

Etude structurale de la région de Menzel Bourguiba-Mateur à partir des données de surface et de subsurface

Sofien Alyahyaoui^{1,2*}, Hédi Zouari²

¹ Département des Sciences de la Terre, FST, Université Tunis El Manar, 1060 Tunis, Tunisie.

² Laboratoire de Géoressources, Centre de Recherches et des Technologies des Eaux (CERTE), B.P. 273, Soliman 8020, Tunisie.

Abstract. The combination of surface (geological maps and field work) and subsurface data (correlation petroleum wells, seismic profile and gravity data) allows to specify and to determine the geometry of the basins, major lineaments at the region of Menzel Bourguiba-Mateur.

The study area is divided into several sectors. Among these sectors, the Messeftine sector. The structural sketch of Messeftine sector shows a complex structure.

Messeftine is chosen as a key sector illustrating the model of tectonic evolution of the region during Miocene to present. It corresponds to an N-S elongated negative anomaly. It is limited by deep accidents such as the N-S directed A1 and A2 and the NW-SE directed A3 and A4 lineaments.

The Messeftine sector is formed by tilted blocks such as el Kherba block and the Ain Samra block; both of them are limited by listric faults which show changes in space and time from Miocene to present. The structure of Messeftine sector is divided into N-S, NE-SW to EW folds, influenced by the association of combined NW-SE and NE-SW faults. These folds have undergone deformation in space and in time. The maximum thickening of the Miocene series is located at the el Kherba and Henchir ech Cheggaguir blocks. These blocks marked a double spills series to the north and to the west of the Messeftine sector acquired during the Late Miocene to the Actual periods.

Keywords: Structural sketch, Surface and subsurface data, Menzel Bourguiba-Mateur region, North-eastern Tunisia

Résumé. La combinaison des données de surface (les cartes géologiques et les travaux de terrain) et de subsurface (corrélations de forages, des données gravimétriques et de profil sismiques) permet de préciser et de déterminer la géométrie des bassins, les linéaments majeurs au niveau de la région de Menzel Bourguiba-Mateur. La région d'étude est subdivisée en plusieurs secteurs. Parmi ces secteurs, le secteur Messeftine. Le schéma structural de secteur de Messeftine montre une structuration complexe. Le secteur de Messeftine est choisi comme un secteur clé qui illustre bien le modèle d'évolution tectonique de la région au cours du Miocène jusqu'à l'Actuel. Il correspond à une anomalie négative allongée de direction N-S. Il est limité par des accidents profonds tels que les accidents de direction subméridienne A1 et A2 et de direction NW-SE A3 et A4.

Le secteur de Messeftine est formé de blocs basculés tels que le bloc el Kherba et le bloc d'Ain Samra qui sont limités par des failles listriques. Ces failles ont montré des variations de comportement dans l'espace et dans le temps depuis le Miocène supérieur jusqu'à l'Actuel.

La couverture du secteur de Messeftine est subdivisée en faisceaux de plis N-S, NE-SW à E-W. L'ensemble est perturbé par l'association de failles conjuguées NW-SE et NE-SW. Ces plis ont subi une déformation dans l'espace et dans le temps. Le maximum d'épaisseur des séries miocènes est situé au niveau du bloc el

* Corresponding author.

E-mail: alyahyaouisofien@yahoo.fr (ALYAHYAOUI S.).

Address: Laboratoire de Géoressources, Centre de Recherches et des Technologies des Eaux (CERTE), B.P. 273, Soliman 8020, Tunisie

Kherba et Henchir ech Cheggaguif. Ces blocs marquent un double déversement des séries vers le Nord et vers l'Ouest du secteur de Messeftine acquis lors des phases du Miocène supérieur jusqu'au l'Actuel.

Mots clés: Schéma structural, données de surface et de subsurface, région de Menzel Bourguiba-Mateur, Nord-Est de la Tunisie

1. Introduction

La région de Menzel Bourguiba-Mateur est situé sur la bordure septentrionale de la marge nord-africaine et l'avant pays de la chaîne atlasique; il est caractérisé par une histoire tectono-sédimentaire très complexe. Durant la période Cénozoïque, le domaine d'étude a enregistré des événements tectoniques importants survenus sous l'effet des différentes phases telles que la phase alpine et la phase atlasique. La complexité de la région d'étude est due au manque de précision au niveau des limites des formations géologiques et de l'évolution des déformations plicatives et cassantes. Du Miocène supérieur à l'Actuel, la partie nord de la Tunisie est affectée par des déformations variées dont la nature et les phases tectoniques responsables restent une matière de débat scientifique.

L'évolution structurale ainsi que l'interprétation géodynamique de la partie NE de la Tunisie ont fait l'objet de nombreux travaux [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7] et [8].

Pour déterminer le schéma structural de la région de Menzel Bourguiba- Mateur, nous avons utilisé le logiciel "Midland valley" move 2012, 2013 et 2014. Grâce à ce logiciel qui permet une interprétation en 2D et 3D dans le temps et dans l'espace, on a pu proposer une interprétation qui présente moins de risque. Ce travail est basé sur une approche relevant des données de terrain, de données géophysiques (sismiques réflexions et gravimétrie) et de forages pétroliers.

2. Cadre géologique et structural

2.1. Cadre géologique

Au niveau de la région du Menzel Bourguiba-Mateur, les séries affleurent du Trias jusqu'à Quaternaire. A partir de la mosaïque de la carte géologique de Menzel Bourguiba-Mateur (**Fig. 1**), des travaux de terrains et du log synthétique, nous avons groupés les séries du Crétacé inférieur en un seul ensemble, même chose pour les séries du Crétacé supérieur, de l'Eocène, du Miocène moyen, du Miocène supérieur, du Pliocène et du Quaternaire.

L'étude détaillée sur le terrain du secteur de Messeftine a permis de préciser les limites des formations et la subdivision des séries du Miocène supérieur. Le Miocène supérieur est subdivisé en deux groupes: le Miocène supérieur M1 (la formation Hakima) et le Miocène supérieur M2 (les formations Oued el Melah, kechabta et Oued Bel Khédim).

A l'affleurement, au cours de la période du Miocène supérieur à l'Actuel l'évolution géodynamique de la région d'étude est marqué par trois événements (les discordances tortonienne, messinienne et villafranchienne).

A la limite entre le Miocène supérieur M1 et le Miocène supérieur M2 une compression généralisée se manifeste dans le domaine d'étude et plus précisément au sud d'Oum Hani (**Fig. 2**). Cette compression est marquée par la discordance tortonienne où les séries de la formation Oued el Melah (Miocène supérieur M2) est de direction N10, de pendage 20W est discordant

sur les séries de la formation Hakima (Miocène supérieur M1) est de direction N25, de pendage 50 NW.

