

## Tectonique

# Caractérisation géométrique et cinématique des structures liées aux phases compressives de l'Éocène au Quaternaire inférieur en Tunisie : exemple de la Tunisie nord-orientale

Houcem Mzali, Hédi Zouari \*

*Laboratoire de géoressources, Centre de recherches et technologies des eaux, BP 273, 8020 Soliman, Tunisie*

Reçu le 18 juillet 2005 ; accepté après révision le 3 mai 2006

Disponible sur Internet le 19 juin 2006

Présenté par Michel Durand-Delga

### Résumé

De l'Éocène au Quaternaire inférieur, trois phases tectoniques compressives sont reconnues en Tunisie nord-orientale : la première, contemporaine de l'Éocène supérieur, est caractérisée par une direction de raccourcissement NW–SE à nord–sud, induisant la genèse des plis NE–SW et le jeu des failles est–ouest à N120 et NE–SW selon une composante inverse. La deuxième phase, exprimée au cours du Miocène supérieur, est caractérisée par une contrainte  $\sigma_1$ , orientée N120 à N140. Elle a induit le rejeu des failles est–ouest à N120 selon une composante normale, et la formation de plis NE–SW. La troisième phase, datée du Plio-Quaternaire inférieur, dont la direction de la contrainte  $\sigma_1$  est NW–SE à nord–sud, est responsable de l'activation des failles est–ouest à N120, en décrochement dextre inverse, et des failles NE–SW à composante inverse, et de la genèse des plis NE–SW. *Pour citer cet article : H. Mzali, H. Zouari, C. R. Geoscience 338 (2006).*

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

**Geometric and kinematics characterization of the structures related to the compressive phases during Eocene to Early Quaternary in Tunisia: example of northeastern Tunisia.** During Eocene to Early Quaternary period, three compressive tectonic phases are recognized in Northeast Tunisia: a NW–SE to north–south phase during the Late Eocene, a N120-to-N140 phase in the Late Miocene, and a NW–SE to north–south phase in the Plio-Early Quaternary. The first Eocene phase has built NE–SW folds and remobilised east–west-to-N120 and NE–SW faults with a reverse component. The second Miocene phase is characterized by east–west-to-N120 faults with a normal component and NE–SW folds. The third phase occurred during the Plio-Early Quaternary has edified NE–SW folds associated with east–west-to-N120 dextral reverse strike-slip faults and NE–SW faults with a reverse component. *To cite this article: H. Mzali, H. Zouari, C. R. Geoscience 338 (2006).*

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

*Mots-clés* : Tunisie ; Structures compressives ; Éocène ; Miocène ; Plio-Quaternaire inférieur ; Tectonique

*Keywords* : Tunisia; Compressive structures; Eocene; Miocene; Plio-Early Quaternary; Tectonics

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : [mzali\\_houcem@yahoo.ca](mailto:mzali_houcem@yahoo.ca) (H. Mzali), [hedi.zouari@inrst.rnrt.tn](mailto:hedi.zouari@inrst.rnrt.tn) (H. Zouari).

## Abridged English version

### Introduction

From the Late Senonian to the Present, the relative drift of Africa with respect to Eurasia consists of a relative convergence [10,16,20]. Since Late Oligocene, the opening of the Liguro-Provençal basin associated to the anti-clockwise rotation of Sardinia–Corsica block [16] may be responsible for the dextral movement observed along east–west faults. Compressive and distensive structures affecting the Atlasic chains of North Africa built during this period were described by many authors [2–14,17–19,21–26]. The association at the same time of compressive and distensive structures lifts up controversies and discussions concerning the nature of the tectonic phases that generated them and the direction of the stress  $\sigma_1$ . So, some of authors proposed a distensive phase during the Eocene [21]; others suggest the demonstration of compressive phase during this period [2,5,7,11–14,17,18,25,26]. Some authors think that the  $\sigma_1$  stress axis is NW–SE [7,11,18]; others propose an east–west to N120 direction [2]; the NE–SW direction was suggested by Haller [14]. From Late Miocene to the Present, most authors admit the persistence of the compressive phase, whose  $\sigma_1$  axis is NW–SE to north–south [2,3,5,6,9,13,14,17–19,22,24–26].

Tectonic analysis based on subsurface and field data in northeastern Tunisia (Fig. 1) is used to determine the geometry and the kinematics of the structures that appeared during the Eocene to Early Quaternary period, and to characterise the tectonic phases and the stress axis associated to these phases. This study tries to clarify the relationship between these compressive phases and the plates' motion.

### Plio-Early Quaternary tectonics

In northeastern Tunisia, the Plio-Early Quaternary tectonic structures are represented by NE–SW folds and east–west to NW–SE and north–south to NE–SW faults [8,15].

