Bulletin du Service Géologique de l'Algérie
Vol. **26**, n° **1-2**, pp. **23 - 41, 10** fig., **1** pl., **2015**

LE PASSAGE CÉNOMANIEN-TURONIEN DANS LE BASSIN DU TINRHERT (SAHARA ALGÉRIEN) : LITHOLOGIE ET RÉPARTITION DE LA MICROFAUNE

Soumia TCHENAR*, Djamila 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 Cénomanien-Turonien, a été observée grâce au levé de cinq coupes géologiques. Les corrélations lithologiques et micropaléontologiques montrent la succession d'intervalles bien distincts. Le Cénomanien 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 Cénomanien 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'Evénement Anoxique Océanique 2 (EAO2) sur la répartition de la microfaune.

Mots-clés - Algérie - Sahara - Tinrhert - Cénomanien - 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; Amédro et *al*., 1996). Ces derniers ont porté, essentiellement, sur le volet lithostratigraphique et biostratigraphique basé sur les ammonites. S'inscrivant dans la continuité des 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 (Amédro 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 Cénomanien, les dépôts admettent un faciès lagunaire de bordure, correspondant à des argiles gypseuses et pyriteuses. Ils sont surmontés au passage cénomanien-supérieur-turonien inférieur par une sédimentation carbonatée de plate-forme, formant la dalle dite cénomanienne. 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-turoniens 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; Amédro 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 Cénomanien supérieur et le Turonien.

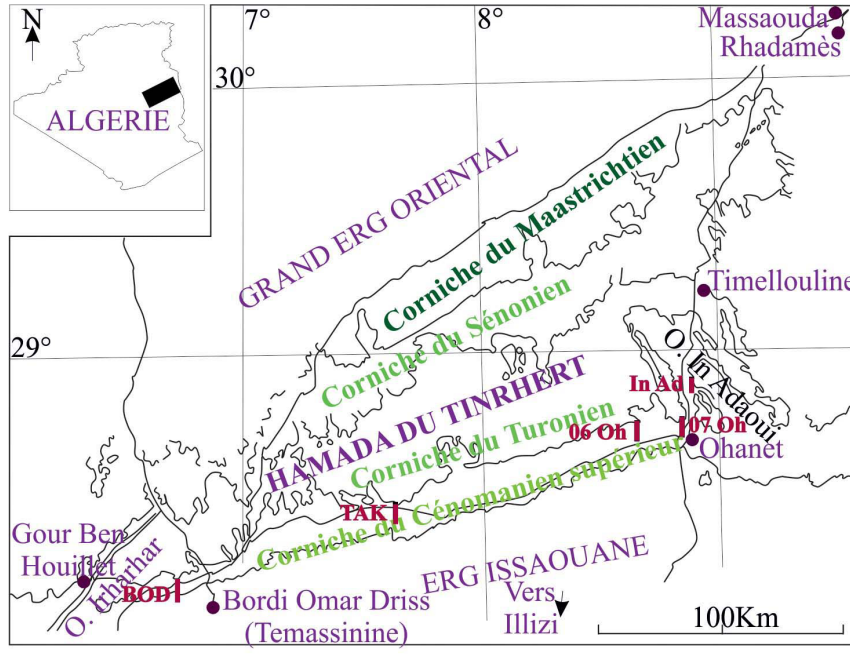


Fig. 1 - Situation générale du bassin du Tinrhert (d'après Amédro et *al.*, 1996) et localisation des coupes.

General situation of the Tinrhert Basin (after to Amédro and al., 1996) and cross sections location.

