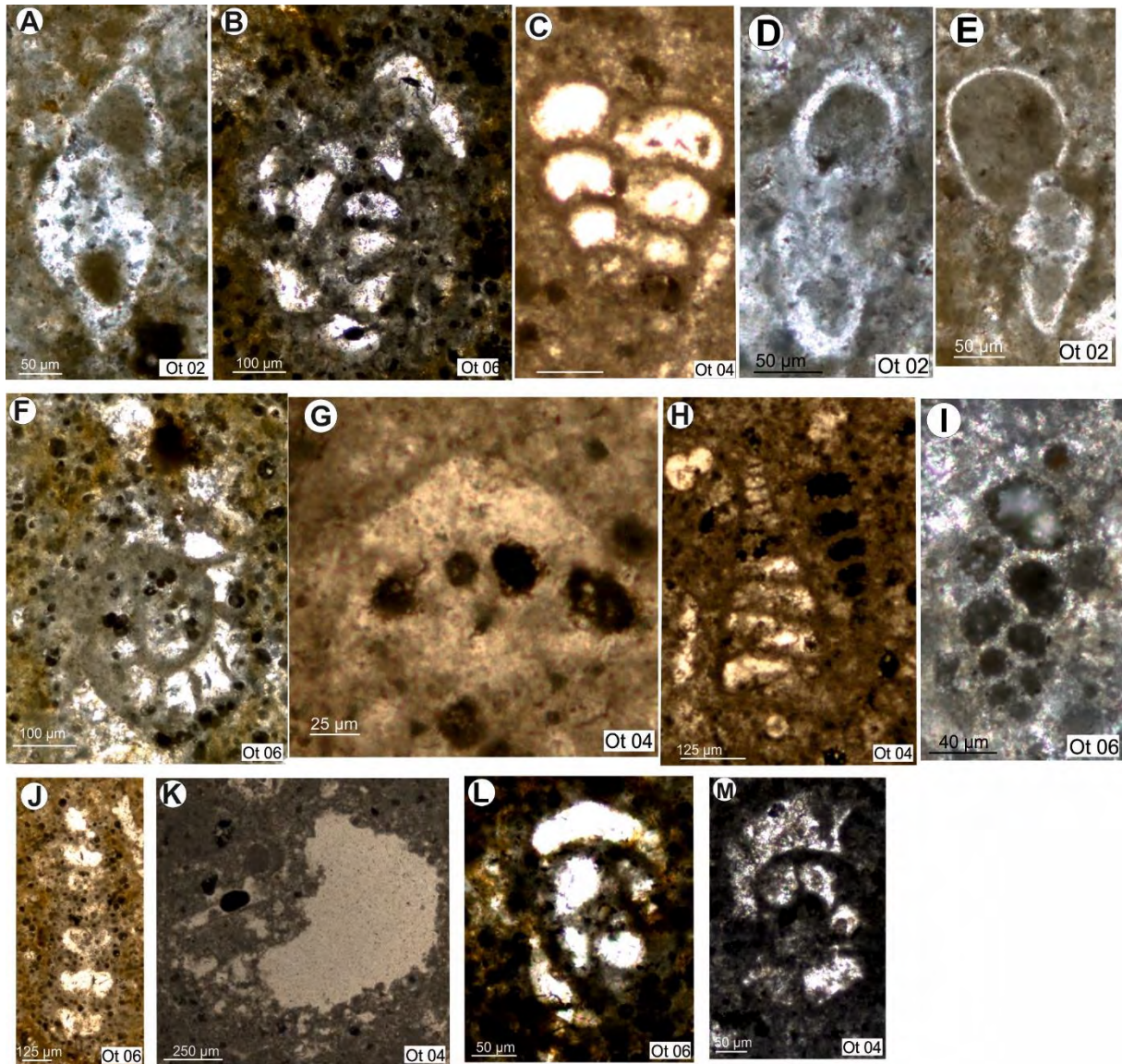
#### **a- Description sommaire : Calcaires à *Neolobites***

Épaisseur centimétrique à décimétrique, couleur blanchâtre, biomicritique de texture wackestone-packstone riche en huîtres (notamment les exogyres et les pycnodontes) qui se concentrent en lumachelles lenticulaires. Les éléments biogéniques accessoires englobent des échinides [*Goniopygus menardi* (Desmarest) et *Micropedina olisiponensis* (Forbs)] des pectinidés (*Neithea hispanica*, Orbigny), des débris de rudistes sauvagésinés et de décapodes. Les concentrations coquillères sont intercalées par des sédiments carbonatés fins, de texture mudstone-wackestone à débris de *gryphaeids* et très bioturbés par *Thalassinoides* et *Ophiomorpha*.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Les exogyres et les pycnodontes possèdent un plateau cardinal très développé (Jourdy, 1924). La présence de telles expansions chez les bivalves traduit généralement la présence de forts courants (Videt, 2004). Les amas coquillers lenticulaires centimétriques à décimétriques sont attribués à l'action des vagues (Aigner, 1985) qui concentrent et remanient le matériel fossilifère sur le substrat au cours des tempêtes. Les calcaires micritiques, intercalés entre les niveaux à concentrations coquillères, sont caractérisés par une forte bioturbation qui

a effacé toutes les structures sédimentaires. Ces sédiments fins, renfermant une faible proportion de bioclastes, témoignent d'un environnement peut être plus profond, caractérisé par une plus faible agitation des eaux.



**Fig. 2. 12-** Photos de foraminifères en lames minces (Unité des Calcaires à *Neolobites*) : A- foraminifères benthiques *Lamarckina* (Ot 02). B- *Quinqueloculina* (Miliolid) (Ot 06). C- *Textularia* sp. (Ot 04). D- *Whiteinella* (Ot 02). E- fragment d'*Hedbergella* (Ot 02). F- *Haplophragmoides* (Ot 06). G- rotalid (Ot 04). H- foraminifères agglutinés benthiques (Ot 04). I- *Planoheterohelix* (Ot 06), J. *Reophax* (Ot 06). K- *Bacinella* (algue) (04). L- *Glomospira* (Ot 06). M- *Trochammina* (Ot 04).

### **3. 2. 8. Faciès FT-8 : Calcaire à échinoïdes**

#### **a- Description sommaire : Calcaires à *Neolobites***

Epaisseur centimétrique, couleur grisâtre à jaunâtre, packstone à wackestone très riche en oursins spatangues complets, associés à des foraminifères planctoniques (Fig. 2.12). L'ensemble flotte dans une matrice de micrite. Inversement, les gastéropodes et les ostracodes sont rares.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Les échinodermes sont généralement trouvés dans un environnement de rampe proximale à médiane, avec une salinité normale et des ressources tropicales élevées (Nield et Tucker, 1985 ; Lukasik et al., 2000) et ne sont pas particulièrement tolérants des faibles teneurs en oxygène (Gale et al., 2000). Les échinides spatangues marquent des biofaciès de vasières distales, infralittorales inférieures à circalittorales (Néraudeau et Moreau, 1989 ; Videt et Néraudeau, 2007). L'association des échinides avec les foraminifères planctoniques, et la rareté des gastéropodes et des ostracodes peut indiquer un environnement de rampe médiane (Flügel, 2010).

### **3. 2. 9. Faciès FT-9 : Calcaire à faune pélagique**

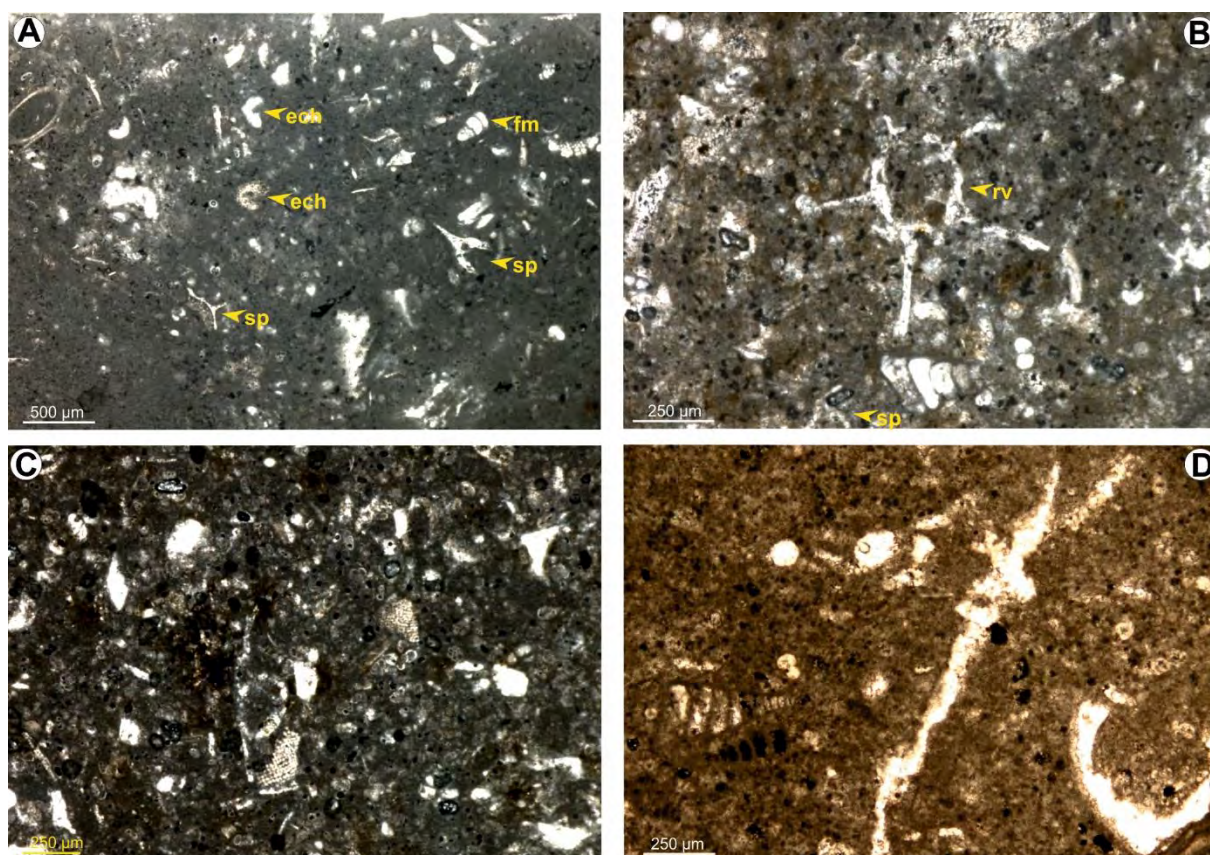
#### **a- Description sommaire : Calcaires à *Vascoceras***

Epaisseur centimétrique, couleur grisâtre, biomicrite de texture mudstone-wackestone (Fig. 2.15), compact, dépourvu de structures sédimentaires, contenant une riche faune d'ammonites et de foraminifères planctoniques (Fig. 2.14). Il contient également des sections de crinoïdes Rovéacrinides et de rares débris de bivalves.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

La matrice de texture très fine et la présence d'une faune pélagique témoignent d'un écoulement faible en milieu de dépôt profond, en dessous de la limite d'action des vagues de tempête, à fonds boueux, régi par une circulation ouverte, probablement de vasière infralittorale (Canérot et al., 1982 ; Ettachfini et Andreu, 2004 ; Benyoucef et Meister, 2015).





**Fig. 2. 13-** Microfaciès de l'Unité des Calcaires à *Neolobites* : A- mudstone sombre contenant des spicules de spongiaires siliceux (sp), d'échinodermes (ech), des foraminifères benthiques (fm) et des sections de bivalves (Bod 02). B- mudstone-wackestone à foraminifères benthiques, à ostracodes avec une belle section de Rovéacrinides (rv, Bod 02). C- mudstone-wackestone à fragments d'échinodermes et à foraminifères benthiques et planctoniques (Ot 01). D- mudstone-wackestone contenant un assemblage de foraminifères dominé par des formes agglutinées et des foraminifères benthiques *Redmondooides* (Ot 04).

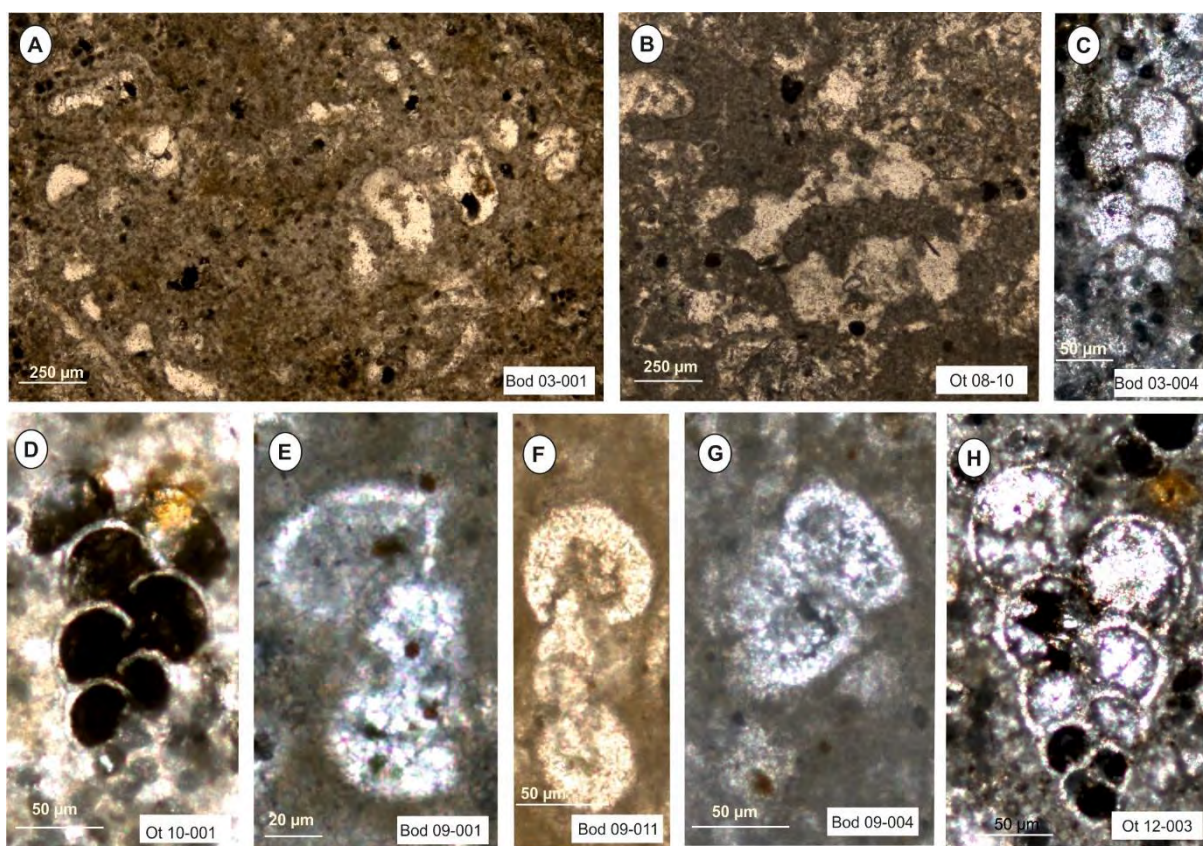
### 3. 2. 10. Faciès FT-10 : Marne à ammonites et foraminifères planctoniques

#### a- Description sommaire : Marno-calcaires à *Choffaticeras*

Epaisseur centimétriques à décimétriques, de couleur verdâtre, mudstone (Fig.2.16) sans structures sédimentaires, riche en ammonites et foraminifères planctoniques.

#### b- Interprétation en termes de processus de dépôt

La texture fine des marnes due au processus de décantation, témoignent d'un milieu de dépôt à régime hydrodynamique faible (Allen, 1985) voire nul. La présence des ammonites et des foraminifères planctoniques indique que la sédimentation s'est effectuée en milieu marin profond, voire même en dessous de la limite d'action des vagues de tempête.



**Fig. 2. 14-** Photos de foraminifères en lames minces de l'Unité des Calcaires à *Vascoceras*: A- foraminifère agglutiné, probablement *Reophax* (Bod 03-001). B- section partielle de *Placopsilina* (Ot 08-010). C- *Verneulinoides* (Bod 03-004). D- *Planoheterohelix* (Ot 10-001). de l'Unité des Marno - calcaires à *Choffaticeras* : E- *Helvetoglobotruncana* (Bod 09-001). F- *Hedbergella* (Bod 09-011). G- *Globigerinoides* (Bod 09-004). H- *Planoheterohelix* (Ot 12-003).

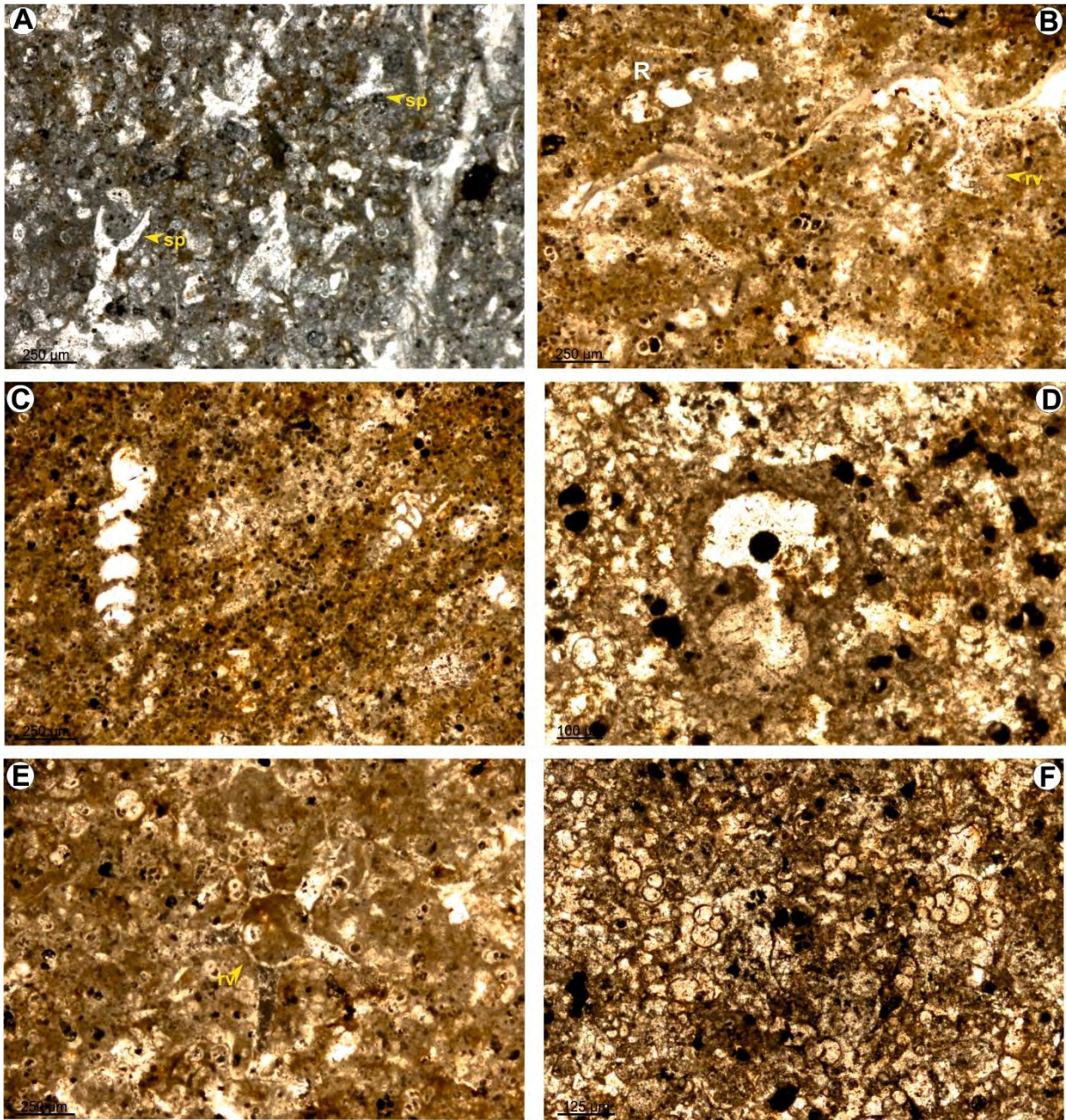
### 3. 2. 11. Faciès FT-11 : Marne à foraminifères benthiques et planctoniques

#### a- Description sommaire : Marnes médianes

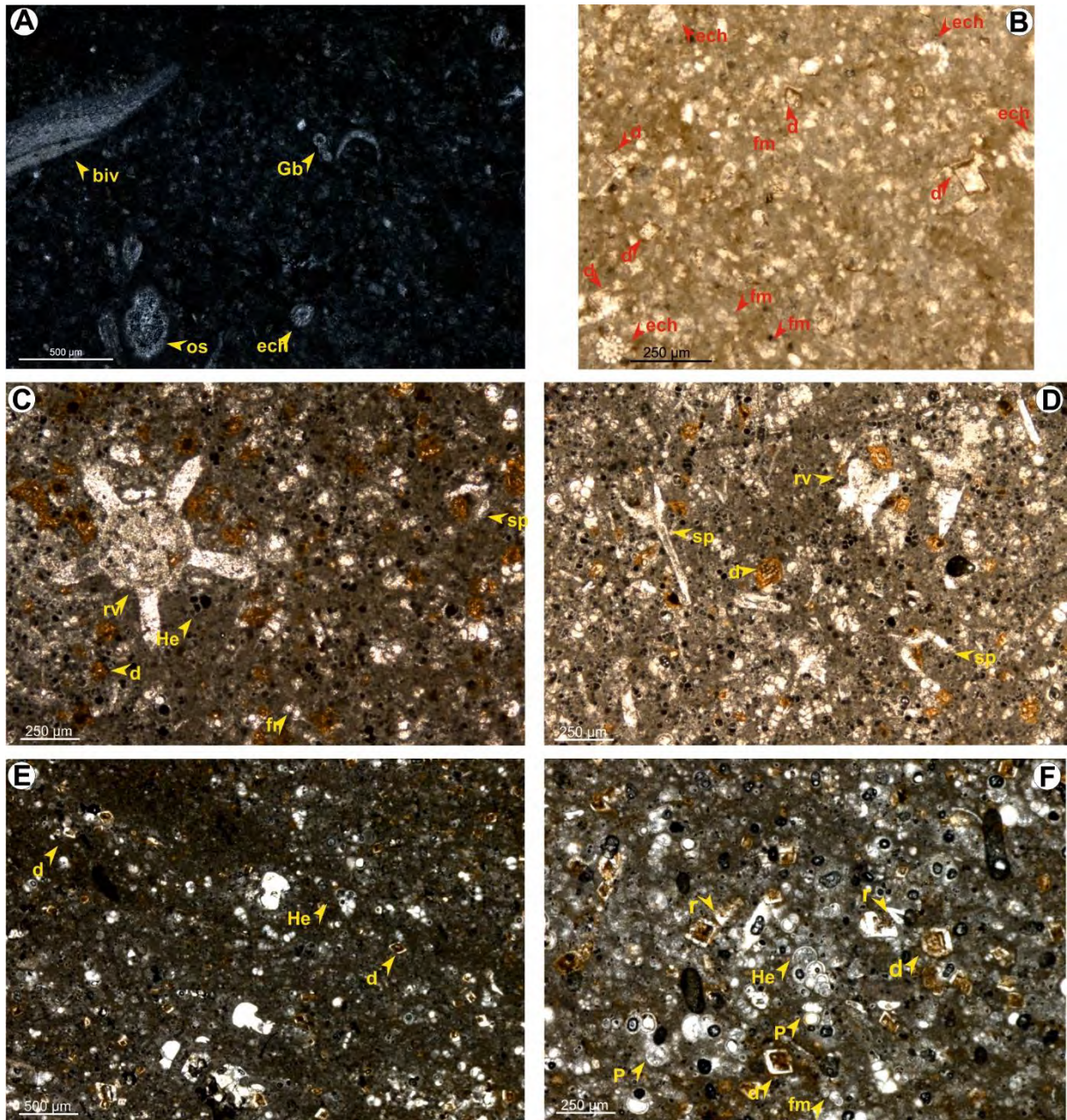
Épaisseur centimétrique à métrique, de couleur verdâtre ou jaunâtre, mudstone à foraminifères benthiques et planctoniques. Les foraminifères planctoniques globuleux sont abondants ; les foraminifères planctoniques carénés y sont très rares (Tchenar et al., 2015).

#### b- Interprétation en termes de processus de dépôt

Les foraminifères planctoniques globuleux (type *Hedbergella*, *Planoheterohelix*) préfèrent les eaux de surface (<100 à 200 m), tandis que les formes carénées, plus complexes, vivent en eaux plus profondes (Caron et Homewood, 1982 ; Hart et Bailey, 1979 ; Grosheny et al., 2008).



**Fig. 2. 15-** Microfaciès de l'Unité des Calcaires à *Vascoceras* : A- wackestone à spicules de spongiaires (sp) et à foraminifères planctoniques (Bod 03). B- wackestone contenant des formes planctoniques bisériées du genre *Planoheterohelix*, test agglutiné de foraminifère *Reophax* sp. (R) et de Roveacrinidae (rv) (Ot 06). C- wackestone à foraminifères agglutinés *Gaudryina* sp. et *Textularia* (Ot 06). D- wackestone-packestone à Hétérohélicidés avec une forme agglutinée indéterminée (Ot 06). E- wackestone-pakestone à *Roveacrinus alatus* Douglas (Ot 07). F- packestone à *Planoheterohelix* (Ot 08).



**Fig. 2.16-** Microfaciès de l'Unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* : A- mudstone contenant des bioclastes variés formés d'ostracodes (os, *Haughtonileberis* sp.), de radioles d'oursins (ech), de foraminifères planctoniques (Gb, *Globigerinelloides* sp.) et de sections de bivalves (biv, Bod 09). B- wackestone bioclastique qui renferme des foraminifères planctoniques (fm) et des épines d'échinoides (ech). Le sédiment est légèrement dolomitisé, les cristaux de dolomite (d) sont bien visibles et de taille variable (Bod 09). C- wackestone à Hétérohélicidés (He) avec une section transversale (cavité dorsale) d'un thèque complet de *Roveacrinus alatus* Douglas (rv), des rhomboèdres de dolomite oxydés (d, Ot 12). D- wackestone-packstone riche en spicules de spongiaires (sp) et en Hétérohélicidés. On Note aussi la présence de section indéterminée de Rovéacrinides et des rhomboèdres oxydés de dolomie (d, Ot 12). E et F- mudstone-wackestone à Pithonellides (p), Hétérohélicidés (*Planoheterohelix globulosa* Ehrenberg, He) et à test de radiolaire (r, Ot 14).

### **3. 2. 12. Faciès FT-12 : Calcaire lumachélique**

#### **a- Description sommaire : Silicoclastiques**

Epaisseur centimétrique, couleur grisâtre, biosparite de texture packstone-grainstone, à concentration d'huîtres presque monospécifiques, rares oursins brisés. La matrice qui emballe les coquilles est de nature variable, grès fin ou encore calcaire. Un taux de fragmentation des bioclastes relativement élevé, notamment à la base des bancs. Présence des gouttières d'érosion de quelques centimètres de profondeur et de longueur d'onde.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Ce faciès témoigne d'une sédimentation soumise ponctuellement à l'action d'un courant de haute énergie assimilé à des tempêtes. Il correspond aux niveaux coquilliers de type A (ou concentrations fines issues d'un seul événement de tempête) au sens de Botquelen et al. (2004).

### **3. 2. 13. Faciès FT-13 : Grès à litages obliques en mamelons (HCS)**

#### **a- Description sommaire : Silicoclastiques**

Epaisseur centimétrique, couleur jaunâtre. Les principales structures sédimentaires observées sont des litages plans, des litages obliques en mamelons et des lamines silteuses. La bioturbation, moins diversifiée, est représentée par des traces fossiles verticales (*Skolithos*) et horizontales (*Thalassinoides*). Présence des gouttières d'érosion. La macrofaune est rare en dehors des intercalations marneuses.

#### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Les structures sédimentaires témoignent d'environnements peu profonds, soumis à l'action des vagues de beau temps et des vagues de tempêtes. Le nombre faible des ichnotaxons est lié probablement à des conditions paléoenvironnementales stressantes : énergie hydrodynamique élevée, substratum instable et fluctuations rapide entre taux de sédimentation et érosion.

### **3. 2. 14. Faciès FT-14 : Calcaire à échinides et gastéropodes**

#### **a- Description sommaire : Alternance des marnes avec des barres calcaires**

Epaisseur décimétrique, couleur brunâtre à grisâtre, wackestone, dur, à contenu paléontologique dominé par les échinides (*Mecaster* et *Phymosoma*) et les moules internes de gastéropodes (*Tylostoma cossoni* Thomas et Peron et *Tylostoma globosum* Sharpe) et

accessoirement des ammonites (*Choffaticeras sinaiticum* Douvillé) et des plicatulidés (*Plicatula ferryi* Coquand).

### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

Selon Wilson (1975), le faciès packstone à gastéropode reflète un dépôt dans un environnement subtidal à intertidal inférieur. Cependant, dans l'intervalle documenté, l'abondance des oursins et la matrice micritique attestent un milieu de faible énergie hydrodynamique. Les échinides réguliers du groupe *Phymosoma* sont connus dans des faciès infralittoraux d'âge Cénomaniens et dans des faciès circalittoraux d'âge Sénonien dans le Sud-Ouest de la France (Néraudeau & Moreau, 1989). Les échinides spatangoïdes marquent des biofaciès de vasières distales, infralittorales inférieures à circalittorales (Néraudeau et Moreau, 1989 ; Videt et Néraudeau, 2007).

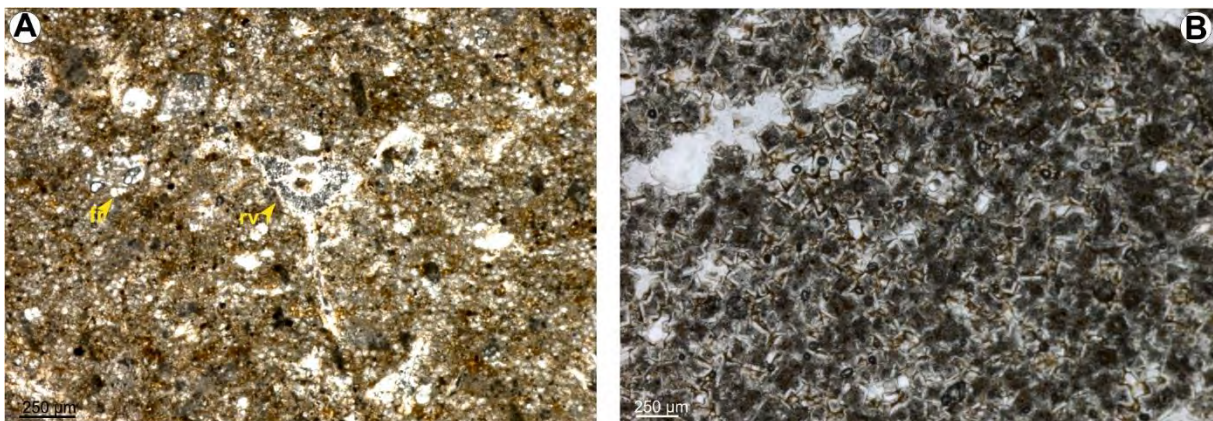
## **3. 2. 15. Faciès FT-15 : Calcaire laminé**

### **a- Description sommaire : Calcaires supérieurs**

Épaisseur décimétriques, couleur grisâtre à brunâtre, dolomitisé, à fantômes de bioclastes et alignés conférant aux bancs un aspect laminé ; rides de courant (Fig. 2.17).

### **b- Interprétation en termes de processus de dépôt**

La présence de bioclastes alignés témoigne d'un dépôt sous dynamique des tempêtes.



**Fig. 2. 17-** Microfaciès des Formations des Marnes médianes (A) et des Calcaires supérieurs (B) : A- wackestone dolomitisé à foraminifères benthiques (fr) et à section d'Ophiuroid (op, Ot 16). B- faciès totalement dolomitisé (Ot 20).

### **3. 3. Association de faciès et milieux de dépôt**

La distribution, latérale et verticale, des faciès identifiés a permis d'établir une courbe paléobathymétrique (Fig. 2.18) considérée comme caractéristique d'un milieu de dépôt de type rampe (au sens de Ahr, 1973 ; Read, 1985 ; Burchette & Wright, 1992) avec une pente douce, en raison de :

- manque des lithoclastes et des dépôts de remaniements gravitaires tels ceux identifiés en marge de plate-forme (turbidites, brèches...) ;
- l'absence, dans le temps et dans l'espace, de dépôts marins restreints avec leurs cortèges de barrières oolithiques, bioclastiques ou récifales caractéristiques des bordures de plate-forme ;
- l'importante dilution des carbonates dans la marne et l'ubiquité des événements de tempêtes qui indiquent de bonnes communications avec le milieu marin ouvert ;
- l'évolution graduelle d'un environnement de dépôts à l'autre avec les hiatus exprimés seulement de manière subtile ;

#### **3. 3. 1. Rampe proximale (inner-ramp)**

Deux associations de faciès distinctes peuvent être rattachées à un environnement de rampe proximale.

##### **a- Association de faciès AFA**

Constituant la presque totalité de la formation des Argiles à gypse, cette association est représentée par des alternances argiles (FT1)-gypses (FT2) quasiment azoïque et étendues latéralement sur de très grandes distances. Ces alternances argilo-gypsifères se sont développées dans des conditions à énergie faible, en climat aride. Elles traduisent les fluctuations d'une lame d'eau pelliculaire soumise à une évaporation intense : les argiles se décantent lors des périodes de faible ennoyage et les gypses se précipitent lors des périodes sèches et arides. Ils ont été classiquement interprétés comme des faciès de plaines côtières évaporitiques (milieu supratidal) analogue à une sebkha (Purser, 1983 ; ObohI-Kuenobe et al., 2005). Cette dernière peut se développer en partie proximale d'une rampe carbonatée (Kaoukaya et al., 2001). L'absence de macrofaune et de bioturbation témoigne des conditions hostiles peu favorables au développement de la vie benthique.

### **b- Association de faciès AFB**

Cette association de faciès occupe l'Unité des calcaire pré-*Neolobites* et regroupe les faciès type FT3, FT4 et FT5. Elle indique un approfondissement, depuis des mudstones formés de lamines stromatolithiques planes, ondulées ou plissotées (tipis) à des mudstones pelmicritiques faiblement bioclastiques et fortement bioturbés par des traces de *Thalassinoides*. Les strates qui se caractérisent par de fréquentes lamines algaires et par l'absence de bioturbations indiquent un environnement médiolittoral à conditions de température et de salinité élevées, sans aller toutefois jusqu'à des conditions évaporitiques franches (absence de gypse). La présence des *Thalassinoides* et des exogyres dans les niveaux supérieur de cette association de faciès indique un environnement de dépôt margino-littoral riche en nutriments et à salinité proche de la normale (Frey et Pemberton, 1984 ; Pascal et al., 1994). Les minces concentrations coquillères lenticulaires (FT4) intercalées entre les lamines algaires ondulées attestent une influence occasionnelle des tempêtes. La forte lenticularité des accumulations coquillères plaide pour des milieux très proximaux.

L'association de faciès « AFB » peut être interprétée comme dépôts d'une rampe carbonatée proximale exceptionnellement débordée par des courants de tempêtes. L'exondation épisodique de cette rampe carbonatée est témoignée par la présence des tapis algaires à structures en tipis.

### **3. 3. 2. Rampe médiane (mid-ramp)**

Selon la nature des dépôts, carbonatés ou silicoclastiques, deux associations de faciès distinctes peuvent être attribuées à cet environnement de dépôts :

#### **a- Association de faciès AFC**

Cette association de faciès correspond aux dépôts de l'Unité des calcaires à *Neolobites* qui regroupe les faciès types FT6, FT7 et FT8. Elle coïncide avec une transgression généralisée accompagnée d'une diversification faunique très importante, où dominent les formes benthiques (bivalves, foraminifères benthique) et pélagiques (ammonites, nautilus, crinoïdes, Roévacinides et foraminifères planctoniques). Ces faciès indiquent un contexte de sédimentation dans un milieu de rampe carbonatée médiane. Cette rampe est soumise à l'influence des tempêtes qu'attestent les intervalles coquillères riches en huîtres gryphaeides concentrés en amas lenticulaires, centimétriques à décimétriques (FT7). Les calcaires micritiques intercalés entre les niveaux à concentrations coquillères sont caractérisés par une



forte bioturbation (*Thalassinoides* et *Ophiomorpha*) qui témoigne des périodes de faible agitation des eaux.

### **b- Association de faciès AFD**

Cette association de faciès correspond aux dépôts de l'Unité silicoclastique intercalée au sein des marnes médianes, entre Gour Ben Houillet et l'Oued Takouazet. Elle est formée d'une alternance de marnes silteuses vertes finement laminées (FT11) et de couches centimétriques de grès (FT13) fins à laminations obliques et à litage oblique en mamelons (HCS) dont la longueur d'onde est centimétrique et de faible amplitude. La base des couches gréseuses est érosive et présente parfois des gouttières d'érosion. Les surfaces sommitales des couches montrent souvent des litages de rides de vagues et parfois des litages de rides de courants unidirectionnels. La bioturbation est de faible intensité et préférentiellement implantée à l'interface ou à la base des couches, successivement, sous forme de terriers verticaux (*Skolithos*) ou horizontaux (*Thalassinoides*). Ces couches de grès sont le plus souvent surmontées par des niveaux calcaires bioclastiques (FT12) concentrant des fragments millimétriques d'huitres (concentrations événementielles au sens de Kidwell et Bosence, 1991).

La présence de litages entrecroisés en mamelons, des surfaces d'érosion et des concentrations coquillières minces témoignent de l'action de courants à composante oscillatoire de haute énergie. Ceux-ci sont liés à un régime de tempêtes. Les lamines obliques enregistrent un courant unidirectionnel de l'océan vers le continent. Par ailleurs, la présence de litage de rides de courant unidirectionnel dans certaines couches, peut être interprétée aussi comme des courants à composante unidirectionnelle générés par les courants de tempêtes (Cheel et Leckie, 1993). Les marnes silteuses à ammonites, foraminifères benthiques et planctoniques, et tylostomidés correspondent à des dépôts de décantation liés aux périodes de quiescence courantologique, usuellement post-tempêtes.

L'alternance entre des périodes de décantation et d'écoulements oscillatoires est caractéristique d'une dynamique de tempêtes sous la limite d'action des vagues permanentes en domaine d'*offshore* supérieur (rampe médiane). La présence des ammonites suggère un milieu ouvert sur le large.

### 3. 3. 3. Rampe distale à plateau

#### a- Association de faciès AFE

Cette association de faciès caractérise la partie supérieure de la formation des “Calcaires inférieurs”, qui regroupe l’Unité des calcaires à *Vascoceras* et l’Unité des marno-calcaires à *Choffaticeras*. Elle comprend des calcaires noduleux mudstone-wackestone à foraminifères planctoniques globuleux, crinoïdes Rovéacrinides et moules internes d’ammonites (FT9), et des marnes à foraminifères planctoniques (FT10). Les dépôts de cette association sont caractérisés aussi par la rareté des formes benthiques et l’absence de structures de tempêtes.

La texture fine des marnes due au processus de décantation, témoigne d’un milieu de dépôt à régime hydrodynamique faible (Allen, 1985) voire nul ; Le faciès calcaire dominé par les formes pélagiques indique que la sédimentation s’est effectuée en milieu marin calme et profond, voire même en dessous de la limite d’action des vagues de tempête. Cet environnement peut être assimilé à un milieu de type rampe carbonatée distale, voire bassin (selon la classification de Burchette et Wright, 1992). Cette association de faciès, la plus distale identifiée sur l’ensemble de la série du Cénomano-Turonien du Tinrhert, marque les maxima d’inondation.

Les intercalations calcaires de texture wackestone riches en formes planctoniques (*Planoheterohelix* et Rovéacrinides) témoignent des épisodes peu agité qui pourraient être liées à l’influence distale des courants de tempêtes.

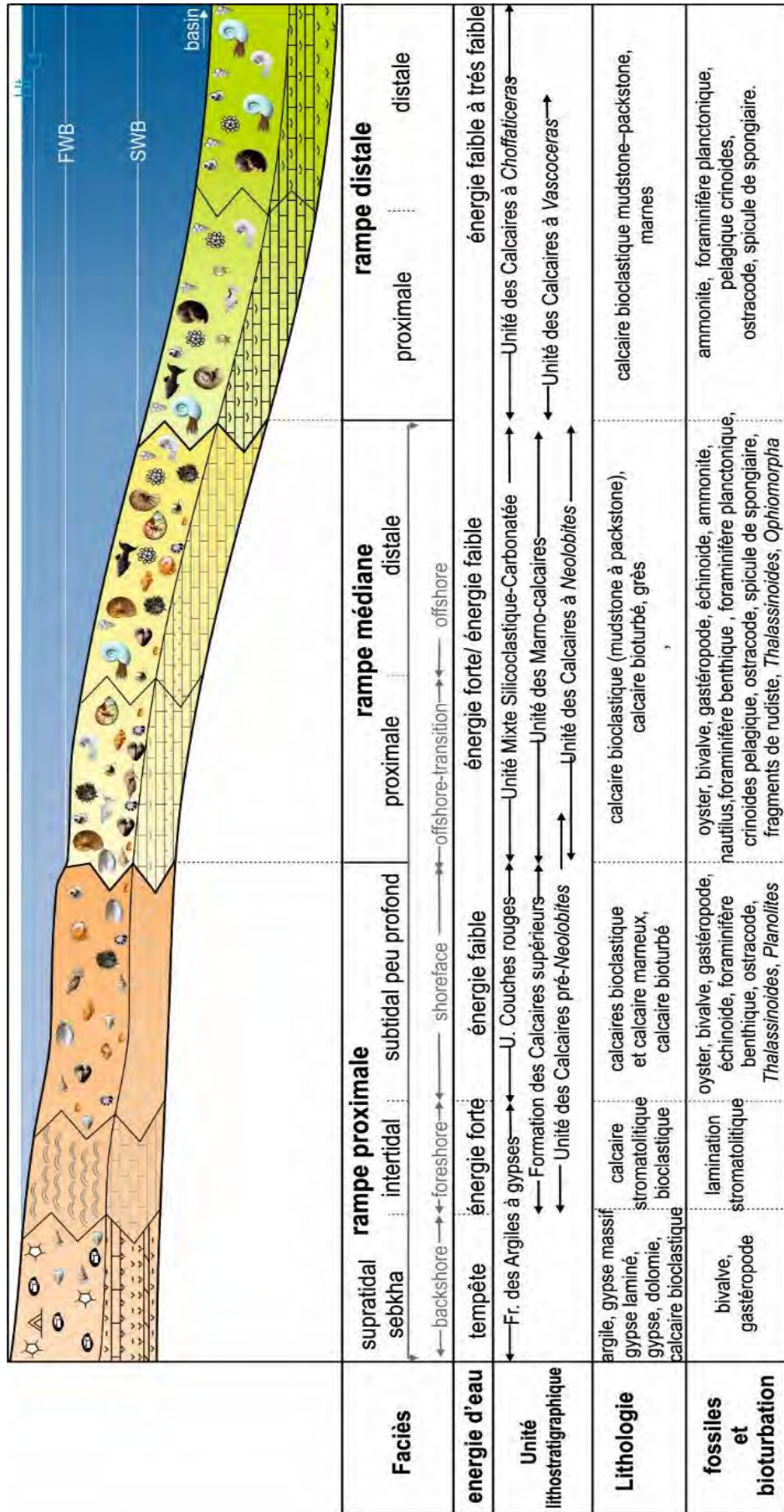


Fig. 2. 18- Modèle hypothétique présentant les dépôts cénomano-turonien du plateau de Tinrth.

#### 4. CONCLUSION

Neuf coupes ont été levées et échantillonnées dans le plateau de Tinrhert. Sur la base des caractéristiques lithologiques et paléontologiques, les dépôts analysés sont subdivisés en trois formations géologiques à unités informelles :

- Formation des Calcaires inférieurs est subdivisée en quatre unités : (A) Calcaires pré-*Neolobites*, (B) Calcaires à *Neolobites*, (C) Calcaires à *Vascoceras* et (D) Marno-calcaires à *Choffaticeras*.

- Formation des Marnes médianes, elle se distingue dans la partie occidentale du plateau par l'individualisation de trois unités à caractères lithologiques distincts : (A) Unité Mixte Silicoclastique – Carbonatée, (B) Unité Marno – calcaire et une autre (C), Unité des Couches Rouges caractérisée par un contenu faunique spécifique. Dans la partie orientale du plateau, les bancs durs deviennent de plus en plus réduits jusqu'à leur disparition

- Formation des Calcaires supérieurs correspond à une barre carbonatée d'épaisseur métrique.

L'étude sédimentologique de la série Céno-mano-turonienne du plateau de Tinrhert a permis de mettre en évidence 15 faciès interprétés en termes de milieu de dépôt et regroupés en 5 associations de faciès. Ceux-ci correspondent à un milieu de dépôt allant d'une rampe proximale qui correspond à un environnement de haute énergie soumis à l'action des vagues de beau temps, passant par une rampe médiane qui a pour limite supérieure la limite d'action des vagues de beau temps et correspond à l'offshore supérieur (zone oligophotique), à une rampe externe (Fig. 2.18) qui a pour limite supérieure l'action des vagues de tempête et correspond à l'offshore inférieur (zone aphotique).

**CHAPITRE III**  
**PALEONTOLOGIE, BIOSTRATIGRAPHIE**  
**ET PALEOBIOGEOGRAPHIE**

**1. RESULTATS**

**1.1. Introduction**

**1.2. Taxonomie des Céphalopodes**

**1.3. Autres groupes fossiles**

**1.4. Conclusion**

**2. DISCUSSION**

**2.1. Données biostratigraphiques**

**2.2. Données paléobiogéographiques**

**2.3. Morphologies d'ammonites dans le plateau de Tinrhert**

**2.4. Intervalle d'imprécision de la limite Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert**

## 1. RESULTATS

### 1.1. Introduction

Les niveaux marno-calcaires du Cénomano-Turonien du plateau de Tinrhert sont richement fossilifères. Ils ont livrés, à nos prédécesseurs, une faune variée constituée de céphalopodes, de bivalves, de gastéropodes et d'échinides. Les céphalopodes, notamment les ammonites, ont été étudiées par Collignon (1957, 1965) puis révisées par Amédéo et al. (1996) et Busson et al. (1999) ; les bivalves et les gastéropodes par Collignon (1971) et Amard et al. (1981) ; les échinides par Néraudeau et al. (1993). Depuis ces dates, aucune étude macro-paléontologique récente et détaillée, sur le Tinrhert, n'a été publiée, à l'exception celles de Tchenar et al. (2015) sur la microfaune dégagée (foraminifères et ostracodes) et celle de Ferré et al (2016) sur les Rovéacrinides (crinoïdes) en lames minces.

Pour réviser, compléter l'inventaire faunique et établir une zonation biochronostratigraphique actualisée du Cénomano-Turonien de la Hamada du Tinrhert, plus de 1800 spécimens fossiles (céphalopodes, bivalves, gastéropodes et échinodermes), complets et fragmentaires, ont été récoltés et examinés dans le cadre de cette thèse. Les nautilus et les ammonites sont présentés avec une étude systématique et une description détaillée puis illustrés. Alors que les autres groupes fossiles (bivalves, gastéropodes, échinides et rovéacrinides) sont inventoriés et également illustrés.

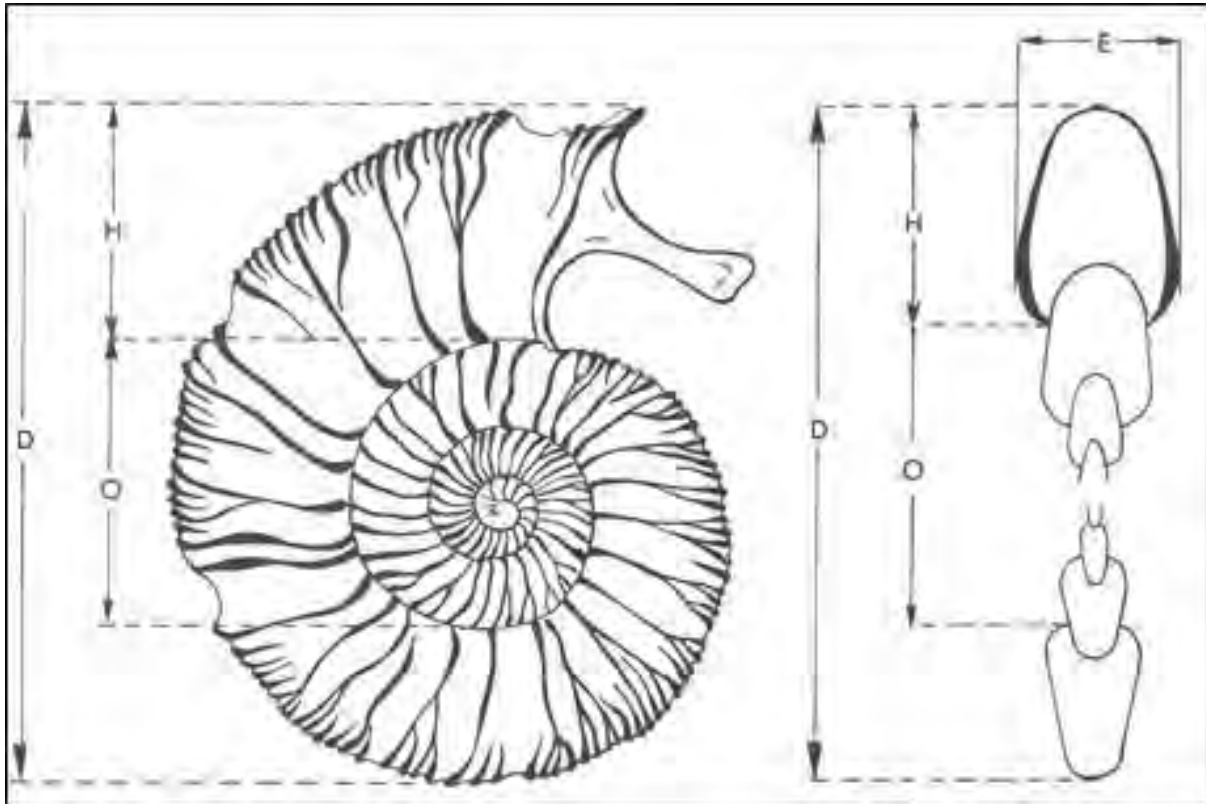
### 1.2. Taxonomie des Céphalopodes

Dans cette partie, plus de 1200 échantillons de céphalopodes, complets et fragmentaires, ont été examinés. Les nautilus et les ammonites sont décrits et les meilleurs spécimens sont illustrés. Deux (2) nautilus et 30 espèces d'ammonites ont été identifiés, classés et décrits en détail. Quatre (4) genres et 13 espèces sont signalés pour la première fois dans le plateau de Tinrhert. La classification suivie est celle de Wright et al. (1996), la terminologie utilisée pour la description des taxons est celle du glossaire du « the Treatise on Invertebrate Paleontology, Part K, Mollusca 3 (1994) » et « the Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4 (1957) et (1996) ».

Pour les deux espèces de nautilus, c'est la classification et la terminologie de Wilmsen (2000) qui a été adoptée.

Toutes les mesures, faites à l'aide d'un pied à coulisse, sont données en millimètres (Fig. 3.1). Les abréviations utilisées sont :

D : diamètre ;  
H : hauteur du dernier tour ;  
L ou E : largeur du dernier tour ;  
O : largeur de l'ombilic.



**Fig. 3.1-** Différentes dimensions mesurées sur les spécimens de céphalopodes.

### 1. 2. 1. Nautilus

**Classe Céphalopoda Cuvier, 1795**

**Ordre Nautilida De Blaville, 1825**

**Sous-ordre Nautilina De Blaville, 1825**

**Super-famille Nautiloidea De Blaville, 1825**

**Famille Nautilidae De Blaville, 1825**

**Genre *Angulithes* Montfort, 1808**

**Espèce - type :** *Angulithes triangularis* de Montfort, 1808.

**Age :** Albien - Oligocène.

***Angulithes mermeti* (Coquand, 1862)****Fig. 3. 2, Fig. 3. 3 (a)**

1862. *Nautilus Mermeti* Coquand, pl. 2, figs. 1-2.  
 2000. *Angulithes mermeti* (Coquand) - Wilmsen, pl. 5, fig. 3; text-fig. 5.  
 2010. *Angulithes* sp. - Cavin et al., fig. 7x.  
 2011. *Angulithes mermeti* (Coquand) - Hannaa, pl. 21, fig. 1.  
 cf. 2012. *Angulithes* sp. - Benyoucef et al., pl. 1, fig. 1.  
 2012. *Angulithes mermeti* (Coquand) - Hannaa et Fürsich, text-fig. 7 avec synonymie.  
 2015. *Angulithes mermeti* (Coquand) - Meister et Piuz, pl. 1, figs 1-4.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin B2.15.20	180	100	54	0,54	6
UTl.lab25.Tin B3.2.46	290	150	105	0,7	15

**Description :** Forme involute, petite (40 mm de diamètre dans la coupe de Oued Takouazet) à grande (130 mm de diamètre dans la coupe de Bordj Omar Driss). Cette espèce est caractérisée par des flancs légèrement convexes où la largeur maximum est enregistrée près d'un petit ombilic qui représente 8% à 9 % du diamètre. Les lignes de suture sinueuses sont très simples, ce dernier caractère est très important chez les *Angulithes mermeti* (Coquand).

**Discussion :** En 1957, Collignon décrit deux espèces appartenant au genre *Angulithes* sous le nom de *A. fleuriausi* Orbigny et qui correspondent probablement à *A. Mermeti* (Coquand).

**Age et répartition géographique :** L'espèce *Angulithes mermeti* (Coquand) caractérise la partie inférieure du Cénomaniens supérieur dans la marge Sud téthysienne, du Maroc à Oman, elle est présente en Tunisie (Pervinquièrre, 1907 ; Meister et Rhalmi, 2002), en Egypt [Eastern Desert (Eck, 1914) et Sinai (Abdel-Gawad et al., 1992; Abdel-Gawad et al., 2004; El Qot, 2006)] et aussi en Espagne (Wiedmann, 1960).

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Angulithes mermeti* (Coquand) est récoltée, dans la coupe de Bordj Omar Driss, en trois exemplaires, deux associés à *Neolobites*



*vibrayeanus* (s.l.) et caractérisent le premier intervalle biostratigraphique décrit par Amédéo et al. (1996). Le troisième spécimen, de 130 mm de diamètre, a été récolté en association avec des *Neolobites vibrayeanus* (s.l.) (Orbigny), *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* (Mantell), *Calycoceras* (*Proeucalycoceras*) sp, *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne) et *Eucalycoceras* sp., caractérisant l'intervalle 2 d'Amédéo et al..

Dans les coupes de Gour Ben Houillet, Takouazet et In Adaoui (rive droite), *Angulithes mermeti* est récoltée dans la partie inférieure de l'unité B (Unité des Calcaires à *Neolobites*).

### Genre *Eutrophoceras* Hyatt, 1894

**Espèce - type :** *Nautilus Dekayi* Morton, 1834, OD.

**Age :** Jurassique supérieur - Miocène.

#### *Eutrophoceras* sp.

#### Fig. 3.3 (b-c)

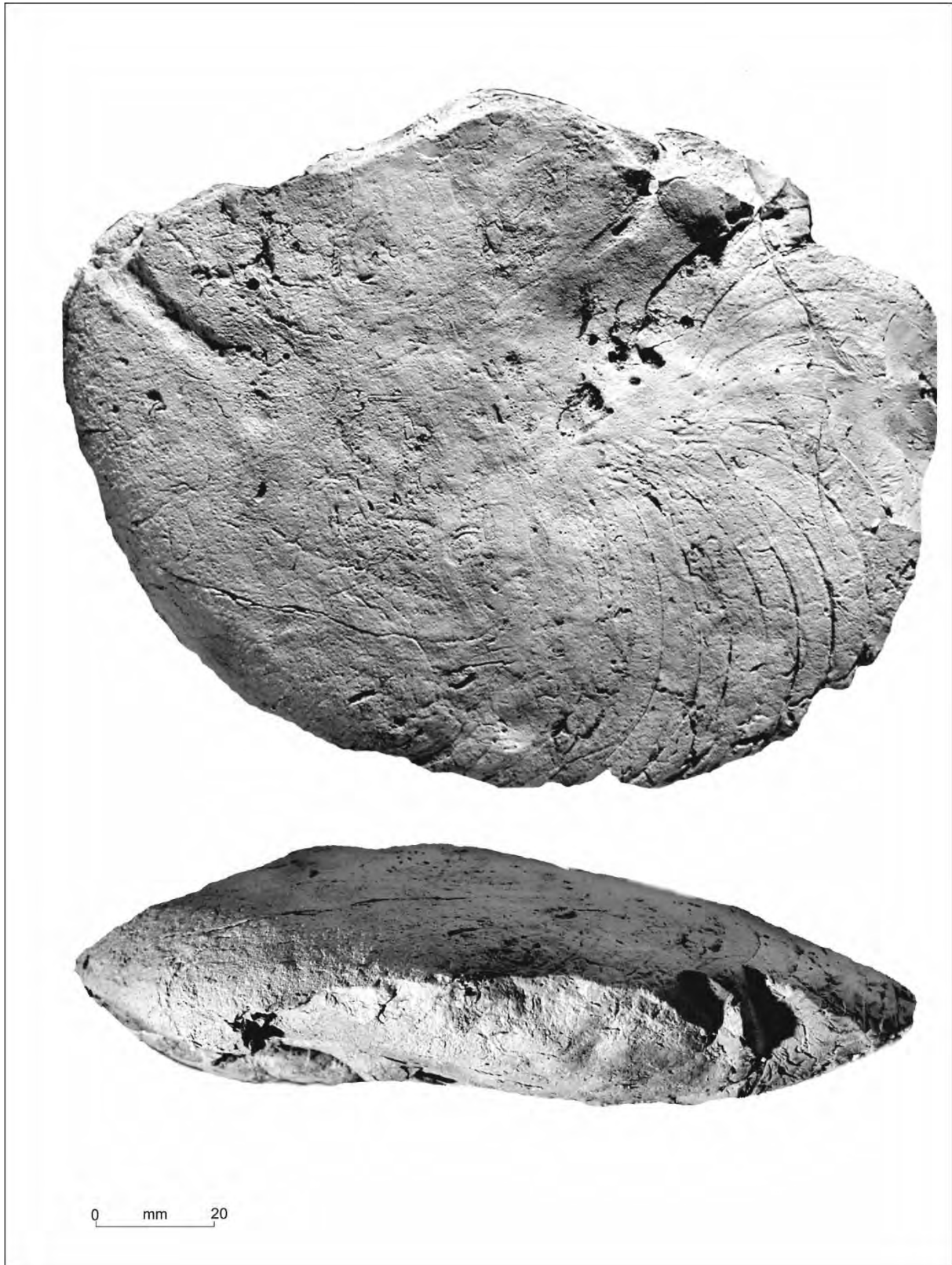
#### Mesures (en mm):

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin Bod1	44	20	17	0,85	4
UTl.lab25.Tin Bod2	41	19	16	0,84	4

**Description :** L'espèce *Eutrophoceras* sp. a une forme involute avec un petit ombilic ; les flancs sont modérément convexes avec un maximum d'épaisseur au milieu des flancs. La section est subélliptique, elle est plus haute que large et les lignes de suture sont simples.

**Age et répartition géographique :** Selon Wilmsen (2000), le genre *Eutrophoceras* a une large répartition verticale, du Bajocien jusqu'à l'Oligocène, il est signalé en Egypt (Nagm, 2009) et dans le plateau de Tinrhert (Zaoui et al., 2016).

**Occurrence locale :** L'espèce *Eutrophoceras* sp. du plateau de Tinrhert est récoltée dans les premiers niveaux des calcaires inférieurs, associée à l'espèce *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny), *Angulithes mermeti* (Coquand) et même à *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* (Mantell), *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown), *Placenticeras* cf. *kaffrarium* Etheridge et *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (Orbigny). Elle caractérise la partie basale du Cénomanién supérieur.



**Fig. 3. 2-** *Angulithes mermeti* (Coquand), Cenomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*; UTI.lab25.Tin B2.15.20.

### 1. 2. 2. Ammonites

**Classe Cephalopoda Cuvier, 1795**

**Ordre Ammonoidea Zittel, 1884**

**Sous ordre Ammonitina Hyatt, 1889**

**Super-famille Hoplitoidea Douvillé, 1890**

**Famille Placenticeratidae Hyatt, 1900**

**Hypengonoceratidae Chiplonker et Ghare, 1976 ;**

**Baghiceratinae Chiplonker et Ghare, 1976**

**Genre *Placenticeras* Meek, 1876**

**Espèce - type :** *Ammonites placenta* DeKay, 1828.

**Age :** Albien supérieur - Maastrichtien, très rare au Cénomaniens.

***Placenticeras cf. kaffrarium* Etheridge, 1904**

**Fig. 3.3 (d)**

cf. 1989. *Placenticeras cf. kaffrarium* Etheridge - Klinger et Kennedy, figs. 23 C, D, 40, 41, 24, 43 A, B, 44 A, B.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTL.lab25.Tin K.1.21	100	53	19	0,35	12

**Description :** Le genre *Placenticeras* comprend des ammonites généralement comprimées à ventre étroit et aplati. Nos spécimens se caractérisent par l'enroulement oxycône, les flancs sont lisses et compressés à section elliptiques. Les lignes de suture sont complexes, ce qui les différencie des Engonoceratidae [*Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) et *Metengonoceras dumbli* (Cragin)] du même âge.

**Discussion :** En 1989, Klinger et Kennedy montrent que l'espèce *Placenticeras kaffrarium* Etheridge est caractérisée par une grande variabilité intraspécifique. Les spécimens de Oman sont plus peramorphiques, ils présentent déjà un ventre pincé arrondi dans les tours internes alors que les formes de Tinrhert présentent un ventre plus au moins plat à diamètres comparables.

L'espèce *Placenticeras cumminsi* Cragin se distingue de l'espèce *Placenticeras kaffrarium* Etheridge par un ombilic plus large et une ornementation, présente dans tous les stades ontogéniques.

**Age et répartition géographique :** L'espèce *Placenticeras kaffrarium* Etheridge s'étend du Turonien au Coniacien en Afrique du Sud, à Madagascar, en Namibie, à Angola et probablement en Inde. Elle caractérise la Zone à *Neocardioceras juddii* du Cénomaniens supérieur à Oman (Meister et Piuze, 2015).

**Occurrence locale :** *Placenticeras* cf. *kaffrarium* Etheridge est récoltée pour la première fois en Algérie, dans la partie ouest du plateau de Tinrhert, dans la coupe de Belkhouilled et la coupe intermédiaire CI ; associée à *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny), *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell), *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne), *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (Orbigny). Elle caractérise dans ce cas la Zone à *Calycoceras canitaurinum*.

### **Famille Engonoceratidae Hyatt, 1900**

#### **Genre *Neolobites* Fischer, 1882**

**Espèce - type :** *Ammonites vibrayeanus* Orbigny, 1841

**Age :** depuis le Cénomaniens moyen jusqu'au début du Cénomaniens supérieur.

**Remarque :** Le genre *Neolobites* a une forme involute, les tours internes sont comprimés avec un ombilic étroit et un ventre plat, il ressemble au genre *Engonoceras*.

#### ***Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny, 1841)**

##### **Fig. 3. 4 (b-d)**

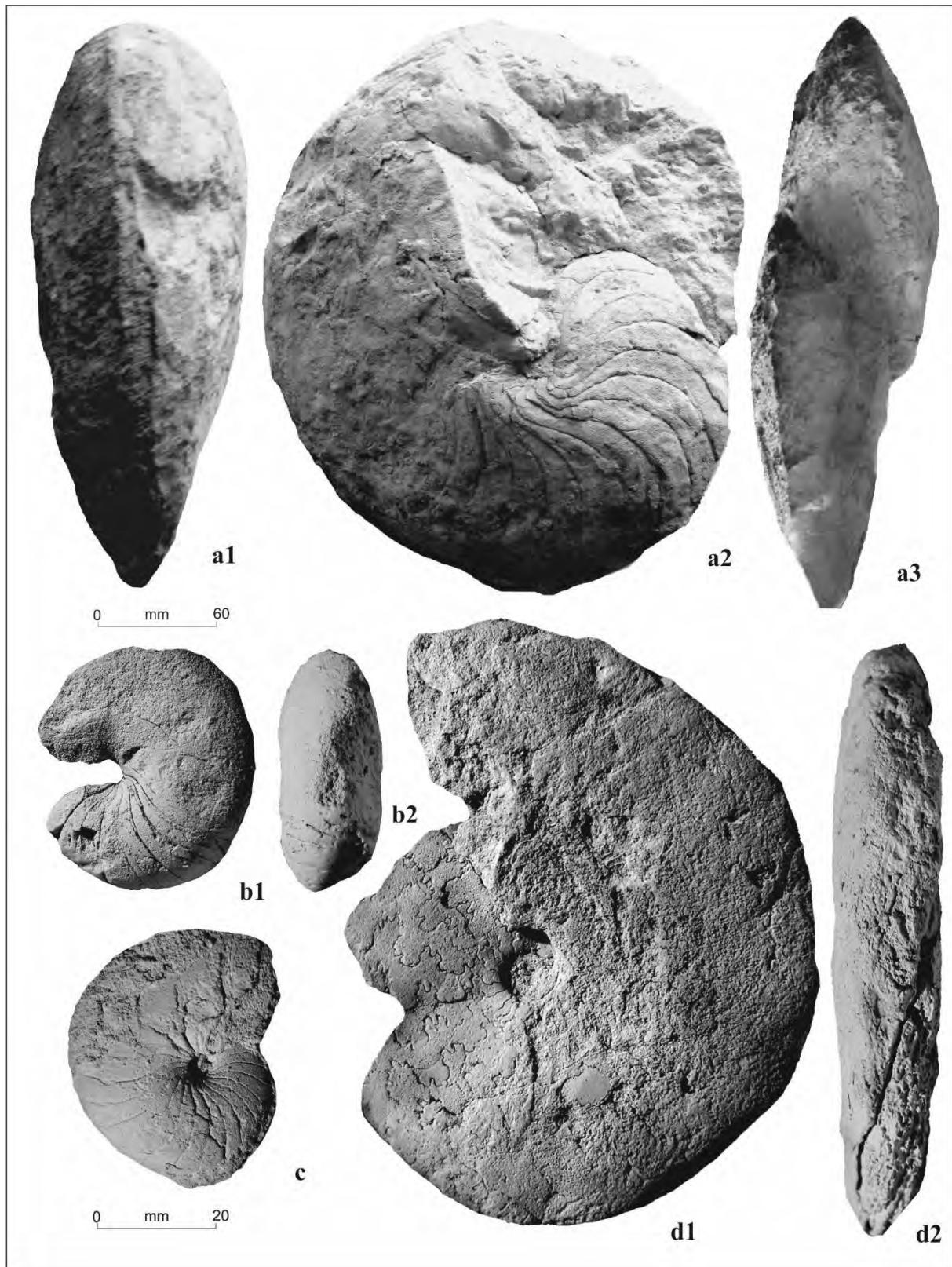
1841. *Ammonites vibrayeanus* Orbigny, pl. 96, figs. 1-3.

1903. *Neolobites choffati* Hyatt, pl. 30, figs 1-4.

1965. *Neolobites bussoni* Collignon, pl. C, figs 1a-c.

1965. *Neolobites vibrayei* (Orbigny) - Collignon, text-fig. 1.

1965. *Neolobites fourtaui* Pervinquière - Collignon, text-fig. 2.



**Fig. 3. 3-** **a-** *Angulithes mermeti* (Coquand), 1: vue ventrale, 2: vue latérale, 3 : vue aperturale; UTL.lab25.Tin B3.2.46 ; **b-** *Eutrephoceras* sp., 1: vue latérale, UTL.lab25.Tin Bod1; **c-** *Eutrephoceras* sp., 1: vue latérale, UTL.lab25.Tin Bod2; **d-** *Placenticerus* cf. *kaffrarium* Etheridge, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTL.lab25.Tin K.1.21, Cenomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*.

1965. *Neolobites peroni* Hyatt - Collignon, text.-fig. 3.
1981. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Kennedy et Juignet, figs 3 a-c, 4 a-c, 5, 6 a, avec synonymie.
1996. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Amédro et al., figs. 7C-D.
- 1996 *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) – Kassab: pl. 1, figs. 1-3.
- 2001 *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) – Aly & Abdel-Gawad: p. 29, pl. 1, figs. 2-4; text-fig. 3a,b.
2002. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Meister et Rhalmi, pl.1, figs 1-3; pl. 2, fig.5.
- 2004a *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) – Abdel-Gawad et al.: pl. 1, fig. 2.
2005. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Wiese et Schulze, figs 4A-B, 6, 7, 8A, B, H, 9A, B, D.
2005. *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny) - Meister et Abdallah, pl. 1, figs 3-6, 8 ; pl. 2, figs 2, 3, 6 avec synonymie.
2005. *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck - Meister et Abdallah, pl. 1, figs. 1, 2, 7; pl. 2, figs 1, 5 avec synonymie.
- 2006 *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) – El Qot: p. 116, pl. 24, figs. 4-5.
- 2008 *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) – Aly et al.: p. 46, pl. 3, figs. 2-3; text-fig. 3 (2).
2010. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Nagm et al., figs A-F.
2011. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Hannaa, pl. 21, fig. 3; pl. 22, figs 1-2.
2012. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Benyoucef et al., pl. 1, fig.2ab.
2012. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Nagm et Wilmsen, fig. 6A.
2012. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Hannaa et Fürsich, text-fig. 9.
2015. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Nagm, p. 17, fig. 7E.
2015. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Meister et Piuz, pl. 3, fig. 1–5; pl. 4, fig. 1–2; pl. 5, figs. 1–6; pl. 15, fig. 4 avec synonymie.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin GB.2.11	85	42	21	0,5	9
UTl.lab25.Tin K.1	55	27	18	0,6	7
UTl.lab25.Tin GBE.1.15	80	43	17	0,39	8

***Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, 1908**

**Fig. 3. 4 (a)**

1908. *Neolobites Brancai* Eck, p. 267, fig. 5.

1914. *Neolobites Brancai* Eck, pl.12.

1914. *Neolobites Schweinfurthi* Eck, pl.11, fig. 1.

1915. *Neolobites Isidis* Greco, pl. 1, fig. 4.

1966. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Faure, pl.7, fig.4.

1994. *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck - Meister et al., pl. 2 (7), figs. 1, 2.

1996. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Amédéo et al., figs. 7A-B.

2005. *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) - Wiese et Schulze, figs 4C, 5.

**Mesures (en mm) :**

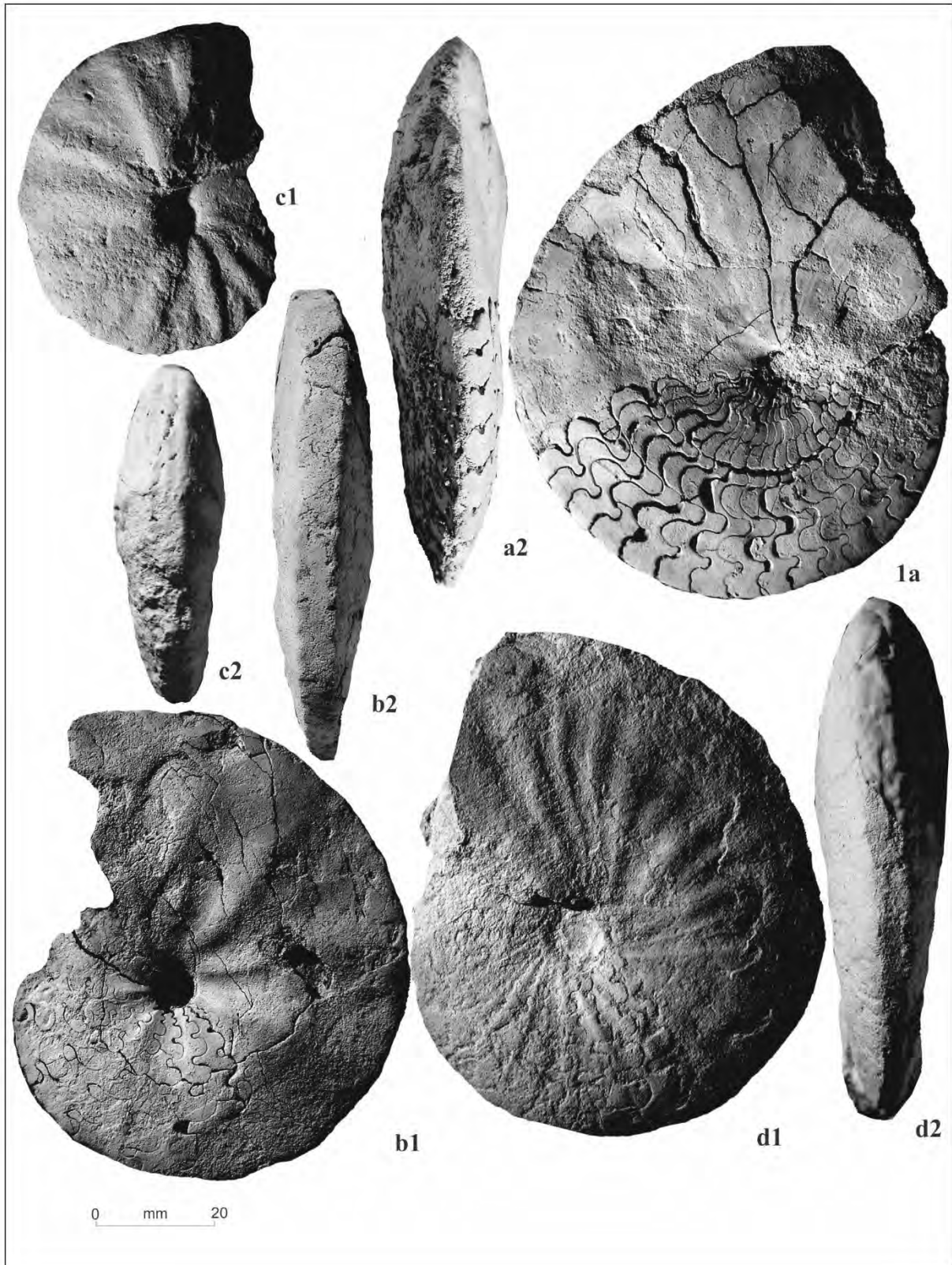
Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTI.lab25.Tin GBE.2.3	90	50	20	0,4	5

**Description :** La coquille de l'espèce *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) est involute, à section du tour comprimée à légèrement renflée, caractérisée par une aire ventrale aplatie, étroite et crénelée sur les rebords. Les lignes de suture sont simples à lobes étroits et selles larges. L'ornementation est constituée de côtes fines, étroites et radiaires sur la bordure ombilicale et qui deviennent épaisses et sinueuses sur le premier tiers pour s'élargir et s'atténuer sur la bordure externe de la coquille.

Les spécimens récoltés dans le plateau de Tinrhert montrent deux morphologies distinctes, il s'agit d'une variabilité interspécifique.

La première forme : *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny) est caractérisée par une ornementation bien marquée surtout sur la moitié inférieure des flancs, la section est relativement épaisse avec des tours plus larges et un ombilic plus ouvert (O/D=0,16). La deuxième : *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck est plus comprimée à ornementation très atténuée voire même absente avec un ombilic plus ou moins fermé (O/D=0,058). Le clavi est souvent absent.

En 1981, Amard et al. signalent la présence de l'espèce *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) dans le plateau de Tinrhert mais sans aucune illustration.



**Fig. 3. 4-** a- *Neolobites vibrayeanus brancai* ECK, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin GBE.2.3; b-d *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus* (Orbigny), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin GBE.1.15, UTI.lab25.Tin K.1, UTI.lab25.Tin GB.2.11, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*.



**Age et répartition géographique :** *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) marque la partie basale du Cénomanién supérieur, juste au dessous de la Zone à *Metoicoceras geslinianum* (Kennedy et Juignet, 1981 ; Meister et al., 1992). Elles sont connues en Europe (France, Espagne et Portugal), en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie), au Niger et en Moyen Orient (Egypt, Liban, Jordanie, Syrie, Arabie Saoudite et Oman).

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Neolobites vibrayeanus* (Orbigny) est présente seule dans l'intervalle 1 décrit par Amédéo et al. (1996) et elle est associée à d'autres espèces d'ammonites dans l'intervalle 2, ce qui correspond dans nos coupes à l'Unité B (Calcaires à *Neolobites*). Elle caractérise la Sous-zone à *Calycoceras canitaurinum*.

### **Genre *Metengonoceras* Hyatt, 1903**

**Espèce - type :** *Metengonoceras inscriptum*, Hyatt, 1903

**Age :** Cénomanién supérieur.

**Remarque :** *Metengonoceras* est une forme oxycône, le ventre est large dans les tours internes et devient étroit, plat ou légèrement concave, jusqu'à son pincement, dans les tours externes.

### ***Metengonoceras dumbli* (Cragin, 1893)**

#### **Fig. 3. 5 (a)**

1893. *Sphenodiscus dumbli* Cragin, pl. XLIV.

cf. 1903. *Metengonoceras acutum* Hyatt, pl. 26, fig. 8; pl. 27, figs 1-2.

1935. *Metengonoceras nigeriensis* Furon, pl. 3, fig. 1.

cf. 1981. *Metengonoceras acutum* Hyatt - Kennedy et al., text-fig. 5A.

1981. *Metengonoceras dumbli* (Cragin) - Kennedy et al., pl. 3, figs. 1-5; pl. 7, figs. 4-6 avec synonymie.

1984. *Metengonoceras dumbli* (Cragin) - Kennedy et Juignet, fig. 1a-c, fig. 3q, figs. 5a-h.

cf. 1987. *Metengonoceras acutum* Hyatt - Cobban, pl. 1, figs 1-2, 7; pl. 2, figs 4-8; pl. 3

1987. *Metengonoceras dumbli* (Cragin) - Cobban, pl. 1, figs. 3-6, 8; pl. 2, figs. 1-3, 9, 10.

1992. *Metengonoceras dumbli* (Cragin) - Meister et al., pl. 1, figs. 7, 8.

1992. *Metengonoceras dumbli* (Cragin) - Alzouma, pl. 5, figs. 33, 34.

2005. *Metengonoceras* aff. *dumbli* (Cragin) - Meister et Abdallah, pl.II, fig. 4.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin K.3.9	95	50	17	0,34	6

**Description :** Il s'agit d'une forme oxycône et lisse à flancs presque plats. Sa partie ventrale est très étroite et présente un méplat plus ou moins net. A des diamètres supérieurs à 10 mm, les flancs tendent à s'épaissir, la partie tabulée disparaît et l'aire ventrale devient nettement arrondie.

**Discussion :** *Metengonoceras dumbli* (Cragin) est proche du *Metengonoceras acutum* Hyatt du Cénomaniens supérieur par le stade pincé de l'aire ventrale qui persiste plus longtemps chez la dernière forme. Les spécimens nigériens présentent une forme intermédiaire entre *Metengonoceras dumbli* (Cragin) et *Metengonoceras acutum* Hyatt (Meister et al., 1992).

**Age et répartition géographique :** Au Niger, *Metengonoceras dumbli* (Cragin) est associée aux *Neolobites vibrayanus* (Orbigny) et persiste encore aux côtés de *Nigericeras gadeni* (Chudeau), alors qu'en Tunisie, au Djebel Zitouna, les spécimens récoltés *in situ* correspondent à une période couvrant les Zones à *C. guerangeri* et à *M. geslinianum* (Abdallah et Meister, 2005). L'espèce est connue en Europe occidentale surtout en France et date du Cénomaniens moyen à supérieur (Juignet et al., 1978), Cénomaniens moyen aux USA (Texas, Colorado) (Cobban, 1987), en Afrique du Nord et dans le fossé de la Bénoué (Abdallah et Meister, 2005).

**Occurrence locale :** *Metengonoceras dumbli* (Cragin) est signalée pour la première fois dans le plateau de Tihrehert sous forme un seul exemplaire fragmentaire, dans la coupe de Gour Belkhouilled. Il est associé à l'espèce *Nigericeras gadeni* (Chudeau) et marque le Cénomaniens supérieur (Zone à *M. geslinianum*).

