

## Stratigraphie

# Analyse biostratigraphique et sédimentologique des séries éo-oligocènes et miocènes de la Tunisie septentrionale : implications stratigraphiques et géodynamiques

Kamel Boukhalfa<sup>a</sup>, Kmar Ben Ismail-Lattrache<sup>a</sup>, Sami Riahi<sup>a</sup>,  
Mohamed Soussi<sup>a,\*</sup>, Sami Khomsi<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Département de géologie, faculté des sciences de Tunis, université Tunis El Manar, campus universitaire, 2092 Tunis, Tunisie*

<sup>b</sup> *Laboratoire géoressources, CERTE, Borj Cedria, Hammam Lif, Tunis, Tunisie*

Reçu le 27 novembre 2007 ; accepté après révision le 23 septembre 2008

Disponible sur Internet le 8 janvier 2009

Présenté par Jacques Angelier

## Résumé

Les résultats biostratigraphiques, sédimentologiques et structuraux acquis à l'occasion de cette étude confirment l'allochtonie du flysch numidien et montrent surtout l'existence en Tunisie septentrionale, de deux types de séries numidiennes tectoniquement superposées : les unes avec des grès, puis des silexites (Oligocène supérieur à Aquitaniens) reposant tectoniquement sur d'autres nettement plus riches en argilites qu'en grès (Oligocène inférieur à Aquitaniens). Les nouvelles datations montrent que le membre Zouza du flysch numidien de la Tunisie septentrionale, épais au moins de 1800 m, est d'âge Oligo-Miocène. Il pourrait ainsi constituer à lui seul, au moins en partie, un équivalent latéral du membre Kroumirie considéré dans le schéma stratigraphique admis jusqu'à nos jours comme la partie moyenne du flysch. Dans ce travail, nous démontrons aussi que la juxtaposition actuelle du flysch numidien aux faciès telliens, est le résultat du rapprochement tectonique associé à l'inversion qui a accompagné la convergence Afrique–Europe et dont les effets sont ressentis plus au sud dans l'Atlas tunisien. *Pour citer cet article : K. Boukhalfa et al., C. R. Geoscience 341 (2009).*

© 2009 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

**Biostratigraphical and sedimentological analyses of the Eo-Oligocene and Miocene deposits of northern Tunisia: Stratigraphic and geodynamic implications.** The new biostratigraphic, sedimentological and structural data confirm the allochthony of the Numidian flysch and suggest the existence, in northern Tunisia, of two different allochthonous units within the so-called Numidian flysch as well as several underlying small-scale Tellian tectonic units. The first unit, mainly composed of sandstones and then by “silexites” corresponds to the Kroumirie and Babbouch members, extends from Late Oligocene to Aquitaniens. It rests tectonically on the unit predominantly composed of claystones with sandstones of the Zouza member which is of Early Oligocene to Aquitaniens. The Zouza member, which is at least 1800 m thick, extending from Oligocene to Early Miocene, should be considered, at least partly, coeval to the Kroumirie member considered in the classic stratigraphic scheme as the middle part of the flysch. In this study, we demonstrate also that the deposits of the Numidian flysch and those of the Tellian and Bejaoua

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [Mohamed.soussi@fst.rnu.tn](mailto:Mohamed.soussi@fst.rnu.tn) (M. Soussi).

group, outcropping to the south, do not belong to the same sedimentary system. Their current juxtaposition resulted from the thrusting of the Numidian flysch southwards during the inversion phase that accompanied the convergence of Africa and Europe. **To cite this article:** K. Boukhalfa et al., C. R. Geoscience 341 (2009).

© 2008 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Mots clés* : Biostratigraphie ; Oligo-Miocène ; Faciès tellien ; Flysch numidien ; Tunisie septentrionale

*Keywords*: Biostratigraphy; Oligo-Miocene; Tellian facies; Numidian Flysch; Northern Tunisia

## Abridged English Version

### Introduction

The different tectonic phases that affected North Africa since the Late Eocene to the Quaternary had intensively deformed the Meso-Cenozoic series of northern Tunisia [15,19]. In spite of these major deformations, which caused a structural complexity in the area, certain authors [11,17,20,29] consider that the Tertiary series are concordant and rest conformably on the Mesozoic series. This interpretation, although refuted by detailed cartographic mapping [16,18,21,23,24] and petroleum studies using seismic reflexion [13,14] was recently re-evoked [1,12,25]. The main purpose of this present note is to analyze the Eo-Oligo-Miocene siliciclastic series of northern Tunisia (Zahret Médiane and Jebel Zouza areas) following a pluridisciplinary approach including biostratigraphy, sedimentology and structural geology. It has been performed in order to bring new insights on the age of these facies, as well as to reconstruct the stratigraphic and paleogeographic relationships between the Numidian flysch deposits and those of the Bejaoua Group outcropping to the south.

### Lithological description and biostratigraphic revision

The biostratigraphic study was based particularly on planktonic Foraminifera while referring to the work of Blow [9], of Bolli et al. [10], Berggren et al. [4] and Bismuth [7]. The nomenclature adopted in this work is that of Bolli et al. [10] and Toumarkine et Bolli [27,28]. The studied series comprise, from South to North, three types of Oligo-Miocene facies (Figs. 1 and 2):

- the “Grès de la Moyenne Medjerda”/Moyenne Medjerda sandstones [5,24];
- the Tellian shales or “faciès tellien” [24];
- the Numidian Flysch facies [24].

### “Moyenne Medjerda Sandstones” of Jebel Hajra Touila section

The series of J. Hajra Touila sections extends from the Middle Eocene to the Middle Miocene (Fig. 3). The Eocene is made of marls and bioclastic limestones displaying a conglomeratic bed marker rich in Nummulites marking the transition from the Lutetian to Bartonian. These facies could represent the equivalent of the carbonate Cherahil system of Central Tunisia [3].

The Oligo-Miocene series are predominantly made of brown to dark shales with thin sandstones. The sandstones of the lowermost part of the basal unit show micro-hummocky cross-stratification resulting of waning storm events in distal-shelf environment. The presence of *Pecten arcuatus* at the top of this unit indicates the Oligocene.

The series continues with:

- shale and sandstone with hummocky cross-stratifications, flaser and wavy bedding and ripples marks of foreshore to shoreface environments;
- thick massive sandstone unit displaying tabular cross-bedding and erosional surfaces marked by the presence of silicified wood remains (Fig. 3).

The Oligo-Miocene siliciclastic sequence deposited in offshore then in foreshore depositional environments can be correlated with the marine and fluvio-deltaic deposits of the Fortuna Formation of Central Tunisia [30].

The uppermost part of the section is represented by a carbonate fossiliferous bed marker dated Langhian. The latter, deposited in shallow marine environment, could constitute an equivalent of the Ain Ghrab carbonate Formation, extensively studied in the Cap Bon and Central Tunisia [2,30].

### Tellian facies – Oued Madène “OM” and Sidi Nasseur “SN” sections

The Tellian facies of these two areas are exclusively made of brown to dark grey silty-shales including thin

glaucinitic horizons (Figs. 5 and 6). They display planktonic Foraminifera indicating an age extending from Early (P20 zone) to Late Oligocene (P21 zone). These shaly facies have been deposited in offshore setting. The detailed new mapping indicates that these facies rest tectonically on the Paleocene in OM and on the Ypresian in SN (Figs. 2, 5 and 6).

*Numidian Flysch facies: Zouza member – J. Tebaba section “T”*

#### *Facies analysis*

Jebel Tebaba (Fig. 7) represents the locality type where the Zouza member has been originally defined [24]. This member consists of the alternation of thick shaly intervals (200 to 300 m) (C1 to C5) with massive sandstone bars, constituting prominent bed marker in the topography (15 to 40 m) and/or thin-bedded sandstones. The shaly intervals are rich in planktonic Foraminifera and correspond to pelagic-hemipelagic mud deposited in a deep marine setting by dilute turbidity currents. The sandstone intervals show sharp basal contact with groove marks, parallel and ripple cross-laminations. They are generally formed of individual beds (1 to 8 m thick), exhibiting loading and dewatering features indicating a deposition via “high density turbidity current” in a deep marine setting (Fig. 2).

#### *Biostratigraphic analysis*

The samples T0 and T1, taken from the base of the Zouza member, show diverse planktonic Foraminifera characterizing the *Globorotalia opima opima* zone (P21) and indicate a Late Oligocene (Chattian) age (Fig. 4). Samples T2 to T6 from (C1) show: *Globorotalia opima nana*, *Globigerina ampliapertura*, *Catapsydrax dissimilis* and *Globigerina sellii*, indicating the *Globigerina ampliapertura* zone (P20 zone) of Early Oligocene (Rupelian) age. Samples T12, T13 (from C2) and T16 to T20 (from C3) provided an association containing the same fauna already identified in the underlying intervals with rare *Globigerina sellii* and abundant *Globorotalia opima opima*. These levels are attributed to the *Globorotalia opima opima* zone (P21) of Late Oligocene (Chattian) age. The samples T25, T27 (from C4) and T31, T32 (from C5) display a planktonic Foraminifera association represented by: *Globorotalia kugleri*, *Globigerina praebulloides*, *Catapsydrax dissimilis*, *Globigerina ciperoensis angustiumbilitata*, of Early Miocene (Aquitanian: N4 zone) age.