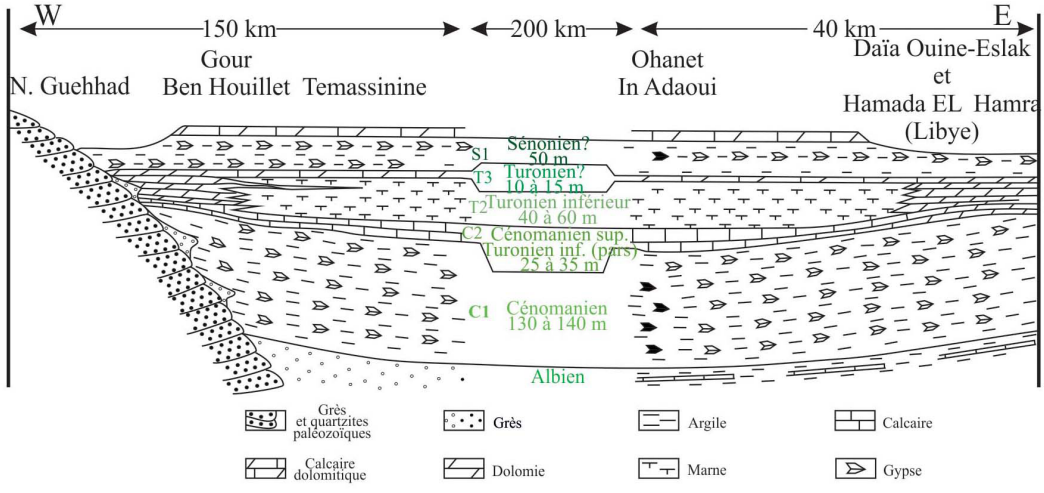


Fig. 2 - Coupe schématique est-ouest du Tinrhert oriental. Extension et relations des différents faciès du Cénomanien supérieur-Turonien inférieur et relations avec les séries encaissantes (d'après Busson et *al., 1999)*

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 125µm et 63µm. 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

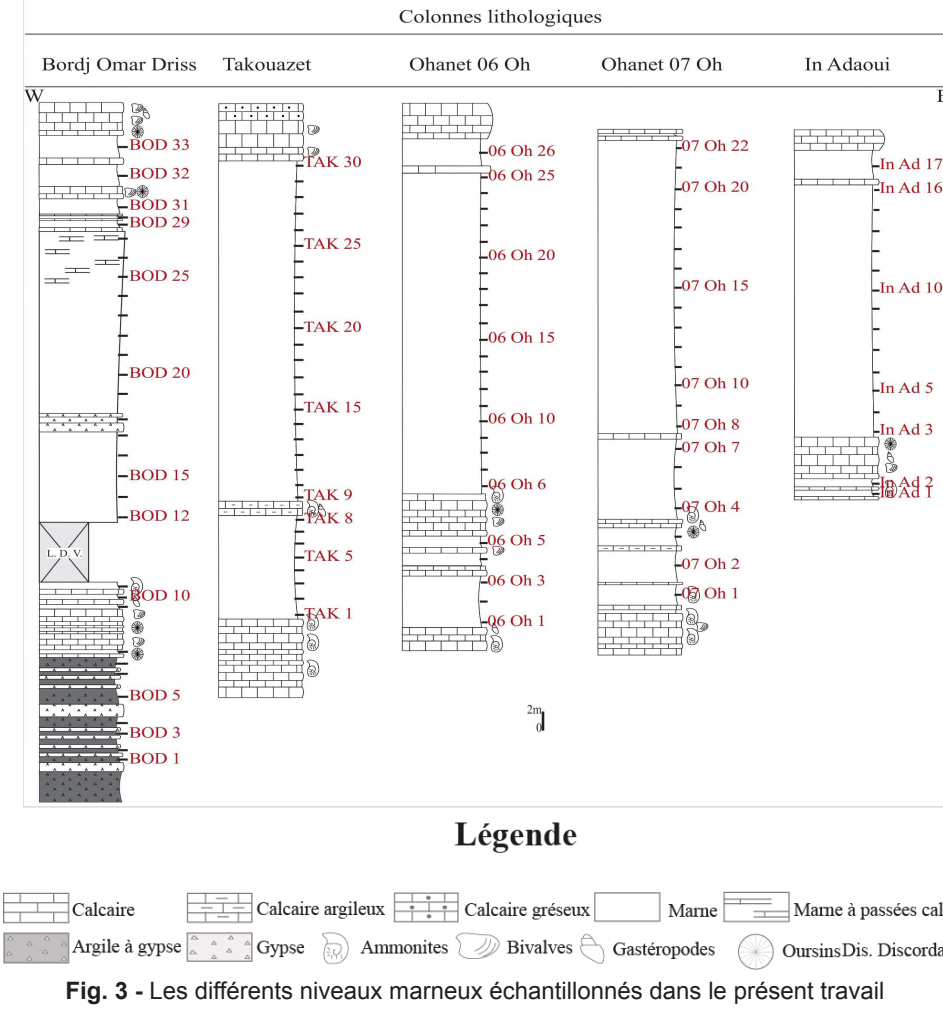


Fig. 3 - Les différents niveaux marneux échantillonnés dans le présent travail

The different levels marl sampled in the present study

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 evalué 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).