**Superfamille Acanthoceroidea De Grossouvre, 1894 (in Hyatt, 1900)**

**Famille Forbesiceratidae Wright, 1952**

**Genre *Forbesiceras* Kossmat, 1897**

**Espèce – type :** *Ammonites largilliertianus* Orbigny, 1841.

**Age :** Cénomaniens inférieur à supérieur.

**Remarque :** *Forbesiceras* a une forme discoidale, les côtes, quand elles sont présentes, elles sont radiaires, sigmoïdes ou falciformes et forment de petits nœuds sur les épaules. Les lignes de suture sont complexes.

***Forbesiceras cf. largilliertianum* (Orbigny, 1841)**

**Fig. 3. 5 (b)**

1841. *Ammonites largilliertianus* Orbigny, pl. 95.

1925. *Forbesiceras largilliertinum* (Orbigny) - Diener, p. 180 (avec synonymie).

1971. *Forbesiceras largilliertinum* (Orbigny) - Kennedy, p. 47 (avec synonymie).

1976. *Forbesiceras largilliertinum* (Orbigny) - Kennedy et Juignet, p. 1222.

1976. *Forbesiceras largilliertinum* (Orbigny)-Juignet et Kennedy, pl. 5, figs 1, 4, 8 ; pl. 6, fig.1

1982. *Forbesiceras* sp. aff. *largilliertinum* (Orbigny) - Martinez, pl. 9, fig. 2.

**Mesures (en mm) :**

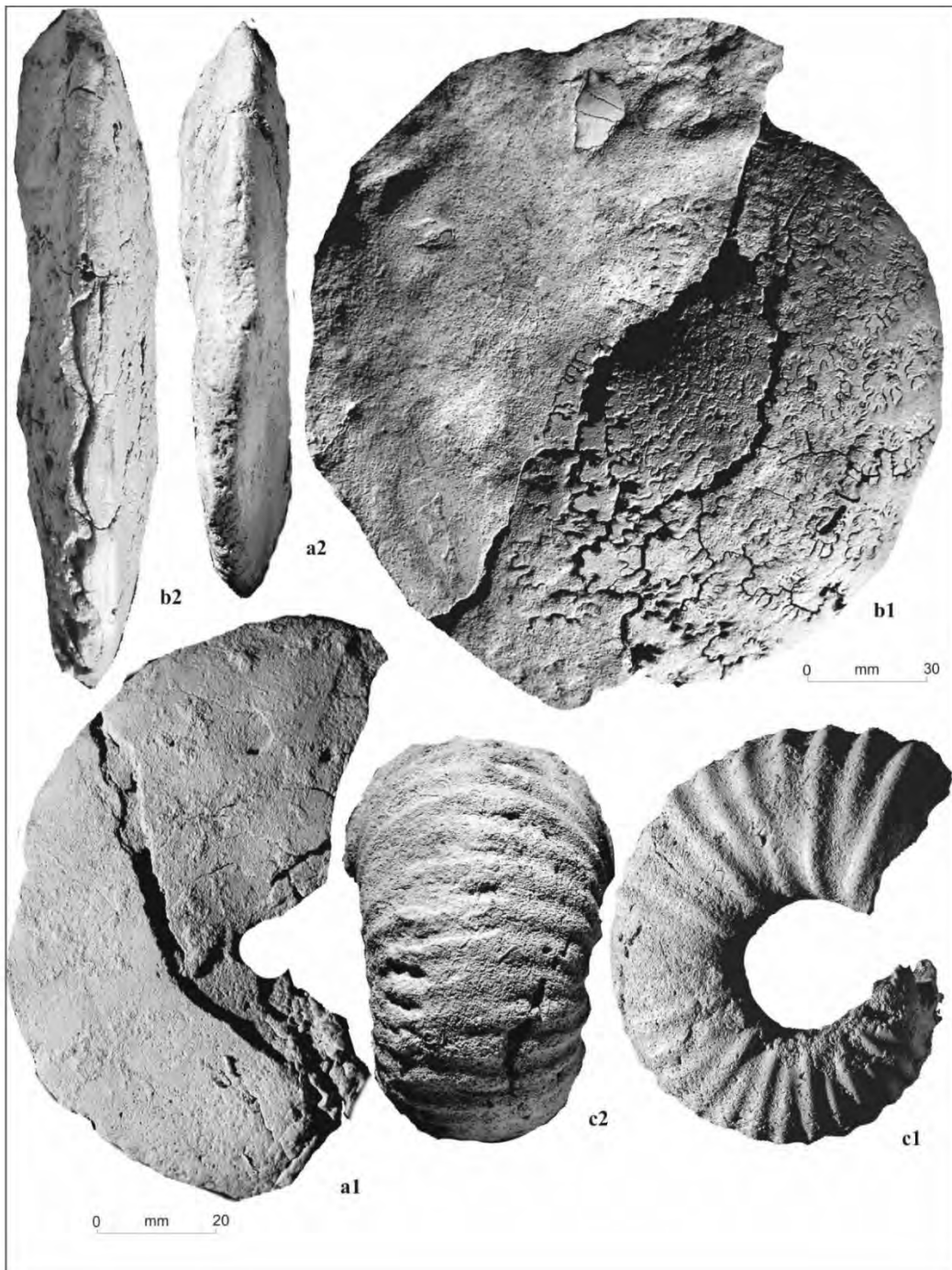
Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTL.lab25.Tin B2	165	70	21	0,3	2

**Description :** Ces spécimens de forme oxycône, micro-ombiliquée, peuvent atteindre environ 250 mm. La section de tours est subélliptique, compressée, à ventre plat, qui devient nettement arrondi à des diamètres grands. Les lignes de suture sont très complexes avec des lobes profonds et dentelés et des selles rétrécies typiques des *Forbesiceras*. Ces lignes sont entassées et se chevauchent au plus petit diamètre.

**Discussion :** Par ses lignes de suture complexes, les spécimens récoltés dans le plateau de Tinrhert se rapprochent beaucoup à l'espèce *F. largilliertianum* (Orbigny) d'âge Cénomaniens supérieur figurée par Kennedy et al. (1981). Nos spécimens se rapprochent aussi de l'espèce *F. obtectum* (Sharpe) par son aire ventrale pincée. Ils se distinguent de l'espèce *F. bicarinatum* Szász par le fait que cette dernière paraît plus massive et à diamètre comparable.

**Age et répartition géographique :** L'espèce *Forbesiceras largilliertinum* (Orbigny) caractérise le Cénomaniens inférieur en Angleterre, à l'Est des Carpates, en Afrique, à Madagascar et dans le Sud indien.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, l'espèce *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (Orbigny) est associée aux genres *Neolobites*, *Calycoceras*, *Eucalycoceras* et *Cunningtoceras*, caractérisant le deuxième intervalle signalé par Amédro et al. (1996).



**Fig. 3.5- a-** *Metengonoceras dumbli* (Cragin), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*, UT1.lab25.Tin K.3.9 ; **b-** *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (Orbigny), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*, UT1.lab25.Tin B2; **c-** *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* (Mantell), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*, UT1.lab25.Tin B3.3.45.

**Famille Acanthoceratidae De Grossouvre, 1894**  
**Sous-famille Acanthoceratinae De Grossouvre, 1894**

**Genre *Calycoceras* Hyatt, 1900**

**Espèce - type :** *Ammonites navicularis* Mantell, 1822.

**Age :** Cénomaniens supérieur.

**Remarque :** Le genre *Calycoceras* est représenté par des formes évolutives, avec une section de tours subcirculaire, ovale, polygonale ou subquadratique. Les côtes sont fortes et généralement droites.

**Sous genre *Calycoceras***

**Espèce - type :** idem genre.

**Age :** Cénomaniens supérieur.

***Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell, 1822)**

**Fig. 3. 5 (c); Fig. 3. 6; Fig. 3. 7 (a)**

1898. *Acanthoceras naviculare* (Mantell) – Choffat, pl. 4, figs. 6 a, b, Pl. 6, figs. 1, 2 a-b.
1822. *Ammonites navicularis* Mantell, 198, pl. 22, fig. 5
1919. *Ammonites navicularis* Mantell - Crick, Pl. 4.
1935. *Acanthoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Karrenberg, fig. 1,
1965. *Calycoceras grossouvrei* Spath - Collignon, pl. B, figs. 2a, b
1965. *Calycoceras boulei* Collignon, pl. B, figs 3, 4
1985. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Howarth, fig. 21.
1989. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Kennedy et al., figs. 6 a-b.
1990. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Wright et Kennedy, fig. 1, pl. 62, figs 1-6; pl.63, figs 1-3, text. figs 88E, I, 89 D, 110 C.
1994. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Kennedy et Juignet, figs. 2 a-c, 3 a-b, 4 a-c, 5a-b.
1996. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Amédéo et al., figs. 10 a-c.
1998. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) - Kaplan et al., pl.53 (avec synonymie).



**Fig .3. 6-a-** *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*, UTL.lab25. Tin B3.2.14.

2014. *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) – Robaszynski et al., fig. 4 (avec synonymie).

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin B3.3.45	67	27	45	1,6	21
UTl.lab25.Tin B3.2.14	145	65	85	1,3	45
UTl.lab25.Tin B3	95	45	47	1,04	25

**Description :** L'espèce *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) est caractérisée par des flancs arrondis, bombés, à ombilic profond. Elle est pourvue de côtes qui portent des tubercules ombilicaux. Selon Cobban (*in* Amédro, 1996), on compte 12 à 25 côtes par demi-tour sur les tours internes, mais la densité costale diminue quand la coquille s'agrandit. Il s'agit de forme bombée avec un rapport L/H de 1,3 environ en moyenne. Les côtes débutent simples et rejoignent les bords simples aussi.

**Discussion :** *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) est révisée par plusieurs auteurs tels que Collignon (1965), Cobban (1971), Kennedy (1971) et Wright et Kennedy (1981, 1990).

En 1965, Collignon figure les *Calycoceras* du plateau de Tinrhert et les divisent en deux espèces *Calycoceras grossouvrei* Spath, synonyme de *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) et *Calycoceras boulei* Collignon, synonyme de *Calycoceras (Calycoceras) bathymphalum* (Kossmat).

D'après Amédro et al. (1996), en absence de section plus comprimée, de flancs plats et de rétention de tubercules ventro-latéraux internes épineux jusqu'au diamètre de 4 cm, l'espèce déterminée *Calycoceras (Calycoceras) bathymphalum* par Collignon peut être considérer comme *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell).

**Age et répartition géographique :** *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) est caractérisée par une grande répartition géographique, elle est considérée comme élément diagnostique du Cénomaniens supérieur, elle est connue en France, Angleterre, Allemagne, Espagne, Portugal, Etats-Unis, Angola, Madagascar, Orient, Inde, Japon et Afrique du Nord.

**Occurrence locale :** *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* (Mantell) est connue essentiellement dans la Zone à *Calycoceras* *guerangeri* et caractérise l'intervalle 2 définie par Amédéo et al. (1996), dans le plateau de Tinrhert, associée à *Neolobites* *vibrayeanus* *vibrayeanus* (Orbigny), *Neolobites* *vibrayeanus* *brancai* Eck et *Eucalycoceras* *pentagonum* (Jukes-Browne).

**Sous genre *Proeucalycoceras* Thomel, 1972**

**(syn. *Haugiceras* Thomel, 1972)**

**Espèce - type :** *Calycoceras* (*Eucalycoceras*) *besairei* Collignon, 1937 original designation by Thomel, 1972.

**Age :** Cénomaniens moyen - début du Cénomaniens supérieur.

***Calycoceras* (*Proeucalycoceras*) sp.**

**Fig. 3. 8 (a)**

**Description :** il s'agit d'un fragment mal conservé, probablement de loge d'habitation à côtes assez fortes, épaisses et traversent l'aire ventrale, et que l'on attribue sans plus de précision au sous groupe de *Proeucalycoceras*.

**Age et répartition géographique :** le sous genre *Proeucalycoceras* caractérise la partie sommitale du Cénomaniens moyen au Cénomaniens supérieur, à Madagascar, au Sud de l'Inde et en France.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, l'espèce *Calycoceras* (*Proeucalycoceras*) sp. est récoltée dans les coupes de Bordj Omar Driss et Oued Ountalek, associée avec des *Neolobites*, *Calycoceras*, *Eucalycoceras* et des Nautilus.

**Genre *Eucalycoceras* Spath, 1923**

**Espèce - type :** *Ammonites* *pentagonus* Jukes-Browne in Jukes-Browne et Hill, 1896, p.156.

**Age :** Cénomaniens supérieur.

**Remarque :** Le groupe des *Eucalycoceras* regroupe des formes évoluées platycônes, multituberculées, avec une ornementation robuste. Sur les flancs apparaissent des tubercules



ombilicaux et ventro-latéraux. Le ventre est plat, bituberculé et devient plus ou moins pointu et trituberculé. Sur la chambre d'habitation, les tubercules siphonaux disparaissent.

***Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne, 1896)**

**Fig. 3. 7 (c)**

1864. *Ammonites harpax* Stoliczka, pl. 38, fig. 2 only.  
 1896. *Ammonites pentagonus* Jukes-Browne, pl.5, fig.1.  
 1907. *Acanthoceras villei* Coquand - Pervinquière, pl. 6, figs 14, 15.  
 1925. *Acanthoceras pentagonum* (Jukes-Brown) - Diener, p. 164.  
 ?1940. *Protacanthoceras harpax* Stoliczka Var. *Denizoti* - Fabre, pl. 6, figs 5, 6; text-fig.31.  
 ?1965. *Protacanthoceras* sp., Collignon, 174.  
 1965. *Eucalycoceras* aff. *pentagonum* (Jukes-Brown) - Collignon, p.174.  
 1970. *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown) - Ilyin, pl. 2; pl. 3, fig. 1.  
 1981. *Eucalycoceras pentagonum saharensense*, Amard et al., pl. 14, fig. 1.  
 1992. *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown) - Thomel, pl. 78, figs 1, 5; pl.79, figs 1-5.  
 1996. *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown) - Amédéo et al., fig. 11.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin K.1.41	80	32	29	0,90	22

**Description :** *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown) est caractérisée par plusieurs éléments spécifiques à elle tel que l'absence des côtes à mi-flancs, à la fin du phragmocône, et leurs présences sur la deuxième moitié de la chambre d'habitation où ils deviennent très serrées et très étroites.

Les flancs sont plats parallèles, pourvus de quatre rangés de tubercules et se rejoignent dans la région ventrale par un arrondissement.

Selon Amédéo et al. (1996), les specimens de Tinrhert sont identiques à ceux du bassin Anglo - parisien et Western Interior (Cobban, 1988 ; Wright et Kennedy, 1990).

L'espèce est identifiable par ses flancs plats, parallèles et un arrondissement de la région ventrale et l'augmentation costale avec disparition des tubercules ventrales.

**Age et répartition géographique :** *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown) est connue dans le Cénomaniens d'Angleterre, France, Espagne, Portugal, Roumanie, Madagascar, Inde, Russie, Japon, Western Interior et d'Afrique du Nord (Tunisie et Algérie).

**Occurrence locale :** *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown) est présente dans le plateau de Tinrhert associée avec les espèces *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny), *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, *Calycoceras (Proeucalycoceras) sp.* et *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell). Elle caractérise l'intervalle 2 d'Amédéo et al. (1996) et marque la Zone à *Calycoceras guerangeri*.

***Eucalycoceras sp.***

**Fig. 3. 7 (b)**

**Mesures (en mm) :**

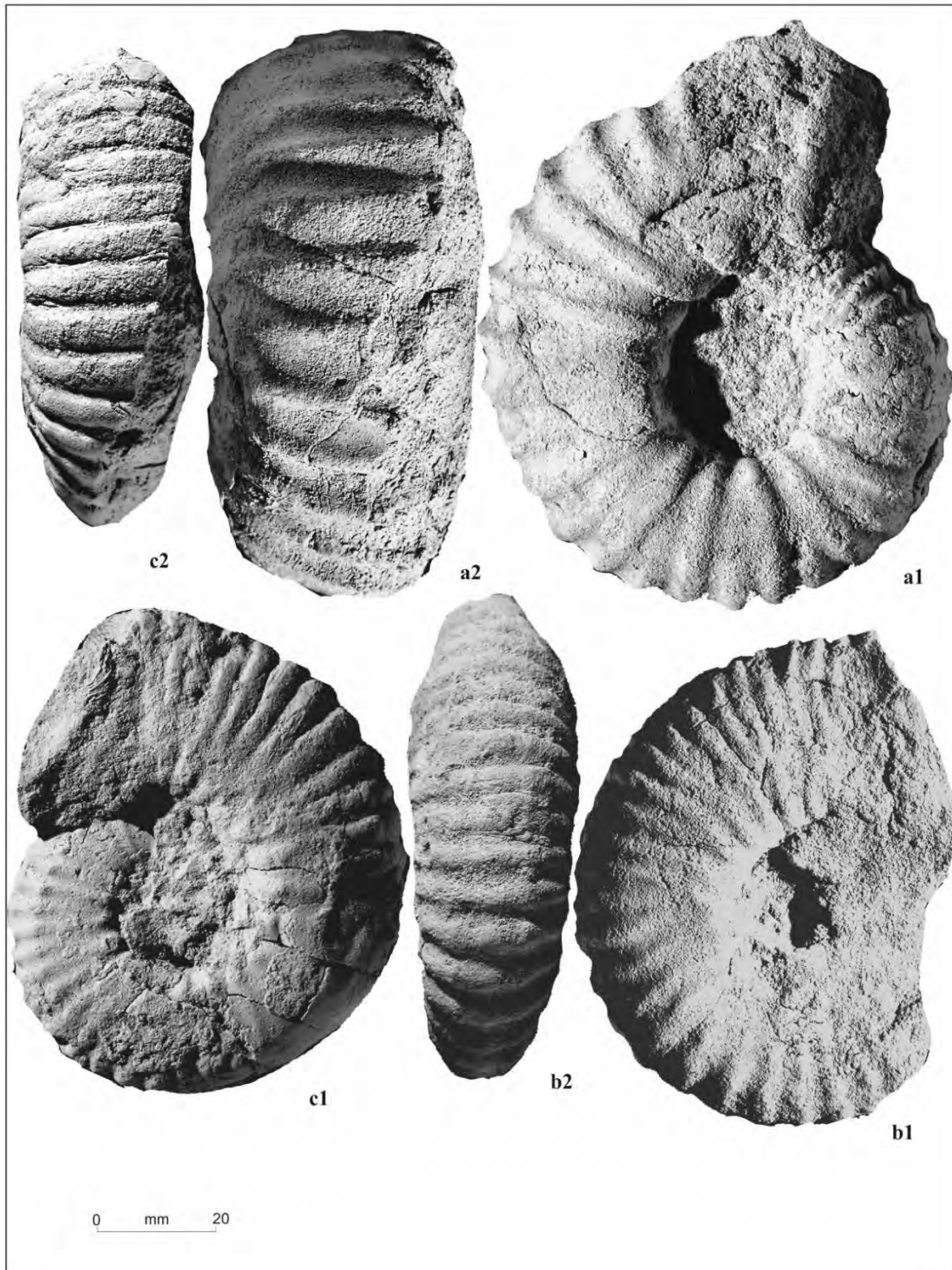
Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin K.1.44	80	34	32	0,94	24

**Description :** *Eucalycoceras sp.* est plus paedomorphique que l'espèce *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown). Dans les tours internes et intermédiaires, elle présente une ornementation robuste. Il s'agit d'une morphologie paedomorphique qui pourrait conduire, selon Amédéo et al. (1996) aux formes plus récentes du groupe à *E. angolaense* (Spath) où une morphologie grossière gagne tous les stades ontogénétiques.

*E. rowei* (Spath) est une espèce comparable à la notre, de même âge mais qui possède une costulation fine et denses sur tous les tours.

**Age et répartition géographique :** *Eucalycoceras* caractérise le Cénomaniens supérieur d'Angleterre, France, Espagne, Madagascar, Moyen Orient, Sud indien, Japon et Texas.

**Occurrence locale :** *Eucalycoceras sp.* est enregistrée en abondance dans l'intervalle 2 d'Amédéo et al. (1996), associée à *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny), *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, *Calycoceras (Proeucalycoceras) sp.*, *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell) et *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Brown).



**Fig. 3. 7-a-** *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénoomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*, UTI.lab25.Tin B3; **b-** *Eucalycoceras* sp., 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin K.1.41. **c-** *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin K.1.44, Cénoomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*.

**Genre *Cunningtoniceras* Collignon, 1937**

**Espèce - type :** *Ammonites cunningtoni* Sharpe, 1855.

**Age :** Cénomaniens moyen à supérieur.

***Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon, 1965)**

**Fig. 3. 8 (b-c)**

1965. *Kamerunoceras tinrhertense* Collignon, pl. D

1996. *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon) - Amédro et al., fig. 9 A-C.

**Description :** *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon) est une forme à grand diamètre (D = 120 mm), à flancs plats et à ombilic large. La section du tour est plus ou moins carrée, la partie ventrale est plane, les côtes larges saillantes naissent simples ou bifurquées.

D'après Collignon (1965) et Amédro et al. (1996), à un diamètre grand (exemple : 127 mm), les tubercules ombilicaux sont en nombre de 22 et les tubercules ventro-latéraux et siphonaux en nombre de 34.

Sur le dernier tour, le nombre de tubercule diminue avec 7 à 8 tubercules ombilicaux et 14 à 15 tubercules marginaux alors que les tubercules siphonaux disparaissent.

L'ornementation s'affaiblit dans les formes adultes sauf pour les tubercules ventro-latéraux où ils deviennent plus grands.

La majorité des spécimens récoltés sont représentés par des fragments de dernier tour avec 6 tubercules ombilicaux et 12 tubercules ventro-latéraux.

**Discussion :** En 1965, Collignon hésitait sur l'attribution générique des espèces retrouvées dans le plateau de Tinrhert, il les attribua au genre *Kamerunoceras*. Ce dernier a le plus souvent des côtes légèrement concaves vers l'arrière avec des tubercules ombilicaux hauts et des tubercules ventro-latéraux peu saillants contrairement à *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon).

**Age et répartition géographique :** L'espèce *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon) caractérise le Cénomaniens moyen à supérieur, elle marque la Zone à *Calycoceras guerangeri* (début du Cénomaniens supérieur) à Oman (Meister et Piuz, 2015) et au plateau de Tinrhert.

**Occurrence locale :** *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon) est récoltée dans les coupes de Bordj Omar Driss et Oued In Adaoui, associée aux *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (Orbigny), *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck et *Angulithes mermeti* (Coquand).

### **Genre *Nigericeras* Schneegans, 1943**

**Espèce – type :** *Nigericeras gignouxi* Schneegans, 1943

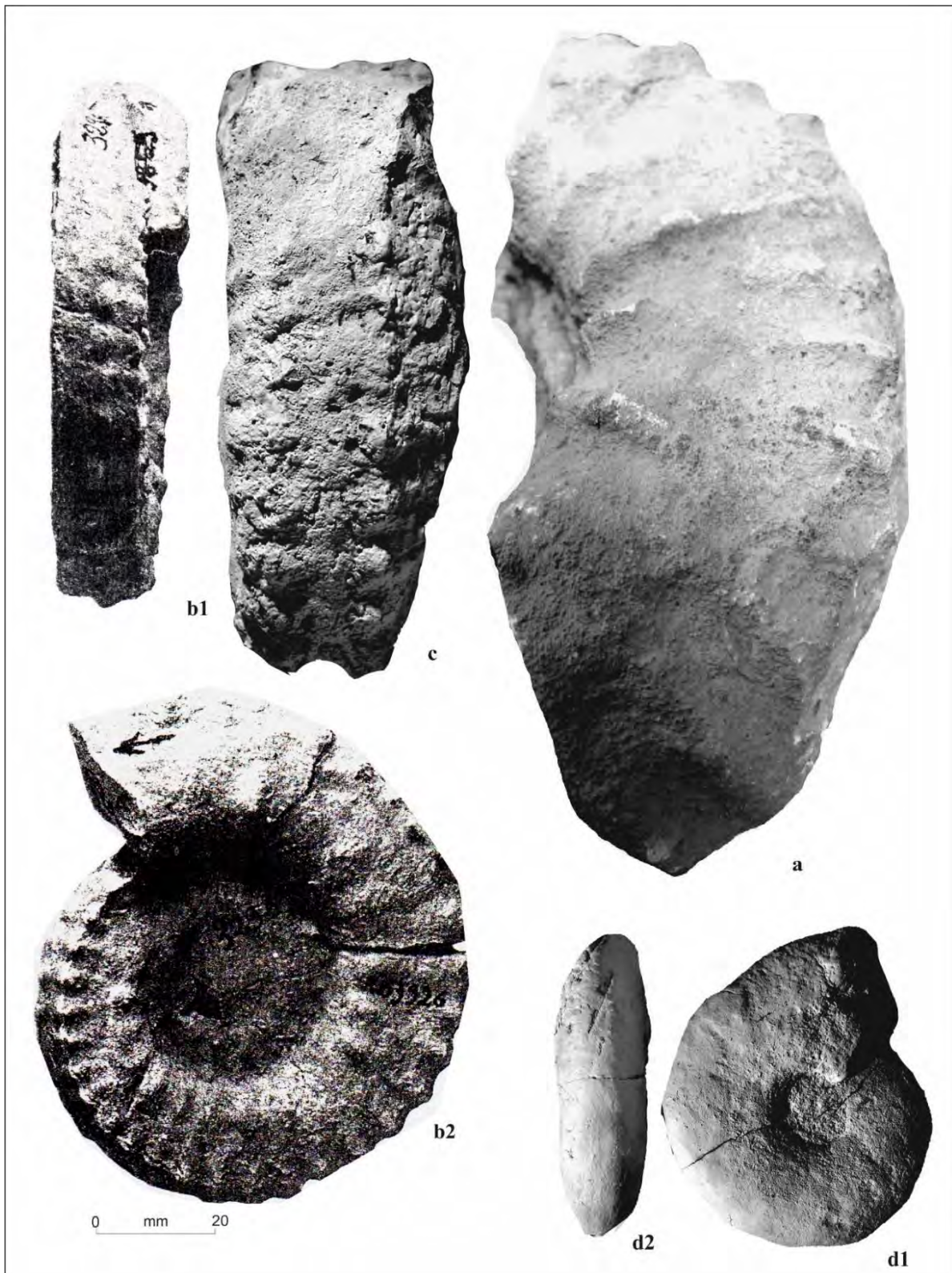
**Age :** Cénomaniens supérieur

**Remarque :** Le genre *Nigericeras* regroupe des formes platycônes. La section des tours est ovale, ronde ou quadratique. Les lignes de suture sont simples. L'ornementation (côtes, les tubercules ombilicaux, ventro-latéraux internes et externes, siphonaux) persiste jusqu'à 40 mm de diamètre.

### ***Nigericeras gadeni* (Chudeau, 1909)**

#### **Fig. 3. 8 (d), Fig. 3. 9**

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.
1965. *Nigericeras jacqueti* Schneegans - Collignon, pl. E, fig. 3.
1965. *Nigericeras gignouxi* Schneegans - Collignon, pl. E, fig. 2; pl. F, fig. 1.
1975. *Nigericeras gadeni* Chudeau - Schöbel 117, pl. 6, figs 1-3.
1981. *Nigericeras* cf. *gignouxi* Schneegans - Wright et Kennedy, pl. 15, fig. 6.
1983. *Nigericeras lamberti* Schneegans - Amard et al., pl. 8, fig. 1 a-b.
1992. *Nigericeras gadeni* (Chudeau, 1909) - Meister et al., pl. 3, figs 1-3, 5, 7, pl. 4, fig. 1, text.-fig. 13.
1992. *Nigericeras jacqueti* Schneegans - Meister et al., pl. 3, figs 4, 6, pl. 4, fig. 2
1994. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) - Kennedy et Wright, pl. 1, fig. 2, 3, 6-8.
1996. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) - Amédro et al., fig. 13A-F.
- ? 2009. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) - Lehmann et Herbig, pl. 1, fig. F, G.
2012. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) - Meister et Abdellah, pl. 2, fig. 1, 2; pl. 3, fig. 1; pl. 12, fig. 9.
2015. *Nigericeras gadeni* (Chudeau) - Meister et Piuze, pl. 14, fig. 2,3; pl. 15, fig. 12, 3; pl. 16, fig. 1, 3; pl. 17, fig. 4.



**Fig. 3.8-a-** *Calycoceras* (*Proeucalycoceras*) sp., 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin AID; **b-** *Cunningtoceras tinrhertense* (Collignon), (Amédéo et al., 1996), 1: vue ventrale, 2 : vue latérale; **c-** *Cunningtoceras tinrhertense* (Collignon) vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites*, UTI.lab25.Tin OH.1.19; **d-** *Nigericeras gadeni* (Chudeau), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*, UTI.lab25.Tin OO.2.2.

**Mesures (en mm) :**

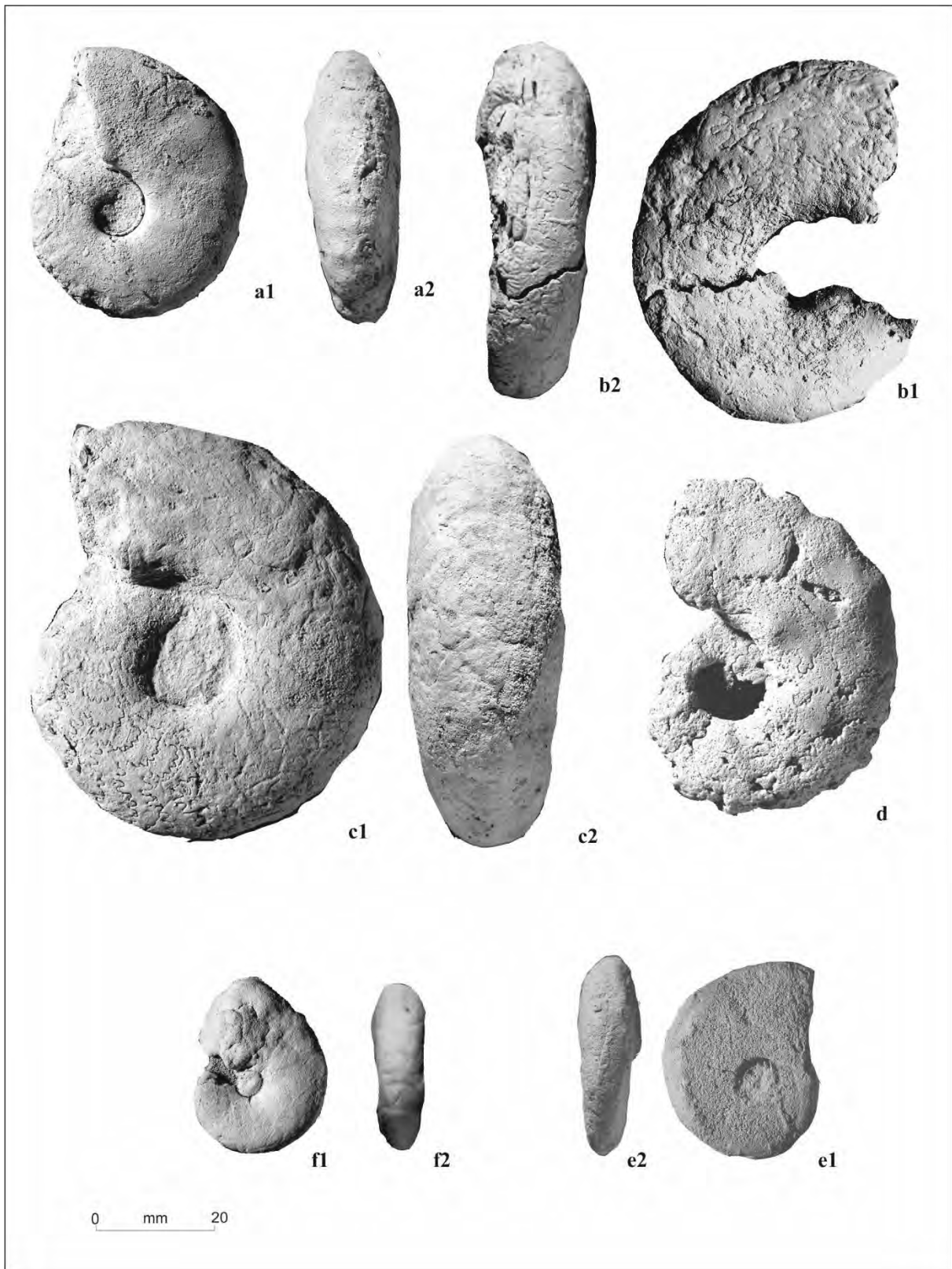
Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OO2.2	50	24	16	0,6	10
UTl.lab25.Tin B3.3.1	43	20	16	0,8	10
UTl.lab25.Tin OO.9.1	59	27	18	0,6	9
UTl.lab25.Tin OO.2.1	69	27	27	1	15
UTl.lab25.Tin K3.4	54	25	17	0,6	15
UTl.lab25.Tin B3	33	17	10	0,6	5
UTl.lab25.Tin K3.7	30	15	8	0,5	4

**Description :** La coquille a un enroulement platycône-discocone, une forme comprimée ( $L/H=0,6$ ) ou plus ou moins bombée ( $L/H=1$ ) à flancs convergents et à section de tours généralement subovale à ronde. Elle est caractérisée par des tours internes ornements de côtes simples droites portants des tubercules ombilicaux, ventro-latéraux et siphonaux et des côtes intercalaires sur le tiers interne ou le mi-flanc, alors que dans les tours externes, l'ornementation disparaît.

**Discussion :** Selon les travaux de Meister et al. (1992), la taille de l'ombilic ( $O/D$ ) chez *Nigericeras gadeni* (Chudeau) est comprise entre 23% et 29%. Les formes illustrées par ces auteurs ainsi que celles de Kennedy et Wright (1994) possèdent un rapport  $O/D=27\%$  et sont similaires aux formes *N. lamberti* Schneegans (1943) avec un  $O/D=29\%$ . Au même diamètre, la taille de l'ombilic chez *N. jacqueti* Schneegans (1943) est de 23%.

L'espèce est prise au sens large et regroupe à la fois des morphologie paedomorphiques où l'ornementation subsiste longtemps au cours de l'ontogenèse (pôle *gadeni*) et des formes peramorphiques, lisses ou presque lisses tout au long de la croissance (pôle *jacqueti*) (Meister et al., 1992, fig. 15).

**Age et répartition géographique :** L'espèce *Nigericeras gadeni* (Chudeau) est connue essentiellement dans la partie supérieure de la Zone à *Metoicoceras geslinianum* (Sous zone à *Burroceras clydense*). Le genre *Nigericeras* est connu en Europe, en Oman, au Turkestan, Etats-Unis et en Algérie, mais la répartition géographique de *Nigericeras gadeni* (Chudeau) est restreinte au couloir transsaharien du Nord de Nigéria à la Tunisie en passant par le Niger et l'Algérie (Meister et al., 2012).



**Fig. 3. 9- a-f-** *Nigericeras gadeni* (Chudeau), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*, UTI.lab25.Tin B3.3.1, UTI.lab25.Tin tin OO.9.1, UTI.lab25.Tin OO.2.1, UTI.lab25.tin K.3.4, UTI.lab25.tin B3, UTI.lab25.tin K.3.7.



**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Nigericeras gadeni* (Chudeau) est associée aux *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Vascoceras gamai* Choffat, *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber), *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* Cobban et al., *Metengonoceras dumbli* (Cragin), *Rubroceras burroense* Cobban et al. Elle caractérise les Zones à *Metoicoceras geslinianum* et *Neocardioceras juddii*.

**Genre *Fikaites* Zaborski, 1993**

**Espèce – type :** *Fikaites varicostatus* Zaborski, 1993

**Age :** Cénomaniens supérieur- ? Turonien inférieur.

**Remarque:** Le genre *Fikaites* est caractérisé généralement par une costulation dense, faites de côtes primaires, qui portent des tubercules ombilicaux, latéraux et ventro-latéraux internes et externes et des côtes secondaires avec des tubercules latéraux.

***Fikaites laffitei* (Collignon, 1965)**

**Fig. 3. 11 (b)**

1965. *Paramammites laffitei* Collignon, pl. A, fig. 2

1996. *Fikaites laffitei* (Collignon, 1965) - Amédéo et al., fig. 14.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTL.lab25.Tin OO.5.9	90	36	18	0,5	27

**Description :** Il s'agit d'un spécimen de 90 mm montrant le dernier tour du phragmocône ainsi que le début de la loge d'habitation. La coquille est modérément évolutive à flancs légèrement convexes, à costulation fine traversant la partie ventrale sans interruption renflée sur l'épaule ventro-latérale.

**Discussion :** *Fikaites laffitei* a été considérée dès sa création comme appartenant au groupe des *Paramammites* décrit par Collignon en 1965, or, ce genre (espèce *P. polymorphus*) est caractérisé par une ornementation plus accentuée. *Fikaites laffitei* se rapprochent par contre aux *Paramammites* à ornementation réduite (Barber, 1957) et de *F. varicostatus* Zaborski, mais cette dernière présente des flancs plus plats.

**Age et répartition géographique :** *Fikaites laffitei* (Collignon) est récoltée en Algérie. En Nigéria, elle coexiste avec les derniers représentants de l'espèce *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) et *Vascoceras* aff. *gamai* Choffat et les premières *Thomasites gongilensis* (Woods) près de la limite Cénomanién-Turonien.

**Occurrence locale :** *Fikaites laffitei* (Collignon) est récoltée dans la coupe de Oued Ountalek, associée aux *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Fikaites subtuberculatus* (Collignon), *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) et *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, caractérisant le Cénomanién supérieur (Zone à *Neocardioceras juddii*).

***Fikaites subtuberculatus* (Collignon, 1965)**

**Fig. 3. 10 (a-b)**

1957. *Mammites* cf. *pseudonodosoides* (Choffat) - Collignon, pl. 2, fig. 1.

1965. *Parammites subtuberculatus* Collignon, pl. A, fig. 3.

1981. *Nigericeras amardi* Amard - Collignon et Roman, pl. 5, fig. 4.

?1981. *Nigericeras tinrhertense* Amard - Collignon et Roman, pl. 8, fig. 2.

1996. *Fikaites subtuberculatus* (Collignon, 1965) - Amédro et al., fig. 15.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OO.5.10	90	40	27	0,6	34
UTl.lab25.Tin OO.5.2	87	32	27	0,8	26

**Description :** La coquille est modérément évolutive à flancs plats jusqu'à les épaules ventro-latéraux. La région ventrale est ronde à légèrement plate. Les côtes naissent par paires au niveau d'un tubercule ombilical, radiaires ou légèrement convexes jusqu'aux tubercules ventro-latéraux internes et externes et deviennent presque droits en traversant la région ventrale.

Sur les échantillons de la figure 3. 10 (b), une partie de la loge d'habitation est préservée sur laquelle les côtes deviennent simples et plus robustes.

**Age et répartition géographique :** *Fikaites subtuberculatus* (Collignon) est enregistrée en Algérie et probablement au Nigéria (Meister et Piuz, 2015). Les *Fikaites* sont présents près de la limite Cénomanién - Turonien.

**Occurrence locale :** *Fikaites subtuberculatus* (Collignon) est récoltée dans l'intervall 4 d'Amédro et al. (1996) en association avec les espèces *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Vascoceras gamai* Choffat, *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber), *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, *Rubroceras burroense* Cobban et al., *Fikaites laffitei* (Collignon) et caractérise la Zone Neocardioceras juddii.

***Fikaites* sp.**

**Fig. 3. 15 (b)**

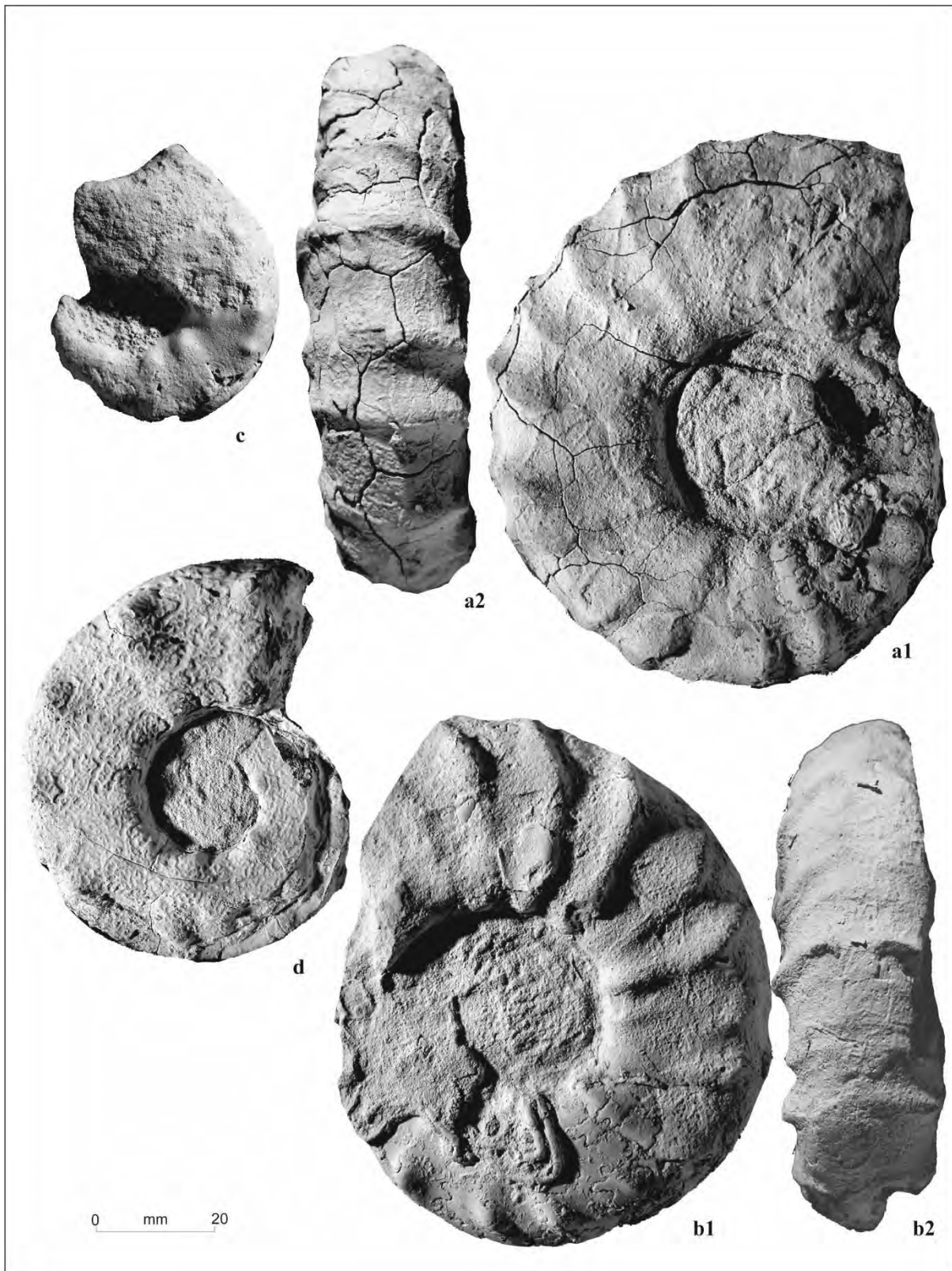
**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTL.lab25.Tin OO.5.11	103	48	35	0,7	26

**Description :** Il s'agit d'une loge d'habitation d'un *Fikaites* différent des autres espèces de *Fikaites*, caractérisé par une costulation très épaisse et espacée.

**Age et répartition géographique :** Le genre *Fikaites* est signalé en Algérie (Amédro et al, 1996), et au Nigéria (Zaborski, 1993).

**Local occurrence :** *Fikaites* sp. est récoltée dans la coupe d'Oued Ountalek, en association avec les espèces *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, *Fikaites laffitei* (Collignon), *Fikaites subtuberculatus* (Collignon), et caractérise la Zone Neocardioceras juddii.



**Fig. 3. 10-** a- b- *Fikaites subtuberculatus* (Collignon), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin OO.5.10 -UTI.lab25.Tin OO.5.2, c-d- *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), UTI.lab25.Tin K.2.1- UTI.lab25.Tin OO.5.7, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*.

**Sous-famille Euomphaloceratinae Cooper, 1978**

**Genre *Pseudaspidoceras* Hyatt, 1903**

**Espèce - type :** *Ammonites footeanus* Stoliczka, 1864.

**Age :** Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur.

***Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat, 1898)**

**Fig. 3. 10 (c-d), Fig. 3.12 (a), Fig. 3. 13 (a)**

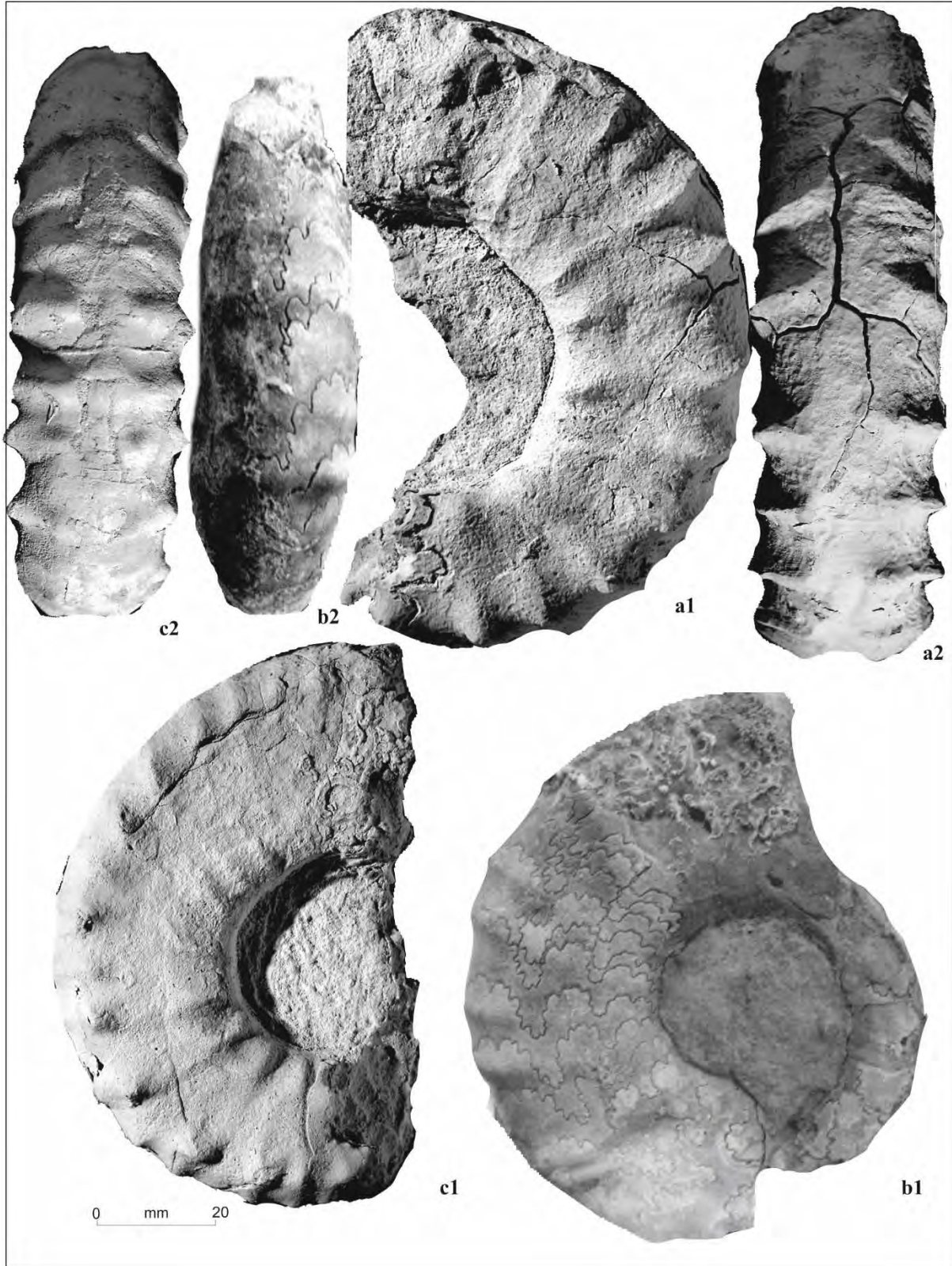
1898. *Acanthoceras* (?) *pseudonodosoides* Choffat, pl. 16, figs. 5-8 ; pl. 22, figs. 32-33.
1969. *Pseudaspidoceras* cf. *pseudonodosoides* (Choffat) - Freund et Raab, text-fig. 4j-k, pl. 1, figs. 10-11.
1983. *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) - Cobban et Hook, figs. 2-3.
1990. *Pseudaspidoceras* cf. *pseudonodosoides* (Choffat) - Zaborski, figs. 22a-b.
1994. *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) - Chancellor et al., p. 9.3.
1995. *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) - Zaborski, figs. 2-5, 8, 14.
1998. *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) - Callapez Tornicher, pl. 4, figs. 1, 3-5 ; pl. 5, figs. 1, 2.
2005. *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) - Gale et al., fig. G; p. 178, figs. B-E.
2005. *Pseudaspidoceras* gr. *pseudonodosoides* (Choffat) - Meister et Abdallah, pl. 5, fig. 3 (with synonymy).
2009. *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) - Lehmann et Herbig, pl. 5, figs. C, D.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin K.2.1	44	20	25	1,25	15
UTl.lab25.Tin OO.5.7	66	25	30	1,2	20
UTl.lab25.Tin OO.5.13	90	34	34	1	38
UTl.lab25.Tin GBE.7.1	83	32	40	1,25	27

**Description :** Les spécimens récoltés sont complets ou fragmentaires à section subquadratique ; les tours sont épais ; L/H=1, 25 environ avec une aire ventrale assez aplatie pour certains spécimens, plus ou moins ronde pour d'autres. Dans certaines formes, la costulation est bien

marquée alors qu'elle est atténuée dans d'autres. Les tubercules existent en deux séries périombilicales et ventro-latérales.



**Fig. 3. 11-** **a, c** *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, UTI.lab25.Tin AID.4.1- UTI.lab25.Tin OO.5.8, **b-** *Fikaites laffitei* (Collignon), UTI.lab25.Tin OO.5.9, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*.

**Discussion :** Les spécimens du genre *Pseudaspidoceras* récoltés par Busson durant les années soixante ont été révisés par Amédro et al., 1996. Ces auteurs les attribuent à l'espèce *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, mais ils restent toujours prudent pour cette détermination parce qu'il s'agissait d'un demi tour de la chambre d'habitation. «La morphologie de *Pseudaspidoceras grecoi* le rapproche en revanche beaucoup de *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* qui semble contemporain et ce n'est pas sans hésitation qu'une séparation spécifique est maintenue pour l'instant, il est possible que des récoltes futures permettent d'inclure *Pseudaspidoceras grecoi* dans le spectre de variation de *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* mais une position d'attente est adoptée pour le moment....» Amédro et al. (1996).

**Age et répartition géographique :** *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) marque la fin du Cénomaniens supérieur (Zone à *Neocardioceras juddii*) au Portugal, au Sud Ouest du Nouveau - Mexique, au Nord Est d'Arizona, au Texas, en Tunisie, en Lybie, en Egypte et au Nigéria.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) est associée à *Nigericeras gadeni* (Chudeau) dans la partie occidentale du plateau (coupe de Belkhouilled) et aux espèces *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Vascoceras gamai* Choffat et *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber) dans la partie orientale du plateau (coupe d'Oued Ountalek). Elle marque la Zone à *Neocardioceras juddii*.

### *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, 1965

#### Fig. 3. 11 (a, c)

1965. *Pseudaspidoceras footei* var. *grecoi* Collignon, pl. E, fig. 1a-b.

1981. *Pseudaspidoceras footei* var. *grecoi* Collignon - Amard et al., pl. 5, fig. 1.

1996. *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon - Amédro et al., fig. 16.

#### Mesures (en mm) :

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin AID.4.1	105	35	32	0,9	45
UTl.lab25.Tin OO.5.8	94	40	34	0,85	30

**Description :** Un nombre important de *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon est récolté, le plus souvent complets évolués à section subrectangulaire (L/H= 0,9); les flancs sont parallèles et plus ou moins plats. Les côtes naissent à partir des tubercules ombilicaux, rejoignant les épaules au niveau des tubercules ventro-latéraux internes, saillantes et traversant la région ventrale sans interruption.

A un diamètre comparable, la section de *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) apparaît de forme carrée, plus large par rapport à *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon.

**Age et repartition géographique :** L'espèce *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon est connue en Egypt (Luger et Gröschke, 1989).

**Occurrence locale :** En Algérie, *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon est récoltée dans la partie orientale du plateau du Tinrhert, en association avec les espèces *Fikaites subtuberculatus* Collignon, *Fikaites laffitei* Collignon, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat) et *Vascoceras cauvini* Chudeau. Elle marque le Cénomanién supérieur (Zone à *Neocardioceras juddii*).

***Pseudaspidoceras* sp.**

**Fig. 3. 12 (b)**

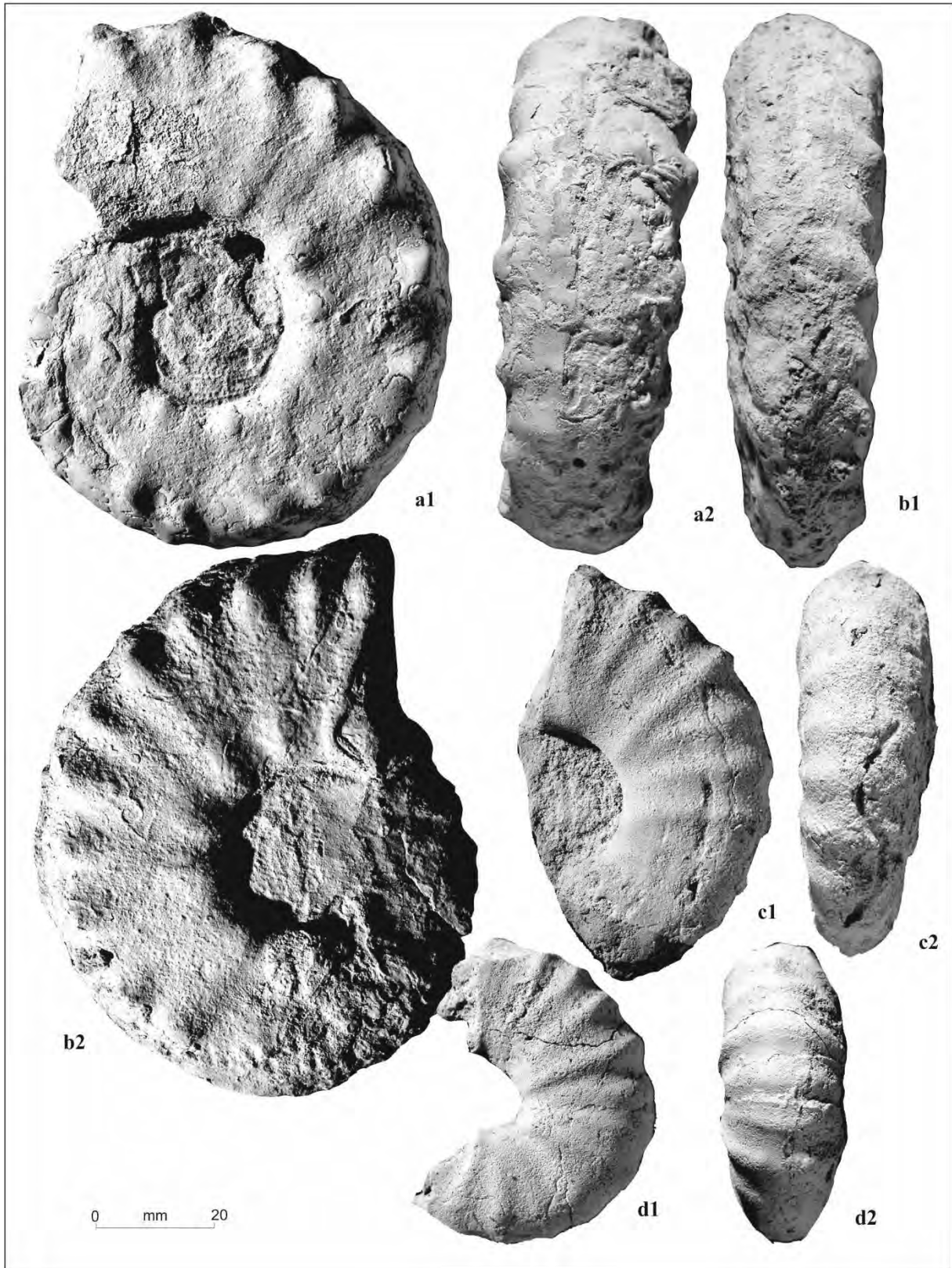
**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OO.5.12	92	39	27	0,7	24

**Description :** Ce *Pseudaspidoceras* diffère des autres specimens décrits dans ce genre avec des tours plus comprimés et un petit ombilic.

**Age et repartition géographique :** les *Pseudaspidoceras* sont signalés en Egypt, Jordanie, Tunisie, Madagascar, Nigéria, Niger, Allemagne, Portugal, Colorado, Mexico et Texas et indiquent un âge Cénomanién supérieur.





**Fig. 3. 12 -a-** *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), UTI.lab25.Tin OO.5.13, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, **b-** *Pseudaspidoceras* sp., UTI.lab25.Tin OO.5.12, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, **c-d-** *Rubroceras burroense* Cobban et al., 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin B.3.3.45, UTI.lab25.Tin B.3.3.46, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*.

**Occurrence locale :** Notre spécimen est récolté dans la coupe d'Oued Ountalek, en association avec *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, *Fikaites laffitei* (Collignon), *Fikaites subtuberculatus* (Collignon) et *Fikaites* sp. Il caractérise la Zone *Neocardioceras juddii*.

### **Genre *Kamerunoceras* Reyment, 1954b**

**Espèce – type :** *Acanthoceras eschii* Solger, 1904

**Age :** Turonien inférieur

**Remarque :** Le genre *Kamerunoceras* regroupe des formes évoluées avec une section de tour circulaire à subquadratique, des côtes simples, droites ou sinueuses, espacées et apparaissent durant toute l'ontogénèse. Ce genre multituberculé montre : des tubercules ombilicaux faibles, latéraux plus ou moins développés, ventro-latéraux internes et externes forts et des tubercules siphonaux. Ces tubercules peuvent persister ou s'affaiblir dans les tours.

### ***Kamerunoceras turoniense* (Orbigny, 1850)**

#### **Fig. 3. 20 (e)**

1850. *Ammonites turoniensis* Orbigny, p. 190.

non 1965. *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) - Collignon, pl. D.

1979. *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) - Kennedy et Wright, pl. 2, figs. 1-11; pl. 3, figs. 1-2; pl. 4, figs. 1-3, text-figs. 2-3.

1981 *Pseudaspidoceras armatum* (Pervinquière) – Wright et Kennedy: 57, pl. 14, figs. 1, 2, 10.

1982 *Pseudaspidoceras armatum* (Pervinquière) - Renz: 97, pl. 30, figs. 1-5, 9.

1985. *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) - Amédéo et Hancock, figs. 9 c-d.

1990 *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) – Robaszynski et al.: 262, pl. 15, figs. 1-2.

1994 *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) - Chancellor et al.: 26, pl. 4, figs. 1-3; pl. 5, figs. 1-3; pl. 6, figs. 6-7; pl. 7, figs. 3-4; pl. 8, figs. 8-9; text-fig. 11A, G.

2001 *Protexanites* cf. *salmuriensis* (Courty) - Galal et al.: pl. 5, figs. 8-9.

2008 *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) - El Qot: 260, pl. 2, fig. 3; text-figs. 1A, 2C.

2001 *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) – Hanna: 212, Pl. 22, Fig. 3; Pl. 23, Figs. 1-2; Text-fig. 3.39.

**Description :** *Kamerunoceras turoniense* est caractérisée par des tours externes pourvus de tubercules ventro-létéraux saillants ainsi que des tubercules siphonaux plus ou moins allongés. Il s'agit de fragments, évolués à flancs plats, caractérisés par des côtes fortes, rigides et semblent radiaires, ornées de tubercules allongés radiairement sur le tiers inférieur des tours et d'une série de tubercules ventro-latérale bien marquée.

**Age et répartition géographique :** *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) a une grande répartition stratigraphique, elle peut s'étendre de la fin de la Zone à W. coloradoense du Turonien inférieur jusqu'à la Zone à Woolgari du Turonien moyen. Elle est présente en Europe, aux USA, au Vénézuéla, en Tunisie, au Nigéria, en Egypte et à Madagascar.

**Occurrence locale :** *Kamerunoceras turoniense* (Orbigny) est récoltée dans les coupes de Bordj Omar Driss, coupe intermédiaire CI et In Adaoui (rive droite) en association avec *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé), *Choffaticeras* sp. et *Eotissotia simplex* Barber. Elle marque la Zone à W. coloradoense, [Sous-zone à V. (*Greenhornoceras*) birchbyi].

### **Famille Vascoceratidae Douvillé, 1912 (*in* Spath, 1925)**

#### **Sous-famille Vascoceratinae Douvillé, 1912**

#### **Genre *Vascoceras* Choffat, 1898**

**Espèce - type :** *Vascoceras gamai* Choffat, 1898.

**Age :** Cénomaniens supérieur- Turonien inférieur à ? moyen.

**Remarque :** Le genre *Vascoceras* peut regrouper différentes morphologies, discocône-cadicône- sphaerocône et montre une variabilité spécifique et intraspécifique dans l'enroulement (évolue, involue), dans la forme (comprimée ou non) et dans l'ornementation [ornementée (côtes, ombilicaux et ventrolatéraux tubercules) ou complètement lisses].

***Vascoceras gamai* Choffat, 1898**

**Fig. 3. 13 (b)**

1898. *Vascoceras gamai* Choffat, pl. 7, figs 1-4; pl. 8, fig. 1; pl. 10, fig. 2; pl. 21, figs. 1-4
1964. *Vascoceras gamai* Choffat var. *aontzyensis* - Colignon (M.), t. XII, pl. CCCXCIII, fig. 1675.
1965. *Vascoceras gamai* Choffat - Collignon, figs 5-7.
1985. *Vascoceras gamai* Choffat - Berthou et al., 66, pl. 2, figs 1-12; pl. 3, figs 1-3, 5-7, 10, 13, 14.
1992. *Vascoceras gamai* Choffat - Thomel, pl. 121, figs 1, 2.
1996. *Vascoceras gamai* Choffat – Amédro et al., fig. 17.
- ? 2005. *Vascoceras* cf. *gamai* Choffat - Gale et al., figs. A-D.
2005. *Vascoceras* gr. *gamai* Choffat - Meister et Abdallah, pl. 13, figs. 1, 2, 4.
2010. *Vascoceras gamai* Choffat - Barroso-Barcenilla et Goy, pl. 1, figs. A-L.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OH.2.13	85	32	45	1,4	27

**Description :** l'espèce *Vascoceras gamai* Choffat a été révisée par plusieurs auteurs, elle correspond à une coquille évolutive, modérément comprimée ; les tours internes sont caractérisés par de forts tubercules péri-ombilicaux au nombre de huit à dix selon Amédro et al. (1996) et une costulation épaisse, tandis que les tours externes sont lisses et perdent les tubercules ombilicaux jusqu'à la chambre d'habitation arrondie.

Les flancs sont plats ; la région externe est largement arrondie ; l'ombilic est relativement large ; les cloisons sont très conservés surtout à proximité de la chambre d'habitation.

**Discussion :** L'espèce *Vascoceras gamai* Choffat est bien figurée par Choffat en 1898. Les spécimens récoltés par Collignon en 1965 dans le plateau de Tinrhert étaient des exemplaires plus ou moins complets mais malheureusement les tours internes ne sont pas conservés, ce qui rend sa détermination incertaine, la section des tours ressemble aux spécimens de Choffat.

En 1935, Furon remarqua que dans les formes sahariennes, la chambre d'habitation tend à s'écarter, ce qui est le cas pour nos espèces.

En 1985, Berthou et al. révisèrent l'espèce *Vascoceras gamai* du Portugal, ce sont des formes comparables à celles de Tinrhert. Elles présentent des tubercules péri-ombilicaux sur les tours internes, modérément comprimés, lisses sur les tours externes. Des espèces présentant ces mêmes caractéristiques ont été figurées par Wright et Kennedy (1981) en Grande Bretagne, par Thomel (1992) en France et par Meister et al. (2012) au Nigéria.

Dans la région de Gafsa, la forme *Vascoceras* gr. *gamai* (Choffat) présente un pedomorphisme avec des tubercules péri-ombilicaux bien conservés jusqu'à l'ouverture (Meister et al., 2005).

**Age et répartition géographique :** *Vascoceras gamai* (Choffat) a une vaste répartition géographique. Elle marque le Cénomanién supérieur en France, Portugal, Espagne, Nigéria, Brésil, Nouveau – Mexique et en Afrique du Nord

**Occurrence locale :** *Vascoceras gamai* (Choffat) caractérise la Zone à *Neocardioceras juddii* (intervalle 4 d'Amédéo et al., 1996) associée à *Vascoceras cauvini* Chudeau, *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber), *Pseudaspidoceras pseudonoidosoides* (Choffat) et *Nigericeras gadeni* (Chudeau).

### *Vascoceras cauvini* Chudeau, 1909

#### **Fig. 3. 13 (c), Fig. 3. 14 (a), Fig. 3. 15 (a)**

1909. *Vascoceras cauvini* Chudeau, pl. 1, figs 1, 2; pl. 2, figs 1-3; pl. 3, figs 1, 2, 4.  
1957. *Paravascoceras rumeau* Collignon, pl. 1, fig. 2.  
1965. *Paravascoceras* aff. *cauvini* Collignon, 183.  
1969. *Paravascoceras cauvini* (Chudeau) - Freund et Raab, pl. 3, figs 1-3; text-figs. 5a, b.  
1975. *Paravascoceras cauvini* Schöbel, pl. 4, figs 1-3; pl. 5, figs 1-4.  
1981. *Paravascoceras chevalieri* (Furon) - Amard et al., pl. 6, figs. 1, 2.  
1981. *Paravascoceras cauvini* (Chudeau) - Amard et al. , pl. 3, fig. 9.  
1987. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Kora et Hamama, pl. 1, fig. 6.  
1996. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Kassab, pl. 2, figs. 1, 2.  
1996. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Amédéo et al., fig. 18.

2001. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Aly et Abdel-Gawad, pl. 5, figs. 3a-c.

2004a. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Abdel-Gawad et al., pl. 4, figs. 2-3, 5. Text-fig. 1.

2010a. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Nagm et al., figs 9A–B, 10B.

2012. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Nagm et Wilmsen, text-fig. 9A.

2015. *Vascoceras cauvini* Chudeau - Meister et Piuz, pl. 20, fig. 1.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OO.5.6	88	40	46	1,1	15
UTl.lab25.Tin OO.5.5	110	48	38	0,8	23
UTl.lab25.Tin OO.5.4	120	48	36	0,75	28

**Description :** *Vascoceras cauvini* Chudeau est caractérisée par des côtes arrondies et larges. Si la chambre d'habitation est conservée, cette espèce montre une section de tour subovale. Les tours internes sont presque lisses avec des flancs aplatis et convergents.

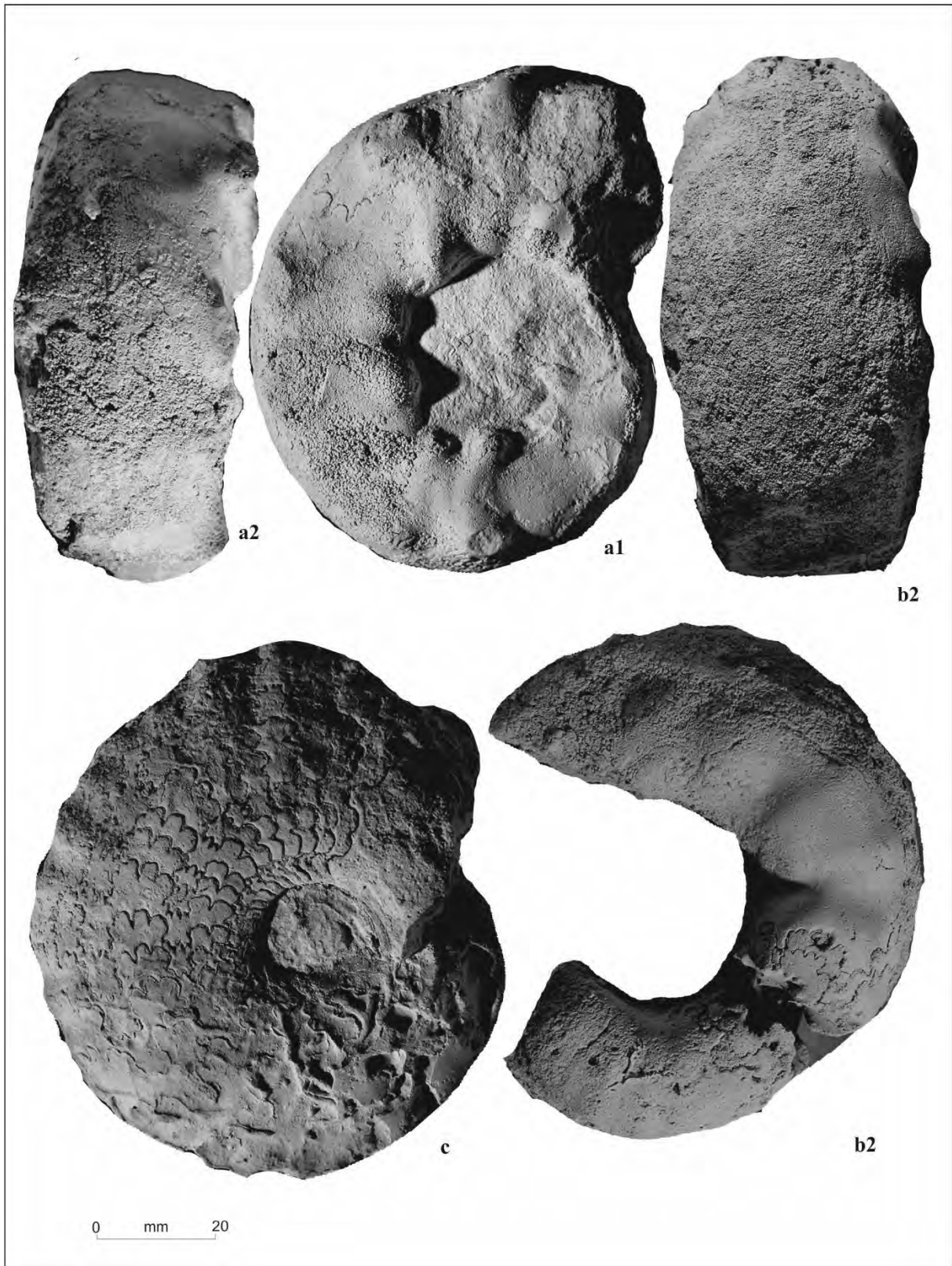
**Discussion :** Les spécimens de Tinrhert sont comparables à ceux décrits par Schneegans (1943) et Schöbel (1975) du Niger. Ces auteurs signalent que les *Vascoceras cauvini* Chudeau varient en degrés de compression (Fig. 3.16) et en ornementation. Les mêmes remarques ont été constatées pour les spécimens de Tinrhert.

Les formes de Wadi Quena en Egypte sont identiques en dimensions, en formes et en lignes de sutures mais différentes en ornementation (Luger et Gröschke, 1989).

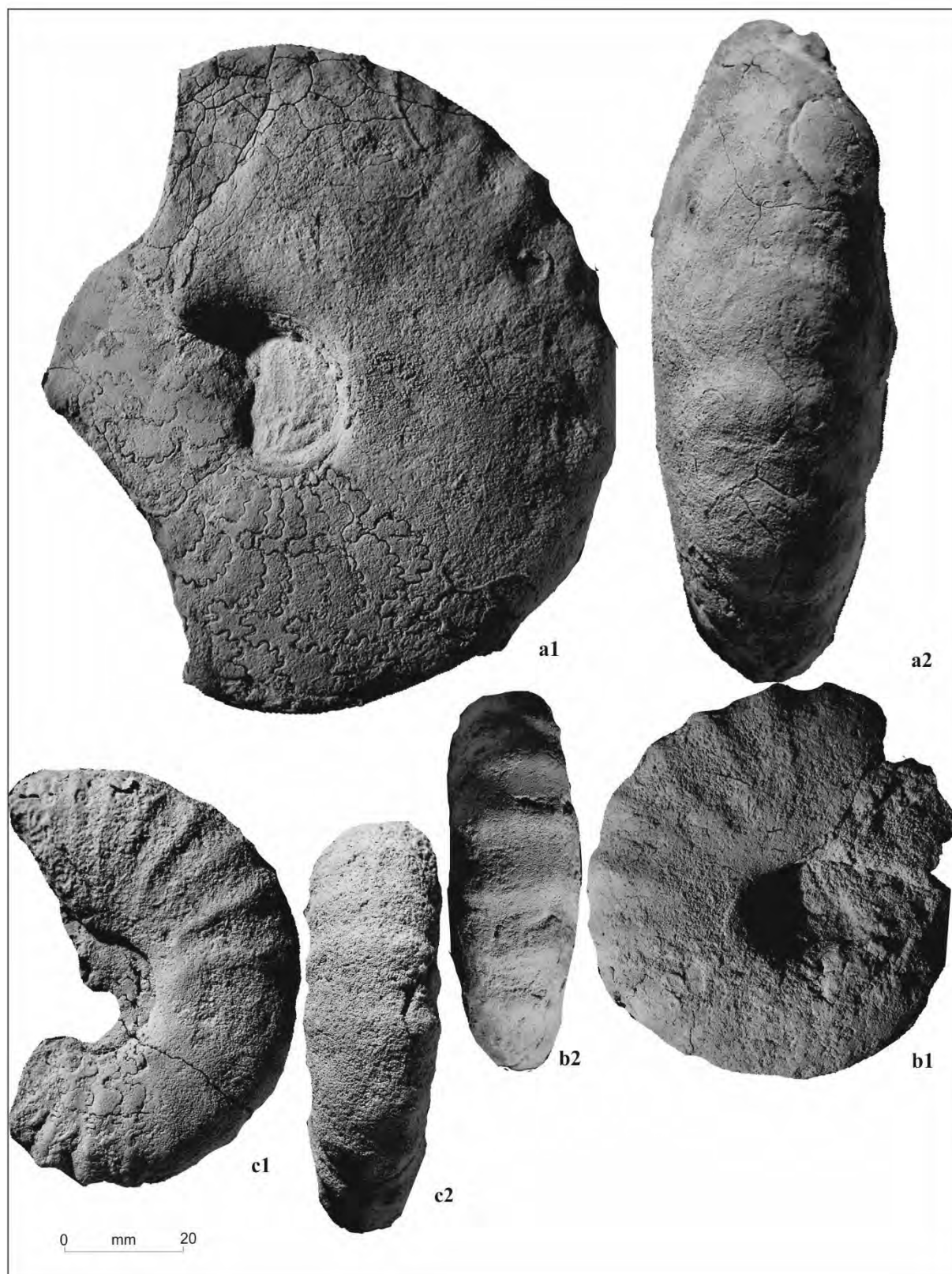
En 1996, Zaborcki a considéré que *Vascoceras cauvini* Chudeau est souvent synonyme de *Nigericeras gadeni*.

**Age et répartition géographique :** *Vascoceras cauvini* Chudeau marque le Cénomaniens supérieur au Niger, Nigeria, Pérou, Texas, Nouveau-Mexique, Moyen-Orient, Egypte, Soudan et en Algérie.

**Occurrence locale :** *Vascoceras cauvini* (Chudeau) est associée aux *Nigericeras gadeni* (Chudeau), *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber), *Vascoceras gamai* Choffat, *Pseudaspidoceras pseudonodsoides* (Choffat), *Fikaites subtuberculatus* Collignon et caractérise l'intervalle 4 d'Amédéo et al. (1996) dans le plateau de Tinrhert.

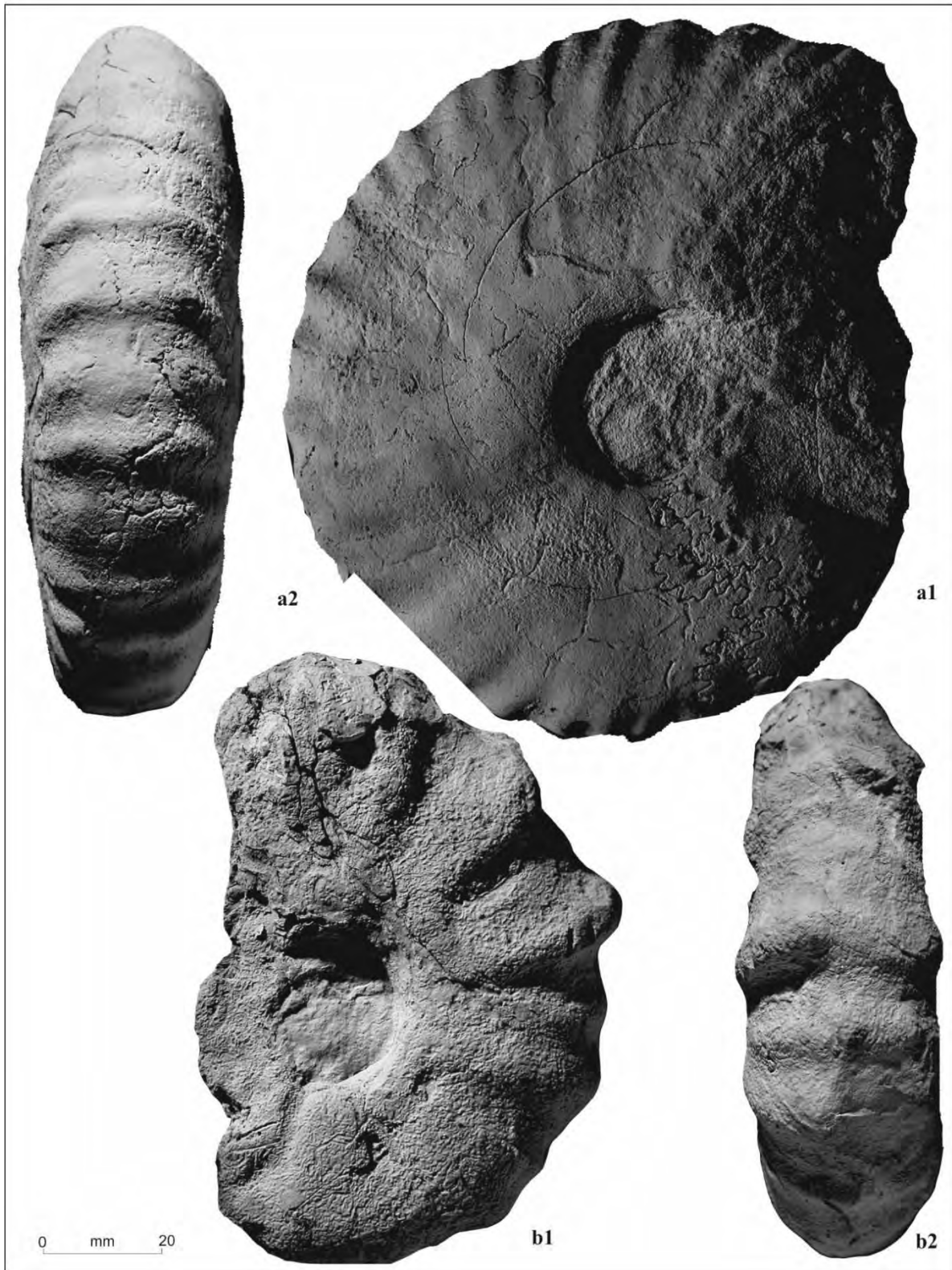


**Fig. 3.13-** **a-** *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), UTI.lab25.Tin GBE.7.1, 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, **b-** *Vascoceras gamai* Choffat, UTI.lab25.Tin OH.2.13, **c-** *Vascoceras cauvini* Chudeau, UTI.lab25.Tin OO.5.6, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Cénomaniensupérieur Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*.



**Fig. 3. 14-** **a-** *Vascoceras cauvini* Chudeau, UTI.lab25.Tin OO.5.5, 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, **b-c-***Rubroceras burroense* Cobban et al., UTI.lab25.Tin B.3.3.4, UTI.lab25.Tin B.3.3.5, 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, Cénomarien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*.





**Fig. 3. 15- a-** *Vascoceras cauvini* Chudeau, UTI.lab25.Tin OO.5.4, 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, **b-** *Fikaites* sp., UTI.lab25.Tin OO.5.11, 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras*.



