

Tectonique

Mise en évidence en subsurface d'événements compressifs Éocène moyen–supérieur en Tunisie orientale (Sahel) : généralité de la phase atlasique en Afrique du Nord

Sami Khomsi^{a,*}, Mourad Bédir^a, Mohamed Soussi^b, Mohamed Ghazi Ben Jemia^c,
Kmar Ben Ismail-Lattrache^b

^a Laboratoire Géorressources, INRST, Borj Cedria, 57 rue 7301 par av. Tahar-Ben-Ammar-Menzah 9 B, 1013 Tunis, Tunisie

^b Faculté des sciences de Tunis, université de Tunis El Manar, Campus universitaire, Tunis, Tunisie

^c Kuwait Foreign Petroleum Company, Tunisia Limited (KUFPEC)

Reçu le 7 décembre 2005 ; accepté après révision le 20 octobre 2005

Disponible sur Internet le 27 décembre 2005

Rédigé à l'invitation du Comité de lecture

Résumé

Des événements compressifs sont bien enregistrés par les séries paléogènes de subsurface de l'avant-pays de la Tunisie orientale. Ils s'expriment par des plis, des structures d'inversion, des duplex ainsi que des discordances angulaires détectables par la sismique réflexion. Les événements compressifs débutent au Campanien–Maastrichtien, s'amplifient au Paléocène pour atteindre leur paroxysme au Lutétien–Priabonien, exprimé par la discordance angulaire en *toplap* de l'Oligocène inférieur. Les séries oligo-miocènes marquent, au contraire, une phase de relative quiescence tectonique. Les événements compressifs mis en évidence dans ce travail sont corrélables avec ceux reconnus en Algérie, notamment les deux phases majeures : celles du Maastrichtien–Paléocène et surtout fini-Éocène, qui paraît ainsi être un événement majeur à l'échelle de l'Afrique du Nord. **Pour citer cet article** : S. Khomsi *et al.*, *C. R. Geoscience* 338 (2006).

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Highlight of Middle–Late eocene compressional events in the subsurface of eastern Tunisia (Sahel): Generality of the Atlasic phase in North Africa. Compressional events are well recognized, in the subsurface of the Sahel foreland basin in eastern Tunisia, evolving toward the Palaeogene sedimentary cover. These events are expressed by folds, inversional structures and a set of angular unconformities. The compressional events that started in the Campanian–Maastrichtian continued through the Palaeocene and attempted their paroxysm in the Lutetian–Priabonian prior to the angular *toplap* unconformity of the Oligocene series. On the other hand, the Oligo-Miocene series recorded tectonic quiescence events expressed by extensional tectonics. The tectonic events recorded by the Palaeogene series are well correlated to the major events recognized in eastern Algeria, especially the Atlasic event (Lutetian–Priabonian), which must be considered as a major tectonic event largely expressed in the whole Atlasic domain of North Africa. **To cite this article**: S. Khomsi *et al.*, *C. R. Geoscience* 338 (2006).

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : samikom2005@yahoo.ca (S. Khomsi).

Mots-clés : Maghreb ; Tunisie ; Avant-pays ; Phase atlasique ; Paléogène ; Discordances

Keywords: Maghreb; Tunisia; Foreland; Atlasic phase; Paleogene; Unconformities

Abridged English version

1. Introduction and geological setting

The Pyrenean phases are general tectonic compressional north–south events [5,24], especially the Late Eocene event, well recognized in the eastern Atlas of Algeria [10,14,18–20,25] and named Atlasic phase by Lafitte (1939) [23]. The occurrence of this latter event in the whole Maghrebian Atlasic range is still a matter of debate. In fact, in recent publications, Frizon de Lamotte et al. [18] suggest that this event is general in North Africa, while Piqué et al. [27] consider it as limited to the Algerian Atlas.

Until now, no sufficient data were acquired and collected to argue clearly the occurrence of the Atlasic Late Eocene events in Tunisia. So we present here newly seismic profiles tied to petroleum wells that allow us to highlight the Atlasic events in Tunisia.

The study zone corresponds to the foreland fold-thrust belt basin [21] of the eastern Atlasic range of Tunisia (Fig. 1). In this basin were recognized important thrusts forming the thrust system of Chérichira-Kondar [21] active since the Late Eocene [21] and constituting the northern branch of the so-called north–south axis and in a large sense of the South Atlasic Front [18]. The data presented below deal with the central part of the Sahel foreland, east of the north–south axis (Fig. 1).

2. Major results

Structural interpretations of the seismic reflexion data (Figs. 2–4), as well as seismic sequential analysis, allow us to recognise five angular unconformities (Figs. 2–4), affecting the Palaeogene sedimentary cover, which are, from bottom to top (Fig. 2):

- unconformity D1, between the Campanian–Maastrichtian limestones and Palaeocene beds;
- unconformity D2, between the Campanian–Maastrichtian limestones and Lower Eocene, with erosion of Palaeocene shales;
- unconformity D3, especially expressed in the axial zone of the Alouan anticline, between the Campanian–Maastrichtian limestone and Late Eocene beds, underlined by the erosion of Lower Eocene and Palaeocene beds;

- unconformity D4, which is an intra Middle–Late Eocene unconformity, showing an onlap progressive configuration of the Latest Eocene beds on the Middle Eocene beds;
- unconformity D5, which is a toplap and locally erosional unconformity between the Oligocene and the Latest Eocene beds.

The tectonic interpretations of the seismic lines indicate the occurrence of a period of tectonic quiescence during the Oligo-Miocene, suggested by important extensional tectonic features, largely expressed by normal faults cutting the Oligo-Miocene series (Figs. 2 and 4).

