



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 335 (2003) 247–254



Tectonique / Tectonics

## Néotectonique affectant les dépôts marins tyrrhéniens du littoral sud-est tunisien : implications pour les variations du niveau marin

### Neotectonics in the Tyrrhenian marine deposits of the southeastern Tunisian coast: implications for sea level changes

Samir Bouaziz<sup>a,\*</sup>, Younes Jedoui<sup>a</sup>, Éric Barrier<sup>b</sup>, Jacques Angelier<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire 3E (AD-10-02), École nationale d'ingénieurs de Sfax, université de Sfax, BP W, 3038 Sfax, Tunisie

<sup>b</sup> Laboratoire de tectonique, boîte 129, université Pierre-et-Marie-Curie, 75252 Paris cedex 05, France

Reçu le 15 octobre 2002 ; accepté le 11 février 2003

Présenté par Zdenek Johan

---

#### Résumé

Les dépôts marins pléistocènes tyrrhéniens du Sud-Est de la Tunisie comprennent deux unités lithostratigraphiques du dernier Interglaciaire (sous-stade isotopique marin 5e). L'unité inférieure culmine à une altitude d'environ +3 m, l'unité supérieure avec *Strombus bubonius* à environ +5 m. Une analyse des jeux de failles décrochants et inverses affectant l'unité supérieure révèle une compression post-tyrrhénienne N020°E, compatible avec des systèmes de diaclases. Cette tectonique a induit des mouvements verticaux limités. En accord avec sa localisation en bordure nord-orientale de la plate-forme saharienne, la frange littorale du Sud tunisien est restée relativement stable depuis au moins le dernier Interglaciaire.

© 2003 Académie des sciences/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

#### Abstract

Pleistocene marine deposits of so-called Tyrrhenian age in southeastern Tunisia include two lithostratigraphic units of Last Interglacial (marine isotopic substage 5e). The lower unit culminates at about +3 m above the sea level; the upper unit with *Strombus bubonius* culminates at +5 m. Brittle deformations affected the upper unit. The analysis of fault-slip data sets reveals a post-Tyrrhenian N020°E trending compression, consistent with joint patterns. This event induced limited vertical movements, showing that at the northeastern edge of the Saharan Platform, the coastal area of the southern Tunisia remained relatively stable since at least the Last Interglacial.

© 2003 Académie des sciences/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

*Mots-clés* : Tunisie ; Sédiments littoraux ; Interglaciaire ; Niveau marin ; Néotectonique ; Régime de contraintes

*Keywords*: Tunisia; Coastal deposits; Interglacial; Sea level; Neotectonics; Stress regime

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [samir.bouaziz@enis.rnu.tn](mailto:samir.bouaziz@enis.rnu.tn) (S. Bouaziz).

### Abridged English version

The southern Tunisian platform includes the Dahar plateau bounded to the northeast by the subsiding Jeffara coastal plain (Fig. 1). The 'Jeffara Basin' was filled up by a thick Neogene sequence. It represents a collapsed block that extends eastward into Libya and the Pelagian Basin, as a result of normal faulting along NW–SE to NNW–SSE direction of the 'South Tunisia Fault' or 'Medenine Fault'. The corresponding subsidence was documented by subsurface data [5,8,9,26].

The Pleistocene marine deposits of southeastern Tunisia assigned to the 'Tyrrhenian' crop out along the coastal area of Jeffara, especially in Jerba, Zarzis and Jorf. They form a ridge parallel to the coast and overly an erosional surface cutting the Mio-Pliocene and Villafranchian deposits (Fig. 2). They developed during the marine isotopic substage 5e (the Last Interglacial [17]). Two lithostratigraphic units separated by an erosional surface can be distinguished: a siliciclastic unit at about +3 m asl, overlain by a carbonate unit with *Strombus bubonius* that culminates at +5 m. These elevations are comparable to those of the marine littoral deposits found in other tectonically stable areas of the world, about +6 m [10,20].

Along the coastal area of Central and North Tunisia, marine deposits with *Strombus bubonius*, of same age as for the carbonate unit, are found at different elevations (Fig. 1): +7 to +10 m near Bizerte, +7 to +13 m in Cap Bon [24] and +13 to +32 m in the Tunisian Sahel [21]. Variations in maximum elevation of these deposits (about 5 m in the southern and 32 m in the central coasts of Tunisia) reflect important vertical tectonic movements.