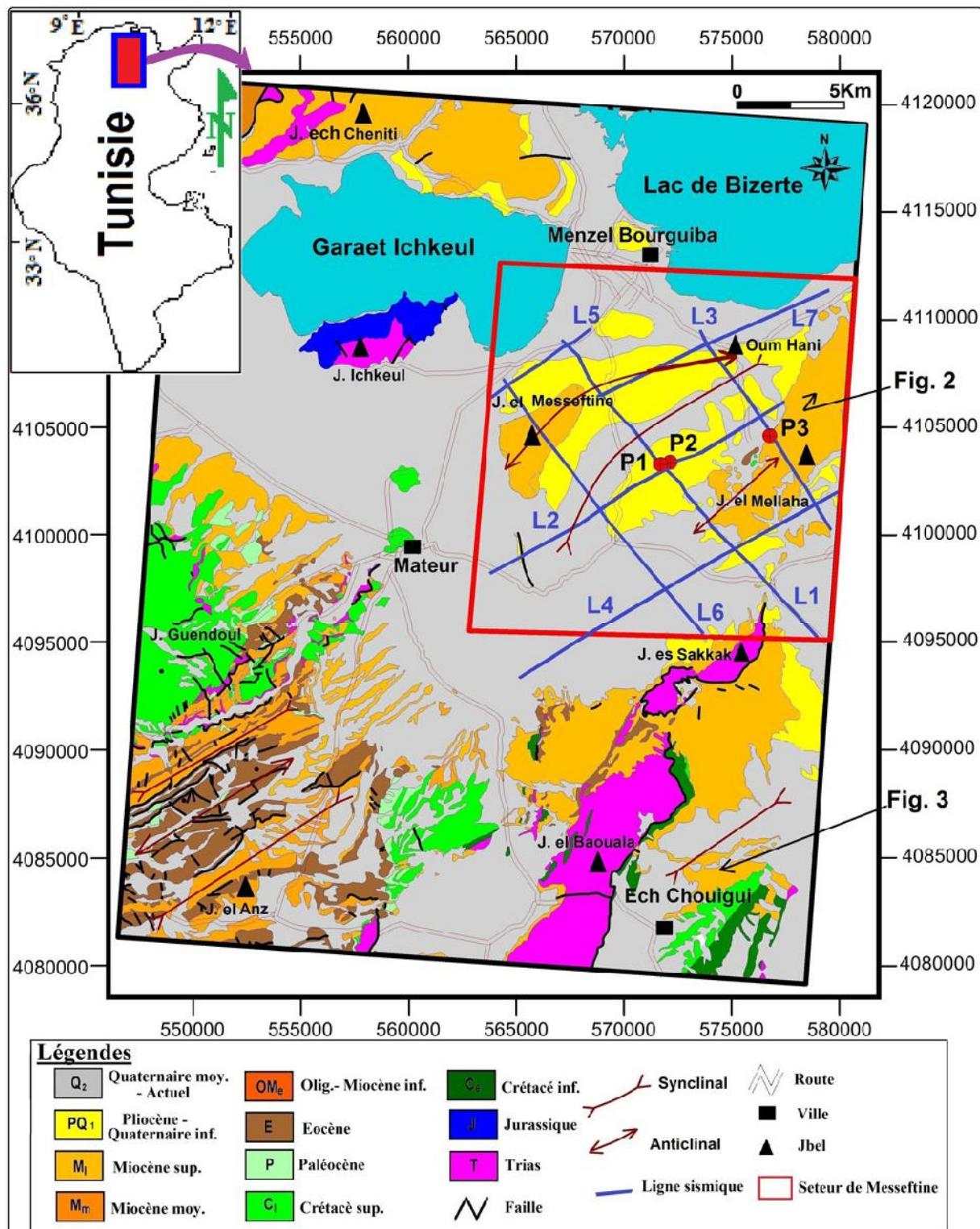


Fig. 1 : Présentation des profils sismiques sur la mosaïque des cartes géologiques de Menzel Bourguiba et Mateur à l'échelle 1/50000, ([9] et [10], modifiée). Service géologique de la Tunisie.

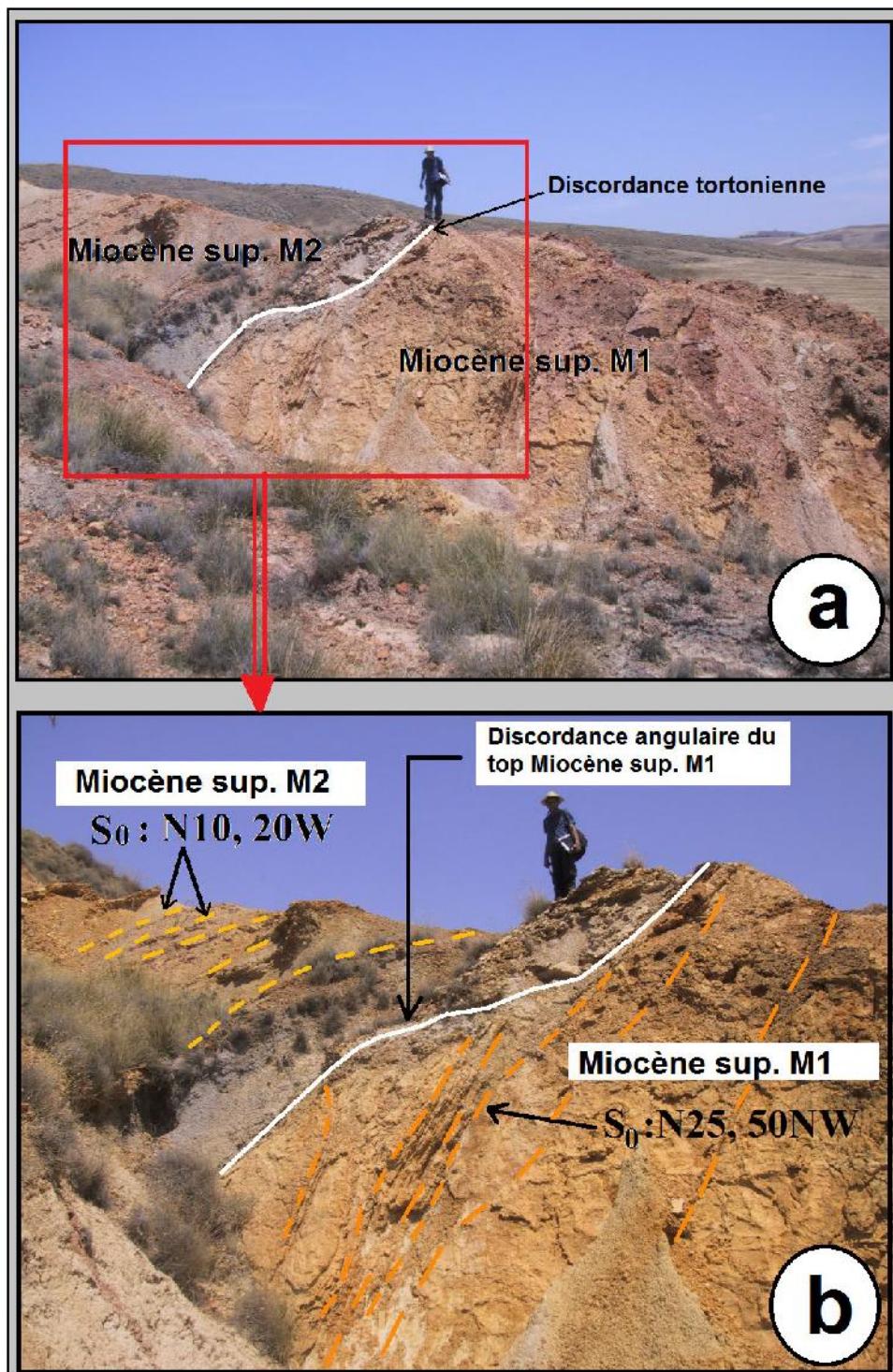


Fig. 2 : Discordance tortonienne (localisation sur la figure 1).

(a) : Vue vers le NE qui montre la discordance du dépôt de la formation Oued el Melah (Miocène supérieur M2) sur la formation Hakima (Miocène supérieur M1) observé au sud de la région Oum Hani. (b) : Vue de détail.