**Fig. 3. 16-** Variation d'épaisseurs chez l'espèce *Vascoceras cauvini* Chudeau (Plateau de Tinrhert).

***Vascoceras aff. glabrum* (Barber, 1957)****Fig. 3.17 (a-c)**

1957. *Nigericeras glabrum* Barber, pl. 10, figs. 1, 2; pl. 30, fig. 8.  
 1957. *Nigericeras costatum* Barber, pl. 10, figs. 3, 4; pl. 11, fig. 3.  
 1989. *Vascoceras costatum* (Barber) - Meister, pl. 10, figs. 3, 5; pl. 11, figs. 1, 2, 5.  
 1989. *Vascoceras costatum glabrum* (Barber) - Meister, pl. 9, figs. 2, 4; pl. 10, fig. 4.  
 1990. *Vascoceras nigeriense* Woods - Zaborski, fig. 25.  
 1994. *Vascoceras aff. glabrum* (Barber) - Meister et al., pl.3, figs. 6, 8; pl. 4, figs. 1-5; pl. 5, figs. 1-6; pl. 6, figs. 1, 6; pl. 7, figs. 1; text-fig.11.  
 2008. *Vascoceras glabrum* Barber - El Qot, p. 266, pl. 3, fig. 4a-b ; pl. 4, fig. 2, text-fig. 2B.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OO.2.1	126	48	48	1	48
UTl.lab25.Tin OO.2.2	124	48	32	0,6	40
UTl.lab25.Tin OO.5.1	122	50	45	0,9	40

**Description :** Il s'agit de formes lisses évoluées, de diamètre moyen, présentant une variation d'épaisseur, de formes comprimées aux formes bombées. La section du tour varie de ronde à subtriangulaire. L'ombilic est profond, large et gagne 36% du diamètre. La région ventrale varie, elle est ronde dans les formes bombées à étroite dans les formes comprimées. L'ornementation et les lignes de sutures sont absentes.

**Age et répartition géographique :** *Vascoceras glabrum* (Barber) est enregistrée au Ténére, au Niger (Meister et al., 1994), en Egypte et en Algérie. Elle indique un âge Cénomaniens supérieur.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, elle est signalée pour la première fois, récoltée en abondance dans la coupe d'Oued Takouazet avec les *Fikaites subtuberculatus* Collignon, *Fikaites laffitei* Collignon, *Vascoceras gamai* Choffat et *Vascoceras cauvini* (Chudeau). Elle caractérise la Zone à *N. juddii* (Sous-zone *N. juddii*) du Cénomaniens terminal.

**Genre *Rubroceras* Cobban et al., 1989**

**Espèce - type :** *Rubroceras alatum* Cobban et al., 1989

**Age :** Cénomaniens supérieur.

**Remarque :** Les espèces du genre *Rubroceras* sont des formes modérément évolutives, les tours sont grands, plus ou moins renflés, trituberculés avec des tubercules ombilicaux, les côtes portent de faibles tubercules ventro-latéraux et siphonaux.

Chez les formes adultes, la chambre d'habitation est ornementée par de fortes côtes qui sont accentuées dans la partie ventro-latérale.

Le genre *Rubroceras* était autrefois classé parmi les Pseudotissotinae par Cobban et al. (1996) alors que Wright et al. (1996) le rangerait dans les Vascoceratinae.

***Rubroceras burroense* Cobban et al., 1989**

**Fig. 3.12 (c-d), Fig. 3.14 (b-c)**

1989. *Rubroceras burroense* Cobban et al., figs 93A-C, 94 Q-S.

? 1991. *Paramammites* sp. Kennedy et Simmons, pl. 3, figs. A-C.

aff. 2012. *Rubroceras* gr. *burroense* Cobban et al.- Meister et Abdellah, pl. 10, figs. 1, 3-5, 7, 9; pl. 11, fig. 1, 3, 5.

2012. *Rubroceras* sp. Meister et Abdellah, pl. 4, fig. 11; pl. 10, figs. 2, 6, 8; pl. 11, fig. 2.

2015. *Rubroceras* aff. *burroense* Cobban, et al., - Meister et Piuz, pl. 17, fig. 1.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin B3.3.5	65	29	21	0,7	14
UTl.lab25.Tin B3.3.4	70	28	22	0,7	19
UTl.lab25.Tin B3.3.45	67	27	23	0,8	23
UTl.lab25.Tin3.3.46	48	19	21	1,1	19

**Description :** Plusieurs spécimens sont récoltés, provenant surtout de la coupe de Bordj Omar Driss et celle d'Ohanet, complets ou fragmentaires mais bien conservés. Il s'agit de formes à tours larges, réguliers, à ombilic profond d'environ 22% du diamètre (mesure prise sur un spécimen complet). L'ornementation est très accentuée, constituée de côtes fortes

régulièrement espacées et radiaires, ils peuvent se subdiviser sur la partie externes des tours et rejoignent l'aire ventrale arrondie.

*Rubroceras burroense* Cobban et al. se distingue facilement de *Rubroceras alatum* Cobban et al. par ses tours arrondis et ses nombreuses côtes.

**Age et répartition géographique :** *Rubroceras burroense* Cobban et al. caractérise le Cénomaniens supérieur (Zone à *Neocardioceras judii*), au Nouveau-Mexique, en Tunisie, en Algérie, à Oman et peut être au Nigéria et en Espagne.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Rubroceras burroense* Cobban et al. est récoltée pour la première fois, dans les coupes de Bordj Omar Driss et Oued In Adaoui, associée aux *Fikaites laffitei* Collignon, *Vascoceras gamai* Choffat, *Vascoceras cauvini* (Chudeau) *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber) et *Nigericeras gadeni* (Chudeau). Elle caractérise la Zone N. *juddii* (Sous zone N. *juddii*) du Cénomaniens supérieur.

### **Genre *Fagesia* Pervinquière, 1907**

(*Plesiovascoceras* Spath, 1925)

**Espèce – type :** *Olcostephanus superstes* Kossmat, 1897.

**Age :** Turonien inférieur.

**Remarque :** Les formes du genre *Fagesia* sont des formes typiquement cadicônes, généralement avec des côtes épaisses et bien développées et des tubercules ombilicaux bien marqués. Les côtes traversent la région ventrale et peuvent persister durant toute l'ontogenèse. Certaines formes peuvent être lisses dans les tours intermédiaires et externes. Les lignes de suture sont étroites, incisées et variables, le premier lobe latéral est trifurqué et peut apparaître dans certains cas bifurqué.

### ***Fagesia peroni* Pervinquière, 1907**

**Fig. 3. 17 (d)**

1907. *Fagesia peroni* Pervinquière, pl. 20, figs 7, 8.

? 1921. *Fagesia peroni* (Pervinquière) var. *Columbiana* Fritzsche, pl. 4, fig. 1, text-fig. 9.

? 1958. *Fagesia peroni* Pervinquière - Luppov et Drushchits, pl. 61, fig. 4.

- ? 1969. *Fagesia peroni* Pervinquière - Stankievich et Pojarkova, pl. 1, fig. 1.  
 ? 1986. *Fagesia peroni* Pervinquière - Szasz, pl. 5, fig. 5.  
 1994. *Fagesia peroni* Pervinquière - Chancellor et al., pl. 14, figs. 6-10 (avec Synonymie).  
 1994. *Fagesia peroni* Pervinquière - Kennedy, pl. 9, figs. 1-5, 8, 9.  
 2008. *Fagesia peroni* Pervinquière - Kennedy et al., fig. 5; pl. 3, fig. 1-2; pl. 4, figs. 1-3; pl. 5, figs. 1-2; pl. 7, figs. 4-6; pl. 9, figs. 7-9.  
 2010. *Fagesia peroni* Pervinquière - Nagm et al., text-figs.12C, 13C-D.  
 ? 2012. *Fagesia* cf. *peroni* Pervinquière - Nagm et al., figs. 13C-D.  
 2012. *Fagesia peroni* Pervinquière - Meister et Abdellah, pl. 13, fig. 1; pl. 14, figs. 1, 3 (with synonymy)  
 2014. *Fagesia peroni* Pervinquière - Robaszynski et al., pl. 10, fig. 1.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OO.10	93	42	66	1,57	24

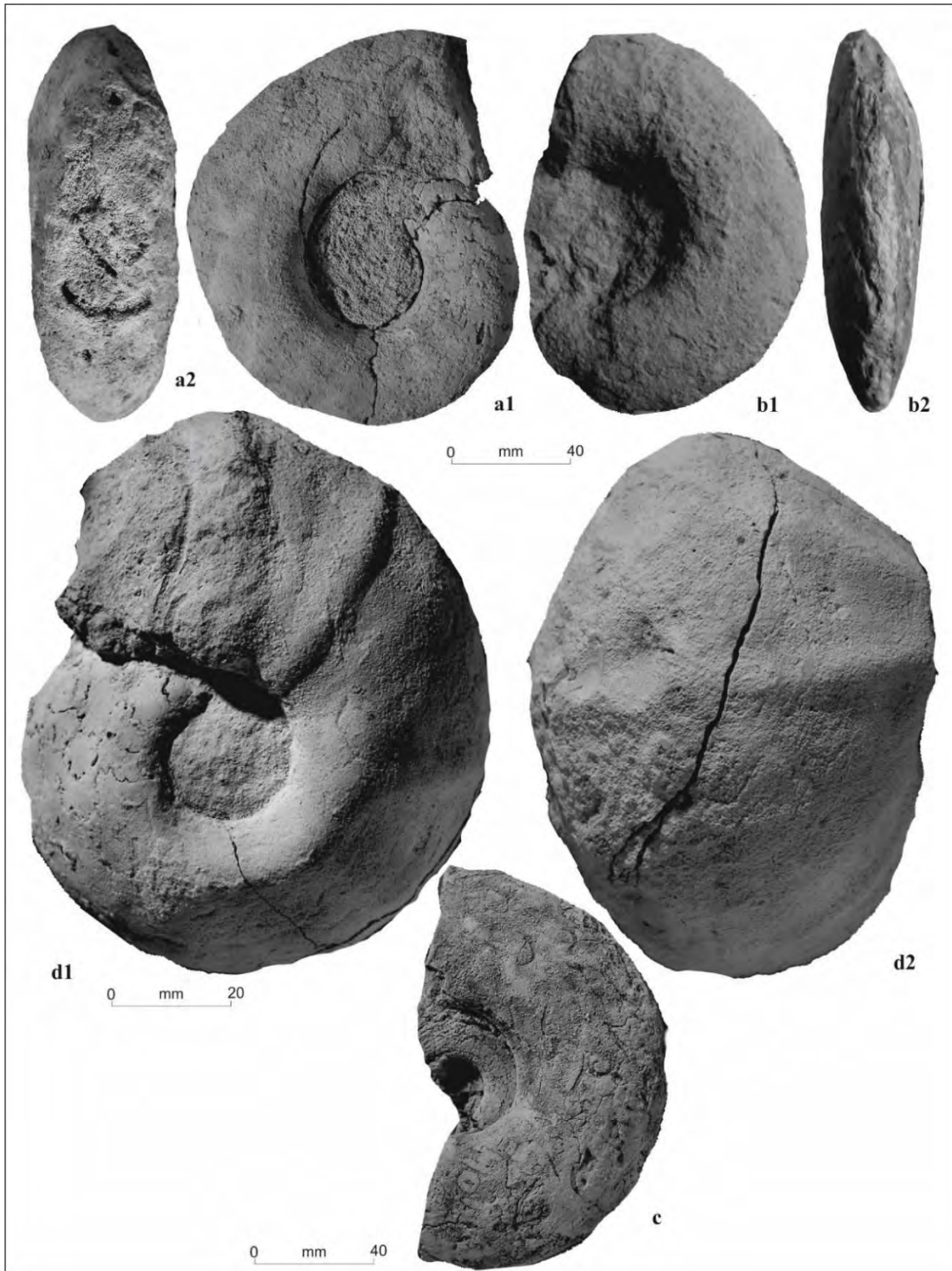
**Description :** *Fagesia peroni* Pervinquière a une forme globuleuse, cadicône. Sur les premiers tours, les côtes épaisses apparaissent portantes des tubercules ombilicaux et peuvent s'affaiblir en traversant la partie ventrale.

Dans le plateau de Tinrhert, un seul spécimen est récolté dans la coupe d'Oued Ountalek, complet, de 93 mm de diamètre, semi-évolue, de forme très renflée et à ombilic large et profond (25% de diamètre total). L'ornementation est discrète avec quelques côtes et des tubercules bien visibles.

**Age et répartition géographique :** *Fagesia peroni* Pervinquière est enregistrée dans le Turonien inférieur d'Afrique du Nord, Venezuela, France et avec doute en Roumanie, Colombie et Asie Centrale. Elle indique la partie moyenne à supérieure de la Zone à *Watinoceras coloradoense*.

**Occurrence locale :** *Fagesia peroni* Pervinquière est enregistrée pour la première fois dans le plateau de Tinrhert, dans la coupe de Oued Ountalek, en association avec les espèces *Pseudotissotia nigriensis* (Woods) et *Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum* (Douvillé)

indiquant le Turonien inférieur et plus précisément la Zone *Watinoceras coloradoense* [Sous - zone V. (*Greenhornoceras*) *birchbyi*].



**Fig. 3. 17- a-c- *Vascoceras glabrum*** (Barber), UTL.lab25.Tin OO.2.1, UTL.lab25.Tin OO.2.2, UTL.lab25.Tin OO.5.1, 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Vascoceras* ; **d- *Fagesia peroni*** Pervinquière, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Turonien inférieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*.

**Famille Pseudotissotiidae Hyatt, 1903**

**Sous-famille Pseudotissotiinae Hyatt, 1903**

**Genre *Pseudotissotia* Peron, 1897**

**Espèce – type :** *Ammonites gallienae* Orbigny, 1850

**Age :** Turonien inférieur

**Remarque :** Le genre *Pseudotissotia* regroupe des morphologies comprimées à légèrement bombées. Le ventre est plat avec deux à trois carènes. La section du tour est rectangulaire ou subtrapézoïdale. Dans les tours externes, elle tend à devenir ronde.

***Pseudotissotia nigeriensis* (Woods, 1911)**

**Fig. 3. 18, Fig. 3.19, Fig. 3. 20 (a)**

1911. *Hoplitoides nigeriensis* Woods, pl. 23, fig. 3; pl. 24, figs 1-5.

1930. *Pseudotissotia gabonensis* Lombard, pl. 29, figs. a-c.

1957. *Pseudotissotia (Bauchioceras) nigeriensis macrocarinata* - Barber, pl. 21, figs. 5a-b ; pl. 34, figs. 7, 15.

non 1957. *Furoniceras trumpyi* Collignon, pl. 3, figs. 1-1a.

1965. *Pseudotissotia (Bauchioceras) nigeriensis* var. *egrediens* Collignon, pl. H, figs. 1a-c.

1965. *Pseudotissotia (Bauchioceras) bussoni* Collignon, pl. H, figs. 2a-b.

non 1965. *Discovascoceras tesselitense* Collignon, pl. G, figs. 1a-b.

1981. *Furoniceras* ? Weydert et Collignon, pl. 1, fig. 3.

1989. *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) - Meister, pl. 21, figs 4-6; pl. 22, figs 1-4; pl. 23, figs 1-5; pl. 24, fig. 1; pl. 25, figs 1-7; pl. 26, figs 1-3; pl. 27, figs 1-3.

1992. *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) - Courville, pl. 12, fig. 4; pl. 13, fig. 1-3.

1996. *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) - Amédéo et al., figs. 20, 21, 22.

2005. *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) - Gale et al., figs 10D–E, 12A–B, E, 13A.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin OHA.3.1	118	53	38	0,7	17
UTl.lab25.Tin OO.10.1	115	53	42	0,8	20



UTl.lab25.Tin CI.1.1	67	32	16	0,5	8
UTl.lab25.Tin OHA.5	130	51	74	1,45	35

**Description :** *Pseudotissotia nigerensis* (Woods) montre une forme discoïdale involute à section de tours subtrapézoïdale. Les spécimens récoltés dans le Tinrhert montrent deux variétés : la première forme est comprimée, plate, elle atteint le maximum d'épaisseur au niveau de la partie ombilicale où l'ombilic s'accroît. Les deux flancs se rejoignent sur la partie externe par deux carènes latérales et une carène médiane qui peut disparaître dans quelques cas. Les formes comprimées sont lisses ou à ornementation faible.

La deuxième forme est renflée, d'épaisseur variable, costulée à carènes ventrales saillantes qui peuvent devenir onduleuses dessinant un clavi à la terminaison ventrale des côtes. Les lignes de suture à lobe externe souvent bifide et à selle large, haute et dentelée.

**Discussion :** *Furoniceras trumpyi* Collignon, 1957 a une ligne de suture plus complexe par rapport aux vrais *Pseudotissotia nigerensis* (Woods) et un ombilic nettement plus ouvert et fortement extraombiliqué chez l'adulte.

Il l'en ai de même pour l'espèce *Discovascoceras tesselitense* Collignon, 1965 qui présente un ombilic plus ouvert et une section subtriangulaire.

**Age et répartition géographique :** *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) est connue dans le Turonien inférieur du Niger, Nigeria, Moyen Orient, Mexique, Brésil et d'Algérie.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, l'espèce *Pseudotissotia nigeriensis* est récoltée seule dans l'intervalle 5 d'Amédro et al., 1996 (Unité D, Marno-calcaire à *Choffaticeras*) associée aux *Fagesia peroni* Pervinquier, *Eotissotia simplex* Barber, *Hoplitoides wohlmanni* (Von Koenen), *Choffaticeras pavillieri* Perrvinquier, *Choffaticeras meslei* Peron, *Choffaticeras sinaiticum* Orbigny et *Kamerunoceras turoniense* Orbigny, indiquant la sous-zone V. (*Greenhornoceras*) birchbyi (Meister et al., 2003).



**Fig. 3. 18- a- b-** *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin OO.10.1- UTI.lab25.Tin OHA.3.1, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*.



**Fig. 3. 19-** *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), 1: vue latérale, 2: vue ventrale, UTI.lab25.Tin OHA.5, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*.

**Genre *Eotissotia* Barber, 1957**

**Espèce – type :** *Eotissotia simplex* Barber, 1957

**Age :** Turonien inférieur

**Remarque :** Le genre *Eotissotia* regroupe des formes involutes, comprimées, lisses avec une aire ventrale tabulaire, qui peut devenir ronde puis légèrement pointu.

***Eotissotia simplex* Barber, 1957**

**Fig. 3. 20 (b)**

1957. *Eotissotia simplex* Barber, pl. 1, fig. 3; pl. 3, fig. 3; pl. 25, figs. 11-15.

1990. *Eotissotia simplex* Barber - Zaborski, figs. 19E, 27.

1991. *Eotissotia simplex* Barber - Kennedy et Simmons, pl. 3, figs. D-F.

1993. *Eotissotia simplex* Barber - Zaborski, fig. B-I.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin B3.9.43	53	28	12	0,4	3

**Description :** Quelques spécimens sont récoltés dans le plateau de Tinrhert, dans la coupe de Bordj Omar Driss et de celle d'Oued Ountalek de 25 mm à 54 mm de diamètre. Il s'agit d'une forme très involute, comprimée à l'ombilic très petit et à flancs lisses, sans ornementation. Le ventre est tabulé, à diamètres supérieurs, la partie ventrale devient arrondie.

**Discussion :** Selon Barber (1957), les lignes de suture de l'espèce *Eotissotia simplex* Barber présentent des selles simples entières mais certains échantillons montrent des subdivisions soit dans quelques selles soit dans toutes les selles.

**Age et repartition géographique :** L'espèce *Eotissotia simplex* Barber est récoltée seule dans le Nord nigérien et à Oman (Meister et Piuze, 2013).

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, les spécimens sont récoltés dans les coupes de Bordj Omar Driss et Oued Ountalek. Ils sont associés à *Pseudotissotia nigerensis* (Woods),

*Choffaticeras meslei* Peron, *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé, *Choffaticeras parvielleri* Pervinquière, *Hoplitoides wohltmanni* Orbigny et à *Kamerunoceras turoniense* Orbigny. Elle caractérise la partie supérieure de la zone W.coloradoense, [Sous-zone à V. (*Greenhornoceras*) birchbyi].

### Genre *Choffaticeras* Hyatt, 1903

**Espèce – type :** *Pseudotissotia meslei* Peron, 1897

**Age :** Turonien.

**Remarque :** Les formes du genre *Choffaticeras* peuvent être comprimées ou renflées, la section est lancéolée à cordée, avec des flancs concaves, un ventre rond, des tubercules siphonaux, avec ou sans tubercules ventrolatéraux.

Les tours internes sont lisses ou fortement costulés avec des tubercules ombilicaux et ventrolatéraux, qui peuvent disparaître à des diamètres variés.

Dans le plateau de Tinrhert, le genre *Choffaticeras* est représenté par plusieurs spécimens du sous - genre *Choffaticeras* (*Choffaticeras*). Ce sous - genre est caractérisé par une aire ventrale tricarinée avec comme espèce : *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *meslei* Peron, *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *quaasi* Peron, *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *pavillieri* Pervinquière et *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* Douvillé, qui présente une section de tour la plus comprimée dans le groupe tricarinate. D'après Barroso-Barcenilla et Goy (2007), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* Douvillé appartient apparemment au groupe tricariné, mais, en fait, il s'agit d'une forme transitoire entre les formes tricarénées et monocarinées du genre (Nagm, 2009).

Plusieurs espèces de *Choffaticeras* sont récoltées dans le plateau de Tinrhert, mais mal préservées, c'est pourquoi, la présence du sous - genre monocarinée *Choffaticeras* (*Leoniceras*) n'est pas à exclure. Les espèces monocarinées *Choffaticeras* (*Leoniceras*) *barjonai* (Choffat) et *Choffaticeras* (*Leoniceras*) *luciae* (Pervinquière) peuvent être enregistrées dans le plateau de Tinrhert dans les futures récoltes.

D'après Barroso-Barcenilla et Goy (2007), l'espèce *Choffaticeras* (*Leoniceras*) *luciae* (Pervinquière) inclurait des spécimens avec section de tour plus comprimée et un ombilic petit

et profond, alors que les spécimens qui ont un large ombilic et une section moins comprimés sont rangés dans l'espèce *Choffaticeras (Leoniceras) barjonai* (Choffat).

**Sous - genre *Choffaticeras* Hyatt, 1903**

**Espèce – type :** idem genre

**Age :** Turonien

***Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron, 1897)**

**Fig. 3. 21 et 22**

1897 *Pseudotissotia meslei* sp. nov. – Peron, pl. 14 (1), fig. 1; pl. 15 (2), figs. 1, 2; pl. 16 (3), fig. 2; pl. 11 (17), fig.1.

1969 *Choffaticeras meslei* (Peron) - Freund et Raab, pl. 9, fig. 2 ; text-fig. 10i.

1994 *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron) - Chancellor et al., pl. 24, figs. 1-2 ; pl. 25, figs. 4-6 ; pl. 27, figs. 3, 5 ; text-figs. 15C, E.

2009. *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron) - Nagm, text-fig. 5.17.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UT.lab25.Tin OH.13.1	230	64	70	1,09	24

**Description :** *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron) est la forme tricarinée, la plus ancienne du genre *Choffaticeras*, c'est une forme involute à section du tour triangulaire. Les flancs sont convexes et l'ombilic représente 20% du diamètre. Le ventre est relativement rond à trois carènes caractéristiques de l'espèce *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron). La ligne de suture comporte quatre selles dont le premier est haut et large.

**Discussion :** En Tunisie, Chancellor et al. (1994) décrivent une large forme et l'attribuent à *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron). Ils remarquent qu'il y a une grande variabilité d'épaisseur, d'ornementation et surtout de largeur d'ombilic au sein de cette espèce.

**Age et repartition géographique :** *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron) est enregistrée dans le Turonien inférieur de la Tunisie (Chancellor et al., 1994) et d' Egypte (Nagm, 2009).

**Occurrence locale :** *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron) est enregistrée pour la première fois dans le plateau de Tinrhert, dans la coupe de Oued In Adaoui avec les espèces *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé et *Hoplitoides wohltmanni* (Von Koenen). Elle caractérise la partie supérieure de la Zone W. coloradoense.

***Choffaticeras (Choffaticeras) pavillieri* Pervinquière, 1907**

**Fig. 3. 20 (c)**

1907. *Pseudotissotia (Choffaticeras) pavillieri* Pervinquière, pl. 23, figs. 4-6, text-fig. 134.  
 ? 1914. *Pseudotissotia segnis* Solger var. *discoidalis* Pervinquière - Eck, pl. 14, fig. 7; pl. 15, fig. 1, text-figs. 7-9.  
 1928. *Leoniceras quaasi* (Peron) - Douvillé, pl. 3, figs. 4, 5 ; pl. 4, figs. 1, 2.  
 1928. *Leoniceras carinifer* Douvillé, pl. 4, fig. 3a.  
 1951. *Leoniceras parvillieri* (Pervinquière) - Faraud, text-fig. 4.  
 1995. *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière - Santamaria-Zabala, pl. 2, fig. 3, text-fig. 1c.  
 2005. *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière - Meister et Abdallah, pl. 19, fig. 2  
 2007. *Choffaticeras (Choffaticeras) juv.* Pervinquière - Barroso-Barcenilla, figs. 5.2-4.  
 2012. *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière - Meister et Abdallah, pl. 18, fig. 1.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTL.lab25.Tin GB.5.1	125	53	30	0,56	20

**Description :** *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière présente une coquille très involute discoïdale à section subtriangulaire maintenue par deux carènes ventrolatérales. Les flancs sont légèrement convexes à presque plats, à ombilic étroit, peu profond et fermé.

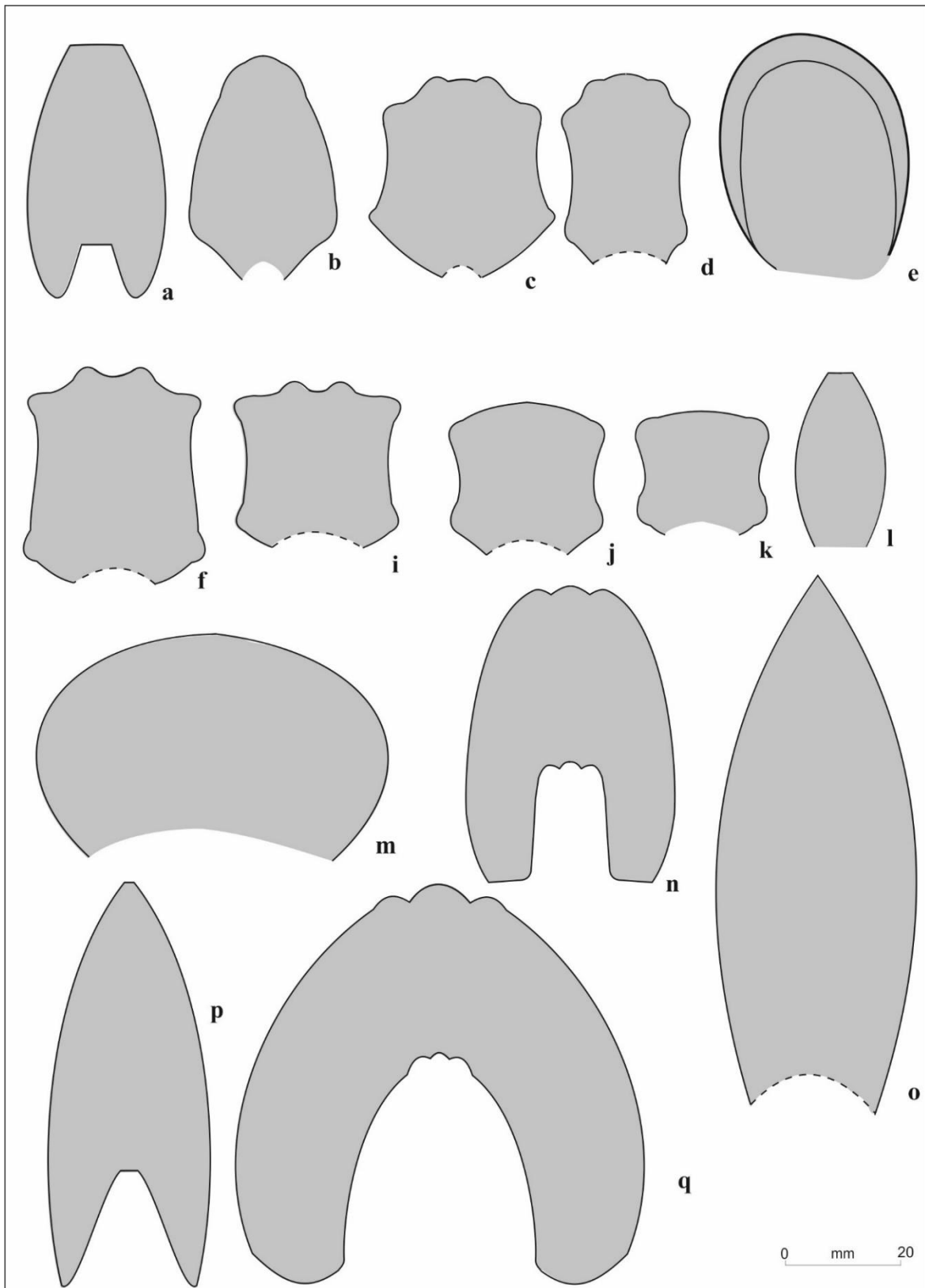
*Choffaticeras pavillieri* Pervinquière présente une morphologie très voisine à *Choffaticeras quaasi* (Peron), mais avec des tours plus comprimés (Nagm, 2009).

**Age et répartition géographique :** Cette espèce est récoltée avec les autres *Choffaticeras* et l'espèce *Pseudotissotia nigerensis* (Woods). Elle occupe le Turonien inférieur en Tunisie, en Egypte, à Madagascar, en France, en Espagne, en Moyen - Orient, en USA, en Algérie et



**Fig. 3.20- a-** *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), UTI.lab25.Tin CI.1.1; **b-** *Eotissotia simplex* Barber, UTI.lab25.Tin B3.9.43 ; **c-** *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière, UTI.lab25.Tin GB.5.1, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*; **d-** *Hoplitoides wohtmanni* (Von Koenen), UTI.lab25.Tin GB.28.1, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*; **e-** *Kamerunoceras turoense* (Orbigny), UTI.lab25.Tin CI. 2.1, Formation des Calcaires inférieurs, Unités Marno-calcaires à *Choffaticeras* et Formation des Marnes médianes.





**Fig. 3. 21-** Sections de tour de quelques ammonites, (a) *Placenticerus* cf. *kaffrarium* Etheridge, (b) *Fikaites laffitei* (Collignon), (c) et (d) *Fikaites subtuberculatus* (Collignon), (e) *Fikaites* sp., (f) et (i) *Pseudaspidoceras grecoi* Collignon, (j) et (k) *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), (l) *Eotissotia simplex* barber, (m) *Fagesia peroni* pervinquière, (n) *Pseudotissotia nigriensis* (Woods), (o) *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé, (p) *Hoplitoides wohltmanni* (Von Koenen), (q) *Choffaticeras meslei* (Peron).



**Fig. 3. 22- a-** *Choffaticeras (Choffaticeras) meslei* (Peron), 1 : vue latérale, 2 : vue ventrale, UTL.lab25.Tin OH.13.1, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*.

probablement en Roumanie. Elle est enregistrée dans la partie supérieure de la zone *Watinoceras coloradoense* au Nigéria.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière est récoltée dans les coupes de Ben Houillet et Bordj Omar Driss en association avec les espèces *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé et *Choffaticeras* sp. Elle caractérise la partie moyenne de la Sous-zone V. (*Greenhornoceras birchbyi*).

***Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum* Douvillé, 1912**

**Fig. 3. 23 (a)**

1928. *Leoniceras sinaiticum* Douvillé, pl. 4, fig. 4.  
 1961. *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) - Freund, table 1.  
 1996. *Choffaticeras quaasi* (Peron) - Amédéo et al., fig. 24.  
 1996. *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) – Meister et Abdallah, pl. 10, fig. 1; text-fig. 6e.  
 2003. *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) – Hewaidy et al., pl. 4, fig. 7.  
 2004a. *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) - Abdel-Gawad et al., pl. 3, fig. 5.  
 2005. *Choffaticeras* cf. *sinaiticum* (Douvillé) - Meister et Abdallah, pl. XX, fig. 2.  
 2006. *Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum* (Douvillé) - El Qot, pl. 28, fig. 5.  
 2007. *Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum* (Douvillé) - Barroso-Barcenilla et Goy, figs. 6 (4, 5), 7 (1).  
 2008. *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) - Aly et al., pl. 9, figs. 1a-c.

**Mesures (en mm) :**

Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTI.lab25.Tin tak.13.1	115	54	25	0,46	23

**Description :** Les formes de *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) sont discoïdales, les tours sont relativement comprimés à section mince, étroite avec une hauteur beaucoup plus grande que la largeur. L'aire ventrale très tranchante, évoquant celle des *Ch. sinaiticum* (Douvillé).

**Discussion :** Nos spécimens sont plus comprimés par rapport à ceux de la Tunisie représentés par Meister et Abdallah (2005) et à ceux de la Jordanie représentés par Aly et al. (2008). Freund

et Raab (1969), considèrent que les petits spécimens de *Choffaticeras segne discoidalis* Greco ressemblent aux formes juvéniles de *Choffaticeras sinaiticum* et que les différences entre les *Choffaticeras parvillieri* Pervinquière et *Choffaticeras sinaiticum* sont minimes. Selon ces auteurs, il existe des formes transitoires entre ces deux espèces, la section plus comprimée et les tubercules ventrolatéraux atténués des *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) les distinguent des *Choffaticeras parvillieri* Pervinquière.

**Age et répartition géographique :** *Choffaticeras sinaiticum* (Douvillé) a la même répartition stratigraphique que *Choffaticeras segne* (Solger) et *Choffaticeras luciae* Pervinquière. Elle est enregistrée dans le Turonien inférieur du Jordanie (Aly et al., 2008; Freund et Raab, 1969), de Tunisie (Meister et Abdallah, 2005), d’Égypte (Douvillé, 1928 ; Hewaidy et al., 2003 ; Nagm et al., 2004 ; El Qot, 2006), de Syrie (Basse, 1940), du Sud Est de la France (Basse, 1939) et d’Espagne (Barroso-Barcenilla et Goy, 2007).

**Occurrence locale :** Dans la coupe de Bordj Omar Driss essentiellement, *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé est associée d’abord à l’espèce *Pseudotissotia nigerensis* (Woods) dans les premiers niveaux, ensuite aux espèces *Eotissotia simplex* Barber, *Hoplitoides wohlmanni* (von Koenen) et les autres représentants du genre *Choffaticeras* dans les niveaux sus-jacents, correspondant à l’intervalle 6 d’Amédéo et al. (1996).

***Choffaticeras* sp.**

**Fig. 3. 23 (b)**

**Mesures (en mm) :**

Numéro d’échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTI.lab25.Tin B3.10	-----	-----	73	-----	33

**Description :** *Choffaticeras* sp. est relativement évoluée, globuleuse ; la section du tour est subtriangulaire à ronde. Les flancs sont très convexes, dépourvus d’ornementation visible, avec une aire ventrale très large.

**Age et répartition géographique :** Les *Choffaticeras* sont connues dans le Turonien inférieur en Tunisie, en Moyen Orient et en Espagne.

**Occurrence locale :** *Choffaticeras* sp. est récoltée dans les mêmes niveaux que les espèces *Choffaticeras meslei* (Peron) et *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé caractérisant la partie supérieure de la Zone à *W. coloradoense*, [Sous-zone à *V. (Greenhornoceras) birchbyi*].

**Famille Coilopoceratidae Hyatt, 1903**

**Genre *Hoplitoides* von Koenen, 1898**

**Espèce - type :** *Hoplitoides latesellatus* von Koenen, 1898.

**Age :** Turonien inférieur à moyen.

**Remarque :** les premiers tours des *Hoplitoides* ont une aire ventrale plate, les côtes commencent par des petits tubercules ombilicaux, qui s'affaiblissent sur les épaules. Les tours externes sont lisses avec un ventre rond et étroit. Les lignes de suture sont variables et irrégulières.

***Hoplitoides Wohltmanni* (Von Koenen, 1897)**

**Fig.3 20 (d), Fig. 3. 24, Fig. 3. 25**

1897. *Neoptychites* ? (*Hoplitoides*) *wohltmanni* von Koenen, pl. 1, fig. 2, pl. 2, figs. 3, 9.

1897. *Neoptychites* ? (*Hoplitoides*) *lentiformis* von Koenen, pl.2, figs. 1, 4, 7.

1904. *Hoplitoides wohltmanni* (von Koenen) - Solger, pl. 5, fig. 7.

1965. *Hoplitoides hourcqui* Collignon, pl. F, fig. 3.

2005. *Hoplitoides* gr. *wohltmanni* (von Koenen) - Meister et Abdallah, pl. 14, fig. 2; pl. 25, fig. 1.

2015. *Hoplitoides wohltmanni* (von Koenen) - Meister et Piuz, pl. 21, fig. 20 (avec synonymie).

**Mesures (en mm) :**

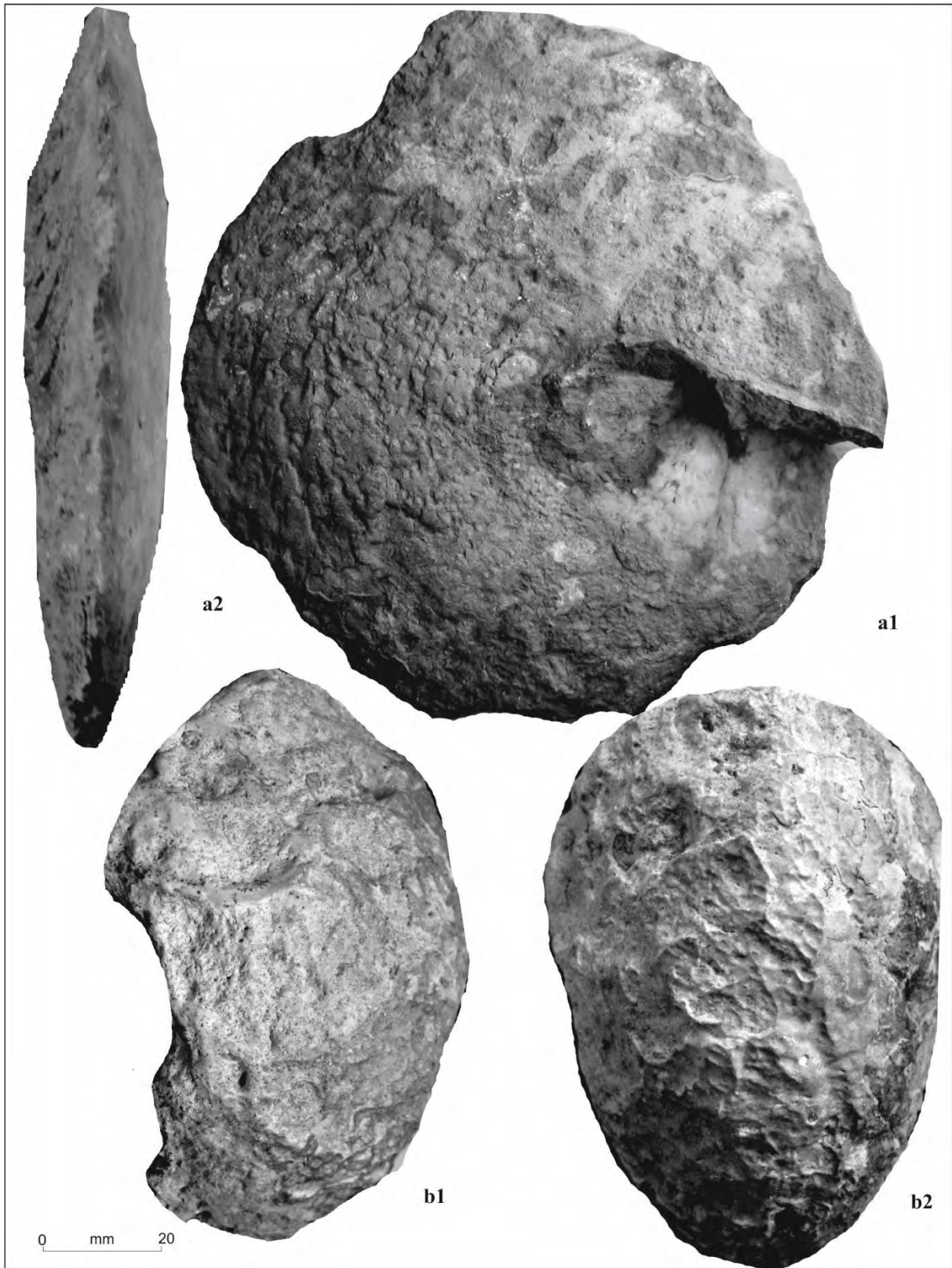
Numéro d'échantillon :	D	H	L	L/H	O
UTl.lab25.Tin GB.28.1	28	15	6	0,4	2
UTl.lab25.Tin CI.1.2	145	74	43	0,58	19
UTl.lab25.Tin CI.3.1	130	73	26	0,35	6

**Description :** *Hoplitoides wohltmanni* (von Koenen) du plateau de Tinrhert sont de 30 mm à 200 mm de diamètre. Elles montrent des formes discoïdales oxycônes avec une aire ventrale assez pincée et étroitement arrondie.

**Discussion :** *Hoplitoides wohltmanni* (von Koenen) se rapprochent de *H. sandovalensis* Cobban et Hook par le développement de l'aire ventrale étroite et arrondie. Elles se distinguent d'elle par la ligne de suture assez simple. Par comparaison avec *H. mirabilis* Pervinquière, nos spécimens sont peramorphiques, ils présentent à 30 mm de diamètre déjà une aire ventrale arrondie et étroite alors que chez la forme de Pervinquière, les formes adultes présentent encore un ventre plat et large.

**Age et répartition géographique :** *Hoplitoides wohltmanni* (von Koenen), dont l'intervalle d'existence n'est pas connu avec précision, indique la partie supérieure du Turonien inférieur voire même le Turonien moyen. Elle marque le Turonien inférieur (Zones à *Watinoceras coloradoense* et *Mammites nodosoides*) en Amérique (Trinidad, Venezuela, Colombia et USA), au Nord et à l'Ouest de l'Afrique et à Oman.

**Occurrence locale :** Dans le plateau de Tinrhert, *Hoplitoides wohltmanni* (von Koenen) est récoltée pour la première fois, associée aux *Choffaticeras* et à *Eotissotia simplex* Barber dans la partie terminale de la Sous-zone V. (*Greenhornoceras*) birchbyi.

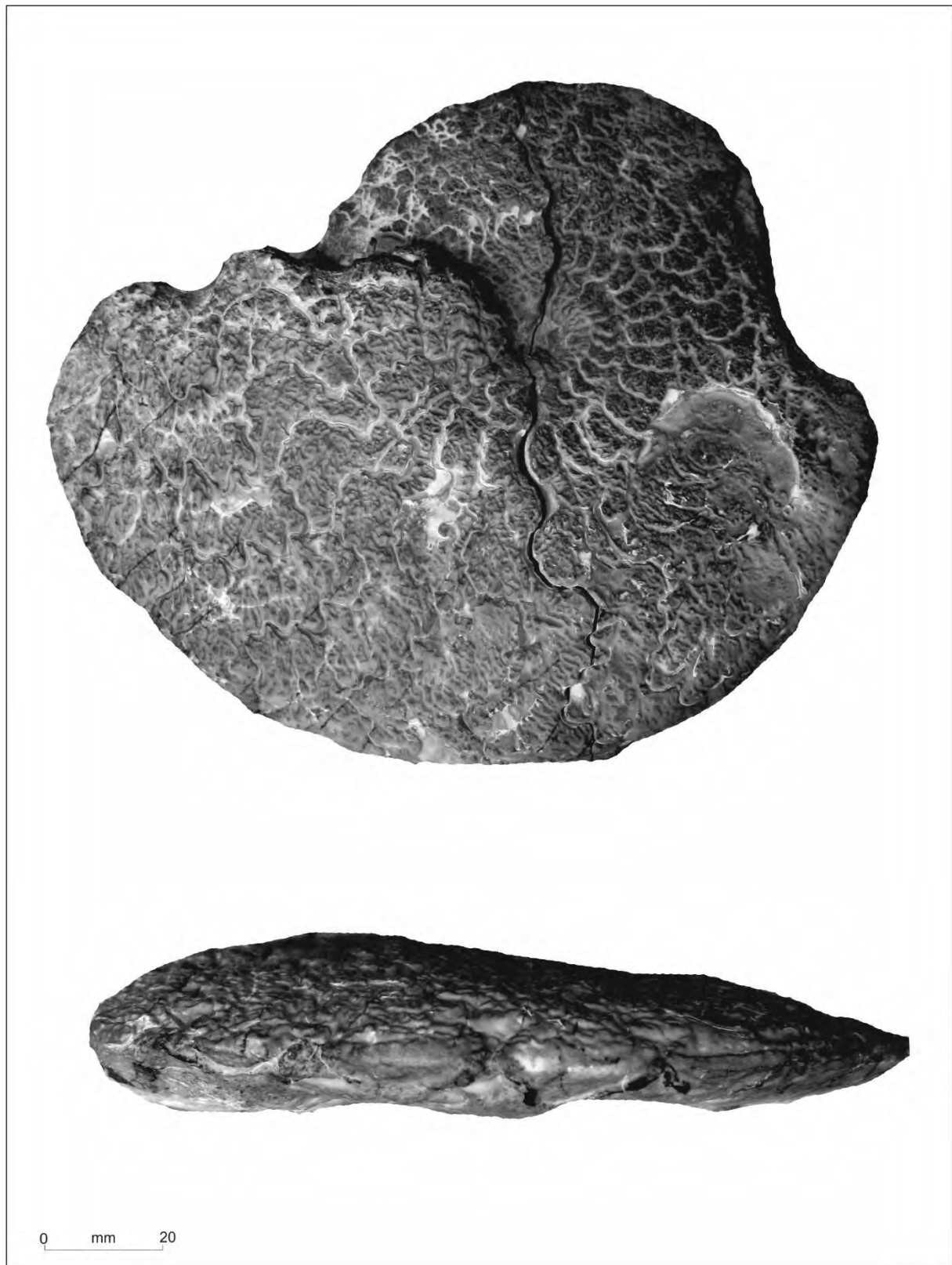


**Fig. 3.23 -a-** *Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum* Douvillé, UTL.lab25.Tin tak.13.1, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras* et Formation des Marnes médianes; **b-** *Choffaticeras* sp., UTL.lab25.Tin B3.10, 1: vue latérale, 2: vue ventrale, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*



**Fig. 3. 24-** *Hoplitoides wohtmanni* (Von Koenen), UTI.lab25.Tin CI.1.2, 1 : vue latérale, 2: vue ventrale, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*.





**Fig. 3. 25-** *Hoplitoides wohtmanni* (Von Koenen), UTI.lab25.Tin CI.3.1, 1 : vue latérale, 2: vue ventrale, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à *Choffaticeras*.

### 1. 3. Autres groupes fossiles

Les autres groupes fossiles (bivalves, gastéropodes, échinides et rovéacrinides) sont inventoriés et également illustrés. Les bivalves sont représentés par 15 espèces, les gastéropodes par 7 espèces et les échinodermes sont classés en 20 espèces d'échinides et 4 espèces de rovéacrinides.

#### 1. 3. 1. Classe des Bivalvia Linné, 1758

Sous classe Palaeotaxodonta Korobkov, 1954

Ordre Ostreoida Férussac, 1822 (=Ostreina Waller, 1978)

Super famille Ostreoidea Wilkes, 1810

Famille Gryphaeidae Vyalov, 1936

Sous famille Pycnodonteinae Stenzel, 1959

Genre *Pycnodonte* Fischer DE Waldheim, 1835

Sous genre *Phygraea* Vyalov, 1936

*Pycnodonte (Phygraea) vesicularis vesiculosa* (Sowerby, 1823)

**Fig. 3. 26. A (1)**

Sous famille Exogyrinae Vyalov, 1936

Tribu Exogyrini Vyalov, 1936

Genre *Costagyra* Vyalov, 1936

*Costagyra olisiponensis* (Sharpe, 1850)

**Fig. 3. 26. A (2)**

Genre *Ceratostreon* Bayle, 1878

*Ceratostreon flabellatum* (Goldfuss, 1833)

**Fig. 3. 26. A (3)**

Genre *Ilymatogyra* Stenzel, 1971

*Ilymatogyra africana* (Lamarck, 1801)

**Fig. 3. 26. A (4)**

**Famille Ostreidae Wilkes, 1810**

**Sous famille Liostreinae Malchus, 1990**

**Tribu Curvostreini Malchus, 1990**

**Genre *Curvostrea* Vyalov, 1936**

*Curvostrea rouvillei* (Coquand, 1862)

**Fig. 3. 26. B**

**Tribu Ambigostreini Malchus, 1990**

**Genre *Ambigostrea* Malchus, 1990**

*Ambigostrea pseudovillei* Malchus, 1990

**Fig. 3. 26. C**

**Sous famille Lophinae Vyalov, 1936**

**Genre *Rastellum* Faujas-Saint-Fond, 1799**

*Rastellum (Arctostrea) carinatum* (Lamarck, 1806)

**Fig. 3. 26. F**

**Sous famille Lophinae Vyalov, 1936**

**Genre *Lopha* Röeding, 1798**

*Lopha syphax* (Coquand, 1854)

**Fig. 3. 26. D**

**Super famille Plicatuloidea Watson, 1930**

**Famille Plicatulidae Watson, 1930**

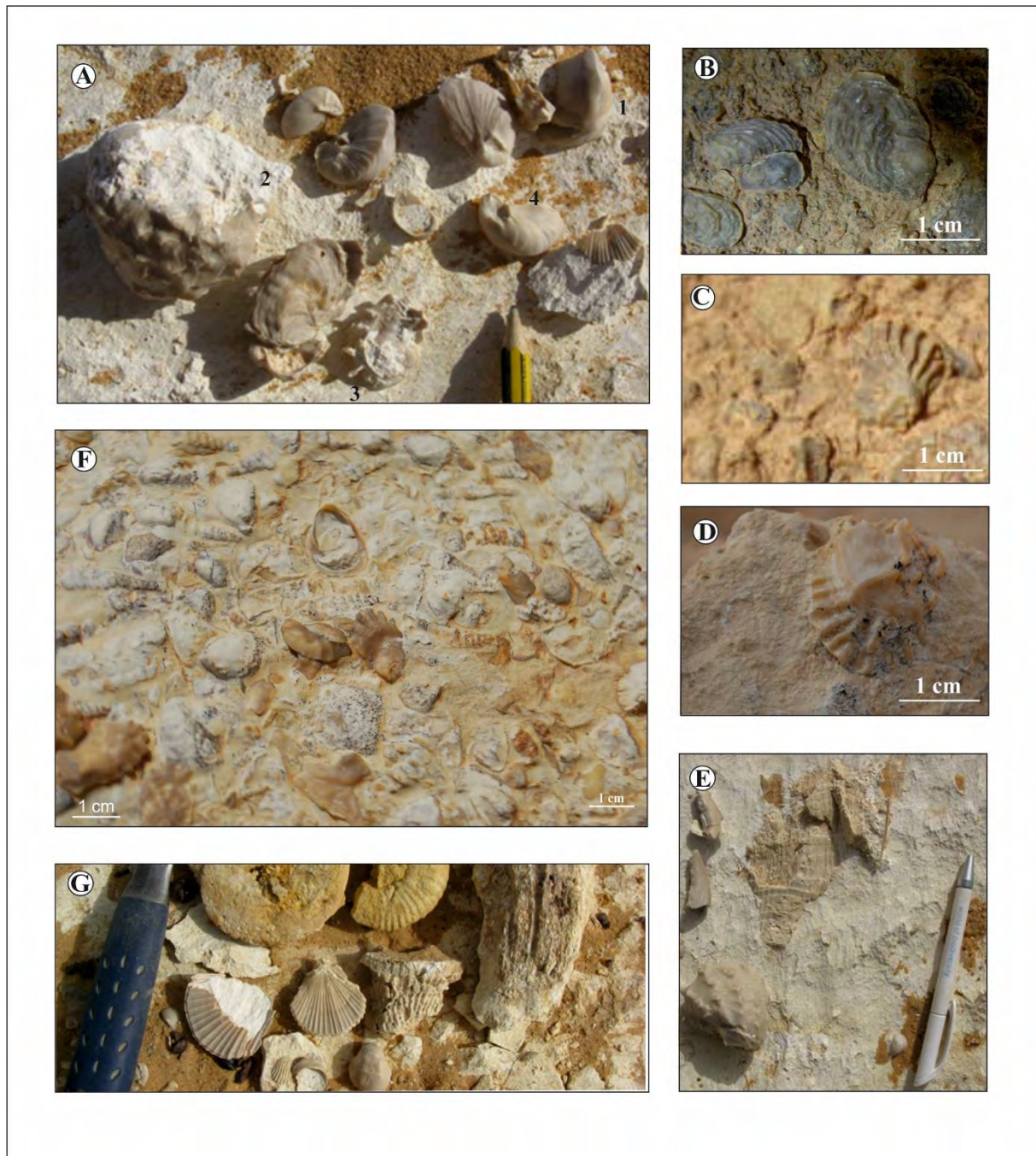
**Genre *Plicatula* Lamarck, 1801**

*Plicatula auressensis* Coquand, 1862

**Fig. 3. 27 (f-h)**

*Plicatula fourneli* Coquand, 1862

**Fig. 3. 27 (d)**



**Fig. 3. 26-** Illustration photographique de quelques huîtres, **A** : *Pycnodonte* (*Phygraea*) *vesicularis* (1), *Costagyra olisiponensis* (2), *Ceratostreon flabellatum* (3) et *Ilymatogyra africana* (4). **B** : *Curvostrea rouvillei*. **C** : *Ambigostrea pseudovillei*. **D** : *Lopha syphax*. **E** : l'espèce *Costagyra olisiponensis* et un rudiste appartenant au genre *Sauvagesia*. **F** : niveau coquillier à surface supérieure pétrée d'huîtres *Rastellum carinatum* et de *Lopha syphax*. **G** : niveau fossilifère riche en *Neithea hispanica*.

*Plicatula ferryi* Coquand, 1862

**Fig. 3. 27 (i)**

**Ordre Pectinoidea Newell & Boyd, 1995 (=Pectinina Waller, 1978)**

**Super famille Pectinoidea Wilkes, 1810**

**Famille Pectinidae Wilkes, 1810**

**Sous famille Neitheinae Sobetskij, 1960**

**Genre *Neithea* Drouet, 1824**

*Neithea hispanica* (Orbigny, 1850)

**Fig. 3. 27 (c)**

**Sous famille Chlamydinae Von Teppne, 1992**

**Genre *Camptonectes* Agassiz in Week, 1864**

*Camptonectes curvatus* (Geinitz, 1843)

**Fig. 3. 27 (b)**

**Super famille Carditacea Fleming, 1820 (1828)**

**Famille Carditidae Fleming, 1820 (1828)**

**Sous famille Carditesinae Chavan, 1969**

**Genre *Venericardia* Lamarck, 1801**

*Venericardia forgemoli* (Coquand, 1862)

**Fig. 3. 27 (e)**

**Super ordre Eupteriomorphia Boss, 1982**

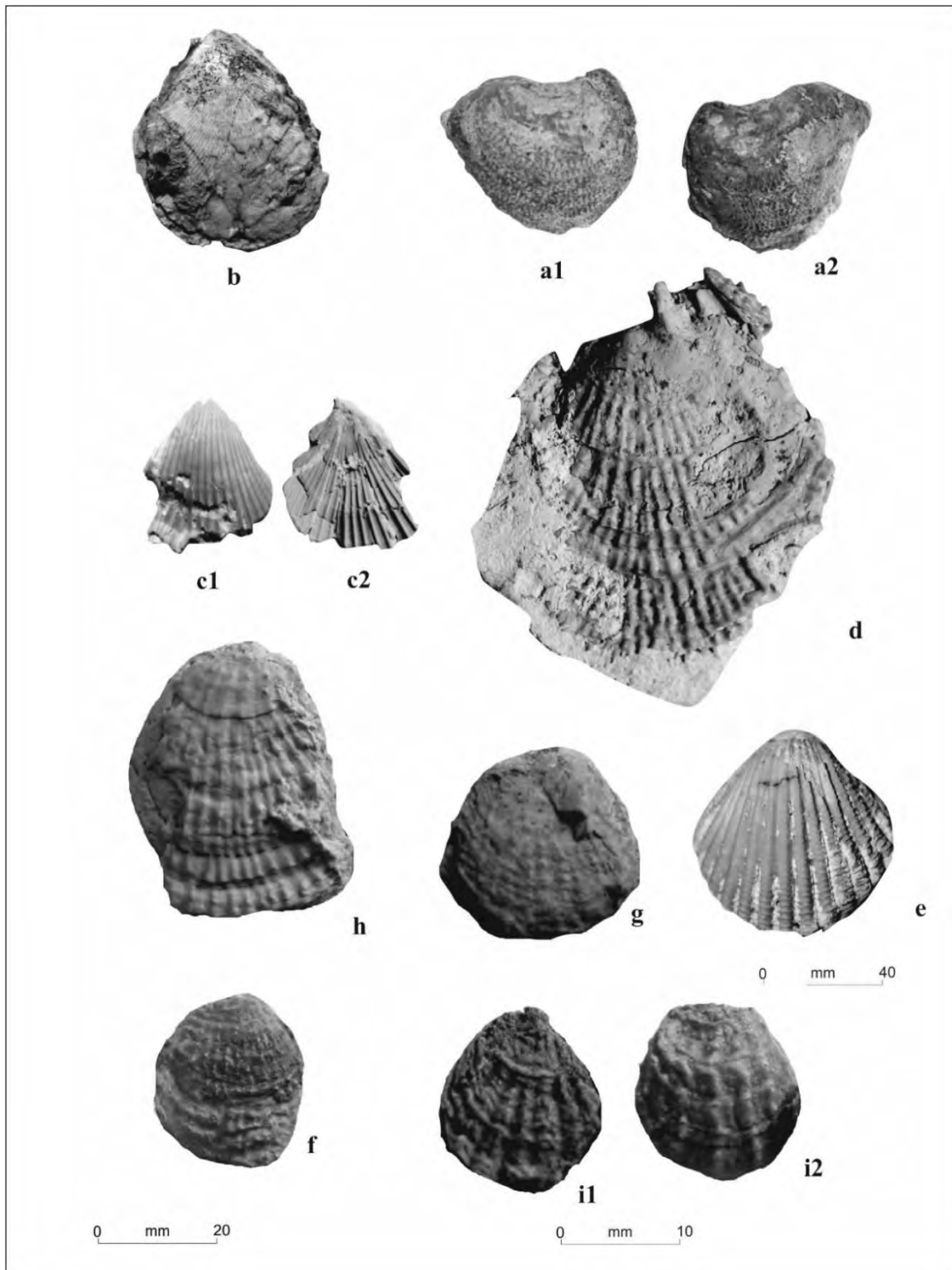
**(Anisomyaria Neumayr, 1883)**

**Ordre Pterioidea Newell, 1965**

**Sous ordre Pteriina Newell, 1965**

**Super famille Pteriacea Gray (1820) 1847**

**Famille Malleidae Lamarck, 1818**



**Fig. 3. 27-** Illustration photographique de quelques bivalves, **a-** *Nayadina (Nayadina) gaudryi* Thomas et Peron, **b-** *Camptonectes curvatus* (Geinitz), **c-** *Neithea hispanica* (Orbigny), **d-** *Plicatula fourneli* Coquand, Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites* ; **e-** *Venericardia forgemoli* (Coquand), **f-h-** *Plicatula auresensis* Coquand, Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes, Unité des Marno-calcaires; **i-** *Plicatula ferryi* Coquand, Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes, Unité des Marno-calcaires.

**Genre *Nayadina* Munier-Chalmas, 1864**

**Sous genre *Nayadina* Munier-Chalmas, 1864**

*Nayadina (Nayadina) gaudryi* Thomas et Peron, 1891

**Fig. 3. 27 (a)**

**1. 3. 2. Classe des Gastéropoda Cuvier, 1797**

**Superfamily Campaniloidea Douvillé, 1904**

**Famille Ampullinidae Cossmann, 1919**

**Sous famille Ampullininae Cossmann, 1919**

**Genre *Ampullina* Bowdich, 1822**

*Ampullina* sp.

**Fig. 3. 28 (d)**

**Famille incertaine**

**Genre *Cimolithium* Cossmann, 1906**

*Cimolithium* sp.

**Fig. 3. 28 (c)**

**Super famille Stromboidea Rafinesque, 1815**

**Famille Tylostomatidae Stoliczka, 1868**

**Genre *Tylostoma* Sharpe, 1849**

**Sous genre *Tylostoma* Sharpe, 1849**

*Tylostoma (Tylostoma) cossoni* Thomas et Peron, 1889

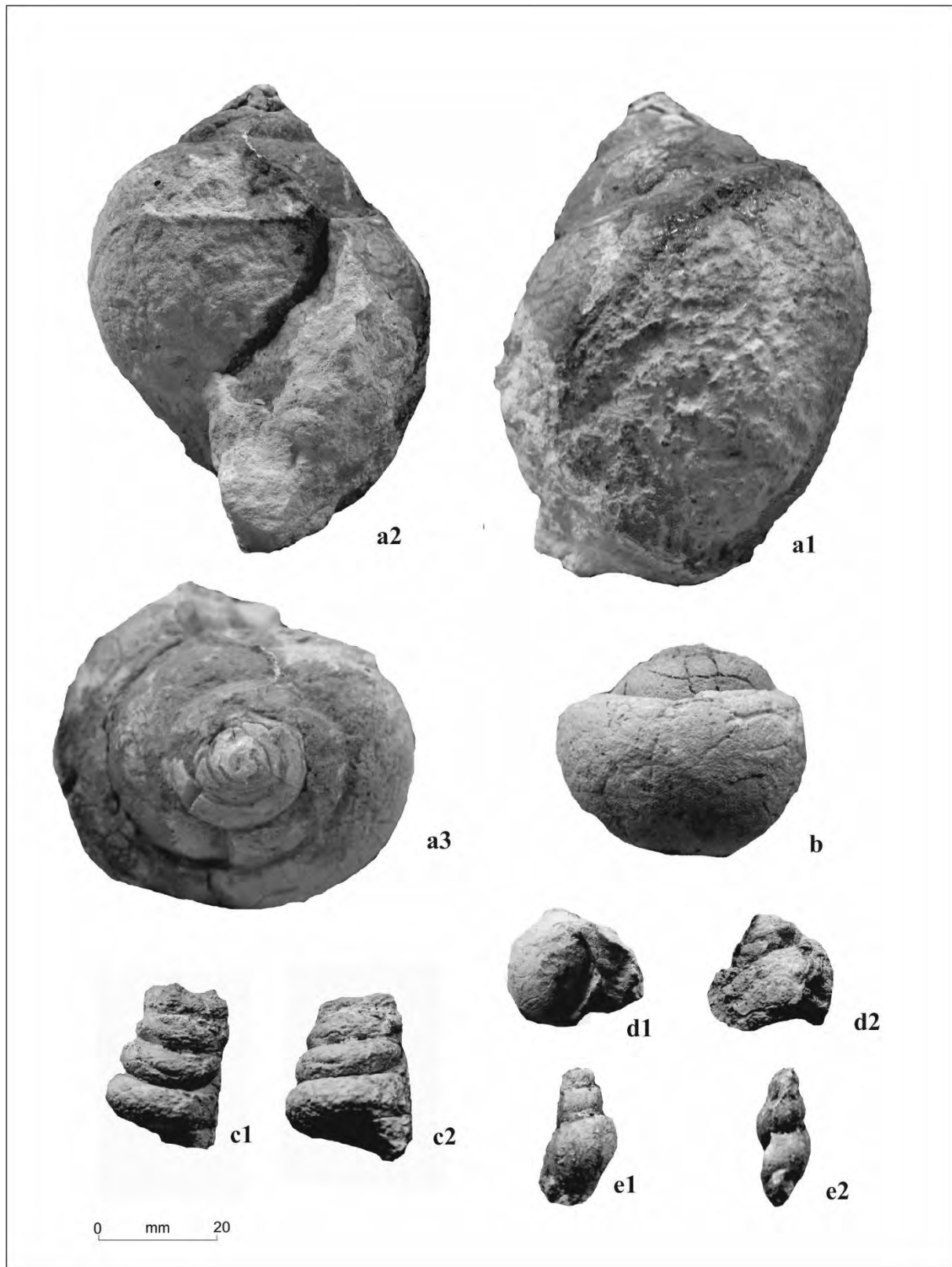
**Fig. 3. 29 (a)**

*Tylostoma (Tylostoma) globosum* Sharpe, 1849

**Fig. 3. 28 (b)**

*Tylostoma* sp.

**Fig. 3. 29 (b)**



**Fig. 3. 28-** Illustration photographique de quelques gastéropodes, **a-** *Pterodonta inflata* Orbigny, **b-** *Tylostoma (Tylostoma) globosum* Sharpe, **c-** *Cimolithium* sp. ; **d-** *Ampullina* sp., coupe intermédiaire CI, Formation des Marnes médianes; **e-** *Columbellina (Columbellina) fusiformis* Douvillé, Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.



**Famille Colombellinidae Fischer, 1884**

**Genre *Pterodonta* Orbigny, 1842**

*Pterodonta inflata* Orbigny, 1843

**Fig. 3. 28 (a)**

**Genre *Columbellina* Orbigny, 1842**

**Sous genre *Columbellina* Orbigny, 1842**

*Columbellina (Columbellina) fusiformis* Douvillé, 1916

**Fig. 3. 27 (e)**

**1. 3. 3. Classe des Echinidea Leske, 1778**

**Sous classe Acroechinoidea Smith, 1981**

**Ordre Arbacioida Gregory, 1900**

**Sous ordre Arbaciina Gregory, 1900**

**Famille Acropeltidae, Lambert & Thiéry, 1914**

**Genre *Goniopygus* Agassiz, 1838**

*Goniopygus menardi* (Desmarest, 1825)

**Fig. 3. 30 (b)**

**Ordre Phymosomatoida Mortensen, 1904**

**Famille Diplopodiidae, Smith & Wright, 1993**

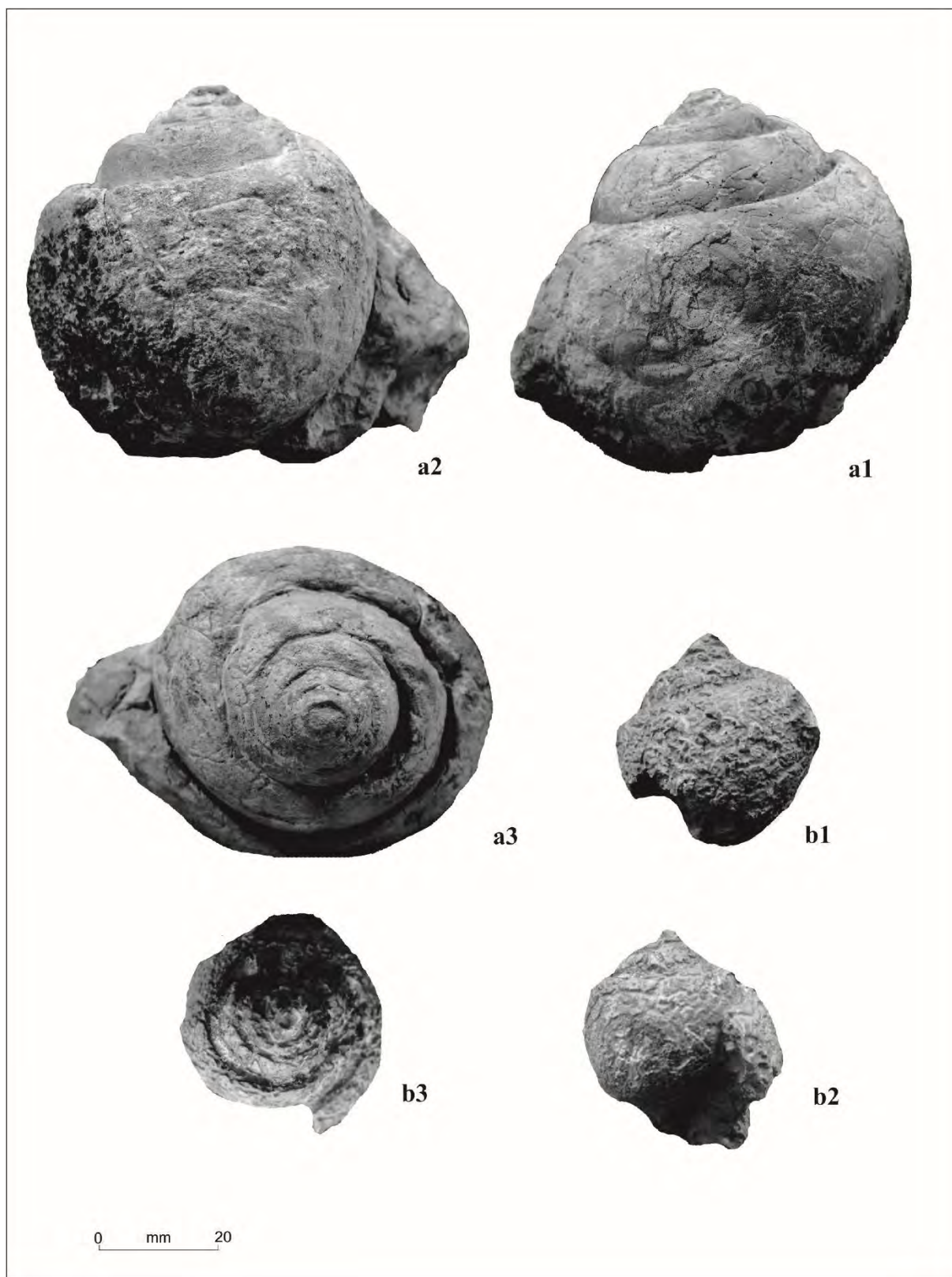
**Genre *Pedinopsis* Cotteau, 1863**

*Pedinopsis desori* (Coquand, 1862)

**Fig. 3. 31 (b)**

*Pedinopsis* sp.

**Fig. 3. 32 (f)**



**Fig. 3. 29-** Illustration photographique de quelques gastéropodes (suite), **a-** *Tylostoma* (*Tylostoma*) *cossoni* Thomas et Peron ; **b-** *Tylostoma* sp., Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.

**Famille Anorthopygidae Wagner & Durham, 1966**

**Genre *Anorthopygus* Cotteau, 1869**

*Anorthopygus michelini* Cotteau, 1860

**Fig. 3. 32 (a)**

**Genre *Tetragramma* Agassiz, 1840**

*Tetragramma variolare* (Brongniart, 1822)

**Fig. 3. 30 (d)**

*Tetragramma marticense* (Cotteau, 1864)

**Fig. 3. 30 (j), Fig. 3. 32 (d)**

**Famille Heterodiadematidae, Smith & Wright, 1993**

**Genre *Heterodiadema* Cotteau, 1846**

*Heterodiadema libycum* (Agassiz et Desor, 1846)

**Fig. 3. 32 (d)**

**Famille Phymosomatidae Pomel, 1883**

**Genre *Phymosoma* Haime in D'Archiac et Haime, 1853**

*Phymosoma major* (Coquand, 1862)

**Fig. 3. 31 (c, d)**

*Phymosoma* sp.

**Fig. 3. 32 (g)**

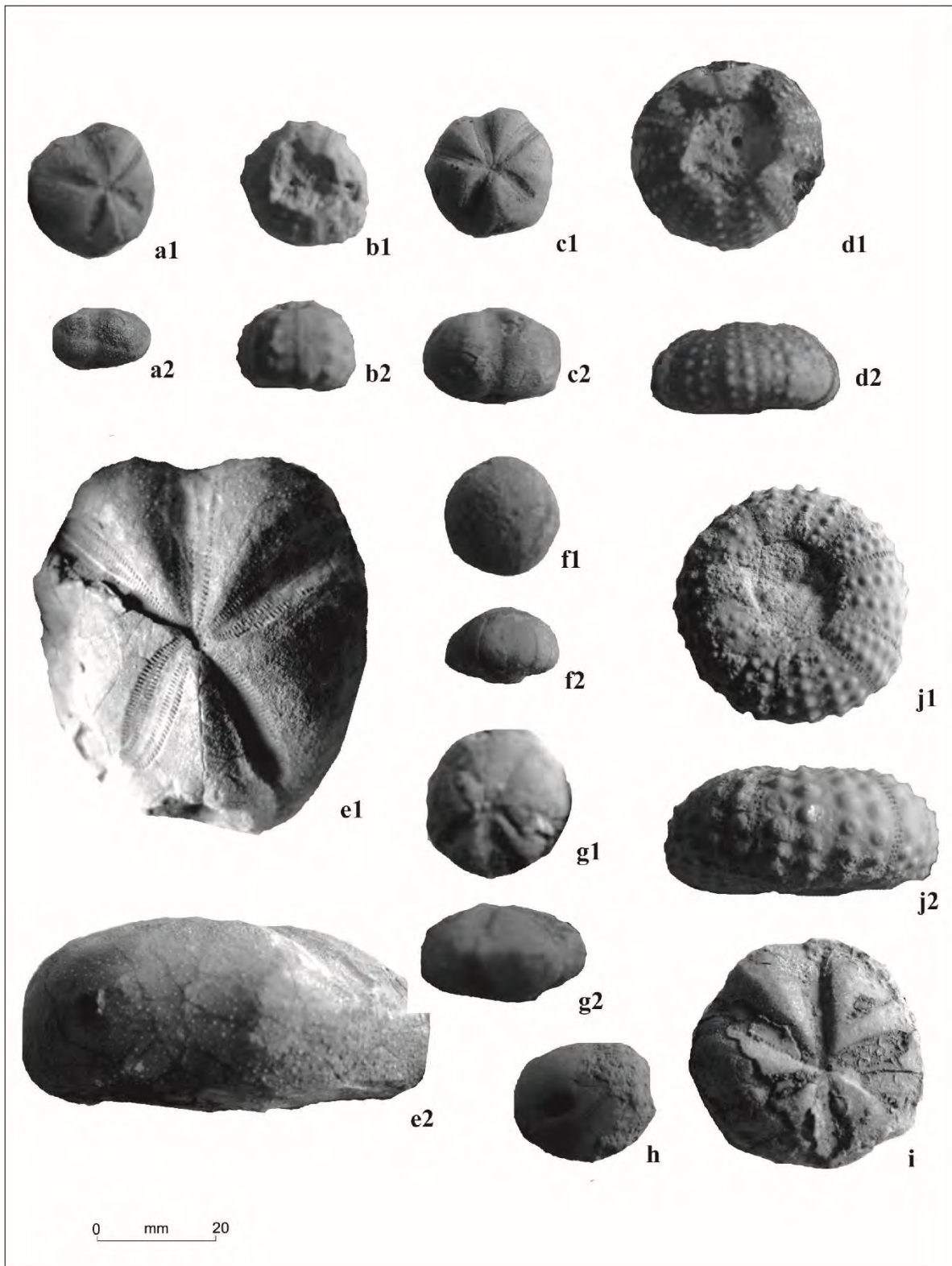
**Genre *Rachiosoma* Pomel, 1883**

*Rachiosoma rectilineatum* (Peron et Gauthier, 1881)

**Fig. 3. 31 (a, h)**

*Rachiosoma* sp.

**Fig. 3. 31 (f, g)**



**Fig. 3.30-** Illustration photographique de quelques échinides, **a, c-** *Hemiaster (Hemiaster) syriacus* (Conrad), **b-** *Goniopygus menardi* (Desmarest), **d-** *Tetragramma variolare* (Brongniart), **e-** *Mecaster batnensis* (Coquand), **f-** *Coenholectypus excisus* (Desor), Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites* ; **g-** *Mecaster* sp., **h-** *Petalobrissus* sp., **i-** *Mecaster turonensis* (Fourteau), Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes ; **j-** *Tetragramma marticense*, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites* .

**Ordre Hololectypoida Duncan, 1889**

**Sous ordre Hololectypina Duncan, 1889**

**Famille Hololectypidae Lambert, 1900**

**Sous famille Coenholectypinae Smith & Wright, 1999**

**Genre *Coenholectypus* Pomel, 1883**

*Coenholectypus excisus* (Desor, 1847)

**Fig. 3. 30 (f)**

**Ordre Spatangoida Claus, 1876**

**Famille Hemiasteridae Clark, 1917**

**Genre *Hemiaster* Agassiz, in Agassiz & Desor, 1847**

**Sous-genre *Hemiaster* Agassiz, in Agassiz & Desor, 1847**

*Hemiaster (Hemiaster) syriacus* (Conrad, 1852)

**Fig. 3. 30 (a, c)**

**Sous genre *Mecaster* Pomel, 1883**

*Mecaster semicavatus* (Peron et Gauthier, 1880)

**Fig. 3. 32 (c)**

*Mecaster batnensis* (Coquand, 1862)

**Fig. 3. 30 (e), Fig. 3. 31 (e)**

*Mecaster cubicus* Desor, 1847

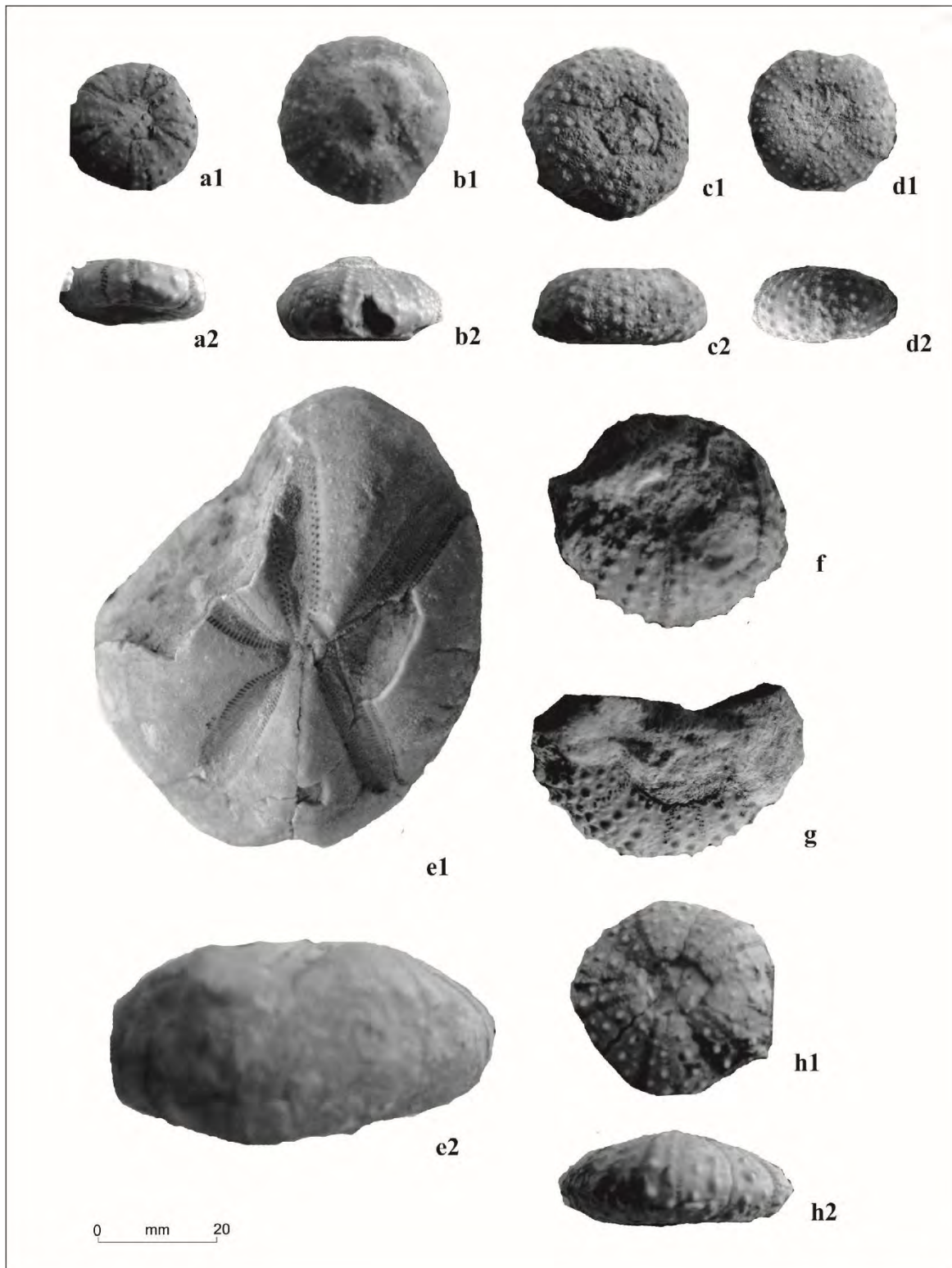
**Fig. 3. 32 (e)**

*Mecaster turonensis* (Fourteau, 1921)

**Fig. 3. 30 (i)**

*Mecaster* sp.

