

Tectonics

Evidence of N120 shear corridors and associated tectonic structures in northeastern Tunisia after geological and geophysical data

Houcem Mzali, Hakim Gabtni, Hédi Zouari*, Mohamed. Hadj Sassi, Jamel Gharsalli

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

Received 28 September 2006; accepted after revision 12 February 2007

Available online 2 April 2007

Presented by Michel Durand-Delga

Abstract

The integration of 1:50 000 geological mapping, 2D seismic reflection profiles, and detailed new gravity data shows that northeastern Tunisia is affected by important strike-slip faults directed N120 and making shear corridors. At the both sides of these accidents, sedimentary series are affected by east–west to NW–SE and north–south to NE–SW faults, and NNE–SSW to NE–SW folds. N120 strike-slip faults initiated probably during the Late Cretaceous, and they have been activated during four distensive and compressive phases: Late Cretaceous, Late Eocene, Late Miocene, and Plio-Early Quaternary. **To cite this article: H. Mzali et al., C. R. Geoscience 339 (2007).**

© 2007 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Résumé

Preuve de l'existence de couloirs de décrochement N120 et de structures tectoniques associées en Tunisie nord-orientale, d'après des données géologiques et géophysiques. L'intégration de cartes géologiques au 1:50 000, de profils de sismique réflexion 2D et de nouvelles données détaillées de gravimétrie montre que la Tunisie nord-orientale est affectée par d'importantes failles de décrochement, orientées N120, créant des couloirs de décrochement. De part et d'autre de ces accidents, les séries sédimentaires sont affectées par des failles est–ouest à NW–SE et nord–sud à NE–SW, ainsi que par des plis NNE–SSW à NE–SW. La naissance de ces failles de décrochement date probablement de la fin du Crétacé et elles ont été activées lors de quatre phases distensives et compressives au Crétacé supérieur, à l'Éocène supérieur, au Miocène supérieur et au Plio-Quaternaire inférieur. **Pour citer cet article : H. Mzali et al., C. R. Geoscience 339 (2007).**

© 2007 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Northeastern Tunisia; Tectonic structures; Geometry variations; Shear corridors; Geological and geophysical data

Mots clés : Tunisie nord-orientale ; Structures tectoniques ; Variations géométriques ; Couloirs de décrochement ; Données géophysiques et géologiques

Version française abrégée

Introduction

L'Atlas tunisien nord-oriental se situe à l'extrémité orientale de la Méditerranée occidentale, en bordure du

* Corresponding author.

E-mail addresses: mzali_houcem@yahoo.ca (H. Mzali), hedi.zouari@certe.mrt.tn (H. Zouari).

détroit de Sicile (Fig. 1). La formation des structures affectant l'Atlas tunisien est associée à la dérive relative de l'Afrique par rapport à l'Eurasie. L'architecture finale de l'Atlas tunisien est liée aux activations et réactivations de plusieurs structures tectoniques pendant des phases tectoniques distensives et compressives [10,30].

Le mécanisme de la formation de l'Atlas tunisien, ainsi que des structures héritées qui ont contribué à l'obtention de la géométrie actuelle, a été expliqué par plusieurs modèles [2,4,6,9,27,28,31].

En utilisant des données de terrain, de sismique réflexion et de gravimétrie, on a montré l'existence, en Tunisie nord-orientale, de couloirs de décrochement orientés N120, ainsi que leur importance dans la genèse de l'Atlas nord-oriental.

Étude structurale

L'analyse des nouvelles données gravimétriques obtenues de l'Office national des mines de Tunisie a permis la production de la carte gravimétrique de l'anomalie de Bouguer (Fig. 2). Au nord-est et au sud-est de cette carte, se présente une anomalie négative, dont l'amplitude minimale est de -13 mGal. Cette anomalie indique un déficit de masse, expliqué par le fossé de Grombalia [14]. Vers l'ouest, les anomalies deviennent positives, indiquant un excès de masse. Les variations observées sur la carte de l'anomalie de Bouguer indiquent des hétérogénéités structurales en subsurface, correspondant à des alignements majeurs orientés NE–SW, est–ouest, NW–SE et N120 (Fig. 2). Certaines portions de ces alignements coïncident avec des failles reconnues sur le terrain (Fig. 3), parmi lesquelles les failles N120 sont remarquables et forment des couloirs de décrochement. De part et d'autre de ces failles, la géométrie des déformations est différente d'un compartiment à un autre (Figs. 3 et 4).