In southeastern Tunisia, fracturing has affected the carbonate unit, with minor faults and regular joint sets (Fig. 2). Fracture patterns include conjugate strike-slip faults, reverse faults and several sets of vertical and in some case oblique joints. Using inversion methods applied to fault-slip data [1,2], we reconstructed orientation of principal palaeostresses (maximum compressive stress  $\sigma_1$ , intermediate  $\sigma_2$  and minimum  $\sigma_3$ ) and the ratio  $\Phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ , as shown in Table 1.

Both the conjugate pattern of strike-slip faults (north–south dextral and NE–SW sinistral faults) and the reverse faults indicate a N020°E trending compression. Among the joint sets, the most common

are tension joints with more occasional hybrid joints, which include three main systems:

- north–south- and NE–SW-trending vertical joints often related to the conjugate strike-slip faults;
- N120–N150-trending vertical and oblique joints attributed to tension and normal shear respectively, probably linked to the reactivation of the Jeffara faults;
- east–west tensional joints that may result from north–south extension or strike-slip-type shear.

The extensional tectonic activity marks a rather permanent behaviour of the Jeffara and southern Gabes Gulf domains, where normal faulting along NW–SE to NNW–SSE structural trends controlled subsidence during Miocene–Pliocene times, which is probably consistent with the NW–SE extension that identified in pre-Tyrrhenian formations.

The compressional regime that we could reconstruct (N020°E compression) in the Tyrrhenian formation can be correlated with more important deformation that prevailed farther north along the eastern coast of Tunisia. In southeastern Tunisia, it remained minor in terms of deformations amplitude, with little effect on the present-day elevation of the Tyrrhenian shorelines. At the boundary of the stable domain of the Saharan platform, the coastal area of southern Tunisia is therefore considered as relatively stable since at least the Last Interglacial.

## 1. Introduction

Au sud-est de la Tunisie, la Jeffara est une plaine côtière en forme d'arc, qui se prolonge vers l'est en Libye (Fig. 1). Occupée par les dépôts mio-plio-quatérnaires, cette plaine est bordée, au sud-ouest, par le domaine tabulaire du «Dahar», bordure septentrionale de la plate-forme saharienne. La Jeffara est effondrée le long d'un faisceau de failles normales de direction NW–SE à NNW–SSE, communément appelé «accident du Sud tunisien» ou «accident de Medenine». Cet accident majeur a joué lors des subsidences paléozoïque, mésozoïque et néogène [5, 8,9,26].

Du Mésozoïque au Quaternaire ancien, le Sud tunisien participe à l'évolution paléogéographique de la

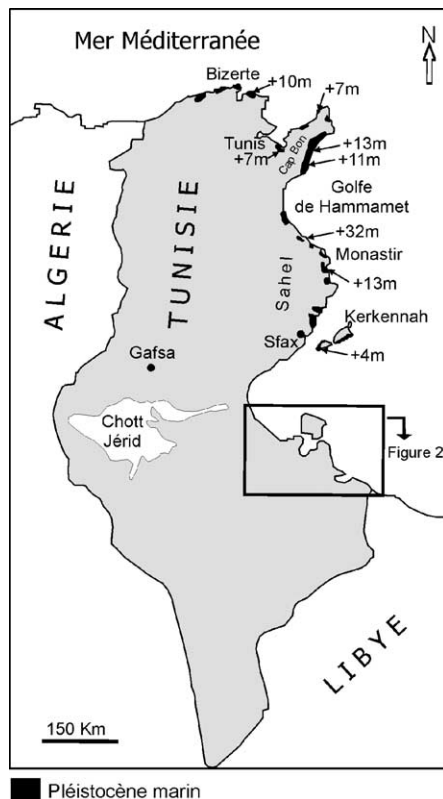


Fig. 1. Répartition des affleurements littoraux pléistocènes en Tunisie. Encadré : zone étudiée (Fig. 2).

Fig. 1. Distribution of outcrops of Pleistocene coastal deposits in Tunisia. Frame: studied area (Fig. 2).

marge sud-téthysienne, puis méditerranéenne [6]. Au Quaternaire supérieur, l'évolution du domaine littoral de la Jeffara et de son plateau continental s'inscrit dans celle du golfe de Gabès, de faible profondeur, englobant des lagunes et des sebkhas côtières (Fig. 2). Les dépôts marins pléistocènes (Tyrrhénien des auteurs) y témoignent du maximum transgressif du dernier Interglaciaire, sous-stade isotopique marin 5e [17].