On the other hand, the seismic interpretations indicate the occurrence of strong inversional tectonic features expressed by the development of duplex (Fig. 3) and pop-up structures (Fig. 4) coeval to the major tectonic event related to the Lutetian–Priabonian compression. In fact, it must be emphasized that the most significant unconformities are D3, D4 and D5, recording the Atlasic major event.

The above-mentioned events are also well developed in the foreland basin of the ‘Golfe de Hammamet’ [8, 15,26], where the major Atlasic event of the Middle–Late Eocene are expressed by truncations, unconformities and erosion of Late Cretaceous–Palaeocene series, indicated both by well data [8] and seismic records [15, 26].

The unconformities and major events recognized in this work are closely related to those previously highlighted in eastern Algeria [10,14,18–20,23,25], especially the Eocene Atlasic event [10,14,18–20,23,25], which must be considered as a major tectonic event in the whole Maghrebian Atlas [10,14,17–20,24,25].

3. Conclusion

The above-presented subsurface data and their structural interpretations indicate that the Palaeogene sedimentary cover of the foreland fold-thrust belt of eastern Tunisia has recorded the Atlasic (Middle–Late Eocene) compressional events, as in the Algerian Atlas. These events are clearly followed by a period of tectonic quiescence during the Oligocene–Lower Miocene, whereas the general geodynamics of the western Mediterranean basins was dominated during this period by the subduction of the Maghrebian Tethys margin beneath the

Balearic margin [18], leading to the emplacement, in the Tell domain, of the thrust sheets [18,30] appertaining to the northern flexural basin of the Atlas (Numidian basin in the North) around -15 Ma BP [18]. This structural context favoured flexural behaviour and extensional tectonics in back-arc setting [18] (Algero-Provençal Basin). This extensional Oligo-Miocene dynamics, migrated south-eastward through the Atlasic belt and attained the Atlasic front and its foreland basins, where it is a general feature of the Oligo-Miocene series in Tunisia.

It is obvious that the major Atlasic event of Middle–Late Eocene, have activated detachment levels in a thin skinned context supporting decollement structures expressed by duplex structures. This dynamic is responsible of passive transmission of stresses along blind thrust sheets from the Atlasic domain to the foreland basin.

Finally, we think that major structural features of the foreland fold-thrust belt of eastern Tunisia were acquired during the Middle Eocene–Late Eocene Atlasic event prior to the Miocene Alpine and Atlasic events that occurred respectively during Langhian–Serravallian [31] and Middle Tortonian–Late Tortonian [31] in Tunisia.

1. Introduction et cadre général du Sahel

Les compressions fini-Éocène sont des événements tectoniques bien connus en Europe occidentale ; c'est la « phase pyrénéenne », une compression nord–sud affectant l'ensemble des plates-formes [5,24]. Au Maghreb, elles furent reconnues très tôt par Laffitte [23] dans le massif des Aurès (Algérie). Cet auteur est à l'origine de la dénomination « phase atlasique » suggérant que c'est dans ce domaine structural, commun au trois pays du Maghreb (Fig. 1) qu'elle est surtout exprimée. Néanmoins, la réalité et l'importance de cet événement à l'échelle du Maghreb restent discutées. À ce propos, on constate une divergence importante entre Frizon de Lamotte et al. [18], qui insistent sur la généralité de cet événement à l'échelle du Maghreb, et Piqué et al. [27], qui la restreignent au territoire algérien. En Tunisie, les manifestations de cette phase ont été signalées en subsurface dans l'Atlas méridional [2] et en Tunisie orientale [1–3,15,21,22]. Ces résultats ont été, en partie, repris dans un travail plus récent [16], intégrant des observations de surface relatant des événements compressifs d'âge Éocène inférieur [16].

Dans le présent travail, on s'attachera à montrer que les événements compressifs s'étendent du Maastrichtian jusqu'à l'Éocène supérieur, et ceci grâce à des enregistrements récents de sismique réflexion, contraints par

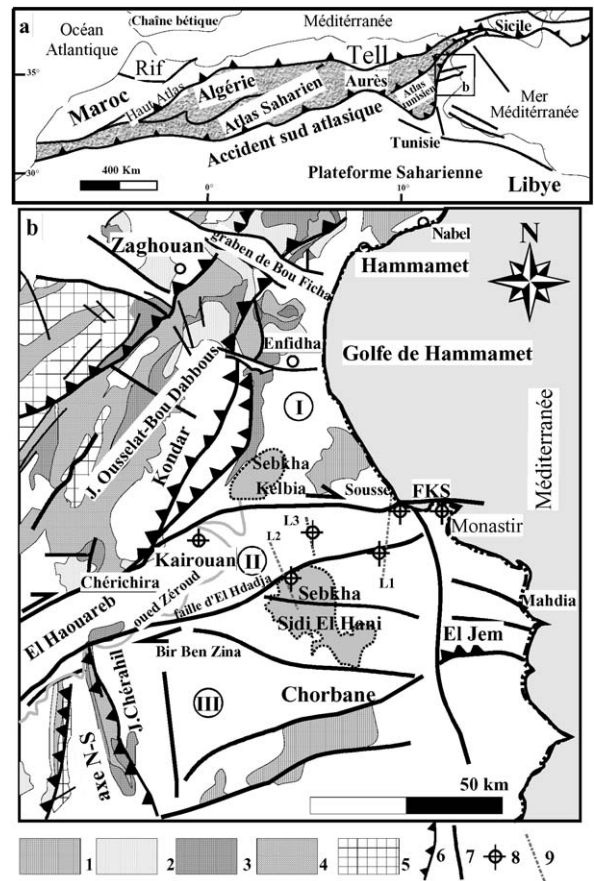


Fig. 1. Schéma structural du Maghreb (a : haut) et de la Tunisie nord-orientale (b) (L1, L2 et L3 : lignes sismiques) : (a) schéma structural du Maghreb, montrant le domaine atlasique (en gris) et l'emplacement de la zone d'étude (inspiré de [13]) ; (b) I, Mio-Pliocène, 2, Miocène, 3, Oligocène, 4, Éocène, 5, Crétacé supérieur, 6, chevauchements, 7, failles majeures, 8, forages, 9, lignes sismiques ; I, zone de Kelbia–Enfidha, II, zone de Kairouan–El Hdadja, III : zone de Sidi El Hani–Chorbane.

