

**Le corps igné de Nefza (Tunisie septentrionale) :
caractéristiques géophysiques et discussion du
mécanisme de sa mise en place**

C. JALLOULI* , M. H. INOUBLI* & Y. Y. ALBOUY**

Résumé.- La présence de roches ignées a été mise en évidence dans le Nord-Ouest de la Tunisie dans les régions de Nefza et des Mogod. La répartition géographique de ces indices montre qu'ils sont alignés suivant la direction Est-Ouest (N80°).

L'interprétation des données aéromagnétiques et gravimétriques, conjuguée avec une modélisation géophysique du type 2D 1/2 ont permis de caractériser le corps igné de la région de Nefza. Les résultats montrent qu'il s'agit d'une roche intra-sédimentaire de densité supérieure à 2.8, peu profonde (700 à 800 m), allongée dans la direction N80° et de susceptibilité magnétique de l'ordre de 600 E-6 (cgs). Les corps d'origine magmatique de la région, en particulier celui de Nefza, sont associés à un gradient géothermique anormalement élevé. Compte tenu de la géométrie de ce corps et du contexte géologique, il semble que sa mise en place est liée à une zone de faiblesse de la lithosphère qui correspond à une fracturation profonde de direction proche de l'Est-Ouest.

Mots clefs.- Roches ignées, aéromagnétisme, gravimétrie, modélisation géophysique, roche intra-sédimentaire, fracturation profonde Est-Ouest, Tunisie nord-occidentale .

Abstract.- Different igneous rocks have been identified in North-West Tunisia, in the regions of Nefza and Mogod. The geographic distribution of these occurrences shows an East-West (N80) alignment.

The interpretation of the aeromagnetic and gravimetric data used for 2D1/2 modelisation, in the region of Nefza, permit to characterize the igneous body of this region. It is found to be a shallow intrasedimentary body (700-800 m), with a magnetic susceptibility of 600E-6 (cgs), having a higher density than granite (about 2.8 g/cc) and laying in a N80 direction.

*Laboratoire de Géophysique. Département de Géologie. FST. 1060 Campus Universitaire. Tunisie.

**ORSTOM, Bondy, France.

Fonds Documentaire ORSTOM



010011160

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B*1160 Ex : 1

The igneous bodies of the region, especially that of Nefza, are associated with an abnormally high geothermal gradient, therefore, the formation of these igneous bodies should be related to a thermal activity. Referring to the geological context, and the shape of the body, it seems that the Nefza igneous body is related to a weak zone in the lithosphere which correspond to a deep-seated fractured zone oriented approximately E-W. Therefore, the E-W fractured zone may be considered as the most probable cause of these thermal and magmatic activities.

Key words.- Igneous rocks, aeromagnetism, gravimetry, geophysic modelisation, roche intrasedimentary body, E-W deep-seated fractured zone, North-occidental Tunisia..

INTRODUCTION

Les manifestations magmatiques du Nord de la Tunisie, reconnues depuis très longtemps, ont fait l'objet de plusieurs travaux (Solignac, 1927; Gothis et Sanfield, 1952; Crampon, 1973; Bajanic, 1974; Rouvier, 1977; Mauduit, 1978; Rekhiss, 1984; Negra, 1987). La plupart des corps ignés sont masqués par des séries sédimentaires. L'étendue des affleurements, mis en évidence, est de quelques centaines de mètres (Fig. 1). Pour mieux contraindre l'extension et la nature des roches ignées, il est nécessaire de recourir à des méthodes indirectes. La première reconnaissance de la zone par les méthodes géophysiques a eu lieu en 1964 (C.G.G.). Une prospection aéromagnétique, dans la région sud de Tabarka et de Nefza a été effectuée et deux anomalies magnétiques, localisées à Nefza et à Ras Rajel, ont été détectées. Elles étaient interprétées comme la réponse de corps ignés intrusifs de type acide (C.G.G., 1964).