Le long de la zone côtière du Centre et du Nord de la Tunisie, les dépôts marins pléistocènes sont également bien développés et reposent en discordance sur les dépôts du Mio-Pliocène et du Villafranchien. Les travaux des géologues et géomorphologues ont permis d'en préciser la stratigraphie et de confirmer le rôle de la néotectonique dans la structuration du littoral [4, 11, 16, 18, 21, 24]. L'altitude de ces dépôts à Strombes varie d'environ 5 m au sud et de 32 m plus au nord, dans le Sahel tunisien (Fig. 1). Ces variations témoi-

gnent de l'importance des mouvements verticaux post-tyrrhéniens. L'objectif du présent travail est de caractériser ces mouvements post-tyrrhéniens le long de la frange côtière du Sud tunisien.

## 2. Le Pléistocène marin dans le Sud-Est tunisien

Les dépôts marins pléistocènes du Sud-Est tunisien, attribués généralement au Tyrrhénien, affleurent le long de la frange côtière de la Jeffara et forment un cordon sub-parallèle au rivage actuel (Fig. 2). L'étude sédimentologique montre la superposition de deux unités lithostratigraphiques, séparées par une surface d'érosion [17].

- L'unité inférieure (1 à 4 m), principalement constituée de sables quartzeux et bioclastiques, s'achève localement par un faciès éolien. Elle ressemble à l'unité stratigraphique de « Khnis » [21] et correspond à la partie inférieure de la formation « Réjiche » [24], définies dans le Sahel tunisien.
- L'unité supérieure (2 à 7 m), plus développée, consiste en des dépôts carbonatés riches en ooïdes, en péloïdes et en bioclastes, avec en particulier des Strombes. Elle présente généralement les termes d'une séquence régressive débutant par un faciès d'avant-plage et se terminant par un faciès émergisif de dunes éoliennes. C'est l'équivalent latéral de l'unité stratigraphique de « Réjiche » [21], regroupant la formation « Réjiche » et la formation « Chebba » [24].

Ces deux unités correspondent à deux épisodes de sédimentation indépendants, associés à deux hauts niveaux marins. Les datations radiométriques Th/U, obtenus sur des coquilles d'huîtres, ont permis d'attribuer ces deux unités au dernier Interglaciaire, sous-stade isotopique marin 5e, soit 109 à 147 ka pour l'unité quartzreuse et 102 à 141 ka pour l'unité carbonatée [17].

## 3. Données morphologiques

Le paysage naturel de la zone côtière du Sud-Est tunisien dans la région de Jerba, Jorf et Zarzis est marqué par des plates-formes marines emboîtées et par des escarpements en marche d'escalier, limités par