**Fig. 3. 30 (g)**



**Fig. 3. 31-** Illustration photographique de quelques échinides (suite), **a, h-** *Rachiosoma rectilineatum* (Peron et Gauthier), Turonien inférieur à moyen, Formation des Marnes médianes ; **b-** *Pedinopsis desori* (Coquand), Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites* ; **c-d-** *Phymosoma major* (Coquand), Turonien inférieur à moyen, Formation des Marnes médianes ; **e-** *Mecaster batnensis* (Coquand), Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites* ; **f-g-** *Rachiosoma* sp., Turonien inférieur à moyen, Formation des Marnes médianes.

**Ordre Cassiduloidea Claus, 1880**

**Famille Nucleolitidae Agassiz & Desor, 1847**

**Genre *Petalobrissus* Lambert, 1916**

*Petalobrissus* sp.

**Fig. 3. 30 (h)**

**Sous classe Acroechinoidea Smith, 1981**

**Super ordre Pedinacea Mortensen, 1939 [after Jensen, 1981]**

**Ordre Pedinoida Mortensen, 1939**

**Famille Pedinidae Pomiel, 1883**

**Genre *Micropedina* Cotteau, 1866**

*Micropedina olisiponensis* (Forbes, 1850)

**Fig. 3. 32 (b)**

**1. 3. 4. Classe Crinoidea Miller, 1821**

**Sous classe Articulata Zittel, 1879**

**Ordre Roveacrinida Sieverts-Doreck, 1953**

**Famille Roveacrinidae Peck, 1943**

**Genre *Roveacrinus* Douglas, 1908**

*Roveacrinus alatus* Douglas, 1908

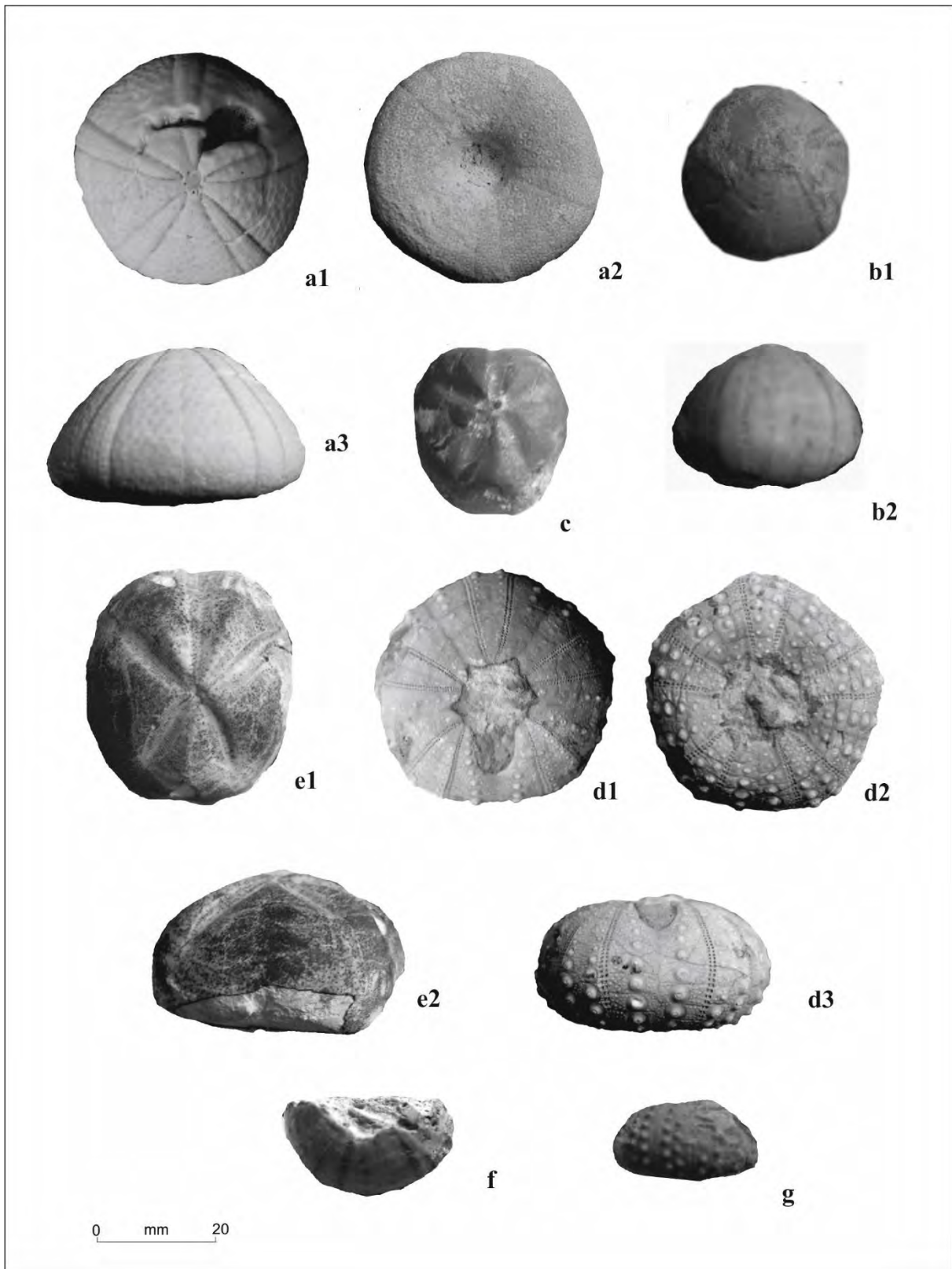
**Fig. 3. 33 F, Figs 3. 34 B, E-F**

*Roveacrinus* sp. cf. *alatus* Douglas, 1908

**Fig. 3. 34 A, C.**

*Roveacrinus* sp.

**Figs..3. 33 A-B**



**Fig. 3. 32-** Illustration photographique de quelques échinides (suite), **a-** *Anorthopygus michelini* Cotteau, **b-** *Micropedina olisiponensis* (Forbes), **c-** *Mecaster semicavatus* (Peron et Gauthier), **d-** *Heterodiadema libycum*, **e-** *Mecaster cubicus* Desor, **f-** *Pedinopsis* sp., Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à *Neolobites* ; **g-** *Phymosoma* sp., Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.



**Genre *Orthogonocrinus* Peck, 1973**

*Orthogonocrinus* sp.

**Fig. 3. 33 G, H**

Roveacrinidae indet.

**Figs 3. 33 C-E**

**Famille Saccocomidae d'Orbigny, 1852**

**Genre *Applinocrinus* Peck, 1973**

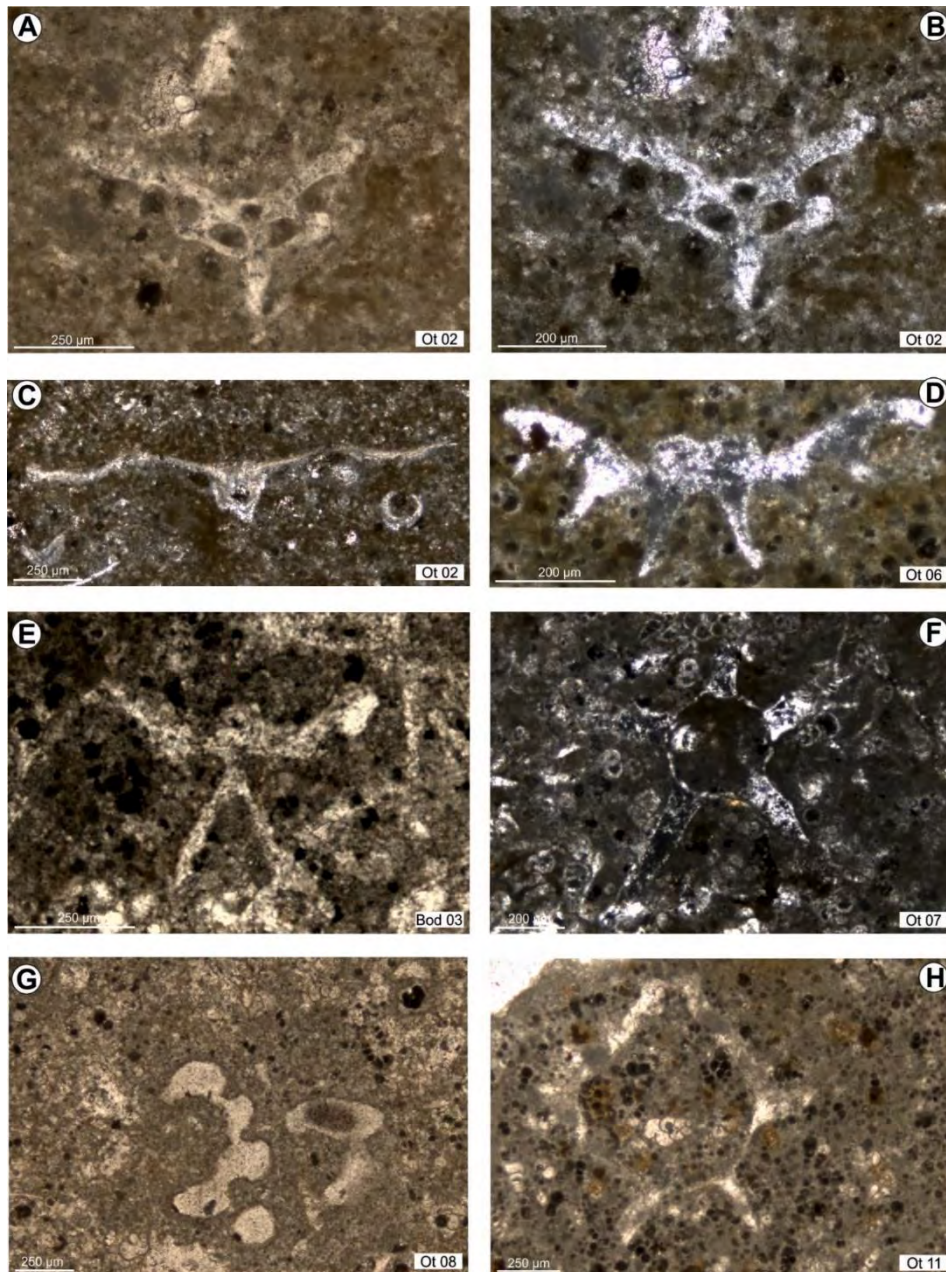
**(=*Microcalamoides* Bonet, 1956)**

*Applinocrinus* sp.

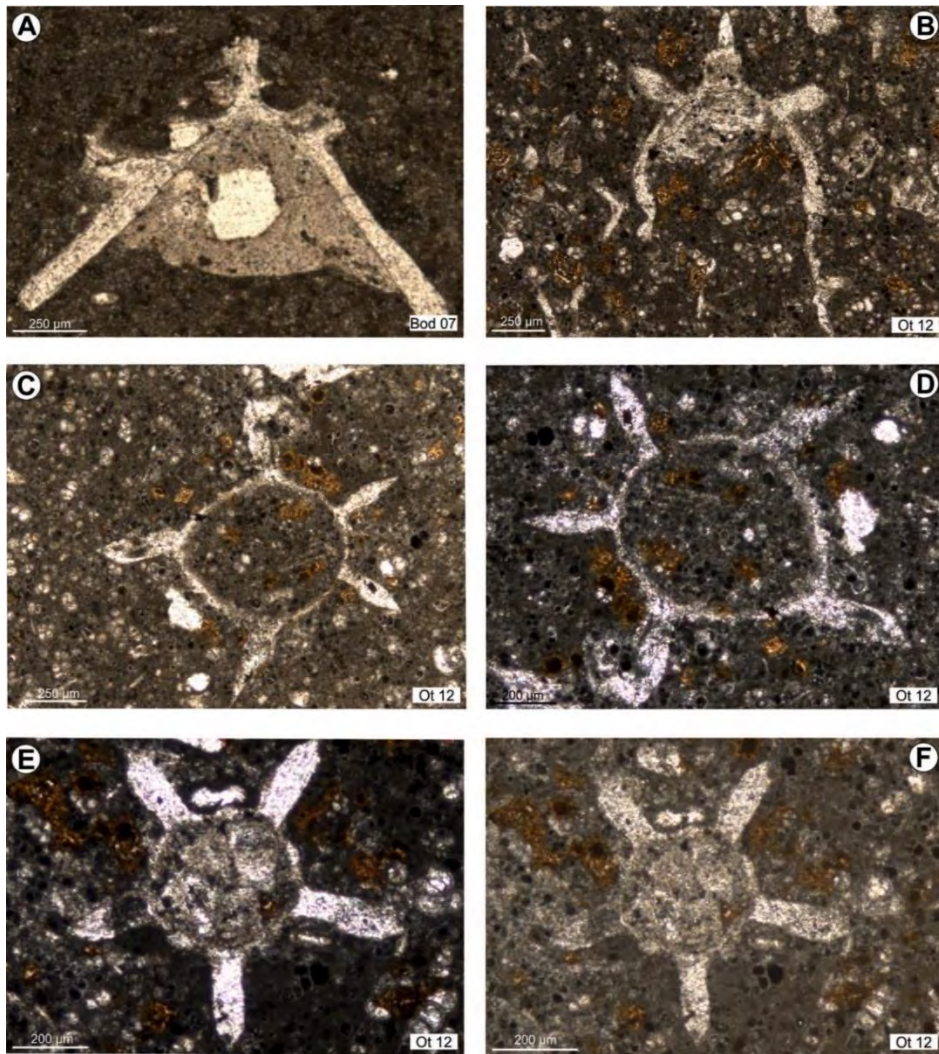
#### **1.4. Conclusion**

Les Formations des Calcaires inférieurs et des Marnes médianes du Plateau de Tinrhert ont livré une faune, pélagique et benthique variée et abondante, composée essentiellement de céphalopodes, de bivalves, de gastéropodes, d'échinides et de crinoïdes. L'étude systématique des céphalopodes a permis de décrire 2 espèces de nautilus appartenants à deux 2 genres et 30 espèces d'ammonites regroupées en 18 genres, dont 13 espèces sont signalées pour la première fois dans le plateau de Tinrhert. Il s'agit de [*Placenticeras* cf. *kaffrarium* Etheridge, *Metengonoceras dumbli* (Cragin), *Calycoceras* (*Proeucalycoceras*) sp., *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Vascoceras* aff. *glabrum* (Barber), *Rubroceras burroense* Cobban et al., *Fagesia peroni* Pervinquièrre, *Eotissotia simplex* Barber, *Hoplitoides wohltmanni* (Von Koenen), *Kamerunoceras turoniense* (d'Orbigny), *Choffaticeras* sp., *Choffaticeras meslei* (Peron) et *Choffaticeras sinaiticum* Douvillé]. Aussi, dans cette étude, les espèces de *Neolobites* (*Vibrayeanus*) *Vibrayeanus* (Orbigny) et *Neolobites* (*Vibrayeanus*) *brancai* Eck sont enregistrées dans la même coupe et le même niveau.

Par ailleurs, l'inventaire actualisé du macrobenthos est représenté par 15 espèces de bivalves appartenants à 13 genres, par 7 espèces de gastéropodes regroupées en 5 genres, 20 espèces d'échinides rassemblées en 11 genres et 4 espèces de crinoïdes regroupées en 3 genres.



**Fig. 3. 33-** Photographies d'ossicules de roveacrinides en lame mince, dans le Cénomanién supérieur, Formation des Calcaires inférieurs. **A-B.** Section transversale partielle d'une thèque (cavité dorsale) de *Roveacrinus* sp., Échantillon n° Ot02, UTI.lab25.Tin.tak02 . **C.** Section transversale axiale d'une pièce primibrachiale seconde (TS-IBr2) de Roveacrinidae indet., Échantillon n° Ot02, UTI.lab25.Tin.tak02 . **D.** Section transversale, légèrement oblique, d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2) d'un Roveacrinidae indet., Échantillon n° Ot06, UTI.lab25.Tin.tak06 . **E.** Section tangentielle d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2) d'un Roveacrinidae indet., dans les coins droits inférieur et supérieur, deux restes de pièces brachiales (NBrn), Échantillon n° Bod03, UTI.lab25.Tin.Bod03 . **F.** Section transversale axiale d'une thèque (cavité dorsale) de *Roveacrinus alatus* Douglas dans une accumulation d'hétérohélicidés, Échantillon n° Ot07, UTI.lab25.Tin.tak07 . **G.** Section transversale d'une thèque cassée (à mi-hauteur) de *Orthogonocrinus* sp., avec quelques hétérohélicidés, Échantillon n° Ot08, UTI.lab25.Tin.tak08 . **H.** Section transversale axiale d'une thèque (cavité ventrale) de *Orthogonocrinus* sp., dans une accumulation d'hétérohélicidés, Échantillon n° Ot011, UTI.lab25.Tin.tak011.



**Fig. 3. 34-** Photographies d'ossicules de roveacrinides en lame mince, dans le Turonien inférieur, dans les Marno-calcaires à *Choffaticeras*. **A.**Section transversale d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2) de *Roveacrinus* sp. cf. *alatus* Douglas, Échantillon n° Bod07, UTI.lab25. Tin.Bod07 . **B.** Section oblique d'une thèque (à la base de la cavité basale montrant trois pièces radiales et deux côtes interradiaires) de *Roveacrinus alatus* Douglas, avec des sections transversales de pièces brachiales indéterminées (NBrn), Échantillon n° Ot12, UTI.lab25.Tin.tak12 . **C.** Section transversale d'une thèque (base de la cavité ventrale) de *Roveacrinus* cf. *alatus* Douglas ; en haut, la pièce plus brillante est une section transversale-oblique d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2 – facette articulaire) de Roveacrinidae indet., Échantillon n° Ot12, UTI.lab 25.Tin.tak12 . **D.** Section transversale axiale (cavité ventrale) d'une thèque complète de *Roveacrinus alatus* Douglas, Échantillon n° Ot12, UTI.lab25.Tin.tak12 . **E-F.** Sections transversales (cavité dorsale) d'une thèque complète de *Roveacrinus alatus* Douglas, avec des sections d'hétérohélicidés, Échantillon n° Ot12, UTI.lab25.Tin.tak12.

## 2. DISCUSSION

### 2. 1. Données biostratigraphiques

#### 2. 1. 1. Introduction

L'objectif de cette partie est de présenter une zonation biochronostratigraphique actualisée, basée sur des révisions paléontologiques et sur l'examen de la répartition verticale de la faune récoltée, pour la série cénomano-turonienne du plateau de Tinrhert. Elle est établie principalement sur la base des données biostratigraphiques des céphalopodes (Fig. 3.35 à 3.37) et appuyée par celles des autres groupes fossiles.

#### 2. 1. 2. Céphalopodes

La distribution verticale des ammonites, le long des différentes coupes levées, nous a permis de mettre en évidence neuf bioévénements (Fig. 3. 38), qui sont corrélés ensuite avec ceux de la marge sud téthysienne, du Maroc, jusqu'à Oman proposés par Meister et Piuze (2013).

##### a- Au Céno-manien supérieur

##### -Zone à *Calycoceras guerangeri*

Cette zone est caractérisée par la présence des espèces *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus*, *Neolobites (vibrayeanus) brancai*, *Cunningtoniceras tinrhertense*, *Calycoceras (Calycoceras) naviculare*, *Eucalycoceras pentagonum*, *Forbesiceras cf. largilliertianum* et *Placenticeras cf. kaffrarium*. Cette zone d'ammonite peut être divisée en deux bioévénements.

-Bioévénement A1 est typique par la présence de *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus*, *Neolobites (vibrayeanus) brancai* et *Cunningtoniceras tinrhertense*. Il correspond à la partie inférieure de la Zone *Calycoceras guerangeri* (la base de la Sous-zone *Calycoceras canitaurinum*). Ce bioévénement A1 est le plus corrélabile grâce à son homogénéité, il est très bien représenté presque dans toute la marge sud téthysienne (Meister et Piuze, 2015).

-Bioévénement A2 est caractérisé par l'association *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus*, *N. (vibrayeanus) brancai*, *Cunningtoniceras tinrhertense*, *Calycoceras naviculare*, *C. (Proeucalycoceras) sp.*, *Eucalycoceras pentagonum*, *Eucalycoceras sp.*, *Forbesiceras cf. largilliertianum* et *Placenticeras cf. kaffrarium*, avec les nautilus *Angulithes mermeti* et *Eutrephoceras sp.* Cette association marque la partie supérieure de la Sous-zone à *Calycoceras canitaurinum*.

La partie supérieure de la Zone à *Calycoceras guerangeri* (Sous-zone à *Metoicoceras mosbyense*) est difficile à cerner à cause de l'absence d'ammonites.

Ces deux bioévénements correspondent à la base de la Formation des Calcaires inférieurs, l'Unité des Calcaires à *Neolobites*, bien représentée dans la partie ouest et centrale du plateau de Tinrhert.

#### **-Zone à *Metoicoceras geslinianum***

La partie supérieure de cette zone est matérialisée par la présence de l'espèce *Nigericeras gadeni* associée à *Mentengoceras dumbli*, elle représente un seul bioévènement :

-Bioévènement B : l'occurrence des espèces *Nigericeras gadeni*, *Mentengoceras dumbli* et probablement *Nigericeras jacqueti* peut être corrélée avec la Sous-zone à *Burroceras clydense*. Ce bioévènement est bien représenté dans la partie ouest de la marge sud téthysienne, avec un doute au Maroc. L'espèce *Nigericeras gadeni* est un bon marqueur qui s'étend depuis la Tunisie jusqu'au Nord du Nigéria.

Cette biozone caractérise la partie basale de l'Unité des Calcaires à *Vascoceras*.

#### **-Zone à *Neocardioceras juddii***

Cette Zone est caractérisée par la présence de plusieurs espèces avec *Nigericeras gadeni*, *Vascoceras* aff. *glabrum*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides*, *P. grecoi*, *Fikaites subtuberculatus*, *F. laffitei*, *Vascoceras gamai*, *V. cauvini* et *Rubroceras burroense*. Elle peut être divisée en trois bioévènements (C1, C2 et C3) :

-Bioévènement C1 est corrélé avec la base de la Zone à *Neocardioceras juddii* (Sous-zone à *N. juddii*), marqué par la présence de *Nigericeras gadeni*, *Vascoceras* aff. *glabrum*, *Fikaites subtuberculatus*, *F. laffitei*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides*, *P. grecoi* et *Rubroceras burroense*.

-Bioévènement C2 avec comme espèce marqueur *Vascoceras gamai* associée aux *V. cauvini*, *Fikaites subtuberculatus* et *F. laffitei*. Il caractérise le sommet de la Sous-zone à *N. juddii*.

-Bioévènement C3 correspond à la partie supérieure de la Zone à *Neocardioceras juddii* (Sous-zone à *Nigericeras scotti*). Il est caractérisé par la présence des espèces du genre *Vascoceras* tel *V. gamai*, *V. cauvini* et *V. aff. glabrum*.

Cette biozone caractérise l'Unité des Calcaires à *Vascoceras*.

**b- Au Turonien inférieur**

**-Zone à *Watinoceras coloradoense***

La partie inférieure de cette Zone est non représentée dans le plateau de Tinrhert à cause de l'absence de faune. La Sous-zone à *V. (Greenhornoceras) birchbyi* est caractérisée par les bioévénements (D1-D2 et D3), qui sont très diversifiés avec de nombreuses espèces comme *Fagesia peroni*, *Pseudotissotia nigeriensis*, *Choffaticeras parvielleri*, *Ch. meslei*, *Ch. sinaiticum*, *Choffaticeras sp.*, *Eotissotia simplex*, *Hoplitoides wohlmanni*, *Kamerunoceras turoniense*. Ces bioévénements sont corrélés avec le sommet de la Zone à *W. Coloradoense*, Sous-zone à *V. (Greenhornoceras) birchbyi* et, qui peuvent correspondre à la Sous-zone à *Thomasites rollandi* dans la marge sud téthysienne.

-Bioévénement D1 est caractérisé par l'occurrence de *Fagesia peroni* et les premières *Pseudotissotia nigeriensis* ;

-Bioévénement D2 est marqué par la présence de *Pseudotissotia nigeriensis*, *Choffaticeras meslei*, *Ch. parvielleri*, *Ch. sinaiticum*, *Choffaticeras sp.*, *Eotissotia simplex*, *Kamerunoceras turoniense* et *Hoplitoides wohlmanni* ;

-Bioévénement D3 renferme *Hoplitoides wohlmanni* et *Choffaticeras sinaiticum* et peut s'étendre jusqu'à la partie inférieure de la Zone à *Mammites nodosoides*.

Cette biozone couvre l'Unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* (Formation des Calcaires inférieurs) ainsi que les unités Mixte silicoclastique-carbonatée et Marno-calcaires de la Formation des Marnes médianes.

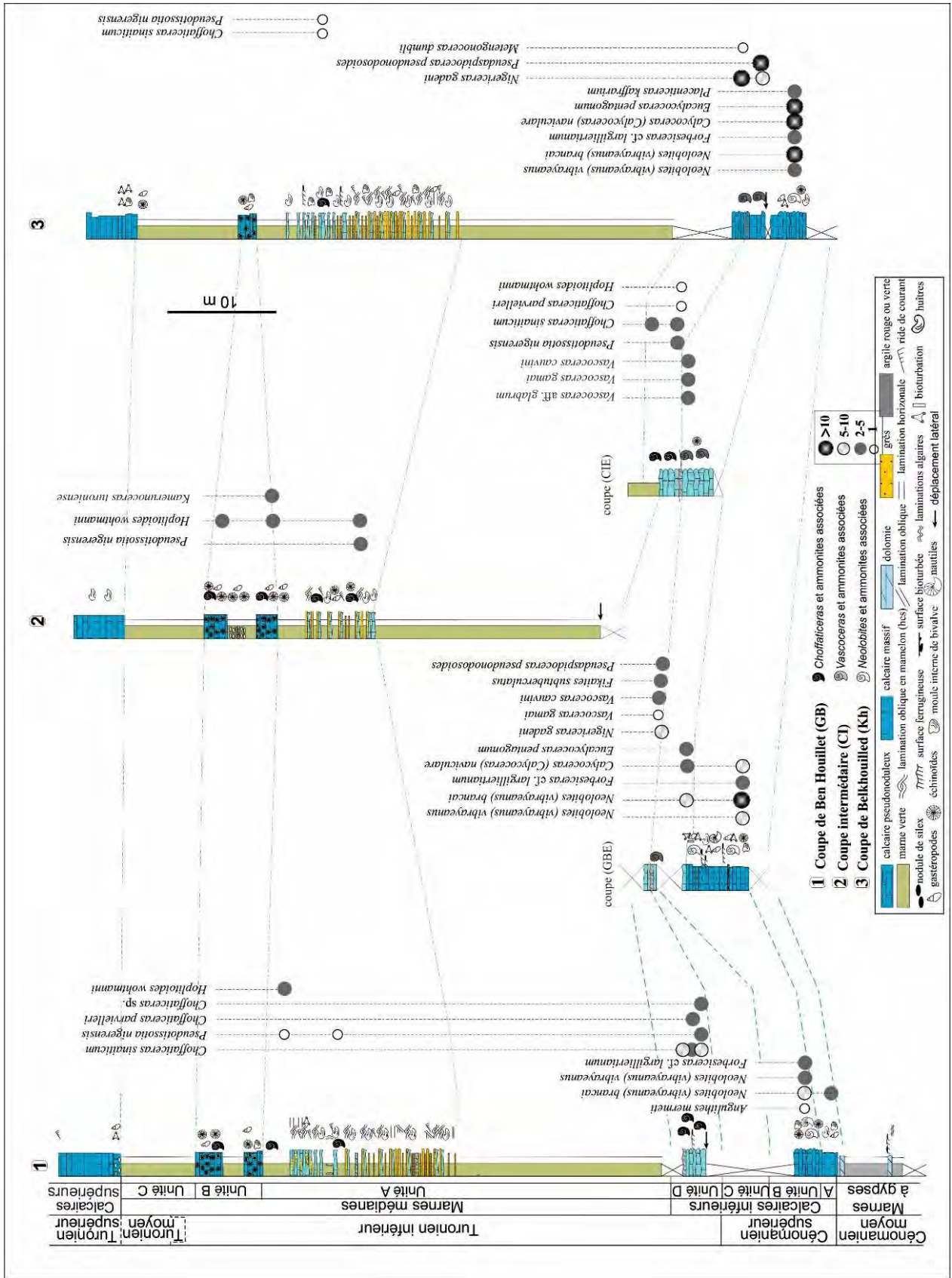


Fig. 3. 35- Distribution verticale des ammonites du Cénomano-Turonien dans la partie occidentale du plateau de Tinrhert.

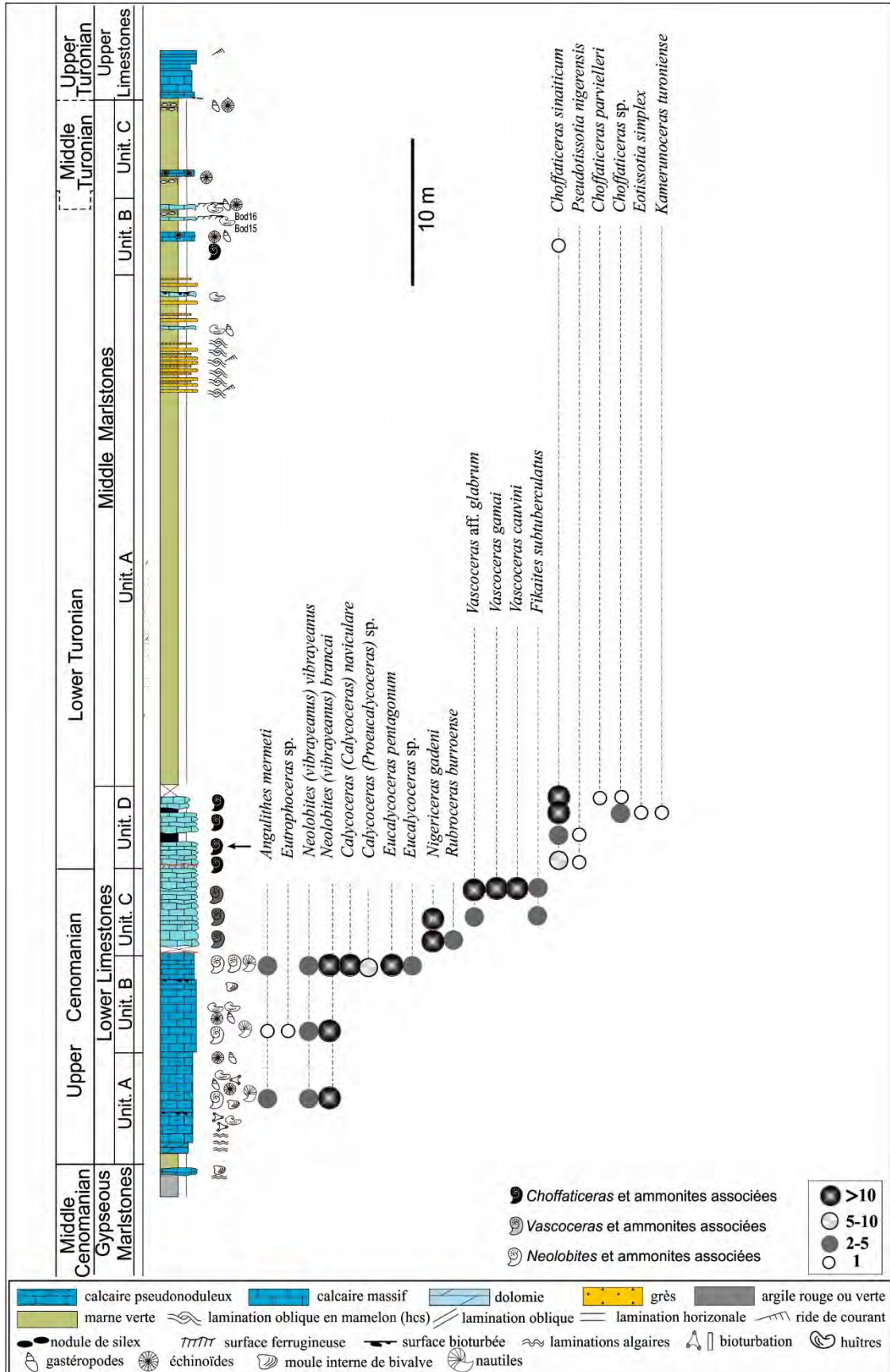


Fig. 3. 36- Distribution verticale des ammonites du Cénomano-Turonien dans la coupe de Bordj Omar Driss.



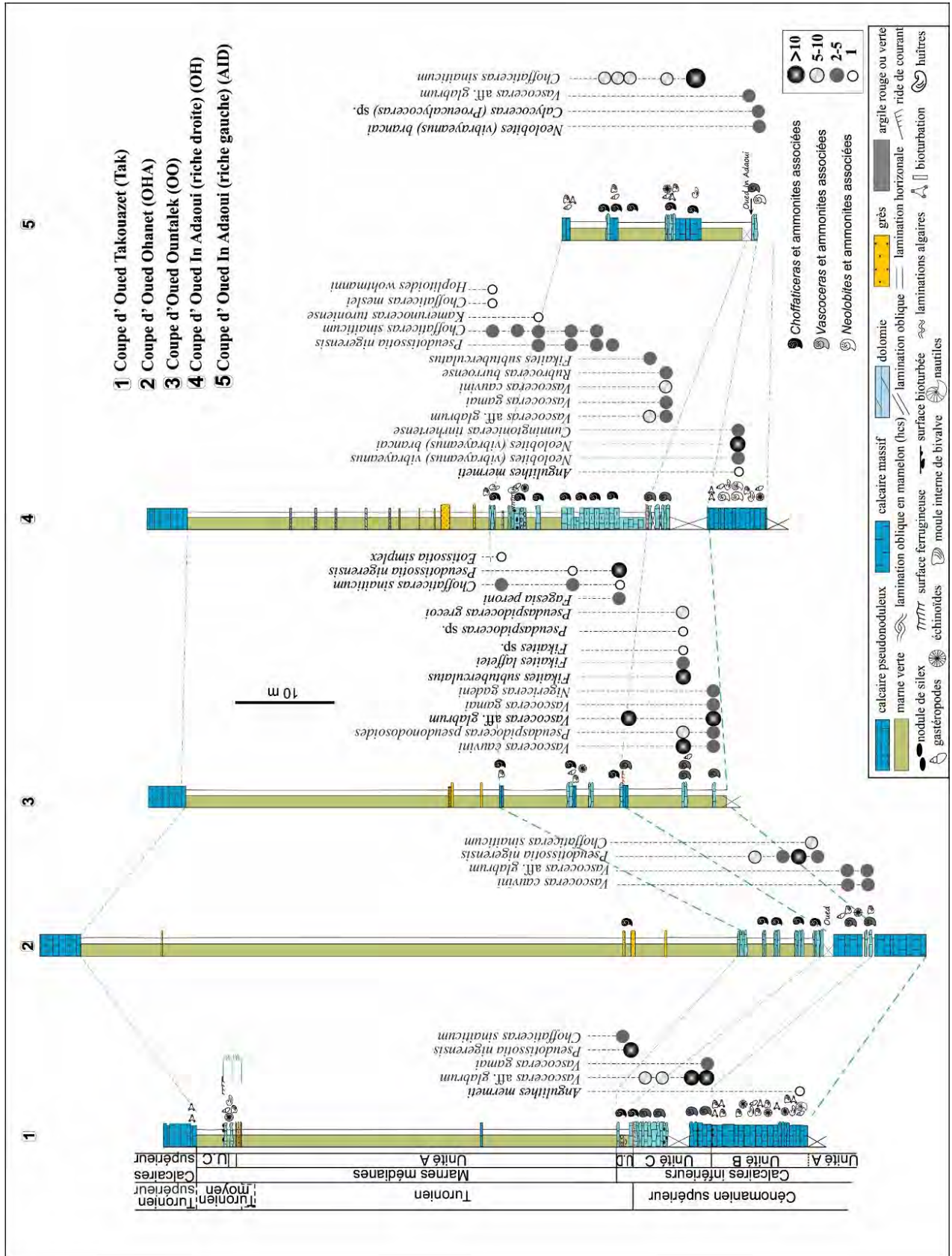


Fig. 3. 37- Distribution verticale des ammonites du Cénomano-Turonien dans la partie est du plateau de Tinrher

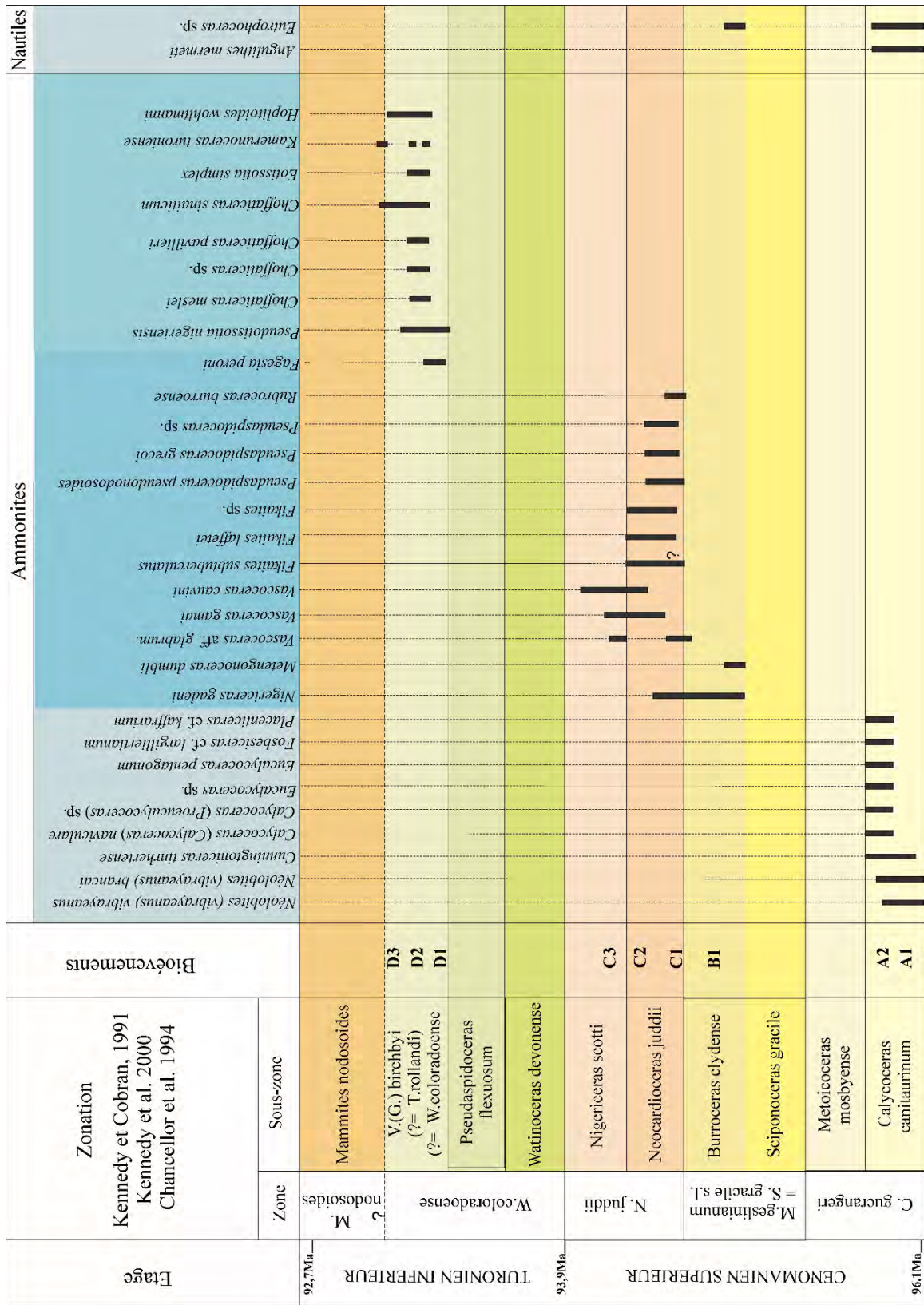


Fig. 3. 38- Distribution des ammonites cénomano-turoniennes du plateau de Timhert et bioévénements

Age	Standard Zones d'ammonite du sud Europe in (Hardenbol et al. 1998)	Maroc (Charriere et al. 1998)	Algérie (present study)	Tunisie (Robaszynski et al. 1993) - Chancellor et al. 1994)	Egypt Abdel-Gwad et al. 2004&2007, El Qot (2008), & Nagma et al. (2010) and Nagma and Wilmsen (2013)	NE Libyen Jardas al'abid, El Qot, Abdulsamad (2016)
Turonien	supérieur			<i>Hemitissotia morreni</i>	<i>Coilopoceras requienianum</i>	
	moyen	<i>Romaniceras devertianum</i> <i>Romaniceras ornatisimum</i> <i>Romaniceras kallesi</i> <i>Kamerunoceras turoniense</i>		<i>Romaniceras devertianum</i> <i>Romaniceras kallesi</i>		
	inférieur	<i>Mammites nodosoides</i>	<i>K. turoniense</i> <i>P.nigerensis-Ch.mesleisinaiticum-E.simplex-H. wohlmanni</i> <i>F.peroni-P.nigerensis</i>	<i>Mammites nodosoides</i>  <i>Thomasites rollandi</i>	<i>Wrightoceras muniteri</i>	<i>Coilopoceras requienianum</i>
Cénomannien	supérieur	<i>Watinoceras coloradoense</i>		<i>Pseudaspidoceras flexuosum</i>	<i>Choffaticeras securiforme</i> – <i>Choffaticeras quassi</i>	<i>Choffaticeras segne</i>
		<i>Neocardioceras juddii</i>	<i>P. flexuosum</i> <i>Neoptychites ?</i>	<i>P.pseudonodosoides</i> <i>Euomphaloceras cf.septemseriatum</i>	<i>Pseudospidoceras</i> <i>Pseudonodosoides</i> <i>Rubroceras alatum</i>	<i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i>
		<i>Metoicoceras gestlinianum</i> <i>Calycoceras naviculare</i> / <i>Eucalycoceras pentagonum</i>	<i>P. sp. / V. sp.</i> <i>V. gr. cauvini</i> <i>P. cf. pseudonodosoides</i> <i>Nigericeras ? sp</i> <i>Neolobites vibrayeanus</i>	<i>V.gamai-cauvini</i> <i>P.pseud.-grecol-F. laffetei-F. Subtuberculatus</i> <i>R.burroense</i> <i>N. gadeni-M.dumbli</i>	<i>Metoicoceras gestlinianum</i>	
			<i>E. pentagonum-C. naviculare-F. cf. langillieriaum-P.cf. kaffrarium</i> <i>N. (V.) vibrayeanus</i> <i>N. (V.) brancai</i>	<i>Eucalycoceras pentagonum</i>	<i>Neolobites vibrayeanus</i> <i>Thomelites sornayi</i>	

Fig. 3. 39- Tableau de corrélation des zones d'ammonites cénomano turoniennes du plateau de Tinnherth avec les régions

### 2. 1. 3. Conclusion biostratigraphique

La faune récoltée dans la série du Cénomano-turonien du plateau de Tinrhert, a fait l'objet de révision dans le présent travail. L'étude des ammonites a permis d'identifier 4 zones (Fig. 3. 38- 3.39 ) avec les spécificités suivantes, notant que pour plus de précision, les associations fauniques sont représentées dans la figure 3. 39.

:

Dans la Zone à *Calycoceras guerangeri*, la faune de céphalopodes est très variée. Ces niveaux apparaissent riches aussi en échinides : tel que *Tetragramma marticense*, *Mecaster batnensis*, *Heterodiadema lybicum*, *Goniopygus menardi* et *Micropedina olisiponensis* ; en bivalves tel que les plicatulidés (*Plicatula auressensis*, *P.ourneli* et *P. ferryi*) et quelques pectinidés (*Neithea hispanica*).

Au sommet de cette Zone, dans les derniers niveaux à *Neolobites*, apparaît un niveau repère, très riche en huîtres (*Costagyra olisiponensis*, *Ceratostreon flabellatum*, *Ilymatogyra africana*, *Pycnodonte vesicularis* et *Rhynchostreon suborbiculatum*).

Dans les Zones à *Metoicoceras geslinianum* et *Neocardioceras juddii*, les autres groupes fossiles commencent à se rarifier.

Ces trois zones correspondent aux unités des Calcaires à *Neolobites* et des Calcaires à *Vascoceras* de la Formation des Calcaires inférieurs et sont attribués au Cénomanién supérieur.

Dans la Zone à *Watinoceras coloradoense*, Sous zone V. (G.) *birchbyi*, apparaissent les premiers *Fagesia* et *Pseudotissotia*. La macrofaune benthique est absente à l'exception de quelques débris d'huîtres et d'échinides, alors que les crinoïdes Rovéacrinides sont abondants.

Cette quatrième zone couvre l'unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* de la Formation des Calcaires inférieurs et les unités Mixte silicoclastique-carbonatée et Marno-calcaire de la Formation des Marnes médianes. Cet ensemble est daté du Turonien inférieur.

Les niveaux calcaires intercalés dans la partie supérieure des Marnes médianes (Unité des Couches rouges) sont riches en échinides surtout dans la partie Ouest du plateau de Tinrhert, ils indiquent un âge Turonien moyen.

Les Calcaires supérieurs n'ont pas livré de faune, un âge Turonien supérieur n'est pas à exclure pour cette formation.

### ***Le passage Cenomanien – Turonien***

La limite Cénomano- Turonien n'est pas établie de façon précise d'un point de vue paléontologique car aucun fossile n'est récolté indiquant la fin du Cénomaniens et le début du Turonien, même si localement Amédéo et al. (1996) placent cette limite au niveau de la disparition de l'espèce *Vascoceras cauvini* Chudeau, espèce qui cependant disparaît bien avant la limite C-T (Meister et Piuz, 2013).

Par ailleurs, à ce niveau, les foraminifères planctoniques marqueurs sont également absents dans les coupes étudiées (Tchenar et al., 2015). Néanmoins, ces auteurs placent cette limite à l'acmé des hétérohélécidés ou « *Heterohelix shift* » (Leckie et al., 1998) qui coïncide avec le passage des Calcaires à *Vascoceras* aux Marno-calcaires à *Choffaticeras*. Cet acmé est reconnu dans plusieurs régions : à Pueblo aux Etats- Unis (Keller & Pardo, 2004), en Angleterre (Keller et al., 2001) ; en Tunisie (Nederbraght & Fiorentino, 1999 ; Caron et al., 2006 ; Zagarni et al., 2008) et au Maroc (Ettachfini et al., 2005).

Bien qu'aucune des espèces de rovéacrinides reconnues, dans les deux côtés de la limite céno-mano-turonienne du Tinrhert, ne permet spécifiquement de localiser clairement cette limite (Ferré et al., 2016), leurs variations quantitatives sont cohérentes avec celles déjà mises en évidence dans les régions avoisinantes (Maroc, Tunisie) et d'autres beaucoup plus lointaines (Brésil). Un niveau particulièrement riche et relativement constant, équivalent au sommet de la Zone à Plenus (biozotation à bélemnites, domaine boréal), apparaît en relation avec l'événement à *Heterohelix*. Ce niveau repère fournit un indicateur supplémentaire de la proximité de la limite Cénomaniens-Turonien.

Enfin, au Tinrhert, cette limite se situe entre l'Unité des Calcaires à *Vascoceras* et celle des Marno-calcaires à *Choffaticeras* dans un intervalle d'imprécision d'un peu moins d'1m d'épaisseur, définie à la base par LO (last occurrence) des *Vascoceras* et des *Fikaites* déterminés du Cénomaniens supérieur, et au sommet par FO (first occurrence) de l'espèce *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) du Turonien inférieur (Fig. 3. 43 à 47).

## 2. 2. Données paléobiogéographiques

### 2.2.1. Introduction

Les données paléobiogéographiques et la distribution des ammonites et du macrobenthos de la marge sud théthysienne au cours du Cénomanién supérieur-Turonien inférieur, sont basées sur les reconstitutions de Blakey (2011) et Meister et Piuz (2013) : au Maroc, en Tunisie, en Algérie, en Moyen Orient, à Oman et au Niger. Les cartes présentées ci-après illustrent la distribution des principales espèces d'ammonites et de macrobenthos (Fig. 3. 40 à 42)

### 2.2.2. Céphalopodes

Dans le plateau de Tinrhert, au Cénomano-turonien, la faune d'ammonites est très diversifiée, le premier bioévénement (A1) est essentiellement caractérisé par l'occurrence de l'espèce *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus* et *Neolobites (vibrayeanus) brancai* au début du Cénomanién supérieur, sa distribution géographique est large sur toute la marge sud-théthysienne depuis le Maroc jusqu'à Oman (Fig. 3. 40) à l'exception du bassin de Tarfaya situé sur la rive atlantique à l'Ouest du Maroc (Meister et Piuz, 2013).

Le bioévénement à *Neolobites* « *Neolobites* bioevent » marque le maximum d'élévation du niveau marin qui influe intensément sur la marge sud de la Téthys surtout dans la Zone à *Calycoceras guerangeri* au début du Cénomanién supérieur.

Au Sud, la mer gagne les régions sahariennes jusqu'à Demergou au Niger (Meister et al., 1993, 1994). En Algérie, « *Neolobites* event » est bien représenté dans le bassin du Guir (Benyoucef et Meister, 2015), dans l'Atlas saharién (Mebarki et al., 2015), à Tademaït (Collignon et Lefranc, 1974) et particulièrement au Tinrhert.

À partir de la partie sommitale de la Sous-zone à *Calycoceras canitaurium*, les Acanthoceratidae deviennent abondants, le genre *Calycoceras* couvre toute la région nord africaine à l'exception du Moyen Orient, alors que le genre *Eucalycoceras* est restreint en Algérie et en Tunisie. L'espèce *Placentoceras kaffrarium* est enregistrée dans le Cénomanién supérieur de Oman (Zone à *N. juddii*) (Meister et al., 2015) et pour la première fois en Algérie (présent travail) (Zone à *C. guerangeri*) (Fig. 3.39).

Dans le plateau de Tinrhert, au sommet de la Zone à *Metoicoceras geslinianum* (Sous zone à *Burroceras clydense*), le bioévénement (B1) est caractérisé par l'occurrence des espèces *Nigericeras gadeni*, *Metengonoceras dumbli* probablement *Nigericeras jacqueti* Schneegans.

Sur la marge sud téthysienne, Meister et Piuz (2013) signalent que la Zone à *Metoicoceras geslinianum* est caractérisée par deux bioévénements. Le premier contient comme espèces *Euompholoceras septemseriatum* (Cragin), *Pseudocalycoceras gr. Angolaense* (Douvillé), *Gentoniceras*, *Eucalycoceras tenerensis* Meister et al. et *Metoicoceras geslinianum* (Orbigny) et qu'on n'a pas trouvé dans le plateau de Tinrhert.

Le genre *Metengonoceras* est présent sur toute la partie centrale de l'Afrique du Nord, depuis l'Algérie jusqu'au Moyen Orient et au Nord du Nigéria. Le genre *Nigericeras* s'étend de l'Ouest à l'Est de la marge sud téthysienne, de Algérie jusqu'à Oman.

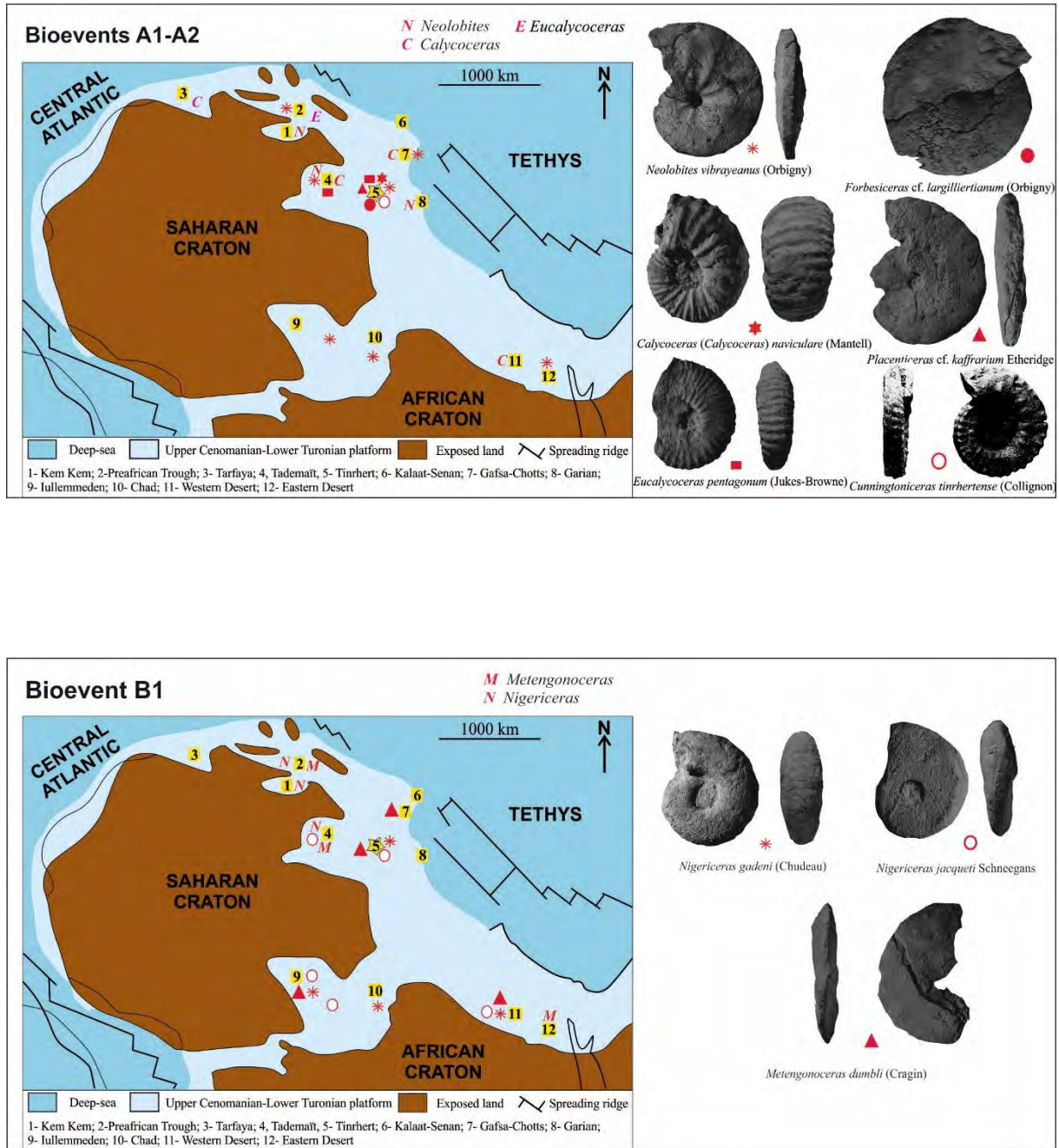
L'espèce *Nigericeras gadeni* se propage de Tunisie jusqu'au Nord Nigéria et représente un bon marqueur dans cette région (Fig. 3. 40).

Le bioévénement C1 est typique, il est largement représenté par l'espèce *Nigericeras gadeni*, associée aux *Vascoceras* aff. *glabrum*, *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* et aux *Fikaites subtuberculatus*, *F. laffitei* et *Rubroceras burroense* en Algérie, Tunisie et Egypte (Fig. 3. 41)

Le sommet de la Sous zone à *Neocardioceras juddii* est caractérisé d'abord par l'occurrence de l'espèce *Vascoceras gamai* comme marqueur (bioévènement C2), en l'Algérie à l'Egypte et au Nord Nigérien, ensuite par plusieurs espèces appartenants au genre *Vascoceras* tel que *Vascoceras cauvinii* et *V. aff. glabrum* (bioevents C3) (Fig. 3. 41).

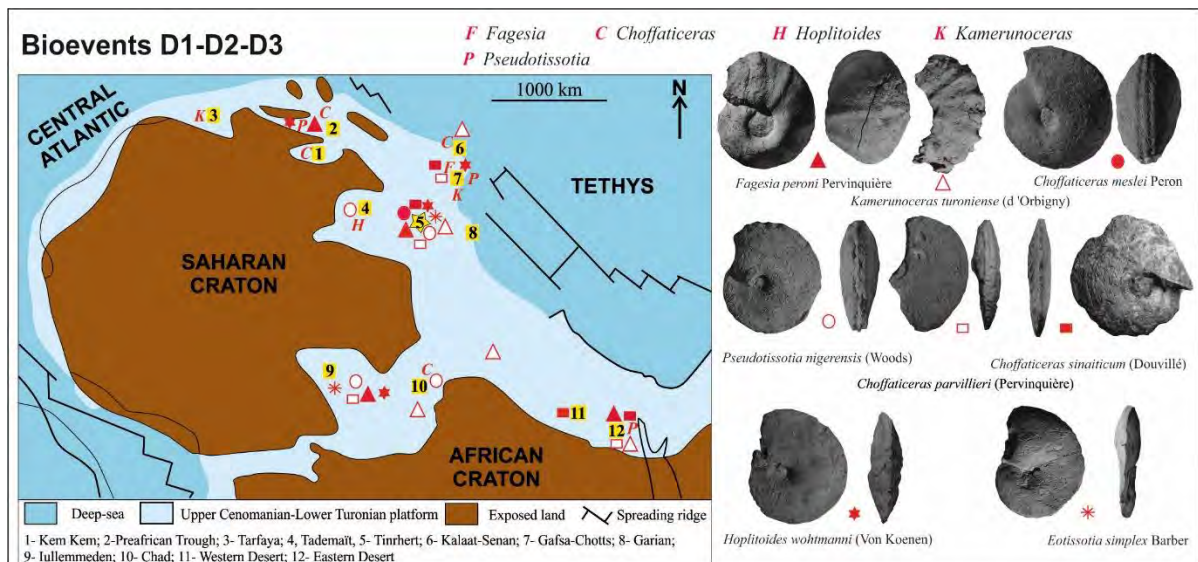
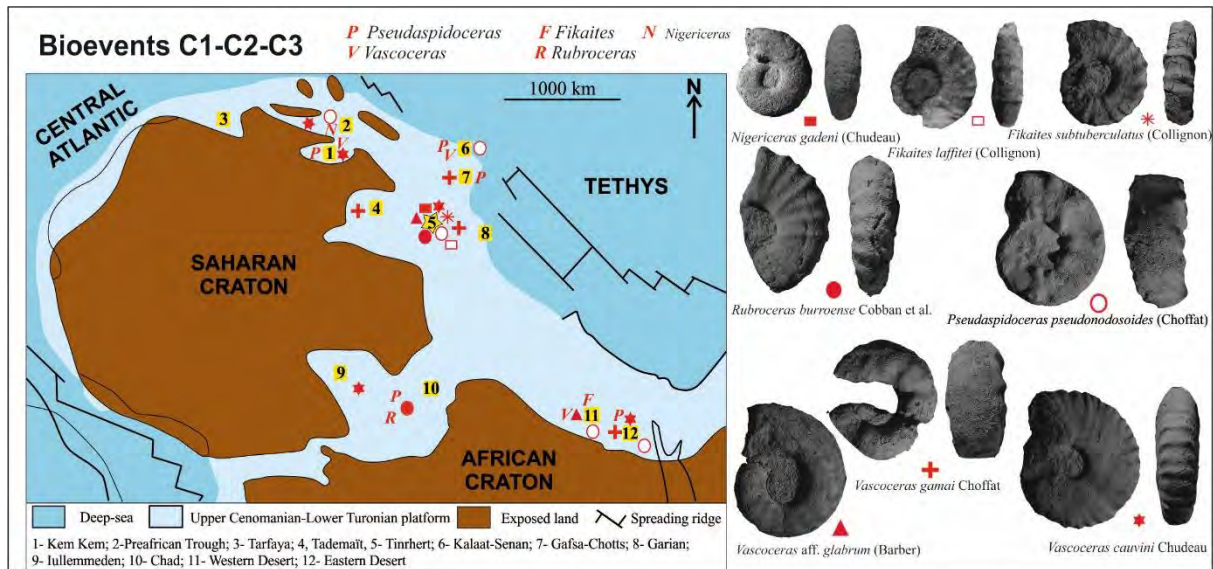
La Sous zone à *Thomasites rollandi* de la marge sud téthysienne contient les espèces *Fagesia peroni*, *Pseudotissotia nigerensis*, les espèces du genre *Choffaticeras* et l'espèce *Hoplitoides wohlmanni*, qui a une grande répartition géographique, du Maroc jusqu'à Oman (Fig. 3. 41).

L'espèce *Eotissotia simplex* est enregistrée uniquement au Sud du Nigéria, Oman et en Algérie.



**Fig. 3. 40-** Reconstitution paléogéographique (Blakey, 2011) et distribution des ammonites cénomano-turonienne dans le plateau de Tinehert au cours des bioévènements A1-A2 et B1





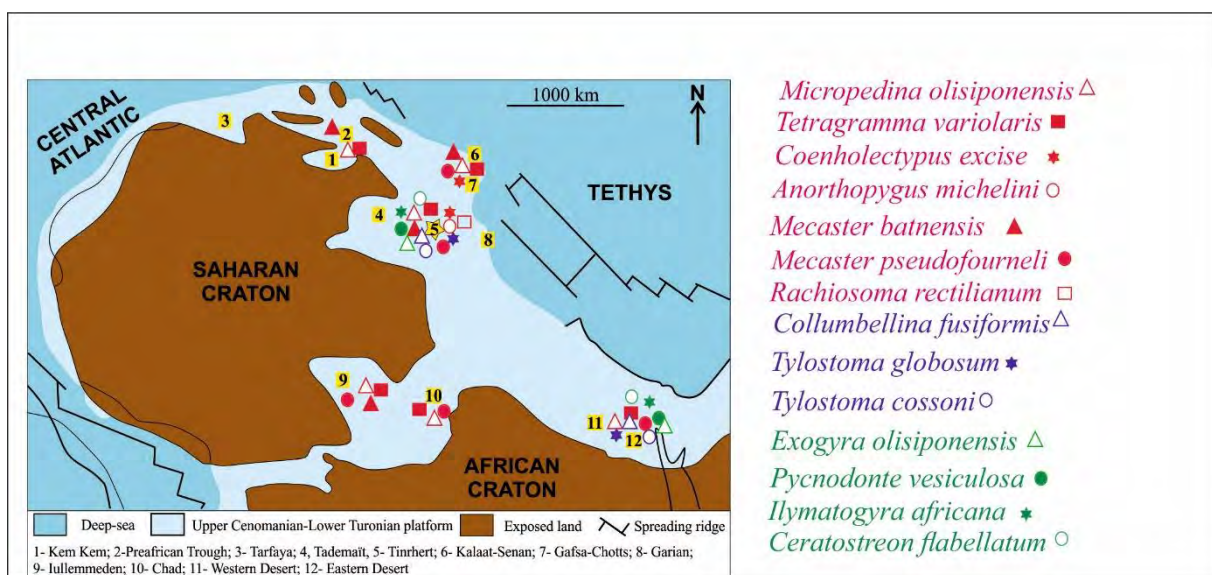
**Fig. 3. 41-** Reconstitution paléogéographique (Blakey, 2011) et distribution des ammonites cénomano-turonienne dans le plateau de Tinrhert au cours des bioévénements C1-C2-C3 et D1-D2-D3.

### 2. 2.3. Autres groupes fossiles

Les résultats paléobiogéographiques relatifs aux échinides, gastéropodes et bivalves du Cénomano-turonien du Tinrhert sont présentés dans la carte ci-dessous, qui montrent des relations avec ceux du domaine sud téthysien (Fig. 3. 42).

La répartition paléobiogéographique des bivalves, essentiellement des ostréidés est influencée par des courant Ouest-Est. Les espèces *Costagyra olisiponensis*, *Ilymatogyra africana*, *Ceratostreon flabellatum* et *Rhynchostreon mermeti* connues dans le Cénamanien et le Turonien de l'Algérie et de la Tunisie (Dhondt, 1992) sont identifiées dans des niveaux comparables de même âge au Maroc (Ettachfini, 2008).

La faune d'échinides du plateau de Tinrhert est comparable à celle connue sur la marge Sud-Ouest de l'Europe (Néraudeau et Moreau, 1989), en Arabie Saoudite (*in* Busson et al., 1999) et au Maroc (Ettachfini, 2008) et sur les marges atlantiques Ouest (Brésil) et à l'Est (Niger et Nigeria). Cette similitude témoigne une migration de formes depuis le Sud-Ouest européen, vers l'Afrique du Nord jusqu'à l'Arabie Saoudite, et vers le Sud au Niger et Nigeria via le fossé de Bénoué, suite à l'évènement transgressif dès la fin du Cénomaniens.



**Fig. 3. 42-** Reconstitution paléogéographique (Blakey, 2011) et distribution du macrobenthoscénomano-turonien dans le plateau de Tinrhert et dans quelques régions avoisinantes

#### 2. 2. 4. Conclusion

La distribution paléobiogéographique des céphalopodes, des gastéropodes, d'échinides et des bivalves et les similitudes spécifiques dans différentes régions, montrent clairement que des échanges fauniques se sont réalisés le long de la marge sud téthysienne, au Sud (Niger et Nigeria) et avec l'Atlantique sud via le passage transsaharien.

#### 2.3. Morphologies d'ammonites dans le plateau de Tinrhert

Pendant le Cénomaniens supérieur- Turonien inférieur, la faune habitait les mers épicontinentales dans des bassins relativement peu profonds ou dans des plates-formes, à l'exception du bassin de Tarfaya qui était plus profond (Meister et Piuze, 2013).

-Dans la Zone à *C. guerangeri*, les morphologies les plus fréquentes sont oxycône - suboxycône involute - platycône, légèrement ornementés, tels que les *Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus*, *Neolobites (vibrayeanus) brancai*, *Forbesiceras cf. largilliertianum* et *Placenticeras kaffrarium*.

-Dans la Zone à *M. geslinianum*, les formes discocônes, bien ornementées sont présentes. L'oxycône et les morphologies associées sont très rares tel que l'espèce *Metengonoceras dumbli*.

-Dans la Zone à *N. juddii*, les morphologies de la coquille sont plus diversifiées sans une morphologie dominante, bien que les formes platycônes (évolutive et involute) présentent le plus grand groupe, tels que les *Fikaites subtuberculatus* et les *Pseudaspidoceras grecoi*. Notant que les formes subsphaerocônes et sphaerocônes apparaissent dans cette zone tels que *Vascoceras gamai*, *Vascoceras aff. glabrum*, alors que l'oxycône et les morphologies associées restent mal représentées, les formes ornementées dominent toujours.

-Dans la Zone à *W. coloradoense*, les formes suboxycônes réapparaissent avec les autres morphologies et pour la première fois, les formes lisses et légèrement ornementées prédominent tels que *Hoplitooides wohtmanni*, *Eotissotia simplex*.

Durant les zones à *M. geslinianum* et *N. juddii*, entre deux phases transgressives, les morphologies suboxycônes disparaissent presque complètement, tandis les formes platycônes ornementées se développent.

#### **2. 4. Intervalle d'imprécision de la limite Cénomanién supérieur-Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert**

Dans les travaux publiés sur le Cénomano-turonien, la limite entre le Cénomanién et le Turonien n'est pas généralement repérée avec précision. L'étude de l'intervalle d'imprécision ou zone d'incertitude, de ce passage, est basée essentiellement sur l'examen de la répartition verticale des marqueurs biostratigraphiques de plusieurs groupes fossiles, lorsqu'ils sont présents, notamment les ammonites, foraminifères planctoniques et certains spécimens du macrobenthos. Ceci est cité dans plusieurs travaux réalisés au Niger et Nigéria (Meister et al., 1992), au Maroc (Ettachfini, 2006), en Tunisie (Robaszynski et al., 1990 ; Caron et al., 1999, 2006 ; Abdallah, 2000). Cet intervalle est limité par la LO de *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* marquant le Cénomanién supérieur sommital et la FO de *Watinoceras devonense* marquant le Turonien basal (Bengstone, 1996) ; il est limité aussi à sa base par la FO de *Rotalipora cushmani*, du Cénomanién supérieur, et à son sommet par la FO de *Helvetoglobotruncana helvetica* du Turonien inférieur (Robaszynski et al., 2010).

Dans le cadre de ce travail, quatre coupes les plus représentatives ont été choisies pour étudier cet intervalle. Il s'agit de la coupe de Bordj Omar Driss (partie centrale du plateau), de Takouazet, d'Oued Ountalek et celle d'Oued In Adaoui situées dans la partie orientale du Tinrhert (Fig. 3. 43 à 3. 46).

Dans le plateau du Tinrhert, la limite Cénomano-turonien se situe, dans cet intervalle d'imprécision, entre l'Unité des Calcaires à *Vascoceras* et celle des Marno-calcaires à *Choffaticeras*. Cet intervalle varie entre moins d'1 m d'épaisseur dans les coupes de Bordj Omar Driss, Takouazet et Ountalek (Figs 3. 43, 3. 44 et 3. 45) et de moins de 2 m dans la coupe d'Oued In Adaoui (Fig.3. 46). Sa limite inférieure est définie par la LO de *Vascoceras cauvini*, *Fikaites subtuberculatus* et *Vascoceras* aff. *glabrum* du Cénomanién supérieur ainsi que par la surface durcie d'épaisseur millimétrique, tapissée de nodules de fer, de terriers et d'une abondante faune d'ammonites souvent ferrugineuses associées exceptionnellement à des oursins et des huîtres indéterminables. Sa limite supérieure est marquée par le FO de

*Pseudotissotia nigerensis*, *Fagesia peroni* et par la suite les représentants du genre *Choffaticeras* du Turonien inférieur.

Cet intervalle d'imprécision correspondrait également à l'acmé zone des hétérohélicidés ou « *Heterohelix shift* » (Leckie et al., 1998) qui coïncide avec le passage des Calcaires à *Vascoceras* aux Marno-calcaires à *Choffaticeras* ; et correspondrait également au niveau particulièrement riche et relativement constant en rovéacrinides (Ferré et al., 2016) qui fournit un indicateur supplémentaire de la proximité de la limite Cénomanién-Turonien.

Par ailleurs, plusieurs études géochimiques faites sur la limite Cénomanién- Turonien, dans différents bassins, montre que le profil de  $\delta^{13}\text{C}$  enregistré à cette limite présente des anomalies dont le dernier maximum d'excursion positive (pic III) se situe au tour de la limite Cénomanién – Turonien, aux marges ou au sein de l'intervalle imprécision (Ettachfini, 2008).

Ce pic III se situe au dessous de l'intervalle d'imprécision à Wadi Bahloul et à Crête Azreg (région de Kallat Senan, Tunisie, Caron et al., 2006 ; Accarie et al., 1996, 2000), à la base de cet intervalle à Mibladen (Maroc, Ettachfini, 2008) et dans la coupe de Pueblo (Caron et al., 2006), au sommet de ce dernier à Ben Cherrou (Maroc, Ettachfini, 2008) et à Eastbourne (Angleterre, Gale et al., 1993) et sur la limite Cénomanién - Turonien en Espagne (Peter et al., 1997). Il peut également précéder la limite dans la coupe de Dover (Angleterre, Jarvis et al., 1988 ; Morel, 1998) et dans le bassin Anglo – Parisien (Morel, 1998 ; Ettachfini, 2008).

Dans le plateau de Tinrhert, un essai d'interprétation de l'expression du  $\delta^{13}\text{C}$  au passage Cénomanién –Turonien a été tenté par Grosheny et al. (2013). La comparaison et le calage entre la coupe de Bordj Omar Driss illustrée par Grosheny et al. (2013) et celle levée dans le présent travail, montre que la limite proposée par ces auteurs par les méthodes géochimiques coïncide parfaitement par celle proposée dans ce travail par les méthodes paléontologiques et sédimentologiques (Fig. 3. 47).

Selon Grosheny et al. (2013), le changement isotopique  $\delta^{13}\text{C}$  commence dans la partie inférieure de l'Unité des Calcaires à *Neolobites* et continue dans les Calcaires à *Vascoceras*, il finit à la transition entre les Calcaires inférieurs et les Marnes médianes.

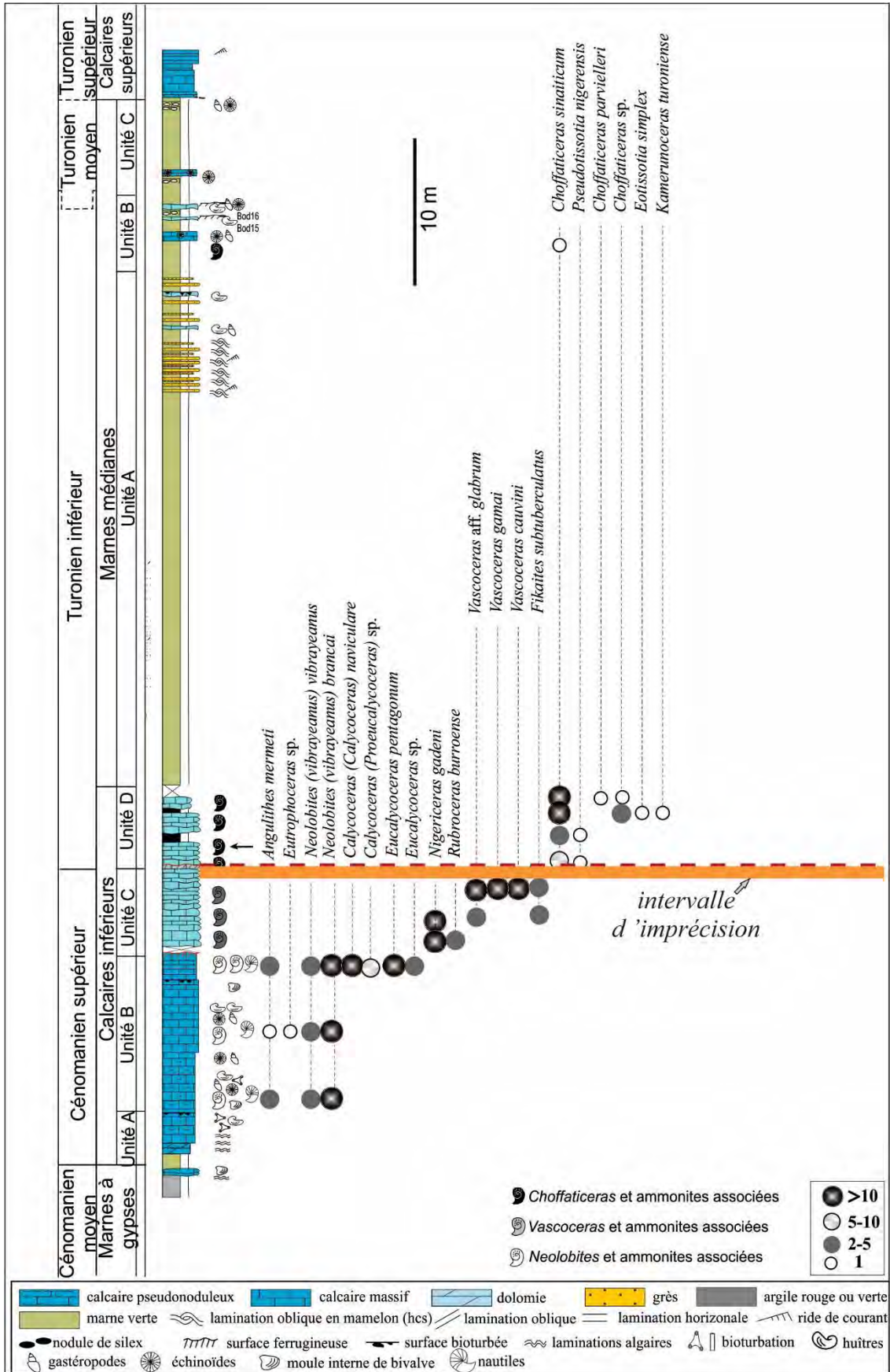


Fig. 3. 43- Biostratigraphie autour de la limite Cénomanien-Turonien dans la coupe de Bordj Omar Driss

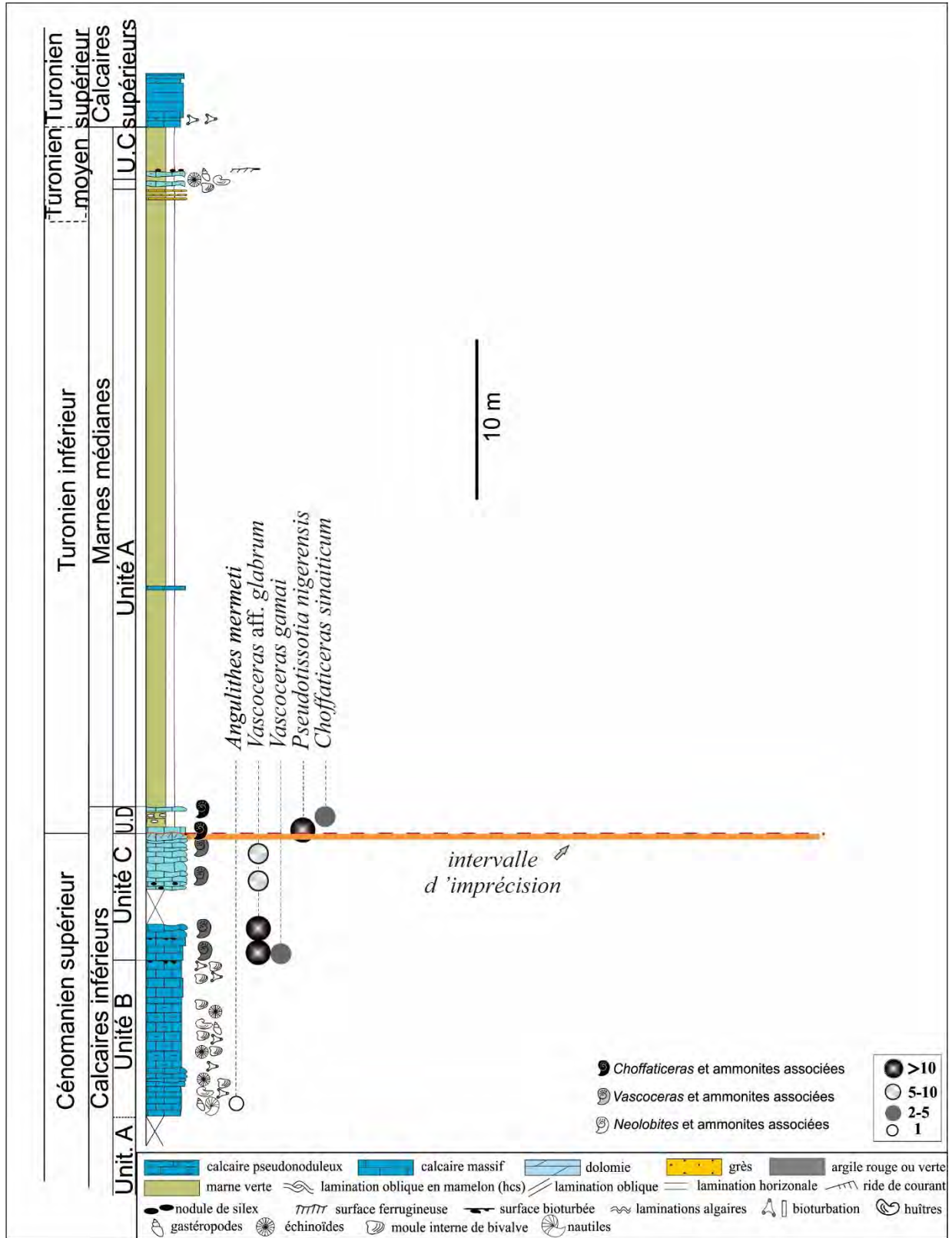


Fig. 3. 44- Biostratigraphie autour de la limite Cénomanien-Turonien dans la coupe de Takouzet

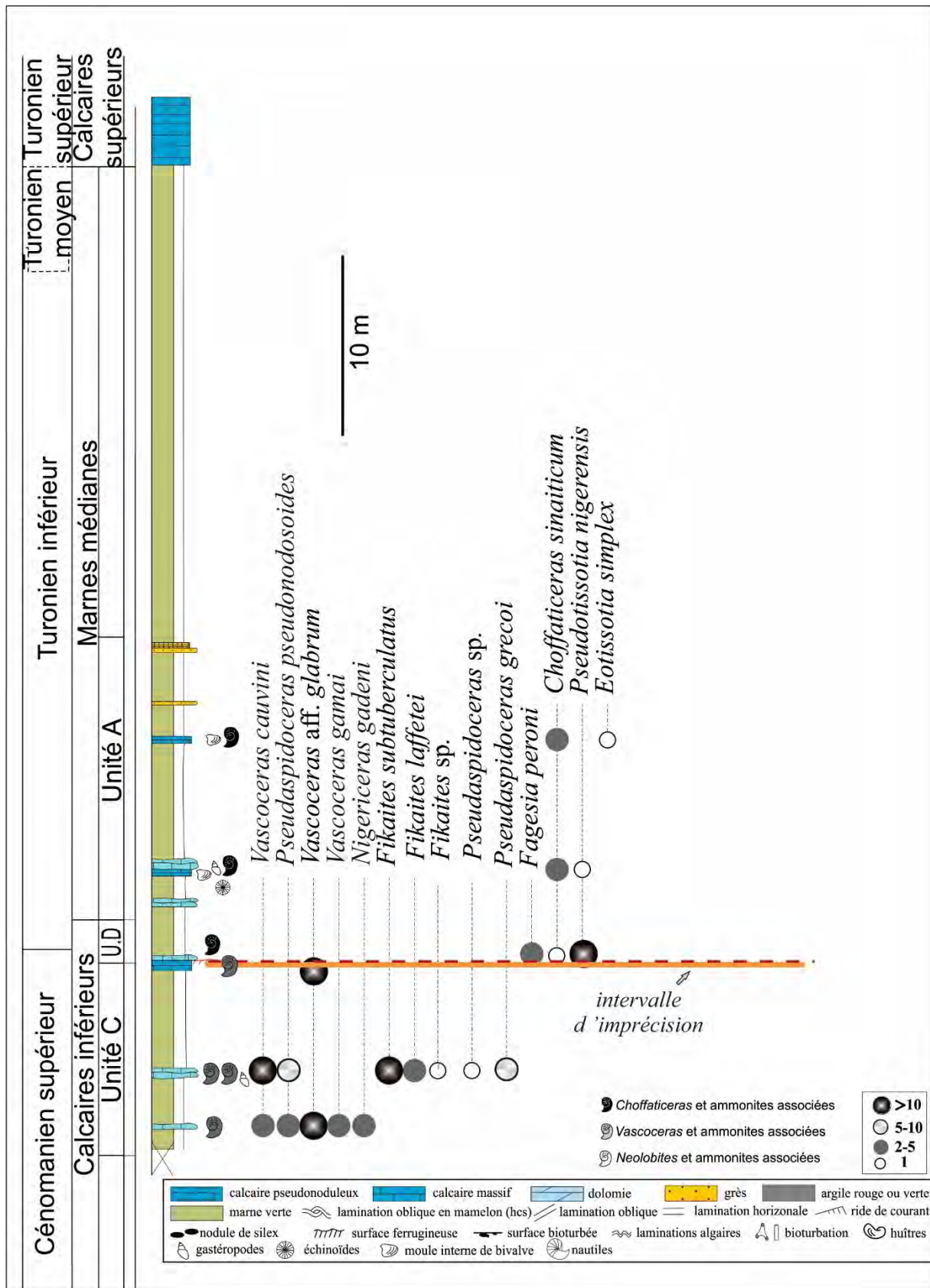


Fig. 3. 45- Biostratigraphie autour de la limite Cénomanien-Turonien dans la coupe d'Oued Ountalek



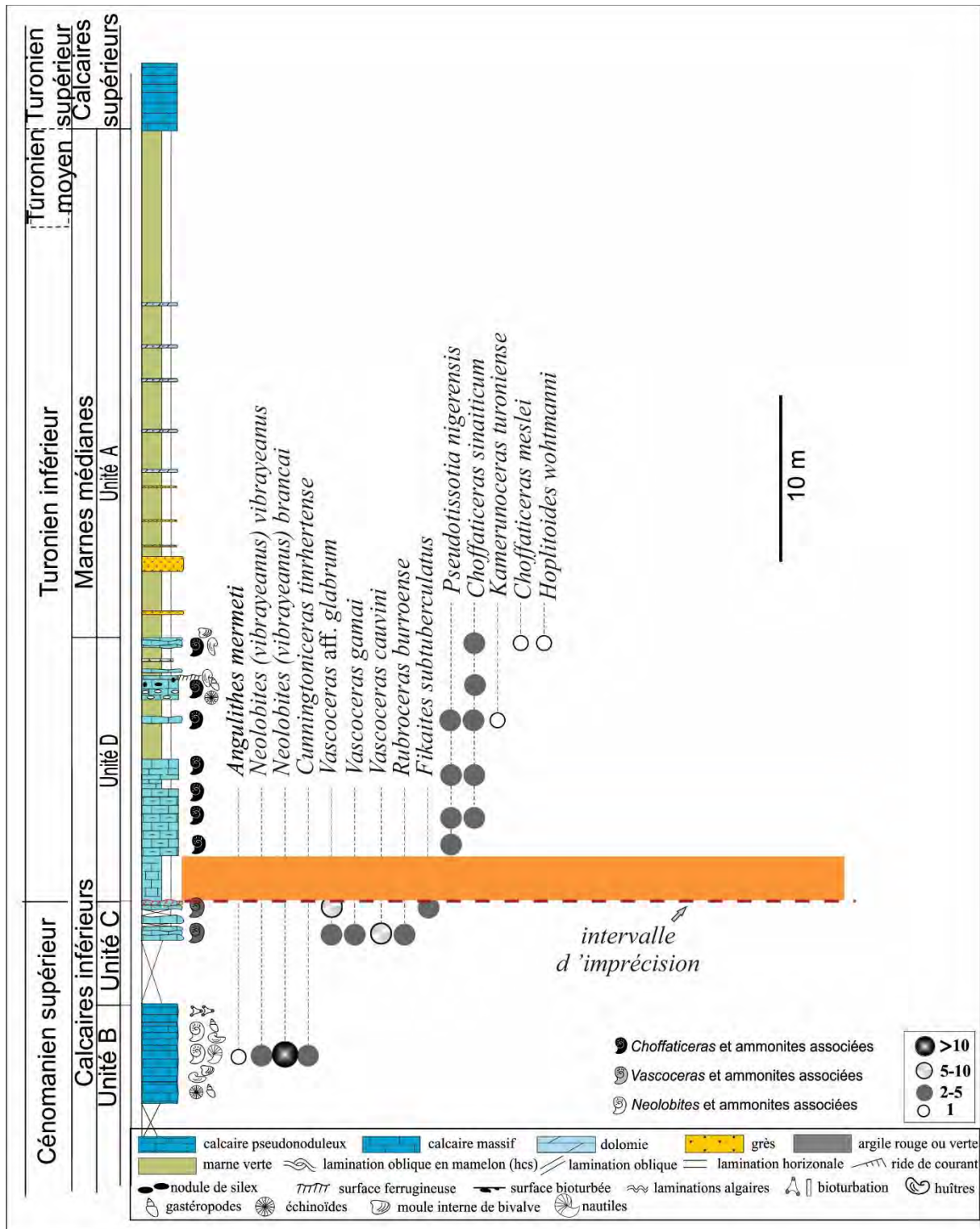


Fig. 3. 46 - Biostratigraphie autour de la limite Cénomanien-Turonien dans la coupe d'Oued In Adaoui.