#### *J. El Gassa section “G”*

The planktonic Foraminifera assemblage (Fig. 8) has led to attribute the basal part of Zouza member to the Early-Late Oligocene (P20 to P21 zones) and its uppermost part to the Early Miocene (Aquitanian: N4 zone) (Fig. 8). While the samples taken from the lower part of Kroumirie member (Fig. 8) provided planktonic Foraminifera of Late Oligocene age (Early Chattian: P21 zone). These new attributions confirm the ages already proposed thanks to palynological investigations [26] (Fig. 2).

#### *Discussion and geodynamic reconstitution – “Grès de la moyenne Medjerda” and Tellian facies: age and stratigraphic relationships*

The “Grès de la Moyenne Medjerda”, deprived of planktonic Foraminifera and conformably overlying the Eocene, comprises the Oligocene and the Miocene. The Tellian shales which are rich in benthic and planktonic Foraminifera and deposited in a distal marine shelf environment, rest tectonically on the Paleocene at OM and on the Ypresian in SN. The current absence of Middle Eocene and the basal Oligocene in these two areas seems to be related to tectonics (major faults). Indeed, the careful examination of the contact surface, separating the carbonates of the Bou Dabbous Formation or the shales of El Haria Formation from the Tellian shales, did not allow the detection of any sedimentological observations (hard grounds or angular unconformity) supporting a stratigraphic contact between these formations.

Therefore, the new biostratigraphic data and the detailed mapping of the studied area support most likely the interpretation suggesting that the structures of OM and SN, correspond to an “apparent synclinal structures” or “synclinals of nappes” delimited by faults. These features could be assimilated to scales (*écailles*) rather than to true synclines (Fig. 9). Nonetheless, the presence of an initially stratigraphic contact, tectonically remobilized during the inversion phase that took place during Middle Miocene and after, cannot be dismissed.

In terms of palaeogeography, the present reconstruction suggests that the facies of the “Grès de la Moyenne Medjerda”, which were deposited in offshore to shoreface settings, can be considered, at least in part, as coeval to the shaly Tellian facies deposited in the distal part of the siliciclastic shelf. This siliciclastic shelf system and associated sub-environments are thought to be connected to the fluvio-deltaic system of the Fortuna Formation of Central Tunisia.

### *Numidian Flysch: age, stratigraphic and geometric relationships with its substratum*

The main biostratigraphic results obtained on the Zouza member indicate in one hand, no Early Oligocene (P18 and P19) zonal marker and in another hand, the presence successively of the Rupelian: zone P20 (Early Oligocene), the Late Chattian: zone P21 (Late Oligocene) and the Aquitanian: zone N4 (Early Miocene).

The absence of the two Lower Oligocene zones at the base of the Numidian can be explained by the existence of a major tectonic contact between the Numidian Flysch and its substratum represented in the studied area by the Tellian shales.

Moreover, the presence in the upper part of the Gassa section of the Late Oligocene (Chattian: P21 zone) deposits tectonically resting on the Early Miocene (Aquitanian: N4 zone) confirms the palynologic results advanced by Torricelli as regards to the age of the Numidian flysch as well as the possible duplication of the latter [26].

The new biostratigraphic results indicate, in addition to the fact that the series of Zouza include both the Oligocene and the Miocene, that the series of Kroumirie and Babbouch are of Late Oligocene and Early Miocene [24].

According to these new results, the Zouza and the Kroumirie members can be, at least in part, coeval. This hypothesis, already envisaged by Torricelli [26] and Riahi et al. [22] has to be considered as a starting point for a new lithostratigraphic scheme for the Numidian flysch of northern Tunisia.

The sedimentological comparison of the Numidian Flysch series with those of the Tellian facies, ranged by Rouvier in the Bejaoua group [24], indicates that the sedimentary bodies of these series have been formed within two siliciclastic sedimentary systems genetically completely dissociated. They cannot be therefore associated with one and the same sedimentary system as already envisaged by Wezel [29], because this would suppose inevitably the feeding of the Numidian system from the south and would generate an inconsistency in the sedimentological model as the Numidian flysch is clearly sandy richer than the Tellian facies situated to the south.

### **Conclusions**

The Zouza member, at least 1800 m thick, and ranging from the Early Oligocene (P20 zone) to the Early Miocene (N4 zone) cannot be considered only as

the lower member of the Numidian Flysch. The new biostratigraphic results indicate that this member is coeval, at least in part, to the Kroumirie member previously considered as the middle part of the Numidian flysch. All these arguments impose the reevaluation of the classic stratigraphic scheme, where the Zouza, the Kroumirie and Babbouch members are considered vertically arranged. The biostratigraphic and sedimentological data obtained on the Numidian flysch strongly suggest that these members are, at least, initially laterally equivalents and that their current vertical superposition resulted from tectonics. Also, the current juxtaposition of the deformed Oligo-Miocene Numidian flysch deposits to the Bejaoua Group facies, resulted of the transportation of the Numidian Flysch southwards during the major Alpine tectonic phase that accompanied the convergence of the African and European plates during Middle Miocene. The presence of the Oligocene Tellian facies in the “Nefza window” to the north is a strong argument supporting this interpretation [24].

### **1. Introduction**

La succession des phases de serrage tectonique, qui ont affecté l’Afrique du Nord depuis au moins l’Éocène supérieur jusqu’au Quaternaire, a intensément déformé les séries méso-cénozoïques de la partie septentrionale de la Tunisie [15,19]. Cette complexité structurale a suscité plusieurs travaux. Certains auteurs [11,17,20,29] considèrent que les séries tertiaires sont concordantes et reposent par un contact sédimentaire sur un substratum plissé et érodé. Ils admettent, par conséquent, que ces séries sont autochtones ou légèrement déplacées vers le sud.

Cette interprétation, bien que réfutée par des travaux détaillés de cartographie [16,18,21,23,24] et par les études de géologues pétroliers [13,14] utilisant la sismique réflexion et démontrant l’existence des images d’inversions, des chevauchements, des écaillages et même des nappes de glissement, a été récemment reprise [1,12,25].

Dans ce travail, on se propose d’analyser sur le plan biostratigraphique et sédimentologique, les séries éo-oligocènes et miocènes du Nord de la Tunisie (régions de Zahret Madien et de Jebel Zouza), en vue d’apporter un nouvel éclairage sur l’âge de leurs faciès et de montrer que les corrélations stratigraphiques et les reconstructions structurales sont souvent difficiles à cause de l’existence de nombreux laminages tectoniques. On démontrera aussi que les faciès oligo-miocènes sous faciès flysch

sont tectoniquement rapprochés des séries créacées, tertiaires et oligo-miocènes du domaine autochtone sous faciès Béjaoua. De plus, les nouvelles datations obtenues sur les séries du flysch numidien des régions de Zouza et de Balta autorisent à entreprendre une discussion sur le schéma stratigraphique, proposé par Rouvier [24], en trois membres verticalement agencés.

## 2. Description lithologique et révision biostratigraphique des coupes étudiées

Les séries étudiées comportent, du sud au nord, trois types de faciès (Fig. 1 et 2) :

- les « Grès de la Moyenne Medjerda » [5,24] ;
- le faciès tellien [24] représenté par des argiles à intercalations gréseuses et glauconieuses faisant partie de l'unité de Kasseb et de ses équivalents ;
- les faciès du Flysch numidien constitués, d'après Rouvier [24], de la base au sommet par :
  - le membre Zouza argilo-gréseux,
  - le membre Kroumirie grés-argileux,
  - le membre Babbouch formé d'argiles et de roches siliceuses.

L'étude biostratigraphique a été basée sur les foraminifères planctoniques en se référant à l'atlas de

Bizon et Bizon [8] et aux travaux de Blow [9], de Bolli et al. [10], Berggren et al. [4] et Bismuth [7]. La nomenclature adoptée dans ce travail est celle de Bolli et al. [10] et de Toumarkine et Bolli [27,28].

### 2.1. « Grès de la Moyenne Medjerda » : coupe de Jebel Hajra Touila (HT)

Cette coupe (Fig. 3) faisant partie du domaine autochtone montre une série lithostratigraphique, plus au moins complète, épaisse de 140 m : (Fig. 2).