- La discordance villafranchienne (**Fig. 3**): cette discordance est marquée par une compression généralisée se manifeste dans le domaine d'étude. Les dépôts du Quaternaire est discordant sur les séries du Messinien où leur pendage est sub vertical. Cette discordance est observé au niveau de la partie NW de la région d'Ech Chougui (**Fig. 1**).



Fig. 3 : Discordance villafranchienne (localisation sur la figure 1).

(a) : Vue vers le Nord qui montre la discordance du dépôt encrouté du Quaternaire sur les limons conglomératiques du Messinien. Cette discordance est observée à la partie NW de la région d'Ech Chougui. **(b)** : Vue de détail.

2.2. Cadre structural

Le Modèle numérique de terrain de la région d'étude est caractérisé par un relief variable formé de zones montagneuses et de plaines qui varient entre 0 m et 800 m d'altitude (**Fig. 4**):

- Les zones montagneuses (200 m - 800 m d'altitude): J. el Baouala-es Sakkak d'orientation globale NE-SW, J. Ichkeul, J. Kef Cheggaga.
- Parmi les dépressions (0 m - 50 m d'altitude): lac de Bizerte, Garaet d'Ichkeul et la plaine de Mateur.

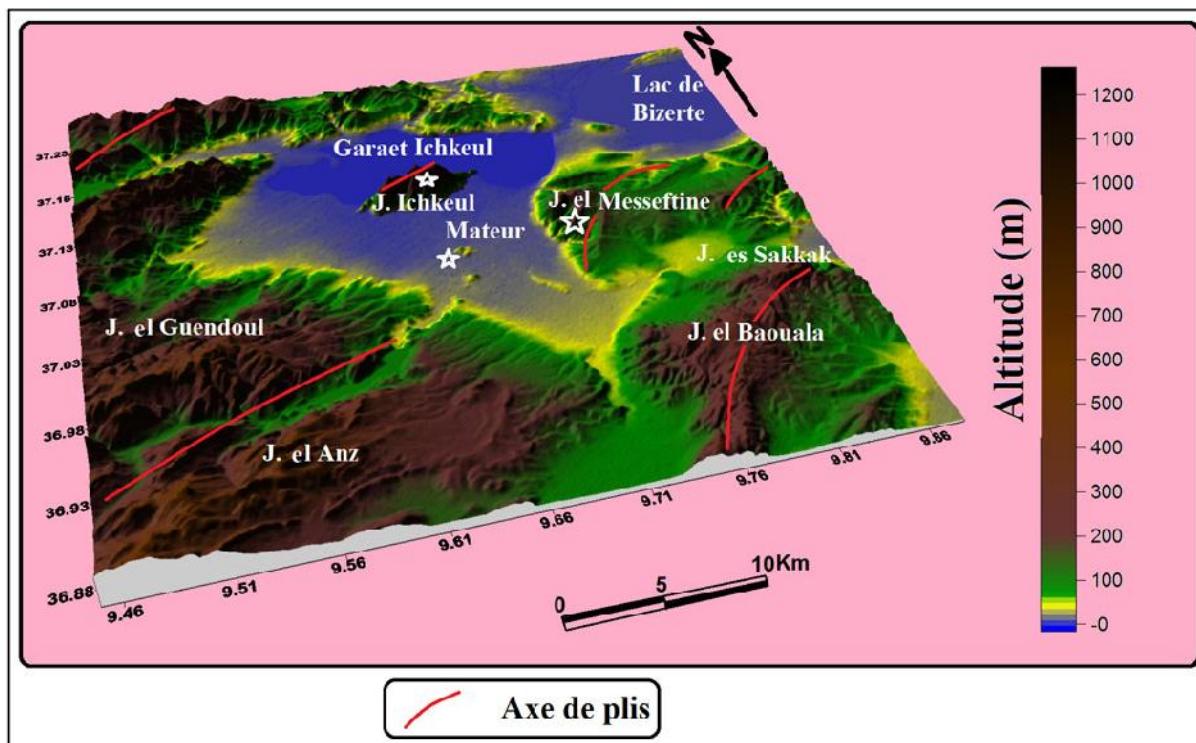


Fig. 4: Modèle Numérique de Terrain de la région du Menzel Bourguiba-Mateur.

La région du Menzel Bourguiba-Mateur est caractérisée par la présence de structures plicatives en S (**Figs. 1 et 4**) qui sont:

- le synclinal à cœur de Miocène moyen de la partie SW de la région du Mateur;
- le synclinal à cœur de Quaternaire à la partie Est du Henchir el Haroune;
- le synclinal à cœur de Quaternaire à la partie Nord de la ville d'Ech Chouigui;
- l'anticlinal à cœur de Miocène supérieur au niveau du J. el Messeftine;
- l'anticlinal à cœur de Miocène supérieur au niveau du J. el Mellaha.

La région de Menzel Bourguiba-Mateur est affectée par des failles de différentes directions NE-SW, NW-SE, E-W et N-S (**Figs. 1 et 4**):

- les failles de direction N-S affectent la série pliocène à la partie Est de la région de Mateur et les calcaires éocènes à la partie SW de la région de Mateur;

- les failles de directions NE-SW et E-W affectent surtout les calcaires éocènes à la partie SW de la région de Mateur;
- les failles de direction NE-SO affectent les séries du Crétacé supérieur au niveau du J. Guenndoul.

Cette région est caractérisée par des structures plissées et faillées ont été reconnues à partir de la sismique et qui sont cachées par les dépôts du Quaternaire moyen à l'Actuel.

Le secteur de Messeftine est un bassin losangique (**Fig. 5**). Il est limité par quatre accidents majeurs (A1, A2, A3 et A4) (**Fig. 5**). Les deux accidents A1 et A2 sont de directions N-S. Alors qu'A3 et A4 sont de direction NW-SE.