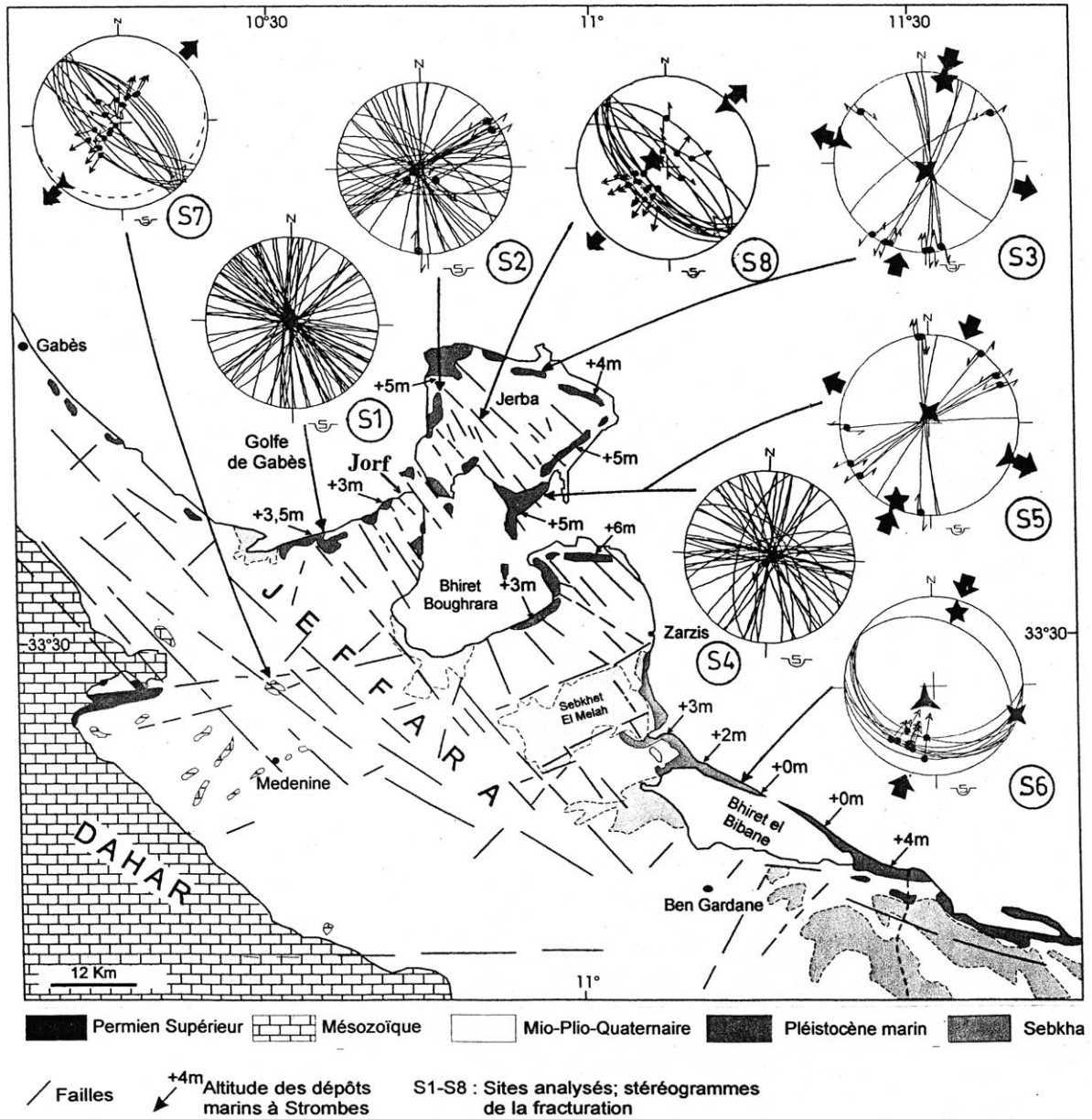


Fig. 2. Carte structurale du Sud tunisien et principaux sites d'analyse de la fracturation. Canevas de Schmidt, projections de l'hémisphère inférieur. Lignes continues : plans de failles. Points avec des flèches : stries de glissement (centripète, jeu inverse ; centrifuge, jeu normal ; doubles flèches, décrochement). Tireté : plans de stratification. Axes principaux des paléocontraintes obtenus par inversion [2] : étoiles à 5, 4 et 3 branches pour  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  et  $\sigma_3$ , respectivement. Larges flèches noires : directions principales d'extension ou de compression.

Fig. 2. Structural map of Southern Tunisia and main sites of fracture analyses. Stereoplots: Schmidt's projection of lower hemisphere. Thin continuous lines: fault planes. Dots with small arrows: slip vectors shown by striae (inward-directed, reverse slip, outward-directed, normal slip; double arrows, strike-slip). Thin dashed lines: bedding planes. Principal stress axes issued from inversion [2]: stars with 5, 4 and 3 -branches for  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  and  $\sigma_3$ , respectively. Wide black arrows: principal directions of extension or compression.

des failles et flexures NW–SE (Fig. 2). Le long de cette zone littorale, et particulièrement dans l'île de Jerba, les faciès marins de plage de l'unité inférieure quartzreuse se situent approximativement entre 2 et 3 m au-dessus du niveau marin actuel, alors que ceux de l'unité supérieure carbonatée se trouvent entre +3 et +6 m [17]. Localement, dans la région de Bahiret el Bibane, les niveaux intertidaux de l'unité carbonatée sont submergés. Cette situation, probable conséquence d'un basculement des deux cordons de Bahiret el Bibane, traduit un affaissement d'au moins 3 m.

Au nord, le long du littoral tunisien, les dépôts oolithiques à strombes de même âge, correspondant à l'unité carbonatée, ont été reconnus à des altitudes différentes (Fig. 1) : +7 à +10 m aux environs de Bizerte, +7 à +13 m au Cap Bon (golfe de Hammamet) [24] et +13 à +32 m en marge du Sahel tunisien [21].