Elle est formée à la base par des calcaires et des marnocalcaires (40 m) (Fig. 3) affleurant sur la rive gauche de l'Oued Hassen (Fig. 2). Les calcaires sont lumachelliques ou noduleux, admettant des passées argileuses. Les échantillons (1 à 5) prélevés de cette unité ont livré une association de foraminifères planctoniques, composée de : *Globigerina medizai*, *Acarinina spinuloinflata* (Fig. 4 : 5 et 6) et de *Morozovella spinulosa* (Fig. 4 : 7 et 8), associés aux espèces d'ostracodes *Loculicytheretta semipunctata* et *Loculicytheretta quinqueloculita* (Fig. 4 : 35, 36, 37 et 38). Ces derniers permettent d'attribuer à ces niveaux un âge Lutétien [3,6]. Les marnocalcaires sus-jacents renferment un niveau conglomératique à base ravinante, surmonté par un niveau discontinu, fossilifère très riche en Nummulites (Fig. 3). Il montre en microfaciès entre autres *Nummulites gizehensis* FORSKAL, *Nummulites discorbinus* SCHLOTHEIM, d'âge Lutétien.

La série se poursuit par une alternance de bancs de calcaire en miches et d'intervalles marneux passant à des calcaires bioclastiques noduleux de milieu marin ouvert. Les échantillons de 6 à 10 (Fig. 3) ont livré les foraminifères planctoniques *Truncorotaloides rohri*, *T. hayensi*, *T. libyaensis*, *T. topilensis*, *Morozovella spinulosa*, *Turborotalia cerroazulensis cerroazulensis* (Fig. 4 : 9 et 10), *Pseudohastigerina micra*, *Acarinina spinuloinflata*, *A. bullbrookii*, *Globigerina senni*, *G. eoacena*, *G. corpulenta* (Fig. 4 : 11 et 12), *G. venezuelana*, caractéristiques de la zone P14 d'âge Bartonien. Les ostracodes associés, *Loculicytheretta cavernosa* et *Loculicytheretta semirugosa* (Fig. 4 : 39 et 40), confirment l'âge Bartonien de ces niveaux [6].

Le faciès de cette partie de la coupe rappelle celui du « Chérailh » de Tunisie centrale [3], témoignant ainsi de la présence, au cours de l'Éocène moyen, d'une plateforme carbonatée en Tunisie centrale et d'un domaine à sédimentation carbonatée et argileuse en Tunisie septentrionale.

Au-dessus, existe une combe marneuse (cote 18) comportant des calcaires bioclastiques. Les échantillons (11 à 13) n'ont fourni que des dents de Squales. À partir

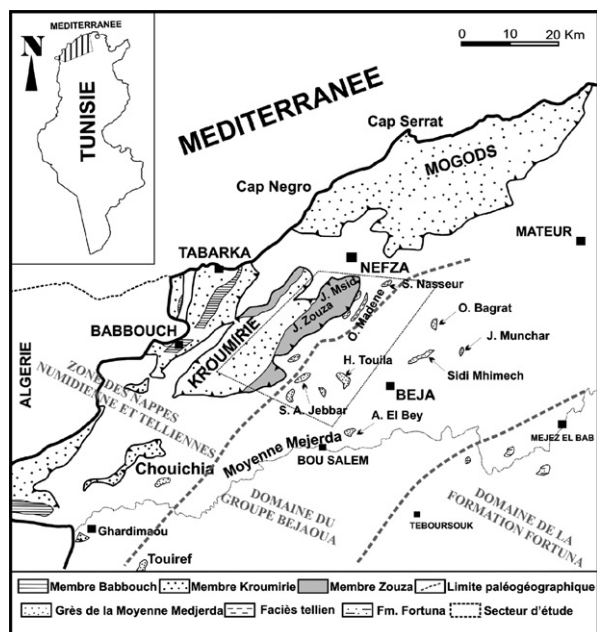


Fig. 1. Carte de localisation du secteur d'étude (Tunisie septentrionale) [24].

Fig. 1. Location of the study field (northern Tunisia) [24].

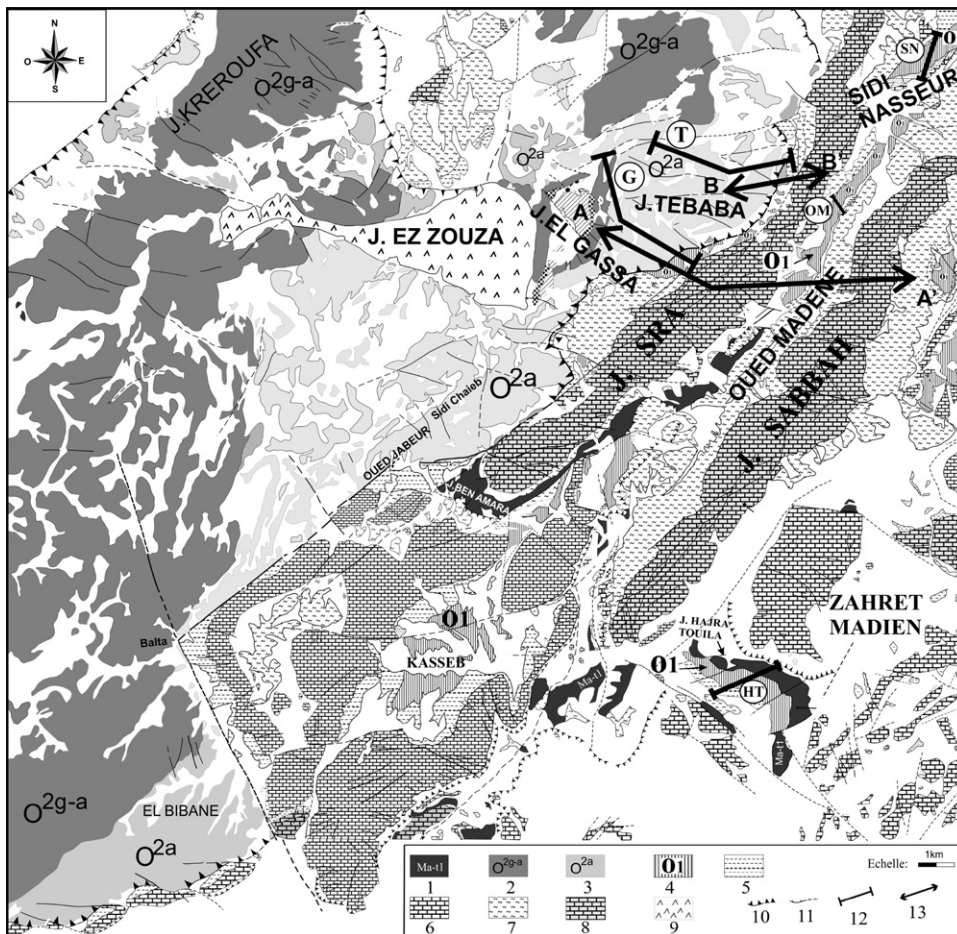


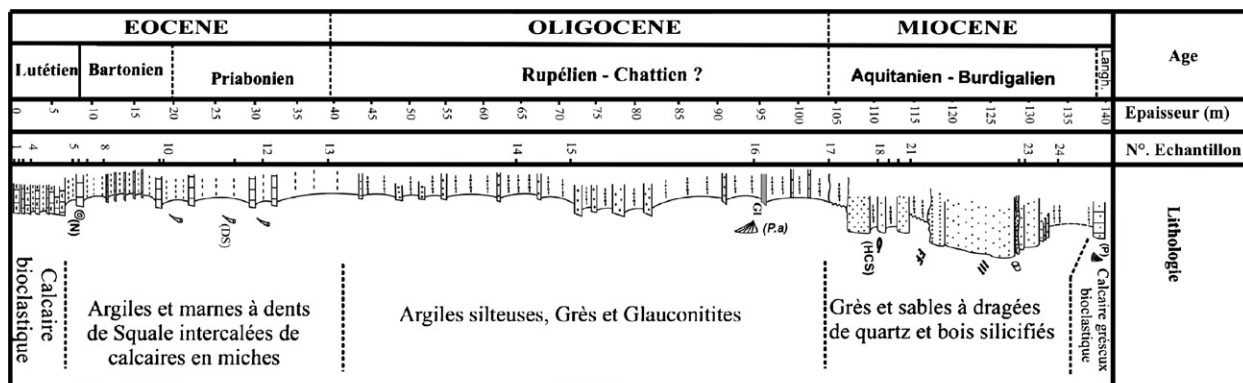
Fig. 2. Carte géologique du secteur d'étude [24] et positions des coupes effectuées (« HT », Hajra Touila ; « OM », Oued Madène ; « SN », Sidi Nasseur ; « T », Tebaba et « G », El Gassa). (1) Aquitaniens-Tortonien basal ( $M^{a-t1}$ ) ; (2) Oligocène supérieur-Aquitaniens ( $O^{2g-a}$ , faciès Kroumirie) ; (3) Oligocène supérieur ( $O^{2a}$ , faciès Zouza) ; (4) Oligocène inférieur ( $O_1$ , faciès tellien) ; (5) Éocène moyen à supérieur ; (6) Yprésien ; (7) Paléocène ; (8) Campanien-Maastrichtien ; (9) Trias ; (10) Front de la nappe numidienne ; (11) Nappes telliennes ; (12) Coupes lithostratigraphiques ; (13) Coupes structurales.