In the Bouficha area, the detailed field data (Figs. 1C and 2) show east–west to N135 faults with dip towards the north, affecting Late Miocene series. Pitches measured on striated plans of these faults are from 15 to 30° W, with dextral reverse movement, and on striated plans of N165 faults are 35° N with sinistral normal movement. The treatment of these measurements [1] determines a  $\sigma_1$  stress oriented N154 (diagram in Fig. 1C). From subsurface data (Fig. 3), NE–SW faults with dip towards the northwest and the southeast that affect the

Late Miocene series can be recognized. The Menchar fault (FM, Fig. 3) shows a slip with reverse component affecting the Late Miocene and the bottom of the Plio-Early Quaternary.

The transpressive slip of east–west to N120 faults, the reverse slip of NE–SW faults, and the NE–SW folding argue in favour of a compression whose  $\sigma_1$  axis is NW–SE to north–south.

### Late Miocene tectonics

The east–west to N120 faults show a normal dextral play which affects the Late Langhian (Figs. 1C, 2 and 4). Some of them are sealed by the Plio-Early Quaternary (Fig. 1C). These faults are responsible for the variations of thickness of Late Miocene. Seismic line L1 (Fig. 3) shows angular unconformity between the base of Plio-Early Quaternary series and the Late Langhian one. The restored deformation at the Late Miocene time (C1, Fig. 3) indicates syn-sedimentary folds. This deformation can be related to NE–SW folding in accordance with the field data [15]. All these structures can be the consequence of compressive phase oriented N120–N140.

### Late Eocene tectonics

The Eocene series present thickness variations controlled by folding and east–west-to-N120 and NE–SW faults (Figs. 2–4). The Late Eocene restored deformations (C2 in Fig. 3 and C3 in Fig. 4) show a folding that is associated with NE–SW and east–west-to-N120 reverse strike-slip faults. The seismic line L1 (Fig. 3) crosses the present NE–SW anticline ('anticlinal de Harbi', Fig. 1B); it shows an unconformity in Late Eocene series, which allows us to infer that this anticline took shape during Late Eocene. The seismic line L2 (Fig. 4) goes along the syncline structure situated in the Southeast of the 'anticlinal de Harbi' (Fig. 1B). Unconformities and thickness variations in Late Eocene series shown in seismic line L2 are less accentuated than those shown in seismic line L1. These thickness variations represented in line L2 are related to a change of the syncline axis plunge during Late Eocene. An unconformity between the Oligocene and Late Cretaceous and Triassic series (Figs. 1C and 2) is recognized near the J. Hammam area. This unconformity can be explained by the tectonic activity during the Eocene that accentuated the Triassic extrusion.

The NE–SW folding, NE–SW and east–west-to-N120 faults with a reverse component, and the Oligo-

cene unconformity evoke a NW–SE to north–south compressive phase.

### Conclusion

Northeastern Tunisia was affected by three compressive phases during the Eocene-to-Early Quaternary period like other regions of Tunisia.

- During the Eocene phase, NE–SW folds taken shape and NE–SW and east–west-to-N120 faults are reactivated with a reverse component. East–west-to-N120 faults of slip with reverse component of Eocene age were also recognized in other areas of Tunisia, like the Metlaoui region [25]. The NE–SW folds and the system of faults are generated by a stress  $\sigma_1$  striking NW–SE to north–south (Fig. 5).
- During Late Miocene, east–west-to-N120 faults are reactivated with normal component and NE–SW folds were built. These structures are related to a stress  $\sigma_1$  striking N120–140 (Fig. 5).
- During the Plio-Early Quaternary period, faults system is reactivated: dextral reverse strike-slip for east–west-to-N120 faults and reverse component for NE–SW faults. This kinematics is completed by NE–SW folding as consequence of a  $\sigma_1$  horizontal stress oriented NW–SE to north–south (Fig. 5).

The change of the horizontal stress axis from NW–SE to north–south during the Late Eocene, N120 to N140 in the Late Miocene and NW–SE to north–south during the Pliocene–Early Quaternary is related to the relative anti-clockwise rotation of Africa with respect to Eurasia, as proposed by Patriat [20].

### 1. Introduction

Du Sénonien supérieur à l'Actuel, le mouvement de dérive de l'Afrique par rapport à l'Europe consiste en un rapprochement relatif [10,16,20]. Depuis l'Oligocène supérieur, l'ouverture du bassin Liguro-Provençal, associée à la rotation antihoraire du bloc corso-sarde [16], peut être responsable des mouvements dextres observés le long des failles est–ouest. Des structures compressives et distensives affectant les chaînes atlasiques d'Afrique du Nord, édifiées au cours de cette période, ont été décrites par de nombreux auteurs [2,3,5–14,17–19,21–26]. L'association de structures à la fois compressives et distensives a soulevé des controverses et des discussions concernant la nature des phases tectoniques qui les ont engendrées et l'orientation de la contrainte principale  $\sigma_1$ . Ainsi, certains auteurs ont proposé une phase

distensive au cours de l'Éocène [21]; d'autres ont suggéré la manifestation d'une phase compressive à cette époque [2,5,7,11–14,17,18,25,26], avec des controverses sur la direction de l'axe de  $\sigma_1$ . Certains auteurs pensent que cet axe est NW–SE [7,11,18]; d'autres proposent une direction est–ouest à N120 [2]; la direction NE–SW a été suggérée par Haller [14]. Du Miocène supérieur à l'Actuel, la plupart des auteurs admettent la persistance d'une phase compressive dont l'axe  $\sigma_1$  est NW–SE à nord–sud [2,3,5,6,9,13,14,17–19,22,24–26].