Dans la présente note, une interprétation des anomalies gravimétriques et magnétiques localisées dans la région de Nefza est réalisée. Une modélisation du corps, source des anomalies géophysiques, a été effectuée pour mieux préciser sa géométrie et discuter le mécanisme de sa mise en place dans le contexte géodynamique régional.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

En Tunisie, l'édifice alpin constitue le prolongement oriental des Maghrébides qui englobe les régions de Kroumirie et des Mogods. Ces régions dans lesquelles se sont développées des manifestations magmatiques, sont constituées par un empilement d'unités allochtones. La déformation est considéré comme le résultat d'un phénomène compressif produisant une tectonique tangentielle (Solignac, 1927; Rouvier, 1977; Ghottis et Sanfeld, 1956; Crampon, 1971). Par contre, dans l'avant pays de la chaîne, les interprétations privilégient les déplacements verticaux pour expliquer la montée du complexe triasique (Bolze, 1954; Perthuisot, 1978) et les effondrements des bassins molassiques (Burolet, 1951; Crampon, 1971). La chaîne de Kroumirie et des Mogods et son avant-pays sont caractérisés par des charriages, des chevauchements et des diapirs.

L'architecture de cette structure témoigne du rejeu en décrochement-chevauchement des grands accidents précoces proches des directions E-W et N-S (Ben Ayed, 1983, 1993).

Durant le Néogène, l'activité magmatique dans le Nord de la Tunisie est limitée aux trois principales régions dans lesquelles des roches ignées ont été mises en évidence. On distingue :

- Le groupe de l'archipel de La Galite situé dans le Nord-Ouest de la Tunisie; il est constitué par des affleurements de granitoïde, de microgranite et de microgranodiorite d'âge 10 à 14.2 Ma (Bellon, 1976). La Galite présente l'affleurement le plus large de roches ignées en Tunisie. Il s'étend sur 4 km environ.

- Le groupe de Nefza situé à l'Ouest (Fig. 1); il est représenté essentiellement par les affleurements de l'Oued Bellif, Jebel Hdada et l'Oued Essifane. Les roches ignées de ce groupe sont constituées de granodiorite, rhyodacite et de basaltes sous forme d'intrusions, de dômes ou de laves. La détermination de l'âge de ce groupe donne une fourchette de 6.6 à 13 Ma (Bagdazarjan *et al.*, 1972; Bajanick, 1971; Bellon, 1976; Rouvier, 1977 et Mauduit, 1978).