Fig. 2. Geological map of study field (Rouvier, 1[24]) showing outcrops and location of measured stratigraphic columns ("HT", Hajra Touila; "OM", Oued Madene; "SN", Sidi Nasseur; "T", Tebaba and "G", Gassa). (1) Aquitanian-Early Tortonian ( $M^{a-t1}$ ); (2) Upper Oligocene-Aquitaniens ( $O^{2g-a}$ , Kroumirie facies); (3) Upper Oligocene ( $O^{2a}$ , Zouza facies); (4) Lower Oligocene ( $O_1$ , tellian facies); (5) Middle-Upper Eocene; (6) Ypresian; (7) Paleocene; (8) Campanian-Maastrichtian; (9) Triassic; (10) Front of the Numidian; (11) Tellian; (12) Lithostratigraphic sections; (13) Structural sections.

de la cote 40 m, on remarque un net changement de faciès, matérialisé par le développement d'une série argilo-gréseuse dépourvue de microfaune, mais renfermant dans sa partie supérieure des argiles glauconieuses, où a été identifié un niveau très riche en *Pecten arcuatus* de l'Oligocène inférieur. La série essentiellement gréseuse (cote 105 m) de la coupe montre une succession de faciès comprenant des rides de courant, des *flasers* et des *lenticular beddings* et des bioturbations indiquant un milieu de plate-forme peu profonde soumise à l'action des vagues et des courants. La barre gréseuse (cote 118 m), qui se distingue par la présence

de grandes stratifications obliques et des surfaces d'érosion marquées par des dragées de quartz et de bois fossile, témoigne d'une diminution de la tranche d'eau et d'une influence continentale plus soutenue. La coupe se termine par un banc de calcaire gréseux à Pectinidés (cote 139 m) marquant une nouvelle transgression qui rappelle les calcaires de la formation Ain Grab d'âge Miocène moyen (Langhien) [2,30].

Si la décharge détritique (cote 105) qui surmonte la combe est corrélable avec la formation Fortuna d'âge Miocène inférieur [30,31], l'Oligocène supérieur serait donc très réduit, ou en partie érodée dans cette coupe.



## Légende

- |  |                                |  |                                     |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------------|
|  | calcaire/calcaire bioclastique |  | hommocky cross stratification (HCS) |
|  | calcaire gréseux               |  | base érosive                        |
|  | sable fin/moyen/grossier       |  | conglomérats                        |
|  | argile                         |  | Pectinidés (P)                      |
|  | argile silteuse                |  | Pecten arcuatus (P.a)               |
|  | Glauconitites                  |  | Nummulites(N)                       |
|  | stratification oblique         |  | Dents de Squale (DS)                |
|  | rides                          |  | Bois silicifié                      |

Fig. 3. Lithologie et stratigraphie de la série de Jebel Hajra Touila.

Fig. 3. Lithology and stratigraphy of Jebel Hajra Touila section.

## 2.2. Faciès tellien

### 2.2.1. Coupe de l'Oued Madène « OM » (Paléocène–Oligocène)

Il s'agit d'une série monotone (200 m) d'argiles silteuses grises à marron comportant des intercalations gréseuses et glauconieuses (Fig. 5). Ces argiles à microfaune planctonique ont été déposées en milieu franchement marin, situé sous l'effet de l'action des vagues ; mais recevant, par moment, des quantités de sables fins ou de silts pendant les tempêtes.

Les échantillons 1 et 2, pris à la base de cette série, renferment une association de foraminifères planctoniques représentée par *Globoconusa daubjergensis*, *Morozovella trinidadensis*, *M. uncinata*, *M. pseudobulloides*, *Planorotalites compressa* et *Globigerina trilocolinoides*. Cette association indique le Paléocène supérieur (Thanétien).

À partir de la cote 50 m, les échantillons 3 à 8 ont livré les foraminifères planctoniques *Globorotalia opima nana* (Fig. 4 : 13 et 14), *Globigerina ampliapertura*, *G. venezuelana* (Fig. 4 : 17 et 18) et *G. tripartita* (Fig. 4 : 25 et 26) caractérisant la zone à *Globigerina ampliapertura* d'âge Oligocène inférieur

(Rupélien : zone P20). Ces argiles ont été déposées vraisemblablement en milieu marin ouvert de type « offshore inférieur ».

L'échantillon 9 (cote 220 m) contient les espèces *Globigerina ciperoensis angulisuturalis* (Fig. 4 : 21), *G. ciperoensis ciperoensis* (Fig. 4 : 22 et 23), *G. ciperoensis angustiumbilitata* (Fig. 4 : 19 et 20), *G. venezuelana* (Fig. 4 : 17 et 18), *Globorotalia opima nana*, *G. opima opima* (Fig. 4 : 15 et 16), *Globorotaloides suteri* et *Catapsydrax dissimilis* (Fig. 4 : 27 et 28), caractéristiques de la zone à *Globorotalia opima opima* (zone P21). L'abondance de *Globorotalia opima opima*, l'apparition de l'espèce *Globigerina ciperoensis angulisuturalis* et le développement des sous-espèces de *ciperoensis*, nous conduisent à situer ces niveaux dans l'Oligocène supérieur (Chattien inférieur). L'Éocène est donc absent dans cette coupe et les argiles de l'Oligocène reposent, par l'intermédiaire d'un contact tectonique, sur les argiles du Paléocène.

### 2.2.2. Coupe de Sidi Nasseur « SN » : Yprésien, Oligocène

Elle est située au niveau de la terminaison péri-anticlinale nord du Jebel Sabbah et au front du Jebel

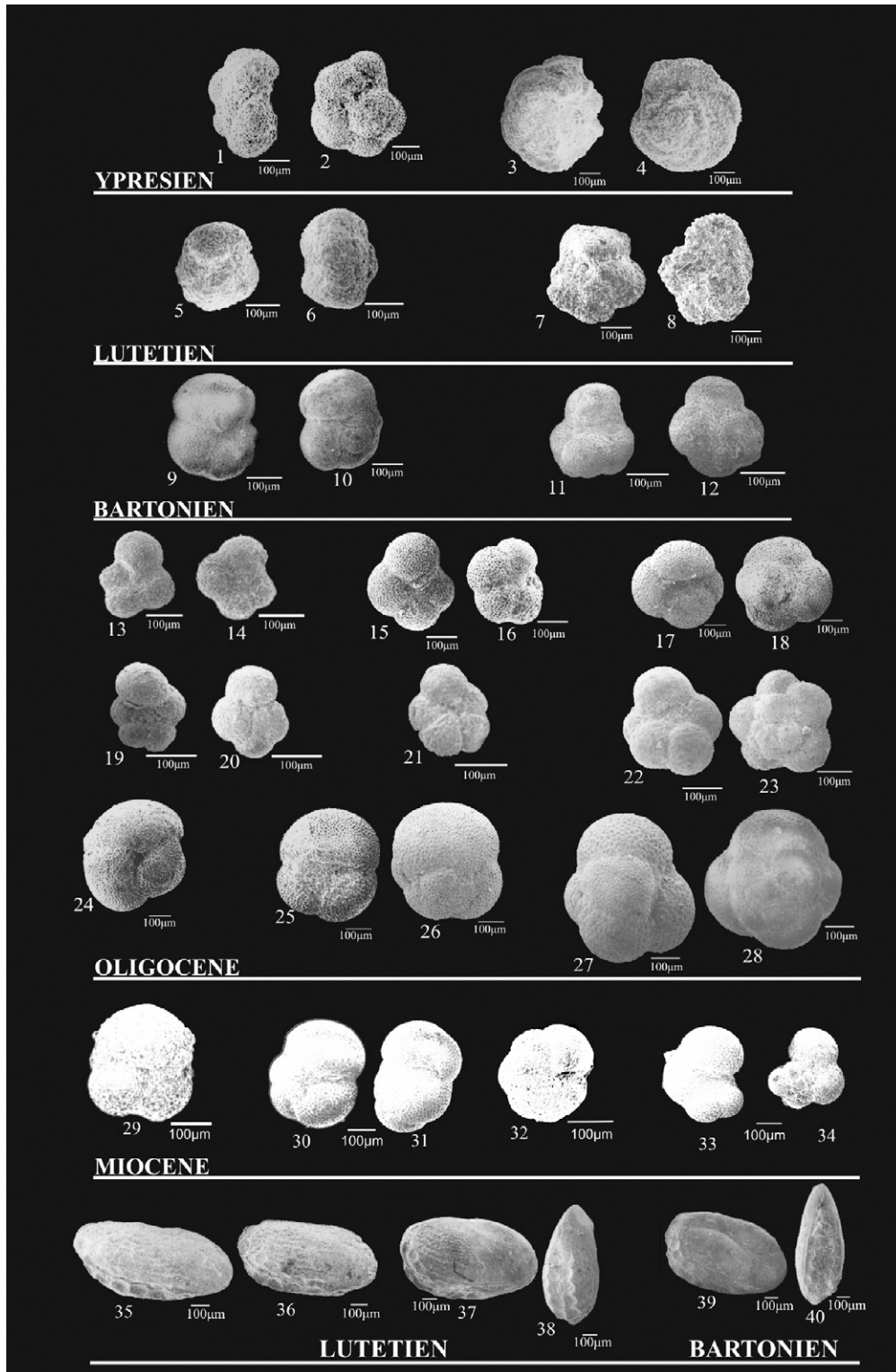


Fig. 4. Foraminifères planctoniques et ostracodes : marqueurs de l'Éocène, de l'Oligocène et du Miocène.