Fig. 1. (a) Structural map of the major Maghrebian structural features showing the Atlasic domain (grey) and the position of the study zone (after [13]) ; (b) tectonic summary map of northeastern Tunisia compiled from outcrop and subsurface data (L1, L2 and L3: seismic lines): 1, Mio-Pliocene, 2, Miocene, 3, Oligocene, 4, Eocene, 5, Late Cretaceous, 6, thrust faults, 7, major faults, 8, petroleum well, 9, seismic line trace; I, zone of Kelbia–Enfidha, II, zone of Kairouan–El Hdadja, III, zone of Sidi El Hani–Chorbane.

les données de forages pétroliers dans le Sahel de Tunisie.

La zone étudiée correspond au bassin d'avant-pays [21] de la Tunisie orientale (Fig. 1), limité à l'ouest par l'axe nord–sud et à l'est par la côte méditerranéenne du Sahel. Ce bassin d'avant-pays peut être subdivisé en trois zones structurales (Fig. 1) suivant le type de déformation dominant et l'histoire tectonique. Ainsi, on distingue, du nord au sud :

- la zone de Kelbia–Enfidha (zone I de la Fig. 1), correspondant à l'emplacement du front de chevauchement de l'Atlas oriental – l'accident de Chérichira-Kondar [21] – et constituant la branche septentrionale de l'axe nord-sud et plus généralement de l'accident sud-atlasique [17,18] ;
- la zone de Kairouan–El Hdadja (zone II de la Fig. 1), qui se présente actuellement comme un bassin flexural [22] situé à l'avant-pays de l'Atlas oriental et ennoyé sous les sédiments plio-quaternaires ;
- la zone méridionale – zone de Sidi El Hani-Chorbane (zone III de la Fig. 1) –, correspondant à un domaine de plate-forme disloquée par des failles décrochantes [1–4] et des structures plissées à cœur diapirique en subsurface [2].

2. Présentation et analyse de quelques profils sismiques représentatifs

2.1. Profil L1

Ce profil recoupe les structures enfouies entre Sousse au nord et Alouan au sud (Fig. 2). Il montre une gouttière synforme limitée par deux structures anticlinales faillées : la faille de Kairouan–Sousse (FKS sur la Fig. 1) au nord et la faille d'El Hdadja [22], au sud. Dans la gouttière, les séries post-campaniennes et anté-oligocènes s'amincissent vers les deux structures anticlinales limitrophes (Fig. 2).

Le pli anticlinal de Alouan, qui affecte les horizons du Crétacé supérieur, montre latéralement, sur ses

flancs, cinq discordances sismiques (Fig. 2), de valeurs angulaires différentes et d'importance géodynamique variable, qui sont, du bas vers le haut :

- la discordance D1, entre les calcaires campaniens et les argiles paléocènes ;
- la discordance D2, entre les calcaires yprésiens et les calcaires campaniens (avec érosion des argiles paléocènes) ;
- la discordance D3, qui s'exprime au toit de l'anticlinal de Alouan dans la charnière du pli, entre les carbonates campaniens et le Lutétien–Priabonien, soulignée par le biseautage des séries de l'Yprésien et du Paléocène ;
- la discordance D4, intra-Éocène moyen à supérieur, soulignée par des *onlap* progressifs des horizons sismiques de l'Éocène supérieur sur ceux de l'Éocène moyen ;
- la D5 : c'est une discordance de 'toplap' d'érosion de l'Oligocène sur les argiles priaboniennes.

Latéralement, vers les synclinaux bordant la structure de Alouan, ces discordances passent à des contacts concordants entre les différents termes de la série (Fig. 2).

La ligne sismique montre, par ailleurs, que l'Oligocène vient sceller le dispositif tectono-sédimentaire sous-jacent d'une manière pratiquement isopaque (Fig. 2).

L'image sismique, au droit de Sousse, montre une structure anticlinale, au niveau de laquelle la série oligo-miocène est intensément affectée par des failles nor-