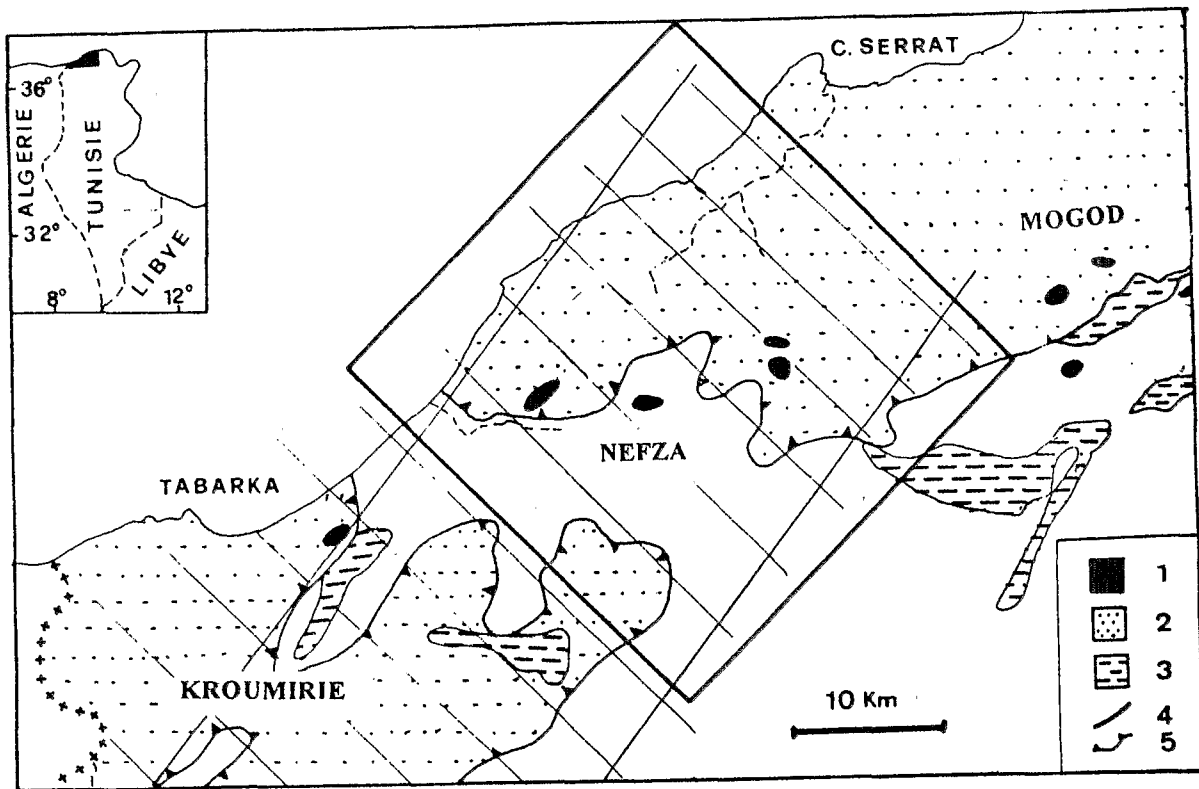


Fig. 1.- Schéma montrant la localisation de la zone d'étude et les lignes de vol pour l'acquisition des données aéromagnétiques. 1: roches ignée; 2: Numidien; 3: Trias; 4: faille; 5: limite frontale de la zone numidienne allochtone.

Le groupe des Mogod situé à l'Est (Fig. 1); il est représenté essentiellement par le piton basaltique de Galb Saad Moun. Dans ce groupe on trouve les basaltes les plus récents d'âge 5 à 7 Ma (Bajanick, 1971; Bagdazarjan *et al.*, 1972; Bellon, 1976; Halloul, 1989; Glaçon et Rouvier, 1972). Ces basaltes se sont mis en place dans un environnement post-orogénique (Crampon, 1973; Cohen *et al.*, 1980; Halloul, 1989 et Mauduit, 1978).

L'ensemble des résultats des datations radio-métriques montre que le volcanisme néogène en Tunisie septentrionale est polyphasé et que les différentes phases se sont déroulées entre le serravallien et le Pliocène basal (Mauduit, 1978)

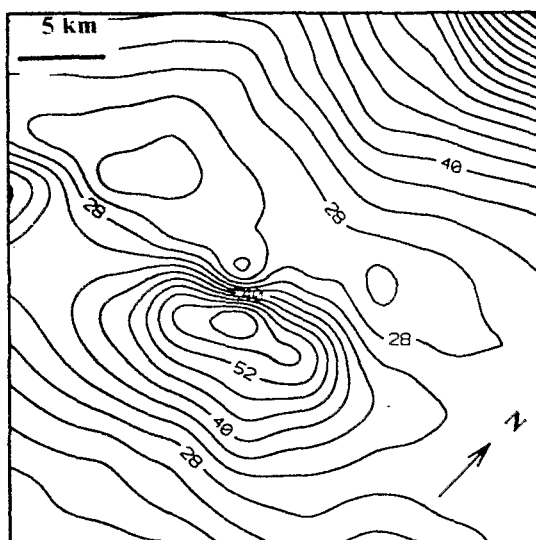


Fig.2.- Carte de l'anomalie aéromagnétique (champ total) de Nefza. Altitude de vol: 350m; Base arbitraire; acquisition faite par la CGG en 1964.

DONNEES GEOPHYSIQUES

Une prospection aéromagnétique a été effectuée par la C.G.G. (1964) dans l'extrême Nord Ouest de la Tunisie, au Sud-Est de Tabarka. L'altitude de vol est de 350 m au-dessus du sol. Les lignes de direction NNW-SSE sont espacées de 4 km. Les traverses de direction perpendiculaire, sont espacées de 25 km (Fig. 1). Cette prospection a permis de localiser une anomalie du champ magnétique dans la région de Nefza et une autre à Ras Rajel (Sud de Tabarka) appelées successivement A2 et A1 par la C.G.G.. La carte d'anomalie aéromagnétique (champ total) de la région de Nefza (Fig. 2) est obtenue par un échantillonnage, tous les 500 mètres, des valeurs de l'anomalie suivent les lignes de vol. Ces valeurs ont été ensuite interpolées pour générer une grille régulière de maille carrée de 2km. La grille obtenue constitue un document de base pour tous les traitements ultérieurs. L'anomalie montre une partie positive du côté sud et une partie négative du côté nord. La variation maximale de l'intensité du champ total est de l'ordre de 40 gamma à une altitude de 350 m.