Fondée sur des données de subsurface (sismique réflexion) et de terrain en Tunisie nord-orientale [4,8,15], des levés détaillés (Fig. 1) et des données microtectoniques, cette étude a pour objectif de déterminer la géométrie et la cinématique des structures qui sont apparues au cours de l'Éocène, du Miocène et du Plio-Quaternaire inférieur, ainsi que de caractériser les phases tectoniques et les axes de contrainte qui leur sont liés, et de les replacer dans le cadre de la tectonique globale.

### 2. Tectonique Plio-Quaternaire inférieur

En Tunisie nord-orientale, les structures tectoniques du Plio-Quaternaire inférieur sont représentées par des plis de direction NE–SW et par des failles de différentes directions est–ouest à NW–SE et nord–sud à NE–SW [8,15].

Dans la région de Bouficha, les levés cartographiques détaillés (Figs. 1C et 2) montrent des failles de direction est–ouest à N135. Des mesures microtectoniques ont permis de relever des plans striés sur des failles est–ouest à N135 à pendage vers le nord et N165 à pendage vers l'est, qui affectent le Miocène supérieur (diagramme, Fig. 1C). Ces plans montrent des stries dont le *pitch* varie de 15 à 30 W avec un mouvement décrochant dextre inverse pour les failles est–ouest à N135, et un *pitch* de 35 N avec un mouvement décrochant senestre normal pour les failles N165. Le traitement de ces mesures [1], traduisant des mouvements qui sont vraisemblablement d'âge Plio-Quaternaire inférieur, permet de déterminer un régime décrochant compressif, caractérisé par une contrainte principale maximale  $\sigma_1$  subhorizontale, de direction N154 (diagramme sur la Fig. 1C). Les données de subsurface (Fig. 3) visualisent des failles de direction NE–SW et de pendage, soit vers le nord-ouest, soit vers le sud-est, présentant un jeu à composante inverse, affectant les séries du Miocène supérieur. La faille de Menchar (FM, Fig. 3) montre un jeu à composante inverse qui affecte le Miocène supérieur et le mur du Plio-Quaternaire.

Le jeu transpressif des failles est–ouest à N135, le jeu inverse des failles NE–SW et le plissement NE–SW ar-