• Foraminifères planctoniques de l'YPRESIEN//Planktonic Foraminifera from Ypresian.

(1–2) – *Acarinina pentacamerata* (SUBBOTINA). Zone à *Acarinina pentacamerata* (P9), Coupe « SN » et « T », 1. Vue latérale. 2. Vue dorsale. (3–4) – *Morozovella caucasica* (GLAESSNER). Zone à *Acarinina pentacamerata* (P9), Coupe « SN » et « T », 3. Vue ombilicale. 4. Vue dorsale.



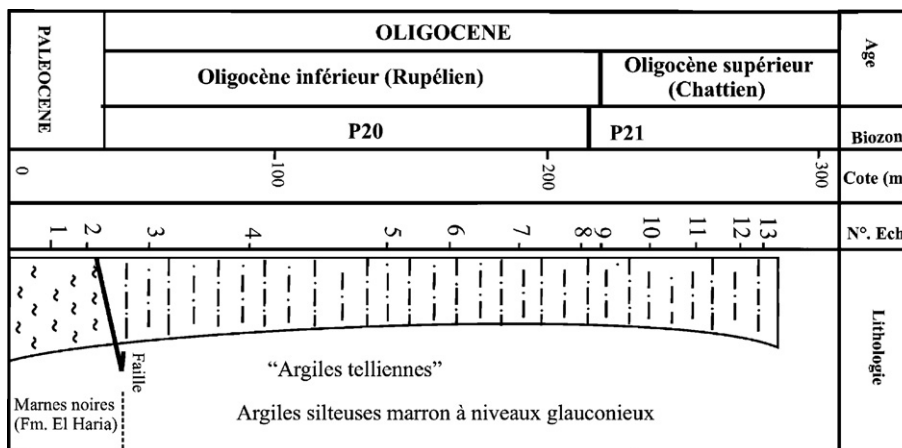


Fig. 5. Lithologie et stratigraphie de la série de l'Oued Madène.

Fig. 5. Lithology and stratigraphy of Oued Madene section.

Sidi Ahmed (Figs. 1 et 2). C'est une série épaisse de 300 m, qui montre de bas en haut (Fig. 6) :

- des calcaires à rognons de silex de la formation Bou Dabbous, surmontés par des argiles verdâtres (échantillon 1) à foraminifères planctoniques (Fig. 4 : 1, 2, 3 et 4) *Acarinina bullbrookii*, *A. pentacamerata*, *Morozovella caucasica*, *M. aragonensis* et *Turborotalia cerroazulensis frontosa*, datant l'Yprésien supérieur (zone P9) ;
- une série monotone d'argiles, à intercalations gréseuses et glauconieuses identiques à celles de l'OM. Ici, ces argiles reposent aussi, par l'intermédiaire d'un contact tectonique, sur les affleurements yprésiens sous-jacents. Au sein des argiles silteuses et glauconieuses, nous avons pu identifier la zone P20 du Rupélien (échantillons 8, 9 et 10) et la zone P21 du Chattien inférieur (échantillons 11 à 14). Les échantillons 2 à 7, prélevés à la base de cette série et dépourvus de microfaunes, ont été attribués au

- Foraminifères planctoniques du LUTETIEN//Planktonic Foraminifera from Lutetian. (5–6) – *Acarinina spinuloinflata* (BANDY). Zone à *Morozovella lehneri* (P12), Coupe « T », 5. Vue ombilicale. 6. Vue dorsale. (7–8) – *Morozovella spinulosa* (CUSHMAN). Zone à *Morozovella lehneri* (P12), Coupe « T », 7. Vue ombilicale. 8. Vue dorsale.
- Foraminifères planctoniques du BARTONIEN//Planktonic Foraminifera from Bartonian. (9–10) – *Turborotalia cerroazulensis cerroazulensis* (COLE). Zone P14, coupe « HT », 9. Vue ombilicale. 10. Vue dorsale. (11–12) – *Globigerina corpulenta* Subbotina. Zone P14, Coupe « HT » 11. Vue ombilicale. 12. Vue dorsale.
- Foraminifères planctoniques de l'OLIGOCÈNE (zone à *Globorotalia opima opima*, P21)/Planktonic Foraminifera from Oligocene (*Globorotalia opima opima* zone). (13–14) – *Globorotalia opima nana* BOLLI. Coupes « SN », « OM », « T » et « G », 11. Vue ombilicale. 12. Vue dorsale. (15–16) – *Globorotalia opima opima* (BOLLI), 15. Vue ombilicale, coupes « SN », « OM », « T » et « G ». 16. Vue latérale. (17–18) – *Globigerina venezuelana* HEDBERG. Coupes « SN », « OM », « T » et « G », 17. Vue ombilicale. 18. Vue dorsale. (19–20) – *Globigerina ciperoensis angustiumbilicata* BOLLI. Coupes « SN », « OM », « T » et « G », 19. Vue ombilicale. 20. Vue dorsale. (21) – *Globigerina ciperoensis angulisurensis* (BOLLI). Vue ombilicale, Coupes « SN », « OM », « T » et « G ». (22–23) – *Globigerina ciperoensis ciperoensis* BOLLI, 22. Vue ombilicale. 23. Vue dorsale. Coupes « SN », « OM », « T » et « G ». (24) – *Globigerina sellii* (BORSETTI). Vue dorsale, Coupes « SN », « OM », « T » et « G ». (25–26) – *Globigerina tripartita* (KOCH), 25. Vue ombilicale. 26. Vue dorsale. Coupes « SN », « OM », « T » et « G ». (27–28) – *Catapsydrax dissimilis* (CUSHMAN & BERMUDEZ), 27. Vue ombilicale. 28. Vue dorsale, Coupes « SN », « OM », « T » et « G ». Foraminifères planctoniques du MIOCÈNE inférieur (zone à *Globorotalia kugleri* (zone N4 de BLOW)/Planktonic Foraminifera from Lower Miocene (*Globorotalia kugleri* zone). (29) – *Globigerinoides primordius*. Coupes « T » et « G ». (30–31) – *Globigerina altiapturus*. Coupes « T » et « G ». (32) – *Globorotalia kugleri*. Coupes « T » et « G ». (33–34) – *Globorotalia obesa* Coupes « T » et « G ». Les Ostracodes de LUTETIEN (zone à *Loculicyteretta semipunctata*)/Ostracods from Lutetian (*Loculicyteretta semipunctata* zone). (35–36) – *Loculicyteretta semipunctata* APOSTOLESCU & MAGNÉ., Coupe « HT ». (37–38) – *Loculicyteretta semirugosa* APOSTOLESCU & MAGNÉ. Coupe « HT ». Les Ostracodes du BARTONIEN (zone à *Loculicyteretta cavernosa*)/Ostracods from Bartonian (*Loculicyteretta cavernosa* zone). (39–40) – *Loculicyteretta cavernosa* (APOSTOLESCU & MAGNÉ). Coupe « HT ».

Fig. 4. Planktonic Foraminifera and ostracods: markers of Eocene, Oligocene and Miocene.

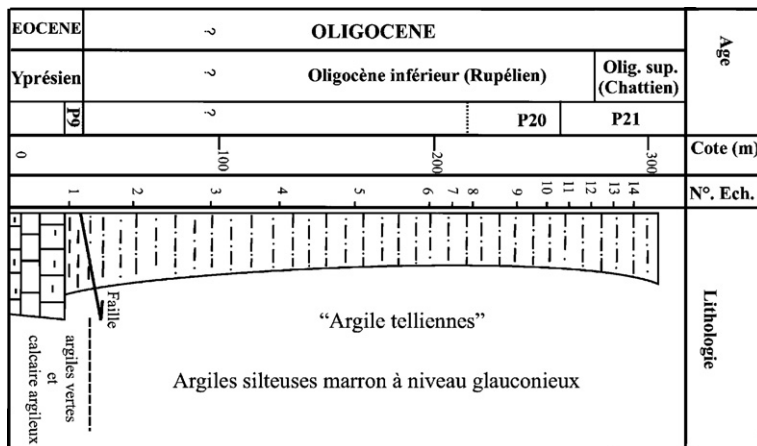


Fig. 6. Lithologie et stratigraphie de la série de Sidi Nasseur.