La figure-3 montre la répartition des points de mesures gravimétriques et l'anomalie de Bouguer dans ce secteur. Cette dernière est calculée avec une densité de plateau de 2.67 g/cc . Malgré la faible densité de ces mesures, une anomalie positive est mise en évidence dans la région de Nefza à l'emplacement de l'anomalie magnétique.

TRAITEMENT DES DONNEES

L'allure de l'anomalie magnétique observée montre qu'il y a une tendance régionale de direction Sud-Nord de grande longueur d'onde sur laquelle s'ajoute une anomalie locale de longueur d'onde plus petite (Fig. 2). Le signal observé est alors dissocié en une régionale et une résiduelle.

La régionale représente la somme des variations du champ normal (IGRF) et ceux dues à un socle magnétique se trouvant à une profondeur de 2 km d'après l'étude aéromagnétique de grande reconnaissance (C.G.G., 1964). Vu le contexte géologique de la région, la résiduelle, qui est la différence entre le signal observé et la régionale, ne peut correspondre qu'à un corps igné intra-sédimentaire.

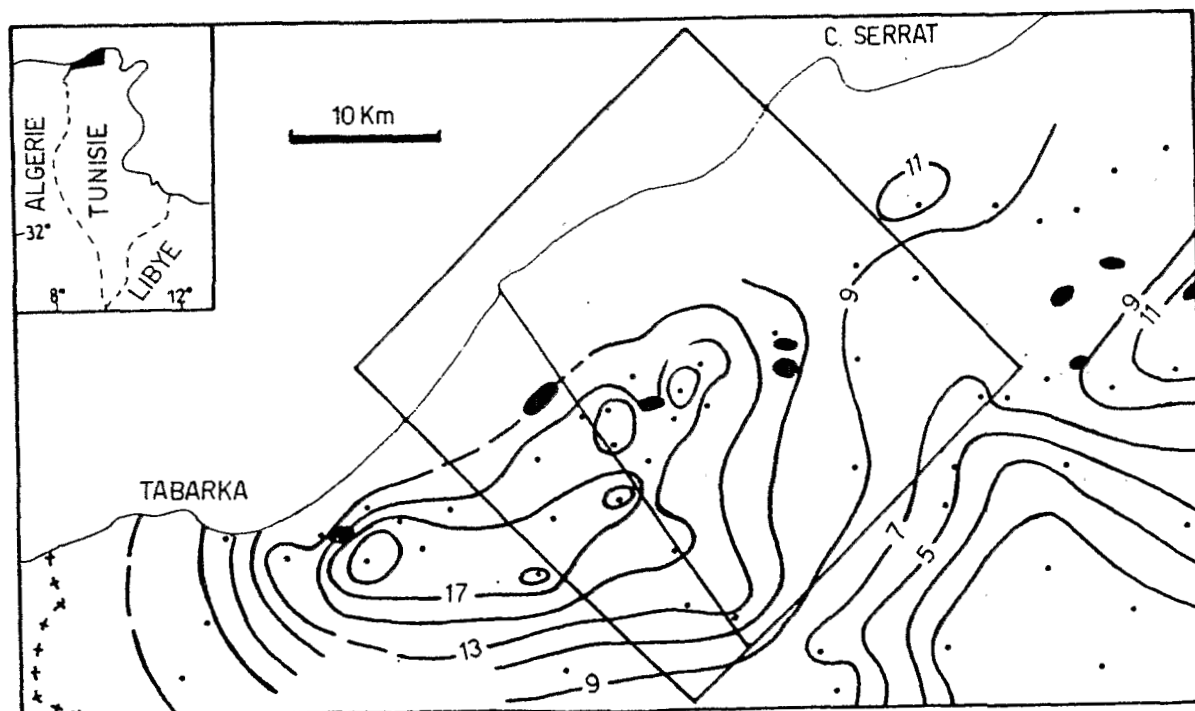


Fig.3.- Carte de l'anomalie de Bouguer au NW de la Tunisie et la répartition des points de mesures. Equidistance des courbes: 2 mgal. La figure montre aussi les indices de roches ignées, l'emplacement de l'anomalie aéromagnétique de Nefza et le profil utilisé pour calculer la solution du corps idéal.