L'étude de trois lignes sismiques, orientées NE–SW, nous a permis de suivre ces décrochements en subsurface. Les failles de Lazirig (FL) et de Bou Naoura (FBN), de direction N120 (Fig. 3), montrent un pendage vers le nord et un jeu apparent à composante normale (Figs. 4 et 5) ; elles limitent d'autres failles de pendage vers le nord et vers le sud (Fig. 5), de direction est–ouest à N120.

Une différence de structuration est observée dans les profils L2 et L3, qui peut être due au fait qu'ils appartiennent à deux blocs différents, séparés par une faille de direction NE–SW, reconnue en subsurface [23].

Ces décrochements N120 ont été décrits aussi dans l'Atlas tunisien central et méridional [6,8,9,28–31].

Évolution tectonique

Le mouvement antihoraire de l'Apulie [1,20,32] peut être responsable de l'initiation et des réactivations des décrochements N120. Depuis le début du Crétacé supérieur jusqu'au Quaternaire inférieur, quatre phases tectoniques ont été mises en évidence [26].

Les variations géométriques des structures tectoniques de part et d'autre des failles de Lazirig et de Bou Naoura (Fig. 4) montrent que les couloirs de décrochement sont initiés avant le plissement et ont contribué aux variations sédimentaires d'un compartiment à un autre.

Au cours du Crétacé supérieur (Albien–Campanien inférieur), le régime tectonique en Tunisie est trans-tensif dextre, avec une extension ENE–WSW [7,25,31,32]. Pendant cette période, des décrochements N120 et des failles N160 sont initiés [32].

À la fin du Crétacé supérieur (Campanien supérieur–Maastrichtien), l'Afrique et l'Europe convergent [24], une phase compressive s'est produite en Tunisie [13,17,31], avec un axe de raccourcissement nord–sud [13]. Cette phase a continué jusqu'à l'Éocène supérieur [12,15,19,22,23], avec une contrainte σ_1 orientée NW–SE à nord–sud [23]. Au cours de cette période, les failles N120 sont activées en décrochement dextre normal, les failles est–ouest le sont avec une composante normale, les failles NE–SW avec une composante inverse, tandis que les plis NE–SW sont ébauchés et la montée des séries triasiques est accentuée.

Au cours de la phase compressive Miocène supérieur, dont la contrainte σ_1 est orientée N120 à N140 [23], les failles N120 sont réactivées en décrochement dextre normal. Associées à ces décrochements, d'autres failles sont activées avec une composante normale pour les directions NW–SE et est–ouest, et avec une composante inverse pour les directions NE–SW. Le plissement NE–SW est formé.

Au cours de la phase compressive Plio-Quaternaire inférieur, dont la contrainte σ_1 est orientée NW–SE à nord–sud [3,7,8,18,23,28,31], les failles N120 ont joué en décrochement dextre inverse. Les failles associées sont remobilisées avec une composante normale pour les directions NW–SE et avec une composante inverse pour les directions est–ouest et NE–SW. Les plis de différentes directions ont été accentués.

Conclusion

En utilisant les données géologiques et géophysiques, on a constaté que la Tunisie nord-orientale était

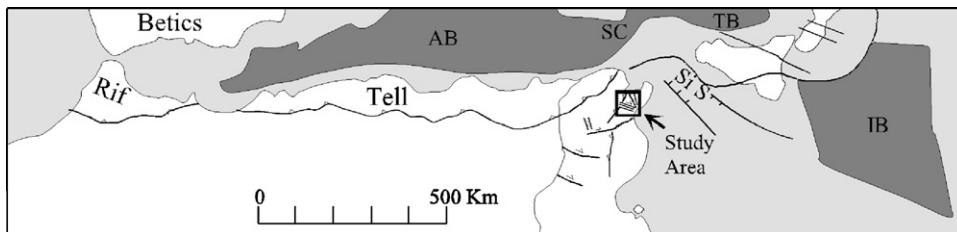


Fig. 1. Simplified map showing the position of the study area in western Mediterranean. AB: Algerian Basin; IB: Ionian Basin; SC: Sardinia Channel; SIS: Sicilian Strait; TB: Tyrrhenian Basin.