Fig. 6. Lithology and stratigraphy of Sidi Nasseur section.

Rupélien (Oligocène inférieur), par analogie de faciès avec la coupe de l'OM (Fig. 2).

2.3. Flysch numidien : le « membre Zouza »

2.3.1. Coupe de Jebel Tebaba « T » : Oligo-Miocène

Cette coupe est limitée au sud par les anticlinaux de Jebel Sidi Ahmed-Jebel Sra et Jebel Sabbah et à l'ouest par le massif triasique de Jebel Zouza. Elle est formée de l'alternance de cinq combes argileuses d'épaisseur variable (entre 200 et 300 m) et de quatre barres gréseuses, formant ressaut dans la topographie et dont l'épaisseur de chacune varie entre 15 et 40 m. Les argiles correspondent à des héli-pélagites déposées par décantation en milieu marin profond, alors que les barres gréseuses renfermant des figures sédimentaires correspondent, soit à des dépôts de remplissage de chenaux, soit à des dépôts de levées, dépôt de lobes et de transition *chenal-lobes* indiquant un système de

sédimentation turbiditique [14,22,31]. Ces faciès reposent, par l'intermédiaire d'un contact anormal, sur des argiles ayant les mêmes caractéristiques lithologiques que les séries de l'OM et de SN (Fig. 2 et 7).

Les échantillons (T0 et T1) prélevés dans les argiles telliennes ont livré une association de foraminifères planctoniques, caractéristique de la zone à *Globorotalia opima opima* (P21), d'âge Chattien inférieur (partie inférieure de l'Oligocène supérieur) (Fig. 7).

Alors que les échantillons T2 à T5, prélevés dans la première combe (C1) de la série numidienne, renferment les espèces *Globorotalia opima nana*, *Catapsydrax dissimilis*, *C. unicavus*, *Globigerina ampliapertura*, *G. sellii* et *G. tripartita* qui caractérisent la zone P20 d'âge Rupélien (Oligocène inférieur), l'apparition timide de l'espèce *Globorotalia opima opima* de très petite taille à partir de l'échantillon T6, caractérise la base de la zone P21, indiquant le sommet de l'Oligocène inférieur (Rupélien supérieur).

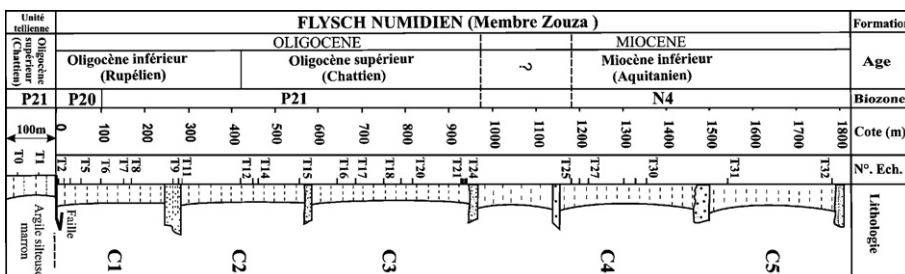


Fig. 7. Lithologie et stratigraphie du membre Zouza (flysch numidien) le long de la coupe de Jebel Tebaba.

Fig. 7. Lithology and stratigraphy of Zouza member (Numidian Flysch) in the Jebel Tebaba section.

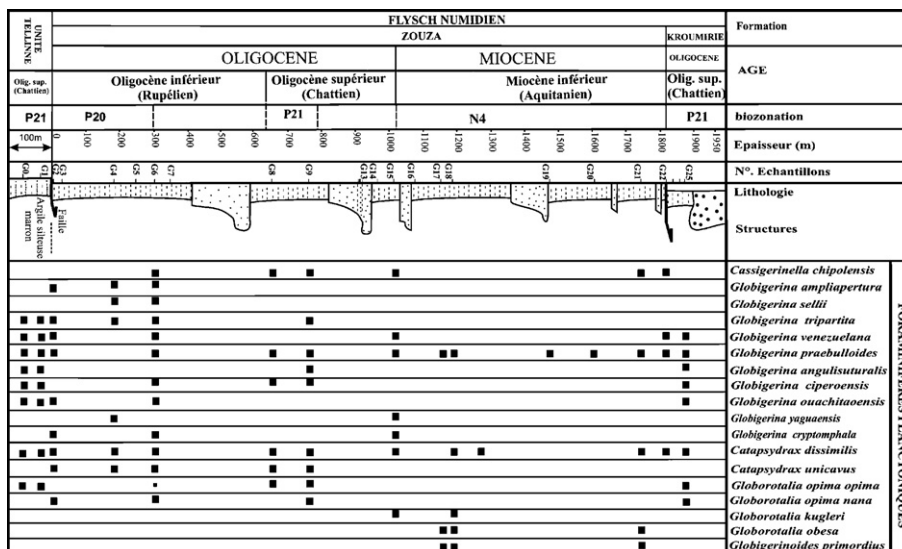


Fig. 8. Lithologie et biostratigraphie du membre Zouza (Flysch numidien) le long de la coupe d’El Gassa.

Fig. 8. Lithology and biostratigraphy of Zouza member (Numidian Flysch) in the El Gassa section.

Il apparaît ainsi que la base de l’Oligocène, zone à *Pseudohastegirina micra/Cassigerinella chipolensis* (P18/P19), est absente par troncature basale du flysch numidien.

Au niveau des deuxième et troisième combes argileuses (C2 et C3), les échantillons T12, T13 et T16 à T20 ont livré une association de foraminifères planctoniques, presque identique à celle des argiles de la base, mais avec un développement maximum de *Globorotalia opima opima*, permettant d’attribuer ces argiles à la zone à *Globorotalia opima opima* (zone P21) et précisément au Chattien inférieur (partie inférieure de l’Oligocène supérieur). Les échantillons T14, T15 et T21 à T24 sont azoïques.

Les deux échantillons T26 et T27, prélevés dans la quatrième combe argileuse (C4), renferment les foraminifères planctoniques *Globorotalia kugleri*, *Globigerina praebulloides*, *Catapsydrax dissimilis* et *Catapsydrax unicus*, permettant d’attribuer ces niveaux à la zone à *Globorotalia kugleri* (N4), d’âge Miocène inférieur (Aquitaniens). Les échantillons T25 et T28 à T30 sont dépourvus de microfaune.

Dans la dernière combe (C5), les échantillons T31 et T32 ont livré, en plus, les espèces *Globorotalia obesa*, *Cassigerinella chipolensis*, *Globigerinoides altiapertura* et *Globigerinoides primordius* (Fig. 4 : 29 à 33), caractérisant également la zone à *Globorotalia kugleri* d’âge Aquitaniens (zone N4). L’apparition de *Globorotalia kugleri* dans l’échantillon T26 et de *Globorotalia obesa* et *Globigerinoides primordius* au-dessus, au niveau de T31 et T32, permet de placer la limite

Oligocène supérieur–Miocène inférieur entre la troisième et la quatrième combe argileuse. L’absence de fossiles dans la partie supérieure de la troisième combe (échantillons T21 à T24) ne permet pas de mettre en évidence paléontologiquement l’Oligocène terminal (zone N3) dans cette série, comme il a été d’ailleurs remarqué dans d’autres régions de la Tunisie [31].

### 2.3.2. Coupe d’El Gassa « G » : Oligo-Miocène

La coupe « El Gassa » (G) (Fig. 8) constitue le prolongement latéral de la coupe de Tebaba (T), (Fig.2). Elle correspond, en partie, à la coupe étudiée par Torricelli [26]. Des résultats biostratigraphiques similaires à ceux de Tebaba ont été obtenus pour cette coupe. Cependant, les échantillons G23 et G24, prélevés dans la dernière combe argileuse au-dessus des argiles du Miocène (Aquitaniens : zone N4) renferment des espèces caractéristiques de la zone à *Globorotalia opima opima* (P21), d’âge Chattien inférieur indiquant ainsi une répétition de la série.