En Méditerranée, les paléoplages à Strombes, contemporaines de l'unité carbonatée décrite ci-dessus, sont datées sur des coraux par la méthode Th/U d'environ 125 ka, c'est-à-dire du dernier Interglaciaire [14, 15]. Impliquées dans des structures tectoniques différentes en Méditerranée, leur altitude varie d'une région à une autre : +52 à +157 m sur les côtes de Calabre [14], +100 m dans le bassin de Corinthe en Grèce [12]. Cette altitude demeure cependant assez constante dans les régions sans mouvements verticaux importants : +4 à +5 m en Corse, où elles sont datées de 130 000 ans [27], +5 à +7 m le long du littoral méridional de la péninsule de Sorrente en Italie, pour un âge de 120 000 ans [7] et +1,5 à +5 m en Sardaigne [19]. Ces données, ainsi que celles mesurées dans le Sud-Est tunisien, sont très comparables aux altitudes des plates-formes coralliennes du dernier Interglaciaire, retrouvées dans de nombreuses régions du monde réputées par leur stabilité tectonique (environ +6 m [10,20]). L'existence, le long de la côte tunisienne, de lignes de paléorivages contemporaines, à des altitudes différentes, résulte de mouvements verticaux de différentes amplitudes.

#### 4. Analyse tectonique

La plaine de la Jeffara est recouverte par des croûtes calcaires attribuées au faciès « villafranchien ». La croûte villafranchienne est plissée suivant une direction NE–SW ou ESE–WNW [5]. Ces plis sont dé-

coupés par des failles orientées principalement NW–SE à NNW–SSE et secondairement NE–SW et est-ouest [5,26]. Ces failles limitent le domaine du Dahar émergé depuis la fin du Crétacé, les escarpements de l'île de Jerba et les dépressions côtières telles que Bahiret Boughrara, Bahiret el Bibane et Sebket el Melah (Fig. 2). Elles s'alignent en bandes parallèles, à faible rejet, faisant parfois apparaître le substratum mio-pliocène argilo-sableux. Sur le pourtour de l'île de Jerba, les dépôts marins pléistocènes sont, par endroits, discordants sur ces alignements et masquent les escarpements.

Dans le détail, les dépôts carbonatés à Strombes du Tyrrhénien sont essentiellement affectés par des fractures plus au moins régulières. Certaines sont striées. On reconnaît des décrochements conjugués et des failles inverses (Fig. 2). L'analyse géométrique et statistique de ces populations de failles à stries par la méthode d'inversion directe [1,2], complétée par celle des systèmes de diaclases, nous a permis de déterminer les régimes de contraintes correspondants, plus particulièrement les orientations des axes  $\sigma_1$  (contrainte compressive maximum),  $\sigma_2$  (contrainte intermédiaire) et  $\sigma_3$  (contrainte minimum), ainsi que le rapport  $\Phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ .

Les failles remarquables sont des décrochements conjugués nord–sud dextres et NE–SW sénestres, d'une part, et des failles inverses d'orientation est–ouest, d'autre part. Les résultats numériques pour les trois meilleurs sites (Fig. 2 ; S3, S5 et S6) figurent dans le Tableau 1. La direction de compression, voisine de N020°E, est comparable pour les décrochements et les failles inverses.

Les autres fractures, majoritairement très sécantes sur les couches (Fig. 2 ; S1, S2 et S4), comprennent :

- un système de diaclases nord–sud et NE–SW verticales, correspondant probablement aux décrochements conjugués révélés par l'analyse des failles, donc en compression N020°E ;
- un système de fractures verticales et obliques N120–150, avec parfois des rejets normaux centimétriques, pouvant être lié à un événement extensif NE–SW ;
- un système de joints verticaux de direction est–ouest, dont l'interprétation est sujette à caution (extension ou décrochement).