Fig. 1. Carte simplifiée montrant la position de la région d'étude en Méditerranée occidentale. AB : Bassin algérien ; IB : Bassin ionien ; SC : canal de Sardaigne ; SIS : détroit de Sicile ; TB : Bassin tyrrhénien.

affectée par d'importantes failles orientées N120, formant des couloirs de décrochement. Ces failles limitent des compartiments dont la géométrie des déformations est différente d'un compartiment à un autre. Le contrôle structural exercé par les décrochements N120, depuis le Crétacé supérieur jusqu'au Plio-Quaternaire inférieur, a contribué à la génération de l'architecture actuelle de la Tunisie nord-orientale. Cependant, ces failles ont joué en décrochement dextre normal au cours du Crétacé supérieur, en décrochement dextre de la fin du Crétacé supérieur à l'Eocène supérieur, en décrochement dextre normal au cours du Miocène supérieur, et en décrochement dextre inverse au cours du Plio-Quaternaire inférieur. Associées à ces décrochements N120, d'autres failles héritées ont été réactivées et les mouvements halocinétiques accentués.

1. Introduction

The northeastern Tunisian Atlas is situated at the oriental extremity of the western Mediterranean region, i.e. the occidental border of the Sicilian Strait (Fig. 1). The main structures representing the Tunisian Atlas are the consequence of the relative drift of the African and Eurasian plates. The final architecture of the Tunisian Atlas is related to activations and reactivations of several tectonic structures during distensive and compressive tectonic phases [10,30].

Several models were assumed to explain the building mechanism of the Tunisian Atlas and the structures that contributed to obtain its current geometry [2,4,6,9, 27,28,31].

In this paper, we have demonstrated the existence of N120 shear corridors in northeastern Tunisia and their importance on the generation of the northeastern Atlas, using field data, 2D seismic reflexion data obtained from the 'Entreprise tunisienne des activités pétrolières' (ETAP), and new gravity data collected in 2003 by the 'Office national des mines de Tunisie' (ONM).

2. Structural study

Northeastern Tunisia is characterized by Triassic to Quaternary sedimentary sequences outcrops. It is affected by NE–SW to NNE–SSW folds and by faults of various directions [5].

New gravity data in the Bouficha and Grombalia regions were analyzed. All the data were merged and reduced, using the 1967 International Gravity formula [21]. Free-air and Bouguer gravity corrections were made using sea level as a datum and 2.40 g cm^{-3} as a reduction density. Gravity data were gridded at 1-km spacing and contoured to produce a Bouguer gravity

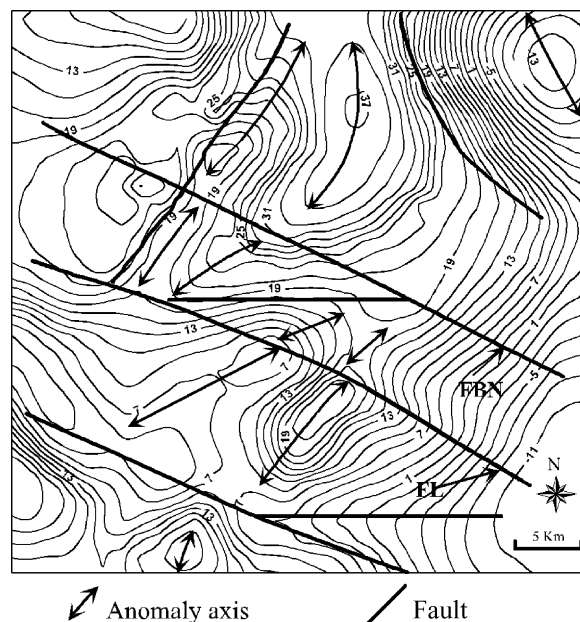


Fig. 2. Bouguer gravity map of Bouficha and Grombalia areas showing the NE–SW, east–west, NW–SE and N120 lineaments. FL: Lazirig Fault; FBN: Bou Naoura Fault.

Fig. 2. Carte gravimétrique de Bouguer des régions de Bouficha et de Grombalia, montrant les alignements NE–SW, est–ouest, NW–SE et N120. FL : Faille de Lazirig ; FBN : faille de Bou Naoura.