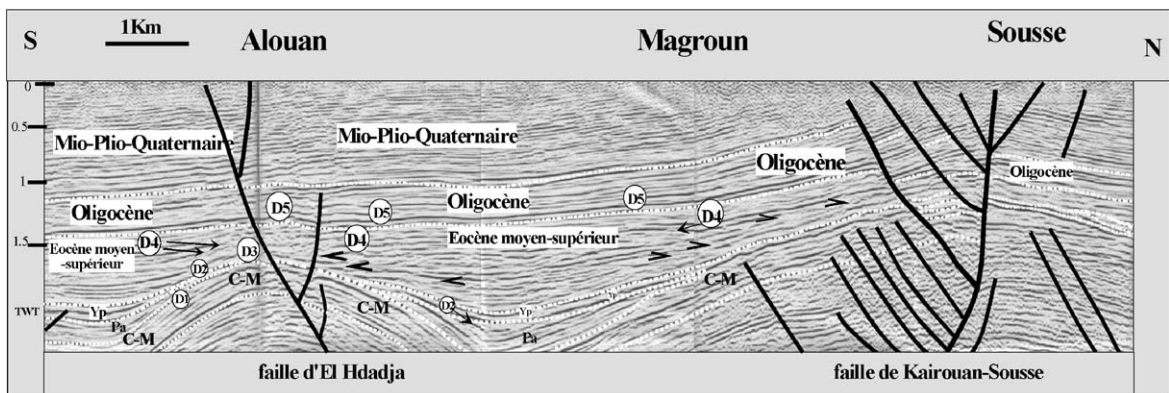


Fig. 2. Ligne sismique L1 interprétée, montrant les discordances D1 à D5, la tectonique compressive intra-Éocène, l'anticlinal de Alouan et les failles de Kairouan–Sousse et d'El Hdadja. Noter les biseautages affectant les séries paléogènes et la tectonique extensive affectant les horizons sismiques oligo-miocènes. CM : Campanien–Maastrichtien, Pa : Paléocène, Yp : Yprésien.

Fig. 2. Interpreted seismic line L1, showing the angular unconformities D1 to D5, the compressional Eocene tectonics and the extensional tectonic affecting the Oligocene. CM: Late Cretaceous, Pa: Palaeocene, Yp: Ypresian.

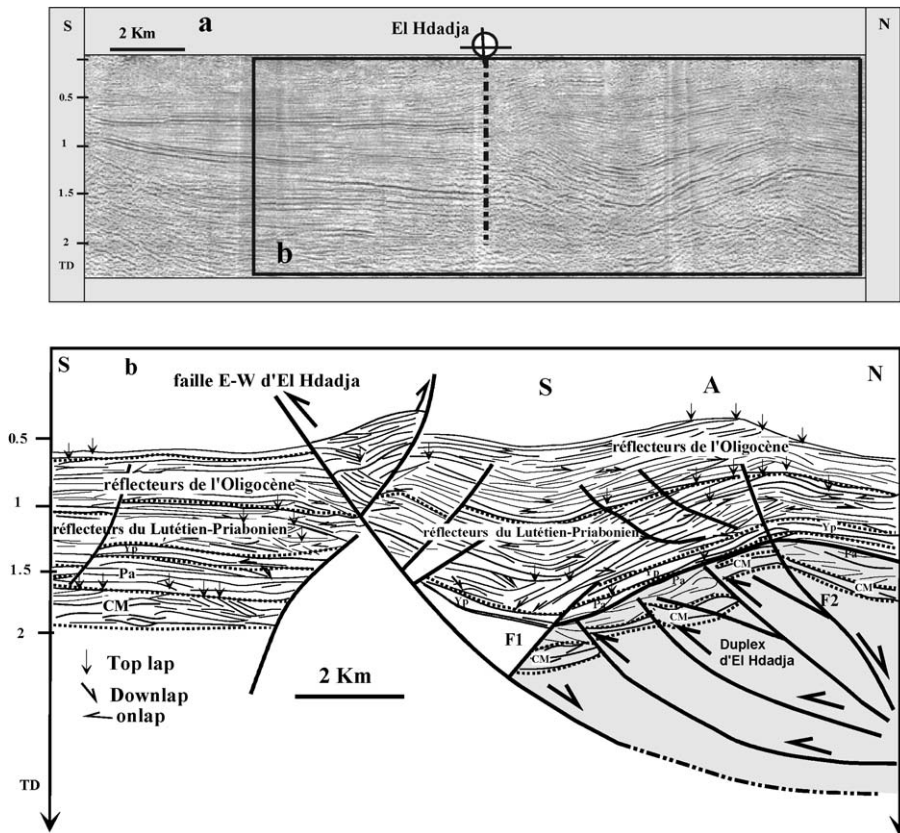


Fig. 3. Ligne sismique L2 traversant la structure d'El Hdadja. (a) Ligne sismique vierge. (b) Habillage sismo-séquentiel, montrant les discordances inter et intra-formationnelles et le duplex d'El Hdadja. CM : Campanien–Maastrichtien, Pa : Paléocène, Yp : Yprésien.

Fig. 3. Seismic line L2 across the structure of El Hdadja. (a) Non-interpreted line. (b) Seismic reflectors interpretation showing the angular synkinematic unconformities, the compressional Eocene tectonics and the duplex of El Hdadja. CM: Late Cretaceous, Pa: Palaeocene, Yp: Ypresian.

males. Ces failles semblent particulièrement développées à l'aplomb d'anticlinaux précoces, suggérant le rejeu de failles préexistantes (Fig. 2) et le polyphasage tectonique de ces structures.

2.2. Profil L2

Ce profil recoupe la structure anticlinale pincée d'El Hdadja (Fig. 3) affectée par la faille d'El Hdadja (FEH), qui montre un jeu inverse.

La coupe interprétative (Fig. 3) montre la flexuration et le plissement affectant les horizons paléogènes dans le compartiment nord de la faille, où l'on peut reconnaître un système de failles inverses affectant les calcaires du Campanien–Maastrichtien, semblant s'amortir dans les argiles paléocènes. Une telle disposition évoque une structure de type « duplex » à toit autochtone, dans laquelle les argiles du Paléocène assurent le rôle de décollement de toit.