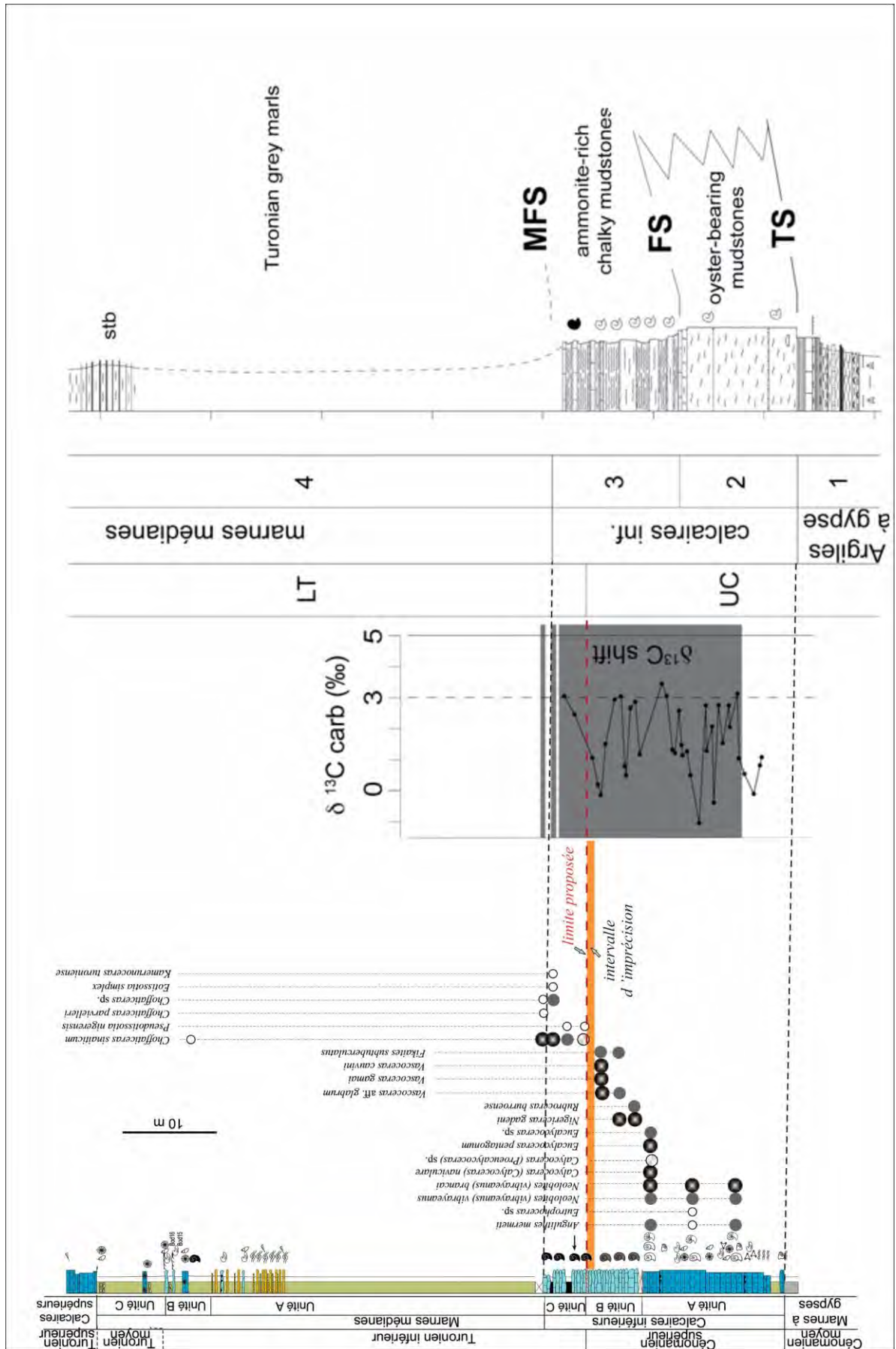


Fig. 3. 47- Calage entre les données géochimiques (Grosheny et al., 2013) et lithologiques dans la coupe de Bordj Omar Driss.

## **CONCLUSION GENERALE**

---

## CONCLUSION GENERALE

Le travail mené, dans le cadre de cette thèse, dans la partie orientale de la plateforme saharienne, sur les dépôts marins du Cénomano-Turonien du plateau de Tinrhert, a permis l'acquisition de nouvelles données lithologiques, sédimentologiques, paléontologiques, biostratigraphiques et paléobiogéographiques.

### Les résultats lithostratigraphiques et sédimentologiques

Les dépôts marins du Cénomano-Turonien du plateau de Tinrhert, qui reposent sur la Formation des Argiles à gypse (Cenomanien inférieur à moyen), se divisent en trois formations lithostratigraphiques :

- La Formation des Calcaires inférieurs peut être subdivisée en quatre unités lithostratigraphiques informelles : (A) Calcaires près-*Neolobites*, (B) Calcaires à *Neolobites*, (C) Calcaires à *Vascoceras* et (D) Marno-calcaires à *Choffaticeras* ;

- La Formation des Marnes médianes qui se distingue dans la partie occidentale du plateau par l'individualisation de trois unités à caractères lithologiques distincts : (A) Unité Mixte Silicoclastique-carbonatée, (B) Unité Marno-calcaire et (C) Unité des Couches Rouges. Les bancs durs deviennent de plus en plus réduits jusqu'à leur disparition, en allant vers la partie orientale du plateau du Tinrhert ;

- La Formation des Calcaires supérieurs correspond à une barre carbonatée d'épaisseur métrique.

L'examen sédimentologique de cette série céno-mano-turonienne a permis de mettre en évidence 15 faciès interprétés en termes de processus de dépôt. Ces faciès sont regroupés en 5 associations de faciès distinctes, reflétant un milieu de dépôt de type rampe carbonatée homoclinale. Cette dernière peut être divisée en :

- une rampe proximale qui correspond à un environnement de haute énergie soumis à l'action des vagues de beau temps et qui indique un environnement de dépôt margino-littoral riche en nutriments et à salinité proche de la normale. Ce milieu est représenté par les dépôts des unités des Calcaires pré-*Neolobites* et des couches rouges, ainsi que de la Formation des Calcaires supérieurs ;

- une rampe médiane qui a pour limite supérieure la limite d'action des vagues de beau temps. Elle est représentée par les dépôts de l'unité des Calcaires à *Neolobites*, des Marno-calcaires et par de l'Unité Mixte Silicoclastique-carbonatée ;

- une rampe distale qui a pour limite supérieure l'action des vagues de tempête. Elle caractérise les unités des Calcaires à *Vascoceras* et des Marno-calcaires à *Choffaticeras*.

### **Les résultats paléontologiques et biostratigraphiques**

L'inventaire paléontologique actualisé du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur du plateau de Tinrhert montre la présence d'une faune pélagique et benthique variée et abondante, formée essentiellement de céphalopodes, de bivalves, de gastéropodes, d'échinides et de crinoïdes. L'étude systématique des céphalopodes a permis de décrire 2 espèces de nautilus et 30 espèces d'ammonites dont 13 espèces sont signalées pour la première fois dans le plateau de Tinrhert.

D'autre part, l'inventaire de la macrofaune benthique est représenté par 16 espèces de bivalves, 7 espèces de gastéropodes, 20 espèces d'échinides et 4 espèces de crinoïdes présentes sous formes de sections de rovéacrinides en lames minces.

L'étude des ammonites a permis d'identifier trois biozones dans le Cénomaniens supérieur, il s'agit respectivement de la Zone à *Calycoceras guerangeri* où la faune des céphalopodes est très variée et associée à un macro-benthos riche et diversifié, de la Zone à *Metoicoceras geslinianum* et celle à *Neocardioceras juddii* où la macrofaune benthique commence à se raréfier. La quatrième Zone est celle à *Watinoceras coloradoense* qui date le Turonien inférieur.

La limite Cénomaniensupérieur-Turonien inférieur n'est pas établie de façon précise d'un point de vue paléontologique, elle a été située entre l'Unité des Calcaires à *Vascoceras* et celle des Marno-calcaires à *Choffaticera*. Cette position coïncide avec l'acmé des hétérohélicidés ou « *Heterohelix shift* » et la présence d'un niveau particulièrement riche et constant en rovéacrinides. Cette limite est incluse dans un intervalle d'imprécision de moins d'1 m d'épaisseur dans les coupes de Bordj Omar Driss, Takouazet et Ohanet, défini à sa limite inférieure par LO de *Vascoceras cauveni*, *Fikaites subtuberculatus* et *Vascoceras* aff. *glabrum* du Cénomaniensupérieur ainsi que par une surface ferrugineuse, et, à sa limite supérieure par FO de *Pseudotissotia nigerensis*, *Fagesia peroni* et par la suite les représentants du genre *Choffaticeras* du Turonien inférieur.

La limite Turonien inférieur-Turonien moyen n'est pas définie avec une grande précision, le Turonien moyen est caractérisé par la présence d'échinides de petite taille, appartenant aux genres *Mecaster* et *Phylosoma* (*Mecaster turonensis*, *Mecaster* sp., *Phylosoma major*, *Rachiosoma rectilineatum* et *Rachiosomas* p.).

La présence du Turonien supérieur est hypothétique à faciès dolomitiques avec fantômes de bioclastes

### **Les résultats paléobiogéographiques**

La distribution paléo-biogéographique des ammonoïdes et de la faune associée en relation avec la transgression cénomano-turonienne confirme les échanges fauniques le long de la marge sud-téthysienne depuis le Maroc jusqu'à Oman, à l'exception du bassin de Tarfaya situé sur la rive atlantique à l'Ouest du Maroc, et avec l'Atlantique via le passage transsaharien.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

**Abdallah, H., Meister, C., 1997.** The Cenomanian – Turonian boundary in the Gafsa-Chott area (southern part of central Tunisia): biostratigraphy, palaeoenvironments. *Cretaceous Research*, **18**: 197–236.

**Abdallah, H., Sassi, S., Meister, C., Souissi, R., 2000.** Stratigraphie séquentielle et paléogéographie à la limite Cénomaniens – Turonien dans la région de Gafsa-Chott area (Tunisie centrale). *Cretaceous Research*, **21**: 35–106.

**Abdel-Gawad, G.I. & Zalat, A., 1992.** Some Upper Cretaceous macroinvertebrates from Gebel El-Hamra and Gebel Um Heriba, Mitla Pass, west central Sinai. – *Proc. 1th Int. Conf. Geol. ArabWorld*, Cairo Univ.: 333–344.

**Abdel-Gawad, G. I. 1999.** Biostratigraphy and macrofossil assemblages of the Matulla Formation (Coniacian-Santonian), west central Sinai, Egypt. *Middle East Research Center, Ain Shams University, Earth Science Series* **13**: 187-202, Cairo.

**Abdel-Gawad, G.I., El-Sheikh, H.A., Abdelhamid, M.A., El-Beshtawy, M.K., Abed, M.M., Fursich, F.T. & El Qot, G.M., 2004a.** Stratigraphic studies on some Upper Cretaceous successions in Sinai, Egypt. – *Egypt. J. Paleont.* **4**, 263–303.

**Abdel-Gawad, G.I., El Qot, G.M., Mekawy, M.S., 2007.** Macrobiostratigraphy of the Upper Cretaceous succession from southern Galala, Eastern Desert, Egypt. – *2th Inter. Conference of the Tethys*, Cairo University, 329- 349.

**Abdel-Gawad, G.I., Orabi, O.H. & Ayoub-Hannaa, W.S., 2004b.** Macrofauna and biostratigraphy of the Cretaceous section of Gebel El-Fallig area, northwest Sinai, Egypt. *Egyptian Journal of Paleontology* **4**, 305-333.

**Accarie, H., Robaszynski, F., Amédro, F., Caron, M., Zagarni, M.-F., 2000.** Stratigraphie événementielle au passage Cénomaniens-Turonien dans le secteur occidental de la plate-forme



de Tunisie Centrale (Formation Bahloul, région de Kalaat Senan). *Annales des Mines et de la Géologie, Tunis* 40, 63-80.

**Acheche, M.H., M'Rabet, A.M., Ghariani, H., Ouahchi, A. & Montgomery, S.L. 2001.** Ghadames basin, Southern Tunisia: a reappraisal of Triassic reservoirs and future prospectivity. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 85: 765-780.

**Ahr N. M. 1973.** The carbonate ramp: an alternative to the shelf model. *Transactions - Gulf Coast Association of Geological Societies*, 23: 221-225.

**Aigner, T., 1985.** Storm depositional systems. Dynamic stratigraphy in modern and ancient shallow-marine sequence. *Springer-Verlag*, Berlin Heidelberg. 174p.

**Allen, J. R. L. 1985.** Principe of physical sedimentology. Allen & Unwin Ltd, London, 272 p.

**Aly, M. F., Smadi, A., Abu Azzam, H., 2008.** Late Cenomanian – Early Turonian ammonites of Jordan. – *Revue de Paléobiologie*, 27 (1), 43–71.

**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 du Laboratoires de Géologie de Lyon*, H. S. 6 : 15-173.

**Amédro, F., Busson, G. & Cornée, A. 1996.** Révision des ammonites du Cénomanién supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert (Sahara algérien) : implication biostratigraphiques. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 18 : 179-232.

**Arkell, W. J. 1957.** Mesozoic Ammonoidea, *passim*. R. C. Moore, ed., Treatise on Invertebrate Paleontology Part L, Mollusca 4, Cephalopoda, Ammonoidca. *The Geological Society of America & The University of Kansas Press*. New York & Lawrence.

**Arthur, M.A., Schlanger, S.O. 1979.** Cretaceous "Oceanic Anoxic Events " as causal factors in developemnt of reef-reservoired giant oil fields. *AAPG Bulletin*, 63(6), 870-885.A.

## B

**Barber, W., 1957.** Lower Turonian ammonites from north-eastern Nigeria. – *Bulletin of geological survey of Nigeria*, **26**: 1–86, 34 pls.

**Barroso-Barcenilla, F., 2007.** Revision and new data of the ammonite family Acanthoceratidae de Grossouvre, 1894, from the lower Turonian of the Iberian Trough, Spain. *Palaeontographica* A280, 123-163.

**Barroso-Barcenilla, F., Goy, A., 2009.** The ammonite genera *Fagesia* and *Neoptychites* (family Vasoceratidae) in the Iberian Trough, Spain. *Geobios*, **42**: 17–42.

**Barroso-Barcenilla, F., Goy, A., 2010.** The ammonite genus *Vascoceras* Choffat, 1898 (family Vasoceratidae Douvillé, 1912) in the Iberian Trough, Spain. *Palaeontographica*, 290 (4-6) : 199-235.

**Basse, E., 1939.** Sur quelques mollusques Crétacés des Corbières Méridionales. *Bulletin de la Société géologique de France* 11 (5), 35–58.

**Basse, E., 1940.** Les céphalopodes crétacés des massifs côtiers syriens. Pt. 2. *Notes et mémoires Haut-commissariat République française en Syrie et au Liban* 3, 411–472.

**Bengtson, P., 1996.** The Turonian stage and substage boundaries. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, Sciences de la Terre 66 (Suppl.), 69–79.

**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 : 68-88.

**Berthou, P. V., Chancellor, G. R., Lauerjat, J., 1985.** Revision of the Cenomanian – Turonian ammonite *Vascoceras* CHOFFAT, 1898 from Portugal. *Comunicações dos Servicos Geológicos de Portugal*, **71**: 55–79.

**Blainville, HMD De., 1825.** Manuel de malacologie et de conchyliologie. Levrault (ed.), Paris et Strasbourg: 664 p. (1825), 87 pl. (1827).

**Blakey, R., 2011.** NAU Geology, for educational, non-profit, non-commercial purposes. <http://jan.ucc.nau.edu/wrcb7/90moll.jpg>.

**Botquelen, A., Loi, A., Gourvennec, R., Leone, F. & Dabard, M.P. 2004.** Formation et signification paléoenvironnementale des concentrations coquillières : exemples de l'Ordovicien de Sardaigne et du Dévonien du Massif armoricain. *Comptes Rendus Palevol*, 3 (5): 353-360.

**Burchette, T.P. & Wright, V.P. 1992.** Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79 (1-4): 3-57.

**Busson, G. 1960.** Sur la coupe du Crétacé supérieur et de l'Eocène inférieur du Tinrhert central (Sahara algérien). *Travaux de Recherches sahariennes*, 19: 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*, Paris (CNRS).

**Busson, G. 1965.** Sur les gisements de céphalopodes crétacés sahariens. *Annales de Paléontologie*, 51 : 153-161.

**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 : 687-703.

**Busson, G. 1972.** Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. *Mémoire du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*, série C - Sciences de la Terre, 441 p.

**Busson, G., Cornée, J. 1996.** L'évènement océanique anoxique du Cénomanién supérieurterminal (95-125). *Société Géologique du Nord*, Publication 23.

**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: 29-46.

## C

**Callapez Tornicher, P.M., 1998.** Estratigrafia e Paleobiologia do Cenomaniano-Turoniano: O significado do eixo da Nazaré-Leiria-Pombal. Thèse Université de Coimbra, 1-491.

**Callapez Tornicher, P.M., Ferreira, A., 2001.** Fósseis de Portugal: Amonóides do Cretácico Superior (Cenomaniano-Turoniano). *Museu Mineralógico Geológico da Universidade de Coimbra largo Marquês de Pombal*, Coimbra 106p.

**Canérot, J., Cugny, P., Pardo, G., Salas, R., Villena, J., 1982.** Précisions stratigraphiques et lithographiques sur le Crétacé inférieur-moyen des bassins côtiers de Safi et d'Essaouira (Maroc). *II<sup>ème</sup> conférence scientifique internationale* du P.I.C.G-U.N.E.S.C.O.n°183, Rabat.

**Canérot, J., Cuny, P., Pardo, G., Salas, R. & Villena, J. 1982.** Ibérica Central-Maestrazgo. In: Universidad Complutense de Madrid (ed.), *El Cretácico de España*: 273-344.

**Canérot, J., Andreu, B., Peybernes, P., 2002.** «Mesozoic carbonate platforms and associated siliciclastic spreadings in Morocco North African Cretaceous rudists and coral formation sand their contributions to carbonate platform development, Tunisia, Nato *Advanced Research Workshop (ARW)*, 13-14.

**Caron, M. & Homewood, P. 1982.** Evolution of early planktonic foraminifers. *Marine Micropaleontology*, 7: 453-462.

**Caron, M., Dall'Agnolo, S., Accarie, H., Barrera, E., Kauffman, E.G., Amedro, F. & Robaszynski, F. 2006.** High resolution stratigraphy of the Cenomanian-Turonian boundary

interval at Pueblo (USA) and wadi Bahloul (Tunisia): stable isotope and bio-events correlation. *Geobios*, 39: 171-200.

**Cavin, L., Tong, H., Boudad, L., Meister, M., Piuz, A., Tabouelle, J., Aarab, M., Amiot, Chancellor, G. R., Kennedy, W. J., & Hancock, J. M., 1994.** Turonian ammonites faunas from central Tunisia. – *Special Papers in Palaeontology*, 50: 1–188.

**Cavin, L., Tong, H., Boudad, L., Meister, C., Piuz A., Tabouelle, J., Aarab, M., Amiot, R., Buffetaut, E., Dyke, E., Hua, G. & Le Loeuff, S. J. 2010.** Vertebrate assemblages from the Early Late Cretaceous of Southeastern Morocco: An overview. *Journal of African Earth Sciences*, 57: 391-412.

**Charrière, A., Andreu, B., Ciszak, R., Kennedy, W.J., Rossi, A., Vila, J.-M., 1998.** La transgression du Cénomanién supérieur dans la Haute Moulouya et le Moyen Atlas méridional, Maroc. *Geobios* 31, 551-569.

**Cheel, R.J., & Leckie, D.A. 1993.** Hummocky cross stratification: Sedimentology Review: Oxford, U.K., *Blackwell Scientific Publications*, 103-122.

**Chiplonkar, G.W., Ghare, M.A., 1976.** Palaeontology of the Bagh beds: Part VII: Ammonoidea. *Bulletin of the Earth Sciences* 4/5, 1-10.

**Choffat, P., 1898.** Les Ammonites du Bellasien, des Couches à *Neolobites vibrayeanus*, du Turonien et du Sénonien. In : Recueil d'Études Paléontologiques sur la Faune Crétacique du Portugal. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal, 2nd Series* : 43-86.

**Choffat, P., 1898.** Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Volume 1, Espèces nouvelles ou peu connues. Deuxième série : Les Ammonées du Bellasien, des Couches à *Neolobites Vibrayeanus*, du Turonien et du Sénonien. –Direction des Travaux Géologiques du Portugal 2: 43–86.

**Chudeau, R., 1909.** Ammonites du Damergou (Sahara méridionale). *Bulletin de la Société Géologique de France* 4 (9), 67-71.

**Cobban, W. A., Hook, S. C., 1980.** The Upper Cretaceous (Turonian) ammonite family Coilopoceratidae HYATT in the Western Interior of the United States. – *United States Geological Survey Professional Paper*, 1192: 1–28.

**Cobban, W.A., 1971.** New and little-known ammonites from the Upper Cretaceous (Cenomanian and Turonian) of the Western Interior of the United States. *United States Geological Survey. Professional Paper*, 699: 1-24.

**Cobban, W.A., Hook S.C., 1983.** Mid-cretaceous (Turonian) ammonite fauna from fence Lake area of west-central New Mexico. *Memoir of the New Mexico Bureau of Mines and Mineral Ressources* 41, 4–49.

**Cobban, W.A., 1987.** The Upper Cretaceous (Cenomanian) Ammonites *Metengonoceras Dumbli* (Cragin) and *M. Acutum* Hyatt. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1690 : 1-7.

**Cobban, W.A., 1988.** The Late Cretaceous Ammonite *Spathites* Kummel & Decker in New Mexico and Trans-Pecos Texas. *In* : Contributions to Late Cretaceous paleontology and stratigraphy of New Mexico, Part. II. *New Mexico State Bureau of Mines and Mineral Resources Bulletin*, 114 (2): 5-22.

**Cobban, W.A., Hook, S.C., Kennedy, W.J., 1989.** Upper Cretaceous rocks and ammonite faunas of southwestern New Mexico. *Memoir of the New Mexico Bureau of Mines and Mineral Ressources* 45, 5–137.

**Collignon. M., 1937.** Ammonites cénomaniennes du sous-ouest de Madagascar. *Ann Geol Serv Min Madagascar* 8:31–69.

**Collignon, M., 1957.** Céphalopodes néocrétacés du Tinrhert (Fezzan). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)* 43 : 113-136.

**Collignon, M., 1964.** Atlas des fossiles caractéristiques de Madagascar (Ammonites), XI Cénomaniens, xi + 152 p. (Tananarive, Service Géologique).

**Collignon, M. 1965.** Nouvelles ammonites néocrétacées sahariennes. *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 5: 165-202.

**Collignon, M., 1965.** Atlas des fossils caractéristiques de Madagascar (Ammonites). XII (Turonien). Service géologique, *Tananarive* : 1–82.

**Collignon, M., 1966.** Les céphalopodes crétacés du bassin côtier de Tarfaya. *Notes et Mémoires Service Géologique du Maroc*, **175**: 1–149.

**Collignon, M. 1971.** Gastéropodes et lamellibranches du Sahara. *Annales de Paléontologie*, 2: 145-202.

**Collignon, M. & Lefranc, J. P., 1974.** Mise en évidence de la communication saharienne entre Téthys et Atlantique sud d'après les fossiles cénomaniens et turoniens du Tademaït (Sahara algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **278**: 2257–2261.

**Cooper, M. R. 1978.** Uppermost Cenomanian-basal Turonian ammonites from Salinas, Angola. *Annals of the South Africa Museum* **75**: 51–152.

**Coquand, M.H., 1862.** Géologie et paléontologie de la région sud de la province de Constantine. *Mém de la Soc Géol Fr 2e sér*, 5: 334 p.

**Courville, Ph., 1992.** Les Vascoceratinae et les Pseudotissotiinae (Ammonitina) d'Ashaka (NE Nigéria). *Bulletin des Centres de Recherches, Exploration et Production Elf-aquitaine* 16 (2), 407-457.

**Cragin, F.W., 1893.** A contribution to the invertebrate paleontology of the Texas Cretaceous. *Texas Geological Survey, 4th Annual Report* (1892), 139–246.

**Crick, G. G., 1919.** On Ammonites navicularis, Mantell: Malacological Soc. London Proc., 13, 154-160.

**Cuvier, G., 1798.** Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux. Paris, pp 448.

## D

**Diener, C., 1925.** Ammonoidea neocretacea. 1: *Animalia. Fossilium Catalogus*. 29: 244p.

**Dhondt, A.V. & Dieni, I., 1992.** Non rudistid bivalves from Cretaceous rudist formations. *Geol. Romana* **28**: 211–218.

**d'Orbigny, A., 1840-1842.** Paléontologie française ; Terrains crétacés. 1, Céphalopodes. Masson édition, Paris, 662 p. 1-120 (1840) ; 121-430 (1841); 431-662 (1842).

**d'Orbigny, A., 1850.** Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés-Terrains crétacés. Masson édition, Paris, 2, 428 pp.

**Douvillé, H., 1890.** Sur la classification des Cératites de la Craie. *Bull. Soc. Geol. Fr.* 18:275–292.

**Douvillé, H., 1912.** Evolution et classification des pulchelliidés. *Bull. Soc. Geol. Fr.* 11(1911): 285–320.

**Douvillé, H., 1928.** Les ammonites de la Craie supérieure en Egypte et au Sinai. *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, **60**: 1–41.

**Dunham, R.J., 1962.** Classification of carbonate rocks according to their depositional texture.

## E

**Eck, O., 1908.** Bemerkungen zu einigen Neolobiten aus der Sammlung. In: Staff H Von & Eck O, Über die Notwendigkeit einer Revision des genus Neolobites Fischer. *Sber Ges naturf Freunde Berl* 9:235– 275.

**Eck, O., 1909.** Bemerkungen über drei neue Ammoniten aus der oberen ägyptischen Kreide. – *Sitzungsberichte der Gesellschaft für Naturforschender Freunde zu Berlin* **3**: 179–191.



**Eck, O. 1914.** Die Cephalopoden der Schweinfurthschen Sammlung aus der oberen Kreide Ägyptens. - Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft **66**: 179-216, Berlin.

**El Qot, G.M., 2006.** Late Cretaceous macrofossils from Sinai, Egypt. *Beringeria* 36, 163 pp.

**El Qot, G. M. 2008.** Upper Cenomanian-Lower Santonian ammonites from Galala Plateaux, North Eastern Desert, Egypt : A systematic Paleontology. *Egyptian Journal of Paleontology*, 8 : 247-289.

**El Qot, G.M., 2010.** Upper Cretaceous echinoids from the Galala Plateaux, North Eastern Desert, Egypt. *Revue de Paléobiologie*, Genève 29 (1), 261-291.

**El Qot, G.M., Fürsich, F.T., Abdel-Gawad, G.I., Ayub-Hanna, W.S., 2009.** Taxonomy and palaeoecology of Cenomanian-Turonian (Upper Cretaceous) echinoids from eastern Sinai, Egypt. *Beringeria* 40, 55-98.

**Embry, A.F., Klovan, J.E., 1971.** A late Devonian reef tract on North-eastern banks island, N.W.T. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **19 (4)**: 730-781.

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

**Ernst, G., Niebuhr, B., Wiese, F., Wilmsen, M., 1996.** Facies development, basin dynamics, event correlation and sedimentary cycles in the Upper Cretaceous of selected areas of Germany and Spain. – In: Reitner, J., Neuweiler, F., Gunkel, F. (Eds.), Global and regional controls on biogenic sedimentation. II. – Cretaceous sedimentation, Research Reports, *Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie* Sb3: 87–100.

**Etheridge, R., 1904.** Cretaceous fossils of Natal; 1, The Umkwelane Hill Deposit, Report of the Geological Survey of Natal and Zululand 1, 71-93.  
**El Qot, G. M., 2006.** Late Cretaceous macrofossils from Sinai, Egypt. *Beringeria* 36, 3-163.

**Ettachfini, El. M. & Andreu, B. 2004.** Le Cénomaniens et le Turonien de la Plate-forme Préafricaine du Maroc. *Cretaceous Research*, 25 (2): 277-302.

**Ettachfini, E.M., Souhel, A., Andreu, B., Caron, M., 2005.** La limite Cenomanien–Turonien dans le Haut Atlas central, Maroc. *Geobios*, 38, 57–68.

**Ettachfini, M., 2008.** La transgression au passage Cenomanien–Turonien sur le domaine atlasique marocain. *Strata Sér 2*: 225 p

## F

**Fabre, S., 1940.** Le Crétacé supérieur de la Basse-Provence occidentale ; 1 Cénomanien et Turonien. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille* 14, 1-355.

**Faouzi Zagarni, M., Hédi Negra, M., Hanini, A., 2008.** Cenomanian–Turonian facies and sequence stratigraphy, Bahloul Formation, Tunisia. *Sedimentary Geology*, 204 (1–2) : 18–35.

**Faure, H., 1966.** Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïque du Niger oriental. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières* 47, 1-630.

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

**Fischer, P., 1882.** Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie Conchyliologique. *Masson éditeur*, Paris.

**Flügel, E., 1982.** Microfacies analysis of Limestones. *Springer-Verlag*, Berlin, 633p.

**Flügel, E., 2004.** Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. *Springer- Verlag*, Berlin, 1-976.

**Flügel F. 2010.** *Microfacies of carbonate rocks—analysis, interpretation and application.* Springer, Berlin Heidelberg New York, 471 p.

**Folk, R. L., 1959.** Practical petrographic classification of limestones. *A. A.P. G.* 43, 1, P.1-38.

**Freund, R., 1961.** Distribution of Lower Turonian ammonites in Israel and the neighbouring countries. *Israel Research Council Bulletin* 10G (1-4), 79-100.

**Freund, R. & Raab, M. 1969.** Lower Turonian ammonites from Israel. – *Special Papers in Palaeontology*, 4: 1–83.

**Frey R.W., Curran A.H. & Pemberton G.S. 1984.** Tracemaking activities of crabs and their environmental significance: the ichnogenus *Psilonichnus*. *Journal of Paleontology*, 58: 511-528.

**Fritzsche, C.H., 1921.** Neue Kreidefaunen aus Südamerika (Chile, Bolivia, Peru, Columbia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Beilage-Band 50, 1-56, 313- 334.

**Furon, R., 1935.** Le Crétacé et le Tertiaire du Sahara soudanais (Soudan, Niger, Tchad). *Muséum National d'Histoire Naturelle Archives, 6th Series*, 13 : 1-96.

## G

**Gabani A., Mammeri C., Adaci M., Bensalah M. & Mahboubi M. 2016.** Le Crétacé continental à vertébrés de la bordure Sud du Plateau de Tinrhert : considérations stratigraphiques et bilan paléontologique. *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie*, 19: 39-61.

**Gale, A.S., Wood, C.J., Kennedy, W.J., Corfield, R.M., 1993.** Chemostratigraphy versus *Geological Society of London* 150(1), 29-32.

**Gale A.S., 2000.** The Cretaceous world. In: Culver S.J & Rawson P.F editors. *Biotic response to global change. The last 145 million years. The Natural History Museum/Cambridge University Press; Cambridge: 4-20.*

**Gale A.S., Smith A.B., Monks N.E.A., Young J.A., Howard A., Wray D.S., Huggett J.M. 2000.** Marine biodiversity through the late Cenomanian- Early Turonian: palaeoceanographic controls and sequence stratigraphic biases. *J Geol Soc* 157:745–757.

**Gale, A.S., Bengtson, P., Kennedy, WJ., 2005.** Ammonites at the Cenomanian-Turonian boundary in the Sergipe basin, Brazil. *Bull.geol Soc Denm* 52:167–191.

**Greco, B., 1915.** Fauna cretacea del l'Egitto raccolta dal Figari Bey. 1 *Cephalopoda*. *Palaeontographia Italica*, Pisa 21, 189-231.

**Grosheny D., Chikhi-Aouimeur F., Ferry S., Benkherouf-Kechid F., Jati M., Atrops F. & Redjimi-Bourouiba W. 2008.** The Upper Cenomanian-Turonian (Upper Cretaceous) of the Saharan Atlas (Algeria). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 179: 593-603.

**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: 66-84.

**Grossouvre, A. De., 1894.** Recherche sur la Craie supérieure. II, Paléontologie. Les ammonites de la Craie supérieure. *Mém Carte géol détaillée Fr* 1–264.

## H

**Hannaa W. S. A., 2011.** Taxonomy and palaeoecology of the Cenomanian-Turonian macro-invertebrates from eastern Sinai, Egypt. *Thèse Doct. Etat*, 418p.

**Hannaa, W.S.A., Fürsich, FT., 2012.** Cenomanian-Turonian ammonites from eastern Sinai, Egypt and their biostratigraphic significance. *Beringeria* 42:57–92.

**Hardenbol, J. & Robaszynski, F., 1998.** Introduction to the Upper Cretaceous. – In: DE Graciansky, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., & Vail, P. R. (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. – SEPM (*Society for Sedimentary Geology*) Special Publication **60**: 329–332.

**Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M. B., Jacquin, T., DE Graciansky, P.-C., Vail, P. R., 1998.** Cretaceous sequence stratigraphy, Chart 4. – In: DE Graciansky, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., Vail, P. R. (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence 196 References Stratigraphy of European Basins*. – SEPM (*Society for Sedimentary Geology*) Special Publication **60**.

**Hart M.B. & Bailey H.W. 1979.** The distribution of planktonic Foraminiferida in the Mid-Cretaceous of NW Europe. In: Wiedmann, J. (Eds.), *Aspekte der Kreide Europas. International Union of Geological Sciences, A (6): 527-542.*

**Hewaidy, A. A., Azab, M. M., Farouk, S. 2003.** Ammonite biostratigraphy of the upper Cretaceous succession in the area West of Wadi Araba, North Eastern Desert, Egypt. – *Egyptian Journal of Paleontology*, **3**: 331–359.

**Howarth, M.K., 1985.** Cenomanian and Turonian ammonites from the Novo Redondo area, Angola. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Geology)* 39, 73-105.

**Hyatt, A., 1889.** Genesis of the Arietidae. *Smithson Contr* 673:238 p.

**Hyatt, A., 1900.** Cephalopoda. In: von Zittel, K.A. 1896–1900, textbook of paleontology, transl. Eastman, C.R., Macmillan London & New York (ed.): 502–604.

**Hyatt, A., 1903.** Pseudoceratites of the cretaceous. U. S. *Geol Surv Monographs* 44:1–250.

## **J**

**Jarvis, I., Carson, G., Cooper, M., Hart, M., Leary, P., Tocher, B., Horne, D., & Rosenfeld, A., 1988.** Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) OAE. *Cretaceous Research* 9, pp.3-103.

**Jourdy, E. 1924.** Histoire naturelle des exogyres. *Annales de Paléontologie*, 13: 1-104.

**Juignet, P., Kennedy, W.J., 1976.** Faunes d'ammonites et biostratigraphie comparée du Cénomaniens du nord-ouest de la France (Normandie) et du sud de l'Angleterre. *Bulletin trimestriel de la Société géologique de Normandie et des amis du Muséum du Havre* 63 (2), 1-193.

**Juignet, W., Kennedy, W.J. & Lebert, A., 1978.** Le Cenomanien du Maine, formations sédimentaires et faunes d'ammonites du stratotype. *Geol. Mediterraneenne*, 5:87-100.

**Jukes-Browne, A. J., 1896.** VI. Critical remarks on some of the fossils. In Jukes-Browne & Hill delimitation of the Cenomanian: being a comparison of the corresponding beds in southwestern England and northern France. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 52, 99-178.

## K

**Kaoukaya, A., Laadila, M., Fedan, B. & Saadi, Z. 2001.** La plate-forme carbonatée liasique au NE d'Errachidia (Haut Atlas oriental, Maroc) : modèle d'organisation des dépôts marginolittoraux. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, 23 : 27-38.

**Kaplan, U., Kennedy, W.J., Lehmann, J., Marcinowski, R., 1998.** Stratigraphie und Ammonitenfaunen des westfälischen Cenoman. *Geologie und Paläontologie in Westfalen* 51, 1-236.

**Karrenberg, H., 1935.** Ammoniten fauna der nordspanischen Oberkreide. *Palaeontographica, Abteilung A* 82, 125-161.

**Kassab, A.S., 1996.** Cenomanian-Turonian Boundary in the Gulf of Suez Region, Egypt: Towards an Inter-regional Correlation, Based on Ammonites. In: *Geological Society of Egypt, Special Publication* 2, 61-98.

**Keller, G., Han, Q., Adatte, T. & Burns, S.-J. 2001.** Palaeoenvironment of the Cenomanian-Turonian transition at Eastbourne, England. *Cretaceous Research*, 22: 391-422.

**Keller, G. & Pardo, A. 2004.** Age and paleoenvironment of the Cenomanian–Turonian global stratotype section and point at Pueblo, Colorado. *Marine Micropaleontology*, 51: 95–128.

**Kennedy, W., J. 1971.** Cenomanian ammonites from southern England. *Special Papers in Paleontology* 8, 133 pp.

**Kennedy, W.J., Klinger, H.C. 1975.** Cretaceous faunas from Zululand and Natal, South Africa. Introduction, Stratigraphy. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology*, 25: 263–315.

**Kennedy, W.J., Wright, C.W., 1979a.** On Kamerunocera REYMENT, 1954 (Cretaceous: Ammonoidea). *Journal of Palaeontology* 53 (5), 1165-1178.

**Kennedy, W.J., Wright, C.W., 1979b.** Vascoceratids ammonites from the type Turonian. *Palaeontology* 22, 665-683.

**Kennedy, W.J., Juignet, P., Hancock, J.M. 1981.** Upper Cenomanian ammonites from Anjou and the Vendee, western France. *Palaeontology*, 24 (1): 25-84.

**Kennedy, W. J., Juignet, P., 1981.** Upper Cenomanian ammonites from the environs of Saumur, and the provenance of the types of *Ammonites vibrayeanus* and *Ammonites geslinianum*. *Cretaceous Research*, 2: 19–49.

**Kennedy, W. J., Cobban, W. A., 1991.** Upper Cretaceous (upper Santonian) Boehmoceras fauna from the Gulf Coast region of the United States. *Geological Magazine* 128, 167-189.

**Kennedy, W.J., Simmons, M.D., 1991.** Mid-Cretaceous ammonites and associated microfossils from the Central Oman Mountains. *Newsletters on Stratigraphy* 25, 127-154.

**Kennedy, W. J. & Juignet, P., 1994.** A revision of the ammonite faunas of the type Cenomanian, 6. Acanthoceratinae (*Calycoceras* (*Proeucalycoceras*), *Eucalycoceras*, *Pseudocalycoceras*, *Neocardioceras*), Euomphaloceratinae, Mammitinae and Vascoceratidae. *Cretaceous Research*, 15: 469–501.

**Kennedy, W.J., Wright, C.W., 1994.** The affinities of *Nigericeras* Schneegans, 1943 (Cretaceous, Ammonoidea). *Geobios*, 27 (5): 583-589.

**Kennedy, W.J., 1994.** Cenomanian ammonites from Cassis, Bouches-du- Rhône, France. *Palaeopelagos Spec Publ* 1:209–254.

**Kennedy, W. J., Cobban W. A., Landman, N. H., 1996.** New records of acanthoceratid ammonoids from the upper Cenomanian of South Dakota. *American Museum Novitates* 3161, 48p.

**Kennedy, W. J., Cobban W. A., Landman, N. H., 1996.** Two species of *Placenticeras* (Ammonoidea) from the upper Cretaceous (Campanian) of the Western Interior of the United States: *American Museum Novitates* 173, 13 p.

**Kennedy, W.J., Klinger, H.C., 2008.** Cretaceous faunas from Zululand and Natal, South Africa. The ammonite family Forbesiceratidae Wright. *African Natural History*, 4: 117-127.

**Kennedy, W.J., Gale, AS., Ward, DJ., Underwood, C.J., 2008.** Early Turonian ammonites from Goulmima, southern Morocco. *Bull Inst r Sci nat Belg* 78:149–177.

**Kennedy, W.J., Gale, AS., 2015.** Upper Albian and Cenomanian ammonites from Djebel Mrhila, Central Tunisia. *Revue Paléobiol* 34:235–361.

**Kidwell, S.M. & Bosence, D.W.J., 1991.** Taphonomy and Time-Averaging of Marine Shelly Faunas, In: P.A.B.E. Allison (Eds.), *Topics in Geobiology*, NewYork: 115-209.

**Klinger, H.C. & Kennedy, W. J., 1989.** Cretaceous faunas from Zululand and Natal, South Africa. The ammonite family Placenticeratidae Hyatt, 1900; With comments on the systematic position of the genus *Hypenoceras* Spath, 1924. *Annals of the South African Museum*, v. 98, 9, p. 241-408.

**Kora, M., Hamama, H., Sallam, H., 2002.** Senonian macrofauna from westcentral Sinai: biostratigraphy and palaeobiogeography. *Egyptian Journal of Paleontology* 2, 435- 258.



**Kossmat, F., 1895-98.** Untersuchungen über die Siidindische kreideformation: Beitr. Palaont.Geol. Oster.-Ungarns u. des Orients. Band 9 (1895), p. 97-203 (1-107), pl. 15-25 (1-11); Rand 11 (1897), p. 1-46 (108-153), pl. 1-8 (12-19); Band 12 (1898), P. 89-152 (154-217), pl. 14-19 (20-25).

## L

**Lapparent, A. F. De 1960.** Les dinosauriens du Sahara central. *Travaux de l'Institut de Recherches sahariennes*, Alger, 19 : 7–22.

**Leckie, R.M., 1985.** Foraminifera of the Cenomanian –Turonian boundary interval, Greenhorn Formation, Rock Canyon Anticline, Pueblo, Colorado, in: L.M. Pratt, E.G. Kauffman, F.B. Zelt (Eds.), *Fine-Grained Deposits and Biofacies of the Cretaceous Western Interior Seaway: Evidence of Cyclic Sedimentary Processes*, SEPM, *Field Trip Guidebook*, vol. 4: 139– 149.

**Leckie, R.-M., Yuretich, R.-F. West, O.-L.-O., Finkelstein D. & Schmidt M. 1998.** Paleoceanography of the South-western Western Interior Sea during the time of the Cenomanian-Turonian boundary (Late Cretaceous). *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 6: 101-126.

**Lehmann, J., Herbig, H.G. 2009.** Late Cretaceous ammonites from the Bou Angueur syncline (Middle Atlas, Morocco) - stratigraphy and palaeobiogeographic implications. *Palaeontographica* A289:45–87.

**Lewy, Z., Kennedy, W. J. & Chancellor, G. E. 1984.** Co-occurrence of *metoicoceras geslinianum* (D'Orbigny) and *vascoceras cauvini* Chudeau (Cretaceous Ammonoidea) in the southern Negev (Israel) and its stratigraphic implications. *Newsletters on Stratigraphy*, 13: 67–76.

**Logan, B.W. 1987.** The MacLeod evaporite basin, Western Australia. Holocene environments, sediments and geological evolution. *The American Association of Petroleum Geologists (AAPG)*, 44: 1-140.

**Lombard, J., 1930.** Céphalopodes et Lamellibranches crétacés du Congo français. Bulletin de la Société géologique France 4 (30), 277-322.

**Luger, P., Gröschke, M. 1989.** Late Cretaceous ammonites from the Wadi Qena area in the Egyptian Eastern Desert. *Palaeontology*, 32 (2): 355–407.

**Lukasik, J.J., James, N. P., Mc Gowran, B. & Bonne, T. 2000.** An epeiric ramp: lowenergy, cool-water carbonate facies in a Tertiary inland sea, Murray Basin, South Australia: *Sedimentology*, 47: 851–881.

**Luppov, N.P., Drushchits, V.V., 1958.** Mollusca Cephalopoda 2. Ammonoidea (Ceratites and Ammonites) and Endocochlia. In: Orlov, YU.A. (Editor), Principles of paleontology Handbook for paleontologists and geologists of the USSR 6, 1-178, 192-359.

## M

**Mantell, G.A., 1822.** The fossils of the South Downs, or illustrations of the geology of Sussex. Rolfe L (ed), London, pp 328.

**Martinez, R., 1982.** Ammonoideos cretácicos del Prepirineo de la Provincia de Lleida: *Publicaciones de Geologia, Universidad Autonoma de Barcelona* 17, 1-197.

**Mebarki, K., Sauvagnat, J., Benyoucef, M., Zaoui, D., Benachour, B. H., Adaci, M., Mahboubi, M., Bensalah, M. 2015.** Ostracodes céno-mano-turonien dans l'Atlas saharien occidental et le Bassin du Guir (Sud-Ouest de l'Algérie) : systématique, biostratigraphie et paléobiogéographie. *Réunions thématiques du Groupe Français du Crétacé*. Les limites d'étages et les étages du Crétacé. Paris le 30 novembre & le 1<sup>er</sup> décembre 2015, UPMC sorbonne Université Paris, pp. 11-14.

**Mebarki, K., Adaci, M., Meister, C., Benyoucef, M., Ferré, B., Läng, E., Cavin, L., Zaoui, D., Desmares, D., Villier, L., Malti, F.-Z., Bensalah, M., 2016.** Lithostratigraphy, Paleoenvironments and sequence evolution of the Cenomanian-Turonian deposits from the Guir area (SW-Algeria). In: Morel, N., Desmares, D., Néraudeau, D. (Orgs.), *Colloque Cénomaniens*, Le Mans, Volume des résumés, pp. 64-65.

**Meek, P.B., 1876.** A report on the invertebrate Cretaceous and Tertiary fossils of the upper Missouri country, 1-629. In Hayden, F.V. *Report of the United States Geological Survey of the Territories 9*. U.S. Government Printing Office, Washington.

**Meister, C., 1989.** Les ammonites du Crétacé supérieur d'Ashaka-Nigéria: analyse taxonomique, ontogénétique, biostratigraphique et évolutive. *Bulletin des Centres de Recherche Exploration-Production Elf-Aquitaine* 13 (Supplement), 1-84.

**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: 55–100.

**Meister, C., Alzouma, K., Lang, J., Mathey, B., Pascal, A. 1994.** Nouvelles données sur les ammonites du Niger oriental (Ténéré, Afrique occidentale) dans le cadre de la transgression du Cénomaniens – Turonien. *Geobios*, 27: 189–219.

**Meister, C., Abdallah, H. 1996.** Les ammonites du Cénomaniens supérieur et du Turonien inférieur de la région de Gafsa-Chotts, Tunisie du centre-sud. *Geobios*, 29 (5): 3–49.

**Meister, C., Rhalmi, M. 2002.** Quelques ammonites du Cénomaniens – Turonien de la région d'Errachidia-Boundnid-Erfound (partie méridionale du Haut Atlas Central, Maroc). *Revue de Paléobiologie*, 21 (2) : 759–779.

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

**Meister, C., Abdallah, H., 2005.** Précision sur les successions d'ammonites du Cénomannien – Turonien dans la région de Gafsa, Tunisie du centre-sud. *Revue de Paléobiologie*, 24 (1) : 111–199.

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

**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: 83–103.

**Meister, C., Piuz, A., 2015.** Cretaceous ammonites from Sultanate of Oman (Adam Foothills). *GeoArabia*, vol. 20, 2: 17-74.

**Montfort, D., 1808.** Conchyliologie systématique et classification méthodique des coquilles ; offrant leurs figures, leur arrangement générique, leurs descriptions caractéristiques, leur noms ; ainsi que leur synonymie en plusieurs langues. Conchyliologie systématique, Tome premier, F. Schoell, Paris, 1-409.

**Moore, K. C., 1957.** Treatise on Invertebrate Paleontology. Part 4, Mollusca, Cephalopoda, Ammonoidea. *The Geological Society of America et The University of Kansas Press*. New York et Lawrence. xxii, 490 p., 558 fig.

**Morel, L., 1998.** Stratigraphie à haute résolution du passage Cénomannien-Turonien. *Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VI-Pierre Marie Curie*, France, 224 pp., [inédit]

## N

**Nagm, E., 2009.** Integrated stratigraphy, palaeontology and facies analysis of the Cenomanian – Turonian (Upper Cretaceous) Galala and Maghra El Hadida formations of the western Wadi Araba, Eastern Desert, Egypt. *Thèse Doct. Etat*, 224p.,

**Nagm, E., Wilmsen, M., Aly, M.F., Hewaidy, A. 2010.** Biostratigraphy of the Upper Cenomanian–Turonian (lower Upper Cretaceous) successions of the western Wadi Araba, Eastern Desert, Egypt. *Newsletters on Stratigraphy* 44, 17–35.

**Nagm, E., 2010.** Integrated stratigraphy, palaeontology and facies analysis of the Cenomanian – Turonian (Upper Cretaceous) Galala and Maghra El Hadida formations of the western Wadi Araba, Eastern Desert, Egypt. *Cretaceous Research*, 28, 1017–1032.

**Nagm, E., Wilmsen, M., 2012.** Late Cenomanian–Turonian (Cretaceous) ammonites from Wadi Qena, central Eastern Desert, Egypt: taxonomy, biostratigraphy and palaeobiogeographic implications. *Acta Geol. Pol.* 62 (1), 63–89.

**Nagm, E., Wilmsen, M., Aly, M., Hewaidy, A., 2010a.** Cenomanian–Turonian (Cretaceous) ammonoids from the western Wadi Araba area, Eastern Desert, Egypt. *Cretaceous Research*, 31, 473–499.

**Nagm, E., Wilmsen, M., Aly, M., Hewaidy, A., 2010b.** Biostratigraphy of the Upper Cenomanian–Turonian (lower Upper Cretaceous) successions of the western Wadi Araba, Eastern Desert, Egypt. *Newsl. Stratigr.* 44, 17–35.

**Nederbragt, A.-J. & Fiorentino, A. 1999.** Stratigraphy and palaeoceanography of the Cenomanian-Turonian Boundary Event in Oued Mellegue, North-Western Tunisia. *Cretaceous Research*, 20, 47-62.

**Néraudeau, D. & Moreau, P. 1989.** Paléocéologie et paléobiogéographie des faunes d'échinides du Cénomaniens nord-aquitain (Charente – Maritime, France). *Geobios*, 22, 293-324.

**Néraudeau, D. 1991.** Lateral variation of size-frequency distribution in a fossil echinoid community and their palaeoecological significance. *Lethaia* (24), 299-309.

**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, 273-313.

**Nield, E.W. & Tucker, V.C.T. 1985.** Paleontology. An introduction. *Pergamon Press*, 178 p.  
**Nzoussi – Mbassani 2003 .** Le céno-mano-turonien de l'atlantique nord (bassin du senegal): environnement de dépôt et évolution diagénétique. implications pétrolières. *Thèse Doct, Etat*, 239 p., 20 fig.

## O

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

## P

**Pascal, A., Rhalmi, M. & Lang, J. 1994.** Les deux systèmes sédimentaires carbonatés de la séquence de dépôt céno-mano-turonienne de la région manganésifère d'Imini (Haut Atlas Central, Maroc), *12<sup>e</sup> Colloque de Stratigraphie et Paléontologie de l'Atlantique Sud*, Angers : 117-118.

**Peron, A., 1889-1895.** Description des mollusques fossiles des terrains Crétacés de la région des Hauts Plateaux de la Tunisie recueillis en 1885 et 1886 par M. Phillipe Thomas. *In Exploration scientifique de la Tunisie*. Imprimerie Nationale Paris, 1-405.

**Pervinquière, L., 1907.** Études de paléontologie tunisienne, 1. Céphalopodes des terrains secondaires. Carte géologique de la Tunisie, 1-438.

**Pratt, B.R., James, N.P. & Cowan, C.A. 1992.** Peritidal carbonates. *In*: Walker, R.G., James, N.P. (Eds.), Facies Models, Response to Sea Level Change. *Geological Association of Canada*, St.Johns : 303-322.

**Purser, B.H. 1983.** Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. *Edition Technip*, Paris, 389 p.

## R

**Read, J. F. 1985.** Carbonate platform facies models. *The American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 69 (1), 1-21.

**Reyment, R.A., 1954b.** Some new Upper Cretaceous ammonites from Nigeria. *Colon Geol Miner Resour.* 4:248–270.

**Reyment, R.A., Tait, E.A., 1972.** Biostratigraphical dating of the early history of the South Atlantic Ocean. *Phil. Trans. Royal Soc.* London B264:55–95.

**Robaszynski, F., Caron, F., Amédro, F., Dupuis, C., Hardenbol, J., Gonzalez Donoso, J.M., Linares, D., Gartner, S., 1993.** Le Cénomaniens de la région de Kalaat Senan (Tunisie centrale). *Revue de Paléobiologie* 12, 351-505.

**Robaszynski, F., Zagrarni, M.F., Caron, M., Amédro, F., 2010.** The global bio-events at the Cenomanian-Turonian transition in the reduced Bahloul Formation of BouGhanem (central Tunisia). *Cretaceous Research* 31, 1–15.

**Robaszynski, F., Amédro, F., Devalque, C., Matrimon, B., 2014.** Le Turonien des massifs d'Uchaux et de la Cèze. *Acad. Roy Belgique Mém. Cl Sci* 4(2):197 p. 48 pl

**Roche, J. 1880.** Sur la géologie du Sahara septentrional. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 91, 890-893.

**Ruault-Djerrab, M., Ferré, B., Kechid-Benkherouf, F. 2012.** Etude micropaléontologique du Cénomano-Turonien dans la région de Tébessa (NE Algérie): Implications paléoenvironnementales et recherche de l'empreinte de l'OAE2. *Revue de paléobiologie*, 31 (1), 127-144.

**Ruault-Djerrab, M., Kechid-Benkherouf, F. & Djerrab, A. 2014.** Données paléoenvironnementales sur le Vraconien/Cénomaniens de la région de Tébessa (Atlas saharien, nord-est Algérie). Caractérisation de l'OAE2. *Annales de Paléontologie*, 100, 343-359.

**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, 33 p.

## S

**Sattler, U., Immenhauser, A., Hillga, H.R. & Esteban, M. 2005.** Characterization, lateral variability and lateral extent of discontinuity surfaces on a Carbonate Platform (Barremian to Lower Aptian, Oman). *Sedimentology*, 52,339-361.

**Schneegans, D., 1943.** Invertébrés du Crétacé supérieur du Damergou (Territoire du Niger). *Bulletin de la Direction des mines, Gouvernement général de l'Afrique Occidentale Française*, 7, 13-166.

**Schöbel, J., 1975.** Ammoniten der Familie Vascoceratidae aus dem unteren Unterturon des Damergou-Gebietes, République du Niger. *Publications from the Palaeontological Institution of the University of Uppsala, Doctoral thesis at Uppsala University, Special volume 1975*, 3, 3-135.

**Sharpe, D., 1855.** Description of the fossil remains of Mollusca found in the Chalk of England. I, Cephalopoda. *Monograph of the Palaeontographical Society London*, 27–36.

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

**Soua, M., 2005.** Biostratigraphie de haute résolution des foraminifères planctoniques du passage Cénomanién-Turonien et impact de l'événement anoxique EAO-2 sur ce groupe dans la marge sud de la Téthys, exemple régions de Jerissa et Bargou. *Mémoire de Mastère, Univ., de Tunis El Manar*, 1-169.

**Spath, L., F., 1923.** *The ommonites of the Shales-with- Beef: Quart. Jour. Geol. Soc.* (London), v.79, p. 66-88.



**Spath, L., F., 1925.** *Ammonites and aptychi* [from Somaliland]: *Mon. Hunterian Mus. Univ. Glasgow*, v. 1, p. 111-164, pl. 15-16.

**Stankievich, E.S., Pojarkova, Z.N., 1969.** Vascoceratids from the Turonian of southern Kirgisia and the Tadzhiksian depression] In: BARKHATOVA, N.N. (Editor), Continental formations of eastern regions of Soviet Central Asia and Kazakhstan. Lithology and biostratigraphy. Akademia Nauk SSSR, Institut Geologii Geokhronologi Dokember Laboratoriia Kontinentalnykh Obrazovani. Leningrad, 86-111.

**Stoliczka, F., 1864.** Ammonitidae, with revision of the Nautilidae, 57-106, in Blandford and Stoliczka (eds.), The fossil Cephalopoda of the Cretaceous rocks of southern India: *Memoirs of the Geological Survey of India*, Palaeontologica Indica 3, 1-216.

**Solger, F., 1904.** Die Fossilien der Mungokreide in Kamerun und ihre geologische Bedeutung. *Beitr Geol Kamerun* 2:85–242.

**Szász, L., 1986.** Lower Turonian ammonite assemblage in the Maramures Mountains (east Carpathians Romania). *D Seam Inst Geol Geof Rom* 70:117–134.

## T

**Tabaste, N. 1963.** Etude des restes de poissons du Crétacé Saharien. Institut Français d’Afrique Noire, *Mélanges ichthyologique*, Dakar, 436–499.

**Tchenar, S., Zaoui, D., Adaci, M., Bensalah, M., Benyoucef, M., Kentri, T. & Fekih, N-H. 2015.** Le passage céno-mano-turonien dans le bassin du Tinrhert (Sahara algérien): Lithologie et répartition de la microfaune. *Bulletin du Service Géologique National*, 26 (1), 23-41.

**Tchenar, S., 2016.** Evènements sédimentologiques et évolution de la microfaune des séries céno-mano-turonien en Algérie - Bassin du Tinrhert, SE algérien. *Thèse Doct, Etat*, 227 p., 65 fig., 3 pl.

**Thomel, G., 1972.** Les Acanthoceratidae cénomaniens des chaînes subalpines méridionales. *Mém. Soc. Geol. Fr* 116:1–204.

**Thomel, G. 1992.** Ammonites du Cénomaniens et du Turonien du sud-est de la France, 2. *Serre Éditeur*, Nice, 383p.

**Tucker, M.E. & Wright, V.P. 1990.** Carbonate sedimentology, *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 482 p.

## V

**Videt, B. 2004.** Dynamique des paléoenvironnements à huîtres du Crétacé supérieur nord-aquitain (SO France) et du Mio-Pliocène andalou (SE Espagne) : Biodiversité, analyse séquentielle, biogéochimie. *Mémoire Géosciences*, Rennes, 108, 1-261.

**Videt, B. & Néraudeau, D. 2007.** Paléoécologie des ostréidés cénomaniens de la bordure nord du Bassin aquitain (SW France). *Bulletin de la Société géologique de France*, 178 (1), 39-50.

**Von Koenen, A., 1898.** Nachtrag zu über Fossilien des unteren Kreide am Ufer der Mungo in Kamerun. *Abh K GesWiss Goettingen* 1:51–65.

## W

**Wiedmann, J., 1960.** Le Crétacé supérieur de l'Espagne et du Portugal et ses Céphalopodes. *In* : Colloque sur le Crétacé Supérieur Français (Dijon, 1959). *Comptes Rendus de Congrès de la Société savante de Paris*, Section Sciences, 1959, 709-764.

**Wiese, F., Schulze, F. 2005.** The upper Cenomanian (Cretaceous) ammonites *Neolobites vibrayanus* (D'ORBIGNY, 1841) in the Middle East: taxonomic and palaeoecologic remarks. *Cretaceous Research*, 26, 930–946.

**Wilmsen, M. 2000.** Late Cretaceous nautilids from northern Cantabria, Spain. *Acta Geologica Polonica*, 50 (1), 29–43.

**Wilson. J.L., 1975.** Carbonate facies in geologic history. *Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York*, 470p.

**Woods, H., 1911.** The palaeontology of the Upper Cretaceous deposits of northern Nigeria. *B Geosci*, 62(1): 63–89. *In: Falconer JD (ed) The geology of northern Nigeria. Macmillan, London*, pp. 273–286.

**Wright, C. W., Kennedy, W. J., 1981.** The Ammonoidea of the Plenus Marls and the Middle Chalk. *Monographs of the Palaeontological Society*, London 560 (134) : 1–148.

**Wright, C.W., Kennedy, W.J., 1990.** The Ammonoidea of the Lower Chalk. *Monograph of the Palaeontographical Society*, London 144, 219-294.

**Wright, C.W., Callomon, J.H. et Howarth, M.K. 1996.** Cretaceous Ammonoidea. – In: KAESLER, R.L. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca* 4(4): 362pp., Boulder (Geological Society of America) and Lawrence (University of Kansas).

## Z

**Zaborski, P. M. P., 1990.** The Cenomanian and Turonian (mid-Cretaceous) ammonite biostratigraphy of north-eastern Nigeria. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology* 46, 1-18.

**Zaborski, P.M.P., 1993.** Some new rare Upper Cretaceous ammonites from northeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 17, 359-371.

**Zaborski, P.M.P., 1995.** The Upper Cretaceous ammonite *Pseudaspidoceras* Hyatt, 1903, in north-eastern Nigeria. *Bulletin of the British Museum (Natural History) London, Geology*, 51, 53-72.

**Zaborski, P.M.P., 1996.** The Upper Cretaceous ammonite *Vascoceras* Choffat, 1898 in north-eastern Nigeria. *Bulletin of the British Museum of Natural History London, Geology*, 52,61-89.

**Zagrarni, M.-F., Negra, M.-H. & Hanini, A. 2008.** Cenomanian-Turonian facies and sequence stratigraphy, Bahloul Formation, Tunisia. *Sedimentary Geology*, 204, 18-35.

**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 Tinrhert (Sahara, Algérie): résultats préliminaires, *Revue de Paléobiologie* 35 (2): 541-559

## **LISTE DES FIGURES**

## Liste des figures

### *Chapitre I : Introduction*

- Fig. 1.1** - Position du Plateau de Tinrhert par rapport à la marge africaine de la Téthys (Philip et Floquet, 2000, *in* Nagm, 2009, modifiée)..... 03
- Fig. 1.2** - Situation géographique du Tinrhert par rapport aux grands ensembles géologiques de l'Algérie (A) et présentation géographique de la région d'étude (B) (Amédro et al., 1996, modifiée)..... 05
- Fig. 1.3**- Carte géologique simplifiée de la Hamada du Tinrhert et localisation des coupes étudiées (d'après la carte géologique de Fort Flatters au 1/500 000 ; Busson, 1964)..... 07

### *Chapitre II :Description de la série étudiée et paléoenvironnement*

- Fig. 2. 1**- Corrélations lithostratigraphiques, d'Ouest en Est, le long du plateau de Tinrhert..... 12
- Fig. 2. 2**- Illustrations photographiques de la Formation des Argiles à gypse..... 14
- Fig. 2. 3** – Illustrations photographiques de l'Unité des Calcaires pré-*Neolobites* . 16
- Fig. 2. 4**- Illustrations photographiques de l'Unité des Calcaires à *Neolobites* ..... 18
- Fig. 2. 5**- Illustrations photographiques de l'Unité des Calcaires à *Vascoceras*..... 20
- Fig. 2. 6**- Vue panoramique de l'Unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras*..... 21
- Fig. 2. 7**- Illustrations photographiques de l'Unité Mixte silicoclastique-carbonatée..... 24
- Fig. 2. 8**- Illustrations photographiques de l'Unité mixte silicoclastique-carbonatée..... 25
- Fig. 2. 9**- Vues panoramiques de la Formation de Marnes médianes et celle des Calcaires supérieurs dans la coupe Gour Ben Houillet..... 26
- Fig. 2. 10**- Illustrations photographiques de la partie supérieure de la Formation des Marnes médianes..... 27
- Fig. 2. 11**- Illustrations photographiques de la Formation des Calcaires supérieurs..... 29

<b>Fig. 2. 12-</b> Photos de foraminifères en lames minces (Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> ). .....	33
<b>Fig. 2. 13-</b> Microfaciès de l'Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	35
<b>Fig. 2. 14-</b> Photos de foraminifères en lames minces de l'Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	36
<b>Fig. 2. 15-</b> Microfaciès de l'Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	37
<b>Fig. 2. 16-</b> Microfaciès de l'Unité des Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	38
<b>Fig. 2. 17-</b> Microfaciès des Formations des Marnes médianes (A) et des Calcaires supérieurs(B).....	40
<b>Fig. 2. 18-</b> Modèle hypothétique présentant les dépôts céno-mano-turonien du plateau de Tinrhert.....	45
 <b>Chapitre III :Paléontologie, biostratigraphie et paléobiogéographie</b>	
<b>Fig. 3.1-</b> Différentes dimensions mesurées sur les spécimens de céphalopodes...	49
<b>Fig. 3. 2-</b> <i>Angulithes mermeti</i> (Coquand), Cenomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	52
<b>Fig. 3. 3- a-</b> <i>Angulithes mermeti</i> (Coquand); <b>b-</b> <i>Eutrephoceras</i> sp.; <b>c-</b> <i>Eutrephoceras</i> sp.; <b>d-</b> <i>Placenticeras</i> cf. <i>kaffrarium</i> Etheridge, Cenomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	55
<b>Fig. 3. 4- a-</b> <i>Neolobites vibrayeanus brancai</i> ECK ; <b>b-d</b> <i>Neolobites (vibrayeanus) vibrayeanus</i> (Orbigny), Cénomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	58
<b>Fig. 3. 5- a-</b> <i>Metengonoceras dumbli</i> (Cragin), Cénomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> ; <b>b-</b> <i>Forbesiceras</i> cf. <i>largilliertianum</i> (Orbigny), Cénomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> ; <b>c-</b> <i>Calycoceras (Calycoceras) naviculare</i> (Mantell), Cénomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	62
<b>Fig. 3. 6-a-</b> <i>Calycoceras (Calycoceras) naviculare</i> (Mantell), Cénomanien supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	64

<b>Fig. 3. 7-a-</b> <i>Calycoceras (Calycoceras) naviculare</i> (Mantell), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> ;	
<b>b-</b> <i>Eucalycoceras</i> sp., <b>c-</b> <i>Eucalycoceras pentagonum</i> (Jukes-Browne), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> .....	69
<b>Fig. 3. 8-a-</b> <i>Calycoceras (Proeucalycoceras)</i> sp.; <b>b-</b> <i>Cunningtoceras tinrhertense</i> (Collignon), (Amédéo et al., 1996); <b>c-</b> <i>Cunningtoceras tinrhertense</i> (Collignon), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> ; <b>d-</b> <i>Nigericeras gadeni</i> (Chudeau), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	72
<b>Fig. 3. 9- a-f-</b> <i>Nigericeras gadeni</i> (Chudeau), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	74
<b>Fig. 3. 10- a- b-</b> <i>Fikaites subtuberculatus</i> (Collignon), <b>c-d-</b> <i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i> (Choffat), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	78
<b>Fig. 3. 11- a, c</b> <i>Pseudaspidoceras grecoi</i> Collignon, <b>b-</b> <i>Fikaites laffitei</i> (Collignon), Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	80
<b>Fig. 3. 12 -a-</b> <i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i> (Choffat); <b>b-</b> <i>Pseudaspidoceras</i> sp., <b>c-d-</b> <i>Rubroceras burroense</i> Cobban, Hook et Kennedy, Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	83
<b>Fig. 3. 13- a-</b> <i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i> (Choffat), <b>b-</b> <i>Vascoceras gamai</i> Choffat, <b>c-</b> <i>Vascoceras cauvinii</i> Chudeau, Cénomaniensupérieur. Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	89
<b>Fig. 3. 14- a-</b> <i>Vascoceras cauvinii</i> Chudeau, <b>b-c-</b> <i>Rubroceras burroense</i> Cobban et al., Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	90
<b>Fig. 3. 15- a-</b> <i>Vascoceras cauvinii</i> Chudeau, <b>b-</b> <i>Fikaites</i> sp., Cénomaniensupérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> .....	91
<b>Fig. 3. 16-</b> Variation d'épaisseurs chez l'espèce <i>Vascoceras cauvinii</i> Chudeau (Plateau de Tinrhert).....	92



<b>Fig. 3. 17- a-c-</b> <i>Vascoceras glabrum</i> (Barber), Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Vascoceras</i> ; <b>d-</b> <i>Fagesia peroni</i> Pervinquière, Turonien inférieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	97
<b>Fig. 3. 18- a- b-</b> <i>Pseudotissotia nigeriensis</i> (Woods), Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	100
<b>Fig. 3. 19-</b> <i>Pseudotissotia nigeriensis</i> (Woods), Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	101
<b>Fig. 3. 20- a-</b> <i>Pseudotissotia nigeriensis</i> (Woods); <b>b-</b> <i>Eotissotia simplex</i> Barber; <b>c-</b> <i>Choffaticeras pavillieri</i> Pervinquière; Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> ; <b>d-</b> <i>Hoplitoides wohltmanni</i> (Von Koenen), Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> ; <b>e-</b> <i>Kamerunoceras turoniense</i> (Orbigny), Formation des Calcaires inférieurs, Unités Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> et Formation des Marnes médianes.....	106
<b>Fig. 3. 21-</b> Sections de tour de quelques ammonites, (a) <i>Placentoceras</i> cf. <i>kaffrarium</i> Etheridge, (b) <i>Fikaites laffitei</i> (Collignon), (c) et (d) <i>Fikaites subtuberculatus</i> (Collignon), (e) <i>Fikaites</i> sp., (f) et (i) <i>Pseudaspidoceras grecoi</i> Collignon, (j) et (k) <i>Pseudaspidoceras pseudonodosoides</i> (Choffat), (l) <i>Eotissotia simplex</i> barber, (m) <i>Fagesia peroni</i> pervinquière, (n) <i>Pseudotissotia nigeriensis</i> (Woods), (o) <i>Choffaticeras sinaiticum</i> Douvillé, (p) <i>Hoplitoides wohltmanni</i> (Von Koenen), (q) <i>Choffaticeras meslei</i> (Peron).....	107
<b>Fig. 3. 22- a-</b> <i>Choffaticeras (Choffaticeras) meslei</i> (Peron), Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	108
<b>Fig. 3. 23 -a-</b> <i>Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum</i> Douvillé, Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> et Formation des Marnes médianes; <b>b-</b> <i>Choffaticeras</i> sp., Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	113
<b>Fig. 3. 24-</b> <i>Hoplitoides wohltmanni</i> (Von Koenen), Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	114
<b>Fig. 3. 25-</b> <i>Hoplitoides wohltmanni</i> (Von Koenen), Formation des Calcaires inférieurs, Unité Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	115
<b>Fig. 3. 26-</b> Illustration photographique de quelques huîtres et un rudiste.....	118
<b>Fig. 3. 27-</b> Illustration photographique de quelques bivalves, du Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> et du Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.....	120
<b>Fig. 3. 28-</b> Illustration photographique de quelques gastéropodes, du Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.....	122

<b>Fig. 3. 29-</b> Illustration photographique de quelques gastéropodes (suite) du Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.....	124
<b>Fig. 3. 30-</b> Illustration photographique de quelques échinides du Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> et du Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.....	126
<b>Fig. 3. 31-</b> Illustration photographique de quelques échinides (suite) du Turonien inférieur à moyen, Formation des Marnes médianes et du Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires.....	128
<b>Fig. 3. 32-</b> Illustration photographique de quelques échinides (suite) du Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, Unité des Calcaires à <i>Neolobites</i> et du Turonien inférieur, Formation des Marnes médianes.....	130
<b>Fig. 3. 33-</b> Photographies d'ossicules de roveacrinides en lame mince, dans le Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs.....	132
<b>Fig. 3. 34-</b> Photographies d'ossicules de roveacrinides en lame mince, dans le Turonien inférieur, dans les Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i> .....	133
<b>Fig. 3. 35-</b> Distribution verticale des ammonites du Cénomano-Turonien dans la partie occidentale du plateau de Tinrhert.....	137
<b>Fig. 3. 36-</b> Distribution verticale des ammonites du Cénomano-Turonien dans la coupe de Bordj Omar Driss.....	138
<b>Fig. 3. 37-</b> Distribution verticale des ammonites du Cénomano-Turonien dans la partie est du plateau de Tinrhert.....	139
<b>Fig. 3. 38-</b> Distribution des ammonites cénomano-turoniennes du plateau de Tinrhert et bioévénements.....	140
<b>Fig. 3. 39-</b> Tableau de corrélation des zones d'ammonites cénomano-turoniennes du plateau de Tinrhert avec les régions avoisinantes.....	141
<b>Fig. 3. 40-</b> Reconstitution paléogéographique (Blakey, 2011) et distribution des ammonites cénomano-turonienne dans le plateau de Tinrhert au cours des bioévénements A1-A2 et B1.....	146
<b>Fig. 3. 41-</b> Reconstitution paléogéographique (Blakey, 2011) et distribution des ammonites cénomano-turonienne dans le plateau de Tinrhert au cours des bioévénements C1-C2-C3 et D1-D2-D3.....	147
<b>Fig. 3. 42-</b> Reconstitution paléogéographique (Blakey, 2011) et distribution du macrobenthos cénomano-turonien dans le plateau de Tinrhert et dans quelques régions avoisinantes.....	148

<b>Fig. 3. 43</b> Biostratigraphie autour de la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe de Bordj Omar Driss.....	152
<b>Fig. 3. 44-</b> Biostratigraphie autour de la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe de Takouazet.....	153
<b>Fig. 3. 45-</b> Biostratigraphie autour de la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe d'Oued Ountalek.....	154
<b>Fig. 3. 46-</b> Biostratigraphie autour de la limite Cénomanién-Turonien dans la coupe d'Oued In Adaoui.....	155
<b>Fig. 3. 47-</b> Calage entre les données géochimiques (Grosheny et al., 2013) et lithologiques dans la coupe de Bordj Omar Driss.....	156

## **Annexes : Publications**

REVUE DE

VOLUME 35(2) – 2016

# PALÉOBIOLOGIE

**m**séum  
genève

Une institution  
Ville de Genève

[www.museum-geneve.ch](http://www.museum-geneve.ch)



## Le Cénomano-Turonien dans la Hamada du Tinrhert (Sahara, Algérie) : résultats préliminaires

Djamila ZAOUI<sup>1\*</sup>, Soumia TCHENAR<sup>1</sup>, Madani BENYUCEF<sup>2\*</sup>, Christian MEISTER<sup>3</sup>,  
Mohammed ADACI<sup>1</sup>, André PIUZ<sup>3</sup>, Kaddour MÉBARKI<sup>1</sup>, Mustapha BENSALAH<sup>1</sup>,  
Abdelhamid GABANI<sup>4</sup> & M'hammed MAHBOUBI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche n° 25, Université de Tlemcen, BP. 119, 13000 Tlemcen, Algérie

<sup>2</sup> Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Mascara, 29000, Mascara, Algérie

<sup>3</sup> Muséum d'histoire naturelle, CP 6434, CH-1211 Genève 6, Suisse

<sup>4</sup> Laboratoire de Paléontologie stratigraphique et paléoenvironnement, Université d'Oran, BP. 1524, El M'naouer, Oran 31000, Algérie

\* Auteurs correspondants : Djamila Zaoui, E-mail : [m\\_adaci@yahoo.fr](mailto:m_adaci@yahoo.fr) et  
Madani Benyucef, E-mail : [benyucefmada@gmail.com](mailto:benyucefmada@gmail.com)

### Résumé

Le présent travail vise à donner une description litho-, biostratigraphique, une analyse sédimentologique et une interprétation paléoenvironnementale du Cénomano-Turonien de la partie orientale du Tinrhert (sud-est algérien). Cinq coupes stratigraphiques ont été levées et échantillonnées. Sur la base des caractéristiques lithologiques et paléontologiques, les dépôts analysés ont été divisés en trois formations à unités lithostratigraphiques informelles : (1) La Formation des Calcaires inférieurs comprend quatre unités : (a) les calcaires pré-*Neolobites*, (b) les calcaires à *Neolobites*, (c) les calcaires à *Vascoceras* et (d) les marno-calcaires à *Hoffaticeras*. (2) La Formation des Marnes médianes est très homogène dans la partie orientale de la Hamada du Tinrhert et se distingue dans la partie occidentale (secteur de Bordj Omar Driss) par l'individualisation de deux unités à caractères lithologiques distincts : (a) une unité silicoclastique et (b) une autre carbonatée ; (3) la Formation des Calcaires supérieurs correspond à une barre carbonatée d'épaisseur métrique très continue dans l'aire étudiée. Le découpage biostratigraphique est basé sur l'analyse de nouvelles récoltes d'ammonites qui correspondent à une période couvrant le Cénomani supérieur (zone à *Calycoceras guerangeri*) et le Turonien inférieur (zone à *Watinoceras coloradoense*), soit environ 3 millions d'années. A défaut de marqueurs paléontologiques précis, la limite C-T reste difficile à cerner. L'étude sédimentologique à partir de l'analyse des faciès permet de définir les mécanismes et l'organisation des dépôts. Quinze faciès sédimentaires (FT1 à FT15) ont été reconnus et regroupés en cinq assemblages de faciès appartenant à des environnements de dépôt allant de la rampe proximale à la rampe distale, voire jusqu'au bassin.