Tableau 1

Résultats des calculs de contraintes. Site, références des sites d'analyses des failles ;  $N$ , nombre de failles ; Strat., niveau stratigraphique affecté.  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  et  $\sigma_3$  : axes principaux de contraintes [2] (d, p : direction et plongement de chaque axe, en degrés) ;  $\Phi$ , rapport  $(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$  ;  $Co$  : cohérence des populations de failles (%) ;  $\alpha$ , angle moyen strie-cisaillement (en degrés) ;  $R$  : type de régime de contrainte (C, compressif avec failles inverses ; E, extensif avec failles normales ; D, décrochant). Localisation des sites : Fig. 2

Table 1

Results of stress tensor determinations. Site, references of sites of fault slip analyses;  $N$ , number of faults; Strat., stratigraphic level affected.  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  and  $\sigma_3$ : principal stress axes [2] (d, p: trend and plunge of each axis, in degrees);  $\Phi$ , ratio  $(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ ;  $Co$ : consistency of fault slip data set (%);  $\alpha$ , average angle stria-shear (in degrees);  $R$ : type of stress (C, compressional with reverse faults; E, extensional with normal faults; D, strike-slip). Site location: Fig. 2

Site	Strat.	$N$	$\sigma_1$		$\sigma_2$		$\sigma_3$		$\Phi$	$Co$	$\alpha$	$R$
			d	p	d	p	d	p				
S3	Tyrrhénien	9	015	07	164	81	105	01	0,470	100	5	D
S5	Tyrrhénien	9	024	09	003	80	114	04	0,586	100	6	D
S6	Tyrrhénien	10	019	11	109	09	032	74	0,742	100	5	C
S7	Jurassique	16	160	76	134	12	045	06	0,415	87	11	E
S8	Villafranchien	18	114	76	137	13	046	05	0,495	94	12	E

En termes de paléocontraintes, deux régimes sont caractérisés (Tableau 1). Une compression N020°E, affectant le Tyrrhénien (sites S3, S5 et S6), et une extension généralisée N045°E, affectant le Villafranchien (site S7 et S8). Cette extension est à l'origine de rejeux normaux des failles NW–SE, responsables de l'effondrement du domaine de la Jeffara et des escarpements de l'île de Jerba et du Jorf [5].

## 5. Discussion

L'évolution paléogéographique et tectonique de la Jeffara et du golfe de Gabès méridional a été fortement marquée par le jeu d'un réseau polyphasé de failles N080°E, N120–160°E et N040–060°E (Fig. 2). Les directions NW–SE à NNW–SSE ont contrôlé la subsidence au cours du Mio-Pliocène, vraisemblablement pendant l'extension NE–SW identifiée dans les sites S7 et S8 (Fig. 2). Bien que le nombre de sites soit insuffisant pour caractériser les transitions de régimes tectoniques, le jeu répété et saccadé de ces directions affectant les dépôts du Quaternaire ancien (la croûte villafranchienne) est compatible avec la compression NW–SE, dite « phase post-villafranchienne », bien connue en Tunisie centrale par tous les auteurs.

Dans le pourtour de l'île de Jerba, les déformations tectoniques affectant le Tyrrhénien provoquent des décalages de quelques décimètres dans la plateforme tyrrhénienne située à 2–3 m au-dessus du niveau de la mer [3]. Ces déformations ont été considérées comme des structures compressives, respon-

sables d'un gauchissement de la surface du sol en un vaste demi-anticlinal [25]. Cependant, cette hypothèse a été rejetée par Paskoff et Sanlaville [23], qui considèrent que les déformations sont principalement anté-tyrrhéniennes.

Dans les îles Kerkennah, Delteil [13] a mis en évidence cinq épisodes tectoniques post-villafranchiens : (1) une compression N130 engendrant des plis N040°E ; (2) une extension N130°E génératrice des mouvements à fortes composantes verticales, responsables de la fracturation de la croûte calcaire villafranchienne et de soulèvements localisés ; (3) un épisode daté de la fin de l'Eutyrrhénien, caractérisé par des failles normales nord-sud ; (4) une déformation responsable du plissement du Néotyrrhénien suivant un axe est-ouest et la réactivation en décrochement des paléostructures ; (5) une extension responsable d'ouvertures de fossés nord-sud et NE–SW. Cette évolution néotectonique peut être corrélée avec les états de contrainte de même âge, déterminés dans le Sud tunisien [5]. En particulier, l'épisode (4), qui a engendré des plis est-ouest et décrochements, correspondrait à la compression N020°E post-tyrrhénienne que nous caractérisons ici.