L'habillage sismo-séquentiel du profil L2 (Fig. 3b), montre que les réflecteurs oligocènes sont concordants

sur ceux de l'Éocène dans le synclinal (S) et discordants latéralement sur le toit de l'anticlinal (A) (Fig. 3b), avec des terminaisons de réflexion en *onlap* et en *toplap* (Fig. 3b). L'habillage sismo-séquentiel permet aussi de mettre en évidence l'instabilité tectonique du compartiment au nord de la FEH, matérialisée par de nombreuses discordances (Fig. 3b). En effet, la série de l'Éocène moyen à supérieur du compartiment au nord de la FEH montre des discordances intra-formationnelles, alors qu'au sud de la FEH, les réflecteurs sismiques sont plutôt concordants. Ainsi, l'interprétation de ce profil suggère la formation d'anticlinaux et de duplex au Lutétien–Priabonien, une extension oligo-miocène et, enfin, une reprise tardive de la compression responsable du rejeu inverse de la FEH (Fig. 3b).

2.3. Profil L3

Ce profil recoupe l'anticlinal de Ganfouda à l'ouest de Sousse, qui correspond à une structure en *pop-up*, limitée par des failles inverses qui s'amortissent dans

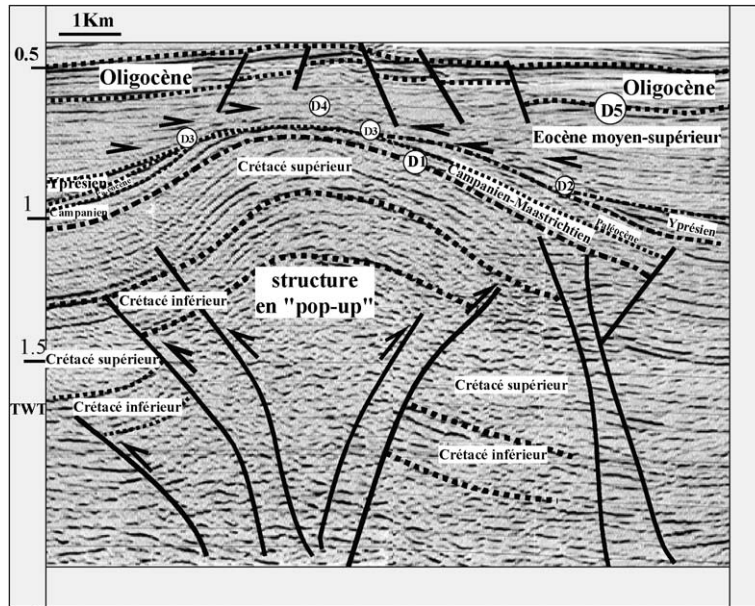


Fig. 4. Ligne sismique L3, orientée nord–sud, traversant la structure de Ganfouda, montrant la structure anticlinale en *pop-up*, scellée par les séries paléogènes et les discordances au toit de la structure.

Fig. 4. Interpreted seismic line L3 across the pop-up structure of Ganfouda sealed by the Palaeogene series. Note the progressive unconformities on the flanks of the anticline.

les niveaux du Crétacé supérieur (Fig. 4). Sur le toit de l'anticlinal, les horizons sismiques du Campanien–Maastrichtien, du Paléocène et de l'Yprésien sont érodés et les réflecteurs du Lutétien–Priabonien discordants reposent directement sur ceux du Campano–Maastrichtien (Fig. 4). Sur les flancs de la structure anticlinale, les séries paléogènes montrent les cinq discordances sismiques D1 à D5 (Fig. 4), déjà signalées sur la Fig. 2.

Les horizons oligocènes qui viennent sceller ce dispositif tectono-sédimentaire montrent, en s'éloignant de la zone axiale de l'anticlinal, un épaississement contrôlé par des failles normales, témoignage de la tectonique distensive oligocène (Figs. 2–4).

2.4. Importance relative des différentes discordances mises en évidence

Les trois profils sismiques présentés ci-dessus nous ont permis de reconnaître des discordances angulaires enregistrées par les séries paléogènes et notées D1 à D5. Cependant, ces discordances angulaires n'ont pas la même importance géodynamique : en effet, les discordances les plus significatives, contemporaines du plissement majeur, datent de l'Éocène moyen à supérieur (discordance D3, D4 et D5) et correspondent aux manifestations de la phase atlasique de Laffite [23].

3. Les prémisses des compressions atlasiques

En affleurement dans la chaîne atlasique orientale, localement, l'Yprésien présente des discordances angulaires sur le Crétacé, généralement d'angles faibles, avec érosion des assises paléocènes et remaniement du Crétacé [6,9,11,12], accompagnées de lacunes d'extension variables affectant le Maastrichtien supérieur et la partie inférieure du Paléocène [9,11,12], attribuables à des mouvements tectoniques. Cet événement, bien exprimé en subsurface en Tunisie orientale, reste néanmoins de faible intensité, sa durée étant limitée à l'intervalle Maastrichtien supérieur–Danien. Il a été mis en évidence en subsurface dans le bassin de Gafsa [2] et en Tunisie orientale [2,15,21,22,26].

4. La phase yprésienne

Succédant à cet événement compressif fini-crétacé, les dépôts yprésiens se déposent dans une plate-forme pré-structurée. Dans les synclinaux se déposent des calcaires à faciès pélagique, tandis que sur les flancs et les toits des anticlinaux, se déposent des calcaires à faciès néritique. À la fin de l'Yprésien, se manifeste une compression à axe de raccourcissement nord–sud [24,28] à NW–SE [16], annonçant la phase plicative maximale de l'Éocène.

5. La phase majeure fini-Éocène : fracturation et structures associées

Cette phase se déroule durant le Lutétien–Priabonien ; elle est enregistrée par trois discordances angulaires. Deux discordances majeures qui se situent, l'une entre le Lutétien et l'Yprésien et l'autre entre la base de l'Oligocène et le Priabonien (Figs. 2 et 4). La troisième discordance plus discrète est intra-lutétienne [2,6,7,21].