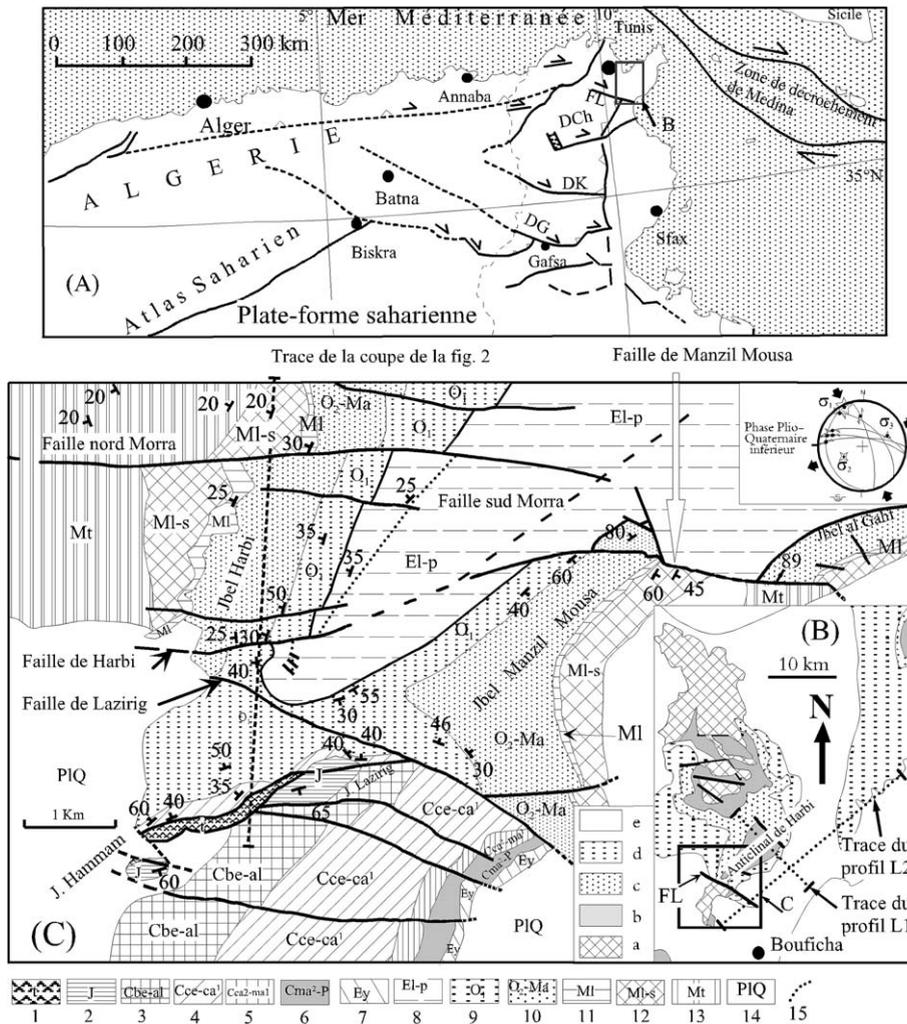


Fig. 1. (A) Carte simplifiée montrant les principaux décrochements affectant le domaine oriental de l’Afrique du Nord. (B) Extrait simplifié de la carte géologique de la Tunisie à l’échelle 1/500 000 [4]. (C) Structures en affleurement de la région de Bouficha. a : Trias–Jurassique–Crétacé indifférenciés ; b : Éocène ; c : Oligocène ; d : Miocène ; e : Plio-Quaternaire. 1 : Trias ; 2 : Jurassique ; 3 : Berriasien–Albien ; 4 : Cénomaniens–Campanien inférieur ; 5 : Campanien supérieur–Maastrichtien inférieur ; 6 : Maastrichtien supérieur–Paléocène ; 7 : Yprésien ; 8 : Lutétien–Priabonien ; 9 : Oligocène inférieur ; 10 : Oligocène supérieur–Aquitainien ; 11 : Langhien supérieur ; 12 : Langhien supérieur–Serravallien ; 13 : Tortonien ; 14 : Plio-Quaternaire ; 15 : niveau repère au sommet de l’Éocène (El-p). Noter l’épaissement vers le nord-est de la série comprise entre le niveau repère de l’Éocène (El-p) et le mur de l’Oligocène (O1).

Fig. 1. (A) Simplified map showing the main strike-slip faults in the eastern domain of North Africa. (B) Simplified extract of the geological map of Tunisia on scale 1/500 000 [4]. (C) Structures outcrop of the Bouficha area. (a) Trias–Jurassic–Cretaceous; (b) Eocene; (c) Oligocene; (d) Miocene; (e) Plio-Quaternary. 1: Triassic; 2: Jurassic; 3: Berriasian–Albian; 4: Cenomanian–Early Campanian; 5: Late Campanian–Early Maastrichtian; 6: Late Maastrichtian–Palaeocene; 7: Ypresian; 8: Lutetian–Priabonian; 9: Early Oligocene; 10: Late Oligocene–Aquitainian; 11: Late Langhian; 12: Late Langhian–Serravallian; 13: Tortonian; 14: Plio-Quaternary; 15: layer mark in the Upper Eocene (El-p). Note the thickness toward the northeast of the series between layer mark in the Eocene series (El-p) and Oligocene (O1) bottom.

gumentent une compression dont l’axe  $\sigma_1$  serait orienté NW–SE à nord–sud.

### 3. Tectonique Miocène supérieur

Les failles de direction est–ouest à N120 montrent un jeu dextre normal qui affecte le Langhien supérieur (Figs. 1C, 2 et 4); certaines sont scellées par le Plio-

Quaternaire inférieur (Fig. 1C) et sont responsables des variations de l’épaisseur du Miocène supérieur. La base du Plio-Quaternaire repose en discordance angulaire sur le Langhien supérieur (Fig. 3). La restitution par rétro-basculement des séries du Plio-Quaternaire inférieur (coupe C1, Fig. 3) indique un plissement syn-Miocène supérieur dont l’axe serait orienté NE–SW, conformé-

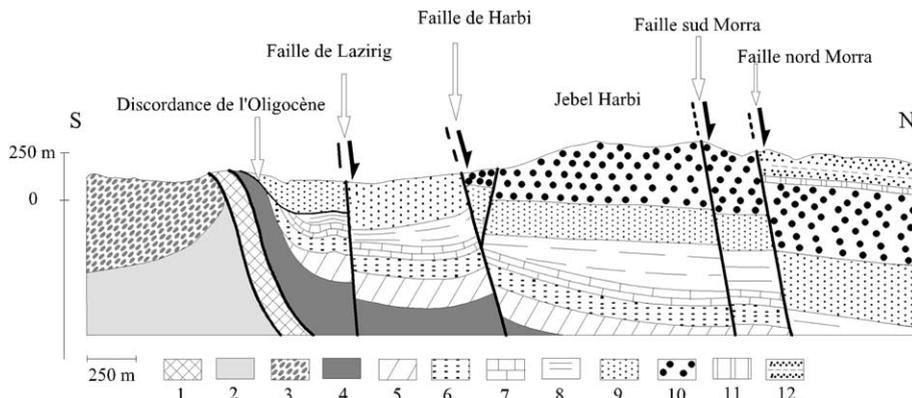


Fig. 2. Coupe structurale montrant les déformations affectant la région de Bouficha (localisation sur la Fig. 1C). 1 : Trias ; 2 : Jurassique ; 3 : Berriasien–Albien ; 4 : Cénomaniens–Campanien inférieur ; 5 : Campanien supérieur–Maastrichtien inférieur ; 6 : Maastrichtien supérieur–Paléocène ; 7 : Yprésien ; 8 : Lutétien–Priabonien ; 9 : Oligocène inférieur ; 10 : Oligocène supérieur–Aquitainien ; 11 : Langhien supérieur ; 12 : Langhien supérieur–Serravalien.