Plus au nord, dans la région du Sahel tunisien (région de Monastir), Kammoun et al. [18] ont observé de nombreuses déformations post-tyrrhéniennes. Le cordon littoral tyrrhénien, situé à environ 32 m d'altitude, est décalé en sénestre d'environ 500 m par l'importante faille de Khnis–Skanès, orientée NNW–SSE. Les auteurs suggèrent un raccourcissement NW–SE à

NNW–SSE au cours du Pléistocène supérieur. Il serait encore actif. Pour Martinez et Paskoff [22], ces formations marines de la côte du Sahel tunisien ont été déformées en compression, suivant des plis d'axes approximativement est–ouest, associés à des failles inverses et des décrochements. Pour ces auteurs, la compression, proche de nord–sud, se serait maintenue pendant tout le Tyrrhénien et aurait aussi été accompagnée par des déformations extensives. Ils réinterprètent donc la faille de « Khnis–Skanès », responsable de la surrection de la plate-forme de Monastir, comme un accident à jeux multiples.

Dans le golfe de Hammamet (cap Bon), Colleuil [11] a décrit un mouvement en décrochement sénestre de direction NNE d'ampleur régionale postérieur au Quaternaire ancien à moyen. Plus au nord, aux environs de Bizerte (Ras Angela), Ben Ayed et Oueslati [4] ont analysé les dépôts à Strombes. Ils mettent en évidence un régime compressif nord–sud avant, pendant et après le Tyrrhénien, responsable de plis dirigés N090 à 110°E et de failles inverses de faible ampleur. Ils confirment, en Tunisie septentrionale, la permanence du régime compressif après la phase de plissement (contrainte sub-méridienne) du Quaternaire ancien. Enfin, Paskoff et Sanlaville [24], se fondant sur les variations d'altitude des formations marines le long du littoral tunisien, suggèrent des mouvements tectoniques récents, sans toutefois les caractériser.

La compression N020E° post-tyrrhénienne que nous identifions suivant le littoral du Sud-Est tunisien, est ténue, mais correspond à des déformations plus importantes affectant les dépôts de même âge du littoral tunisien plus septentrional. La faible ampleur de ces manifestations est en bon accord avec la position du littoral du Sud-Est tunisien étudié ici, en marge du domaine tabulaire saharien.

## 6. Conclusion

L'instabilité de la ligne de rivage depuis la mise en place des plages tyrrhéniennes traduit une tectonique décrochante compressive liée aux stades les plus récents de la convergence Afrique/Europe. Les déformations post-tyrrhéniennes varient d'une région à une autre suivant la nature de l'héritage structural et suivant la localisation par rapport à la marge tunisienne. Ainsi, le long de la côte du Sud-Est tunisien, la confrontation des données morphologiques et tec-

toniques illustre une relative stabilité tectonique, au cours du Pléistocène supérieur, qui peut s'expliquer par la proximité de la plate-forme saharienne.

## Références

- [1] J. Angelier, From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data, *J. Struct. Geol.* 11 (1989) 37–50.
- [2] J. Angelier, Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress. A new rapid direct inversion method by analytical means, *Geol. J. Int.* 103 (1990) 363–376.
- [3] P. Bellair, Contribution à l'étude des formations quaternaires de la bordure méridionale du golfe de Gabès, *Bull. Sci. Nat. Tunis* 7 (1954) 145–162.
- [4] N. Ben Ayed, A. Oueslati, Déformations tectoniques dans le Quaternaire récent de Ras Engela (région de Bizerte, Tunisie septentrionale), *Géol. Méditerran.* 23 (1988) 17–21.
- [5] S. Bouaziz, Étude de la tectonique cassante dans la plate-forme et l'atlas sahariens (Tunisie méridionale) : évolution des paléochamps de contraintes et implications géodynamiques, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, 1995, 485 p.
- [6] S. Bouaziz, E. Barrier, J. Angelier, P. Tricart, M.M. Turki, Tectonic evolution of Southern Tethyan margin in southern Tunisia, in : S. Crasquin-Soleau, É. Barrier (Eds.), *Peri-Tethys Memoir 3: stratigraphy and evolution of Peri-Tethyan Platforms*, *Mém. Mus. nat. Hist. nat. Paris* 177 (1998) 215–236.
- [7] L. Brancaccio, G. Capaldi, A. Cinque, R. Pece, I. Sgrosso,  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dating of corals from a Tyrrhenian Beach in Sorrentine Peninsula (southern Italy), *Quaternaria* 20 (1978) 175–183.
- [8] G. Busson, Le mésozoïque saharien, 1<sup>re</sup> partie : l'extrême Sud tunisien, 8, CNRS, France, 1967, 194 p.
- [9] G. Castany, L'accident sud-tunisien, son âge et ses relations avec l'accident sud-atlasique d'Algérie, *C. R. Acad. Sci. Paris* 238 (1954) 916–918.
- [10] J.H. Chen, H.A. Curran, B. White, G.J. Wasserburg, Precise chronology of the last interglacial period:  $^{234}\text{U}$ – $^{230}\text{Th}$  data from fossil coral reefs in the Bahamas, *Geol. Soc. Am. Bull.* 103 (1991) 82–97.
- [11] B. Colleuil, Étude stratigraphique et néotectonique des formations néogènes et quaternaires de la région de Nabeul–Hammamet (Cap-Bon, Tunisia), DES, Nice, 1976, 93 p.
- [12] R.E.L.L. Collier, Eustatic and tectonic controls upon Quaternary coastal sedimentation in the Corinth Basin, Greece, *J. Geol. Soc. London* 147 (1990) 301–314.
- [13] J. Deltail, Le cadre néotectonique de la sédimentation plio-quaternaire en Tunisie centrale et aux îles Kerkennah, *Bull. Soc. géol. France* 7 (1982) 187–193.
- [14] B. Dumas, P. Guerey, C.T. Hoang, R. Lhenaff, J. Raffy, Gisement et rivages tyrrhénien de Vibo Marina (Italie du Sud) : datation  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ , soulèvement différentiel de la Calabre méridionale, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 312 (1991) 785–791.
- [15] P. Hearty, G.H. Miller, C.E. Stearns, B.J. Szabo, Aminostratigraphy of Quaternary shorelines in the Mediterranean basin, *Geol. Soc. Am. Bull.* 97 (1986) 850–856.