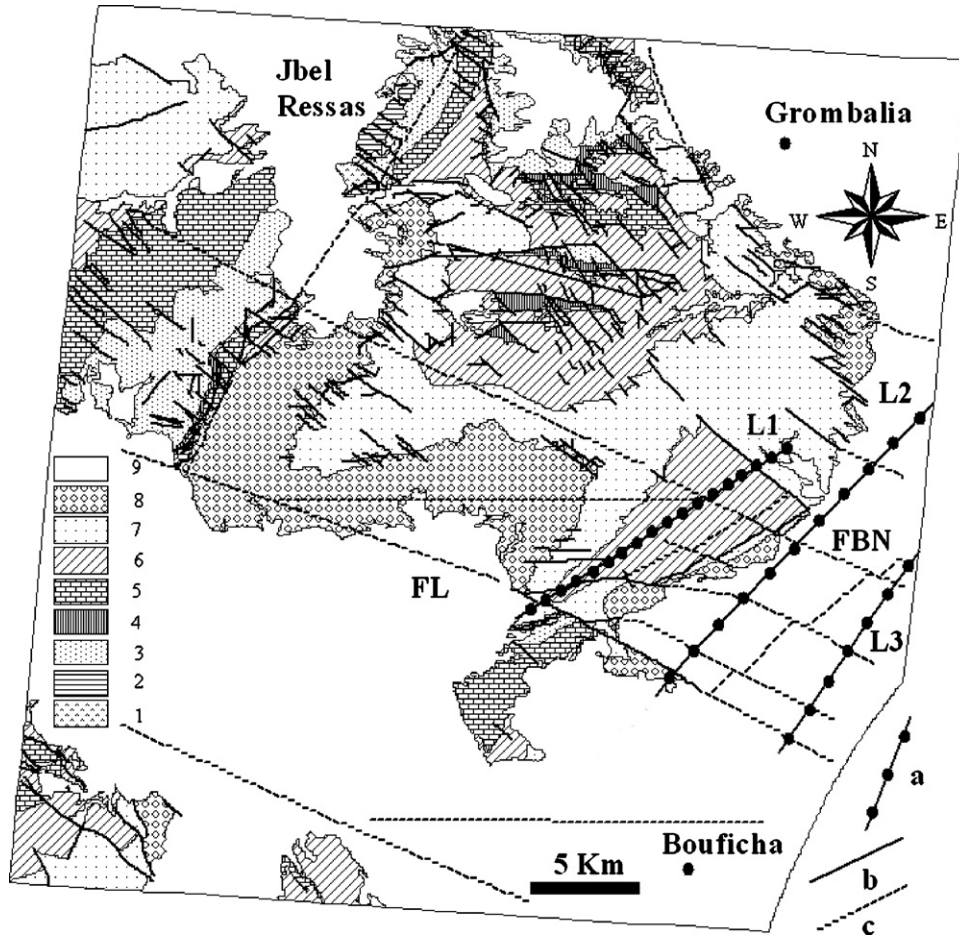


Fig. 3. Geological map of Bouficha and Grombalia areas [11,16], modified. 1: Triassic; 2: Jurassic; 3: Early Cretaceous; 4: Albian–Cenomanian; 5: Late Cretaceous–Palaeocene; 6: Eocene; 7: Oligocene; 8: Miocene; 9: Plio–Quaternary. a: Seismic profiles; b: observed faults; c: faults deduced from gravity and seismicity data. FL: Lazirig Fault; FBN: Bou Naoura Fault.

Fig. 3. Carte géologique des régions de Bouficha et de Grombalia [11,16], modifié. 1 : Trias ; 2 : Jurassique ; 3 : Crétacé inférieur ; 4 : Albién–Cénomanien ; 5 : Crétacé supérieur–Paléocène ; 6 : Éocène ; 7 : Oligocène ; 8 : Miocène ; 9 : Plio–Quaternaire. a : Profils sismiques ; b : Failles observées ; c : Failles déduites à partir des données gravimétriques et sismiques. FL : Faille de Lazirig ; FBN : faille de Bou Naoura.