Fig. 2. Structural cross-section showing the deformations that affect the Bouficha area (location in Fig. 1C). 1: Triassic; 2: Jurassic; 3: Berriasian–Albian; 4: Cenomanian–Early Campanian; 5: Late Campanian–Early Maastrichtian; 6: Late Maastrichtian–Palaeocene; 7: Ypresian; 8: Lutetian–Priabonian; 9: Early Oligocene; 10: Late Oligocene–Aquitainian; 11: Late Langhian; 12: Late Langhian–Serravalian.

ment aux données de terrain [15]. Le jeu transtensif des failles est–ouest à N120 et le plissement éventuel peuvent être la conséquence d’une tectonique compressive au cours du Miocène supérieur, de direction axiale  $\sigma_1$  N120 à N140.

#### 4. Tectonique Eocène supérieur

La série de l’Éocène présente des variations d’épaisseur contrôlées par des plis d’orientation axiale NE–SW et des failles NE–SW et est–ouest à N120 (Figs. 2–4). La suppression par rétro-basculement des déformations post-Oligocène, permet de restituer le plissement syn-Éocène supérieur (coupes restituées C2 sur la Fig. 3 et C3 sur la Fig. 4), qui est vraisemblablement associé au jeu décrochant inverse des failles NE–SW et est–ouest à N120. La ligne sismique L1 (Fig. 3) traverse le méga-pli anticlinal de Harbi (Fig. 1B), de direction axiale moyenne NE–SW ; elle montre des discordances intra-Éocène supérieur, ce qui permet de suggérer que cet anticlinal a été ébauché à l’Éocène supérieur. La ligne sismique L2 (Fig. 4) longe la structure synclinale située au sud-est de l’anticlinal de Harbi ; elle montre des discordances intra-Eocène et des variations d’épaisseur des séries de l’Éocène, moins accentuées que celles de la ligne L1. Ces variations d’épaisseur observées sur la ligne L2 seraient liées à des changements du plongement de l’axe du synclinal (ondulations dans le plan vertical) syn-Éocène supérieur.

L’Oligocène repose en discordance directement sur le Crétacé supérieur et sur le Trias, indiquant une lacune des séries du Paléocène et de l’Éocène (Figs. 1C et 2) ;

ce fait permet d’envisager une activité tectonique à l’Éocène, qui aurait accentué l’extrusion du Trias, bien avant le dépôt de l’Oligocène. Les déformations représentées par les plis NE–SW et les failles NE–SW et est–ouest à N120 à composante inverse, ainsi que la discordance de l’Oligocène, évoquent une compression dont l’axe de  $\sigma_1$  serait orienté NW–SE à nord–sud.

#### 5. Conclusion

La Tunisie nord-orientale est affectée par trois phases compressives au cours de la période allant de l’Éocène supérieur au Quaternaire inférieur, à l’image de l’ensemble de la Tunisie.

- Au cours de la phase éocène, des plis NE–SW sont édifiés et le réseau de failles héritées est–ouest à N120 et NE–SW est réactivé, fonctionnant selon un jeu vraisemblablement décrochant à composante inverse. Des failles est–ouest à N120 à composante inverse d’âge Éocène ont été reconnues également dans d’autres régions de la Tunisie, comme celle de Metlaoui [25]. Le plissement NE–SW et le réseau de failles sont engendrés par une compression dont la contrainte  $\sigma_1$  est orientée NW–SE à nord–sud (Fig. 5).
- Au cours de la phase Miocène supérieur, les failles est–ouest à N120 sont réactivées selon un jeu à composante normale ; il s’y associe la genèse de plis NE–SW. Ces failles ont été également reconnues dans la région de Metlaoui [25]. Ces struc-