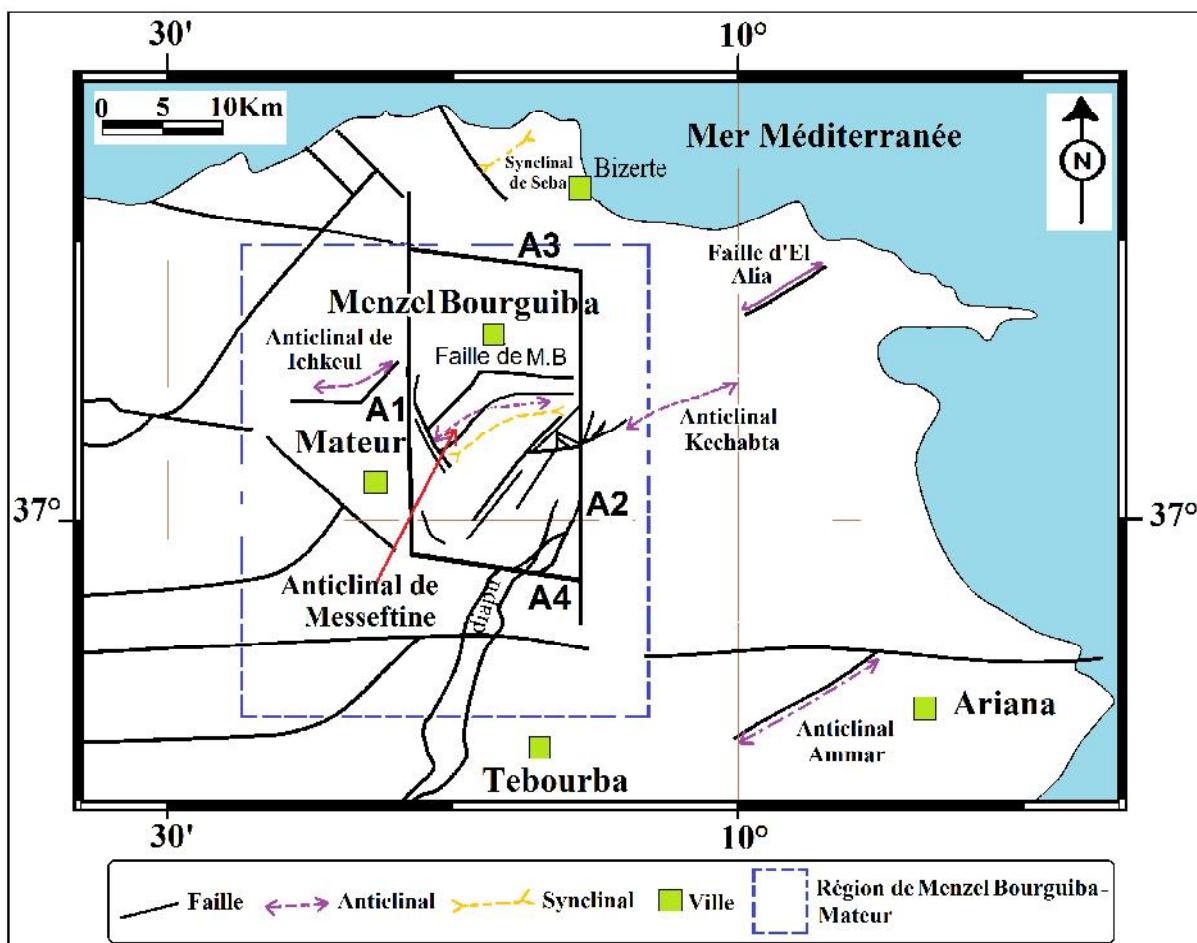


Fig. 5 : Carte structurale du domaine d'étude déterminée à partir des données satellitaires SRTM, des affleurements, de la sismique et de la gravimétrie ([8], 2013; modifiée).

3. Etude structurale de la région de Menzel Bourguiba-Mateur à partir des données de surfaces et de subsurfaces

3.1. Interprétation des données gravimétriques utilisées

Une étude plus détaillée a été réalisée sur l'assemblage de deux cartes gravimétriques de la région de Menzel Bourguiba et Mateur à l'échelle 1/50000 (**Fig. 6**) réalisées par l'Office National des Mines. Les données des points de mesures gravimétriques sont établies à partir d'une couverture moyenne de l'ordre de 1 station/Km² et une densité de correction de 2,4 g/cm³.

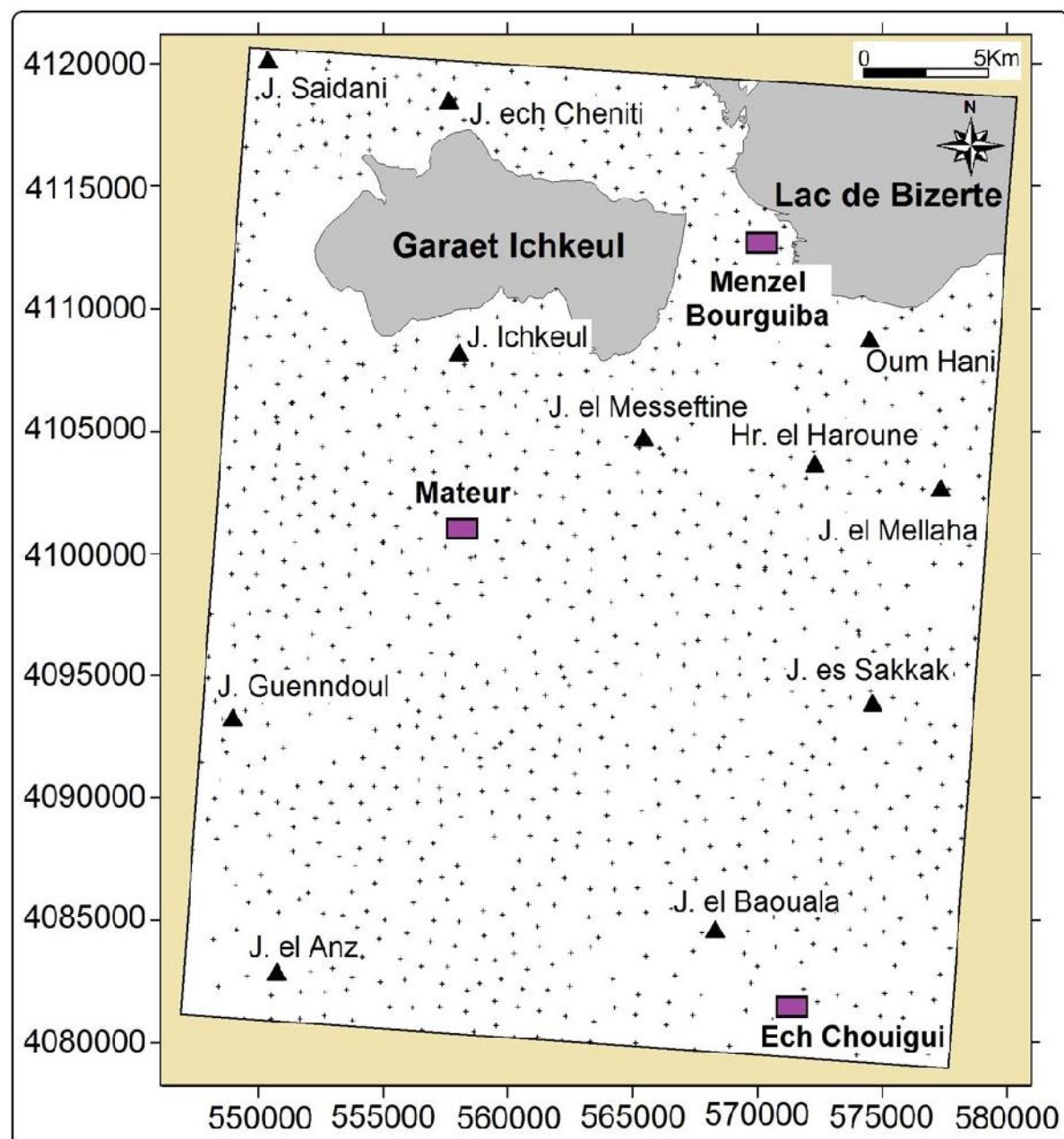


Fig. 6: Carte de répartition des stations de mesures gravimétriques dans la région de Menzel Bourguiba-Mateur à l'échelle 1/50000 réduite.

La carte de l'anomalie de Bouguer exprime une amplitude d'environ 40 mgals dans la région de Menzel Bourguiba-Mateur, avec des valeurs (**Fig. 7**) qui varient de - 4 mgals (anomalies négatives) jusqu'à +36 mgals (anomalies positives). Les valeurs des anomalies gravimétriques sont représentées avec une échelle de couleur variant entre les tons noirs pour les anomalies négatives les plus faibles et les tons blancs pour les anomalies positives les plus élevées.

Les réponses gravimétriques sont disposées en gradient gravimétrique négatif et ils sont caractérisés par des anomalies de faibles longueurs d'onde. Trois zones à anomalies négatives se distinguent également (**Fig. 7**):

- la première anomalie négative (AN1) à un axe de direction N-S est située au niveau du secteur de Messeftine, elle est limitée au nord par la ville de Menzel Bourguiba, à l'Est par la région de Henchir el Haroun. Cette anomalie caractérise les dépôts du plio-quaternaire au niveau du secteur Menzel Bourguiba-Mateur;
- la deuxième anomalie négative (AN2) est subcirculaire. Elle est située à l'extrémité SW de la région de Menzel Bourguiba-Mateur plus exactement au niveau du J. el Anz, Cette anomalie négative reflète les dépôts éocènes de cette région;
- la troisième anomalie (AN3) a été située au nord de la région d'Ech Chouigui, elle coïncide avec les dépôts quaternaires.