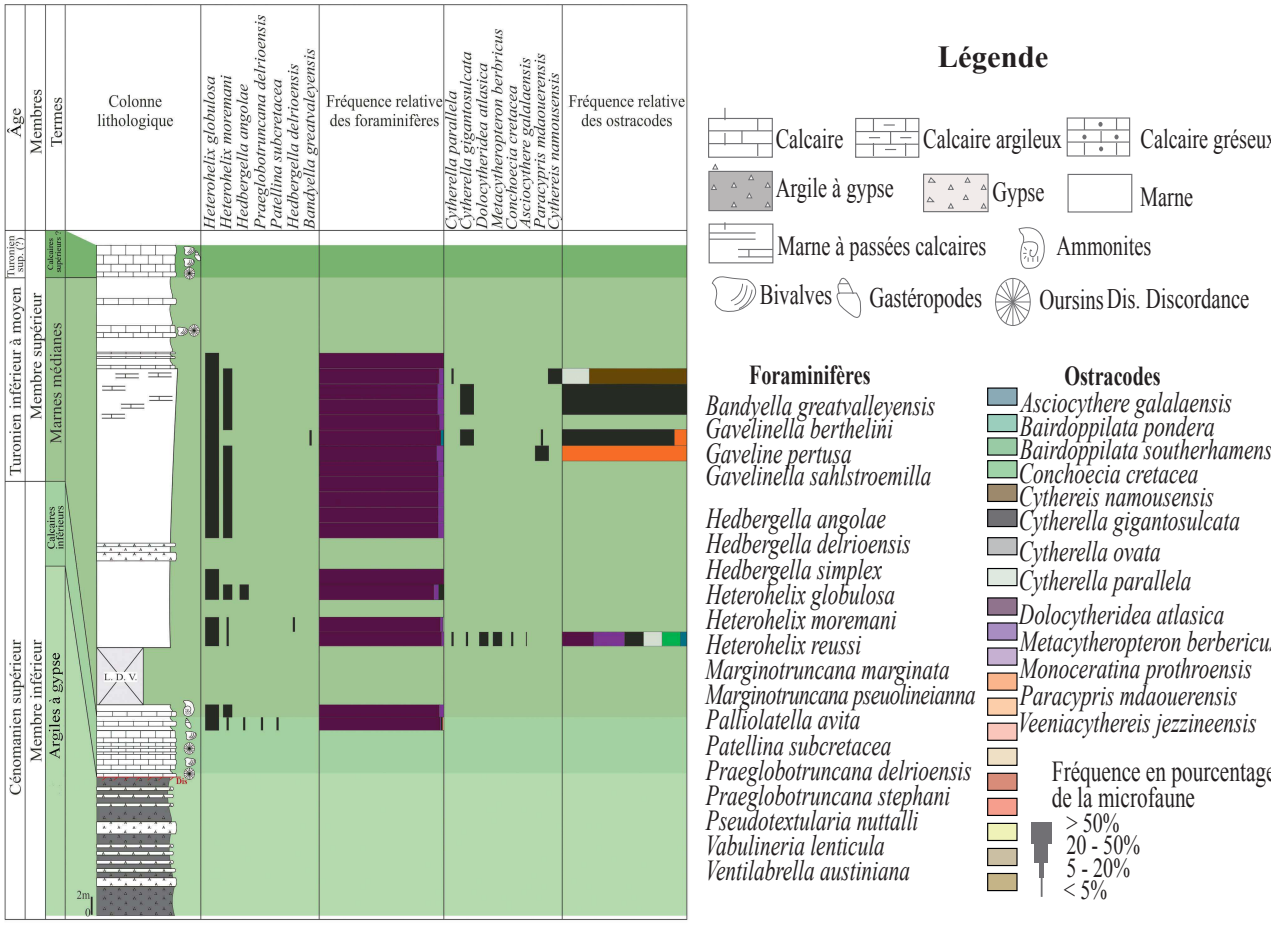


Fig. 4 - Colonne lithologique de Bordj Omar Driss, répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

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.