### Mots-clés :

Cénomano-Turonien, Tinrhert, Algérie, Biostratigraphie, Paléoenvironnement.

### Abstract

**The Cenomano-Turonian in the Tinrhert Hamada (Sahara, Algeria): preliminary results.**- The present study offers a litho-, biostratigraphic description, sedimentological analysis and a palaeoenvironmental interpretation of the Cenomano-Turonian deposits of the Eastern Tinrhert Hamada (Southeastern Algeria). Five sections were measured and sampled. On the basis of lithological and paleontological features, three formations have been distinguished and divided in lithostratigraphic units : (1) The Lower limestones Formation includes four units (a) the pre-*Neolobites* limestones unit, (b) the *Neolobites* limestones unit, (c) the *Vascoceras* limestones unit and, the (d) limestone-marlstone with *Hoffaticeras* unit. (2) The Middle marls Formation is very homogenous in the eastern part of the study area. In the western part (Bordj Omar Driss sector), it can be divided into two units: (a) The silicoclastic unit and (b) the carbonate unit. (3) The Upper limestones Formation corresponds to a meter thick carbonate bar extending with great continuity in the studied area. The biostratigraphic study is based on the analysis of ammonites corresponding to a period covering the early Late Cenomanian (*Calycoceras guerangeri* zone) and Lower Turonian (*Watinoceras coloradoense* zone), about 3 millions years. The C-T boundary remains elusive because no marker is present at this level. The detailed sedimentological study from the facies analysis led to define the mechanisms and organization of deposits. Fifteen sedimentary facies (FT1 to FT15) have been recognized and grouped into five facies associations belonging to homoclinal ramp indeed basin settings.

**Keywords :** Cenomano-Turonian, Tinrhert, Algeria, Biostratigraphy, Palaeoenvironment.

---

Soumis avril 2016, accepté juillet 2016

Rédacteur en charge : L. Cavin

DOI: 10.5281/zenodo.269619

## 1. INTRODUCTION

Dans la partie orientale de la plateforme saharienne, les dépôts marins du Cénomano-Turonien reposent sur les puissantes séries détritiques rouges, souvent riches en vertébrés (In Akhamil et Djoua), et attribuées au Crétacé inférieur par Lapparent (1960) et Tabaste (1963), voire au Cénomanién inférieur par Gabani *et al.* (2016). Ces terrains marins ont fait l'objet, dans les années 1955-1956, de la plus importante mission de prospection intitulée BRP-Tinrhert dont les résultats ont permis la publication de la première carte géologique au 1/200000° d'une partie de la Hamada du Tinrhert par Rumeau *et al.* (1957). Ces derniers subdivisaient la série en une triade lithologique (Calcaires inférieurs, Marnes médianes et Calcaires supérieurs) et l'attribuaient au Turonien. Les travaux de Busson (1960, 1964, 1965, 1969 et 1972) permettront de préciser la lithologie de la triade, d'attribuer la base des calcaires inférieurs au Cénomanién supérieur et le reste de la série au Turonien et de publier la carte géologique au 1/500000° de Fort Flatters. Cette triade lithologique a fait également l'objet d'études paléontologiques et biostratigraphiques : l'étude des bivalves et des gastéropodes (Colligon, 1971 et Amard *et al.*, 1981); l'étude systématique des échinides (Néraudeau *et al.*, 1993) et l'étude des ammonites (Collignon, 1957, 1965; Amédro *et al.*, 1996; Busson *et al.*, 1999) qui a apporté des précisions stratigraphiques sur le Cénomanién supérieur et le Turonien. Depuis les travaux de ces derniers auteurs, qui se sont peu intéressés à l'aspect sédimentologique, cette région n'a pas été étudiée, à l'exception de la synthèse sur le Cénomano-Turonien de la plate-forme saharienne établie par Grosheny *et al.* (2013) et l'étude micropaléontologique réalisée par Tchenar *et al.* (2015). Dans le cadre de la présente note, à partir d'une nouvelle analyse lithostratigraphique, biostratigraphique et sédimentologique basée sur de nouvelles données obtenues lors des missions de prospections réalisées entre 2013 et 2015 du Cénomanién-Turonien du Tinrhert, nous complétons la description de la série et la reconstitution des environnements de dépôt que l'on relie à l'évolution eustatique de la bordure nord du craton africain durant le Crétacé supérieur.

## 2. CADRE GÉNÉRAL DE LA RÉGION D'ÉTUDE

La région d'étude occupe la partie sud-est de l'Algérie et correspond à la partie orientale du Plateau de Tinrhert (Hamada du Tinrhert), situé à 550 m d'altitude. Ce plateau crétacé, de direction sud-ouest/nord-est, s'étend sur plus de 300 km depuis le môle d'El Biod-Baguel à l'ouest en Algérie, jusqu'à l'arc de Tihemboka près de Rhadamès à l'est, dans le sud-ouest libyen (Acheche *et al.*, 2001). Il est limité par le Grand Erg oriental au nord et par l'Erg Isouane et le bassin d'Illizi au sud. Il comporte l'une des séries Crétacé supérieur les plus spectacu-

lares de la marge africaine de la Téthys. Ces terrains sont concordants sur les termes détritiques attribués à l'Infra-Cénomanién (Albien). Ils se présentent dans le paysage sous forme de corniches carbonatées parallèles, séparées par des talus argileux ou marneux. Du sud vers le nord, dans l'ordre stratigraphique, on distingue (Fig. 1) : la corniche du Cénomanién supérieur-Turonien inférieur qui surmontent les argiles gypsifères rouges à verdâtres du Cénomanién inférieur-moyen ; la corniche turonienne qui succède à une épaisse formation marneuse verdâtre du Turonien inférieur ; la corniche du Santonien-Campanien et la corniche du Maastrichtien, séparées par des argiles gypseuses rouges. Ces corniches fournissent d'excellents repères visuels, à la fois sur le terrain et lors de l'examen des fonds topographiques et des images satellitaires. Le présent travail s'intéressera uniquement aux deux premières corniches, dont les conditions d'affleurement des dépôts cénomano-turonien sont particulièrement favorables à une étude sédimentologique détaillée et à la récolte des fossiles.

## 3. DESCRIPTION DE LA SÉRIE

La description de la série cénomano-turonienne de la Hamada du Tinrhert s'appuie sur l'analyse détaillée de cinq coupes réparties le long des limites d'érosion, entre les Gours Ben Houillet à l'ouest et Oued In Adaoui à l'est (Fig. 1, 2 et 3). Ci-après, le nom et les coordonnées géographiques des coupes réalisées :

Coupe des Gour Ben Houillet : X = 6°25'0.20"E ;

Y = 28°10'23.70"N

Coupe des Gour Belkhouilled : X = 6°42'21.30"E ;

Y = 28°11'3.60"N

Coupe de Bordj Omar Driss : X = 6°47'56.92"E ;

Y = 28°12'0.37"N

Coupe de Oued Takouazet : X = 7°52'4.00"E ;

Y = 28°33'24.00"N

Coupe de Oued In Adaoui : X = 9° 1'31.30"E ;

Y = 28°47'43.10"N

Pour décrire cette série, la terminologie de Busson (1960) est appliquée aux grands ensembles lithologiques identifiés : 1- Argiles à gypse ; 2- Calcaires inférieurs ; 3- Marnes médianes ; et 4- Calcaires supérieurs. Toutefois, dans la coupe la plus complète (secteur de Bordj Omar Driss), nous avons subdivisé, en plus, les formations des Calcaires inférieurs et des Marnes médianes en unités lithostratigraphiques informelles (Fig. 2 et 3), dont chacune est dotée de ses propres caractères lithologiques, paléontologiques, sédimentologiques et environnementaux.

### 3.1. Argiles à gypse

Cette formation n'a pas fait l'objet d'une étude détaillée dans le présent travail. Elle occupe de très grandes étendues et elle est formée d'une alternance d'argiles ver-

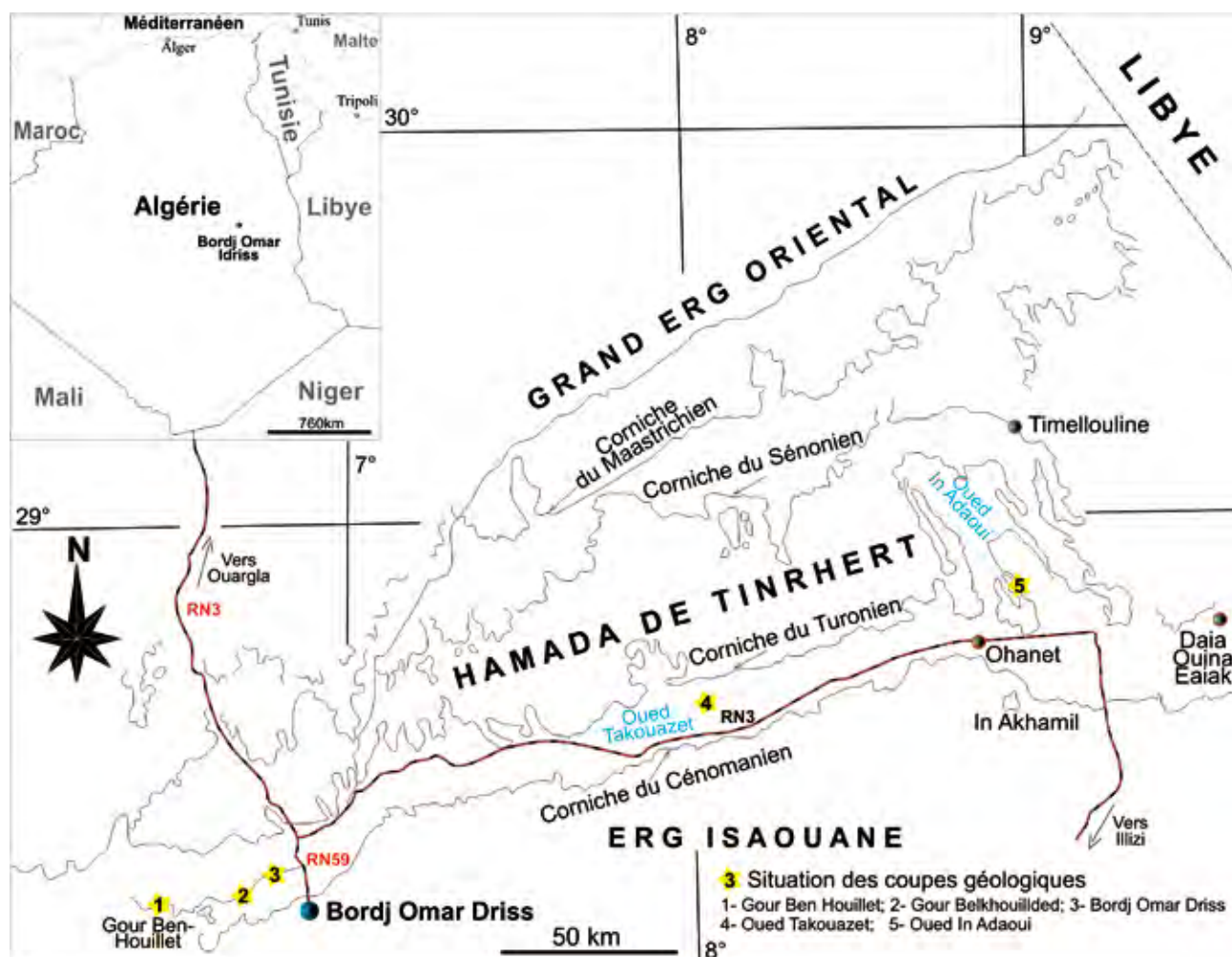


Fig. 1: Cadre général de la région d'étude et situation des coupes étudiées.

dâtres à rougeâtres avec des bancs de gypse fibreux ou massifs, d'épaisseur millimétrique à métrique. La partie supérieure de cette entité lithologique, assez homogène, se distingue par des intercalations dolomitico-argileuses verdâtres et gypseuses à lamines algaires ondulées. Les résidus de lavage de certains échantillons argileux n'ont fourni que des dasycladales, des fragments de gypse et de pyrite.

### 3.2. Calcaires inférieurs

Les dépôts de cette formation correspondent à la corniche cénomanienne qui affleure dans la plateforme saharienne (Tinrhert et Tademaït). Le contact avec les argiles à gypse est bien représenté dans la région de Bordj Omar Driss et au sud du village d'Ohanet. Il est marqué par la disparition des lits gypseux et l'apparition des bancs calcaires dolomitiques à lamines algaires dans une vire marneuse verdâtre. En fonction de la position stratigraphique de l'événement paléontologique à *Neolobites*

(«*Neolobites bioevent*», voir Cavin *et al.*, 2010; Meister & Piuz, 2013; Benyoucef & Meister, 2015) qui marque l'extension maximale de la transgression cénomanienne, nous avons divisé les Calcaires inférieurs (Busson, 1960) en quatre unités informelles :

#### 3.2.1. Unité des calcaires pré-*Neolobites*

C'est un premier ensemble carbonaté qui repose en concordance sur les argiles verdâtres sommitales de la formation précédente. Il est bien développé dans les environs du village de Bordj Omar Driss, notamment au niveau de l'ancienne route dite communément « Escargot ». Il affleure aussi dans les golfs d'In Akhamil, au sud du village d'Ohanet, mais avec des épaisseurs réduites. D'un point de vue lithologique, l'unité des calcaires pré-*Neolobites* débute par un banc de calcaire bioclastique riche en débris d'huîtres et de gastéropodes. Ce dernier est surmonté par une alternance de marnes verdâtres et de calcaires d'épaisseur centimétrique, contenant des



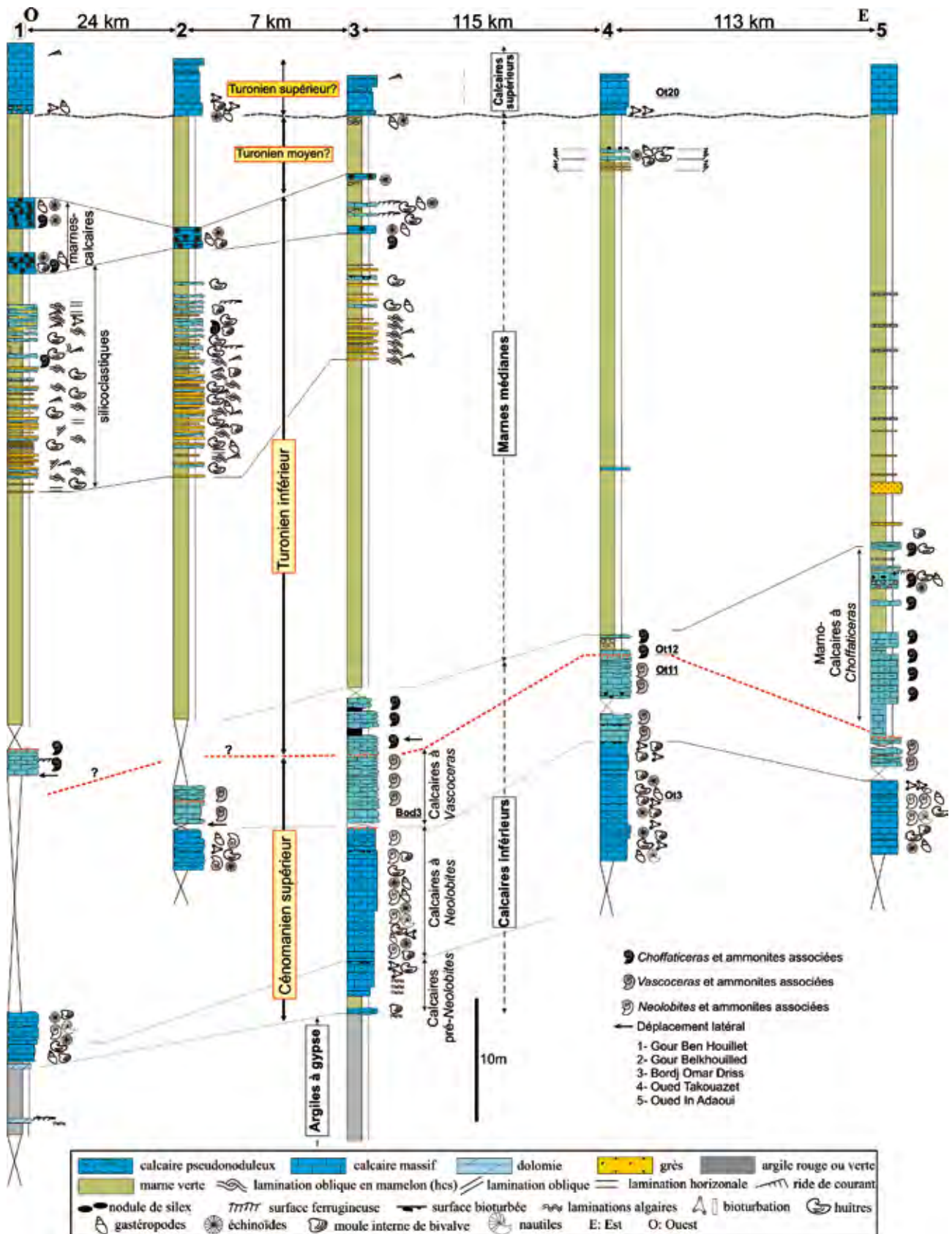


Fig. 2: Succession lithostratigraphique du Cénomano-Turonien dans la Hamada du Tinrhert.

lamines algaires planes ou ondulées et des structures en tipi. Ces derniers niveaux sont recoupés par une surface d'érosion surmontée par un banc de calcaire massif, d'environ 1,5 m d'épaisseur, ocre à la patine, grisâtre à la cassure, à débris d'ostréidés et à bioturbation attribuée essentiellement aux ichnogènes *Thalassinoides*. Le sommet du banc est fortement bioturbé.

La base des marnes verdâtres admet également l'intercalation d'un horizon à concentrations coquillières lenticulaires discontinues, à matrice carbonatée, à granulométrie grossière et sans stratification interne apparente. Ces concentrations à débris de bioclastes brisés s'étendent latéralement sur quelques mètres et sont repris dans un intervalle calcaire à lamines algaires planes ou ondulées.

### 3.2.2. Unité des calcaires à *Neolobites*

Cette unité a pour équivalent l'ensemble des intervalles stratigraphiques 1 et 2 d'Amédéo *et al.* (1996). Elle correspond au dépôt du bio-événement à *Neolobites* ("bio-vents" au sens de Ernst *et al.*, 1983) que l'on retrouve sur la marge méridionale de la Téthys, depuis le Maroc à l'ouest jusqu'à Oman à l'est (Cavin *et al.*, 2010; Meister & Piuze, 2013; Benyoucef & Meister, 2015). Elle est formée de calcaires beiges sombres à grisâtres ou blanchâtres à la patine comme à la cassure, massifs et parfois silicifiés. L'étude de leur contenu paléontologique a mis en évidence la présence d'une faune benthique et pélagique riche et diversifiée. Les éléments fauniques abondants sont les ammonites, les huîtres gryphaeidés (pseudonodonteïnés et exogyres) et ostréidés (liostreïnes), les bivalves (plicatulidés, pectinidés, cardiidés, arctidés, glossidés et pholadomyidés), les gastéropodes (cerithiidés, turritellidés, campanilidés, strombidés, aporrhaidés et tylostomatidés) et les échinides (réguliers, holoctypoïdes et spantangoïdes), et dans une moindre mesure, on note la présence de nautilus, de serpules et de décapodes. Parmi les céphalopodes, *Neolobites vibrayanus* (d'Orbigny) domine et apparaît seule dans la partie basale de l'unité (intervalle 1 d'Amédéo *et al.*, 1996) puis avec le *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon) et les nautilus *Angulithes mermeti* (Coquand) et *Eutrephoceras* sp. *N. vibrayanus* se trouve ensuite en association avec des *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* (Mantell), *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne), *Eucalycoceras* sp., *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (d'Orbigny) et *Placenticeras* sp. dans la partie sommitale de l'unité (intervalle 2 d'Amédéo *et al.*, 1996).

Analysés en lame mince, les sédiments carbonatés de cette unité ont révélé une texture mudstone-wackestone contenant des sections de crinoïdes rovéacrinidés et de bivalves, des épines d'échinides, des foraminifères benthiques et planctoniques et rhomboédres de dolomie (Fig. 4A).

Les calcaires à *Neolobites* se terminent par un niveau carbonaté noduleux centimétrique riche en échinides

(*Mecaster pseudofourneli* Peron & Guathier et *Mecaster* sp.) complets et en bon état de conservation. Cet horizon présente une base irrégulière et une surface supérieure à nodules de fer.

Des niveaux bioturbés et des concentrations coquillières sont abondants dans l'ensemble de l'unité des calcaires à *Neolobites*. Les concentrations de fossiles se présentent le plus souvent en lentilles sans stratification interne, à base irrégulière et de quelques mètres d'extension latérale. Elles sont riches en huîtres [*Cerastostreon flabellatum* Goldfus, *Costagyra olisiponensis* Sharpe, *Ilymatogyra africana* (Lamarck), *Pycnodonte vesicularis* Lamarck et *Rhynchostreon suborbiculatum* (Lamarck)] et plicatulidés (*Plicatula auressensis* Coquand, *P. fourneli* Coquand et *P. ferryi* Coquand). Cette faune est associée à quelques pectinidés [*Neitheia hispanica* (d'Orbigny)], échinides [*Goniopygus menardi* (Desmarest) et *Micropedina olisiponensis* (Forbes)], débris de rudistes sauvagésiniés et de décapodes. Les huîtres gryphaeidés sont le plus souvent désarticulées et exceptionnellement complètes. Aucun classement par taille ni par forme n'a été observé.

Les niveaux bioturbés surmontent toujours les concentrations coquillières. La bioturbation est à contours nets et à remplissage formé de calcaires micritiques de couleur grisâtre. Elle est représentée par des terriers verticaux ou parallèles à la surface correspondant aux ichnogènes *Thalassinoides* et *Ophiomorpha*.

### 3.2.3. Unité des calcaires à *Vascoceras*

Cette unité se poursuit par une succession monotone formée de bancs calcaires centimétriques, grisâtres, durs. Elle est marquée par une modification drastique, du point de vue du contenu paléontologique, par rapport à l'unité précédente. Les moules internes des ammonites sont très abondants et le benthos est rare, voire absent. Selon leur ordre d'apparition dans la série, les espèces d'ammonites récoltées sont : *Nigericeras gadeni* (Chudeau), *Metengonoceras dumbli* (Cragin), *Fikaites laffitei* (Collignon), *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Vascoceras gamai* (Choffat), *Vascoceras cauvinii* (Chudeau), *Rubroceras burroense* (Cobban, Hook & Kennedy). L'examen pétrographique des lames minces montre qu'il s'agit d'une texture mudstone à foraminifères planctoniques et crinoïdes pélagiques (Fig. 4B).

Partout, cette unité est coiffée par une surface ferrugineuse d'épaisseur millimétrique remaniant des nodules de fer, des terriers et une abondante faune d'ammonites souvent ferrugineuses, exceptionnellement d'oursins et d'huîtres indéterminés.

### 3.2.4. Unité des marno-calcaires à *Choffaticeras*

De l'ouest vers l'est du plateau du Tinrhert, cette unité (partie basale de l'intervalle 5 d'Amédéo *et al.*, 1996) présente une importante variation d'épaisseur : elle est de

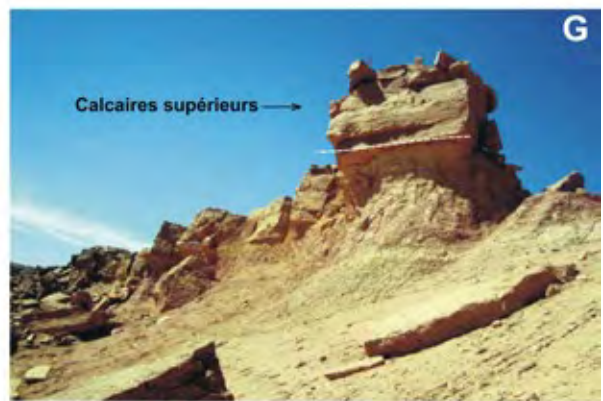
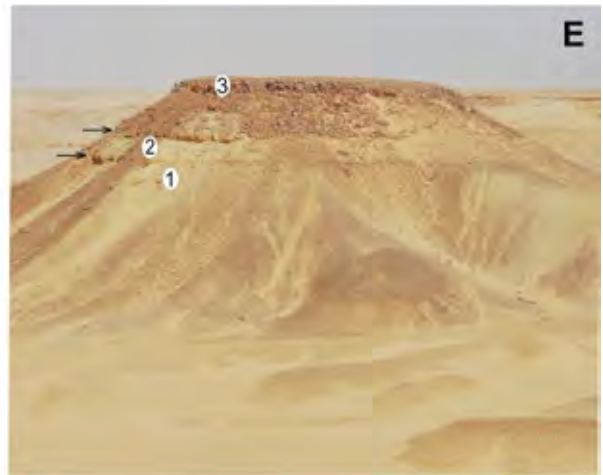
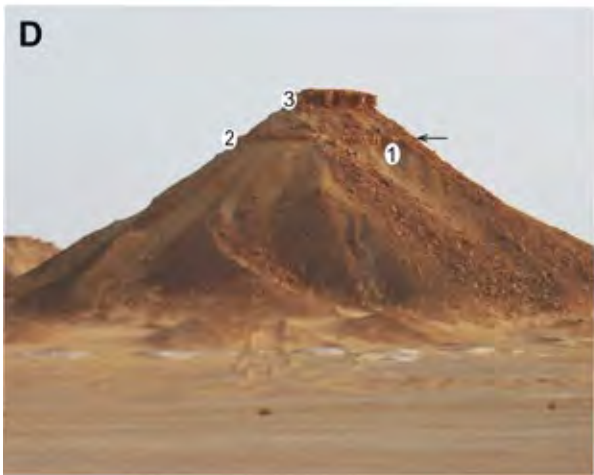
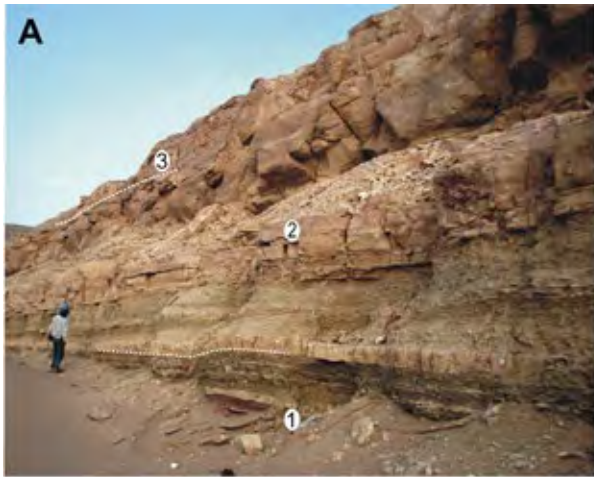


Fig. 3: Vues panoramiques montrant les différentes unités lithostratigraphiques du Cénomano-Turonien du Tinrhert. A, La photo au niveau de la route dite «escargot» présente: 1. la partie supérieure des argiles à gypse; 2. l'unité des calcaires à pré-*Neolobites*; 3. la partie basale de l'unité des calcaires à *Neolobites*. B, La photo à proximité de Gour Ben Houillet montre: 1. la partie sommitale de l'unité des calcaires à *Neolobites*; 2. la partie basale de l'unité des calcaires à *Vascoceras*. C, La photo à l'ouest du village de Ohanet présente: 1. l'unité des alternances marno-calcaires à *Choffaticeras*; 2. la Formation des Marnes médianes; 3. la Formation des Calcaires supérieurs. D et E, Photos dans le secteur de Bordj Omar Driss montrant: 1. l'unité silicoclastique; 2. l'unité des marno-calcaires, avec une seule barre à proximité du Pk14 (photo D) et deux barres à Gour Ben Houillet (photo E); 3. Formation des Calcaires supérieurs. F, La photo de Gour Ben Houillet montre une alternance grésomarno-calcaire de l'unité silicoclastique. G, Panorama de la Formation des Calcaires supérieurs.

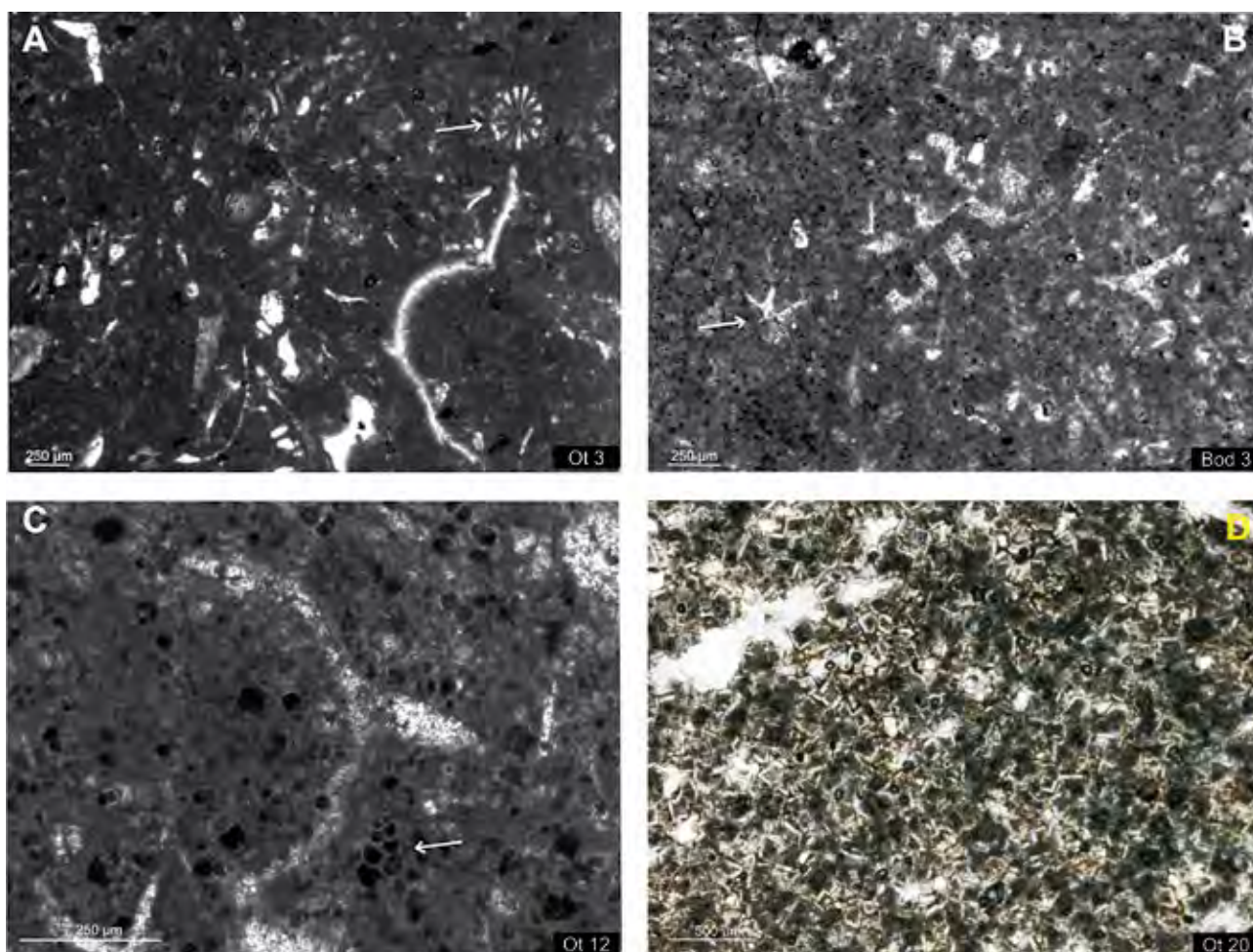


Fig. 4: Illustrations photographiques de certaines lames minces. A, micrite à section de bivalves et radioles d'oursins (calcaires à *Neolobites*, Oued Takouazet); B, micrite à sections de crinoïdes rovéacrinides (calcaires à *Vascoceras*, Bordj Omar Driss); C, micrite à section transverse de fragment de thèque de crinoïde rovéacrinides et une section axiale sagittale d'un hétérohélicidé (calcaires à *Vascoceras*, Oued Takouazet); D, microfaciès totalement dolomitisé (Calcaires supérieurs, Oued Takouazet).

2 à 3 m dans le secteur de Bordj Omar Driss, de 4 à 5 m aux environs de Oued Takouazet et de 10 à 15 m entre Ohanet et Oued In Adaoui. Elle est représentée par des calcaires micritiques beiges, en bancs centimétriques à décimétriques, interstratifiés avec des marnes verdâtres. L'examen microscopique des niveaux calcaires montre qu'il s'agit d'une micrite riche en foraminifères planctoniques (*Heterohelix* sp.) et crinoïdes rovéacrinides (Fig. 4C).

La surface supérieure des bancs calcaires est parfois bioturbée et renferme des nodules de fer. L'association ammonitique est représentée par des moules internes de *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), *Fagesia peroni* Pervinquier, *Eotissotia simplex* (Barber), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *meslei* (Peron), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *pavillieri* Pervinquier et *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* (Douvillé), par contre la macrofaune benthique est absente à l'exception de quelques débris d'huîtres et d'échinides. Dans les niveaux marneux, la microfaune identifiée est marquée, chez les foraminifères, par la dominance des hétérohélicidés, avec *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg) et *P. moremani* (Cushman). En plus s'ajoutent différemment, d'une coupe à une autre, les espèces *Muricohedbergella delrioensis* Carsey et *Marginotruncana marginata* (Reuss).

### 3.3. Marnes médianes

Morphologiquement, cette entité lithostratigraphique prend la forme d'un talus marneux limité par deux ensembles durs: les calcaires inférieurs à sa base et les calcaires supérieurs à son sommet. Elle est composée généralement par une épaisse couche de marnes verdâtres à rares intercalations millimétriques de dolomies argileuses et de grès fins à surface basale riche en terriers indéterminés et à surface supérieure modelée par des rides de courant. Dans la partie inférieure, les échantillons lavés-triés ont fourni l'association de foraminifères suivante: *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg), *P. moremani* (Cushman), *Hedbergella simplex* Morrow, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer), *P. stephani* (Gandolfi) et *Ventilabrella austinana* Cushman. Il est à noter que cette microfaune se raréfie considérablement en allant vers le sommet de la série avec la persistance des espèces *Planoheterohelix globulosa*, *P. moremani*, et l'apparition de *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk).

Les marnes médianes, très homogènes dans la partie orientale de la région d'étude (Takouazet à In Adaoui), se distinguent dans les secteurs de Bordj Omar Driss et Gour Belkhoulled, par l'individualisation, à sa moitié supérieure, non sommitale, de deux unités à caractères lithologiques distincts: une unité dominée par des dépôts silicoclastiques et une autre plus carbonatée (Fig. 3C).

#### 3.3.1. Unité des silicoclastiques

Cette unité lithologique est remarquable de par la qualité des figures et des structures sédimentaires. Elle est constituée de dépôts mixtes, silicoclastiques et carbonatés, d'épaisseur totale variant de 0 à 15 m (Fig. 2). Il s'agit d'une alternance de marnes verdâtres avec des bancs gréseux centimétriques (0.05 à 0.25 m), à grains fins ou moyens, contenant des litages obliques en mame-lons (Hummocky cross stratification) et des laminations entrecroisées ou sub-planes. Le sommet des couches est net et montre des ondulations associées à un litage de rides de vagues ou de rides de courants unidirectionnels souvent chevauchantes. Les bioturbations sont rares et principalement caractérisées par des terriers cylindriques verticaux à sub-verticaux attribués à l'ichnogénre *Skolithos*, et des terriers anastomosés qui s'implantent à la base des couches et correspondent à l'ichnogénre *Thalassinoides* (Fig. 5A-B).

Vers le sommet de l'unité, les niveaux gréseux diminuent en terme d'épaisseur, se raréfient, puis disparaissent. Alors que les trois derniers mètres sont dominés par des dépôts marneux. Cette alternance détritique contient des concentrations coquillères qui forment des strates de quelques centimètres d'épaisseur. La matrice qui emballer les débris de coquilles est de nature variable, gréseuse fine ou encore calcaire. La surface supérieure des niveaux coquilliers remanie une faune benthique de petite taille: des ostréidés (Liostreinae et Lophinae) ou des pectinidés associés à des cerithiidés (Fig. 5C). Des gouttières et des sillons d'érosion centimétriques sont présents à la base des strates à HCS et des concentrations de fossiles. Les niveaux marneux intercalés entre les calcaires et les grès révèlent une association biotique peu diversifiée, formée essentiellement de gastéropodes tylostomidés et exceptionnellement d'ammonites: *Hoplitoides wohltmanni* (Von Koenen), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* (Douvillé) et *Choffaticeras* sp.

#### 3.3.2. Unité des marno-calcaires

Cette unité correspond à la partie supérieure de l'intervalle 6 d'Amédéo *et al.* (1996) et témoigne du passage d'un régime détritique mixte à un régime carbonaté dans la partie occidentale de la région d'étude. Elle peut varier rapidement d'épaisseur de 1 à 8 m entre Gour Ben Houillet et l'Oued Takouazet, ou alors être absente en allant vers l'est, entre Ohanet et In Adaoui. Près de la route RN59 (PK 14), c'est un banc calcaire unique situé à 15 m sous la base de la corniche calcaire supérieure, mais dans la région de Gour Ben Houillet, une quarantaine de kilomètres plus au nord-ouest, c'est une alternance de marnes verdâtres avec deux barres calcaires atteignant jusqu'à 2 m d'épaisseur (Fig. 3D et E). Ces intercalations carbonatées sont brunâtres à la patine, grisâtres à la cassure, massives à la base, bioturbées au sommet. Elles ont



Fig. 5: A, surface supérieure d'un banc gréseux à *Thalassinoides* (unité des silicoclastiques, Gour Ben Houillet); B, interface d'un banc gréseux carbonaté à *Skolithos* (unité des silicoclastiques, Gour Ben Houillet); C, niveau coquillier à surface supérieure péricie d'huîtres (du groupe des Lophinae) et de cerithiids (unité des silicoclastiques, Gour Belkouilled); D, aspect laminé de la barre des Calcaires supérieurs (Oued Takouazet).

fourni une biophase abondante, composée essentiellement d'échinides bien conservés [*Mecaster pseudofourneli* (Peron & Gauthier), *Mecaster* sp. et *Phymosoma* sp.] et de moules internes de gastéropodes [*Ampullina* sp., *Tylostoma cossoni* (Thomas & Peron) et *Tylostoma globosum* Sharpe], et accessoirement des bivalves pectinidés et des ammonites appartenant à l'espèce *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* (Douvillé). La partie sommitale des barres calcaires présente un débit noduleux dû à la présence d'une concentration d'oursins de petite taille.

### 3.4. Calcaires supérieurs

Cette entité lithostratigraphique constitue un repère remarquable dans la morphologie, sous forme d'une corniche métrique bien réglée latéralement, formant la surface de la hamada (plateau rocheux) de Tinrhert. Elle correspond à la cuesta turonienne d'Amédro *et al.* (1996); la barre turonienne de Busson *et al.* (1999) et l'unité 7 de Grosheny *et al.* (2013). Cette unité (Fig. 3G) débute par un niveau calcaire centimétrique riche en gas-

téropodes, échinides et terriers de type *Thalassinoides*. Ce premier niveau est surmonté par quatre à cinq bancs calcaires durs, d'épaisseur décimétrique, brunâtres à la patine et grisâtres à la cassure. Les bancs calcaires renferment des passées à fantômes de bioclastes silicifiés et alignés conférant à la barre un aspect laminé (Fig. 5D). Leur surface supérieure est modelée par des rides de courant. L'examen en lames mince montre un faciès totalement dolomitisé, à cristaux rhomboédriques de 0,1 mm parfois zonés de brun, sparitique ou microsparitique voire hématitique (Fig. 4D).

### 4. CADRE BIOSTRATIGRAPHIQUE

Les ammonites du plateau de Tinrhert sont connues depuis les travaux de Collignon (1957, 1965), d'Amard *et al.* (1981) et ceux d'Amédro *et al.* (1996). Les spécimens d'ammonites récoltés lors des missions de 2013 à 2015 dans différentes coupes du plateau s'élèvent à plus de 1700 spécimens et correspondent à une période couvrant le Cénomanien supérieur (zone à *Calycoceras* guerange-

ri) jusqu'au Turonien inférieur (zone à *Watinoceras coloradoense*), soit environ 3 millions d'années (Pl. I et II).

### Le Cénomaniens supérieur

**Zone à *Calycoceras guerangeri*** : cette zone est caractérisée par une première association faunique avec la présence de deux assemblages, le premier marqué par la présence du genre *Neolobites* seul avec les espèces *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (d'Orbigny) et *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, alors que le deuxième est plus diversifié et contient l'espèce *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (d'Orbigny) et *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, associées aux *Calycoceras naviculare* (Mantell), *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne), *Forbesiceras cf. largilliertianum* (d'Orbigny), *Placenticeras* sp. et *Cunningtoniceras tinrhertense* (Collignon). Elle est caractérisée aussi par la présence de nautilus appartenant au groupe *Angulithes mermeti* (Coquand) et *Eutrophoceras* sp.

Ces deux assemblages marquent la base de la zone à *Calycoceras guerangeri*, (sous-zone à *Calycoceras canitaurinum*).

Au point de vue lithologique, cette association faunique correspond à l'unité des calcaires à *Neolobites* présente dans toutes nos coupes à l'exception de la coupe de Oued Takouazet, où la présence d'un *Angulithes* sp. pourrait correspondre à cette unité.

**Zone à *Metoicoceras geslinianum*** : seule la partie supérieure de cette zone (sous-zone à *Burroceras clydense*) est représentée dans nos coupes, elle est marquée par la présence de l'espèce *Metengonoceras dumbli* (Cragin) ainsi que du genre *Nigericeras* avec l'espèce *Nigericeras gadeni* (Chudeau) et probablement *Nigericeras jacqueti* Schneegans.

**Zone à *Neocardioceras juddii*** : cette zone comporte trois assemblages fauniques distincts où sont présentes les espèces *Nigericeras gadeni* (Chudeau), *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Fikaites subtuberculatus* (Collignon), *Fikaites laffitei* (Collignon), *Vascoceras gamai* Choffat, *Vascoceras cauvini* Chudeau et *Vascoceras* sp.

La zone à *Neocardioceras juddii* est bien représentée dans la coupe de Bord Omar Driss et de Oued Takouazet, où elle caractérise l'unité des calcaires à *Vascoceras*.

### Limite Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur (C-T)

La limite C-T est difficile à cerner ; en effet aucun marqueur n'est présent à ce niveau, même si localement Amédro *et al.* (1996) placent cette limite au niveau de la disparition de l'espèce *Vascoceras cauvini* Chudeau, espèce qui cependant disparaît bien avant la limite C-T (Meister & Piuz, 2013).

Par ailleurs, à ce niveau, les foraminifères planctoniques marqueurs tels que *Rotalipora cushmani* (Morrow), *Whiteinella archaeocretacea* Pessagno et *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli) sont également absents dans les coupes étudiées (Tchenar *et al.*, 2015). Néanmoins,

en relation avec la disparition quasi totale des foraminifères benthiques, ces auteurs placent cette limite à l'acmé des hétérohélécidés ou « *Heterohelix shift* » (Leckie *et al.*, 1998) qui coïncide avec le passage des calcaires à *Vascoceras* aux marno-calcaires à *Choffaticeras*. Cet acmé est reconnu dans plusieurs régions : à Pueblo aux Etats-Unis (Keller & Pardo, 2004), en Angleterre (Keller *et al.*, 2001) ; en Tunisie (Nederbraght & Fiorentino, 1999 ; Caron *et al.*, 2006 ; Zagrarni *et al.*, 2008) et au Maroc (Ettaçhfini *et al.*, 2005). Les propositions sont aussi à mettre en relation avec le « global positive  $\gamma^{13}\text{C}$  shift » avancé par Grosheny *et al.*, 2013.

### Turonien inférieur

**Zone à *Watinoceras coloradoense*** : la partie supérieure de la zone à *Watinoceras coloradoense* [V. (Greenhornoceras) birchbyi sous zone] est représentée par trois assemblages fauniques avec l'espèce *Pseudotissotia nigerensis* (Woods) associée aux genres *Kamerunoceras*, *Fagesia*, *Hoplitoïdes*, *Eotissotia* et *Choffaticeras*.

La zone à *Watinoceras coloradoense* correspond à la partie supérieure de la Formation des Calcaires inférieurs (l'unité des marno-calcaires à *Choffaticeras*) dans la coupe d'In Adaoui et Oued Takouazet, et s'étend jusqu'à la Formation des Marnes médianes (unité des silico-clastiques et l'unité des alternances de marnes avec des barres calcaires) dans les coupes de Ben Houillet, Belkhouillet et Bordj Omar Driss. Dans la partie supérieure de cette formation, les ammonites deviennent très rares, voire sont absentes.

Un âge Turonien moyen pour l'extrême partie sommitale de la Formation des Marnes médianes et Turonien supérieur pour la Formation des Calcaires supérieurs n'est pas à exclure.

## 5. ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

Les nouvelles observations de terrain recueillies lors des dernières missions de prospections (2013 à 2015) permettent de définir de manière détaillée les mécanismes et l'organisation des dépôts du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur, grâce à la sédimentologie de faciès. Cette approche nous a permis de reconnaître quinze faciès sédimentaires types, notés de FT1 à FT15, que nous avons regroupés en cinq assemblages de faciès distincts, appartenant à des environnements de dépôt allant de la rampe proximale à la rampe distale, voire qui atteignent le bassin.

### 5.1. Définition et interprétation des faciès

Le Tableau 1 résume les faciès types qui caractérisent le Cénomano-Turonien du Tinrhert, leur description sommaire (lithologie, épaisseur, géométrie, bioturbation, contenu paléontologique et ichnologique, structures hydrodynamiques) et leur interprétation paléoenvironne-

mentale. Les faciès sédimentaires répertoriés répondent à des processus de dépôts bien distincts et sont classés selon leur ordre d'apparition dans la série.

## 5.2. Association de faciès et milieux de dépôt

La distribution, latérale et verticale, des faciès identifiés a permis d'établir une courbe paléobathymétrique considérée comme caractéristique d'un milieu de dépôt de type rampe (au sens de Ahr, 1973; Read, 1985; Burchette & Wright, 1992) avec une pente douce, en raison :

- du manque des lithoclastes et des dépôts de remaniements gravitaires tels ceux identifiés en marge de plate-forme (turbidites, brèches...);
- de l'absence, dans le temps et dans l'espace, de dépôts marins restreints avec leurs cortèges de barrières oolithiques, bioclastiques ou récifales caractéristiques des bordures de plate-forme;
- de l'importante dilution des carbonates dans la mer et l'ubiquité des événements de tempêtes qui indiquent de bonnes communications avec le milieu marin ouvert;
- de l'évolution graduelle d'un environnement de dépôts à l'autre.

Ainsi, la rampe du Tinrhert peut être divisée en trois principales parties : rampe proximale qui correspond à un environnement soumis à l'action des vagues de beau temps; rampe médiane qui a pour limite supérieure la limite d'action des vagues de beau temps et correspond à l'offshore supérieur (zone oligophotique); rampe externe qui a pour limite supérieure l'action des vagues de tempête et correspond à l'offshore inférieur (zone aphotique).

### 5.2.1. Rampe proximale (inner-ramp)

Deux associations de faciès distinctes peuvent être rattachées à un environnement de rampe proximale.

#### Association de faciès AFA

Constituant la presque totalité de la Formation des Argiles à gypse, cette association est représentée par des alternances argiles (FT1)-gypses (FT2) quasiment azoïques et étendues latéralement sur de très grandes distances. Ces alternances argilo-gypsifères se sont développées dans des conditions à énergie faible, en climat aride. Elles traduisent les fluctuations d'une lame d'eau pelliculaire soumise à une évaporation intense : les argiles se décantent lors des périodes de faible ennoyage et les gypses se précipitent lors des périodes sèches et arides. Ils ont été classiquement interprétés comme des faciès de plaines côtières évaporitiques (milieu supratidal) analogues à une sebkha (Purser, 1983; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005). Cette dernière peut se développer en partie proximale d'une rampe carbonatée (Kaoukaya *et al.*, 2001). L'absence de macrofaune et de bioturbation témoigne

des conditions peu favorables au développement de la vie benthique.

#### Association de faciès AFB

Cette association de faciès occupe l'unité des calcaires pré-*Neolobites* et regroupe les faciès type FT3, FT4 et FT5. Elle indique un approfondissement, depuis des mudstones formés de lamines stromatolithiques planes, ondulées ou plissotées (tipis) à des mudstones pelmicritiques faiblement bioclastiques et fortement bioturbés par des traces de *Thalassinoides*. Les strates, qui se caractérisent par de fréquentes lamines algaires et par l'absence de bioturbations, indiquent un environnement médiolittoral à conditions de température et de salinité élevées, sans aller toutefois jusqu'à des conditions évaporitiques franches (absence de gypse). La présence des *Thalassinoides* et des exogyres dans les niveaux supérieurs de cette association de faciès indique un environnement de dépôt margino-littoral riche en nutriments et à salinité proche de la normale (Frey *et al.*, 1984; Pascal *et al.*, 1994). Les minces concentrations coquillières lenticulaires (FT4) intercalées entre les lamines algaires ondulées attestent une influence occasionnelle des tempêtes. La forte lenticularité des accumulations coquillières plaide pour des milieux très proximaux.

L'association de faciès «AFB» peut être interprétée comme dépôts d'une rampe carbonatée proximale exceptionnellement débordée par des courants de tempêtes. L'exondation épisodique de cette rampe carbonatée est témoignée par la présence des tapis algaires à structures en tipis.

### 5.2.2. Rampe médiane (mid-ramp)

Selon la nature des dépôts, carbonatés ou silicoclastiques, deux associations de faciès distinctes peuvent être attribuées à cet environnement de dépôts :

#### Association de faciès AFC

Cette association de faciès correspond aux dépôts de l'unité des calcaires à *Neolobites* qui regroupe les faciès types FT6, FT7 et FT8. Elle coïncide avec une transgression généralisée accompagnée d'une diversification faunique très importante, où dominent les formes benthiques (bivalves, huîtres, gastéropodes et échinides) et pélagiques (ammonites, nautilus, crinoïdes rovéacrinides et foraminifères planctoniques). Ces faciès indiquent un contexte de sédimentation dans un milieu de rampe carbonatée médiane. Cette rampe est soumise à l'influence des tempêtes qu'attestent les intervalles coquilliers riches en huîtres gryphaeides, concentrées en amas lenticulaires, centimétriques à décimétriques (FT7). Les calcaires micritiques intercalés entre les niveaux à concentrations coquillières sont caractérisés par une forte bioturbation (*Thalassinoides* et *Ophiomorpha*) qui témoigne des périodes de faible agitation des eaux.



Tableau. 1: Tableau récapitulatif montrant une description sommaire, la position stratigraphique et une interprétation en terme de processus de dépôt des faciès types.

Faciès type (FT)	Description sommaire	Interprétation en termes de processus de dépôt
<b>FT-1</b> Argile gypsifère	<b>Argiles à gypse</b> Epaisseur centimétrique à métrique, couleur verdâtre ou rougeâtre, à intercalations gypseuses ou dolomitico-argileuses, dépourvues de faune et de bioturbation.	Climat aride, énergie hydrodynamique faible, voire nulle, conditions peu favorables au développement de la vie benthique; faciès de plaine côtière évaporitique (supratidal) analogue à une sebkha (Oboh-Ikuenobe <i>et al.</i> , 2005); partie proximale d'une rampe carbonatée (Kaoukaya <i>et al.</i> , 2001).
<b>FT-2</b> Gypse	<b>Argiles à gypse</b> Epaisseur centimétrique à métrique, couleur blanchâtre à grisâtre, d'aspect fibreux ou saccharoïde, azoïque. La bioturbation est quasiment absente.	Milieu à faible tranche d'eau concentrée en saumures, à une évaporation intense en climat chaud et aride. Conditions très défavorables au développement d'une vie.
<b>FT-3</b> Calcaire algair	<b>Calcaires pré-Neolobites</b> Epaisseur centimétrique à décimétrique, couleur grisâtre, mudstone à rhomboédres de dolomie, à lamines algaires planes ou ondulées, évoluées parfois en tipis.	Activité des cyanobactéries dans un milieu intertidal haut à supratidal (Logan, 1987; Shinn, 1983). Les structures en tipis sont le produit d'une lithification syngédimentaire de sédiments carbonatés soumis à une exposition subaérienne (Tucker & Wright, 1990; Pratt <i>et al.</i> , 1992).
<b>FT-4</b> Calcaire bioclastique lenticulaire	<b>Calcaires pré-Neolobites</b> Epaisseur centimétrique, couleur ocre, packstone rarement grainstone, en concentrations coquillières lenticulaires, discontinues, sans structures internes, encadrées par des niveaux à lamines algaires ondulées.	La texture grainstone et la stratification lenticulaire discontinue montrent un milieu dominé par une dynamique de tempête. La dynamique érosive est bien exprimée dans ce faciès par l'aspect lenticulaire du banc.
<b>FT-5</b> Calcaire bioturbé	<b>Calcaires pré-Neolobites</b> Epaisseur décimétrique, couleur grisâtre, mudstone pelmicritique dolomitisé, dur, intensivement bioturbé, contenant des débris d'huîtres. Les terriers montrent des contours nets et correspondent à des <i>Thalassinoides</i> . Matrice micritique contenant de nombreux grains de quartz.	L'abondance des <i>Thalassinoides</i> et la présence des débris d'huîtres attestent un dépôt dans un milieu marin médio littoral à marginolittoral riche en nutriments, à salinité normale et bien oxygéné (Frey <i>et al.</i> , 1984; Sattler <i>et al.</i> , 2005). L'influence terrigène est représentée par des grains de quartz dispersés.
<b>FT-6</b> Calcaire wackestone à faune benthique et pélagique	<b>Calcaires à Neolobites</b> Epaisseur décimétrique, couleur beige à blanchâtre, en bonne continuité latérale, biomicrite à texture wackestone, mais elle peut être occasionnellement de type packstone, riche en faune, parfois complète et en bon état de conservation (ammonites, nautilus, huîtres et autres bivalves, échinodermes, gastéropodes, ostracodes, annélides, rovéacrinides, foraminifères planctoniques). Les bioclastes sont en majeure partie déterminables et sont parfois obliquement déformés.	L'abondance et la diversité de la faune indiquent l'existence d'un milieu de dépôt ouvert, à eau bien éclairée, déconfinée et excessivement riche en éléments nutritifs. La texture wackestone-packstone, riche en bioclastes benthiques et pélagiques, témoigne d'un milieu de dépôt relativement agité situé vraisemblablement au-dessus de la limite d'action des tempêtes et en dessous de la limite d'action des vagues permanentes.
<b>FT-7</b> Calcaire à gryphaeidés et bioturbation	<b>Calcaires à Neolobites</b> Epaisseur centimétrique à décimétrique, couleur blanchâtre, biomicritique de texture wackestone-packstone riche en huîtres (notamment les exogyres et les pycnodontes) qui se concentrent en lumachelles lenticulaires. Les éléments biogéniques accessoires englobent des échinides, des pectinidés, des débris de rudistes sauvagésinés et de décapodes. Les concentrations coquillières sont intercalées par des sédiments carbonatés fins, de texture mudstone-wackestone à débris de gryphaeidés et très bioturbés par <i>Thalassinoides</i> et <i>Ophiomorpha</i> .	Les exogyres et les pycnodontes possèdent un plateau cardinal très développé (Jourdy, 1924). La présence de telles expansions chez les bivalves traduit généralement la présence de forts courants (Videt, 2004). Les amas coquilliers lenticulaires centimétriques à décimétriques sont attribués à l'action des vagues (Aigner, 1985) qui concentrent et remanient le matériel fossilifère sur le substrat au cours des tempêtes. Les calcaires micritiques, intercalés entre les niveaux à concentrations coquillières, sont caractérisés par une forte bioturbation qui a effacé toutes les structures sédimentaires. Ces sédiments fins, renfermant une faible proportion de bioclastes, témoignent d'un environnement peut être plus profond, caractérisé par une plus faible agitation des eaux.
<b>FT-8</b> Calcaire à oursins	<b>Calcaires à Neolobites</b> Epaisseur centimétrique, couleur grisâtre à jaunâtre, packstone à wackestone très riche en oursins spatangues complets, associés à des foraminifères planctoniques. L'ensemble flotte dans une matrice de micrite. Inversement, les gastéropodes et les ostracodes sont rares.	Les échinodermes sont généralement trouvés dans un environnement de rampe proximale à médiane, avec une salinité normale et des ressources tropiques élevées (Nield & Tucker, 1985; Lukasik <i>et al.</i> , 2000) et ne sont pas particulièrement tolérant des faibles teneurs en oxygène (Gale, 2000). Les échinides spatangues marquent des biofaciès de vasières distales, infralittorales inférieures à circalittorales (Néraudeau & Moreau, 1989; Videt & Néraudeau, 2007). L'association des échinides avec les foraminifères planctoniques, et la rareté des gastéropodes et des ostracodes peuvent indiquer un environnement de rampe médiane (Flügel, 2010).

Faciès type (FT)	Description sommaire	Interprétation en termes de processus de dépôt
<b>FT-9</b> <b>Calcaire à faune pélagique</b>	<b>Calcaires à <i>Vascoceras</i></b> Epaisseur centimétrique, couleur grisâtre, biomicrite de texture mudstone-wackestone, compact, dépourvu de structures sédimentaires, contenant une riche faune d'ammonites et de foraminifères planctoniques. Il contient également des sections de crinoïdes rovéacrines et de rares débris de bivalves.	La matrice de texture très fine et la présence d'une faune pélagique témoignent d'un écoulement faible en milieu de dépôt profond, en dessous de la limite d'action des vagues de tempête, à fonds boueux, régi par une circulation ouverte, probablement de vasière infralittorale (Canérot <i>et al.</i> , 1982; Ettachfni & Andreu, 2004; Benyoucef <i>et al.</i> , 2016).
<b>FT-10</b> <b>Marne à ammonites et foraminifères planctoniques</b>	<b>Marno-calcaires à <i>Choffaticeras</i></b> Epaisseur centimétrique à décimétrique, de couleur verdâtre, mudstone sans structures sédimentaires, riche en ammonites et foraminifères planctoniques.	La texture fine des marnes due au processus de décantation témoigne d'un milieu de dépôt à régime hydrodynamique faible voire nul. La présence des ammonites et des foraminifères planctoniques indique que la sédimentation s'est effectuée en milieu marin profond, voire même en dessous de la limite d'action des vagues de tempête.
<b>FT-11</b> <b>Marne à foraminifères benthiques et planctoniques</b>	<b>Marnes médianes</b> Epaisseur centimétrique à métrique, de couleur verdâtre ou jaunâtre, mudstone à foraminifères benthiques et planctoniques. Les foraminifères planctoniques globuleux sont abondants; les foraminifères planctoniques carénés y sont très rares (Tchenar <i>et al.</i> , 2015).	Les foraminifères planctoniques globuleux (type <i>Hedbergella</i> , <i>Heterohelix</i> , <i>Whiteinella</i> ) préfèrent les eaux de surface (<100 à 200 m), tandis que les formes carénées, plus complexes, vivent en eaux plus profondes (Caron & Homewood, 1982; Hart & Bailey, 1979; Grosheny <i>et al.</i> , 2008).
<b>FT-12</b> <b>Calcaire lumachéllique</b>	<b>Silicoclastiques</b> Epaisseur centimétrique, couleur grisâtre, biosparite de texture packstone-grainstone, à concentration d'huîtres presque monospécifiques, rares oursins brisés. La matrice qui emboîte les coquilles est de nature variable, grès fin ou encore calcaire. Un taux de fragmentation des bioclastes relativement élevé, notamment à la base des bancs. Présence des gouttières d'érosion de quelques centimètres de profondeur et de longueur d'onde.	Ce faciès témoigne d'une sédimentation soumise ponctuellement à l'action d'un courant de haute énergie assimilé à des tempêtes. Il correspond aux niveaux coquilliers de type A (ou concentrations fines issues d'un seul événement de tempête) au sens de Botquelen <i>et al.</i> (2004).
<b>FT-13</b> <b>Grès à litages obliques en mamelons (HCS)</b>	<b>Silicoclastiques</b> Epaisseur centimétrique, couleur jaunâtre. Les principales structures sédimentaires observées sont des litages plans et des litages obliques en mamelons. La bioturbation, moins diversifiée, est représentée par des traces fossiles verticales ( <i>Skolithos</i> ) et horizontales ( <i>Thalassinoides</i> ). Présence des gouttières d'érosion. La macrofaune est rare en dehors des intercalations marneuses.	Les structures sédimentaires témoignent d'environnements peu profonds, soumis à l'action des vagues de beau temps et des vagues de tempêtes. Le nombre faible des ichnotaxons est lié probablement à des conditions paléoenvironnementales stressantes: énergie hydrodynamique élevée, substratum instable et fluctuations rapides entre taux de sédimentation et érosion.
<b>FT-14</b> <b>Calcaire à échinides et gastéropodes</b>	<b>Alternance des marnes avec des barres calcaires</b> Epaisseur décimétrique, couleur brunâtre à grisâtre, wackestone, dur, à contenu paléontologique dominé par les échinides ( <i>Mecaster</i> et <i>Phymosoma</i> ) et les moules internes de gastéropodes ( <i>Tylostoma cossoni</i> et <i>Tylostoma globosum</i> ) et accessoirement des ammonites ( <i>Choffaticeras sinaiticum</i> ) et des plicatulidés.	Selon Wilson (1975), le faciès packstone à gastéropode reflète un dépôt dans un environnement subtidal à intertidal inférieur. Cependant, dans l'intervalle documenté, l'abondance des oursins et la matrice micritique attestent un milieu de faible énergie hydrodynamique. Les échinides réguliers du groupe <i>Phymosoma</i> sont connus dans des faciès infralittoraux d'âge Cénomanien et dans des faciès circalittoraux d'âge Sénonien dans le Sud-Ouest de la France (Néraudeau & Moreau, 1989). Les échinides spatangoïdes marquent des biofaciès de vasières distales, infralittorales inférieures à circalittorales (Néraudeau & Moreau, 1989; Videt & Néraudeau, 2007).
<b>FT-15</b> <b>Calcaire laminé</b>	<b>Calcaires supérieurs</b> Epaisseur décimétrique, couleur grisâtre à brunâtre, dolomitisé, à fantômes de bioclastes silicifiés et alignés conférant aux bancs un aspect laminé; rides de courant.	La présence de bioclastes alignés témoigne d'un dépôt sous dynamique des tempêtes.

### Association de faciès AFD

Cette association de faciès correspond aux dépôts de l'unité silicoclastique intercalée au sein des marnes médianes, entre Gour Ben Houillet et Bodj Omar Driss. Elle est formée d'une alternance de marnes silteuses vertes finement laminées (FT11) et de couches centimétriques de grès (FT13) fins à laminations obliques et à litage oblique en mamelons (HCS) dont la longueur d'onde est centimétrique et de faible amplitude. La base des couches gréseuses est érosive et présente parfois des gouttières d'érosion. Les surfaces sommitales des couches montrent

souvent des litages de rides de vagues et parfois des litages de rides de courants unidirectionnels. La bioturbation est de faible intensité et préférentiellement implantée à l'interface ou à la base des couches, successivement, sous forme de terriers verticaux (*Skolithos*) ou horizontaux (*Thalassinoides*). Ces couches de grès sont le plus souvent surmontées par des niveaux calcaires bioclastiques (FT12) concentrant des fragments millimétriques d'huîtres (concentrations événementielles au sens de Kidwell & Bosence, 1991).

La présence de litages entrecroisés en mamelons, des sur-

faces d'érosion et des concentrations coquillières minces témoignent de l'action de courants à composante oscillatoire de haute énergie. Ceux-ci sont liés à un régime de tempêtes. Les lamines obliques enregistrent un courant unidirectionnel de l'océan vers le continent. Par ailleurs, la présence de litage de rides de courant unidirectionnel dans certaines couches peut être interprétée aussi comme des courants à composante unidirectionnelle générés par les courants de tempêtes (Cheel & Leckie, 1993). Les marnes silteuses à ammonites, foraminifères benthiques et planctoniques, et tylostomidés correspondent à des dépôts de décantation liés aux périodes de quiescence courantologique, usuellement post-tempêtes.

L'alternance entre des périodes de décantation et d'écoulements oscillatoires est caractéristique d'une dynamique de tempêtes sous la limite d'action des vagues permanentes en domaine d'*offshore* supérieur (rampe médiane). La présence des ammonites suggère un milieu ouvert sur le large.

### 5.2.3. Rampe distale à bassin

#### Association de faciès AFE

Cette association de faciès caractérise la partie supérieure de la Formation des «Calcaires inférieurs», qui regroupe l'unité des calcaires à *Vascoceras* et l'unité des marno-calcaires à *Choffaticeras*. Elle comprend des calcaires noduleux mudstone-wackestone à foraminifères planctoniques globuleux, crinoïdes rovéacrinides et moules internes d'ammonites (FT9), et des marnes à foraminifères planctoniques (FT10). Les dépôts de cette association sont caractérisés aussi par la rareté des formes benthiques et l'absence de structures de tempêtes.

La texture fine des marnes due au processus de décantation témoigne d'un milieu de dépôt à régime hydrodynamique faible (Allen, 1985) voire nul; le faciès calcaire dominé par les formes pélagiques indique que la sédimentation s'est effectuée en milieu marin calme et profond, voire même en dessous de la limite d'action des vagues de tempête. Cet environnement peut être assimilé à un milieu de type rampe carbonatée distale, voire de bassin (selon la classification de Burchette & Wright,

1992). Cette association de faciès, la plus distale identifiée sur l'ensemble de la série du Cénomano-Turonien du Tinrhert, marque les maxima d'inondation.

Les intercalations calcaires de texture wackestone riches en formes planctoniques (*Heterohelix* et rovéacrinides) témoignent des épisodes peu agités qui pourraient être liés à l'influence distale des courants de tempêtes.

## 6. CONCLUSION

Depuis 2013, les prospections géologiques dans le Tinrhert ont permis l'acquisition de nouvelles données paléontologiques et sédimentologiques. L'examen des fossiles, des ichnofossiles et des faciès sédimentaires du Cénomano-Turonien a permis de détailler sa subdivision en trois formations à unités informelles, de préciser son cadre biostratigraphique en se basant sur les nouvelles récoltes d'ammonites et de cerner le passage Cénomano-Turonien grâce à la répartition verticale des foraminifères (acmézone de foraminifères hétérohélécidés) et des rovéacrinides (Ferré *et al.*, 2016). Par ailleurs, les unités décrites ont été interprétées en termes de milieux de dépôt. Ainsi, quinze faciès sédimentaires (FT1 à FT15) ont été reconnus montrant une succession d'environnements de dépôt allant d'une rampe proximale, passant par la rampe médiane à la rampe distale voire jusqu'au bassin. Nos travaux en cours sur la faune dans le Tinrhert, et notamment sur les ammonites et les microfaunes, devraient nous permettre d'élargir la liste faunique et d'affiner progressivement notre connaissance sur le passage Cénomano-Turonien de cette région.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement MM. El Hadj Badri et Abdelkader pour leur accueil chaleureux et leur assistance sur le terrain. Nous remercions également Pierre-Alain Proz, du Muséum d'histoire naturelle de Genève, pour la confection des lames minces. Les remarques et les critiques constructives de Lionel Cavin et des rapporteurs anonymes ont été appréciées. La mission de 2015 a été

## Planche I

- Fig. 1: *Neolobites vibrayeanus brancai* Eck, UTI.lab25Tin GBE.2.3, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Neolobites*, Gour Ben Houillet.
- Fig. 2: *Neolobites vibrayeanus vibrayeanus* (d'Orbigny, 1841), UTI.lab25.Tin K.1, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Neolobites*, Gour Belkhouillet.
- Fig. 3: *Forbesiceras cf. largilliertianum* (d'Orbigny), UTI.lab25.Tin B2, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Neolobites*, Bordj Omar Driss.
- Fig. 4: *Eucalycoceras pentagonum* (Jukes-Browne), UTI.lab25.Tin K.1.44, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Neolobites*, Gour Belkhouillet.
- Fig. 5a-b: *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* (Mantell), UTI.lab25.Tin B3, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Neolobites*, Bordj Omar Driss.



1

0 mm 20



2

0 mm 20



3

0 mm 40



4

0 mm 20



5a

0 mm 40



5b

financée par le Laboratoire de Recherche n°25 (PRHPM) de l'Université de Tlemcen.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acheche M.H., M'Rabet A.M., Ghariani H., Ouahchi A. & Montgomery S.L. 2001. Ghadames basin, Southern Tunisia: a reappraisal of Triassic reservoirs and future prospectivity. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 85: 765-780.
- Ahr N. M. 1973. The carbonate ramp: an alternative to the shelf model. *Transactions - Gulf Coast Association of Geological Societies*, 23: 221-225.
- Aigner T. 1985. Storm depositional systems. Dynamic stratigraphy in modern and ancient Shallow - marine sequence. *Springer*, Berlin Heidelberg, 174 pp.
- 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 du Laboratoire de Géologie de Lyon*, H. S. 6: 15-173.
- Amédéo F., Busson G. & Cornée A. 1996. Révision des ammonites du Cénomaniens supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert (Sahara algérien): implication biostratigraphiques. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 18: 179-232.
- 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: 68-88.
- Benyoucef M., Meister C., Mebarki K., Läng E., Adaci M., Cavin L., Malti F-Z., Zaoui D., Cherif A. & Bensalah M. 2016. Evolution lithostratigraphique, paléoenvironnementale et séquentielle du Cénomaniens-Turonien inférieur dans la région du Guir (Ouest algérien). *Carnets de Géologie*, 16(9): 271-295.
- Botquelen A., Loi A., Gourvennec R., Leone F. & Dabard M.P. 2004. Formation et signification paléoenvironnementale des concentrations coquillières: exemples de l'Ordovicien de Sardaigne et du Dévonien du Massif armoricain. *Comptes Rendus Palevol*, 3(5): 353-360.
- Burchette T.P. & Wright V.P. 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79(1-4): 3-57.
- Busson G. 1960. Sur la coupe du Crétacé supérieur et de l'Eocène inférieur du Tinrhert central (Sahara algérien). *Travaux de Recherches sahariennes*, 19: 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*, Paris (CNRS).
- Busson G. 1965. Sur les gisements de céphalopodes crétacés sahariens. *Annales de Paléontologie*, 51: 153-161.
- Busson G. 1969. Sédimentation, transgression et paléogéographie sur les grandes plates-formes du Mésozoïque: l'exemple du Cénomaniens Turonien du nord-est de la plate-forme saharienne et de Berbérie. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7: 687-703.
- Busson G. 1972. Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. *Mémoire du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*, série C - Sciences de la Terre, 441 pp.
- Busson G., Dhondt A., Amédéo F., Néraudeau D. & Cornée A. 1999. La grande transgression du Cénomaniens 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: 29-46.
- Canérot J., Cuny P., Pardo G., Salas R. & Villena J. 1982. Ibérica Central-Maestrazgo. In: Universidad Complutense de Madrid (ed.), *El Cretácico de España*: 273-344.
- Caron M. & Homewood P. 1982. Evolution of early planktonic foraminifers. *Marine Micropaleontology*, 7: 453-462.
- Caron M., Dall'Agnolo S., Accarie H., Barrera E., Kauffman E.G., Amédéo F. & Robaszynski F. 2006. High resolution stratigraphy of the Cenomanian-Turonian boundary interval at Pueblo (USA) and wadi Bahloul (Tunisia): stable isotope and bio-events correlation. *Geobios*, 39: 171-200.
- Cavin L., Tong H., Boudad L., Meister Ch., Piuze A., Tabouelle J., Aarab M., Amiot R., Buffetaut E., Dyke E., Hua G. & Le Loeuff S. J. 2010. Vertebrate assemblages from the Early Late Cretaceous of Southeastern Morocco: An overview. *Journal of African Earth Sciences*, 57: 391-412.
- Cheel R.J. & Leckie D.A. 1993. Hummocky cross stratification. *Sedimentology Review*, Oxford, U.K., 1: 103-122.
- Collignon M. 1957. Céphalopodes néocrétacés du Tinrhert (Fezzan). *Annales de Paléontologie*, 43: 113-136.
- Collignon M. 1965. Nouvelles ammonites néocrétacées sahariennes. *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 5: 165-202.

## Planche II

- Fig. 1a-b: *Nigericeras gadeni* (Chudeau), UTL.lab25.Tin B3.3.1, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Vascoceras*, Bordj Omar Driss.
- Fig. 2a-b: *Fikaites subtuberculatus* (Collignon), UTL.lab25.Tin OO.5.10, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Vascoceras*, à l'ouest de Oued In Adaoui.
- Fig. 3: *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), UTL.lab25.Tin GBE.7.1, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Vascoceras*, Gour Ben Houillet.
- Fig. 4a-b: *Vascoceras cauvini* Chudeau, UTL.lab25.Tin OO.5.6, Cénomaniens supérieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des calcaires à *Vascoceras*, à l'ouest de Oued In Adaoui.
- Fig. 5a-b: *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), UTL.lab25.Tin OHA.3.1, Turonien inférieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des marno-calcaires à *Choffaticeras*, à l'ouest de Oued In Adaoui.
- Fig. 6a-b: *Choffaticeras pavillieri* Pervinquière, UTL.lab25.Tin GB.5.1, Turonien inférieur, Formation des Calcaires inférieurs, unité des marno-calcaires à *Choffaticeras*, Gour Ben Houillet.