Cette phase fini-Éocène, dite aussi phase atlasique [23], est une phase compressive qui agit sur un bassin préstructuré et disloqué par des failles majeures s'organisant suivant les directions est–ouest, NNE–SSW à nord–sud et NW–SE. Ces failles expriment un héritage structural anté-paléogène de la marge orientale de la Tunisie, en partie hérité de l'époque du Jurassique–Crétacé [2,9,21,22].

Ce système de fracturation réagit suivant la position relative des discontinuités par rapport à la direction de raccourcissement. Ainsi, la compression majeure fini-Éocène a engendré des structures d'inversion typiques [21], telles que la faille chevauchante de Chérichira-Kondar [21] (Fig. 1). En effet, très tôt, dès les premiers événements compressifs fini-crétacés s'individualisent des zones de blocage tectoniques, au niveau desquelles il y aurait localisation de la déformation le long des grands accidents, dont quelques-uns évoluent en chevauchements.

Par ailleurs, en *offshore*, dans le golfe de Hammamet, plusieurs forages pétroliers ont rencontré une série oligo-miocène discordante sur le Crétacé supérieur à terminal, intensément fracturé et tronqué [8]. La lacune de tout ou partie du Paléogène [8,15,26] est à mettre en relation avec les événements atlasiques, spécialement ceux de la phase fini-Éocène [15], ces événements étant aussi bien caractérisés sur des enregistrements de sismique réflexion dans le même domaine [15,26]. Durant l'Oligocène a lieu une déformation extensive avec un axe d'extension orienté nord–sud à NW–SE [9], contrôlant l'ouverture de grabens est–ouest au dos de certaines structures anticlinales au Sahel oriental [1,3,21,22].

6. Discussion et comparaison avec le domaine atlasique de l'Algérie

En subsurface, la couverture sédimentaire paléogène de la Tunisie nord-orientale a clairement enregistré les compressions atlasiques, bien exprimées par les discordances angulaires des horizons sismiques présentées ci-dessus. Cependant, l'événement fini-Éocène paraît être le plus important, par l'ampleur des lacunes érosives, la durée des événements et l'importance des in-

versions positives qu'il a engendrées [21]. Par ailleurs, les phases compressives paléocènes et fini-Éocène ont été bien élucidées et mises en évidence dans les Aurès [18,19,23,33], dans l'Atlas saharien et, plus généralement, dans l'ensemble du domaine atlasique maghrébin. Le début des compressions, annonciatrices de la phase atlasique majeure, est à placer à la limite Campanien–Maastrichtien, matérialisée par les discordances angulaires du Crétacé terminal sur différents termes du Crétacé supérieur, reconnues en sismique et en forage, ces événements étant eux aussi bien connus dans les monts des Aurès [10,18,20], en Algérie.

Une deuxième pulsation plicative a lieu au Maastrichtien–Paléocène, bien exprimée en sismique et se traduisant à l'affleurement par des lacunes fréquentes du Maastrichtien ou d'une partie du Paléocène [6,9,10,19].

C'est au Lutétien–Priabonien que se développe le paroxysme des compressions atlasiques majeures, exprimées par des structures d'inversion, des chevauchements [21,25] et des duplex (Fig. 3).

Les plissements et les discordances associées mises en évidence dans le domaine du Sahel sont moins bien exprimés dans les séries de la chaîne atlasique. Ceci tient à notre avis à trois raisons :

- la première en est que les discordances sismiques ont lieu sur les toits et les flancs des anticlinaux ; or, les équivalents de ces zones en affleurement se trouvent actuellement érodés, empêchant ainsi l'observation des « inconformités » et des discordances ;
- la deuxième est due au fait qu'il s'agit de plissements de grands rayons de courbure, engendrant des discordances d'angles faibles, difficiles à déceler à l'affleurement ;
- la troisième raison est liée au fait que ces compressions ont sollicité la réactivation inverse des discontinuités anté-paléogènes, l'accommodation des déplacements et la transmission des contraintes loin de l'orogène.

Cette interprétation admet comme corollaire l'existence de zones de transmission passives des contraintes (paliers de décollements) du Nord-Ouest vers l'avant-pays. Faisant suite à ces événements compressifs éocènes, les séries oligo-miocènes se déposent pendant une phase de quiescence tectonique, matérialisée sur les lignes sismiques par des structures extensives en faille normale. Cette dynamique constitue une coupure nette avec la tectonique antérieure de type compressif et rejoint ce qui est connu sur l'évolution du système atlasique en Algérie, où ont été mis en évidence des épi-

sodes de répit tectonique oligo-miocènes dans le Haut Atlas oriental et les Aurès [10,17,18].

7. Généralité de la phase atlasique et de l'extension oligo-miocène dans le domaine atlasique du Maghreb

La mise en corrélation des événements compressifs majeurs reconnus dans ce travail, avec ceux mis en évidence en Algérie orientale [10,14,18–20,24,25,33], démontre la généralité, dans le domaine atlasique, d'une phase de plissement majeure d'âge Éocène moyen-supérieur [10,14,18–20,25,27] (phase atlasique de Laffitte, [23]). Ces événements compressifs, qui coïncident avec des plissements rigoureux dans le domaine de l'Atlas algérien, sont aussi reconnus en tant qu'événements majeurs en Sicile [32], responsables de la structuration de la couverture et de la naissance de chevauchements impliquant parfois le socle. Ainsi, les événements compressifs analysés ici s'avèrent être des événements majeurs à l'échelle de l'Afrique du Nord, responsables de l'inversion de structures extensives [10,17,18,33] antérieures au Crétacé supérieur–Paléogène, sur la marge méridionale de la Téthys et dans la portion orientale de la chaîne atlasique du Maghreb [10,15,18,19,22,33]. Ces événements compressifs, notamment ceux d'âge Éocène supérieur, sont suivis par une phase extensive et de quiescence tectonique au cours de l'Oligocène et du Miocène inférieur, également reconnue en Algérie orientale [10,17,18]. Ainsi, le style structural et la durée des événements majeurs reconnus au Sahel sont parfaitement corrélables avec ce qui est connu sur le domaine atlasique du Maghreb.