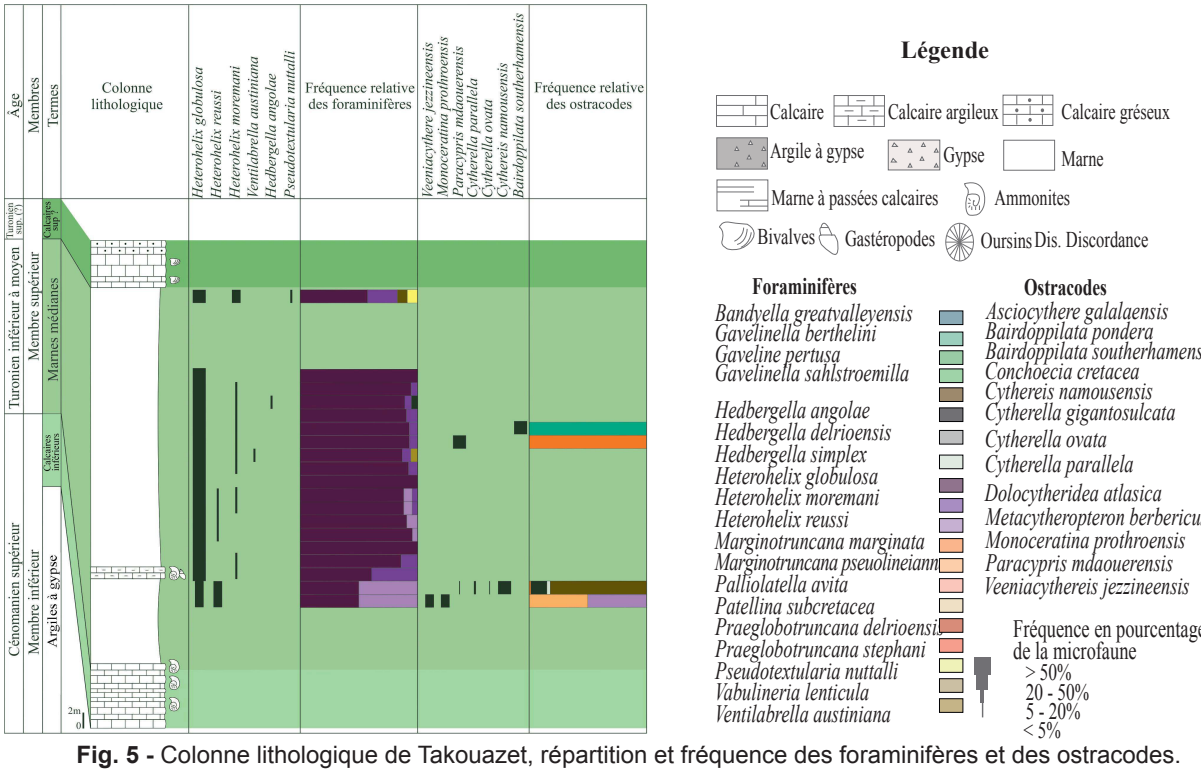


Fig. 5 - Colonne lithologique de Takouazet, répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

Lithological log of Takouazet, distribution and frequency of foraminifera and ostracods

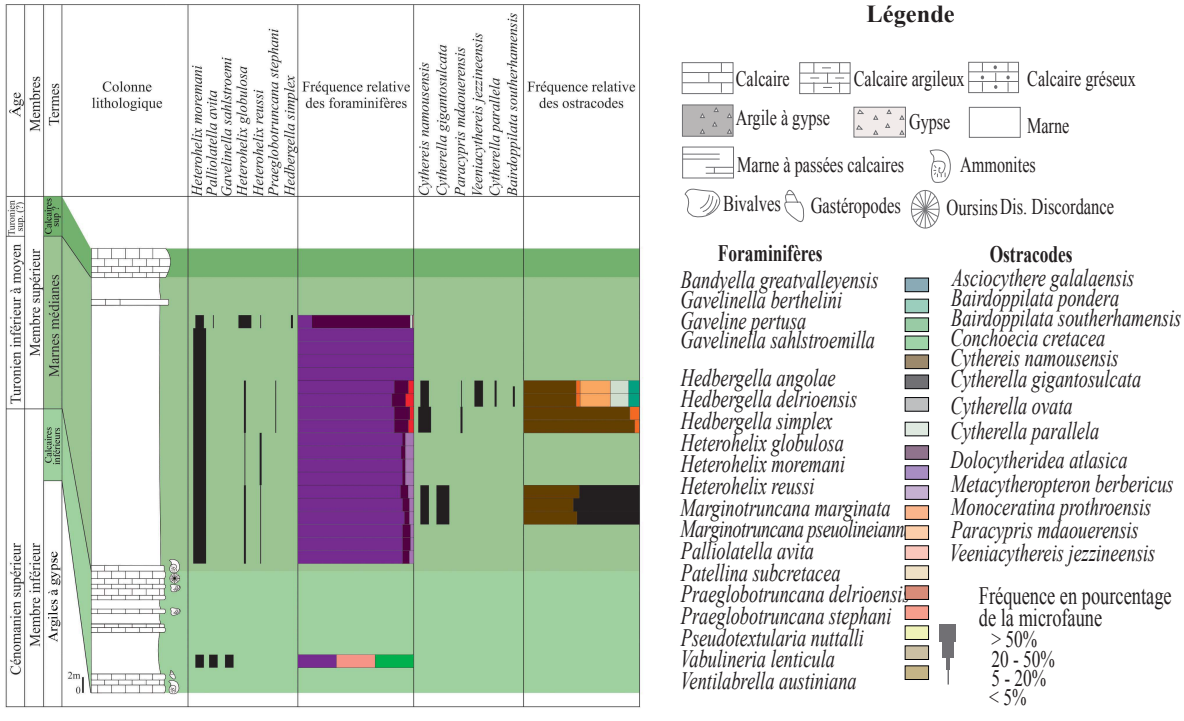


Fig. 6 - Colonne lithologique de l'Ohanet (06 Oh), répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