1a



1b

0 mm 20



2b



2a

0 mm 40



3

0 mm 40



4b



4a

0 mm 40



5b



5a

0 mm 40



6b



6a

0 mm 40

- Collignon M. 1971. Gastéropodes et lamellibranches du Sahara. *Annales de Paléontologie*, 2: 145-202.
- Ernst G., Schmid F. & Seibertz E. 1983. Event-Stratigraphie im Cenoman und Turon von NW-Deutschland. *Zitteliana*, 10: 531-554.
- Ettachfini El. M. & Andreu B. 2004. Le Cénomaniens et le Turonien de la Plate-forme Préafricaine du Maroc. *Cretaceous Research*, 25(2): 277-302.
- Ettachfini E. M., Souhel A., Andreu B. & Caron M. 2005. La limite Cénomaniens-Turonien dans le haut Atlas Central, Maroc. *Geobios*, 38: 57-68.
- Ferré B., Benyoucef M., Zaoui D., Adaci M., Tchenar S., Meister C., Mebarki K., Piuze A. & Bensalah M. 2016. Cenomanian-Turonian roveacrinid microfacies assemblages (Crinoidea, Roveacrinida) from the Tinrhert area (SE Algeria). *Annales de Paléontologie*, 102: 225-235.
- Flügel F. 2010. *Microfacies of carbonate rocks-analysis, interpretation and application*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 471 pp.
- Frey R.W., Curran A.H. & Pemberton G.S. 1984. Tracemaking activities of crabs and their environmental significance: the ichnogenus *Psilonichnus*. *Journal of Paleontology*, 58: 511-528.
- Gabani A., Mammeri C., Adaci M., Bensalah M. & Mahboubi M. 2016. Le Crétacé continental à vertébrés de la bordure sud du Plateau de Tinrhert: considérations stratigraphiques et bilan paléontologique. *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie*, 19: 39-61.
- Gale A.S. 2000. The Cretaceous world. In: Culver S.J. & Rawson P.F. (eds). *Biotic response to global change. The last 145 million years*. The Natural History Museum/Cambridge University Press, Cambridge: 4-20.
- Grosheny D., Chikhi-Aouimeur F., Ferry S., Benkherouf-Kechid F., Jati M., Atrops F. & Redjimi-Bourouiba W. 2008. The Upper Cenomanian-Turonian (Upper Cretaceous) of the Saharan Atlas (Algeria). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 179: 593-603.
- 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 Saharan Platform (Tunisia and Algeria). *Cretaceous Research*, 42: 66-84.
- Hart M.B. & Bailey H.W. 1979. The distribution of planktonic Foraminifera in the Mid-Cretaceous of NW Europe. In: Wiedmann J. (ed.), *Aspekte der Kreide Europas. International Union of Geological Sciences*, A (6): 527-542.
- Jourdy E. 1924. Histoire naturelle des exogyres. *Annales de Paléontologie*, 13: 1-104.
- Kaoukaya A., Laadila M., Fedan B. & Saadi Z. 2001. La plate-forme carbonatée liasique au NE d'Errachidia (Haut Atlas oriental, Maroc): modèle d'organisation des dépôts margino-littoraux. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, 23: 27-38.
- Keller G. & Pardo A. 2004. Age and paleoenvironment of the Cenomanian-Turonian global stratotype section and point at Pueblo, Colorado. *Marine Micropaleontology*, 51: 95-128.
- Keller G., Han Q., Adatte T. & Burns S.-J. 2001. Palaeoenvironment of the Cenomanian-Turonian transition at Eastbourne, England. *Cretaceous Research*, 22: 391-422.
- Kidwell S.M. & Bosence D.W.J. 1991. Taphonomy and Time-Averaging of Marine Shelly Faunas. In: P.A.B.E. Allison (eds), *Topics in Geobiology*, New York: 115-209.
- Lapparent A. F. De 1960. Les dinosauriens du Sahara central. *Travaux de l'Institut de Recherches sahariennes*, Alger, 19: 7-22.
- Leckie R.-M., Yuretich R.-F. West O.-L.-O., Finkelstein D. & Schmidt M. 1998. Paleooceanography of the South-western Western Interior Sea during the time of the Cenomanian-Turonian boundary (Late Cretaceous). *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 6: 101-126.
- Logan B.W. 1987. The MacLeod evaporite basin, Western Australia. Holocene environments, sediments and geological evolution. *The American Association of Petroleum Geologists (AAPG)*, 44: 1-140.
- Lukasik J.J., James N. P., Mc Gowran B. & Bonne T. 2000. An epeiric ramp: low energy, cool-water carbonate facies in a Tertiary inland sea, Murray Basin, South Australia: *Sedimentology*, 47: 851-881.
- Meister Ch. & Piuze A. 2013. Late Cenomanian Early Turonian ammonites of the southern Tethys margin from Morocco to Oman: Biostratigraphy, paleobiogeography and morphology. *Cretaceous Research*, 44: 83-103.
- Nederbragt A.-J. & Fiorentino A. 1999. Stratigraphy and paleoceanography of the Cenomanian-Turonian Boundary Event in Oued Mellegue, North-Western Tunisia. *Cretaceous Research*, 20: 47-62.
- Néraudeau D. & Moreau P. 1989. Paléocéologie et paléobiogéographie des faunes d'échinides du Cénomaniens nord-aquitain (Charente-Maritime, France). *Geobios*, 22: 293-324.
- Néraudeau P., Busson G. & Corneé A. 1993. Les échinides du Cénomaniens supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert oriental et central (Sahara algérien). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 4: 273-313.
- Nield E.W. & Tucker V.C.T. 1985. Paleontology. An introduction. *Pergamon Press*, 178 pp.
- Oboh-Ikuenobe F.E., Obi C.G. & Jaramillo C.A. 2005. Lithofacies, palynofacies, and sequence stratigraphy of Palaeogene strata in Southeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 41: 79-101.
- Pascal A., Rhalmi M. & Lang J. 1994. Les deux systèmes sédimentaires carbonatés de la séquence de dépôt cenomanoturonienne de la région manganésifère d'Imini (Haut Atlas Central, Maroc), 12<sup>e</sup> Colloque de Stratigraphie et Paléontologie de l'Atlantique Sud, Angers: 117-118.
- Pratt B.R., James N.P. & Cowan C.A. 1992. Peritidal carbonates. In: Walker R.G. & James N.P. (eds), *Facies Models, Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada, St. John's*: 303-322.
- Purser B.H. 1983. *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents*. Edition Technip, Paris, 389 pp.
- Read J. F. 1985. Carbonate platform facies models. *The American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 69(1): 1-21.
- Roche J. 1880. Sur la géologie du Sahara septentrional. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 91: 890-893.
- 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, 33 pp.
- Sattler U., Immenhauser A., Hillga H.R. & Esteban M. 2005. Characterization, lateral variability and lateral extent of discontinuity surfaces on a Carbonate Platform (Barremian to Lower Aptian, Oman). *Sedimentology*, 52: 339-361.
- Shinn E.A. 1983. Tidal flat environment. In: Scholle A., Bebout

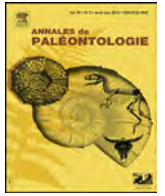
- D.G. & Moore C.H. (eds), Carbonate depositional Environments. *The American Association of Petroleum Geologists (AAPG)*, 33: 171-210.
- Tabaste N. 1963. Etude des restes de poissons du Crétacé Saharien. Institut Français d'Afrique Noire, *Mélanges ichthyologique*, Dakar, 68: 436-499.
- Tchenar S., Zaoui D., Adaci M., Bensalah M., Benyoucef M., Kentri T. & Fekih N-H. 2015. Le passage cénomano-turonien dans le bassin du Tinrhert (Sahara algérien): Lithologie et répartition de la microfaune. *Bulletin du Service Géologique National*, 26(1): 23-41.
- Tucker M.E. & Wright V.P. 1990. *Carbonate sedimentology*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 482 pp.
- Videt B. 2004. Dynamique des paléoenvironnements à huîtres du Crétacé supérieur nord-aquitain (SO France) et du Miocène andalous (SE Espagne): Biodiversité, analyse séquentielle, biogéochimie. *Mémoire Géosciences*, Rennes, 108: 1-261.
- Videt B. & Néraudeau D. 2007. Paléoécologie des ostréidés cénomaniens de la bordure nord du Bassin aquitain (SW France). *Bulletin de la Société géologique de France*, 178(1): 39-50.
- Wilson J.L. 1975. *Carbonate facies in geologic history*. Springer, New York, 470 pp.
- Zagrarni M.-F., Negra M.-H. & Hanini A. 2008. Cenomanian-Turonian facies and sequence stratigraphy, Bahloul Formation, Tunisia. *Sedimentary Geology*, 204: 18-35.





Disponible en ligne sur  
**ScienceDirect**  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Elsevier Masson France  
**EM|consulte**  
[www.em-consulte.com](http://www.em-consulte.com)



Original article

## Cenomanian-Turonian roveacrinid microfacies assemblages (Crinoidea, Roveacrinida) from the Tinrhert area (SE Algeria)



### *Assemblages microfaciologiques de rovéacrinides (Crinoidea, Roveacrinida) du Cénomano-Turonien de la région de Tinrhert (Algérie du Sud-Est)*

Bruno Ferré<sup>a,\*</sup>, Madani Benyoucef<sup>b</sup>, Djamila Zaoui<sup>c</sup>, Mohammed Adaci<sup>c</sup>, André Piuz<sup>d</sup>, Soumia Tchenar<sup>c</sup>, Christian Meister<sup>d</sup>, Kaddour Mebarki<sup>c</sup>, Mustapha Bensalah<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Dame du Lac 213, 3, rue Henri-Barbusse, 76300 Sotteville-lès-Rouen, France

<sup>b</sup> Faculté des sciences de la nature et de la vie, université de Mascara, 29000 Mascara, Algeria

<sup>c</sup> Département des sciences de la terre et de l'univers, laboratoire de recherche n° 25, université Abou-BekrBelkaid, Tlemcen, Algeria

<sup>d</sup> Département de géologie et paléontologie, muséum d'histoire naturelle de la ville de Genève, 1, route de Malagnou, Case Postale 6434, 1211 Genève 6, Switzerland

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 21 August 2016

Accepted 23 September 2016

Available online 25 October 2016

##### Keywords:

Crinoidea  
 Roveacrinida  
 Roveacrinidae  
 Saccocomidae  
 Cretaceous  
 Cenomanian  
 Turonian  
 Algeria  
 North-african margin of Tethys

##### Mots clés :

Crinoidea  
 Roveacrinida  
 Roveacrinidae  
 Saccocomidae  
 Crétacé  
 Cénomaniens  
 Turonien  
 Algérie  
 Marge nord-africaine de la Téthys

#### ABSTRACT

In the eastern part of the saharan platform, the Cenomanian-Turonian marine deposits are lying conformably on the red detrital sediments of the so-called Infra-Cenomanian series. In the Hamada de Tinrhert (SE Algeria), the Cretaceous ledges are displaying over great distances a fine-detailed log of the upper Cenomanian-lower Turonian carbonates overlying the lower-middle Cenomanian red-and-greenish gypsum clays. Two sections, Bordj Omar Driss and Oued Takouazet, were thoroughly analyzed to define more precisely the stratigraphical position of the Cenomanian-Turonian boundary (C/TB) in this area. Microfacies analysis of indurated carbonates documented the constant occurrence of roveacrinid sections on both sides of the Cenomanian-Turonian boundary. Though none of the identified taxa allows to characterize specifically which side of the C/T boundary, their quantitative fluctuations are consistent with those already documented in neighbouring areas and farther beyond. An especially rich and rather constant level, at the top of the coeval Plenus Zone (belemnite biozonation, Boreal realm), occurs close to the *Heterohelix* event. This conspicuous level provides a supplementary proximity proxy for the Cenomanian-Turonian boundary that should be later on confirmed by the associated ammonites and correlated with the standard reference zones.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

#### RÉSUMÉ

Dans la partie orientale de la plateforme saharienne, les dépôts marins du Cénomaniens-Turonien reposent en continuité sur les sédiments détritiques rouges de l'Infra-Cénomaniens. Dans la hamada de Tinrhert (SE Algérie), les corniches crétacées permettent de suivre sur de grandes distances la succession détaillée des calcaires du Cénomaniens supérieur – Turonien inférieur reposant sur les argiles gypsifères rouges et vertes. Deux coupes, Bordj Omar Driss et Oued Takouazet, furent analysées en détail afin de préciser la position stratigraphique de la limite Cénomaniens-Turonien (C/T) dans ce secteur. L'analyse microfaciologique des calcaires indurés a mis en évidence la présence constante de sections de rovéacrinides des deux côtés de la limite cénomano-turonienne. Bien qu'aucune des espèces reconnues ne permette spécifiquement de localiser clairement la limite, leurs variations quantitatives sont cohérentes avec celles déjà mises en évidence dans les régions avoisinantes et d'autres beaucoup plus lointaines. Un niveau particulièrement riche et relativement constant, équivalent au sommet de la Zone à Plenus (biozonation à

\* Auteur correspondant.

E-mail addresses: [bruno.ferre@yahoo.fr](mailto:bruno.ferre@yahoo.fr) (B. Ferré), [benyoucefmada@gmail.com](mailto:benyoucefmada@gmail.com) (M. Benyoucef), [djm.zaoui@yahoo.fr](mailto:djm.zaoui@yahoo.fr) (D. Zaoui), [m.adaci@yahoo.fr](mailto:m.adaci@yahoo.fr) (M. Adaci), [andre.piuz@ville-ge.ch](mailto:andre.piuz@ville-ge.ch) (A. Piuz), [soumiatchenar@yahoo.fr](mailto:soumiatchenar@yahoo.fr) (S. Tchenar), [christian.meister@ville-ge.ch](mailto:christian.meister@ville-ge.ch) (C. Meister), [mebarki.kad@gmail.com](mailto:mebarki.kad@gmail.com) (K. Mebarki), [musbensalah@yahoo.fr](mailto:musbensalah@yahoo.fr) (M. Bensalah).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.annpal.2016.09.001>

0753-3969/© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

bélemnites, domaine boréal), apparaît en relation avec l'événement à *Heterohelix*. Ce niveau repère fournit un indicateur supplémentaire de la proximité de la limite Cénomaniens-Turonien, qui est à confirmer grâce aux ammonites associées et à corrélées avec les zones d'ammonite standards.

© 2016 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## 1. Introduction

The Cenomanian-Turonian boundary (C/TB) is widely accepted as a time of worldwide organic-matter (OM) deposition (OAE2; Schlanger & Jenkyns, 1976). Within this scope, the coeval sediments, sometimes oil-prone, were studied abundantly and thoroughly within the carbonate facies over northern Africa (from Morocco, through Algeria and Tunisia with the famous Bahloul level, to Lybia). Accordingly, extensive studies focusing on diverse biostratigraphical markers have been performed, and sometimes successfully achieved, to precise the biostratigraphical timetable of these oxygen-starved sediments and the successive recovery time.

Since this OAE2 had been triggered by a worldwide sea-level rise, the marine transgression over the northern African platform can be easily observable: the low elevation of the Tinrhert Plateau and the impressive sea-level rise allowed the marine transgression to be forwarded over great distances, and unconformably on the Infra-Cenomanian detrital series. Consequently, these easily observable and accessible carbonates can be directly correlated to coeval OM levels from eastern Maghreb.

The Tinrhert Plateau displays a major cardinal position and is a palaeogeographic milestone in the study of the Cenomanian-Turonian transgression into and over the central Sahara. Beyond the rich ammonite fauna once retrieved by Busson (1959, 1960, 1964, 1965) and revised by Amédéo et al. (1996), now completed by Zaoui et al. (2016), we have now the most complete and best dated Cenomanian-Turonian series of the Hamada de Tinrhert, with special concerns for the northwestern African epicratonic area.

In order to refine the stratigraphical framework of the C/TB events (C/TBE) in this area, while studying the diverse microfacial components of the indurated limestones, we noticed the constant and fluctuating occurrence of echinodermal ossicles. We documented the large contribution of crinoidal elements (as usually reported during informal talks and in internal reports by oil engineers: Sonatrach, Repsol, etc.) and came to compare with mesofaunas of adjacent areas (Ruault-Djerrab et al., 2012) and Tunisian localities (Abdallah et al., 2000, 2006).

For the first time, we herein document the taxonomical composition and stratigraphical potential of the roveacrinid representatives of these indurated carbonate microfacies. This will be later on correlated with the associated ammonite fauna and within the standard biozonation (Zaoui et al., 2016).

## 2. General Overview of the Study Area

The study area lies within the southeastern part of Algeria and corresponds to the eastern part of the Tinrhert Plateau (Hamada de Tinrhert), at an average altitude of 550 m. This SW/NEwards-stretching Cretaceous plateau extends over more than 300 km from the relief of El Biod-Baguel to the west in Algeria, to the arcuation of Tihemboka near Rhadames to the east, in southwestern Libya (Acheche et al., 2001). It is bordered by the Great Eastern Erg or Great Eastern Sand Sea ("Grand Erg Oriental") to the North, and by the Issaouane Erg and the Illizi Basin to the south. It displays one of the most complete Late Cretaceous sequence of the Tethyan African margin. These sediments are lying conformably on detrital series assigned to the so-called Infra-Cenomanian (Albian). They can be easily discernible as parallel carbonate ledges separated by

clayey or marly scree slopes. From south to north, in stratigraphical order (Fig. 1): the upper Cenomanian-lower Turonian ledge that overhangs the red-to-green gypsum clays of early-middle Cenomanian age; the Turonian ledge resting upon a thick greenish marly formation of early Turonian age; the Santonian-Campanian and the Maastrichtian ledges, separated respectively by red gypsum clays. These successive ledges are indeed first-order landmarks, both on field surveys and during indoor analysis of topographic accounts and satellite imagery. Furthermore, the outcropping context of these Cenomanian-Turonian sediments is especially prone to their detailed sedimentological analysis and to any fossil sampling from the casual access to the successive lithological units over large surfaces.

## 3. Review of Preliminary Studies

Sahara, especially the Tinrhert basin, has been the focus of much of the attention of geological studies since the turn of the XVII-lth century. Among the numerous pioneers who had been crossing the Sahara to report on geological observations, we have to mention on the one hand Rolland (1881, 1890), Lapparent (1937), and Basse (1953) for some local data, and on the other hand Lefranc's study (1976). In 1955-1956 was launched the prospection-BRP-Tinrhert project, results of which lead to print out the first geological map (scale 1:200.000) of part of the Hamada de Tinrhert (Rumeau et al., 1957). Rumeau et al. (1957) considered the Cretaceous series as a lithological triad and gave it a Turonian age. Collignon (1957, 1965) identified the ammonite fauna retrieved by former expeditions and recognized several new species. In light of these brand new geological and palaeontological data, this latter framed 6 ammonite biozones: the first three were assigned to late Cenomanian while the three others were assigned to the early Turonian. Busson's seminal works (1960, 1964, 1965) highly contributed to precise the triad lithology, to validate the Turonian age of the middle marls – already mentioned by Roche (in: Rolland, 1881) but devoid of any palaeontological piece of evidence –, and to publish the 1:500000 geological map of Fort Flatters. Later on, Busson (1969, 1972) slightly altered his early biozonation. After a long break, Néraudeau et al. (1993) gave a full account on the echinoids of Tinrhert, then Amédéo et al. (1996) revised the ammonite faunas of these Cenomanian-Turonian series and provided new stratigraphical data, while Busson et al. (1999) reconsidered the palaeoenvironmental reconstruction supported by the analysis of benthic fauna. Finally, Grosheny et al. (2013) and Tchéнар et al. (2015) brought some new light about the position of the C/T boundary.

## 4. Brief Lithological Description of the Series

During three field campaigns (2013/2014 and 2015), several sections had been scrutinized bed by bed, only the Bordj Omar Driss and Oued Takouazet, both separated by some 250 km from each other (Figs. 1 and 2), delivered conspicuous remains (washing residues from marly levels and/or microfacies from indurated limestone beds), their microfacies data are presented in the following.

The Gypsum Clays outcropping solely in the Bordj Omar Driss area are not showing in our study since they are smeared by the screes at the foot of the carbonate ledge. They usually consist of red

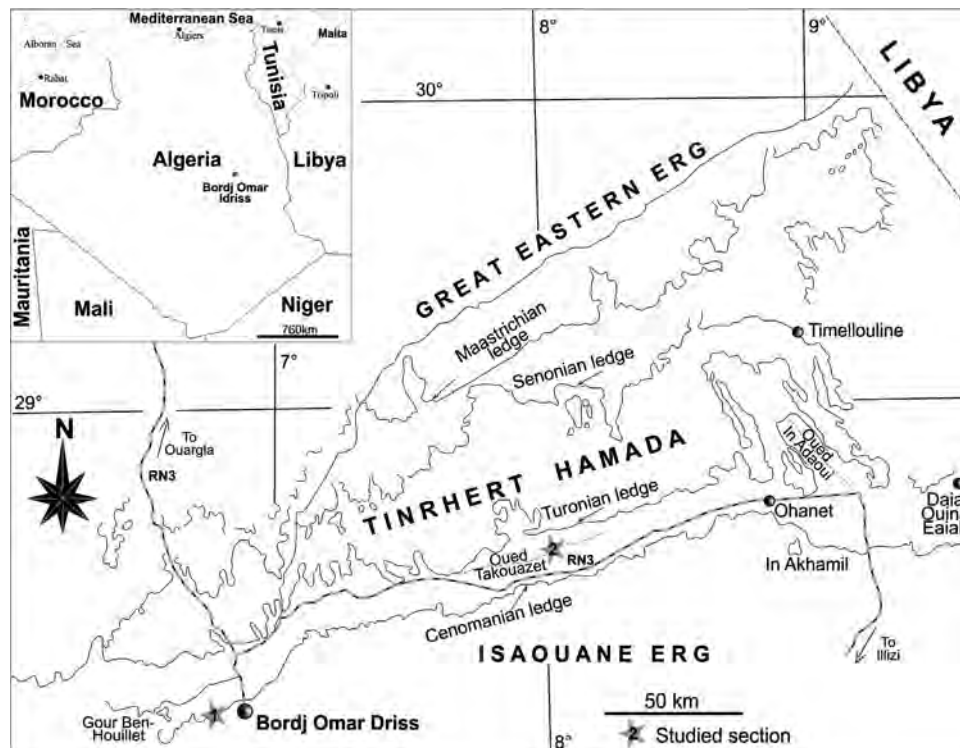


Fig. 1. Geographical map of the Tinrherth area and location of the studied sections.  
Carte géographique de la région de Tinrherth et localisation des coupes étudiées.

to green clays with reticulated gypsum beds and rare indurated carbonate horizon. Elsewhere, they may present some gypsum crystals as well as pyrite, while the bioclastic residues are composed of disarticulated dasycladacean elements (clypeins). They are tentatively assigned to the lower-middle Cenomanian.

#### 4.1. The Lower Limestones

The sampled sections are building a limestone ledge easily spotted in the scenery from a distance and can be divided into four units (Zaoui et al., 2016, and present work, Fig. 2).

The pre-Neolobites limestones unit is well developed in the vicinity of the village of Bordj Omar Driss, starting with a pseudo-nodular bioclastic limestone bed rich in oyster debris and gastropods. This latter is overlain by a centrimetre-thick alternation of greenish marls and limestones, yielding planar or undulated algal laminae. These levels are cut by an erosion surface and covered by a massive limestone bed, some 1.5 m thick, with ostreid debris and *Thalassinoides* bioturbations. The top of this bed is heavily bioturbated.

The Neolobites limestones unit consists of massive, sometimes siliceous limestones, greyish to dark beige or even whitish hue as well as break. Their palaeontological content consists in a rich and highly diversified benthic and pelagic fauna: nautilids and ammonites (*Calycocheras* (*Calycocheras*) *naviculare* (Mantell, 1822), *Calycocheras* (*Proeucalycocheras*) sp., *Eucalycocheras pentagonum* (Jukes-Browne, 1896), *Eucalycocheras* sp., *Forbesiceras* cf. *largilliertianum* (d'Orbigny, 1841), and *Placenticeras* cf. *kaffrarium* Etheridge), inner moulds of gastropods (cerithiids, turritellids, campanilids, strombids, aporrhoids and tylostomatids), echinoid tests (regular ones, holactypoids and spatangoids) with endobenthonic bivalves (plicatulids, pectinids, cardiids, arcticids, glossids and pholadomyids), gryphaeid oysters (pyncnodontines and exogyras) and ostreids (liostreines), as well as some rudist debris and serpulid colonial tubes.

The *Vascoceras* limestones unit is a monotonous series of centrimetric hard grey limestone beds. It is characterized by a dramatic change in its faunal content preservation: a galore of ammonite inner moulds, and a rare, even missing benthos. In order of appearance within the series, are occurring the following ammonite species: *Nigericeras gadeni* (Chudeau), *Fikaites laffitei* (Collignon), *Pseudaspidoceras pseudonodosoides* (Choffat), *Metengonoceras dumbli* (Cragin), *Vascoceras gamai* (Choffat), *Vascoceras cavini* (Chudeau), *Rubroceras burroense* (Cobban, Hook and Kennedy).

The *Choffaticeras* limestones is represented by beige micritic limestones, in centrimetric to decimetric beds, rich in ammonites (interbedded with greenish marls). The microfacies analysis of these limestones evidenced micrite rich in heterohellicids (planktonic foraminifers) and roveacrinid crinoids. The ammonites are documented as follows: *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods), *Fagesia peroni* (Pervinquier), *Eotissotia simplex* (Barber), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *meslei* (Peron), *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *pavillieri* Pervinquier, *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *sinaiticum* (Douvillé) and *Choffaticeras* sp. The benthic macrofauna is almost missing with a few exceptions of oyster debris and echinids.

#### 4.2. The Middle Marls

This formation consists of ca. 30 metres of marls, of yellow-greenish hue, containing foraminiferal assemblages of abundant planktonic globular forms (mostly dominated by heterohellicids and hedbergellids) and low-diversified benthonic forms (mostly dominated by hypoxic-tolerant gavelinellids such as *Gavelinella berthelini* Keller). The ostracode faunas are strongly dominated by platycopids (*Cytherella* spp., *Bairdia* spp.) but display some rare ornamented specimens. In Bordj Omar Driss, the upper part of this formation displays some silicoclastic levels with hummocky cross-stratifications and more carbonated levels as marls and limestones, while these silicoclastic levels have not been observed so far in so much a number in Oued Takouazet. Some oyster-accumulation

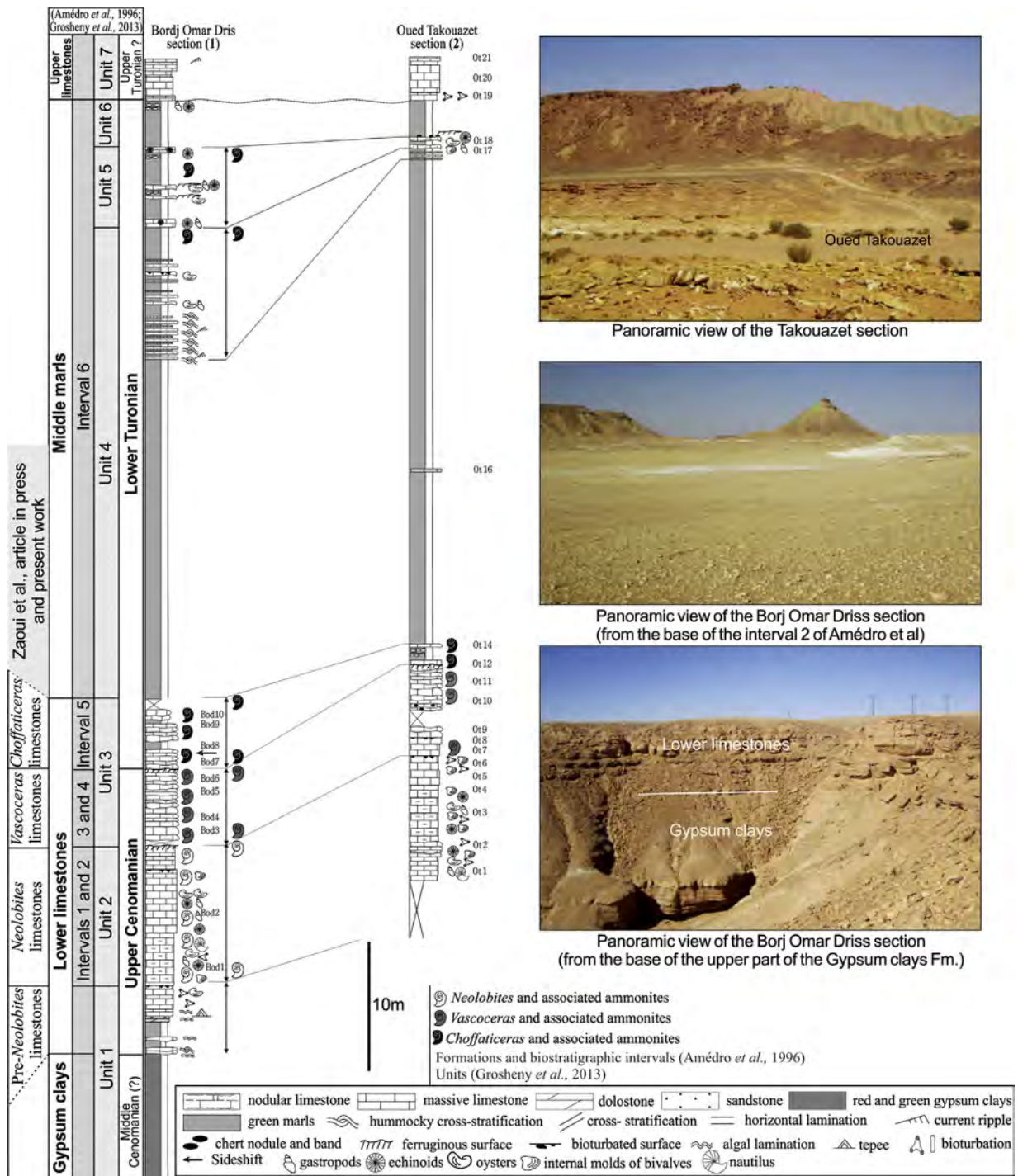


Fig. 2. Lithological sections.

Coupes lithologiques.

beds along with echinoid-rich levels also occur towards the top of this formation. The first two-thirds of the formation revealed the ammonites *Hoplitoides wohntmanni* (von Koenen) and *Choffaticeras (Choffaticeras) sinaiticum* (Douvillé) that indicate an early Turonian age. The occurrence of marginotruncanids in the upper part of the formation (usually indicating a Middle Turonian age) is believed to be precocious in terms of biostratigraphical meanings (Tchéнар et al., 2015); their presence could be easily explained either by a return of better-oxygenated waters in the water column or by a better local surface water circulation (i.e. as a mere signature of the end of the C/T transgression on the whole).

#### 4.3. The Upper Limestones

This unit consists of 4 to 6 metres-thick, massive limestones with abundant echinoids, bivalve and gastropod moulds. Its top bears a ferruginous crust. Busson (1969) assigned it to a Late Turonian age. This massive carbonate set builds the highly recognizable Turonian ledge in the landscape. It all starts with a centrimetric carbonate level rich in gastropods and echinids. This first level is overlain by four to five hard limestone beds, decimetric-thick, of brownish hue and greyish break. These limestones yield some conspicuous layers of silicified bioclastic ghosts giving a laminated

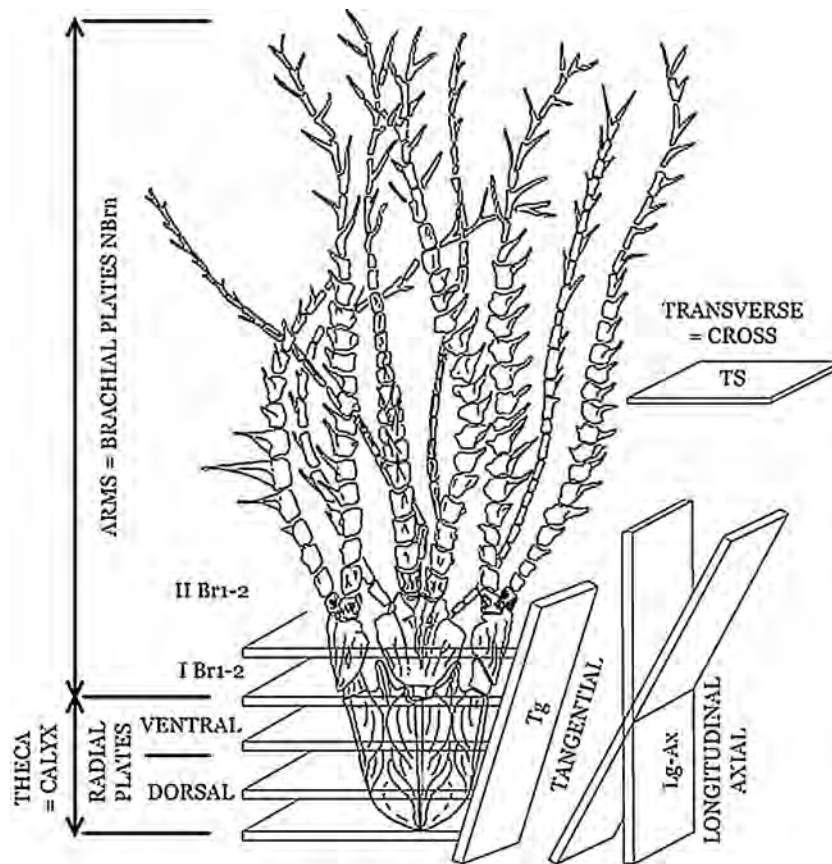


Fig. 3. Morphological reconstruction of a complete roveacrinid individual and terminology of the various possible section planes (from Ferré & Granier, 1997).  
Reconstitution morphologique d'un spécimen complet de rovéacrinidé et terminologie des différents plans de section possibles (d'après Ferré et Granier, 1997).

aspect to this carbonate bar. The upper surface is affected by some ripple marks. Alizarin-stained thin sections evidence a completely dolomitized facies.

On a microbiostratigraphical point of view, the positioning of the C/TB has been hampered by the absence of reliable markers (keeled foraminifers) in both sections (the microfacies have showed neither a single “last specimen” of *Rotalipora cushmani* Morrow, nor any single specimen of *Helvetoglobotruncana helvetica* [Bolli]). Heterohelicids being the only planktonic foraminifers, fluctuation of their abundance was scrutinized as a proxy means (*Heterohelix* shift of Leckie et al., 1998) to get closer to the supposed limit. Though the absence or disappearance of rotaliporids are usually related to the expansion of the Oxygen Minimum Zone into the intermediate water column (Caron, 1983), we cannot discard the fact that both sections are located onto the African shelf and that they could have been situated in an environment shallower to sustain the development and/or thriving of deep-water large complex morphotypes (Caron, 1983; Caron & Homewood, 1983). This last environmental hypothesis is partially supported by the presence of roveacrinids (and especially the presence of faint saccocomid sections).

##### 5. Microfacies Identification of Ossicle and Thin Section Orientation

The roveacrinoidal contribution (i.e. crinoids of Roveacrinida affinity in a broader sense, as distinct from roveacrinid or roveacrinidal, of the family Roveacrinidae) to the Mesozoic limestones was first reported in full details by the seminal works of Verniory (1954, 1955, 1956, 1960, 1961, 1962) on Jurassic limestones, and later on variously documented (among others: Lombard, 1937, 1945; Brönnimann, 1955; Bengtson & Berthou,

1983; Berthou & Bengtson, 1988; Dias-Brito, 1994, 1995; Dias-Brito & Ferré, 1997, 2001; Benzaggagh et al., 2015). Though widely spotted out, these roveacrinoidal sections were only a few mentioned in the literature, most of the time misidentified as Saccocoma limestones or simply turned down by oil industry engineers. From this rather limited number of papers, it appears that crinoidal component consists mostly of opportunistic roveacrinids responsible for these very special microfacies scattering the mid-Cretaceous carbonate series worldwide.

As for microfacies analysis, the roveacrinidal affinity of some Cretaceous sections was first evidenced by Ferré & Berthou (1993, 1994), these latter authors provided a morphological 3D-reconstruction from diverse sections of diverse section planes, along with a formal terminology for orientation of sections. Purported at first for roveacrinids, the section orientation scheme was extended to saccocomids by Ferré & Dias-Brito (1999). Meanwhile, Ferré & Granier (1997, 2001) defined in length the orientation and taxonomic use of roveacrinid sections. Following that, the systematic assignment of Cretaceous roveacrinidal sections was fully argued for both the roveacrinids and the saccocomids (Ferré, 1997; Ferré et al., 1999).

Fig. 3 depicts a synthetic diagram of a complete roveacrinid individual along with the orientation of every possible plane section, as used in the following analytical study.

##### 6. Roveacrinid crinoids (Microfacies and isolated ossicles)

Roveacrinoids are sometimes quoted as microcrinoids (maximum thecal size of a few millimetres) since they are not easily spotted by field collectors and they are to be studied under a light binocular microscope and/or through SEM.

Complete articulated roveacrinids («Saccocoma» auct.) have been known from the Tithonian platy limestones of southern Germany since Goldfuss (1831). Because their disarticulated remains are inconspicuous but their glut obvious in Jurassic marls, recognition of isolated plates was only achieved through the pioneering studies of Verniory (1955–1962) and their stratigraphical meaning by means of microfacies was made noteworthy by Brönnimann (1955). Half a century later, based on late H. Sieverts-Doreck's working notes, Hess (2002) gave a comprehensive report of the diversity and stratigraphy of the Jurassic saccocomid relatives.

Sometimes, frequent in washing residues of pelagic and hemipelagic facies (outer-shelf and upper-slope environments), along with – and most often without any – other classical microfossil groups (foraminifers, ostracodes, etc), they are generally overlooked by experienced palaeontologists but always puzzling open-minded microbiostratigraphers.

That was the case when Geinitz (1871) mentioned and illustrated a roveacrinid theca as an Aristotle's lantern (Niebuhr & Ferré, 2016); a couple of decades later, Arthur Rowe retrieved eccentric ossicles from washed Sussex “flint meal” (soft chalk cores of hollow flints) that were then first formally described and coined as *Roveacrinus* by Douglas (1908). Their stratigraphic usefulness had been extensively stressed in the Cretaceous (Albian–Cenomanian) of the US Gulf States and the Triassic of Mexico by (Peck, 1943, 1948). Rasmussen (1961) compiled an updated knowledge of roveacrinid systematics. By means of carbonate microfacies, Kristan-Tollmann (1970, 1977, 1991) extended our knowledge of these crinoids back to the Triassic of Austria, and farther east to Iran. Unlikewise, often present in carbonate microfacies, this wealth of microfacies data is turned down by collecting palaeontologists who prefer comfortable complete third-dimensional specimens to tackling their mental agility and skills with the so-called complexity of their 2D–3D morphological features.

Roveacrinida are small, mostly pelagic crinoids that first appeared after the Permian–Triassic Boundary event of the Tethys realm (Salamon et al., 2015). The widely accepted systematics (Treatise of Invertebrate Paleontology: Hess & Messing, 2011) mentions four families: the exclusively Triassic Axicrinidae (monogeneric) and Sompocrinidae (e.g. Kristan-Tollmann, 1970, 1977, 1991; Hagdorn, 1995), the mostly Late Jurassic (and Cretaceous) Saccocomidae (e.g. Hess, 2002; Gale, 2016) and the Cretaceous (and Neogene) Roveacrinidae (e.g. Ferré & Granier, 2000; Gorzelak et al., 2011; Jagt, 1999; Salamon et al., 2010). Since the turn of the Permian–Triassic boundary, the pelagic roveacrinids had been experiencing several periods of extensive radiations that might coincide with some diversification and abundance phases of calcareous phytoplankton. Each roveacrinid relative displays a distinctive architecture and widely different ornamental elements, such as a spine-like aboral element, simple bowls with or without processes, flanged or winged brachials, lateral processes, flanges or spines (e.g. Gale, 2016; Schneider, 1987, 1989). Every element of their delicate skeleton contributes to facilitate floating or supporting on softground. Consideration of such ornamental elements can help reconstructing the palaeoenvironment and bottom hydrodynamics.

## 7. Systematic Palaeontology

In the following, the suprageneric systematics follows the standard classification presented in the Treatise on Invertebrate Paleontology (Hess and Messing, 2011). Both studied and illustrated thin sections are catalogued (under registration numbers UTL.25-Ot02, UTL.25-Ot06, UTL.25-Ot07, UTL.25-Ot08, UTL.25-Ot11 and UTL.25-Ot12 for samples from the Takouazet section; and UTL.25-Bod03 and UTL.25-Bod07 for samples from the Bordj

Omar Driss section respectively) and housed in the collections of Research Laboratory No. 25 of Tlemcen University (Algeria).

Class CRINOIDEA Miller, 1821  
Subclass ARTICULATA Zittel, 1879  
Order ROVEACRINIDA Sieverts-Doreck, 1953  
Family ROVEACRINIDAE Peck, 1943  
Genus *Roveacrinus* Douglas, 1908

*Roveacrinus alatus* Douglas, 1908

Plate 1 Fig. F; Plate 2 Figs. B, E–F.

**Material:** Thin sections of respective samples Rep. no. UTL.25-Ot07, Ot09 and Ot12.

**Description:** Plate 1 Fig. F shows a transverse cross section of a complete theca through its dorsal cavity. The basal cavity outline is circular and bordered by a thin basal wall. The radial expansions are sturdy and glassy; their tip is showing pointed or trifid.

Plate 2 Fig. B. displays an oblique sub-longitudinal-axial section of a partial theca nearly at the base of the basal cavity. This section documents the wing-like radial expansions of three connected radial plates. The basal/dorsal cavity is rounded and surmounted with a large triangular ventral cavity, this latter being thin-built by the radial wall.

Plate 2 Figs. E–F are both depicting the same transverse section (dorsal cavity) of a complete theca of *Roveacrinus alatus* Douglas. The dorsal cavity shows a circular sub-pentagonal outline with thin basal wall. The radial expansions are thick and sturdy, all displaying the same kind of feathery edge (as previously noticed above) recalling the goose-like pattern of *R. geinitzi* Schneider.

**Occurrence:** In Algeria (Oued Takouazet, Tinrhert area), *R. alatus* is ranging from the upper Cenomanian carbonates (Vascoceras limestones with *V. gamai* Choffat and *Vascoceras* sp., coeval to the Neocardioceras juddii Zone) to the lower Turonian (limestone bed delivering *Pseudotissotia nigeriensis* [Woods], coeval to the upper part of the Watinoceras coloradoense Zone).

*Roveacrinus* sp. cf. *alatus* Douglas, 1908

Plate 2 Fig. A, C–D.

**Material:** Thin sections of respective samples Rep. no. UTL.25-Bod7 from Bordj Omar Driss, and Rep. no. UTL.25-Tak02, Tak06 and Tak12 from Oued Takouazet respectively.

**Description:** Plate 2 Fig. A documents a transverse section of a second primibrachial plate (Ibr2) from Bordj Omar Driss. The articular facet is large. The plate is really thick, with a nearly right angle between both sides of the plate and shows three feathery ornamental “buds” (one at the top of the outer juncture, the two others symmetrical on each flap/wing of the plate).

Plate 2 Figs. C–D are both showing the same transverse, slightly oblique section of a complete theca through the base of its ventral cavity. The general outline is circular to slightly pentagonal (due to the sub-oblique section plane). The cavity wall is thin to medium, with slight corrugations in places. The radial expansions are thick, glassy and lanceolate.

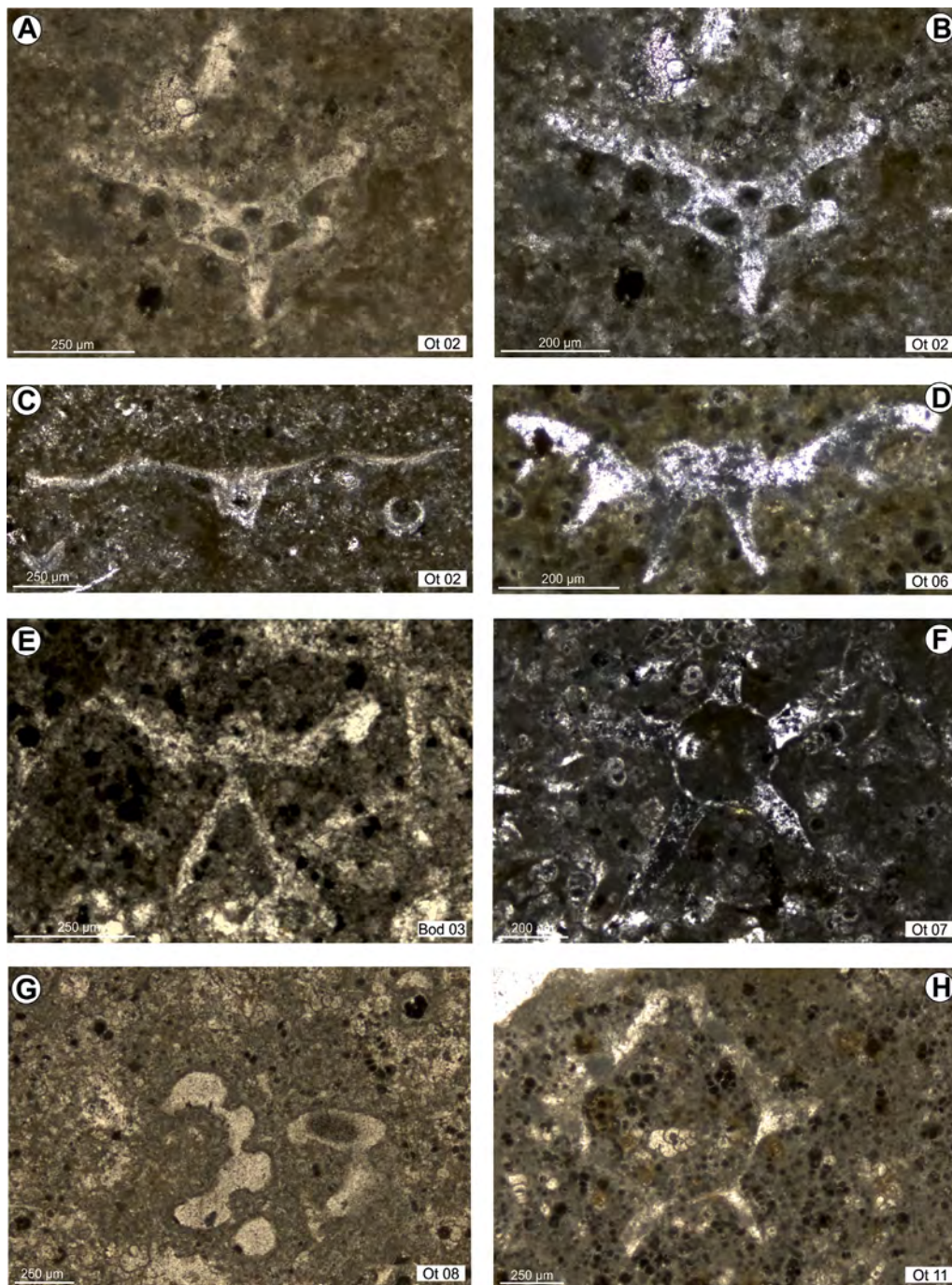
**Occurrence:** The specimens to be compared with those of definitive specific assignment are showing the same stratigraphic range.

*Roveacrinus* sp.

Plate 1 Figs. A–B.

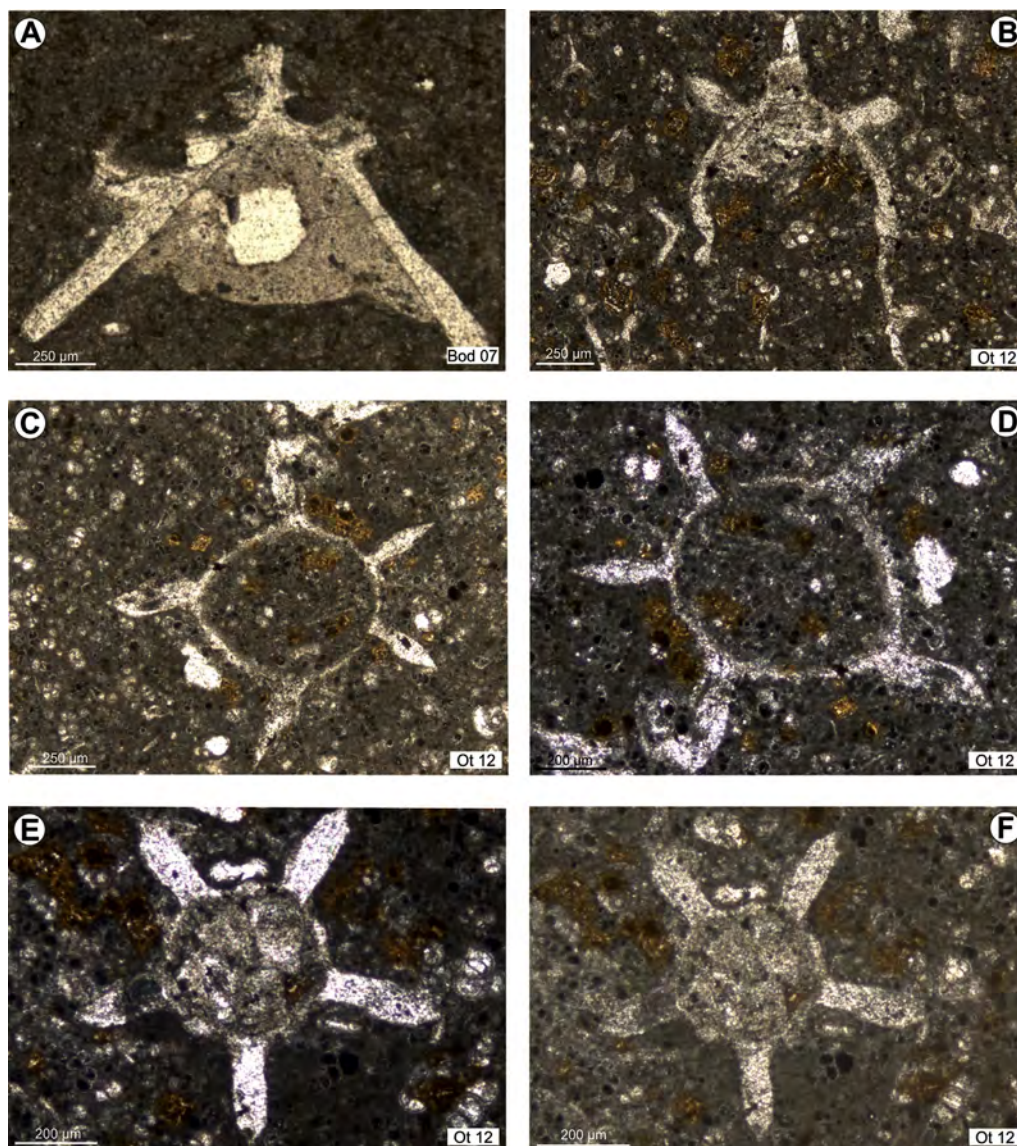
**Material:** Thin section of respective sample Rep. no. UTL.25-Ot02.

**Description:** Pl. 1 Figs. A–B are showing a transverse section of the upper part of a complete radial plate. The radial wall is rectilinear on both sides of the radial ridge. The large articular facet is



**Plate 1.** Thin section microphotographs of roveacrinid ossicles, upper Cenomanian deposits, Tinrhert area, Algeria. **A and B.** Partial transverse cross section of a theca (dorsal cavity) of *Roveacrinus* sp., Sample no. Ot02, Rep. no. UTL.25-Tak02. **C.** Transverse cross-section of a second primibrachial plate (TS-IBr2) of Roveacrinidae indet., Sample no. Ot02, Rep. no. UTL.25-Tak02. **D.** Transverse, slightly oblique section of a second primibrachial plate (IBr2) of a Roveacrinidae indet., Sample no. Ot06, Rep. no. UTL.25-Tak06. **E.** Tangential section of a second primibrachial plate (IBr2) of a Roveacrinidae indet., in the upper and lower right corners, two relics of brachial plates (NBrn), Sample no. Bod03, Rep. no. UTL.25-Bod03. **F.** Transverse cross section of a theca (dorsal cavity) of *Roveacrinus alatus* Douglas within a heterohelidic accumulation, Sample no. Ot07, Rep. no. UTL.25-Tak07. **G.** Transverse section of a broken (mid-height) theca of *Orthogonocrinus* sp., with some heterohelidics, Sample no. Ot08, Rep. no. UTL.25-Tak08. **H.** Transverse cross-section of a theca (ventral cavity) of *Orthogonocrinus* sp., within a heterohelidic accumulation, Sample no. Ot011, Rep. no. UTL.25-Tak011.

*Photographies d'ossicules de roveacrinides en lame mince, dépôts du Cénomaniens supérieur, région de Tinrhert, Algérie. A and B.* Section transversale partielle d'une thèque (cavité dorsale) de *Roveacrinus* sp., Échantillon n° Ot02, n° inventaire UTL.25-Tak02. *C.* Section transversale axiale d'une pièce primibrachiale seconde (TS-IBr2) de Roveacrinidae indet., Échantillon n° Ot02, n° inventaire UTL.25-Tak02. *D.* Section transversale, légèrement oblique, d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2) d'un Roveacrinidae indet., Échantillon n° Ot06, n° inventaire UTL.25-Tak06. *E.* Section tangentielle d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2) d'un Roveacrinidae indet., dans les coins droits inférieure et supérieure, deux restes de pièces brachiales (NBrn), Échantillon n° Bod03, n° inventaire UTL.25-Bod03. *F.* Section transversale axiale d'une thèque (cavité dorsale) de *Roveacrinus alatus* Douglas dans une accumulation d'hétérohélidés, Échantillon n° Ot07, n° inventaire UTL.25-Tak07. *G.* Section transversale d'une thèque cassée (à mi-hauteur) de *Orthogonocrinus* sp., avec quelques hétérohélidés, Échantillon n° Ot08, n° inventaire UTL.25-Tak08. *H.* Section transversale axiale d'une thèque (cavité ventrale) de *Orthogonocrinus* sp., dans une accumulation d'hétérohélidés, Échantillon n° Ot011, n° inventaire UTL.25-Tak011.



**Plate 2.** Thin section microphotographs of roveacrinid ossicles, lower Turonian deposits, Tinrhert area, Algeria. **A.** Transverse section of a second primibrachial plate (IBr2) of *Roveacrinus* sp. cf. *alatus* Douglas, Sample no. Bod07, Rep. no. UTL.25-Bod07. **B.** Oblique section of a theca (base of the basal cavity showing three radial plates and two interradial ridges) of *Roveacrinus alatus* Douglas, with transverse sections of indeterminate brachial plates (NBrn), Sample no. Ot12, Rep. no. UTL.25-Tak12. **C.** Transverse section of a theca (base of the ventral cavity) of *Roveacrinus* cf. *alatus* Douglas; in the upper part, the brighter section is an oblique-transverse section of a second primibrachial part (IBr2 - articular face) of Roveacrinidae indet., Sample no. Ot12, Rep. no. UTL.25-Tak12. **D.** Transverse cross-section (ventral cavity) of a complete theca of *Roveacrinus alatus* Douglas, Sample no. Ot12, Rep. no. UTL.25-Tak12. **E and F.** Transverse section (dorsal cavity) of a complete theca of *Roveacrinus alatus* Douglas, with some heterohelicid sections, Sample no. Ot12, Rep. no. UTL.25-Tak12.

Photographies d'ossicules de rovéacrinides en lame mince, dépôts du Turonien inférieur, région de Tinrhert, Algérie. **A.** Section transversale d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2) de *Roveacrinus* sp. cf. *alatus* Douglas, Échantillon n° Bod07, n° inventaire UTL.25-Bod07. **B.** Section oblique d'une thèque (à la base de la cavité basale montrant trois pièces radiales et deux côtes interradielles) de *Roveacrinus alatus* Douglas, avec des sections transversales de pièces brachiales indéterminées (NBrn), Échantillon n° Ot12, n° inventaire UTL.25-Tak12. **C.** Section transversale d'une thèque (base de la cavité ventrale) de *Roveacrinus* cf. *alatus* Douglas; en haut, la pièce plus brillante est une section transversale-oblique d'une pièce primibrachiale seconde (IBr2 - facette articulaire) de Roveacrinidae indet., Échantillon n° Ot12, n° inventaire UTL.25-Tak12. **D.** Section transversale axiale (cavité ventrale) d'une thèque complète de *Roveacrinus alatus* Douglas, Échantillon n° Ot12, n° inventaire UTL.25-Tak12. **E-F.** Sections transversales (cavité dorsale) d'une thèque complète de *Roveacrinus alatus* Douglas, avec des sections d'hétérohéliécidés, Échantillon n° Ot12, n° inventaire UTL.25-Tak12.

occupied by articular pits: they are outlined as a kind of a symmetric reticulum. Such an emerging network pattern recalls the secondary lamellar ridges of *Roveacrinus geinitzi* Schneider but the ornamentation is not enough marked. Whereas it also recalls some mixed features with *Roveacrinus alatus* Douglas, the alar expansions are not present. Subsequently, we do prefer leaving this material in open nomenclature at generic level for later proper substantiation.

**Occurrence:** The specimens at hand were found in the Upper Cenomanian deposits of Oued Takouazet. The morphological features of this material at hand is consistent with those formerly

known from the Gulf of Mexico (Peck, 1943) and from Germany (Schneider, 1987, 1989), coeval to the Calycoceras guerangeri Zone [Ot02] under similar environmental depositional conditions.

#### Genus *Orthogonocrinus* Peck, 1973

*Orthogonocrinus* sp.

Plate 1 Fig. G.

**Material:** Thin sections of respective samples Rep. no. UTL.25-Ot08 and Ot11.



**Description:** The transverse section of a partial theca (3 radial plates out of 5) displays the respective radial articular facets at right angle in the section plane. The facets are occupying most of the radial section. The general outline is circular but with gross corrugation. The outline of the radial ridge is sturdy and blunt, slightly incised on their inner surface of the body cavity.

**Discussion:** This incomplete specimen shows a sturdy ornamentation intermediate between the sleek and thin radials of late Cenomanian *O. apertus* Peck, and the robust and big-built radials of early Coniacian *O. janeti* (Valette). This specimen, as well as any Turonian representative of the genus, could be assigned to a transitional new species with a high stratigraphic potential.

**Occurrence:** This genus is known from France (late Cenomanian – *O. apertus* Peck- and early Coniacian – *O. janeti* (Valette) – of Paris Basin: Valette, 1917; Rasmussen, 1961; Ferré, 1995), Germany (late Cenomanian of Lower Saxony, Niebuhr & Seibertz, 1991) and USA (Albian-Coniacian, Peck, 1943, 1955; Hess, in Hess & Messing, 2011). In Algeria, this genus was only recorded in Oued Takouazet from a limestone bed that delivered a *Vascoceras* specimen: therefore it is dated of late Cenomanian (Neocardioceras juddii Zone).

#### Roveacrinidae indet.

Plate 1 Figs. C–E.

**Material:** Respective thin sections from samples Rep. no. UTL.25-Bod3 and Bod7 from Bordj Omar Driss, and Rep. no. UTL.25-Ot04, Ot06, Ot07 and Ot12 from Oued Takouazet.

**Description:** Pl. 1 Fig. C displays a transverse section of a second primibrachial plate close to the proximal articular facet. It has barely a family feature: it resembles the morphological plate equivalent of a saccocomid specimen but differs in having an undulated lamellar outline (recalling some *Roveacrinus alatus* Douglas), a medium-sized facet and faint “crenulated” ridges on its outer surface. Unlikewise the somewhat oblique, tangential section of Pl. 1 Fig. D documents some marked longitudinal lamellar ornamentation on the second primibrachial plate. Finally, Pl. 1 Fig. E from Bordj Omar Driss displays an oblique section plane of another second primibrachial plate enhancing the same lamellar ornamentation. Such an eccentric ornamentation would be consistent with some *Roveacrinus alatus* Douglas or *Roveacrinus geinitzi* Schneider (both these species are consistent with the upper late Cenomanian age of the deposits).

**Occurrence:** Both loose ossicles in washing residues and conspicuous sections of Roveacrinidae of indeterminate affinity are found frequently and in great numbers across the C/T boundary sections. Their taxonomic assignment of such sections at a specific or even generic level cannot be granted since they originate from brachial plates that are seldom found connected to their respective identified theca. However, semi-quantitative analysis of their abundance along the section bears interesting promises: first to testify their taxonomic presence within the study area, secondly to complete the faunal scenery towards the palaeoenvironmental reconstruction, and thirdly to provide semi-quantitative data to point out flooding levels within a rather monotonous lithological series (usually devoid of first-order faunal components) in conjunction with heterohelid events.

Family SACCOCOMIDAE d’Orbigny, 1852

Genus *Applinocrinus* Peck, 1973

(=*Microcalamoides* Bonet, 1956)

*Applinocrinus* sp.

**Material:** a single thin section from sample Rep. no. UTL.25-Ot02.

**Description:** The only ossicle is documented by a transverse section of a partial thecal plate. This section shows a convex high-magnesium calcite (HMC) section displaying the crenulated, slightly corrugated plate wall typical of the “Microcalamoides” microfacies.

**Occurrence:** The only specimen at hand was found associated with true roveacrinids from Ot02. Saccocomids are particularly seldom in the Tinrhert area. This rarity is in contrast with the relative abundance observed in the Guir area (Mebarki et al., 2016) and in western Tunisia (Ruault-Djerrab et al., 2012). This could be related to a more restricted and shallowing/shallower environment, Cretaceous saccocomids being prone in mud-supported seafloor sediments with low sea-bottom currents.

#### 8. Palaeo-environmental Proxies and OAE2 over Northern Africa

The disarticulation pattern of documented roveacrinids (isolated ossicles), the fairly good state of preservation, and the shape of ossicles (preservation of ornamental elements) support that, after death, these crinoid skeletons were not transported far away, even stirred and locally dismantled before final burial.

Roveacrinids, as well as saccocomids, were hemipelagic to pelagic benthic organisms that had been dwelling from mud-supported lagoonal (mostly saccocomids) to open-shelf marine environments (roveacrinids). Their widespread palaeogeographic distribution and global (at least Tethyan-wide) dispersal are reflecting an early planktonic stage as any echinoderm brood or juvenile. Later on in their lifetime, they sank to the seafloor as benthic bottom-dweller adults with possible active swimming to escape predatory pressure. They are supposed to have fed from the pelagic sinking nutrients (as epibenthic hemipelagic dredgers) and their abundance levels are correlated with blooms of calcareous dinocysts, calcispheres and of heterohelids. During bottom-predator raid, the arms of these crinoids were likely fast-contracting, such reflex movement along with the buoyancy increase provided by gas could have contributed to escape predatory pressure (Baumiller et al., 2010; Gorzelak et al., 2012). In the present state of knowledge, the material at hand does not allow to take a stand on their mode of life. Consequently, they can be used for completing both the sedimentary depositional scenery and the eustatic context (flooding surfaces or high-productivity events).

#### 9. Bio-Stratigraphic Potentials

In the Tinrhert area, some levels are prone in ammonites and other bivalves susceptible to be exploited on a biostratigraphic level; however, macrofossil zonation is rather loose and positioning the C/T boundary remains rather difficult since hypoxia had been ruling over this period and made the environment adverse for datation-supporting macrofossils, as well as index microfossils (such as keeled rotaliporids, dicarinellids and globotruncanids). In such circumstances, one has to look after the classical “events” usually used in the Tethyan area (Robaszyński et al., 2010). Though Jurassic saccocomid microfacies are known worldwide to locate on field and in lab the Jurassic-Cretaceous boundary, their chalk relatives are not so spontaneously looked after, with the exception of their rock-building potential as roveacrinid-beds (Jefferies, 1962, 1963; Ferré, 1995; Gale et al., 1993). However, we must keep in mind that such events are the mere reflect of eustatic changes and that they are recurrent within this time interval. Consequently, they must be picked with extreme care since the fossil blooms they represent (calcispheres, heterohelids, platycopid ostracodes, “filaments”, etc) are occurring as conspicuous flooding levels in transgressive tracts and can be easily confused with the next

transgressive trend (since they reproduce). Within this respect, though qualitative range has not been effective so far to decide where to place the C/T boundary, the semi-quantitative analysis of the roveacrinid ossicles in microfacies gave interesting hints that were positively correlated with loose macrofossil data. The respective abundance levels observed in the Tinrhert area are consistent with those evidenced in the coastal basins of Brazil, the southern Tethyan margin and over the Middle East platform.

## 10. Conclusions

The finding of roveacrinid plate sections in the Cenomanian-Turonian deposits of the Tinrhert area documents the occurrence of this order in Algeria despite numerous elusive citations in grey in-house publications, allows us to compare these records with the coeval C/T deposits from the Guir farther south (Mebarki et al., 2016) and with neighbouring countries (Morocco: Terrab, 1996; Groshény et al., 2013; Tunisia: Abdallah et al., 2000, 2006), and draws potential correlations with the Arabian platform, northern Tethyan margin (Portugal, Spain, southeastern France, the Balkans, Crimea) and the Boreal realm (British Isles, Paris Basin, Germany, Poland). Furthermore, they can provide an additional criterion, along with the Heterohelix, platycopid ostracode events, as a supplementary proxy to precise the position of the C/TB when classical index microfauna are missing. Furthermore, such “event” beds could represent potential on-field marker beds, subsequently on a Tethyan-wide scale towards a better long-distance correlation.

## Disclosure of interest

The authors declare that they have no competing interest.

## Acknowledgements

The authors wish to express their most sincere thanks to the anonymous reviewers for their valuable advice and highlighted comments on the preliminary version of the manuscript.

This paper originates from the abstract and oral contribution to the Cenomanian Colloquium, held in the “Musée Vert” of Le Mans (April 27–29, 2016). Special thanks are due to its organizers, Nicolas Morel, Delphine Desmares and Didier Néraudeau.

## References

- Abdallah, H., Sassi, S., Meister, C., Souissi, R., 2000. Stratigraphie séquentielle et paléogéographie à la limite Cénomanién-Turonien dans la région de Gafsa-Chotts (Tunisie centrale). *Cretaceous Research* 21, 35–106.
- Abdallah, H., Meister, C., Néraudeau, D., Ferré, B., 2006. Biostratigraphy around the Cenomanian-Turonian boundary in the Gafsa area, southern Tunisia. *Mémoires du Service Géologique National, Alger* 13, 209–240.
- Acheche, M.H., M'Rabet, A., Ghariani, H., Ouahchi, A., Montgomery, S.L., 2001. Ghadames Basin. Southern Tunisia: a reappraisal of Triassic reservoirs and future prospectivity. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 85, 765–780.
- Amédéo, F., Busson, G., Cornée, A., 1996. Révision des ammonites du Cénomanién supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert (Sahara algérien) : implications biostratigraphiques. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris* 18C, 179–232.
- Basse, E. de Mérorval, 1953. Présence en Afrique du Nord dans le Tell constantinois, d'Ammonites néocomiennes de la famille des Oosterellidés. *Compte Rendu sommaire de la Société Géologique de France*, 15, 4 p.
- Baumiller, T.K., Salamon, M.A., Gorzelak, P., Mooi, R., Messing, Ch.G., Gahn, F.J., 2010. Post-Paleozoic crinoid radiation in response to benthic predation preceded the Mesozoic marine revolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (13), 5893–5896.
- Bengtson, P., Berthou, P.-Y., 1983. Microfossiles et échinodermes *incertae sedis* des dépôts albiens à coniaciens du bassin de Sergipe-Alagoas, Brésil. *Cahiers de Micropaléontologie* 1982 (3), 13–22.
- Berthou, P.-Y., Bengtson, P., 1988. Stratigraphic correlation by microfacies of the Cenomanian-Coniacian of the Sergipe Basin, Brazil. *Fossils and Strata* 21, 1–38.
- Benzaggagh, M., Homberg, C., Schnyder, J., Ben Abdesslem-Mahdaoui, S., 2015. Description et biozonation des sections de crinoïdes saccocomidés du Jurassique supérieur (Oxfordien-Tithonien) du domaine téthysien occidental. *Annales de Paléontologie* 101 (2), 95–117.
- Brönnimann, P., 1955. Microfossils *incertae sedis* from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Cuba. *Micropaleontology* 1 (1), 28–51.
- Busson, G., 1959. La série du Crétacé supérieur au forage de Messouda-Fort-Thriert (Confinis algéro-tuniso-libyens). *Service de la Carte Géologique, B 25 (travaux des collaborateurs 1958)*, 382 p.
- Busson, G., 1960. Sur la coupe du Crétacé supérieur et de l'Éocène inférieur du Tinrhert central (Sahara algérien). *Travaux de Recherches Sahariennes* 19, 141–149.
- Busson, G., 1964. Carte géologique de l'Algérie au 1/500 000°. Feuille Fort Flatters. Publications du Centre de Recherches sur les Zones Arides, CNRS, Paris.
- Busson, G., 1965. Sur les gisements de céphalopodes crétacés sahariens. *Annales de Paléontologie (Invertébrés)* 51, 153–161.
- 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, 687–703.
- Busson, G., 1972. Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, série C*, 26, 441 p.
- Busson, G., Dhondt, A., Amédéo, 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 épicratonique avec les séries contemporaines à matière organique du Maghreb. *Cretaceous Research* 20, 29–46.
- Caron, M., 1983. La spéciation chez les Foraminifères planctiques : Une réponse adaptée aux contraintes de l'environnement. *Zitteliana* 10, 671–676.
- Caron, M., Homewood, P., 1983. Evolution of early planktic foraminifers. *Marine micropaleontology* 7, 453–462.
- Collignon, M., 1957. Céphalopodes néocrétacés du Tinrhert (Fezzan). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)* 43, 113–136.
- Collignon, M., 1965. Nouvelles ammonites néocrétacées sahariennes. *Annales de Paléontologie (Invertébrés)* 5, 165–202.
- Dias-Brito, D., 1994. Comparação dos carbonatos pelágicos do Crétáceo médio da Margem Atlântica Brasileira com os do Golfo do México: Novas evidências do Tétis Sul-Atlântico. In: Dias-Brito, D., Ponte, F.C., Castro, J.C., Perinotto, J.A., Bertini, R.J. (Eds.), *Boletim do Simpósio sobre o Crétáceo do Brasil*, 3. Universidade Estadual Paulista, pp. 11–18.
- Dias-Brito, D., 1995. Calciferas e Microfácies em Rochas Carbonáticas Pelágicas Mesocretáceas. Unpublished PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 688 p. (in portuguese).
- Dias-Brito, D., Ferré, B., 1997. Albian roveacrinids (stemless crinoids) in fine-grained carbonates from the Santos Basin in southeastern Brazil, western South Atlantic. In: *Abstracts of the XVIII IAS Regional European Meeting of Sedimentology (Heidelberg, September 2-4, 1997)*. Bechstaedt, T., Bengtson, P., Greiling, R., Schweizer, V. (Eds.), *Gaea Heidelbergensis* 3, 118–119.
- Dias-Brito, D., Ferré, B., 2001. Roveacrinids [sic] (stemless crinoids) in the Albian carbonates of the offshore Santos Basin, southeastern Brazil: stratigraphic, palaeobiogeographic and palaeoceanographic significance. *Journal of South American Earth Sciences* 14 (2), 203–218.
- Douglas, J.A., 1908. A note on some new Chalk crinoids. *Geological Magazine* 5 (5), 357–359.
- Ferré, B., 1995. Incidences des événements anoxiques océaniques sur les microfaunes cénomano-turonienues du bassin anglo-parisien. Thèse de Doctorat de l'Université Paris VI - Pierre et Marie Curie. *Mémoires des Sciences de la Terre* [95-10, 1-394].
- Ferré, B., Berthou, P.-Y., 1993. Roveacrinid remains from the Cotinguiba formation (Cenomanian-Turonian) of the Sergipe Basin (NE-Brazil). In: *13° Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1° Simposio Paleontologico do Cone Sul, Sao Leopoldo, Brazil, Sept. 19-26. Boletim de Resumos*, p. 119.
- Ferré, B., Berthou, P.-Y., 1994. Roveacrinid remains from the Cotinguiba formation (Cenomanian-Turonian) of the Sergipe Basin (NE-Brazil). *Acta Geologica Leopoldensia* XVIII (39/1), 299–313.
- Ferré, B., Dias-Brito, D., 1999. Microfacies recognition of Roveacrinid families *Lombardia*, *Eothrix*, *Globochaete* and other strains. In: Dias-Brito, D., de Castro, J.C., Rohn, R. (Eds.), *Boletim do 5° Simposio sobre o Cretaceo do Brasil*, pp. 651–659.
- Ferré, B., 1997. “Lombardia”-facies and saccocomid-like sections in Cretaceous sediments: whose pieces? *Mineralia Slovaca* 29 (4–5), 336–337.
- Ferré, B., Fernandez-Gonzalez, M., Dias-Brito, D., 1999. New insight into *Microcalamoides* Bonet, 1956 - Revised systematics and subsequent bearings. In: *Abstracts of the XVIII IAS Regional European Meeting of Sedimentology (Heidelberg, September 2-4, 1997)*. Bechstaedt, T., Bengtson, P., Greiling, R., Schweizer, V. (Eds.), In: *Boletim do 5° Simposio sobre o Cretaceo do Brasil*], pp. 661–668.
- Ferré, B., Granier, B., 1997. The Albian stemless microcrinoids (Roveacrinidae, Crinoidea) of the Congo Basin (Angola). *Gaea Heidelbergensis* 3, 129–130.
- Ferré, B., Granier, B., 2000. *Roveacrinus berthou* nov. sp., Early Hauterivian representative of Roveacrinidae (Roveacrinida, Crinoidea) of Busot (Alicante, Spain). *Geologica Carpathica* 51, 101–107.
- Ferré, B., Granier, B., 2001. Albian roveacrinids from the southern Congo Basin, off Angola. *Journal of South American Earth Sciences* 14, 219–235.
- Gale, A.S., 2016. Roveacrinida (Crinoidea, Articulata) from the Santonian-Maastrichtian (Upper Cretaceous) of England, the US Gulf Coast (Texas, Mississippi) and southern Sweden. *Papers in Palaeontology* 2016, 1–44.
- Gale, A.S., Wood, C.J., Kennedy, W.J., Corfield, R.M., 1993. Chemostratigraphy versus biostratigraphy: data from around the Cenomanian-Turonian boundary. *Journal of the Geological Society of London* 150 (1), 29–32.

- Geinitz, H.B., 1871. Seeigel, Seesterne und Haarsterne des unteren Quaders und unteren Pläners. In: Geinitz, H.B., editor. (1871–1875), Das Elbthalgebirge in Sachsen. Erster Theil. Der untere Quader. Palaeontographica 20 (1), 1.61–1.93, Taf. I.14–1.23.
- Goldfuss, G.A., 1831. Petrefacta Germaniae (1826–1833), 1. Arnz & Co, Düsseldorf.
- Gorzela, P., Salamon, M.A., Baumiller, T.K., 2012. Predator-induced macroevolutionary trends in Mesozoic crinoids. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 109 (18), 7004–7007.
- Gorzela, P., Salamon, M.A., Ferré, B., 2011. Pelagic crinoids (Roveacrinida, Crinoidea) discovered in the Neogene of Poland. Naturwissenschaften 98, 903–908.
- Groshény, 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 Saharan Platform (Tunisia and Algeria). Cretaceous Research 42, 66–84.
- Hagdorn, H., 1995. Triassic crinoids. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie II, 1–22.
- Hess, H., 2002. Remains of Saccocomids (Crinoidea: Echinodermata) from the Upper Jurassic of southern Germany. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde B329, 1–55.
- Hess, H., Messing, C.G., 2011. Treatise on Invertebrate Paleontology, Part 2, Echinodermata 2 Revised, Crinoidea 3. University of Kansas Press, Lawrence, Kansas, xxix + 261 p.
- Jagt, J.W.M., 1999. Late Cretaceous–Early Paleogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 2: Crinoids. Scripta Geologica 116, 1–57.
- Jefferies, R.P.S., 1962. The palaeoecology of the *Actinocamax plenus* Subzone (Lowest Turonian) in the Anglo-Paris Basin. Palaeontology 4, 609–674.
- Jefferies, R.P.S., 1963. The stratigraphy of the *Actinocamax plenus* Subzone (Lowest Turonian) in the Anglo-Paris Basin. Proceedings of the Geologists' Association 74, 1–33.
- Kristan-Tollmann, E., 1970. Die Osteocrinusfazies, ein Leithorizont von Schwabcrinoiden im Oberladin-Unterkarn der Tethys. Erdöl und Kohle. Erdgas, Petrochemie 23, 781–789.
- Kristan-Tollmann, E., 1977. Zur Gattungsunterscheidung und Rekonstruktion der triadischen Schwabcrinoiden. Paläontologische Zeitschrift 51, 185–198.
- Kristan-Tollmann, E., 1991. Echinoderms from the Middle Triassic Sina Formation (Aghdarband Group) in NE Iran. Abhandlungen Geologischen Bundesanstalt 38, 175–194.
- Lapparent, J., 1937. Les Argiles d'El Goléa, Sahara algérien, étude pétrographique. Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie 3, 28 p.
- Leckie, R.M., Yuretich, R.F., West, O.L.O., Finkelstein, D., Schmidt, M., 1998. Paleocyanography of the southwestern Western Interior Sea during the time of the Cenomanian-Turonian boundary (Late Cretaceous). SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology 6, 101–126.
- Lefranc, J.P., 1976. État des connaissances actuelles sur les zonations biostratigraphiques du Crétacé (Albien à Turonien au Sahara). Annales du Muséum d'Histoire naturelle de Nice 4 (19), 1–124.
- Lombard, A., 1937. Microfossiles d'attribution incertaine du Jurassique supérieur alpin. Eclogae Geologicae Helveticae 30, 320–331.
- Lombard, A., 1945. Attribution de microfossiles du Jurassique supérieur alpin à des Chlorophycées. Eclogae Geologicae Helveticae 38, 163–173.
- Mebarki, K., Adaci, M., Meister, C., Benyoucef, M., Ferré, B., Läng, E., Cavin, L., Zaoui, D., Desmares, D., Villier, L., Malti, F.-Z., Bensalah, M., 2016. Lithostratigraphy, Paleoenvironments and sequence evolution of the Cenomanian-Turonian deposits from the Guir area (SW-Algeria). In: Morel, N., Desmares, D., Néraudeau, D. (Eds.), Colloque Cénomaniens, Le Mans, Volume des résumés. pp. 64–65 [http://www-connex.univ-brest.fr/geosciences/GFC/pdf/LIVRE\_RESUME.Colloque.Cenomaniens.pdf].
- Néraudeau, D., 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, 273–313.
- Niebuhr, B., Ferré, B., 2016. Crinoiden (Seelilien). In: Niebuhr, B., Wilmsen, M. (Eds.), Kreide-Fossilien in Sachsen, Teil 2. Geologica Saxonica, p. 62 (in print).
- Niebuhr, B., Seibert, E., 1991. Faziesgeschichte und Entwicklungsdynamik von Campan. Maastricht und Eozän im beienroder Becken (N-Niedersachsen). Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 142, 251–283.
- Peck, R.E., 1943. Lower Cretaceous crinoids from Texas. Journal of Paleontology 17 (5), 451–475.
- Peck, R.E., 1948. A Triassic crinoid from Mexico. Journal of Paleontology 22 (1), 81–84.
- Peck, R.E., 1955. Cretaceous Microcrinoids from England. Journal of Paleontology 29 (6), 1019–1029.
- Peck, R.E., 1973. *Applincrinus*, a New Genus of Cretaceous Microcrinoids and Its Distribution in North America. Journal of Paleontology 47 (1), 94–100.
- Rasmussen, H.W., 1961. A Monograph on the Cretaceous Crinoidea. Biologiske Skrifter udgivet af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 12 (1), 1–428.
- Rolland, G., 1881. Sur le terrain crétacé du Sahara septentrional. Bulletin de la Société géologique de France IX, 510–515.
- Rolland, G., 1890. Géologie du Sahara algérien et aperçu géologique sur le Sahara de l'Océan Atlantique à la Mer Rouge. In: Extrait des documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par M. Choisy. Imprimerie Nationale, Paris, 705 p.
- Robaszyński, F., Zagarni, M.F., Caron, M., Amédéo, F., 2010. The global bio-events at the Cenomanian-Turonian transition in the reduced Bahloul Formation of Bou Ghanem (central Tunisia). Cretaceous Research 31, 1–15.
- Ruault-Djerrab, M., Ferré, B., Benkerouf, F., 2012. Étude micropaléontologique du Cénomano-Turonien dans la région de Tébessa (NE Algérie) : implications paléoenvironnementales et recherche de l'empreinte de l'OAE2. [Micropaléontological study of Cenomanian/Turonian in Tebessa area (NE Algeria): Palaeoenvironmental implications and evidence of the OAE2 onset]. Revue de Paléobiologie 31 (1), 127–144.
- Rumeau, J., Debrenne, P., Decremps, P., 1957. Mission BRP Tinrhert. Rapport de la fin de campagne 1955–1956, 1241. Publication de l'Institut français du Pétrole, 33 p.
- Salamon, M.A., Gorzelak, P., Hanken, N.M., Riise, H.E., Ferré, B., 2015. Crinoids from Svalbard in the aftermath of the end-Permian mass extinction. Polish Polar Research 36 (3), 225–238, <http://dx.doi.org/10.1515/popore.2015.0015>.
- Schlanger, S.-O., Jenkyns, H.-C., 1976. Cretaceous oceanic anoxic events, causes and consequences. Geologie en Mijnbouw 55, 179–184.
- Schneider, H.L., 1987. Zur Kelchmorphologie und Systematik der Roveacrininae PECK, 1943 (Crinoidea, Oberkreide). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 175 (2), 181–206.
- Schneider, H.L., 1989. Zur Morphologie und Ontogenese von *Roveacrinus geinitzi* n. sp. (Crinoidea, Oberkreide). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 178 (2), 167–181.
- Terrab, S., 1996. Le Cénomaniens-Turonien d'Agadir: stratigraphie et diagenèse, nodulisation. Thèse d'Université, Ecole des Mines de Paris (Ed.), 27. Mémoires des Sciences de la Terre, 254 p.
- Tchéнар, S., Zaoui, D., Adaci, M., Bensalah, M., Madani, B., Kentri, T., Fekih, N., 2015. Le passage Cénomaniens-Turonien dans le Bassin du Tinrhert (Sahara algérien) : lithologie et répartition de la microfauve. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie 26 (1–2), 23–41.
- Valette, A., 1917. Note sur les crinoïdes de la craie blanche. Bulletin de la Société des Sciences d'Histoire Naturelle de l'Yonne, 1916, 79–178.
- Verniory, R., 1954. *Eothrix alpina* Lombard, Algue ou Crinoïde? Archives des Sciences, Geneva 7 (4), 327.
- Verniory, R., 1955. Extension géographique et stratigraphique du genre *Saccocoma* Agassiz dans le Dauphiné méridional et en Provence. Archives des Sciences, Geneva 8, 225–226.
- Verniory, R., 1956. La création du genre *Lombardia* Brönnimann est-elle justifiée? Archives des Sciences, Geneva 9 (1), 86.
- Verniory, R., 1960. Présence (et variétés) de *Saccocoma tenella* Goldfuss à Talloires (Haute-Savoie). Archives des Sciences, Geneva 13, 250–257.
- Verniory, R., 1961. Présence de *Saccocoma quenstedti* Doreck (in coll.) dans les gorges de la Méouge (Sisteron Provence). Archives des Sciences, Geneva 14, 315–320.
- Verniory, R., 1962. Une nouvelle forme de *Saccocoma* (Montbrand, Hautes-Alpes, France). Archives des Sciences, Geneva 15, 391–397.
- Zaoui, D., Tchéнар, S., Benyoucef, M., Meister, C., Adaci, M., Piuze, A., Mebarki, K., Bensalah, M., Gabani, A., Mahboubi, M., 2016. Le Cénomano-Turonien dans la Hamada du Tinrhert (Sahara, Algérie) : résultats préliminaires. Revue de Paléobiologie 35 (2) (in press).

# LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) : LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

Soumia TCHENAR\*, Djamilia ZAOUI\*, Mohammed ADACI\*, Mustapha BENSALAH\*,  
Benyoucef MADANI\*\*, Touria KENTRI\* et Nor El Houda FEKIH\*.

## RÉSUMÉ

Dans le bassin du Tinrhert, l'incidence des variations tant sédimentologiques que paléo-écologiques sur la répartition de la microfaune, au passage Cénomaniens-Turonien, a été observée grâce au levé de cinq coupes géologiques. Les corrélations lithologiques et micropaléontologiques montrent la succession d'intervalles bien distincts. Le Cénomaniens supérieur débute par une sédimentation lagunaire, riche en pyrite et en gypse, suivie par une sédimentation de plate-forme carbonatée. Au Turonien inférieur, se déposent des marnes, coiffées par des calcaires de plate-forme, rapportées au Turonien supérieur (?).