anomaly map (Fig. 2). This map shows, to the northeast and the southeast, negative gravity minima, whose amplitude is -13 mGal, which indicates a mass deficit associated with a subsidence. This negative anomaly is interpreted as a trough of Grombalia [14]. Anomalies become positive toward the west, which demonstrates a mass excess. The gravity maximum ($+37$ mGal) is located to the north. The gravity anomalies varieties shown in the Bouguer map indicate deep structure heterogeneities corresponding to significant NE–SW-, east–west-, NW–SE- and N120-trending lineaments (Fig. 2). Comparing these lineaments to the segments of faults recognised on the field (Fig. 3), we have distinguished that the N120 strike-slip faults are remarkable in that they form shear corridors. In both

sides of these wrenches, the geometry of deformations is different; they are characterized by dissimilar fault and fold systems (Figs. 3 and 4):

- the compartment situated to the south of the Lazirig Fault (FL) is characterised by the extent of Quaternary series outcrops and by reduced Meso-Cenozoic series outcrops. It is affected by a NE–SW folding (anticline) and by NW–SE-, east–west- and NE–SW-trending faults;
- the compartment limited by the Lazirig Fault to the south and the Bou Naoura Fault (FBN) to the north is characterized by the outcrop of Mesozoic series to the northwest, Cenozoic series in the Centre, and Quaternary series to the southeast. It is affected by

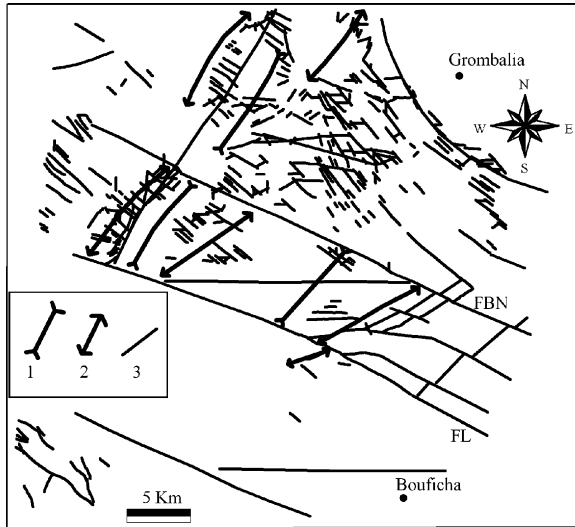


Fig. 4. Structural map, showing the geometric variations from one compartment to another. 1: Syncline; 2: anticline; 3: fault; FL: Lazirig Fault; FBN: Bou Naoura Fault.

Fig. 4. Carte structurale montrant les variations géométriques d'un compartiment à un autre. 1: Synclinal; 2: anticlinal; 3: faille; FL: faille de Lazirig; FBN: faille de Bou Naoura.

NE–SW folding (synclines and anticlines) and by faults with various directions;

- the compartment situated to the north of the Bou Naoura Fault is more complicated, characterized by Meso-Cenozoic and Quaternary series outcrops and affected by NE–SW to NNE–SSW folding (synclines and anticlines) and by changed fault directions.

The investigation of NE–SW seismic profiles enables us to follow these shear corridors in subsurface. Three lines are used (L1, L2, and L3) (Fig. 5); they show the Lazirig and Bou Naoura faults. These N120-trending (Fig. 3) and dipping-toward-the-north faults present an apparent slip, with a normal component. They limit other faults, dipping toward the north and the south (Figs. 4 and 5), and trending east–west to N120.

Line L2 shows the thickness of the Eocene–Aquitanian Series toward the northeast, associated with a NW–SE fault with a normal component (Fig. 5). However, the thickness of this series observed in Line L3 is constant. This dissimilarity between the structures indicates that these lines are part of two different blocks, separated by a NE–SW subsurface fault [23] (Fig. 3).

N120-Trending wrenches were recognized in other regions of Tunisia, in the central and in the southern Atlas [6,8,9,28–31].

3. Tectonic evolution

Deformations affecting the northeastern Tunisian Atlas are tightly associated to African–Eurasian kinematics. The anti-clockwise movement of Apulia [1,20,32] may be responsible for the initiation of N120 strike-slip faults and for their reactivations. Since the beginning of the Late Cretaceous to the Early Quaternary, four tectonic phases took place in Tunisia [26].