Lithological log of Ohanet (06 Oh), distribution and frequency of foraminifera and ostracods

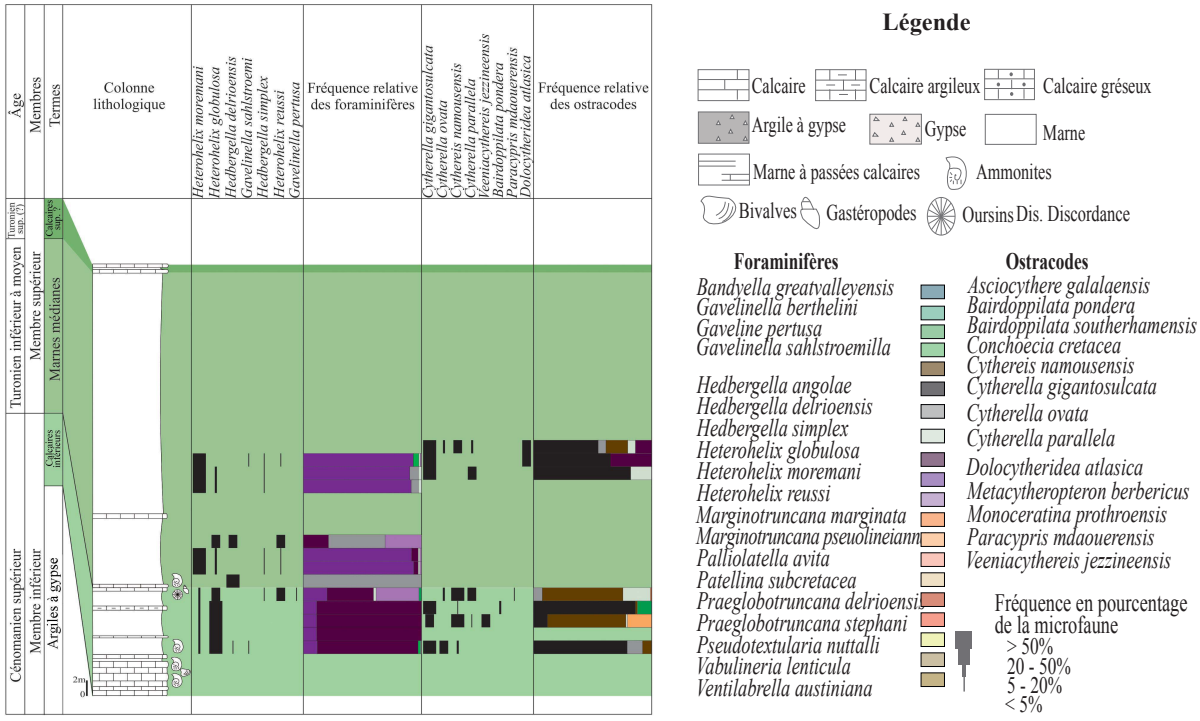


Fig. 7 - Colonne lithologique de L'Ohanet (07 Oh), répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

Lithological log of Ohanet (07 Oh), distribution and frequency of foraminifera and ostracods