Pour avoir une idée sur l'allure de la régionale, on a prolongé vers le haut le signal observé jusqu'à l'atténuation totale de l'anomalie de petite longueur d'onde (Fig. 4). En se basant sur l'allure du signal prolongé, une régionale graphique a été tracée le long d'un profil qui coïncide avec une ligne de vol tout en respectant les pentes sur les bords du profil (Fig. 5). La résiduelle, obtenue, présente une anomalie avec une partie positive du coté sud et une partie négative du coté nord. Les bords de l'anomalie sont proches de zéro.

On rappelle qu'une anomalie de Bouguer positive se superpose à l'anomalie magnétique de Nefza. En supposant que les anomalies magnétique et gravimétrique sont liées à une source unique, nous allons focaliser notre étude sur la caractérisation de cette dernière.

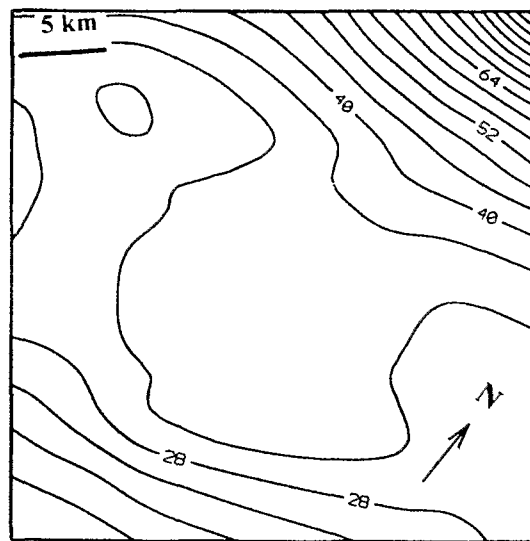


Fig.4: Carte de l'anomalie magnétique de Nefza (champ total) prolongée vers le haut. Equidistance : 4 gamma.

LES METHODES D'INTERPRETATION

Le but de l'interprétation est de fournir un ou quelques modèles qui expliquent les anomalies géophysiques. Le modèle recherché est caractérisé par différents paramètres tels que la forme du corps source de l'anomalie géophysique, sa profondeur, le contraste de densité, et la susceptibilité magnétique. Le nombre de paramètres qui contrôlent l'anomalie gravimétrique est inférieur au nombre de paramètres qui contrôlent l'anomalie magnétique. Par conséquent, il y a moins de degré de liberté pour expliquer l'anomalie gravimétrique. L'inversion des données gravimétriques constitue donc une base solide de l'interprétation. Etant donné que la densité des points de mesures dans la région de Nefza est faible (Fig. 3), l'anomalie gravimétrique positive mise en évidence ne reflète pas correctement la source. Nous avons utilisé donc les données gravimétriques essentiellement pour déterminer les limites de variation de certains paramètres tels que le contraste de densité, l'épaisseur et la profondeur de la source en utilisant la technique de corps idéal développée par Parker (1975).

Cette technique constitue une excellente méthode pour déterminer les propriétés de la source et elle a été appliquée aux données gravimétriques (Parker, 1975; Safon et al., 1977; Ander, 1980; Huestis et Ander, 1983, Ander et Huestis, 1987; Boukeke, 1994) et aux données magnétiques (Huestis et Parker, 1975).

Le modèle final a été établi par inversion de l'anomalie magnétique qui est bien exprimée par un nombre de points de mesures plus important. L'inversion a été effectuée par le programme SAKI de Saltes et Blakely (1993). Ce programme offre la possibilité de la modélisation 2D et 2D 1/2 en gravimétrie et en magnétisme. La modélisation 2D suppose que le corps est infiniment allongé latéralement ce qui n'est pas ici le cas, c'est pourquoi nous avons réalisé une modélisation 2D1/2 qui tient compte de l'extension limitée de la source. Ce calcul permettra de préciser la géométrie du corps (profondeur et forme), et sa susceptibilité magnétique en supposant que l'anomalie observée est due à une aimantation induite.