Les réponses gravimétriques sont disposées en gradient gravimétrique positif et elles sont caractérisées par des anomalies de grandes longueurs d'onde. Six zones à anomalies positives se distinguent également (**Fig. 7**):

- la quatrième anomalie (AP1) se superpose aux dépôts jurassiques et triasiques du J. Ichkeul. Cette anomalie est de direction E-W;
- la cinquième anomalie (AP2) coïncide aux dépôts du Crétacé supérieur de la ville de Mateur. Cette anomalie de direction moyenne NE-SW;
- la sixième anomalie (AP3) coïncide aux dépôts du Crétacé, du Trias et de l'Oligocène à Miocène inférieur situés à la partie Ouest de Garaet Ichkeul;
- la septième anomalie (AP4) se superpose aux dépôts de l'Oligocène à Miocène inférieur situé à l'extrême NO de la région de Menzel Bourguiba;
- la huitième anomalie (AP5) se situe à l'Est du J. es Sakkak;
- la neuvième anomalie (AP6) se conforme avec les dépôts du Crétacé de la région Ech Chouigui.

La superposition de la carte géologique de la région Menzel Bourguiba-Mateur avec la carte d'anomalie de Bouguer révèle des réponses gravimétriques traduisant les effets des formations géologiques en surface et en subsurface:

- les affleurements triasiques au niveau du J. el Baouala et J. es Sakkak sont formés par des dépôts d'argiles, de dolomies, de brèches, de grès, ou ils n'ont pas de réponses spécifiques. Ces contrastes de réponses gravimétriques montrent que le Trias ne peut imposer de signature gravimétrique propre et homogène;
- les affleurements du Jurassique (J. Ichkeul), du Crétacé (région ech Chouigui et ville de Mateur), de l'Oligocène à Miocène inférieur (extrême NW de la région

Menzel Bourguiba) montrent des signatures gravimétriques positives;

- Les séries de l'Éocène (extrême SW de la région Mateur) montrent des signatures gravimétriques négatives;
- Les affleurements du Miocène, du Pliocène et du Quaternaire ont une signature gravimétrique négative.

Les failles A1, A2, A3 et A4 sont représentées (**Figs. 7 a et b**) au niveau du gradient gravimétrique entre les anomalies négatives et positives. Ces accidents ou failles majeures limitent le secteur de Messeftine. Ce secteur sera étudié par la suite avec détails.

3.2. Interprétation sismiques

En se basant sur les données des forages et des profils sismiques, on a essayé de déterminer la géométrie des structures et l'extension latérale et verticale des différentes formations des séries néogènes qui caractérisent la région de Menzel Bourguiba.

Une maille sismique (**Fig. 1 et 8**) est formée de sept profils sismiques (L1, L2, L3, L4, L5, L6 et L7) et trois puits de forages (P1, P2 et P3).

Après avoir fait l'interprétation de ces profils sismiques, on construit les polygones, on réalise une interpolation entre les deux accidents majeurs (A1 et A2), les différentes failles et les horizons qui permettent d'élaborer les surfaces à partir des lignes.

La combinaison des profils sismiques en 3D (**Fig. 8**) montre que le secteur de Messeftine est formé par des blocs basculés telques le bloc el Kherba et le bloc Ain Samra qui est limité par des failles listriques (**Fig. 9**). Ces failles ont montré des changements selon quatre directions variables dans l'espace (trois variables X (longitude), Y (latitude) et Z (altitude)) et dans le temps (t) depuis le Miocène supérieur jusqu'à l'Actuel (**Figs. 8 et 9**). On remarque un polyphasage des structures tectoniques que ce soit le plissement ou les jeux des failles à composante inverse ou normale.

La couverture du secteur de Messeftine est subdivisée en faisceaux de plis N-S, NE-SW à E-W perturbés par l'association des failles conjuguées NW-SE et NE-SW. Ces plis ont subi une déformation dans l'espace et dans le temps (**Fig. 9**).

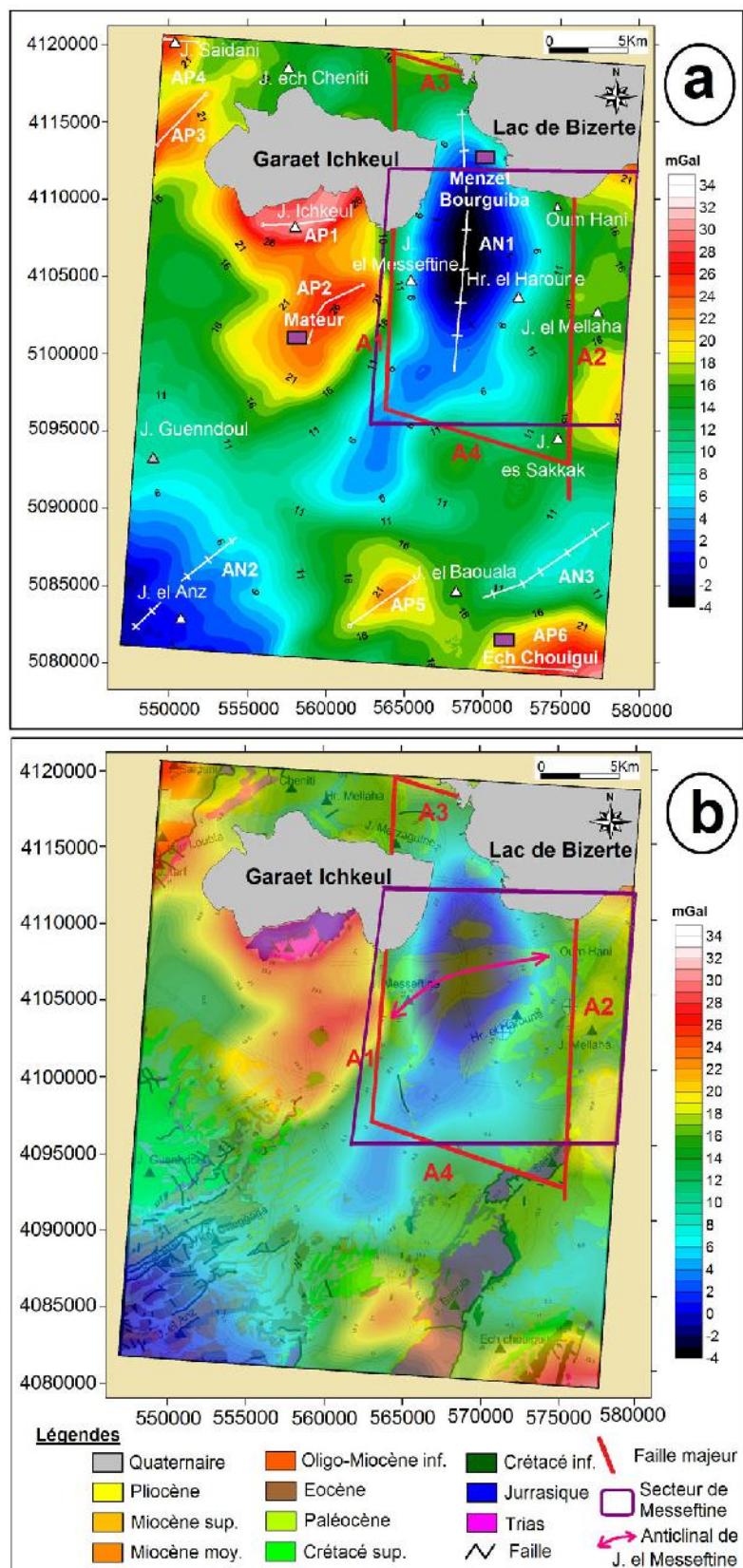


Fig. 7: Interprétation gravimétrique de la région de Menzel Bourguiba-Mateur. a- Carte de l'anomalie de Bouguer. b- superposition de la carte de l'anomalie de Bouguer sur la mosaïque de la carte géologique région de Menzel Bourguiba-Mateur à l'échelle 1/50.000.