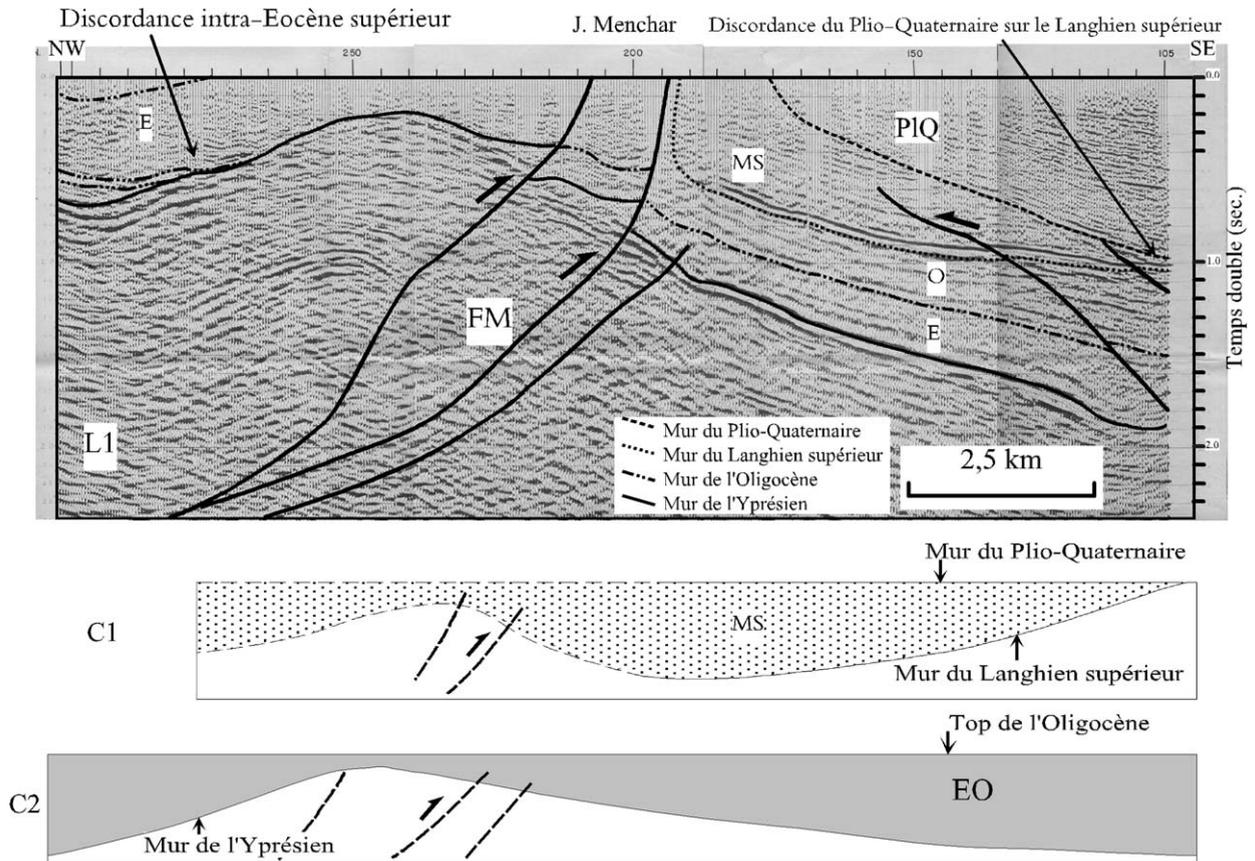


Fig. 3. Interprétation de la section sismique L1 NW-SE (localisation sur la Fig. 1B), montrant les variations d'épaisseur des séries de l'Éocène, la discordance du Plio-Quaternaire inférieur et le jeu à composante inverse des failles NE-SW. C1 : Coupe restituée schématique montrant les variations de l'épaisseur du Miocène supérieur liées au plissement. C2 : Coupe restituée schématique montrant les variations de l'épaisseur de l'Éocène supérieur liées au plissement. E : Éocène ; O : Oligocène ; MS : Miocène supérieur ; PIQ : Plio-Quaternaire inférieur. FM : Faille de Menchar.

Fig. 3. Interpreted NW-SE seismic section L1 (location shown in Fig. 1B), showing thickness variations of the Eocene series, the discordance of the Plio-Early Quaternary and the slip of NE-SW faults with reverse component. C1 : Schematic cross-section shows the Late Miocene folding. C2 : Schematic cross-section shows the Late Eocene folding. E : Eocene ; O : Oligocene ; MS : Late Miocene ; PIQ : Plio-Early Quaternary ; FM : Menchar Fault.

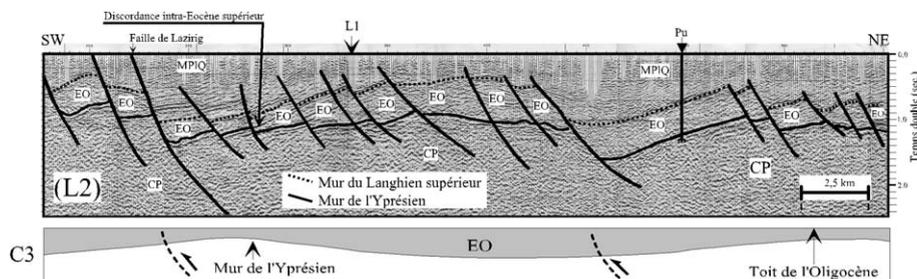


Fig. 4. Interprétation de la section sismique L2 NE-SW (localisation sur la Fig. 1B), montrant les variations de l'épaisseur de l'Éocène-Oligocène et le jeu à composante normale des failles est-ouest à N120. C3 : Coupe restituée schématique montrant les variations de l'épaisseur de l'Éocène supérieur liées au plissement. CP : Crétacé-Paléocène ; EO : Éocène-Oligocène indifférenciés ; MPIQ : Miocène supérieur-Plio-Quaternaire inférieur. Pu : Puits.