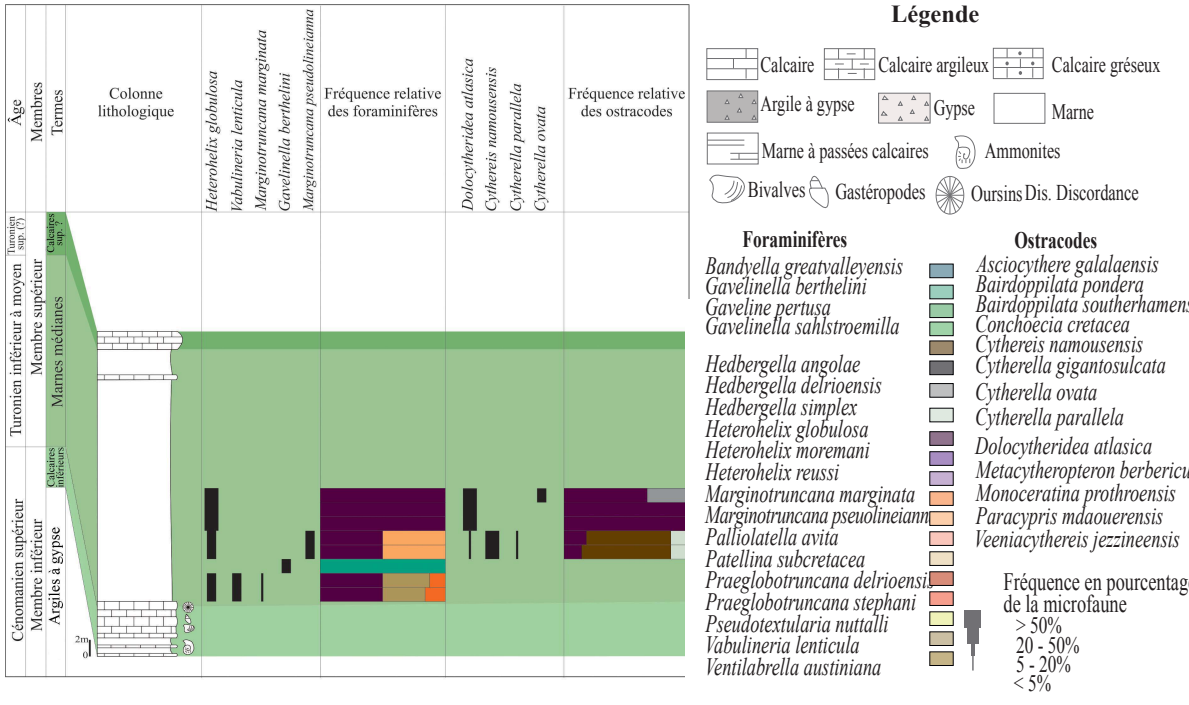


Fig. 8 - Colonne lithologique d'In Adaoui, répartition et fréquence des foraminifères et des ostracodes.

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 marneuses, 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 vibrayeanus, Forbesiceras* sp., *Calycoceras (Calycoceras) naviculare* et *Eucalycoceras pentagonum, Vascoceras gamai, V. cauvini, Pseudaspidoceras grecoi, Fikaites subtuberculatus* et *F. laffitei*) indiquent un âge cénomanien 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 tempêstites, 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 austiniana*, 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 Cénomanien-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 Cénomanien 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; Zagrarni et *al.*, 2008) et au Maroc (Ettachfini et *al.*, 2005).

V - CORRÉLATION LITHOLOGIQUE ET INTERPRÉTATION ENVIRONNEMENTALE

Le Cénomanien supérieur – Turonien dans le bassin du Tinrhert est marqué par (fig. 9) :

- un amincissement des niveaux carbonatés de l'ouest vers l'est;

- au Cénomanien 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 Cénomanien 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;