Les analyses micropaléontologiques ont révélé, chez les foraminifères, une absence des formes planctoniques carénées au Cénomaniens supérieur d'une part et, par la dominance des formes planctoniques globuleuses (*Heterohelix* et *Hedbergella*), d'autre part. Les ostracodes, peu fréquents sont représentés surtout par les genres *Cythereis*, *Paracypris* et *Cytherella*. Les données paléo-écologiques ont permis de mettre en évidence deux bio-événements, bien connus dans différents bassins téthysiens, dont « la zone d'acmé à *Heterohelix* » et « le renouvellement microfaunique », correspondant à l'apparition de nouveaux taxons, tels que les foraminifères planctoniques carénés. L'analyse paléo-environnementale a montré l'influence de l'Événement Anoxique Océanique 2 (EAO2) sur la répartition de la microfaune.

**Mots-clés** - Algérie - Sahara - Tinrhert - Cénomaniens - Turonien - Foraminifères - Ostracodes - Bio-événements - Paléo-environnementale - EAO2.

## THE CENOMANIAN-TURONIAN PASSAGE IN THE TINRHERT BASIN (ALGERIAN SAHARA) : LITHOLOGY AND DISTRIBUTION OF THE MICROFAUNA

### ABSTRACT

In the Tinrhert Basin, the incidence of sedimentological and paleoecological variations on the distribution of the microfauna, in the Cenomanian - Turonian boundary was observed through five geological cross sections. The lithological and micropaleontological correlations show a distinct succession of intervals. The Upper Cenomanian begins with a lagoonal sedimentation, rich in pyrite and gypsum, followed by a carbonate platform sedimentation. The Lower Turonian is represented by marls, followed by a carbonate platform sedimentation, attributed to the Upper Turonian (?).

\* Laboratoire N° 25, Université de Tlemcen, BP. 119 - 13000 Algérie. soumiatchenar @ yahoo.fr

\*\* Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Mascara, BP. 305, route de Mamounia, 29000 Mascara - Algérie.

- Manuscrit déposé le 31 Juillet 2013, accepté après révision le 01 Juillet 2015.

The Foraminifera are marked, during the Upper Cenomanian, by the absence of keeled forms and by the dominance of planktonic and globular forms, belonging to *Heterohelix* and *Hedbergella* genus. The Ostracods are unfrequent and represented mainly by *Cythereis*, *Paracypris* and *Cytherella* genus. The paleoecological study allowed to recognize two bio-events, of which the "Heterohelix acme zone" and "microfaunic renewal", corresponding to the appearance of new taxa, such as keeled foraminifera. These bio-events are cited in various Tethyan basins, particularly in Europe and Tunisia. The paleoenvironmental analysis showed the influence of the Oceanic Anoxic Event 2 (OAE 2) on the distribution of the microfauna.

**Keywords** - Algeria - Sahara - Tinrhert - Cenomanian - Turonian - Foraminifera - Ostracods - Bio-events - Paleoenvironmental - OAE2.

## I - INTRODUCTION

De nombreux travaux géologiques se sont intéressés au Bassin de Tinrhert (Busson, 1960, 1971; Busson *et al.*, 1999; Amédéo *et al.*, 1996). Ces derniers ont porté, essentiellement, sur le volet lithostratigraphique et biostratigraphique basé sur les ammonites. S'inscrivant dans la continuité de ces recherches, le présent travail aborde pour la première fois, l'aspect micropaléontologique (foraminifères et ostracodes).

### A - Cadre géographique

Le bassin du Tinrhert fait partie des confins algéro-tuniso-libyens. De direction SW-NE, il s'étend sur plus de 300 km depuis El Biod en Algérie, jusqu'à Rhadamès dans le SW libyen.

Cette étude est consacrée à la partie orientale du bassin, ou Tinrhert oriental. Il s'agit de l'aire comprise entre le grand Erg oriental au nord, l'Erg Issaouane au sud et l'Oued In Adaoui à l'est (fig. 1). La topographie est soulignée par la présence de quatre barres carbonatées ou gréso-carbonatées, formant des corniches du sud vers le nord.

### B - Cadre géologique

Les affleurements géologiques (fig. 2) s'inscrivent dans le cadre de la plus vaste transgression post-carbonifère du NW africain (Amédéo *et al.*, 1996). Le Crétacé est représenté à l'Albien par une alternance de marnes à passées calcaires dans la partie orientale du bassin et par des sables

dans sa partie occidentale. Au Cénomanién, les dépôts admettent un faciès lagunaire de bordure, correspondant à des argiles gypseuses et pyriteuses. Ils sont surmontés au passage cénomanién-supérieur-turonien inférieur par une sédimentation carbonatée de plate-forme, formant la dalle dite cénomaniénne. Au Turonien inférieur, s'installe une sédimentation d'abord marneuse, puis carbonatée. Il s'agit de calcaires massifs, formant la dalle turonienne. La série se termine par des argiles gypseuses, rarement dolomitiques du Coniacien-Santonien.

## II - HISTORIQUE DES RECHERCHES

Le plus important travail ayant porté sur les dépôts cénomano-turonien du bassin du Tinrhert est incontestablement, celui de Rumeau *et al.* (1957), qui réalisent la première carte géologique au 1/200 000 du bassin et subdivisent la série turonienne en «termes» qui sont : les calcaires inférieurs (Turonien inférieur), les marnes médianes (Turonien moyen) et les calcaires supérieurs (Turonien supérieur).

Les travaux ultérieurs (Collignon, 1957, 1970a, 1970b, 1971a, 1971b, 1974; Collignon et Lefranc, 1974; Busson, 1960, 1965, 1971; Amard *et al.*, 1978; Néraudeau *et al.*, 1993; Amédéo *et al.*, 1996; Abdallah *et al.*, 2006; Grosheny *et al.*, 2013) se sont intéressés à la biostratigraphie du bassin du Tinrhert. Grâce aux ammonites, ces auteurs ont apporté des précisions stratigraphiques essentiellement sur le Cénomanién supérieur et le Turonien.

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

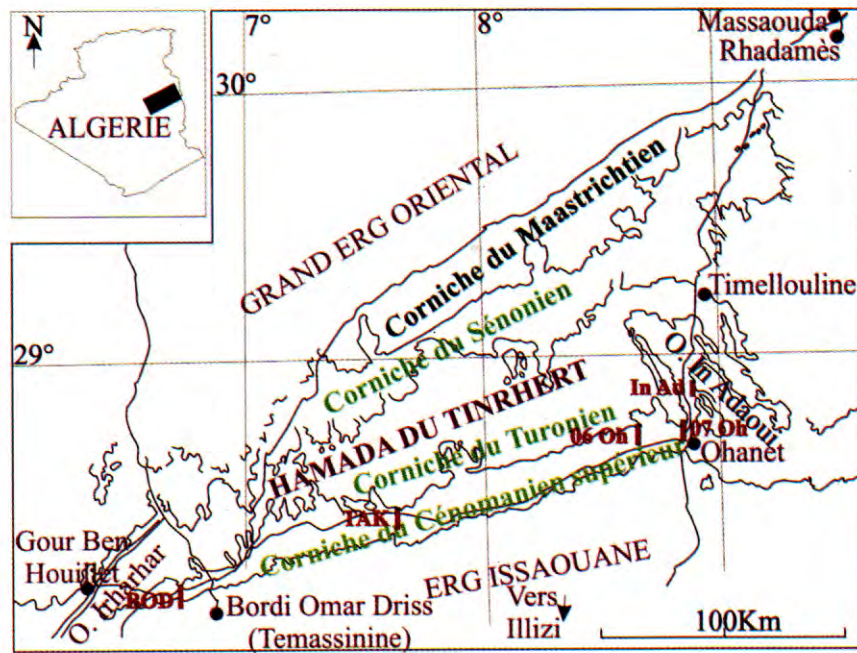


Fig. 1 - Situation générale du bassin du Tinrhert (d'après Amédéo et al., 1996) et localisation des coupes.  
*General situation of the Tinrhert Basin (after to Amédéo and al., 1996) and cross sections location.*

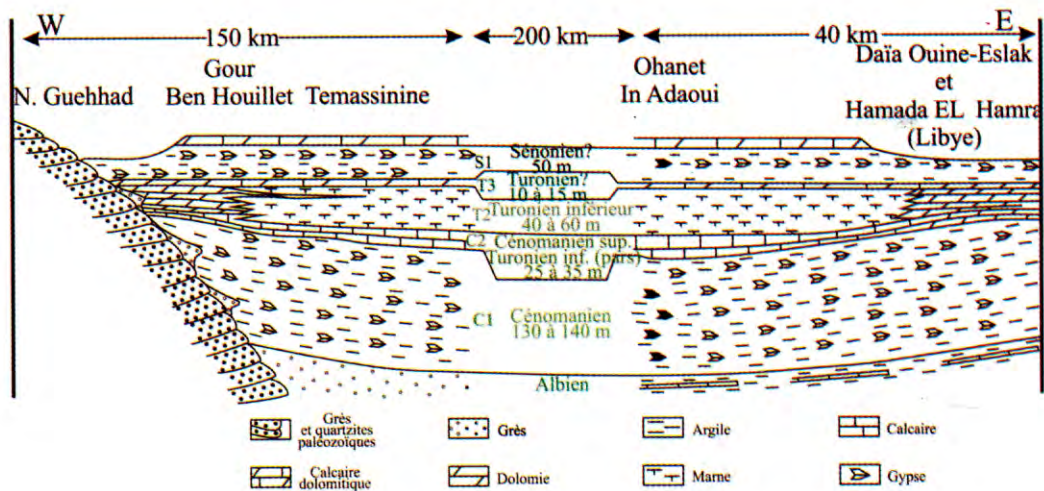


Fig. 2 - Coupe schématique est-ouest du Tinrhert oriental. Extension et relations des différents faciès du Cénomanien supérieur-Turonien inférieur et relations avec les séries encaissantes (d'après Busson et al., 1999)

*East-West schematic cross section of the Eastern Tinrhert. Extension and relation with Upper Cenomanian-Lower Turonian facies series and with the host rocks (after to Busson and al., 1999)*

### III - OBJECTIFS ET MÉTHODE

En plus de l'aspect biostratigraphique, le présent travail consiste, également, à mettre en évidence l'incidence des variations paléo-écologiques sur la répartition et l'évolution des foraminifères et des ostracodes. En reprenant l'étude lithostratigraphique établie par Busson (1960), cinq coupes de direction générale NS, ont été levées dans le bassin. Il s'agit, d'ouest en est, des coupes de Bordj Omar Driss, de Takouazet, de l'Ohanet (coupes 6 Oh et 7 Oh) et d'In Adaoui (fig. 1).

Susceptibles de renfermer de la microfaune, seuls les niveaux marneux sont pris en considération. Ainsi, 128 prélèvements ont été effectués

dont la répartition est comme suit : 33 pour la coupe de Bordj Omar, 30 à Takouazet, 26 à l'Ohanet 06 Oh, 22 à l'Ohanet 07 Oh et, 17 à In Adaoui (fig. 3).

Ces échantillons (environ 500 g par niveau) sont lavés dans deux tamis Afnor dont la taille des mailles est, respectivement, de 125 $\mu$ m et 63 $\mu$ m. Les résidus ainsi récupérés, sont étudiés à la loupe binoculaire.

Cette démarche consiste en premier lieu à identifier la microfaune recensée, à des fins biostratigraphiques, puis à évaluer les rapports des différentes fractions minéralogiques et biogéniques, pour

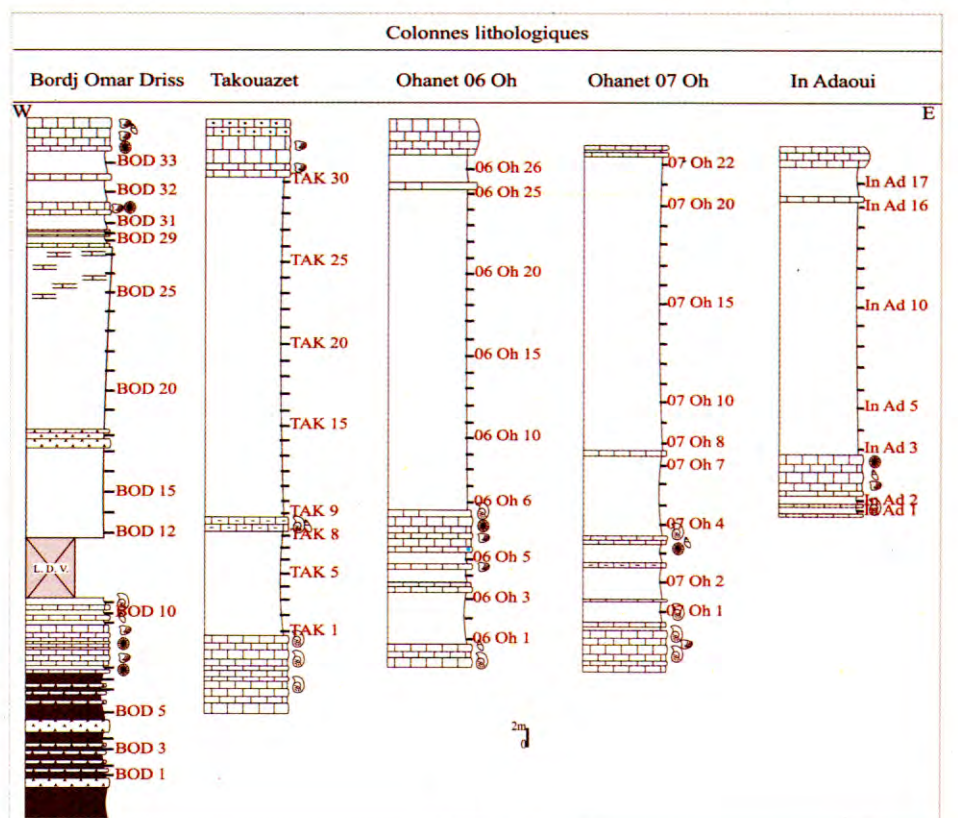


Fig. 3 - Les différents niveaux marneux échantillonnés dans le présent travail

*The different levels marl sampled in the present study*

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

mieux comprendre les conditions paléo-environnementales dans lesquelles la microfaune a évolué. La méthodologie de comptage adoptée est celle utilisée par Arias (1995); Bodergat et al. (1997); Babinot et Colin (2011); Tchenar (2004). Ainsi, le nombre des foraminifères et des ostracodes est évalué par rapport à toute la microfaune présente (100 %) et récoltée par niveau. Pour les foraminifères, comme pour les ostracodes, tous les individus présents dans chaque résidu sont triés, comptés et leur pourcentage calculé.

Sur le plan taxonomique, les classifications adoptées, dans le présent travail, sont celle de Loeblich et Tappan (1988) pour les foraminifères et Moore (1961) pour les ostracodes.

À partir des foraminifères planctoniques, une attribution biostratigraphique a été donnée aux différentes unités.

IV - DESCRIPTION LITHO-STRATIGRAPHIQUE ET APPROCHE BIOSTRATIGRAPHIQUE

Les coupes étudiées sont :

A - La coupe de Bordj Omar Driss : elle est située dans la région de Bordj Omar Driss, avec une épaisseur avoisinant les 73 m (fig. 4 et pl. 1-A et B).

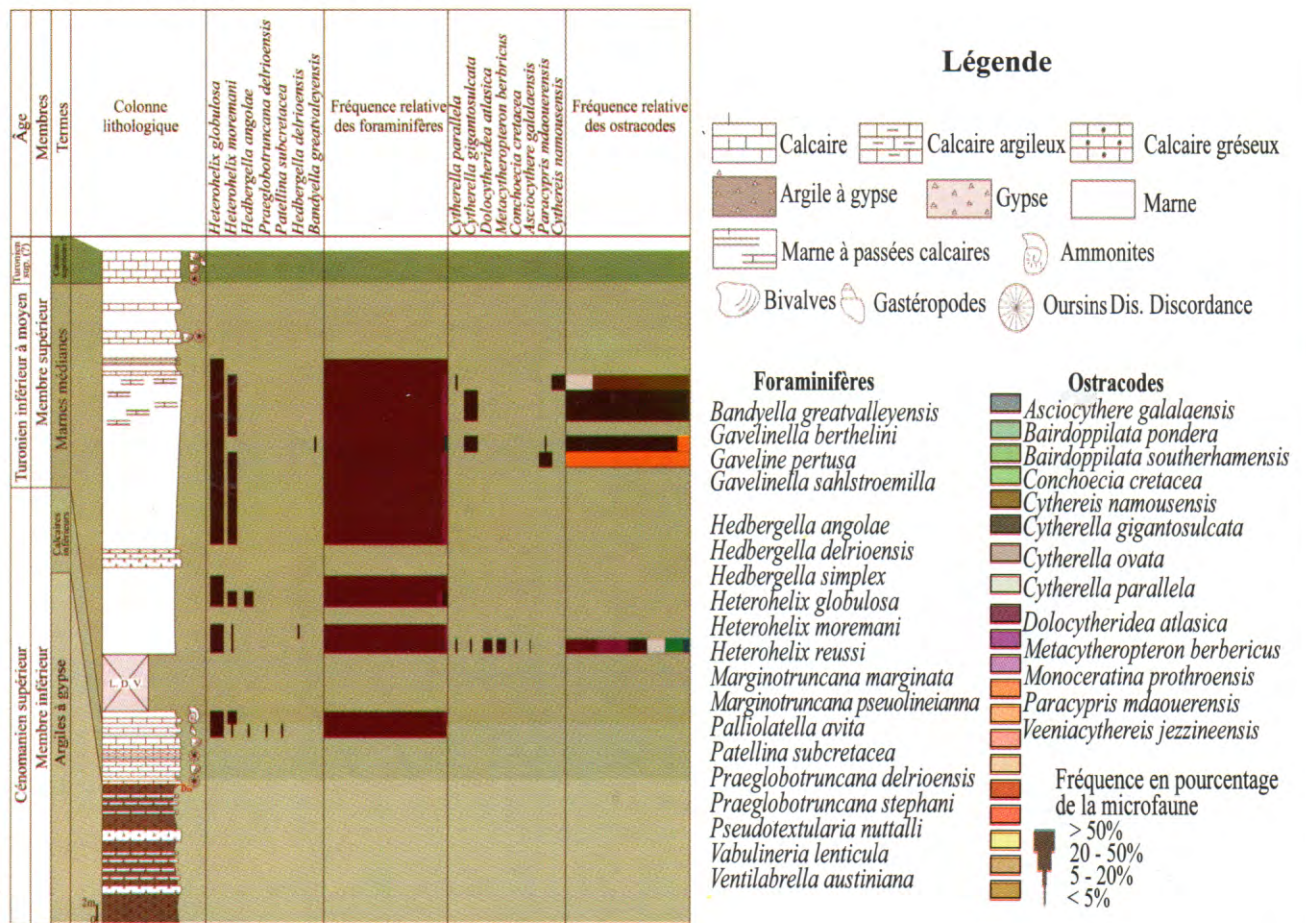


Fig. 4 - Colonne lithologique de Bordj Omar Driss, répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

*Bordj Omar Driss lithological log distribution and frequency of foraminifera and ostracods*



**B - La coupe de Takouazet :** elle a été levée à environ 250 km à l'ouest de la coupe précédente, sur environ 63 m d'épaisseur (fig. 5 et pl. 1-F).

**C - La coupe de l'Ohanet 06 Oh :** elle a été étudiée dans la partie septentrionale du bassin. Son épaisseur totale avoisine les 58 m (fig. 6).

**D - La coupe de l'Ohanet 07 Oh :** localisée à l'est de la coupe précédente, elle s'étend sur une épaisseur de 55 m (fig. 7).

**E - Coupe d'In Adaoui :** elle est située au nord de la coupe 07 Oh, au niveau de l'Oued In Adaoui. Son épaisseur avoisine les 39 m (fig. 8).

Afin de faciliter la lecture et pour des raisons de commodités, la terminologie de Busson (1960) est appliquée aux différentes unités lithologiques identifiées. La description faciologique est basée sur les observations de terrain et complétée par l'examen à la loupe binoculaire, des résidus de lavage.

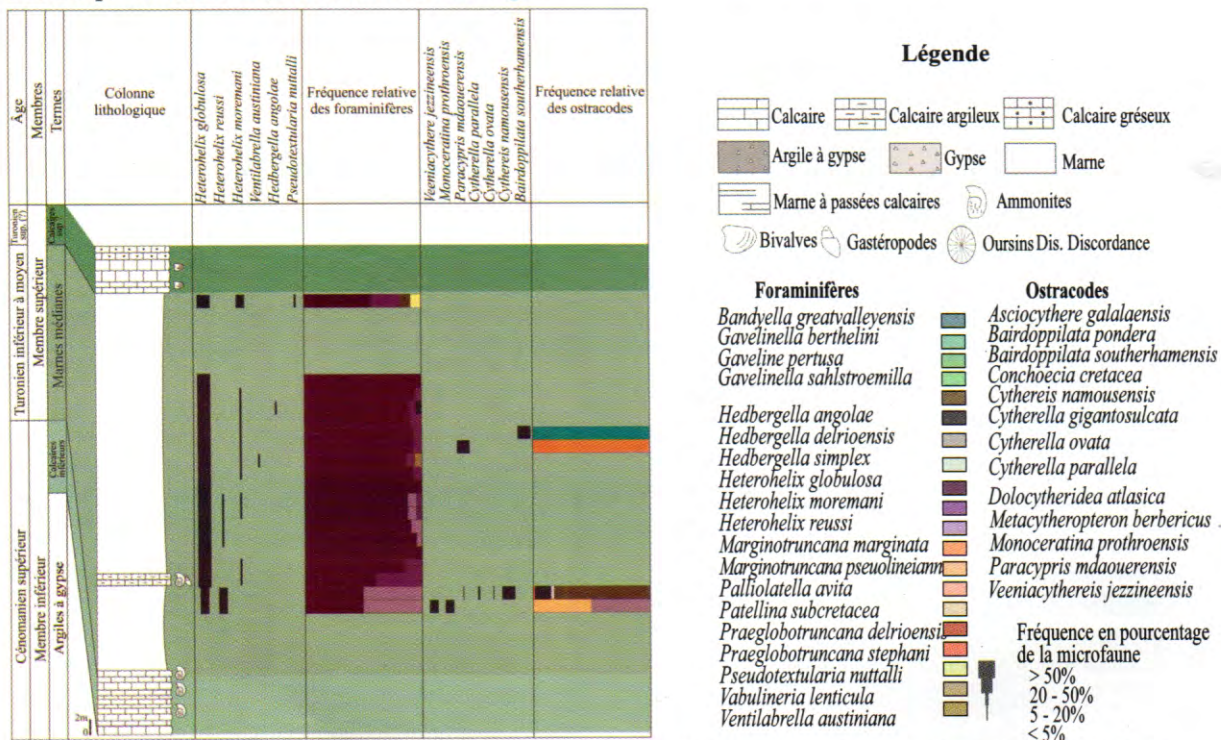
L'étude de ces cinq coupes, montre la succession des unités lithologiques suivantes :

**a- le membre inférieur**

Non observable dans la région étudiée, ce membre repose ailleurs sur les grès albiens (Busson, 1960). Il est subdivisé en deux termes (argiles à gypse et calcaires inférieurs).

**- Argiles à gypse**

Ce terme affleure uniquement dans la région de Bordj Omar Driss. Il s'agit d'une sédimentation argileuse rougeâtre, renfermant des niveaux de gypse réticulé (pl.1- A et B) et exceptionnellement un niveau induré de calcaire. Son épaisseur dépasse les 15 m, en affleurement. Les résidus de lavage de ces niveaux sont riches en cristaux primaires de gypse et de pyrite.



**Fig. 5 -** Colonne lithologique de Takouazet, répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

**Lithological log of Takouazet, distribution and frequency of foraminifera and ostracods**

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

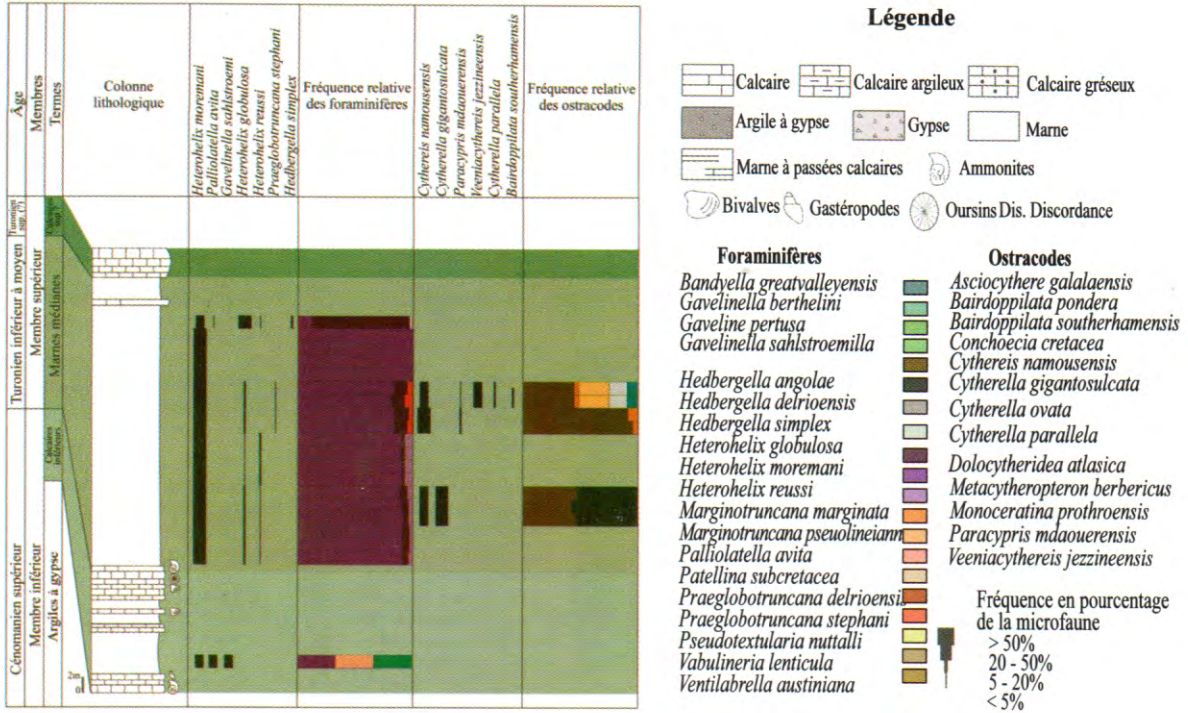


Fig. 6 - Colonne lithologique de l'Ohanet (06 Oh), répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

**Lithological log of Ohanet (06 Oh), distribution and frequency of foraminifera and ostracods**

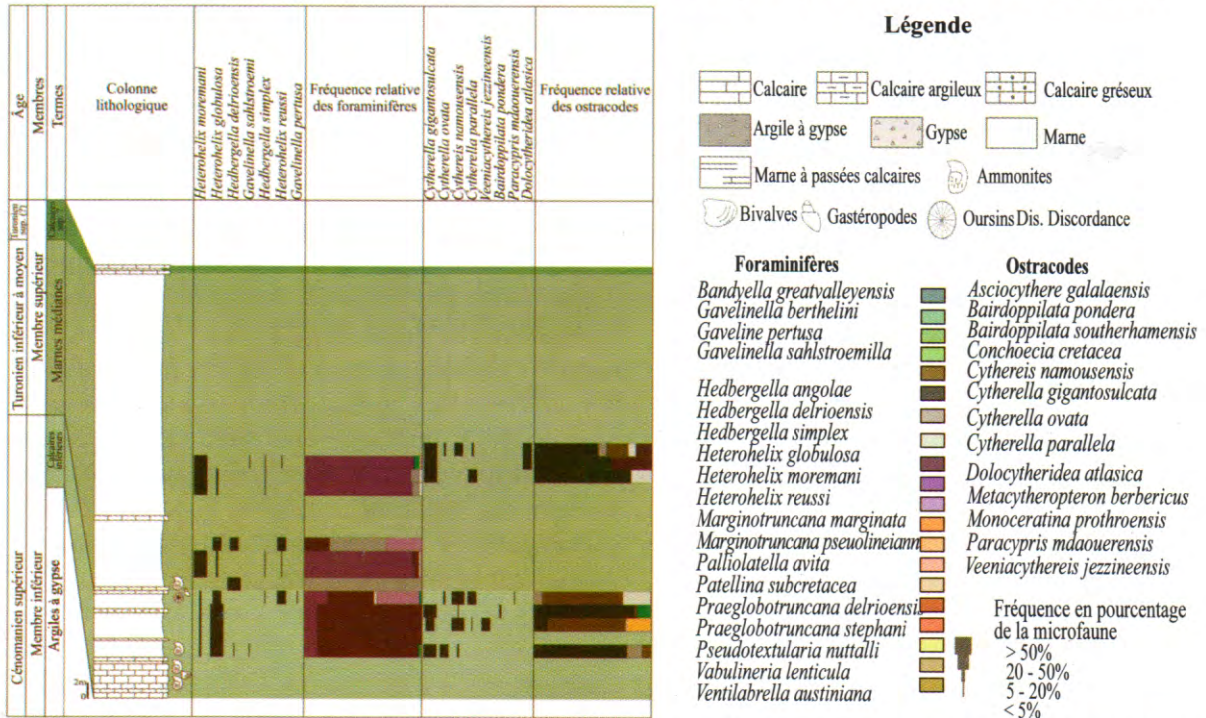


Fig. 7 - Colonne lithologique de L'Ohanet (07 Oh), répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

**Lithological log of Ohanet (07 Oh), distribution and frequency of foraminifera and ostracods**

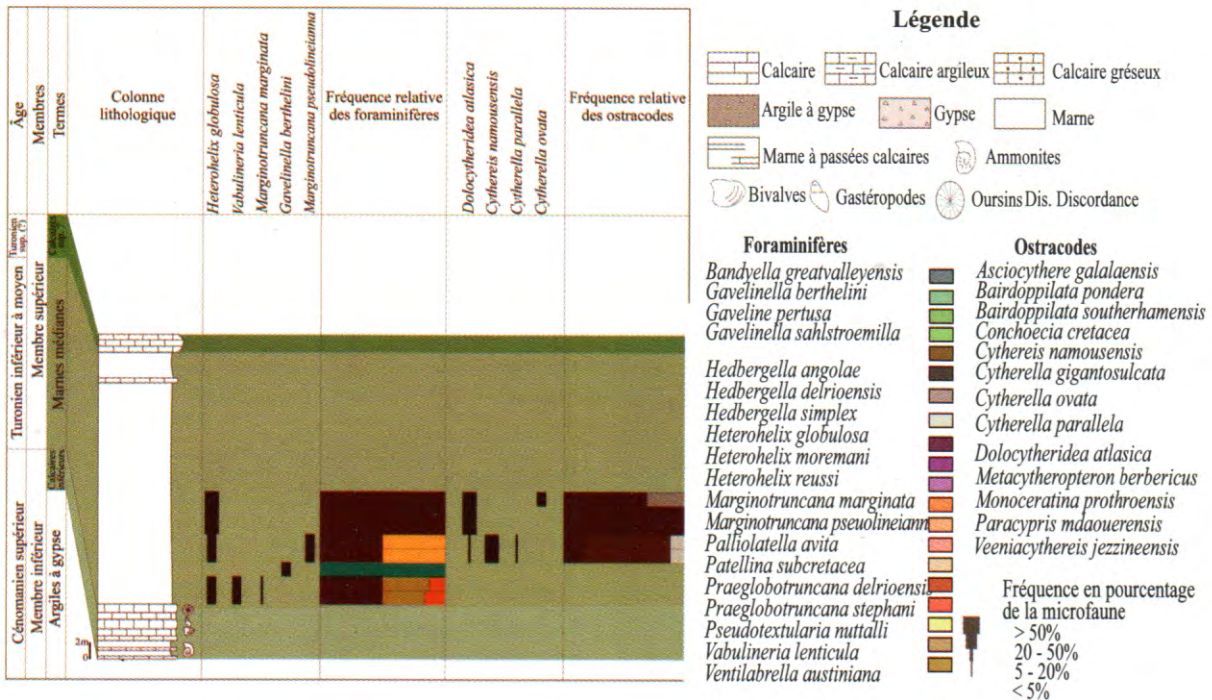


Fig. 8 - Colonne lithologique d'In Adaoui, répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

**Lithological log of In Adaoui, distribution and frequency of foraminifera and ostracods**

La fraction bioclastique est marquée, uniquement, par des clypéines (Dacycladacées). Ce terme est attribué au Cénomanien inférieur-moyen.

**- Calcaires inférieurs**

Transgressifs sur le terme précédent, ils représentent la corniche du Cénomanien supérieur. Cette sédimentation dont l'épaisseur varie entre 4,5 et 16 m, débute par une alternance marno-calcaire serrée. Ce sont des calcaires en lits centimétriques, verdâtres à beiges. Ils admettent des passées mameuses, toujours dépourvues de microfaune, mais riches en pyrite et en clypéines.

Cet ensemble est surmonté, en continuité, par une dalle de calcaires massifs et fossilifères à oursins, gastéropodes et bivalves (pl. 1 - C et D). Les ammonites récoltées (*Neolobites vibrayanus*, *Forbesiceras* sp., *Calycoceras* (*Calycoceras*) *naviculare* et *Eucalycoceras pentagonum*, *Vascoceeras gamai*, *V. cauvini*, *Pseudaspidoceras grecoi*,

*Fikaites subtuberculatus* et *F. laffitei*) indiquent un âge cénonanien supérieur (Amédro et al., 1996).

La partie sommitale de ce terme est représentée par une alternance marno-calcaire, dont les calcaires crayeux, renferment une riche faune constituée d'ammonites, de bivalves, d'oursins de gastéropodes et des débris de rudistes (pl. 1 - E). Cette concentration faunique, très importante, pourrait correspondre à des tempêtes, ayant affecté la région (N. Kazi Tani, communication orale). Les résidus de lavage des niveaux marneux renferment des foraminifères, essentiellement planctoniques, dont *Heterohelix globulosa*, *H. moremani* et *H. reussi*. Ils sont en association avec *Hedbergella angolae*, *Praeglobotruncana delrioensis* et *Patellina subcretacea* à Bordj Omar Driss, *Palliolatella avita* et *Gavelinella sahlstroemi* à l'Ohanet 06 Oh et avec *Hedbergella delrioensis* et *Gavelinella sahlstroemi* à l'Ohanet 07.

coupe 07 Oh, où on a reconnu *Cytherella gigantosulcata*, *C. ovata*, *C. parallela*, *Cythereis namousensis*, *Veeniacythereis jezzineensis*, *Bairdoppilata pondera* et *Paracypris mdaouerensis*.

### b - le membre supérieur

Il est marqué par une sédimentation essentiellement marneuse où deux termes se distinguent : les marnes médianes et les calcaires supérieurs

#### - Marnes médianes

Leur base n'est pas observable à Bordj Omar Driss (fig. 4). Affleurant sur plus de 30 m, ce membre est caractérisé par des marnes gypseuses, riches en veinules de gypse (pl. 1- F). La microfaune est marquée, chez les foraminifères, par la dominance du genre *Heterohelix*, avec *H. globulosa*, *H. moremani* et *H. reussi*, en association avec *Hedbergella delrioensis*; *Bandyella greatvalleyensis* à Bordj Omar Driss, *Hedbergella angolae*, *Ventilabrella austiniiana*, ainsi que *Pseudotextularia nuttallii* dans les derniers bancs à Takouazet, *Praeglobotruncana stephani* à l'Ohanet 06 Oh, *Hedbergella simplex* et *Gavelinella sahlstroemi* à l'Ohanet 07 Oh et *Vabulineria lenticula*, *Marginotruncana marginata*, *M. pseudolinneina* et *Gavelinella berthelini* à In Adaoui. L'ostracofaune est largement dominée, dans les cinq coupes, par *Dolocytheridea atlasica*, *Cytherella parallela*, *C. gigantosulcata*, *C. ovata* et *Cythereis namousensis*. Ces espèces sont associées à *Metacytheropteron berbericus*, *Conchoecia cretacea* et *Asciocythere galallensis* à Bordj Omar Driss, *Veeniacythereis jezzineensis*, *Monoceratina prothroensis*, *Paracypris mdaouerensis* et *Bairdoppilata southerhamensis* à Takouazet et, par *Paracypris mdaouerensis*, *Veeniacythereis jezzineensis* et *Bairdoppilata southerhamensis* à l'Ohanet 06 Oh.

Ce terme se poursuit par des niveaux marneux à passées calcaires. Leurs résidus de lavage sont

marqués par un appauvrissement en fraction minéralogique et en bioclastes.

Les marnes médianes se terminent par une intercalation de bancs calcaires crayeux à oursins, gastéropodes et bivalves. Ce sont des marnes compactes de couleur jaune verdâtre. Leurs microfaciès se distinguent par une rareté des cristaux du gypse, de grains de pyrite et de quartz, mais par une richesse en éléments oxydés. La microfaune est totalement absente.

Ce terme est attribué au Turonien inférieur (Amédro et al., 1996). La présence de *Marginotruncana marginata* et *M. pseudolinneina* dans ces niveaux (coupe In Adaoui), indiquerait le Turonien moyen. L'apparition de *Marginotruncana marginata* serait donc précoce, puisqu'elle est présente dans les premiers niveaux du Turonien inférieur.

#### - Calcaires supérieurs

D'une épaisseur variant entre 1 et 6 m, ce terme est matérialisé par des bancs de calcaires massifs, beiges, gréseux à Takouazet (pl. 1-F). Sa base est riche en bivalves, oursins et gastéropodes. Ses derniers bancs sont soulignés par une croûte ferrugineuse.

Ces calcaires sont attribués au Turonien supérieur (Busson, 1969) et représentent la corniche turonienne.

Sur le plan biostratigraphique, l'absence de foraminifères planctoniques telles que *Rotalipora cushmani*, *Whiteinella archaeocretacea* et *Helvetoglobotruncana helvetica* dans l'ensemble des résidus de lavage des coupes étudiées, a constitué une entrave majeure pour placer la limite du Cénomaniens-Turonien. Néanmoins, on a pu placer cette limite « sous réserve » en relation avec la disparition quasi-totale des foraminifères benthiques et également à partir de la zone d'acmé des *Heterohelix* ou, « *Heterohelix shift* » (Leckie

et al., 1998) (fig. 10). Cette dernière marque le Cénomaniens terminal-Turonien inférieur. Elle est citée par plusieurs auteurs et possède une grande extension géographique : en Angleterre (Keller et al., 2001); à Pueblo (Keller et Pardo, 2004); en Tunisie (Nederbraght et Fiorentino, 1999; Caron et al., 2006; Zagarni et al., 2008) et au Maroc (Ettachfini et al., 2005).

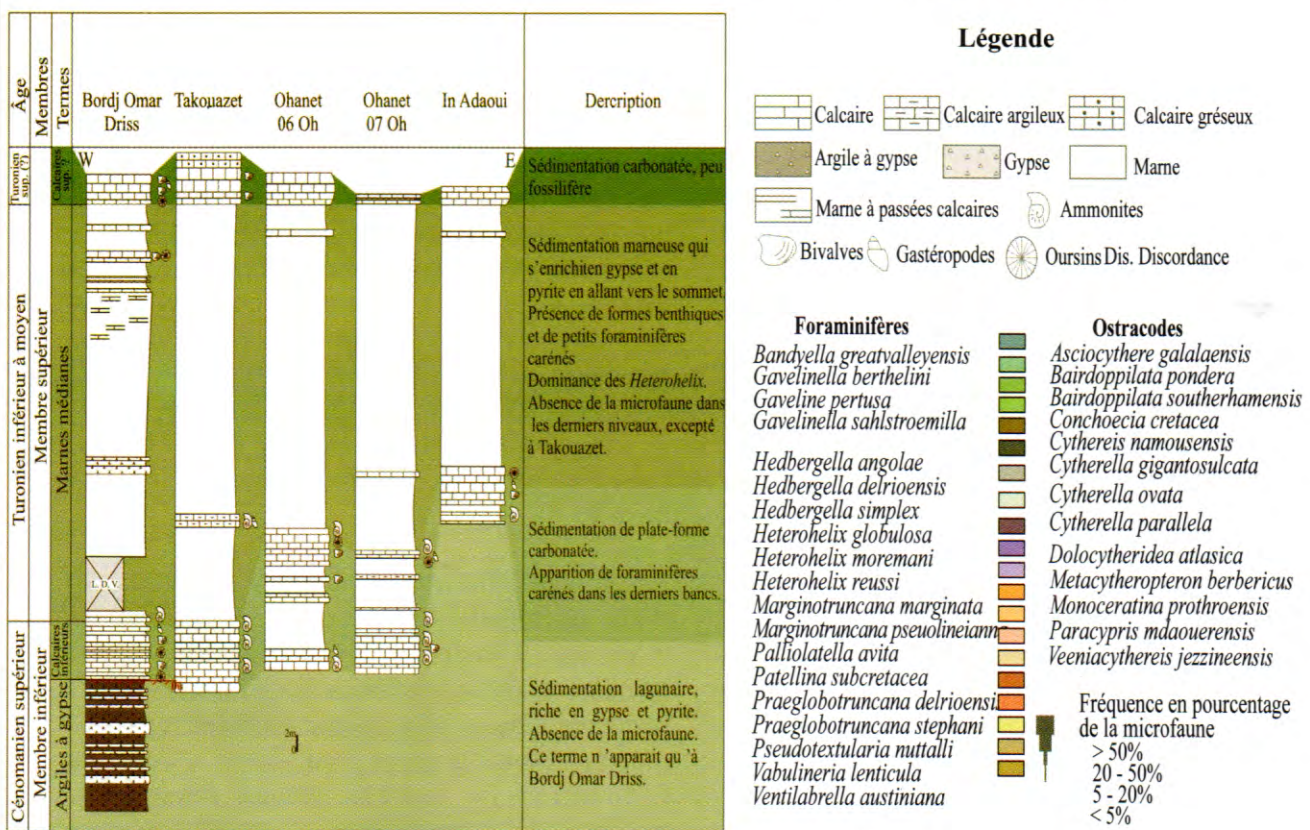
**V - CORRÉLATION LITHOLOGIQUE ET INTERPRÉTATION ENVIRONNEMENTALE**

Le Cénomaniens supérieur – Turonien dans le bassin du Tinrhert est marqué par (fig. 9) :

- un amincissement des niveaux carbonatés de l'ouest vers l'est;

- au Cénomaniens supérieur se dépose, d'abord, une sédimentation argileuse. Cette dernière s'enrichit progressivement en gypse et en pyrite, suite au confinement qui affecte le milieu. Ces conditions défavorables au développement de la vie biologique, sont une entrave pour l'épanouissement de la microfaune déjà présente. Elle est largement dominée par les foraminifères planctoniques et globuleux. Cependant, la microfaune benthique est rare;

- une sédimentation carbonatée au sommet du Cénomaniens supérieur. La microfaune, plus diversifiée, est marquée par une présence plus importante des formes benthiques. Elle reste toutefois dominée par les foraminifères planctoniques témoignant d'une mer ouverte relativement profonde par rapport à la phase précédente;



**Fig. 9 - Corrélations lithostratigraphiques et interprétation environnementale dans le bassin du Tinrhert.**  
**Lithostratigraphic correlations and environmental interpretation in the Tinrhert Basin.**

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

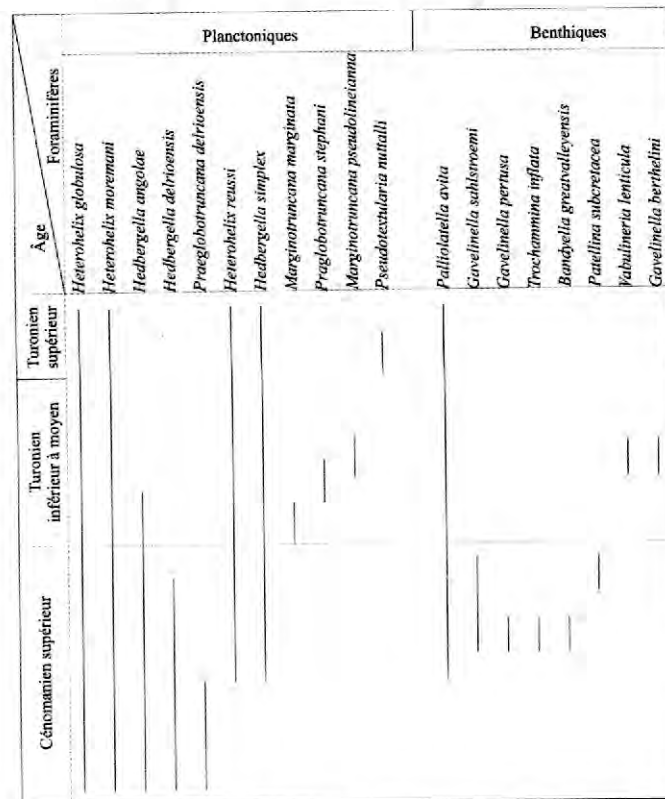


Fig. 10 - Répartition des foraminifères dans le bassin du Tinrhert.

*Foraminifera distribution in the Tinrhert Basin.*

- au Turonien inférieur à moyen, la sédimentation marneuse, qui s'enrichit en pyrite et en gypse en allant vers le sommet, suggère une évolution vers un confinement. Chez les foraminifères planctoniques, apparaissent les formes carénées dès la base des marnes médianes. La microfaune est toujours dominée par les *Heterohelix*;

- le Turonien supérieur est marqué par le retour à une sédimentation carbonatée, peu fossilifère et dépourvue de microfaune. Ces résultats témoignent probablement d'une phase régressive.

## VI - DISCUSSION ET ESSAI DE CARACTÉRISATION DE L'ÉVÈNEMENT ANOXIQUE OCÉANIQUE 2 (EAO2)

Dans le bassin du Tinrhert, le passage céno-mano-turonien est représenté par les unités lithologiques suivantes :

- Les argiles à gypses : il s'agit d'un milieu lagunaire et réducteur (Busson, 1960), avec des conditions de vie défavorables au développement de la microfaune. La sédimentation est caractérisée par la grande fréquence du gypse et de la pyrite, en cristaux souvent visibles à l'œil nu. L'abondance des clypéines dans ces niveaux, indiquerait une paléobathymétrie variant entre (0 et 10 m) de profondeur (Bucur et Sasaran, 2005).

- Les calcaires inférieurs : la sédimentation est essentiellement carbonatée, avec quelques niveaux marneux. Même si cette unité est transgressive, la fréquence des clypéines indique que le milieu reste peu profond. Cette faible paléobathymétrie est également mise en évidence par la fréquence des *Hedbergella*, vivant dans les eaux de surface (Leckie, 1987) et des *Heterohelix* qui prolifèrent dans les eaux peu profondes (Buroillet et Robaszynski, 1991); par l'absence des foraminifères ca-

rénés, adaptés aux milieux profonds (Hart et Bailey, 1979; Hart, 1980; Caron et Homewood, 1982; Grosheny et Malartre, 1997; Grosheny et al., 2007 a) et également par la diversité très faible de la microfaune.

- Les marnes médianes : c'est une sédimentation marneuse, marquée dès sa base par l'apparition des foraminifères à tests carénés, tels que *Margino-truncana* et *Globotruncana*. Cette unité est également soulignée par un renouvellement microfaunique, où l'on remarque l'apparition de nouvelles espèces et une grande diversité de la microfaune planctonique et même benthique. Ceci serait probablement, en relation avec l'élévation du niveau marin, suite à la transgression cénomaniennne, permettant une amélioration des conditions écologiques. Cependant, l'absence des foraminifères carénés atteste d'une tranche d'eau insuffisante pour le déroulement de leur cycle de vie.

Grosheny et al. (2013) ont signalé la présence de foraminifères carénés de petite taille. D'après ces auteurs, il s'agit soit de foraminifères jeunes, soit de formes naines adaptées à de faible profondeur relative à des couloirs intracratoniques. Ils émettent l'hypothèse d'une stratégie adaptative de ces morphes, dont le cycle de vie a été affecté par les événements anoxiques de la limite Céno... -Turonien.

La disparition des espèces, telles que : *Hedbergella angolae*, *H. delrioensis*, *Gavelinella sahlstroemi* et *Patellina subcretacea*, à la limite Céno... -Turonien, serait en relation avec l'événement océanique anoxique (Schlanger et Jenkyns, 1976), conduisant à l'installation de milieu instable, défavorable au développement de la vie biologique. Il serait probablement à l'origine de l'absence des foraminifères à tests carénés au Céno... -Turonien supérieur. Ces espèces, exigeantes, prolifèrent dans les milieux profonds, stables et riches en nourriture, indispensables pour leur cycle de vie et leur développement (Hart et Bailey, 1979). Dans ces conditions, seules persistent

les foraminifères opportunistes, tels que les *Heterohelix* (Grosheny et Malartre, 1997).

Sur le plan géochimique, dans les différents bassins téthysiens, l'Événement Anoxique Océanique 2, coïncide avec une anomalie positive du  $\delta^{13}\text{C}$ . Cette anomalie, en association avec les données biostratigraphiques, permet d'établir des corrélations précises pour les dépôts céno... -turonien. En Tunisie et en Algérie, cette anomalie s'observe au niveau des «black shales», absents dans le bassin du Tinrhert. Ils seraient contemporains des calcaires crayeux. Les études géochimiques établies dans les régions de Bou Saada, Batna et Biskra des Monts des Ouled Nail, et Aurès de l'Atlas saharien algérien (Grosheny et al. (2007 b), ainsi que dans le bassin du Tinrhert (Grosheny et al., 2013), montrent que le changement du  $\delta^{13}\text{C}$  commence dans la partie basale des calcaires inférieurs (Céno... -Turonien supérieur) et se poursuit jusqu'au sommet des calcaires crayeux, au Turonien inférieur. Les résultats géochimiques, obtenus dans la région de Gafsa (Tunisie) suggèrent que la première moitié des «black shales», seraient l'équivalent latéral des calcaires crayeux dans le bassin du Tinrhert.

## VII - CONCLUSION

Dans le bassin du Tinrhert, le passage céno... -turonien a été étudié grâce aux levés de cinq coupes géologiques. A partir des résultats obtenus, des corrélations lithologiques et micropaléontologiques sont réalisées à l'échelle du bassin.

La répartition verticale des foraminifères planctoniques a permis de proposer une approche biostratigraphique. En l'absence des marqueurs classiques (*Rotalipora cushmani*, *Whiteinella archaocretacea* et *Helvetoglobotruncana helvetica*) l'emplacement de la limite Céno... -Turonien supérieur -Turonien inférieur a été choisi à partir de la «zone d'acmé des *Heterohelix*», déjà citée par plusieurs auteurs.

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

L'incidence des variations tant sédimentologiques que paléo-écologiques sur la répartition de la microfaune au passage Cénomaniens-Turonien, a mis en évidence trois intervalles bien distincts :

- Au Cénomaniens supérieur, s'installe un milieu lagunaire, réducteur et peu profond. Dans ces conditions défavorables au développement de la microfaune, seuls persistent les foraminifères planctoniques globuleux des genres *Heterohelix* et *Hedbergella*. La microfaune, peu diversifiée est également marquée par l'absence des foraminifères carénés et par la rareté des ostracodes.

- Dès la base du Turonien inférieur, un renouvellement micropaléontologique s'effectue. Ce bio-événement est souligné par la disparition de plusieurs espèces cénomaniennes et leur remplacement par de nouvelles espèces. Ceci indique l'événement anoxique océanique, mentionné dans les bassins téthysiens et atlantiques à cette époque.

- Au Turonien inférieur, se dépose une sédimentation marneuse. Les foraminifères sont caractérisés par la présence de petites formes à tests carénés du genre *Marginotruncana*. En l'absence des grands foraminifères carénés, cet événement témoigne d'une stratégie adaptative de ces morphes dans des milieux défavorables à leur développement. La microfaune reste toutefois dominée par les foraminifères planctoniques.

## VIII - INDEX DES ESPÈCES

### - Foraminifères planctoniques

- Hedbergella angolae* Caron, 1978.  
*Hedbergella delrioensis* (Carsey, 1926).  
*Hedbergella simplex* Morrow, 1934.  
*Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), 1838.  
*Heterohelix moremani* Cushman, 1938.  
*Heterohelix reussi* Cushman, 1938.  
*Marginotruncana marginata* (Caron), 1985.  
*Marginotruncana pseudolinneiana* (Caron), 1985.

- Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer), 1931.  
*Praeglobotruncana stephani* Carsey, 1926.  
*Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk), 1937.  
*Ventilabrella austiniana* Cushman, 1928.

### - Foraminifères benthiques

- Bandyella greatvalleyensis* (Trujillo), 1960.  
*Gavelinella berthelini* (Keller) 1935.  
*Gavelinella pertusa* (Marsson), 1878.  
*Gavelinella sahlstroemi* (Brotzen) 1948.  
*Pallinulatella avitoi* Pattersson et Richardson, 1987.  
*Patellina subcretacea* Cushman et Alexander, 1930.

### - Ostracodes

- Asciocythere galalaensis* Szczechura et al., 1991.  
*Bairdoppilata pondera* Jennings 1936.  
*Bairdoppilata southerhamensis* Weaver, 1982.  
*Conchoecia cretacea* Pokomy, 1964.  
*Cythereis namousensis* Bassoullet et Damotte, 1969.  
*Cytherella gigantosulcata* Rosenfeld, 1981.  
*Cytherella ovata* (Roemer, 1841)  
*Cytherella parallela* (Reuss, 1846).  
*Doloccytheridea atlasica* Bassoullet et Damotte, 1969.  
*Metacytheropteron berbericus* (Bassoullet et Damotte, 1969).  
*Monoceratina prothroensis* Butler et Jones, 1957.  
*Paracypris mdaouerensis* Bassoullet et Damotte, 1969.  
*Veeniacythereis jezzineensis* (Bischoff, 1963).

**Remerciements** : Ce travail a été réalisé en collaboration avec la Sonatrach. Tous les auteurs tiennent à remercier les responsables de la base de TFT pour leur aide précieuse, notamment pour avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour réussir notre mission.

Toute notre reconnaissance et nos sincères remerciements s'adressent à Mme F. Chikhi-Aouimeur, Mr. L. Belkebir et Mme F. Benkherouf-Kechid pour leurs conseils indispensables pour la finalisation de l'article.

Nous remercions également, les ingénieurs Z. Benaïda; Z. Tidjini; B. Sardou et B. Yahiaoui pour leur contribution.



## BIBLIOGRAPHIE

- ABDALLAH, H., MEISTER, C., NÉRAUDEAU, D. ET FERRE, B. 2006.** Biostratigraphie à la limite cénomanien-turonien dans la région de Gafsa, Tunisie méridionale. *Mémoire du Service Géologique de France*, 13, pp. 209-240.
- AMARD, B., COLLIGNON, M. ET LEFAVRAIS-HENRY, M. 1978.** Le Cénomaniens d'El Goléa (Tadmait N, Sahara algérien) : coexistence de *Calycoceras* avec *Nigericeras* et implications stratigraphiques. *Cahiers Micropaléontologie*, 4, pp. 29-39.
- AMÉDRO, F., BUSSON, G. ET CORNÉE, A. 1996.** Révision des ammonites du Cénomaniens supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert (Sahara algérien) : implications biostratigraphiques. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 18, pp. 179-232.
- ARIAS, C. 1995.** Los Ostracodos del Toarciense inferior en la Cordillera Ibérica. *Thèse, Ph.D., Universidad Complutense de Madrid*, 521 p.
- BABINOT, J.-F. AND COLIN J.-P. 2011.** Barremian ostracods from the Serre de Bleyton (Drôme, SE France). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 113, pp. 735-775.
- BODERGAT, A.-M., BONNET, L., COLIN, J.-P., CUBAYNES, R. ET REY, J. 1997.** Évolution des populations d'ostracodes à la limite Carixien-Domérien (Jurassique inférieur). Mise en évidence des stratégies K et r. [Development of Ostracoda populations in the Carixian-Domerian (Lower Jurassic). Evidence of K and r strategies]. *Géobios*, 21, pp. 210-221.
- BUCUR, I.-I. AND SASARAN, E. 2005.** Relationship between algae and environment: an Early Cretaceous case study, Trascau Mountains, Romania. *Facies*, 1, pp. 274-286.
- BUROLLET, P.-F. ET ROBASYNSKI, F. 1991.** Les événements de la limite Cénomaniens-Turonien en Tunisie centrale : la formation Bahloul. *Géologie alpine*, 67, pp. 3-42.
- BUSSON, G. 1960.** Sur la coupe du Crétacé supérieur et de l'Éocène inférieur du Tinrhert central (Sahara algérien). *Travaux de Recherches Sahariennes*, 19, pp. 141-149.
- BUSSON, G. 1965.** Sur les gisements de céphalopodes crétacés sahariens. *Annales de Paléontologie*, 51, pp. 153-161.
- BUSSON, G. 1969.** Sédimentation, transgression et paléogéographie sur les grandes plates-formes du Mésozoïque: l'exemple du Cénomaniens-Turonien du nord-est de la plate-forme saharienne et de Berbérie. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7, pp. 687-703.
- BUSSON, G. 1971.** Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. *Thèse Doctorat, Université de Paris VI*, 466 p.
- BUSSON, G., DHONDT, A., AMÉDRO, F., NÉRAUDEAU, D. ET CORNÉE, A. 1999.** La grande transgression du Cénomaniens 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.
- CARON, M. 1985.** Cretaceous planktonic foraminifera. In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.-B., PERCH-NIELSEN, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, pp.17-86.
- CARON, M. AND HOMEWOOD, P. 1982.** Evolution of early planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 7, pp. 453-462.
- CARON, M., DALL'AGNOLO, S., ACCARIE, H., BARRERA, E., KAUFFMAN, E.-G., AMÉDRO, F. AND ROBASYNSKI, F. 2006.** High resolution stratigraphy of the Cenomanian-Turonian boundary interval at Pueblo (USA) and Wadi Bahloul (Tunisia): stable isotope and bio-events correlation. *Géobios*, 39, pp. 171-200.
- COLLIGNON, M. 1957.** Céphalopodes néocrétacés du Tinrhert (Fezzan). *Annales de Paléontologie*, 43, pp. 113-136.
- COLLIGNON, M. 1970a.** Atlas des fossiles caractéristiques de Madagascar, (Ammonites XVI Campanien moyen), (Campanien supérieur). *Service Géologique de la République Malgache, Tananarive*, 16, pp. 607-639.

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

- COLLIGNON, M. 1970b.** Contribution à la géologie et à la paléontologie de Madagascar. Le Campanien moyen et supérieur dans le Menabe et sa faune (Coupe Ampolypoly - Antsirasia - Behamotra, Ankilizato, Andimaka et Tragahy). *Service Géologique de la République Malgache, Tananarive*, 17, pp. 31-37.
- COLLIGNON, M. 1971a.** Gastéropodes et lamellibranches du Sahara. *Annales de Paléontologie des invertébrés, Paris*, 57, pp. 145-202.
- COLLIGNON, M. 1971b.** Zones d'ammonites du Turonien et Maestrichtien. In: Biostratigraphie du Crétacé supérieur. *Groupe français du Crétacé, Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 1, pp. 4-8.
- COLLIGNON, M. 1974.** Mise en évidence de la communication saharienne entre la Téthys et Atlantique Sud d'après les fossiles cénomaniens et turoniens du Tadémaït (Sahara algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 278, pp. 2257-2261.
- COLLIGNON, M. ET LEFRANC, J.-P. 1974.** Découverte de faune du Turonien inférieur élevé à *Coilopoceras* et *Hoplitoides* dans le Nord du Tadémaït (Sahara algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 279, pp. 2240-2250.
- ETTACHFINI, E.-M., SOUHEL, A., ANDREU, B. AND CARON, M. 2005.** La limite Cénomaniens-Turonien dans le Haut Atlas Central, Maroc. *Geobios*, 38, pp. 57-68.
- GALAL, G. ET NAFAE, S. 2007.** Early Paleogene planktic foraminiferal biostratigraphy at the Monastery of Saint Paul, Southern Galala, Eastern Desert, Egypt. *Revue de Paléobiologie*, 26, pp. 391-402.
- GROSHENY, D. ET MALARTRE, F. 1997.** Stratégies adaptatives des foraminifères benthiques et planctoniques à la limite Cénomaniens-Turonien dans le bassin du Sud-est de la France : essai de compréhension globale. *Géobios*, 21, pp. 181-193.
- GROSHENY, D., FERRY, S. ET JATI, M. 2007a.** La crise de la limite cénomaniens-turonien sur les marges atlantique et téthysienne du craton saharien. Comparaison avec d'autres bassins. *11<sup>e</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Publications de l'Association des Sédimentologues de France*, 150 p.
- GROSHENY, D., CHIKHI-AOUMEUR, F., FERRY, S., JATI, M., HERKAT, M., ATROPS, F., REDJIMI, W. AND BENKHEROUF, F. 2007b.** The Cenomanian-Turonian of the Saharan Atlas (Algeria). *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology, Brest*, 02, pp. 43-48.
- GROSHENY, D., FERRY, S., JATI, M., OUAJA, M., BENSALAH, M., ATROPS, F., CHIKHI-AOUMEUR, F., BENKHEROUF - KECHID, F., NEGRA, H. AND AÏT SALEM, H. 2013.** The Cenomanian-Turonian boundary on the Saharian Platform (Tunisia and Algeria). *Cretaceous Research*, 42, pp. 66-84.
- HART, M.-B. 1980.** A water depth model for the evolution of the planktonic foraminifera. *Nature*, 266, pp. 252-254.
- HART, M.-B. AND BAILEY, H.-W. 1979.** The distribution of planktonic foraminifera in the Mid-Cretaceous of NW Europe. In : Wiedmann, J. (Ed.) Aspekte der Kreide Europas. *International Union of Geological Sciences*, 6, pp. 527-542.
- KELLER, G. 2008.** Cretaceous climate, volcanism, impacts, and biotic effects. *Cretaceous Research*, 29, pp. 754-771.
- KELLER, G., HAN, Q., ADATTE, T. AND BURNS, S.-J. 2001.** Palaeoenvironment of the Cenomanian-Turonian transition at Eastbourne, England. *Cretaceous Research*, 22, pp. 391-422.
- KELLER, G. AND PARDO, A. 2004.** Age and paleoenvironment of the Cenomanian-Turonian global stratotype section and point at Pueblo, Colorado. *Marine Micropaleontology*, 51, pp. 95-128.
- LECKIE, R.-M. 1987.** Paleocology of mid-Cretaceous foraminifera : a comparison of open ocean and epicontinental sea assemblages. *Micropaleontology*, 33, pp. 164-176.
- LECKIE, R.-M., YURETICH, R.-F., WEST, O.-L.-O., FINKELSTEIN, D. AND SCHMIDT, M. 1998.** Paleoenvironment of the South-Western Western Interior Sea during the time of the Cenomanian-Turonian boundary (Late Cretaceous). *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 6, pp. 101-126.

- LJUBAVIĆ-OBRAĐOVIĆ, D., CAREVIĆ, I., MIRKOVIĆ, M. AND PROTIĆ, N. 2011.** Upper Cretaceous volcano-clastic-sedimentary formations in the Timok Eruptive Area (Eastern Serbia): new biostratigraphic data from planktonic foraminifera. *Geologica Carpathica*, 62, pp. 435-446.
- LOEBLICH, A.-R.-JR. AND TAPPAN, H. 1988.** Foraminiferal genera and their classification. *New York, Van Nostrand Reinhold Company*, 970 p.
- MOORE, R.-C. 1961.** Treatise on invertebrate Paleontology, part. Q; Arthropoda 3, Crustacea, Ostracoda. *Geological Society of America and University of Kansas Press*, 442 p.
- NEDERBRAGHT, A.-J. AND FIORENTINO, A. 1999.** Stratigraphy and palaeoceanography of the Cenomanian-Turonian Boundary Event in Oued Mellegue, North-Western Tunisia. *Cretaceous Research*, 20, pp. 47-62.
- NÉRAUDEAU, P., BUSSON, G. ET CORNÉE, A. 1993.** Les échinides du Cénomanien supérieur et du Turonien inférieur du Tinrhert oriental et central (Sahara algérien). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 4, pp. 273-313.
- PERYT, D. 1980.** Planktic Foraminifera Zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula River Valley, Poland. *Palaeontologia Polonica*, 41, pp. 3-101.
- RUVAULT-DJERRAB, M., KECHID-BENKHEROUF, F. ET DJERRAB, A. 2014.** Données paléoenvironnementales sur le Vraconnien/Cénomanien de la région de Tébessa (Atlas Saharien, nord-est Algérie). Caractérisation de l'OAE2. *Annales de Paléontologie*, 100, pp. 343-359.
- RUMEAU, J., DEBRENNE, P. AND DECREMPS, P. 1957.** Mission BRP Tinrhert. Rapport de la fin de campagne 1955-1956. *Publication de l'Institut français du Pétrole*, 1241, 33p.
- SCHLANGER, S.-O. AND JENKYNS, H.-C. 1976.** Cretaceous oceanic anoxic events, causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*, 55, pp. 179-184.
- SCHULZE, F. 2003.** Growth and crises of the Late Albian - Turonian carbonate platform, West Central Jordan: integrated stratigraphy and environmental changes. *Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen*, 166 p.
- SOUA, M. 2011.** Le passage Cénomanien – Turonien en Tunisie : Biostratigraphie des foraminifères planctoniques et des radiolaires, chiostratigraphie, cyclostratigraphie et stratigraphie séquentielle. *Thèse de Doctorat, Université Tunis El Manar*, 316 p.
- TCHENAR, S. 2004.** Étude des ostracodes des séries liasiques des Monts des Traras (Mellala, Algérie nord occidentale). *Mémoire de Magister, Université d'Oran*, 137 p., inédit.
- VAHIDINIA, M., YOUSSEF, M., ARDESTANI, M.-S., SADEGHI, A. AND DOCHEV, D. 2014.** Integrated biostratigraphy and stage boundaries of the Abderaz Formation, East of the Kopeh-Dagh sedimentary basin, NE Iran. *Journal of African Earth Science*, 90, 87-104.
- WIGNALL, P.-B. 1994.** Black shales. *Clarendon Press, Oxford*, 127 p.
- ZAGRARNI, M.-F., NEGRA, M.-H. AND HANINI, A. 2008.** Cenomanian-Turonian facies and sequence stratigraphy, Bahloul Formation, Tunisia. *Sedimentary Geology*, 204, pp. 18-35.

**Planche**

## Planche 1

A- Coupe de Bordj Omar Driss, membre inférieur .

***Bordj Omar Driss section, lower member.***

1- Une partie des argiles à gypse. Cénomaniens inférieur-moyen.

***Part of gypsum clays. Lower-Middle Cenomanian.***

2- Les calcaires inférieurs, ou corniche du Cénomaniens supérieur.

***Lower limestones or Upper Cenomanian cornice.***

B- Coupe de Bordj Omar Driss, membre inférieur (Cénomaniens inférieur-moyen):  
les argiles à gypse montrant des niveaux à gypse réticulé (niveaux indurés blanchâtres).

***Bordj Omar Driss section, lower member (Lower-Middle Cenomanian) :  
gypsum clay showing reticulate gypsum levels (levels indurated whitish).***

C- D- Coupe de Bordj Omar Driss, membre inférieur (Cénomaniens supérieur):  
détail des calcaires inférieurs fossilifères.

***Bordj Omar Driss section, lower member, (Upper Cenomanian) :  
detail of lower limestone fossils.***

1- Oursin (*Sea-Urchin*).

2- Empreinte de bivalves (*Bivalvia print*).

E- Coupe de Bordj Omar Driss, membre inférieur (Cénomaniens supérieur): détail des calcaires crayeux  
fossilifères (sommet des calcaires inférieurs).

***Bordj Omar Driss section, lower member (Upper Cenomanian) :  
detail of Chalky limestone fossils (summit of lower limestone)***

1- Pecten (*Pecten*).

2- Fragment d'oursin (*Sea-Urchin fragment*).

3- Fragments de bivalves (*Bivalvia fragment*).

F- Coupe de Takouazet, membre supérieur.

***Takhouazet section, upper member.***

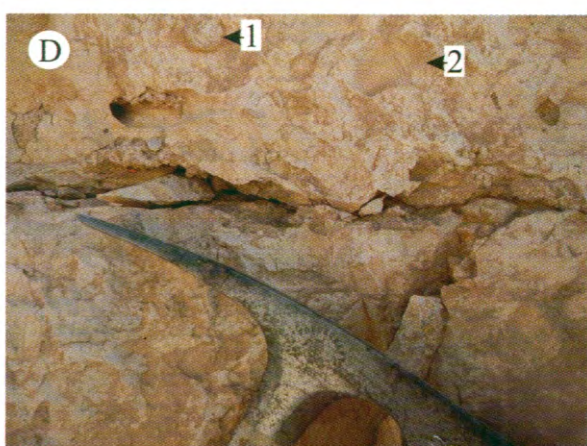
1- Les marnes médianes (Turonien inférieur à moyen).

***Median marl (Lower to Middle Turonian).***

2- Les calcaires supérieurs (= la corniche turonienne) (Turonien supérieur).

***Upper limestones (= the Turonian cornice) (Upper Turonian).***

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) :  
LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE





Volume 26, n° 1- 2 2015  
2015

# *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*



Ministère de l'Industrie et des Mines  
Agence du Service Géologique de l'Algérie

ÉDITIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE

ALGER, 2015

**Dans ce numéro :**

**A. OUALI MEHADJI ET B. BOUTERFA** - Les internalites du Siluro-Dévonien de la Saoura-Ougarta (Sahara, Algérie).

**S. TCHENAR, DJ. ZAOUÏ, M. ADACI, M. BENSALAH, B. MADANI, T. KENTRI ET N.-H. FEKIH** - Le passage cenomanien-turonien dans le bassin du Tinrhert (Sahara algérien) : lithologie et répartition de la microfaune.

**B. BOUSELSAL, N. KHERICI ET S. HADJ-SAÏD** - Vulnérabilité et risque de pollution de la nappe libre d'El-Oued (S-E Algérie) : application de la méthode DRASTIC.

**M. BELLOULA ET H. DRIDI** - Approche par modélisation du transport solide dans les régions semi-arides. Exemple du bassin versant de Meskiana-Mellegue amont (Confins algéro-tunisiens).

**In this issue :**

**A. OUALI MEHADJI AND B. BOUTERFA** - Silurian-Devonian internalites of the Saoura-Ougarta (Sahara, Algeria).

**S. TCHENAR, DJ. ZAOUÏ, M. ADACI, M. BENSALAH, B. MADANI, T. KENTRI AND N.-H. FEKIH** - The Cenomanian-Turonian passage in the Tinrhert Basin (Algerian Sahara) : lithology and distribution of the microfauna.

**B. BOUSELSAL, N. KHERICI AND S. HADJ-SAÏD** - Vulnerability and pollution risk of El Oued free-water table (S.E. Algeria) : application of drastic method.

**M. BELLOULA AND H. DRIDI** - Solid modeling approach transport in semi-arid regions. Example of Meskiana-Mellegue upstream watershed (Algerian-Tunisian borders).

---



## ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة الطبقات الصخرية التي تحتوي على مستحاثات، وكذا إلى كيفية ترسيبها في الحقبية الزمنية الممتدة من السونماني الأعلى إلى التروني الأسفل في منطقة حمادة التهرت (جنوب شرق الجزائر). مستحاثات الأمونيت، وكذا المستحاثات المرافقة، لها خضعت لدراسة تصنيفية وبالبيولوجيوغرافية. في المجموع تسعة مقاطع جيولوجية تمت دراستها طبقاً بطريقة على طول خط غرب شرق من منطقة فور بن هويلات إلى منطقة واد عين عداوي على مسافة تقارب 300 كلم. اعتماداً على المميزات الصخرية والمستحاثات المتواجدة، يمكن تقسيم السلسلة الرسوبية إلى ثلاثة تكوينات، تحتوي كل واحدة منها على وحدات ليوستراتيجرافية: تشكيل الكلس السفلي، التي تنقسم إلى أربعة وحدات (أ) وحدة كلس قبل نيولوبتاس، (ب) وحدة كلس بنيولوبتاس، (ج) وحدة كلس بفاسكوسغاس، (د) وحدة مارن-كلس بشوفاتسغاس. تشكيل المارن الأوسط، وهي متجانسة في المنطقة الشرقية، بينما، في المنطقة الغربية، يمكن تمييز ثلاثة وحدات: وحدة مختلطة من طبقات كلسية وحجر رملي (أ)، وحدة تناوب بين طبقات كلسية ومارنيه (ب)، وأخيراً وحدة الطبقات الحمراء (ج). تشكيل الكلس العلوي، وهو عبارة عن منصة كلسية ممتدة على طول الحمادة وسماها يتعدى عدة أمتار. دراسة مستحاثات الأمونيت في الفترة الزمنية السونماني الأعلى-التروني الأسفل، سمحت تقسيم السونماني إلى ثلاثة مراحل زمنية، تميز الجزء القاعدي لتشكيل الكلس السفلي، بينما التروني الأسفل تميز بمرحلة واحدة في وحدة مارن-كلس بشوفاتسغاس وجزء كبير من تشكيل المارن الأوسط. من الصعب تحديد الحدود السونماني-التروني بدقة لعدم وجود المستحاثات في هذا المجال الزمني، لكن يمكن القول إنها تتواجد في مجال أقل من 1م سماها، بين وحدة كلس بفاسكوسغاس ووحدة مارن-كلس بشوفاتسغاس وهو يتزامن مع فترة هيمنة منخربات من نوع اتغوالكس ومع تطور زبقيات من فصيلة غوفياكخيد. دراسة الرسوبيات اعتمدت على تحليل السحنات لفهم الليات وطريقة ترسب هذه الطبقات. تم رصد 15 سحنة رسوبية دمجت في خمسة تجمعات، تمتد في بيئة رسوبية من منصة بحرية ذات منحدر خفيف إلى منصة ذات منحدر كبير. مقارنة توزيع الأمونيت والمستحاثات المرافقة (الصدفيات، بطن القدميات، قنفاذ البحر) في حمادة التهرت مع باقي مناطق إفريقيا يبين أن هناك تبادل حيواني على طول الضفة الجنوبية لبحر التتيس وكذا مع المحيط الأطلسي. **الكلمات المفتاحية:** السونماني-التروني، ليوستراتيجرافي، سحنة، الطبيعة القديمة، الأمونيت، التصنيف، حدث بيولوجي، بيوستراتيجيا، التهرت، الجزائر

## RESUME

Le présent travail vise à donner une étude litho-biostratigraphique et sédimentologique du Cénomano-Turonien du plateau du Tinrhert (sud-est algérien). Les ammonoïdes et la faune associée récoltées ont fait l'objet d'une étude systématique et paléo-biogéographique. Ainsi, neuf coupes géologiques ont été levées, banc par banc, et échantillonnées le long d'un transect de 300 km depuis Gour Ben Houillet à l'Ouest, jusqu'à Oued In Adaoui à l'Est. Sur la base du contenu lithologique et paléontologique caractéristique, la série sédimentaire étudiée a été subdivisée en trois formations à unités lithostratigraphiques informelles.

- (1) La Formation des Calcaires inférieurs comprend quatre unités : (A) les Calcaires pré-*Neolobites*, (B) les Calcaires à *Neolobites*, (C) les Calcaires à *Vascoceras* et (D) les Marno-calcaires à *Choffaticeras* ;
- (2). La Formation des Marnes médianes est homogène dans la partie orientale de la Hamada du Tinrhert, elle se caractérise dans la partie occidentale par l'individualisation de trois unités à caractères lithologiques distincts : (A) une unité mixte silicoclastique-carbonatée, (B) une unité marno-carbonatée et (C) une autre formée de couches rouges ;
- (3) La Formation des Calcaires supérieurs correspond à une barre carbonatée d'épaisseur métrique très continue dans l'aire étudiée.

L'examen de la répartition verticale de nouvelles récoltes d'ammonites au Cénomani supérieur-Turonien inférieur dans le plateau de Tinrhert, a permis d'identifier trois biozones qui datent le Cénomani supérieur et une biozone qui marque le Turonien inférieur, non basal, il s'agit respectivement de la zone à *Calycoceras guerangeri*, la zone à *Metoicoceras geslinianum*, la zone à *Neocardioceras juddii* et la zone à *Watinoceras coloradoense*. Les trois premières biozones couvrent les trois premières unités de la Formation des Calcaires inférieurs. La quatrième biozone regroupe l'unité des Marno-calcaires à *Choffaticeras* et la majeure partie de la Formation des Marnes médianes.

A défaut de marqueurs paléontologiques précis, la limite C-T au Tinrhert reste difficile à repérer avec précision, elle se trouve dans un intervalle d'imprécision de moins d'1 m d'épaisseur, définie à sa base par la dernière occurrence des *Vascoceras* et *Fikaites* du Cénomani supérieur et à son sommet par la première occurrence de l'espèce *Pseudotissotia nigerensis* du Turonien inférieur, située entre l'unité des calcaires à *Vascoceras* et celle des marno-calcaires à *Choffaticeras* qui coïncide avec l'acmé des hétérohélécidés ou « *Heterohelix shift* » et un niveau particulièrement riche et constant en rovéacrinidés.

L'étude sédimentologique à partir de l'analyse des faciès a permis de définir les mécanismes et l'organisation des dépôts. Quinze faciès sédimentaires (FT1 à FT15) ont été reconnus et regroupés en cinq assemblages de faciès appartenant à des environnements de dépôt allant de la rampe proximale, à la rampe médiane, voire jusqu'à la rampe externe.

Enfin, la comparaison de la distribution des ammonites et la faune associée (gastéropodes, bivalves, échinides) du Tinrhert avec les régions avoisinantes confirme les échanges fauniques le long de la marge sud-téthysienne avec l'Atlantique via le passage transsaharien.

**Mots clés :** Cénomano-Turonien, lithostratigraphie, faciès, paléoenvironnement, ammonoïdes, systématique, bioévènement, biostratigraphie, Tinrhert, Algérie.

## ABSTRACT

The present study offers a litho-biostratigraphic description, and a sedimentological analysis of the Cenomano-Turonian deposits exposed in the "plateau de Tinrhert" (Southeast Algeria). The ammonoid and the associated fauna collected were the object of a systematic and paleobiogeographic study. Nine sections have been studied over a distance of approximately 300 km, from Gour Ben Houillet in the West to Oued In Adaoui in the East. On the basis of lithological and paleontological content, three formations have been distinguished and divided into informal lithostratigraphic units: (1) The Lower limestones Formation includes four units (A) the pre-*Neolobites* limestones unit, (B) the *Neolobites* limestones unit, (C) the *Vascoceras* limestones unit and the (D) limestone-marlstone with *Choffaticeras* unit. (2) The Middle marls Formation is very homogenous in the eastern part of the study area. In the western part, this formation can be divided into three distinct units: (A) the mixed silicoclastic-carbonate unit, (B) the carbonate unit and (C) the red bed unit. (3) The Upper limestones Formation corresponds to a meter thick limestone ledge extending with great continuity in the studied area.

The spatial and temporal distribution of the late Cenomanian-early Turonian ammonites of the Tinrhert revealed three late Cenomanian biozones that cover the base of the Lower limestones Formation. It is about *Calycoceras guerangeri*, *Metoicoceras geslinianum* and *Neocardioceras juddii* Zones. The early Turonian *Watinoceras coloradoense* biozone characterizes the Marls-limestones with *Choffaticeras* unit and the most part of the Middle marlstone Formation.

The Cenomanian-Turonian boundary is imprecisely situated within an interval of at least 1 m in thickness, defined at its base by the last occurrence of *Vascoceras* and *Fikaites* of late Cenomanian, and at its summit by the first occurrence of *Pseudotissotia nigeriensis* (Woods) in the early Turonian, between Limestones with *Vascoceras* and Marls-limestones with *Choffaticeras* units, Which coincides with "Heterohelix shift" and the rich's rovéacrinids level.

The detailed sedimentological study from the facies analysis led to define the mechanisms and organization of deposits. Fifteen sedimentary facies (FT1 to FT15) have been recognized and grouped into five facies associations belonging to homoclinal ramp indeed basin settings.

The paleogeographic distribution of cephalopods and the associated fauna (gastropods, echinoids and bivalves) confirm the faunal exchanges that occurred along the southern margin of the Tethys Ocean, from the south (Niger and Nigeria) where they had been mixing with the South Atlantic counterparts.

**Key words:** Cenomano-Turonian, lithostratigraphy, facies, paleoenvironments, ammonoids, systematic, bioevent, biostratigraphy, Tinrhert, Algeria.