D'après les données disponibles à l'échelle du Maghreb, la phase atlasique, semble essentiellement restreinte au domaine atlasique, dans la mesure où elle n'est exprimée que très localement dans les domaines du Tell et des flyschs.

Par ailleurs, il est remarquable de constater que le bassin flexural, dont l'élément le plus septentrional est le bassin numidien, repose en discordance angulaire sur les structures atlasiques en Algérie [10], ce qui suggère que la phase atlasique, telle qu'on doit la concevoir, précéderait la phase de collision entre l'Afrique et l'Europe [18] et serait, par conséquent, liée à l'initiation d'une subduction de la marge maghrébine de la Téthys, sous la marge des Baléares en Méditerranée occidentale durant l'Oligo-Miocène [18]. Pendant cette période, la géodynamique du Maghreb est dominée par la fermeture progressive de la Téthys occidentale par subduction, qui se manifeste par l'avancée des zones internes telliennes qui viennent s'accoler et chevaucher la marge septen-

trionale de l'Afrique [18,29,30] vers –15 Ma [15], en même temps que s'ouvre en arrière-arc le bassin algéro-provençal. Cette subduction engendre une flexuration du substratum, qui induit à son tour des réajustements isostasiques, responsables de la tectonique extensive oligo-miocène qui gagne le front de la chaîne atlasique et son bassin d'avant-pays, et à laquelle doivent être rattachées les failles normales affectant l'Oligo-Miocène et très largement développées en Tunisie.

À une échelle plus restreinte, le Sahel et le golfe de Hammamet, bassins d'avant-pays de Tunisie orientale, constituent un lieu privilégié pour l'enregistrement de ces événements, comparativement à la chaîne sensu stricto. Ceci tient à la transmission lointaine des contraintes tectoniques vers ces bassins et à l'existence probable de niveaux de décollement [21] et de chevauchements aveugles au-delà de la chaîne atlasique orientale et de l'axe nord-sud [17,18,21], qui se seraient comportés rigidement (paliers de décollement, travail en cours) en transmettant les contraintes vers l'avant-pays.

Enfin, nous pensons que les grands traits structuraux actuels de l'avant-pays de la Tunisie orientale ont été en partie acquis depuis cette phase orogénique (atlasique), précédant les phases alpine et atlasique miocènes survenues en Tunisie, respectivement au Langhien-Serravalien [31] et au Tortonien moyen à supérieur [31], et au cours desquelles la déformation migre des bassins flexuraux de l'avant-pays vers l'intérieur de la chaîne [22].

Remerciements

Les auteurs remercient vivement le Pr. D. Frizon de Lamotte pour l'ensemble des suggestions et remarques pertinentes qu'il a bien voulu fournir et qui ont permis d'améliorer la qualité de l'article dans le fond et dans la forme.

Références

- [1] M. Bédir, Ouvertures spatio-temporelles de grabens méso-cénozoïques en méga-fentes de transtension en Tunisie, C. R. Acad. Sci. Paris, Sér. II 311 (1990) 1443–1448.
- [2] M. Bédir, Mécanismes géodynamiques des bassins associés aux couloirs de décrochements de la marge atlasique de la Tunisie. Séismo-stratigraphie, Séismo-tectonique et implications pétrolières, thèse d'État, université de Tunis, 1995, 407 p.
- [3] M. Bédir, C. Bobier, Les grabens de Mahdia et Sidi Chérif (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 III (6) (1987) 1143–1151.
- [4] M. Bédir, F. Zargouni, S. Tlig, C. Bobier, Subsurface geodynamics and petroleum geology of a transform margin basin in The