## 3. Discussion, synthèse litho-biostratigraphique et reconstitution géodynamique

### 3.1. « Grès de la Moyenne Medjerda » et Faciès tellien : âge et relations stratigraphiques

Les « Grès de la Moyenne Medjerda » correspondent à une série argilo-gréseuse concordante depuis l’Éocène moyen jusqu’au Miocène. Ces faciès dépourvus de microfaune planctonique ont été déposés en milieu

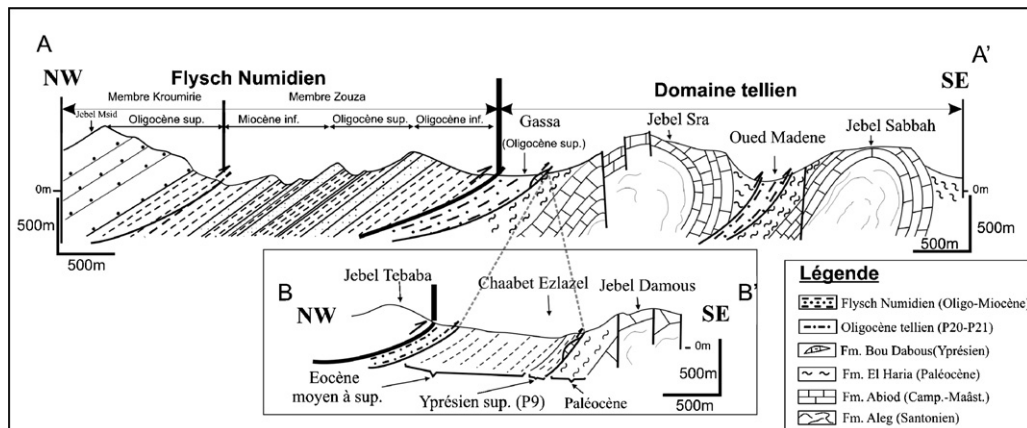


Fig. 9. Coupes structurales montrant le style tectonique de laminage et d'écaillage caractérisant la structure de l'Oued Madène–Sidi Nasseur au front de la nappe numidienne.

Fig. 9. Structural sections showing the imbrication structure which characterizes the Oued Madene- Sidi Nasseur area in the front of the Numidian overthrust "nappe".

marin de type littoral, soumis à l'influence continentale. Le faciès tellien, formé essentiellement d'argiles glauconieuses à foraminifères planctoniques et benthiques, correspond à un milieu marin relativement profond, dominé par le processus de décantation, mais interrompu temporairement par des dépôts de tempête. Cette série d'âge Oligocène repose, par l'intermédiaire d'un contact tectonique, sur le Paléocène à l'OM et sur l'Yprésien à SN. Elle se distingue de celle des « Grès de la Moyenne Mejerda » par l'absence du Miocène. Les datations obtenues pour les argiles de SN suggèrent aussi un âge Oligocène supérieur. Malgré l'échantillonnage serré, nous n'avons trouvé aucun marqueur de l'Éocène moyen et supérieur, ni même de l'Oligocène basal. L'absence de ces termes est probablement liée à la présence de discontinuités tectoniques recoupant les argiles d'âge Éocène inférieur et les argiles telliennes. En effet, le suivi sur de longues distances n'a pas permis de détecter de critère sédimentologique en faveur d'un contact de type stratigraphique. En plus, aucune discordance angulaire n'a été observée entre l'Oligocène et les faciès sous-jacents au niveau de ses structures proprement dites, pour supposer une structuration due à la phase éocène. Néanmoins, la possibilité d'une discontinuité stratigraphique mobilisée ultérieurement par la tectonique est aussi envisageable, puisque celle-ci a été mise en évidence non loin des secteurs étudiés [19].

Toutes ces données suggèrent que dans le secteur étudié, les argiles telliennes oligocènes reposent toujours par le jeu de contact tectonique sur des substratums d'âges différents, Éocène inférieur dans la coupe de SN et Paléocène dans la coupe de l'OM. Cela

nous amène à interpréter la structure des affleurements cénozoïques de l'OM–SN comme des séries écaillées correspondant apparemment à des synclinaux de nappes (Fig. 9).

Ainsi, une zone d'écaillage plus au sud du front des nappes, dans la région de Zouza, expliquerait le contact que nous attribuons à la tectonique entre l'Éocène de l'unité de Kasseb et l'Oligocène tellien (Fig. 2). Dans ce secteur, nous favorisons plutôt la superposition tectonique de l'Oligocène tellien, amputé de sa partie basale, sur les argiles de l'Éocène inférieur.

Sur le plan stratigraphique, il est important de souligner que la juxtaposition actuelle de faciès de type sillon profond à caractère flysch ( $O^{2a}$  et  $O^{2ga}$ , Fig. 2), aux faciès de type marin ouvert à faune planctonique (faciès oligocène tellien :  $O_1$ , Fig. 2) [24], ne peut être due qu'à un rapprochement tectonique lors de la phase alpine majeure d'Afrique du Nord : celle du Miocène moyen. Seul un passage latéral de faciès entre les faciès argileux oligocènes de plate-forme proximale de la coupe de Zahret Médiane et les faciès argileux telliens de plate-forme distale peut être envisagé.

### 3.2. Le Flysch numidien et son substratum : âge et relations stratigraphiques et géométriques

Les résultats biostratigraphiques obtenus sur la série de Zouza ont montré l'absence, à la base de cette série, des premières biozones de l'Oligocène inférieur (P18 et P19) et la présence dans les deux coupes, Tebaba « T » et Gassa « G », du Rupélien : zone P20 (Oligocène inférieur), du Chattien inférieur : zone P21 (Oligocène supérieur) et de l'Aquitainien : zone N4 (Miocène

basal). Cette datation est différente de celle de Rouvier [23,24] qui a attribué la série de Zouza et de Kroumirie uniquement à l'Oligocène supérieur.

En plus, la présence, dans la partie supérieure de la coupe de Gassa, d'un Oligocène supérieur (Chattien inférieur : zone P21) reposant sur du Miocène inférieur (Aquitaniens : zone N4) confirme les résultats palynologiques obtenus par Torricelli [26] pour cette même série et suggère ainsi un dédoublement au sein de la série du flysch confirmant une position de front de charriage dont la présence est bien démontrée par la cartographie à l'échelle de tout le Nord de la Tunisie [23,24].

Ainsi, le premier résultat montre clairement que le contact entre la base de la série du flysch numidien de la région de Zouza, daté de l'Oligocène inférieur, et les argiles telliennes, datées, dans leur partie sommitale, de l'Oligocène supérieur, est tectonique. D'ailleurs, le suivi de ce contact, au niveau de Jebel Tebaba et El Gassa, montre que la base de la série de Zouza, datée à sa base de l'Oligocène inférieur (zone P20), repose tectoniquement sur des faciès d'âges différents : argiles telliennes d'âge Oligocène supérieur (Gassa et Tebaba), calcaire Yprésien (Oued Jabeur), argile de l'Éocène moyen à supérieur (Sidi Chaieb) (Fig. 2). Ce contact montre à de nombreux endroits une intense schistosité et des plans striés marqués par la calcite évoquant une zone très affectée par la tectonique.

Le deuxième résultat biostratigraphique montre, contrairement aux travaux antérieurs, que le membre Zouza comprend l'Oligocène et le Miocène inférieur (Aquitaniens) et que celui-ci constitue à lui seul une série numidienne complète. Comme l'unité moyenne (Kroumirie) et l'unité supérieure (Babbouch) du Numidien, définies par Rouvier [24], sont respectivement d'âge Oligocène supérieur et Miocène inférieur, il devient logique de supposer la présence de variations latérales de faciès entre ces deux unités et dans le flysch numidien lui-même en général. Le schéma stratigraphique à trois membres empilés verticalement proposé pour le flysch numidien doit être ainsi révisé. Les résultats acquis montrent clairement l'existence de deux types de séries numidiennes tectoniquement superposées en Tunisie septentrionale : les unes avec des grès, puis des silicites (Oligocène supérieur à Aquitaniens) reposant sur d'autres nettement plus riches en argilites qu'en grès (Oligocène inférieur à Aquitaniens). Ces unités sont des équivalents latéraux qui ont été rapprochés tectoniquement au cours du transport du Numidien vers le sud, lors de l'inversion tectonique majeure de la phase Alpine du Miocène moyen.

Enfin, sur le plan paléogéographique, le regroupement des faciès argileux telliens avec ceux du flysch numidien, situés au nord et ceux de la formation Fortuna située plus au sud, dans un même schéma paléogéographique [29], ne nous semble pas défendable. En effet, cela supposerait forcément une alimentation du système numidien par le sud et engendrerait une incohérence dans le modèle sédimentologique, suggérant ainsi un passage latéral des argiles telliennes au sud, à des séries gréseuses au nord.

Enfin, la présence des faciès oligocènes de type tellien dans la fenêtre de Nefza (Fig. 1), observés et cartographiés par nos prédécesseurs [24], est un argument fort en faveur du déplacement du flysch vers le sud, recouvrant ainsi par un contact horizontal les unités définies par Rouvier [23], avec ou sans le faciès oligocène tellien.

#### 4. Conclusions

Dans la région de Jebel Zouza, la partie basale du flysch, d'âge Oligocène inférieur, en position topographique élevée, repose par un contact tectonique majeur sur les argiles telliennes datées à cet endroit de l'Oligocène supérieur. Cette observation confirme l'allochtonie du flysch lors de son transport du nord au sud.