- [16] A. Jauzein, Remarques sur le Quaternaire marin de la côte orientale de la Tunisie, *Bull. Soc. géol. France* 7 (1959) 119–122.
- [17] Y. Jedoui, E. Davaud, H. Ben Ismail, J.-L. Reyss, Analyse sédimentologique des dépôts marins pléistocènes du Sud-Est tunisien : mise en évidence de deux périodes de haut niveau marin pendant le sous-stade isotopique marin 5e (Eémien, Tyrrhénien), *Bull. Soc. géol. France* 173 (2002) 63–72.
- [18] Y. Kamoun, D. Sorel, C. Viguié, N. Ben Ayed, Un grand accident subméridien d'âge post-Tyrrhénien en Tunisie orientale, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 290 (1980) 647–649.
- [19] P. Kindler, E. Davaud, A. Strasser, Tyrrhenian coastal deposits from Sardinia (Italy): a petrographic record of high sea levels and shifting climate belts during the last interglacial (isotopic substage 5e), *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 133 (1997) 1–25.
- [20] K. Lambeck, M. Nakada, Constraints on the age and duration of the Last Interglacial period and on sea-level variations, *Nature* 357 (1992) 125–128.
- [21] M. Mahmoudi, Nouvelle proposition de subdivisions stratigraphiques des dépôts attribués au Tyrrhénien en Tunisie (Région de Monastir), *Bull. Soc. géol. France* 8 (1988) 431–435.
- [22] C. Martinez, R. Paskoff, Indices de distension pendant le Quaternaire récent en Tunisie : leur signification dans un régime de compression généralisée, *Cahier Orstom XIV* (1984) 153–161.
- [23] R. Paskoff, P. Sanlaville, Sur l'origine de la formation Tlêt et sa place dans la stratigraphie du Quaternaire récent de la région de Jerba–Zarzis (Sud tunisien), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 287 (1978) 1265–1268.
- [24] R. Paskoff, P. Sanlaville, Les côtes de la Tunisie : variation du niveau marin depuis le Tyrrhénien, Éditions Maison de l'Orient, Lyon, 1983, 192 p.
- [25] J.-P. Perthuisot, Le « lambeau de Tlêt » et la structure néotectonique de l'île de Jerba (Tunisie), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 285 (1977) 1091–1093.
- [26] M.C. Rabia, Système d'information géoscientifique et télédétection multi-capteurs : application à une étude multi-thèmes de la Jeffara orientale, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, 1997, 320 p.
- [27] H. Zibrowius, The southern *Astroides calycularis* in the Pleistocene on the northern Mediterranean – An indicator of climatic changes (Cnidaria, Scleractinia), *Géobios* 28 (1993) 9–16.