- Sahel of Mahdia and El Jem (Eastern Tunisia), *Am. Assoc. Pet. Geol.* 7 (9) (1992) 1417–1442.
- [5] F. Bergerat, Stress fields in the European Platform at the time of Africa–Eurasia collision, *Tectonics* 6 (2) (1987) 99–132.
- [6] K. Ben Ismail-Latrache, C. Bobier, Étude biostratigraphique, paléo-écologique et paléo-biogéographique des séries éocènes (Yprésien–Lutétien basal) de Tunisie centrale, in: *Géologie de l’Afrique et de l’Atlantique nord*, Elf-Aquitaine Editions, France, 1996, pp. 563–575.
- [7] K. Ben Ismail-Latrache, Précision sur le passage Lutétien–Bartonien dans les dépôts éocènes moyens en Tunisie centrale et nord-orientale, *Rev. Micropaléontol.* 43 (1–2) (2000) 3–16.
- [8] 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), *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine* 18 (1994) 489–527.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] P.F. Burollet, J.-L. Oudin, Paléocène et Éocène en Tunisie. Pétrole et Phosphates, in: *Géologie comparée des gisements de phosphates et de pétrole*, in: Colloque international, Orléans, 6–7 novembre 1979, *Doc. BRGM* 24 (1980) 205–216.
- [12] D. Comte, P. Dufaure, Quelques précisions sur la stratigraphie et la paléogéographie tertiaires en Tunisie centrale et centro-orientale, du Cap Bon à Mezzouna, *Ann. Mines Géol., Tunis* 26 (1973) 241–256.
- [13] C. Doglioni, M. Fernandez, E. Gueguen, F. Sàbat, On the interference between the early Apennines–Maghrebides back-arc extension and the Alps–Betics orogen in the Neogene geodynamics of the western Mediterranean, *Bol. Soc. Geol. Ital.* 118 (1999) 75–89.
- [14] G. Dubourdiou, Étude géologique de la région de l’Ouenza (confins algéro-tunisiens), *Service de la carte géologique de l’Algérie*, n° 10, 1956, 660 p.
- [15] H. El Euch, M. Saidi, L. Fourati, C. El Marhessi, Northern Tunisia thrust belt: deformation models and hydrocarbon systems, in: R. Swennen, F. Roure, J.W. Granath (Eds.), *Deformation, fluid flow and reservoir appraisal in foreland fold-and-thrust belts*, AAPG Hedberg Series 1 (2004) 371–380.
- [16] 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.
- [17] D. Frizon de Lamotte, About the Cenozoic inversion of the Atlas domain in North Africa, *C. R. Geoscience* 337 (2005) 475–476.
- [18] D. Frizon de Lamotte, B. Saint Bézard, R. Barcène, E. Mercier, The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean, *Tectonics* 19 (4) (2000) 740–761.
- [19] R. Guiraud, L’évolution post-triasique de l’avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d’après l’étude du bassin du Hodna et des régions voisines, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.* 17 (1975) 427–446.
- [20] M. Herkat, J. Delfaud, Genèse des séquences sédimentaires du Crétacé supérieur des Aurès (Algérie). Rôle de l’eustatisme, de la tectonique, de la subsidence : une mise au point, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa* 330 (2000) 785–792.
- [21] S. Khomsi, M. Bédir, M.G. Ben Jemia, Mise en évidence d’un nouveau front de chevauchement dans l’Atlas tunisien oriental de Tunisie par sismique réflexion. Contexte structural régional et rôle du Trias salifère, *C. R. Geoscience* 336 (2004) 1401–1408.
- [22] S. Khomsi, M. Bédir, M.G. Ben Jemia, Mise en évidence et analyse d’une structure atlasique ennoyée au front de la chaîne alpine tunisienne, *C. R. Geoscience* 336 (2004) 1293–1300.
- [23] R. Laffitte, Étude géologique de l’Aurès, thèse ès Sciences, Paris, *Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. sér.*, n° 46, t. I, 1939, 217 p., et t. II, 281 p.
- [24] J. Letouzey, P. Trémolières, Paleostress fields around the Mediterranean since the Mesozoic derived from microtectonics: comparisons with plate tectonics data, in: *Géologie des chaînes issues de la Téthys*, 26th C.G.I., *Mém BRGM* 115 (1980) 261–273.
- [25] M. Naak, B. Peybernès, M.-J. Fondcave-Wallez, Décrochevements synsédimentaires précoces et resédimentation de blocs jurassiques dans l’Éocène moyen hémipéologique de la Dorsale kabyle du Djurdjura (Grande Kabylie, Algérie), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 314 (1992) 815–819.
- [26] M. Patriat, N. Ellouz, Z. Dey, J.-M. Gaulier, H. Ben Kilani, The Hammamet, Gabes and Chotts basins (Tunisia): a review of the subsidence history, *Sediment. Geol.* 156 (2003) 241–262.
- [27] A. Piqué, P. Tricart, R. Guiraud, E. Laville, S. Bouaziz, M. Amrhar, R. Aït Ouali, The Mesozoic–Cenozoic Atlas belt (North Africa), *Geodin. Acta* 15 (2002) 159–208.
- [28] A. Rigane, C. Gourmelen, P. Broquet, R. Truillet, Originalités des phénomènes tectoniques synsédimentaires fini-yprésiens en Tunisie centro-septentrionale (région de Kairouan), *Bull. Soc. géol. France* I 165 (1994) 27–35.
- [29] E. Roca, D. Frizon De Lamotte, A. Mauffret, R. Bracene, J. Verges, N. Benaouali, M. Fernandez, J.A. Munoz, H. Zeyen, Transmed-transect II [Aquitaine basin, Pyrenees, Ebro basin, Catalan coastal ranges, Valancia trough, Balearic promontory, Algerian basin, Tell, Sahara Atlas, Sahara platform], in: W. Cavazza, et al. (Eds.), *The Transmed Atlas – The Mediterranean Region from Crust to Mantle*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.
- [30] H. Rouvier, Géologie de l’Extrême-Nord tunisien : tectonique et paléogéographie superposées à l’extrémité orientale de la chaîne nord-maghrébine, *Ann. Min Géol. Tunis* 29 (1977) 427.
- [31] S. Tlig, L. Erraoui, L. Ben Aissa, R. Alouane, A. Tagorti, Tectogenèse 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.
- [32] R. Truillet, Étude géologique des Péloritains orientaux (Sicile), thèse d’État, 1968, Éd. *Rivista Mineraria Siciliana*, Palerme, Italie, 1970, 164 p.
- [33] R. Vially, J. Letouzey, F. Bernard, N. Haddadi, G. Desforges, H. Askri, A. Boudjema, A basin inversion along the North African margin. The Saharan Atlas (Algeria), in: F. Roure (Ed.), *Peri-Tethyan Platforms*, Technip, Paris, 1994, pp. 79–118.