Le maximum d'épaisseissement des séries miocènes est situé au niveau du bloc el Kherba et Henchir ech Cheggagouif. Ces blocs basculés marquent un double déversement des séries vers le Nord et vers l'Ouest du secteur de Messeftine (Fig. 8 et 9) acquis lors des phases du Miocène supérieur à l'Actuel.

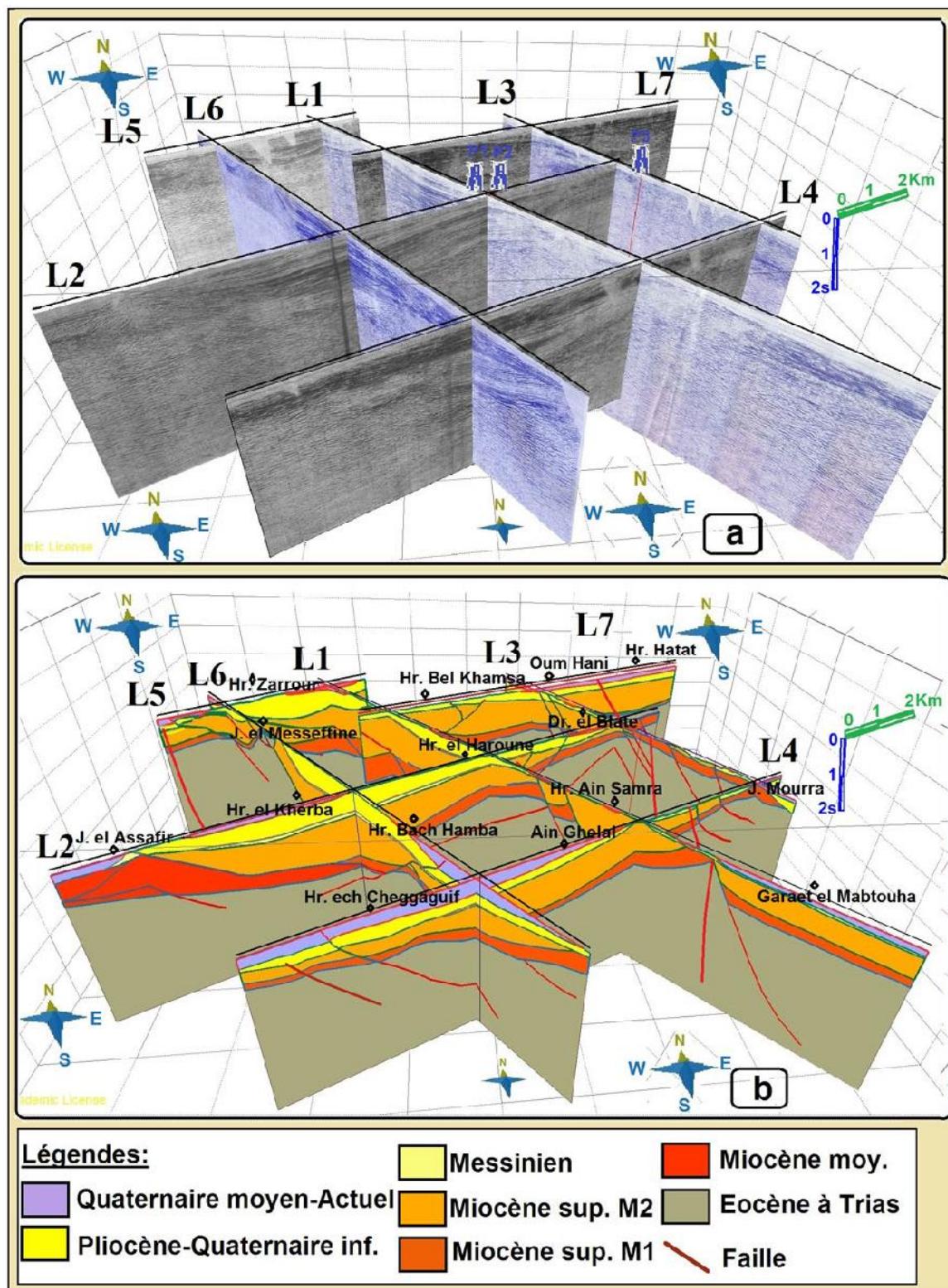


Fig. 8: Recoupement en 3D des profils sismiques du secteur de Messeftine.

(a): Corrélation en 3D des profils sismiques. (b): Interprétation de profils sismiques sous formes des polygones.