The geometry variations of tectonic structures on both sides of the Lazirig and Bou Naoura Faults (Fig. 4) prove that the N120 shear corridors were initiated before folding and that they have contributed to sedimentary variations from a compartment to another:

- during the beginning of the Late Cretaceous (Albian–Early Campanian), the tectonic mode in Tunisia is dextral transpressive, with ENE–WSW extension [7,25,31,32]. During this period, normal dextral N120 wrenches and normal N160 faults are initiated [32];
- at the end of the Late Cretaceous (Late Campanian–Maastrichtian), Africa moved in convergence with Eurasia [24], a compressive phase occurred in Tunisia [13,17,31], with a north–south shortening axis [13]. This phase continued until the Late Eocene [12,15,19,22,23], with a σ_1 constraint directed NW–SE to north–south [23]. During this period, the N120 wrenches have played with dextral normal strike-slip. East–west faults are activated with a normal component and NE–SW faults are activated with a reverse component. NE–SW folding is outlined and the rise of Triassic series is accentuated;
- during the Late Miocene compressive phase, whose constraint σ_1 is directed N120 to N140 [23], the N120 faults are reactivated in dextral normal strike-slip. Associated with these strike-slip faults, other faults are activated, with a normal component for the NW–SE and east–west directions and with reverse component for NE–SW directions. NE–SW folds are built.

During the Plio–Early Quaternary, a compressive phase, whose constraint σ_1 is directed NW–SE to north–south [3,7,8,18,23,28,31], the N120 wrenches have played in dextral reverse strike-slip. Associated faults are remobilized with a normal component for the NW–SE directions and with a reverse component for the east–west and NE–SW directions. Most folds have been accentuated.