Fig. 4. Interpreted NE-SW seismic section L2 (location shown in Fig. 1B), showing thickness variations of the Eocene-Oligocene and the slip of east-west-to-N120 faults with normal component. C3 : Schematic cross-section showing the Late Eocene folding. CP : Cretaceous-Palaeocene ; EO : undifferentiated Eocene-Oligocene ; MPIQ : Late Miocene-Plio-Early Quaternary. Pu : Well.

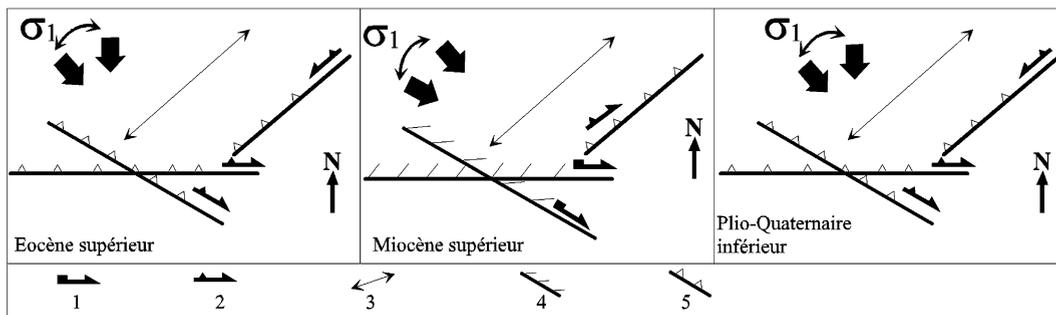


Fig. 5. Schéma structural montrant le mouvement des failles et l'orientation de l'axe de contrainte  $\sigma_1$  au cours de l'Éocène supérieur, du Miocène supérieur et du Plio-Quaternaire inférieur, respectivement. 1 : Jeu décrochant normal ; 2 : jeu décrochant inverse ; 3 : pli ; 4 : faille à composante normale ; 5 : faille à composante inverse.

Fig. 5. Structural sketch showing the movement of the faults and the orientation of the horizontal stress axis  $\sigma_1$  during Late Eocene, Late Miocene and Plio-Early Quaternary, respectively. 1: Normal strike slip; 2: reverse strike slip; 3: fold; 4: fault with normal component; 5: fault with reverse component.

tures sont gouvernées par une compression dont la contrainte  $\sigma_1$  est orientée N120 à N140 (Fig. 5).

- Au cours de la phase Plio-Quaternaire inférieur, le réseau de failles est réactivé en décrochement à composante inverse : jeu dextre inverse et inverse pour la famille est-ouest à N120, jeu inverse et sénestre inverse pour la famille NE–SW ; cette cinématique est complétée par un plissement d'axe NE–SW. Ces structures ont été reconnues dans d'autres régions de la Tunisie et de l'Afrique du Nord, ainsi dans celle de Metlaoui [25], des failles NE–SW fonctionnant selon un jeu inverse sénestre. Ces structures sont liées à une phase compressive dont la contrainte  $\sigma_1$  est orientée NW–SE à nord–sud (Fig. 5).

Le changement de l'orientation de l'axe de la contrainte  $\sigma_1$  (NW–SE à nord–sud à l'Éocène, N120 à N140 au Miocène supérieur et NW–SE à nord–sud au Plio-Quaternaire inférieur peut être considéré comme lié au mouvement de rotation antihoraire et de rapprochement relatif de l'Afrique par rapport à l'Eurasie, conformément au modèle de Patriat [20].