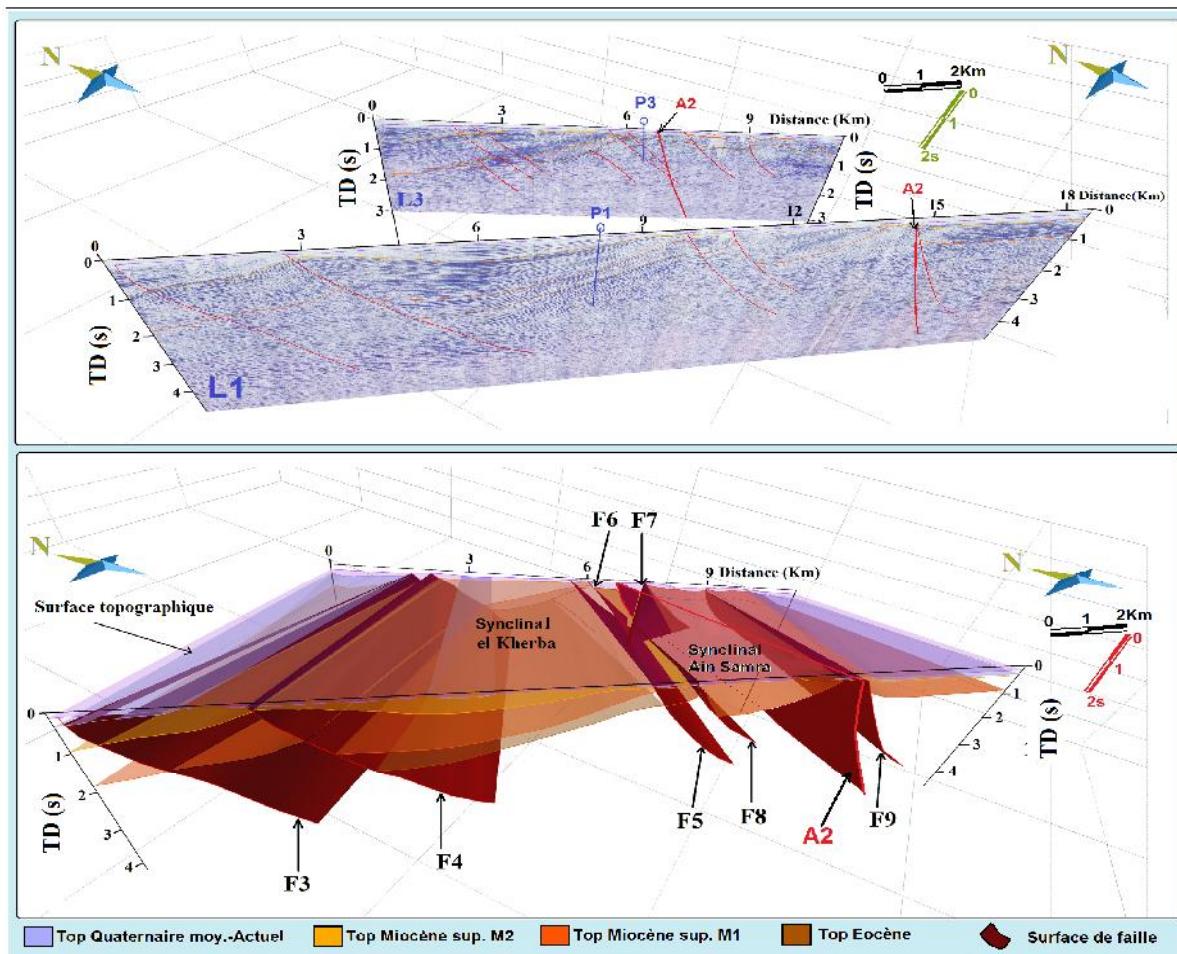


Fig. 9 : Bloc 3D du secteur de Messeftine [8].

La relation spatiale entre les profils sismiques (**Fig. 10**) convertit en mètre montre que :

- les failles F3 et F4 jouent un rôle dans la tectonique synsédimentaire au cours du Miocène supérieur vers l'Actuel;
- un double déversement d'épaissements des séries vers le Nord et vers l'Ouest acquis au cours du Miocène supérieur jusqu'à l'Actuel;

Le maximum des épaisseurs des séries est de l'ordre de 3000 m au niveau de synclinal el Kherba et synclinal ech Cheggaguiif.

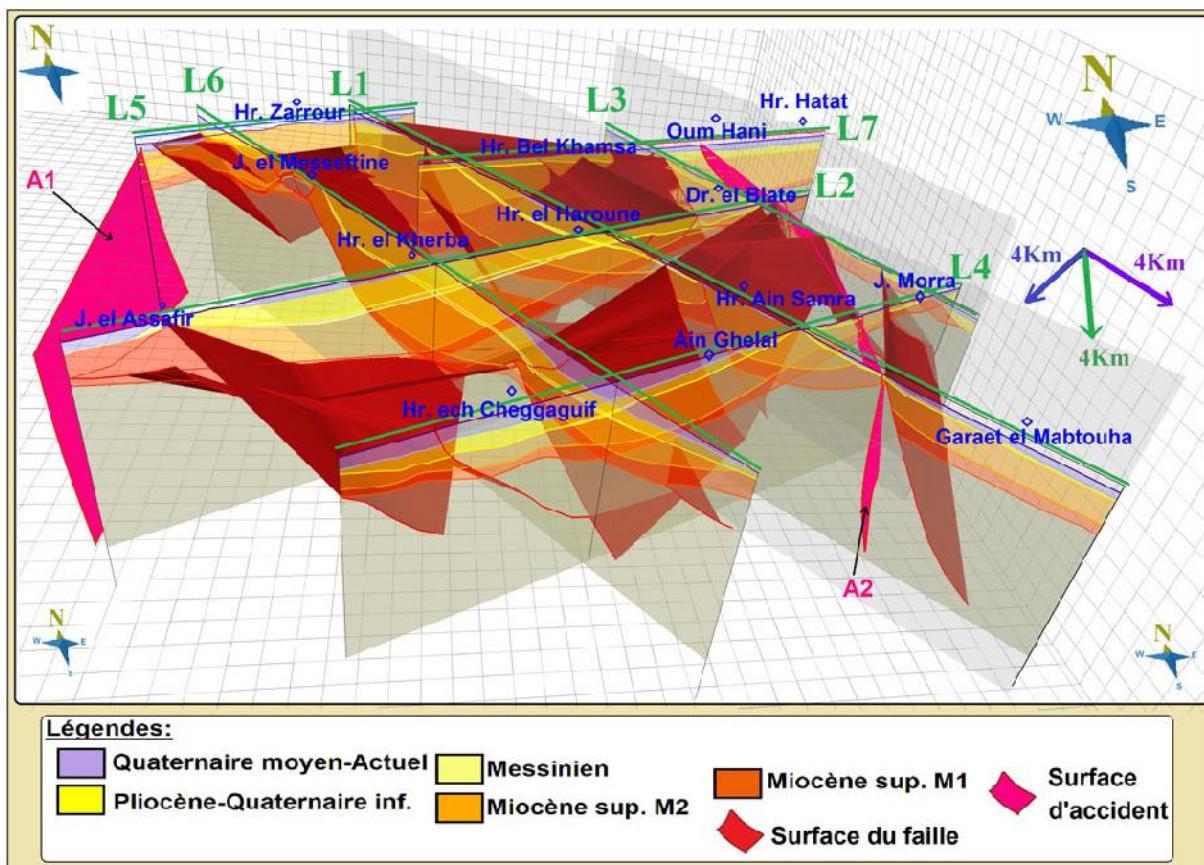


Fig. 10: Relation spatiale entre les failles et les profils sismiques convertis en mètre.

4. Conclusion

La combinaison des données de surface et de subsurface est utilisée pour déterminer le schéma structural de la région de Menzel Bourguiba- Mateur pendant la période Miocène supérieure jusqu'au Quaternaire.

Du NW vers le SE du secteur de Messeftine (**Fig. 11**), les structures plicatives sont caractérisées par un axe courbe dont les directions suivantes :

- NE-SW à E-W telques anticlinal Messeftine (A2) et le synclinal el Kherba (S1);
- N-S à NW-SE de l'anticlinal el Assafir (A3);
- NE-SW à N-S de l'anticlinal Mourra (A5);

D'autres structures plicatives ont des axes dont les directions sont droites orientées:

- NE-SW comme l'exemple de l'anticlinal el Blate (A4), le synclinal Ain Samra (S3);
- Sub N-S comme l'anticlinal Zarrou (A1) et le synclinal Zarrou (A5) sont situés à la partie centre ouest du secteur;
- NW-SE comme l'anticlinal d'ech Cheggaguir (A6) et synclinal d'ech Cheggaguir (S4) est situé à la partie Sud Ouest du secteur.

Le secteur est affecté par des structures cassantes correspondant aux failles (A1, A2, F1, F2, F3 F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F15, Fa et Fm) de directions NE-SO; E-O; subN-S et NO-SE:

- l'accident A1 est situé à l'Ouest du J. el Messeftine est de direction N-S;
- l'accident A2 est situé à l'Est du secteur d'étude est de direction N-S;
- la faille F1 est située au niveau du J. el Messeftine à une direction NW-SE;

- la faille F2 au niveau du Jbel el Messeftine a un axe courbe de direction NW-SE à NE-SW;
- les deux failles F3 et F4 sont d'axe courbe NE-SW à E-W;
- les failles F5, F6, F8, F9 et F10 sont de direction NE-SW;
- la faille F7 est de direction ENE-WSW;
- les failles F11, F12 sont de direction NW-SE à N-S (N140 à N160);
- la faille F13 est de direction d'axe courbe N-S à NE-SW;
- d'autres failles sont de directions NW-SE et NE-SW, elles sont situées au niveau du Douar el Blate.