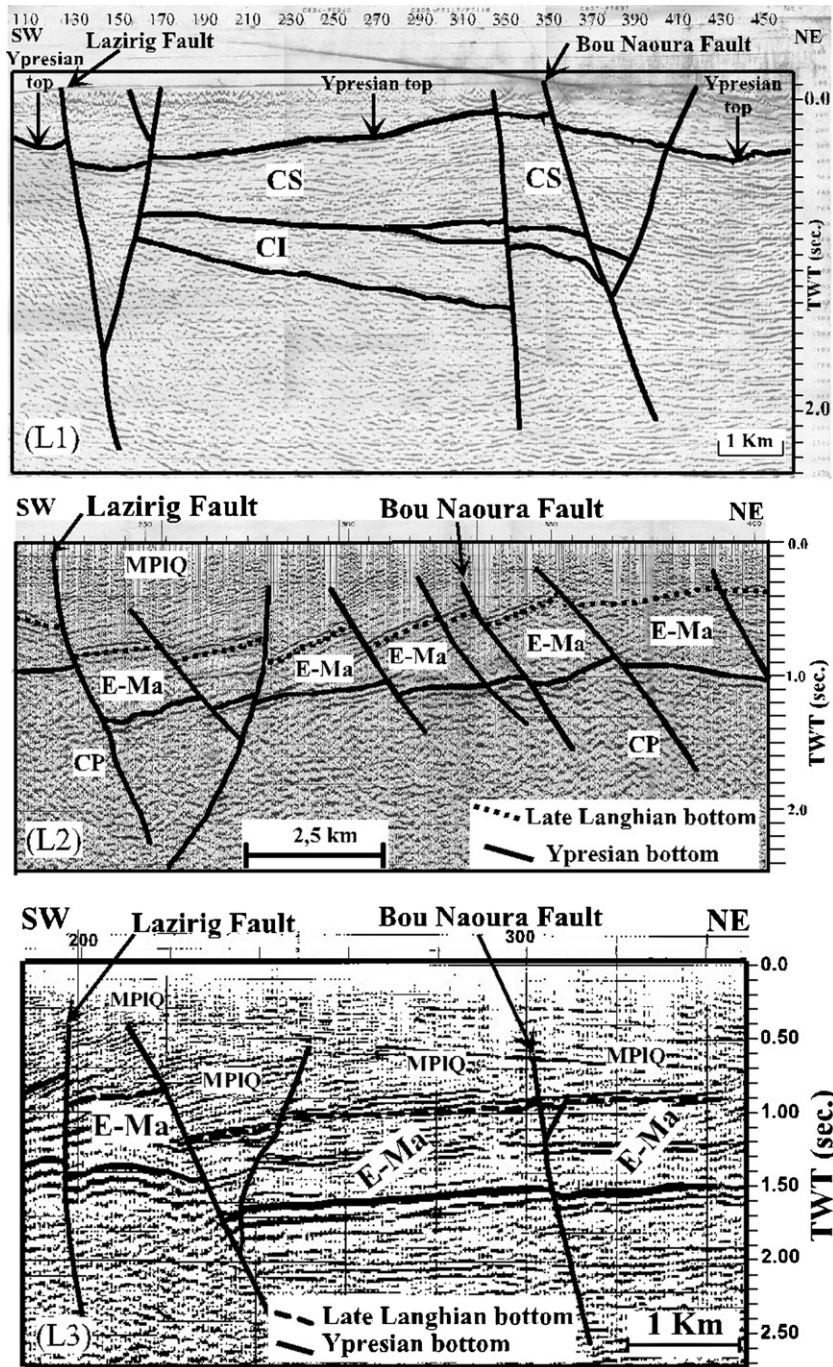


Fig. 5. Correlation of interpreted NE–SW seismic sections L1, L2 and L3 (location shown in Fig. 3), viewing deep structures. CS: Late Cretaceous; CI: Early Cretaceous; CP: Cretaceous–Palaeocene; E-Ma: Eocene–Aquitanian; MPLQ: Mio-Plio-Quaternary; TWT: Two-Wave Time.

Fig. 5. Corrélation des sections sismiques NE–SW interprétées L1, L2 et L3 (localisation sur la Fig. 3) montrant les structures en profondeur. CS : Crétacé supérieur ; CI : Crétacé inférieur ; CP : Crétacé–Paléocène ; E-Ma : Éocène–Aquitainien ; MPLQ : Mio-Plio-Quaternaire ; TWT : temps double.

4. Conclusion

Using geological and geophysical data, we have demonstrated that northeastern Tunisia is affected by significant N120 faults forming shear corridors. These faults limit compartments with different deformation geometries. The structural control exerted by the N120 strike-slip faults since the Late Cretaceous to the Plio-Early Quaternary has contributed to the generation of northeastern Tunisia's current architecture. However, these wrenches have played in dextral normal strike-slip during the Late Cretaceous, in dextral strike-slip during the end of the Late Cretaceous to the Late Eocene, in dextral normal strike-slip during the Late Miocene, and in dextral reverse strike-slip during the Plio-Early Quaternary. Associated with these N120 wrenches, other inherited faults are reactivated and the halokinetic movements are accentuated. The synsedimentary tectonics has caused thickness variations of sediments, which have induced dissimilar deformations between compartments.