Le membre Zouza du flysch numidien, épais au moins de 1800 m, qui s'étend de l'Oligocène inférieur (zone P20) jusqu'au Miocène inférieur (Aquitaniens, zone N4), pourrait constituer à lui seul une série numidienne complète. Dans ce cas, il devient possible de supposer l'existence de deux types de séries numidiennes tectoniquement superposées en Tunisie septentrionale : les unes avec des grès, puis des silicites (Membres Kroumirie et Babbouch : Oligocène supérieur à Aquitaniens) reposant tectoniquement sur d'autres nettement plus riches en argilites qu'en grès (membre Zouza : Oligocène inférieur à Aquitaniens).

Les argiles telliennes des régions de SN et de l'OM reposant par des contacts tectoniques sur des faciès de lithologies et d'âges variés font partie de structures correspondant à des synclinaux de nappes.

Enfin, les séries éo-oligo-miocènes du Nord de la Tunisie, formées par des faciès très différents et déposés dans des environnements très contrastés, ne peuvent être associées à un même et unique système sédimentaire. Elles sont actuellement rapprochées tectoniquement suite au mouvement des nappes du flysch du nord au sud, lors de la phase de serrage du Miocène moyen qui a accompagné la collision entre l'Afrique et l'Europe.

## Remerciements

Les auteurs expriment leurs vifs remerciements aux évaluateurs anonymes de la note dont les commentaires et les suggestions ont amplement contribué à l'amélioration du premier manuscrit.

## Références

- [1] R. Alouani, K. Ben Ismail-Latrache, F. Melki, F. Talbi, The Upper Eocene prograding folds in the northwestern of Tunisia: stratigraphic records and geodynamic significance, in : Proceedings of the 5th Tunisian petroleum exploration conference, Tunis, October 15th–18th, ETAP Memoir 10 (1996) 23–33.
- [2] K. Ben Ismail-Latrache, Cl. Bobier, Sur l'évolution des paléoenvironnements marins paléogènes des bordures occidentales du détroit siculo-tunisien et leurs rapports avec les fluctuations du paléo-océan mondial, *Marine Geology* 55 (1984) 195–217.
- [3] K. Ben Ismail-Latrache, Précision sur le passage Lutétien-Bartonien dans les dépôts éocènes moyens en Tunisie centrale et nord-orientale, *Revue de micropaléontologie* 43 (2000) 3–16.
- [4] W. Berggren, D. Kent, C. Swisher, M. Aubry, A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy. *Geology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, SEPM Special Publication, 54, Society for Sedimentary Geology, 1995.
- [5] A. Biely, J. Salaj, L'Oligo-Miocène du Béjaoua oriental (Tunisie septentrionale), *Notes du Service géologique de Tunisie* 34 (1971) 71–107.
- [6] H. Bismuth, A.J. Keij, J. Szczechura, The genus *Loculicytheretta* (Ostracoda), *Bulletin des centres de recherches d'exploration et de production Elf-Aquitaine* 2 (1978) 227–263.
- [7] H. Bismuth, H.J.F. Hoobergs, Foraminifères planctoniques et biostratigraphie de l'Oligocène et du Néogène dans le sondage Korba 1 (Cap Bon, Tunisie nord-orientale), *Bulletin des centres de recherches d'exploration et de production Elf-Aquitaine* 18 (1993) 489–528.
- [8] G. Bizon, J.J. Bizon, Atlas des principaux foraminifères planctoniques du Bassin méditerranéen oligocène, Éditions Technip, Paris, 1972, pp. 316.
- [9] W.H. Blow, Late Middle Eocene to Recent Planktonic Biostratigraphy, in : Proc. 1st Int. Conf. Plankt. Microfossils, Part I, Leiden, 1969, pp. 199–421.
- [10] H.M. Bolli, J.B. Saunders, K. Perch-Nilson, *Plankton Stratigraphy*, 1 et 2, Cambridge University Press, 1985.
- [11] N. Crampon, Aperçu structural de la bordure des Mogods, du pays de Bizerte et du Nord des Hédil (Tunisie septentrionale), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 276 (1973) 269–272.
- [12] M. Dlala, La tectonique cénozoïque du Nord de la Tunisie dans son contexte de collision-subduction, in : Proceedings of the 5th Tunisian petroleum exploration conference, Tunis, October 15th–18th, ETAP Memoir 10 (1996) 337–345.
- [13] H. El Euch, M. Saidi, L. Fourati, C. El Mahersi, Northern Tunisia thrust belt deformation models and hydrocarbon system, *AAPG Hedberg Series*, 1, 2004, pp. 370–390.
- [14] C. El Maherssi, Dynamique de dépôt du flysch numidien de Tunisie (Oligo-Miocène), Thèse, Mémoire Science de la Terre ENSM Paris 15 (1992) (246 p.).
- [15] D. Frizon de Lamotte, About the Cenozoic inversion of the Atlas domain in North Africa, *C. R. Geoscience* 337 (2005) 475–476.
- [16] C. Glaçon, H. Rouvier, Précisions lithologiques et stratigraphiques sur le Numidien de Kroumirie (Tunisie septentrionale), *Bull. Soc. géol. France* 9 (1967) 410–417.
- [17] C. Gottis, P. Fallot, Stratigraphie, structure et évolution structurale de la Kroumirie et de ses bordures, in : Livre mémoire, M. H. série Soc. géol. France, 1, 1962, pp. 645–656.
- [18] A. Jauzein, H. Rouvier, Sur les formations allochtones de Kroumirie (Tunisie septentrionale), *C. R. somm. Soc. géol.* 2 (1965) 36–38.
- [19] S. Khomsi, M. Bédier, M. Soussi, M.G. Ben Jemia, K. Ben Ismail-Latrache, Mise en évidence en subsurface d'événements compressifs Éocène moyen-supérieur en Tunisie orientale (Sahel) : généralité de la phase atlasique en Afrique du Nord, *C. R. Geoscience* 338 (2006) 41–49.
- [20] H. Kujawski, Contribution à l'étude géologique de la région des Hédil et du Béjaoua oriental, *Annales des Mines et de l'Énergie de Tunis* 24 (1969), 281 p. (Thèse d'État Paris 1964 modifiée).
- [21] M. Ould Bagga, S. Abdeljaoued, E. Mercier, La « Zone des nappes » de Tunisie : une marge méso-cénozoïque en blocs basculés modérément inversée (région de Tabarka/Jendouba, Tunisie nord-occidentale), *Bull. Soc. géol. France* 177 (2006) 145–154.
- [22] S. Riahi, K. Boukhalfa, M. Soussi, K. Ben Ismail-Latrache, The Numidian Flysch complex of Onshore Tunisia (southern Kroumirie Range). Facies analysis and stratigraphic review, in : 3rd North African/Mediterranean Petroleum & Geosciences Conference and Exhibition, Tripoli, Libya, 26–28 February, 2007.
- [23] H. Rouvier, Nappes de charriage en Tunisie septentrionale : preuves et conséquences paléogéographiques. Livre jubilaire M. Solignac, *Annales des Mines et de l'Énergie de Tunis* 26 (1977) 33–47.
- [24] H. Rouvier, Géologie de l'Extrême-Nord tunisien : tectoniques et paléogéographie superposées à l'extrémité orientale de la chaîne nord, maghrébine, Thèse d'État, université Paris-VI, 1977, 898 p.
- [25] S. Tlig, L. Er-Raoui, L. Ben Aissa, R. Alouani, M.A. Tagorti, Tectonogenèses alpine et atlasique : deux événements distincts dans l'histoire géologique de la Tunisie. Corrélation avec les événements clés en Méditerranée, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 312 (1991) 295–301.
- [26] S. Torricelli, Palynology of the Numidian flysch of northern Tunisia: a key to a revised stratigraphic model, in : Proceedings of the 7th Tunisian petroleum exploration and production conference, 2000, pp. 429–450.
- [27] M. Toumarkine, Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Paleogene of Sites 360 to 364 and the Neogene of Sites 362A, 363 and 364, Leg 40. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 40, 1978, pp. 679–721.
- [28] M. Toumarkine, H.M. Bolli, Évolution de *Globorotalia cerroazulensis* (Cole) dans l'Éocène moyen et supérieur de Possagno (Italie), *Revue de micropaléontologie* 13 (1970) 131–145.
- [29] F.C. Wezel, Osservazioni sui sedimenti dell'Oligocene-Miocene inferiore della Tunisia settentrionale, *Mémoire de la société géologique. Italie Pise* 7 (1968) 417–439.
- [30] C. Yaïch, K. Ben Ismail, D. Zaghbib-Turki, M.M. Turki, Interprétation séquentielle de l'Oligo-Miocène (Tunisie centrale et nord-orientale), *Science Geological Bulletin* 47 (1994) 27–49.
- [31] C. Yaïch, H.J.F. Hoobergs, C. Durlot, M. Renard, Corrélation stratigraphique entre les unités oligo-miocènes de Tunisie centrale et le Numidien, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 331 (2000) 499–506.