Les directions axiales des structures plicatives (anticlinaux et les synclinaux) sont presque toujours quasi parallèles aux directions de failles quelque soit leurs directions.

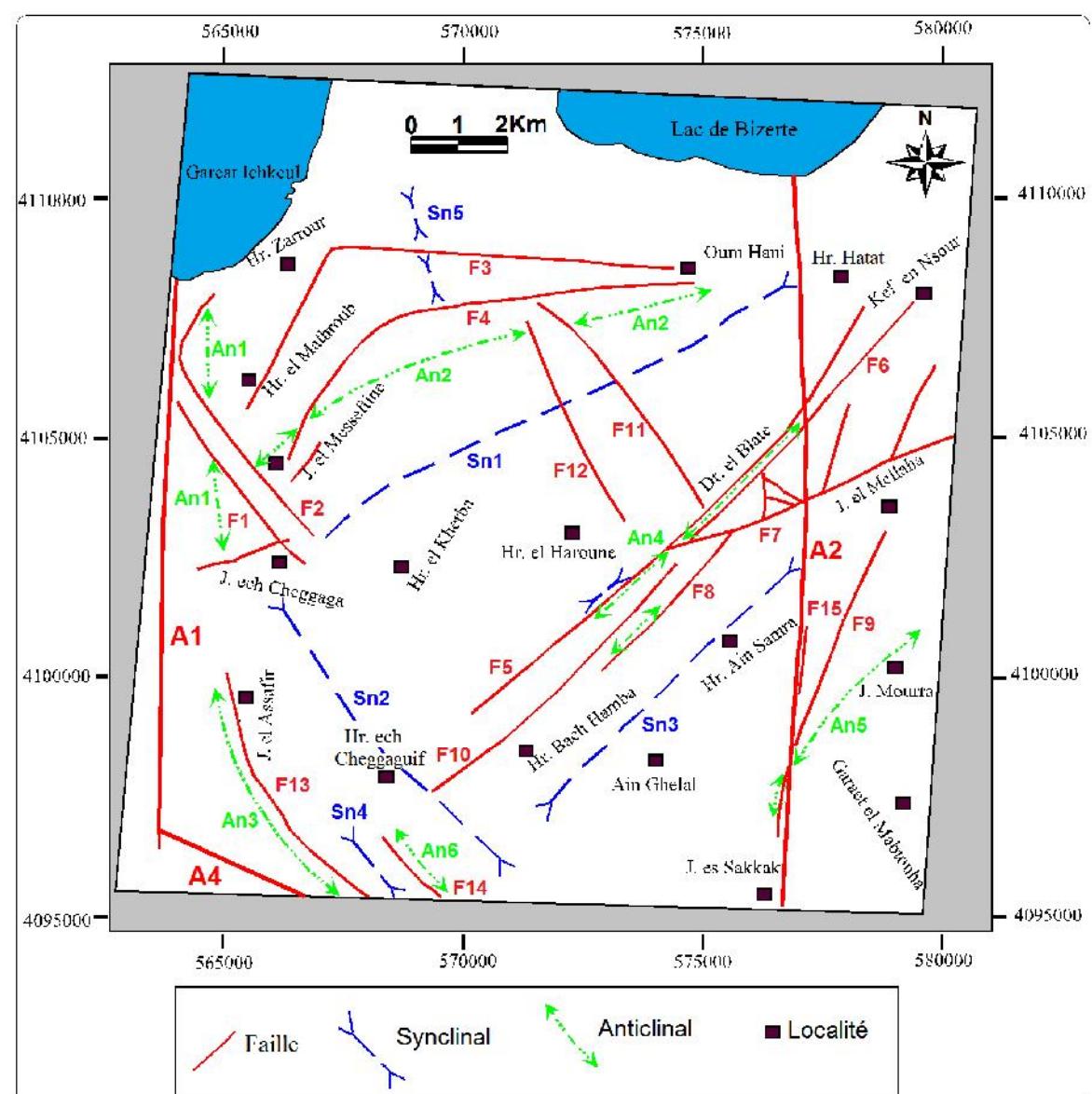


Fig. 11: Schéma structural du secteur de Messeftine (région de Menzel Bourguiba-Mateur).

F: Faille. A: Accident majeur.

An1: Anticlinal Zarrou; An2: Anticlinal Messeftine; An3: Anticlinal el Assafir; An4: Anticlinal el Blate; An5: Anticlinal Mourra; An6: Anticlinal ech Chegagouf.

Sn1: Synclinal el Kherba; Sn2: Synclinal ech Cheggauif; Sn3: Synclinal Ain Samra; Sn4: Synclinal el Assafir; Sn5: Synclinal Zarrou.

5. References

- [1] **Burollet, P.F. 1951** - Etude géologique des bassins moi-pliocène du Nord-Est de la Tunisie (région entre Mateur Ferryville et Porto-Farina). Ann. Min. Géol., Tunis 1ère série : Géol. géner et région. n°7, 91p.
- [2] **Melki, F. 1997** - Tectonique de l'extrême nord-est de la Tunisie (Bizerte–Menzel Bourguiba–Mateur). Evolution tectonique de blocs structuraux du Crétacé supérieur au Quaternaire, Thèse de Doctorat Univ. Tunis II, Fac. Sci. Tunis, 213 p.
- [3] **Kacem, J. 2004** - Etude sismotectonique et évaluation de l'alea sismique régional du Nord-Est de la Tunisie : apport de la sismique réflexion dans l'identification des sources sismogéniques, Thèse, Univ. Tunis El Manar, Fac.Sci.Tunis, 168p.
- [4] **Melki, F.; Zouaghi, T.; Ben Chelbi, M.; Bedir, M.; Zargouni, F. 2010** - Tectono-sedimentary events and geodynamic evolution of the Mesozoic and Cenozoic basins of the Alpine Margin, Gulf of Tunis, north-eastern Tunisia offshore. C. R. Geoscience 342, 741-753.
- [5] **Melki, F.; Zouaghi, T.; Harrab, S.; Casas Sainz, A.; Bédir, M.; Zargouni, F. 2011** - Structuring and evolution of Neogene transcurrent basins in the Tellian foreland domain, north-eastern Tunisia. Journal of Geodynamics 52 (2011) 57-69.
- [6] **Mejri, L. 2012** - Tectonique Quaternaire, paléosismicité et sources sismogéniques en Tunisie Nord-Orientale: Etude de la faille d'Utique. Thèse de doctorat . univ Toulouse 3 Paul Sabatier et Univ. es sciences de Tunis, 185p.
- [7] **Alyahyaoui, S.; Gabtni, H.; Zouari, H.; Mzali, H. 2013** - New Structural Elements in Tellian Foreland Domain of the Northeastern Tunisia (Mateur Plain) after Integrating Geological and Geophysical Data. International Journal of Geosciences, 2013, 4, 1061-1072. doi.org/10.4236/ijg.2013.47100.
- [8] **Alyahyaoui S.; Zouari, H. 2013** - Synsedimentary folding process and transtensive tectonic during Late Miocene to Quaternary in northeastern Tunisia: case of Mateur–Menzel Bourguiba region. Arab J Geosci. DOI 10.1007/s12517-013-1111-2.
- [9] **Fournet A., Lajmi T., Pini S. (1994)** - Carte géologique à l'échelle 1/50000, de la feuille de Mateur, n°12. Edit. Serv. Geol. (ONM).
- [10] **Alouani R., Melki F., Tlig S. et Zargouni F (2006)** - Carte géologique de la région de Menzel Bourguiba 1 / 50000, n°6. Edit. Serv. Géol. (ONM).