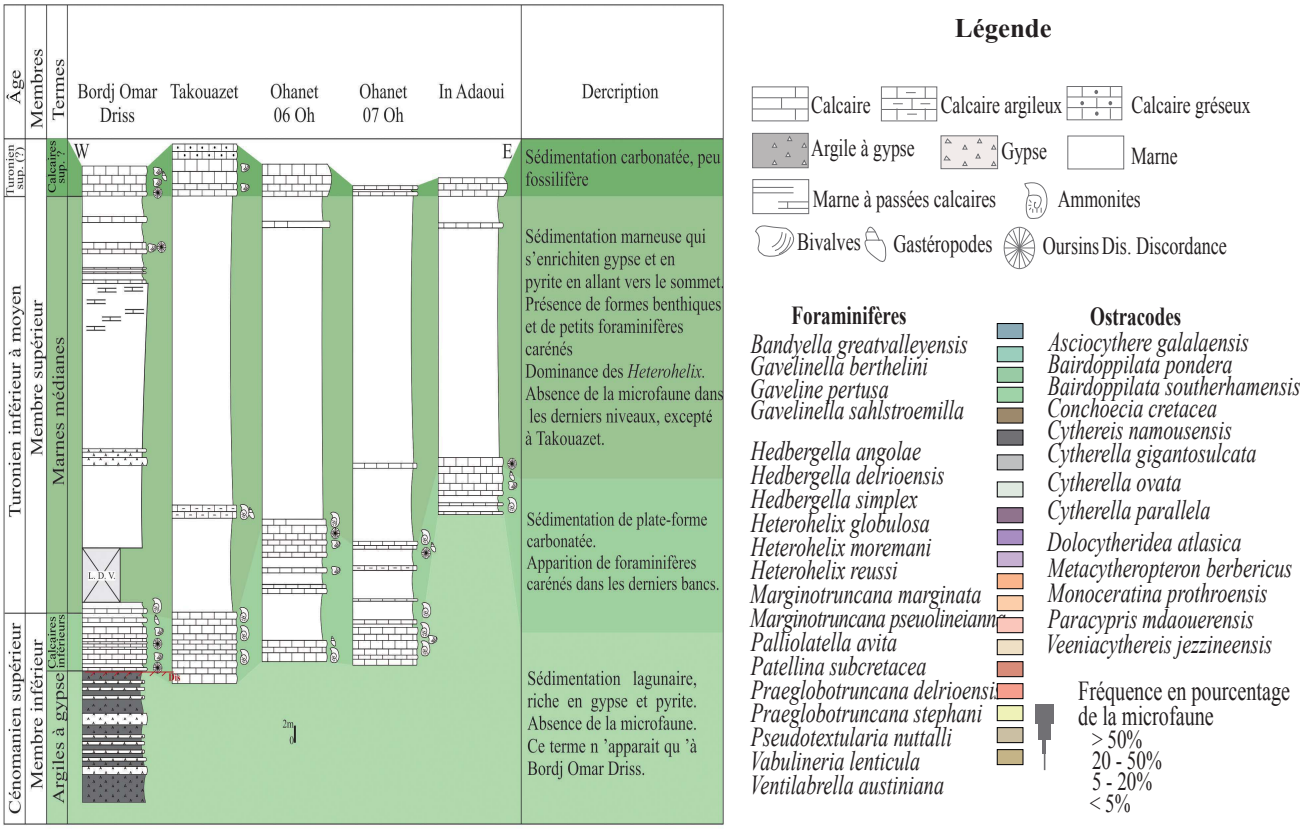


Fig. 9 - Corrélations lithostratigraphiques et interprétation environnementale dans le bassin du Tinrhert.

Lithostratigraphic correlations and environmental interpretation in the Tinrhert Basin.

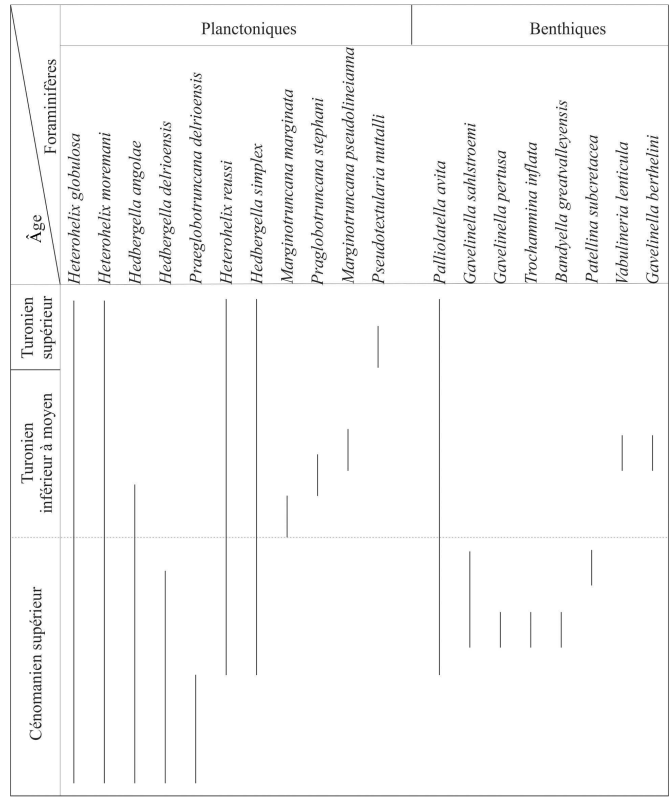


Fig. 10 - Répartition des foraminifères dans le bassin du Tinrhert.

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'ÉVÉNEMENT ANOXIQUE OCÉANIQUE 2 (EAO2)

Dans le bassin du Tinrhert, le passage cénomano-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 (Burollet 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 fai-ble 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 *Marginotruncana* 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 cénomanienne, 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 Cénomanien-Turonien.