## Références

- [1] J. Angelier, Programme « Tector », Tectonique quantitative, université Paris-6, 1979–1990, inédit.
- [2] Y. Aris, P.-E. Coiffait, M. Guiraud, Characterisation of Mesozoic–Cenozoic deformations and palaeostress fields in the Central Constantinois, northeast Algeria, *Tectonophysics* 290 (1998) 59–85.
- [3] M. Bédier, C. Bobier, Les grabens de Mahdia et Sidi Cherif (Tunisie orientale), dynamique des fossés oligo-miocènes induits au toit d'anticlinaux crétacés éocènes par les jeux au Néogène de décrochements est–ouest et nord–sud, *Bull. Soc. géol. France* 3 (1987) 1143–1151.
- [4] M. Ben haj Ali, Y. Jedoui, T. Dali, H. Ben Salem, L. Memmi, Carte géologique à l'échelle 1/500 000 de la Tunisie, Serv. Géol. Tunisie, 1985.
- [5] S. Bouaziz, E. Barrier, M. Soussi, M.M. Turki, H. Zouari, Tectonic evolution of the northern African margin in Tunisia from paleostress data and sedimentary record, *Tectonophysics* 357 (2002) 227–253.
- [6] N. Boukadi, Sur le plissement disharmonique et la dispersion des axes de plis dans les couloirs de décrochements : l'exemple du faisceau de plis de Moularès de Tunisie, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 309 (1989) 2105–2110.
- [7] R. Bracène, D. Frizon de Lamotte, The origin of intraplate deformation in the Atlas system of western and central Algeria: from Jurassic rifting to Cenozoic–Quaternary inversion, *Tectonophysics* 357 (2002) 207–226.
- [8] P. Bujalka, Z. Johan, M. Krivy, M. Rakus, J. Vacek, Carte géologique de la Tunisie (Grombalia) à l'échelle 1/50 000, Serv. Géol. Tunisie, 1971.
- [9] M. Chikhaoui, Contrôle tectonique de la sédimentation néogène dans la zone des diapirs de Tunisie septentrionale, *C. R. Geoscience* 336 (2004) 1131–1136.
- [10] J. Dercourt, L.-P. Zonenshain, L.-E. Ricou, V.-G. Kazmin, X. Le Pichon, A.-L. Knipper, C. Grandjacquet, I.M. Sbertshikov, J. Geysant, Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias, *Tectonophysics* 123 (1986) 241–315.
- [11] A. El Ghali, N. Ben Ayed, C. Bobier, F. Zargouni, A. Krifa, Les manifestations tectoniques synsédimentaires associées à la compression éocène en Tunisie : implications paléogéographiques et structurales sur la marge Nord-Africaine, *C. R. Geoscience* 335 (2003) 763–771.
- [12] D. Frizon de Lamotte, B. Saint Bezar, R. Bracène, The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean, *Tectonics* 19 (4) (2000) 740–761.
- [13] R. Guiraud, W. Bosworth, Senonian basin inversion and rejuvenation of rifting in Africa and Arabia: synthesis and implications to plate-scale tectonics, *Tectonophysics* 282 (1997) 39–81.
- [14] P. Haller, Structure profonde du Sahel tunisien, interprétation géodynamique, thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Besançon, 1983 (163 p.).

- [15] Z. Johan, M. Krivy, Carte géologique de la Tunisie (Bouficha) à l'échelle 1/ 50 000, Serv. Géol. Tunisie, 1969.
- [16] O. Lacombe, L. Jolivet, Structural and kinematic relationships between Corsica and the Pyrenees–Provence domain at the time of the Pyrenean orogeny, *Tectonics* 24 (2005) 1–20.
- [17] R. Laffite, Étude géologique de l'Aurès, *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie* 15 (1939) 1–494.
- [18] J. Loutezey, P. Trémolières, Paleostress fields around the Mediterranean since the Mesozoic derived from microtectonics: comparisons with plate tectonic data, 26<sup>e</sup> CGI, *Mem. BRGM* 15 (1980) 261–273.
- [19] J. Ouali, Structure et évolution géodynamique du chaînon Nara-Sidi Khalif (Tunisie centrale), *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine Pau* 9 (1985) 155–182.
- [20] P. Patriat, J. Segoufin, R. Schlich, J. Goslin, J.M. Auzende, P. Beuzart, J. Bonnin, J.-L. Olivet, Les mouvements relatifs de l'Inde, de l'Afrique et de l'Eurasie, *Bull. Soc. géol. France* 24 (1982) 363–373.
- [21] A. Rigane, C. Gourmelen, P. Broquet, R. Truillet, Originalité des phénomènes tectoniques syn-sédimentaires fini-yprésiens en Tunisie centro-septentrionale (région de Kairouan), *Bull. Soc. géol. France* 165 (1994) 27–35.
- [22] H. Rouvier, Géologie de l'extrême-Nord tunisien : tectoniques et paléogéographies superposées à l'extrémité orientale de la chaîne nord-maghrébine, *Ann. Mines Géol. Tunis* 29 (1985) 1–427.
- [23] M.M. Turki, La « faille de Zaghoun » est la résultante de structures superposées (Atlas tunisien central), *Bull. Soc. géol. France* 22 (1980) 321–325.
- [24] F. Zargouni, Style et chronologie des déformations des structures de l'Atlas tunisien méridional, évolution récente de l'accident sud-atlasique, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 299 (1984) 71–76.
- [25] H. Zouari, Évolution géodynamique de l'Atlas centro-méridional de la Tunisie : stratigraphie, analyses géométrique, cinématique et tectono-sédimentaire, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, université Tunis-2, 1995 (277 p.).
- [26] H. Zouari, M.M. Turki, J. Delteil, Nouvelles données sur l'évolution tectonique de la chaîne de Gafsa, *Bull. Soc. géol. France* 6 (1990) 621–628.