References

- [1] D. Albarello, E. Mantovani, D. Babbucci, C. Tamburelli, Africa-Eurasia kinematics: main constraints and uncertainties, *Tectonophysics* 243 (1995) 25–36.
- [2] M. Bédir, Mécanismes géodynamiques des bassins associés aux couloirs de coulissements de la marge atlasique de la Tunisie : séismo-stratigraphique, séismo-tectonique et implications pétrolières, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis 1995 (412 p.).
- [3] M. Bédir, 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. geol. France* 3 (1987) 1143–1151.
- [4] N. Ben Ayed, Évolution tectonique de l'avant-pays de la chaîne alpine de Tunisie du début du Mésozoïque à l'Actuel, thèse d'État, université Paris-Sud, Orsay, France, 1986.
- [5] 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. geol. Tunisie*, 1985.
- [6] S. Bouaziz, Étude de la tectonique cassante dans la plate-forme et l'Atlas saharien (Tunisie méridionale) : évolution des paléochamps de contraintes et implications géodynamiques, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, 1995 (485 p.).
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] N. Boukadi, Structuration de l'Atlas de Tunisie : signification géométrique et cinématique des nœuds et des zones d'interférences structurales au contact des grands couloirs tectoniques, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, 1994 (249 p.).
- [10] N. Boukadi, F. Zargouni, Sur l'interférence des directions structurales dans l'Atlas de Tunisie : l'exemple du « nœud tectonique » des Jebels Mrhila-Labeïd, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 312 (1991) 529–534.
- [11] P. Bujalka, Z. Johan, M. Krivy, M. Rakus, J. Vacek, Carte géologique de la Tunisie (Grombalia) à l'échelle 1:50 000, *Serv. geol. Tunisie*, 1971.
- [12] A. El Ghali, N. Ben Ayed, C. Bobier, F. Zargouni, A. Krima, 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.
- [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] M. Hadj Sassi, H. Zouari, C. Jallouli, Contribution de la gravimétrie et de la sismique réflexion pour une nouvelle interprétation géodynamique des fossés d'effondrement en Tunisie : exemple du fossé de Grombalia, *C. R. Geoscience* 338 (2006) 751–756.
- [15] P. Haller, Structure profonde du Sahel tunisien, interprétation géodynamique, thèse de 3^e cycle, Besançon, France, 1983 (163 p.).
- [16] Z. Johan, M. Krivy, Carte géologique de la Tunisie (Bouficha) à l'échelle 1/50 000, *Serv. geol. Tunisie*, 1969.
- [17] O. Lacombe, L. Jolivet, Structural and Kinematic relationships between Corsica and the Pyrenees-Provence domain at the time of Pyrenean orogeny, *Tectonics* 24 (2005) 1–20.
- [18] S. Khomsi, M. Bedir, M. Soussi, G. Ben Jemia, K. Ben Ismail, 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.
- [19] J. Loutezey, P. Trémolières, Paleo-stress fields around the Mediterranean since the Mesozoic derived from microtectonics: comparisons with plate tectonic data, 26^e CGI, *Mem. BRGM* 15 (1980) 261–273.
- [20] G. Mascle, P. Tricart, L. Torelli, J.-P. Bouillin, R. Compagnoni, S. Depardon, et al., Structure of Sardinia Channel: crustal thinning and tardi-orogenic extension in the Apenninic-Maghrebien orogen; results of Cyana submersible survey (SARCY and SARTUCYA) in the western Mediterranean, *Bull. Soc. geol. France* 6 (2004) 607–627.
- [21] C. Morelli, Modern standards for gravity surveys, *Geophysics* 41 (1976) 1051.
- [22] H. Mzali, H. Zouari, Les structures tectoniques associées à la phase Eocène au nord-est de la Tunisie (région de Bouficha), in: *Proc. 1st Int. Conf. Geology of the Tethys Cairo Egypt, 2005*, 403–406.
- [23] H. Mzali, H. Zouari, Caractérisation géométrique et cinématique des structures liées aux phases compressives de l'Éocène au Quaternaire inférieur en Tunisie : exemple de la Tunisie nord-orientale, *C. R. Geoscience* 338 (2006) 742–749.
- [24] 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. geol. France* 24 (1982) 363–373.
- [25] J. Philip, J.-F. Babinot, G. Tronchetti, E. Fourcade, L.-E. Ricou, R. Guiraud, et al., Late Cenomanian (94 to 92 Ma), in:

- J. Dercourt, L.-E. Ricou, B. Vrielynck (Eds.), Atlas Tethys Palaeoenvironmental Maps, Explanatory Notes, Gauthier-Villars, Paris, 1993, pp. 113–134.
- [26] J.-P. Richert, Mise en évidence de quatre phases tectoniques successives en Tunisie, Notes Serv. geol. Tunisie (1971) 115–125.
- [27] M.M. Turki, Polycinématique et contrôle sédimentaire associé sur la cicatrice Zaghouan–Nebhana, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, 1985 (262 p.).
- [28] F. Zargouni, Tectonique de l'Atlas méridional de Tunisie, évolution géométrique et cinématique des structures en zones de cisaillement, thèse d'État, Strasbourg, France, 1985 (304 p.).
- [29] T. Zouaghi, M. Bedir, M.H. Inoubli, 2D Seismic interpretation of strike-slip faulting, salt tectonics, and Cretaceous unconformities, Atlas mountains, central Tunisia, J. Afr. Earth Sci. 43 (2005) 464–486.
- [30] H. Zouari, Les variations géométriques du plissement liées à la cinématique coulissante en relais des accidents préexistants : exemple de l'Atlas méridional de Tunisie, C. R. Acad. Sci. Paris Ser. II 314 (1992) 699–702.
- [31] 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, 1995 (278 p.).
- [32] H. Zouari, M.M. Turki, J. Delteil, J.-F. Stephan, Tectonique transtensive de la paléomarge tunisienne au cours de l'Aptien-Campanien, Bull. Soc. geol. France 3 (1999) 295–301.