La disparition des espèces, telles que : *Hedbergella angolae, H. delrioensis, Gavelinella sahlstroemi* et *Patellina subcretacea*, à la limite Cénomanien-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 Cénomanien 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'Evénement Anoxique Océanique 2, coïncide avec une anomalie positive du $\delta\,^{13}C$. Cette anomalie, en association avec les données biostratigraphiques, permet d'établir des corrélations précises pour les dépôts cénomano-turoniens. 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 $\delta\,^{13}C$ commence dans la partie basale des calcaires inférieurs (Cénomanien 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 cénomano-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 archaeocretacea* et *Helvetoglobotruncana helvetica*) l'emplacement de la limite Cénomanien supérieur - Turonien inférieur a été choisi à partir de la «zone d'acmé des *Heterohelix*», déjà citée par plusieurs auteurs.

L'incidence des variations tant sédimentologiques que paléo-écologiques sur la répartition de la microfaune au passage Cénomanien-Turonien, a mis en évidence trois intervalles bien distincts :

- Au Cénomanien 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.
Palliolatella avita Patterson 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).
Dolocytheridea 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., Neraudeau, 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 Cénomanien d'El Goléa (Tadmaït 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 Cénomanien 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 Cénomanien-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 Cénomanien-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 Cénomanien 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, 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 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, 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.

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 Tademaït (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 Cénomanien-Turonien dans le Haut Atlas Central, Maroc. *Geobios*, 38, pp. 57-68.

Galal, G. et Nafae, S. 2007. Early Paleogene planctic 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 Cénomanien-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 cénomanien-turonien sur les marges atlantique et téthysienne du craton saharien. Comparaison avec d'autres bassins. *11° Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Publications de l'Association des Sédimentologues de France*, 150 p.

Grosheny, D., Chikhi-Aouimeur, 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-Aouimeur, F., Benkerouf - 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 foraminiferida 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. Paleoecology 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. 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, pp. 101-126.

Ljubavić-Obradović, D., Carević, I., Mirković, M. and Protić, N. 2011. Upper Cretaceous volcanoclastic-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.

Ruault-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, chimiostratigraphie, 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 Diss section, lower member.

1- Une partie des argiles à gypse. Cénomanien inférieur-moyen.
Part of gypsum clays. Lower-Middle Cenomanian.

2- Les calcaires inférieurs, ou corniche du Cénomanien supérieur.
Lower limestones or Upper Cenomanian cornice.

B- Coupe de Bordj Omar Driss, membre inférieur (Cénomanien 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 schowing reticulate gypsum levels (levels indurated whitish).

C- D- Coupe de Bordj Omar Driss, membre inférieur (Cénomanien 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 (Cénomanien 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.

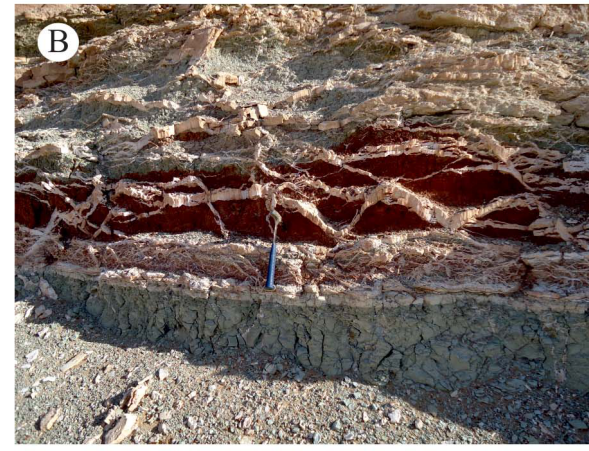
1- Les marnes médianes (Turonien inférieur à moyen).

Median marl (Lower to Middle Turonian).

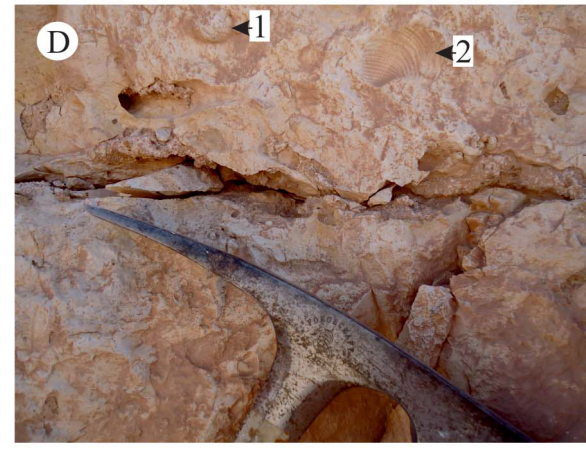
2- Les calcaires supérieurs (= la corniche turonienne) (Turonien supérieur).

Upper limestones (= the Turonian cornice) (Upper Turonian).


A
2
1


B


C


D
1
2


E
1
2
3


F
2
1