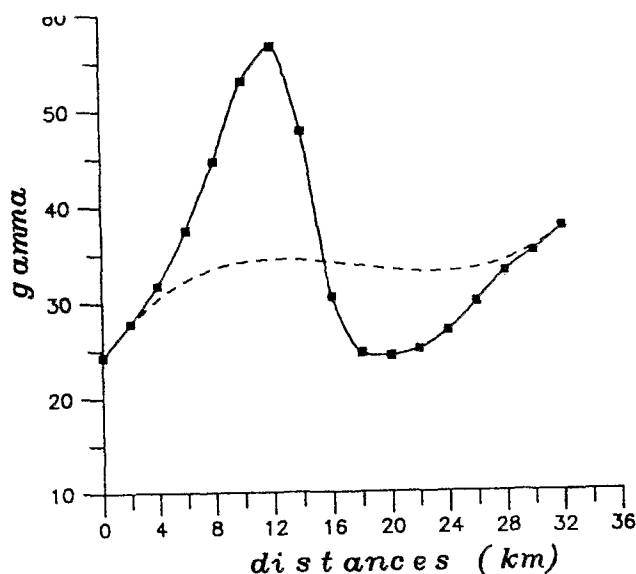


Fig.5: Un profil SSE-NNW de l'anomalie magnétique de Nefza (champ total) et la régionale.

INTERPRETATION

Interprétation de l'anomalie gravimétrique : La solution du corps idéal (IDB)

La solution du corps idéal gravimétrique a été calculé selon un profil qui commence de la côte et passe par le maximum de l'anomalie positive de Nefza (Fig. 3). La solution de cette méthode satisfait, à une constante près, les données observées; cette constante représente une régionale. Le calcul est effectué en deux étapes. L'une exprime la variation du contraste de densité en fonction de l'épaisseur minimale du corps; l'autre exprime la variation du contraste de densité en fonction de la profondeur du corps.

Dans la première étape le domaine est subdivisé en différents petits prismes; le corps, source de l'anomalie, est supposé très proche de la surface du sol, pratiquement affleurant. L'opération est effectuée plusieurs fois tout en faisant varier l'épaisseur du corps et à chaque fois on déduit les contrastes de densité affectés aux prismes tout en satisfaisant les données observées. Le résultat de ces opérations est illustré sur la courbe 'tradeoff'. Elle représente le maximum de contraste de densité en fonction de l'épaisseur minimale du corps (Fig. 6).

La seconde étape consiste à donner une profondeur au corps et à calculer à chaque fois le contraste de densité correspondant. L'opération est effectuée pour différentes valeurs de la profondeur du corps dans les limites de contraste de densité acceptables en géologie. Le résultat est illustré sur la figure-7.

La courbe de la figure 6 montre que le plus petit contraste de densité possible qui permet d'expliquer les données est de 0.1 g/cm^3 et l'épaisseur minimale du corps est égale au moins à 180 m.

La courbe de la figure 7 montre que le plus petit contraste de densité est également égale à 0.1 g/cc et la profondeur maximale du corps est égale à 1.2 km. Pour une profondeur supérieure à 1.2 km, le contraste de densité qui permet d'expliquer l'anomalie gravimétrique tend vers l'infini.

Ainsi, la technique du corps idéal a défini les propriétés de la source de l'anomalie de Bouguer positive de Nefza. Il faut noter aussi que les paramètres sont dépendants. Si on a une idée sur l'un de ces paramètres, par exemple la profondeur, on pourra déduire les autres en utilisant les courbes "tradeoff".

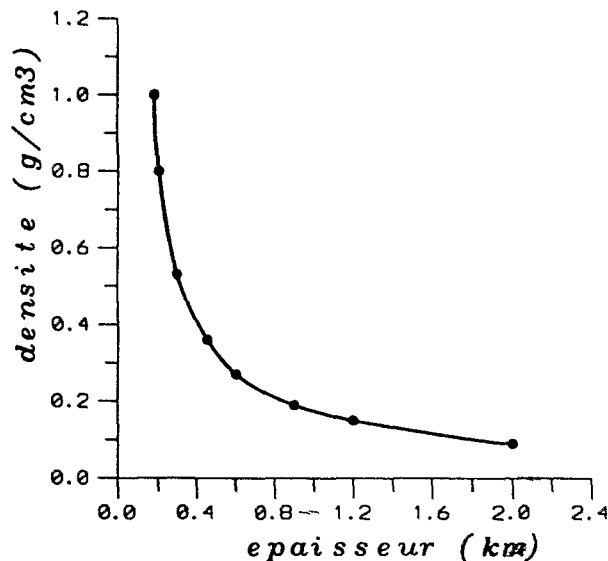


Fig. 6. Courbe «tradeoff» montrant la variation du contraste de densité en fonction de l'épaisseur minimale du corps

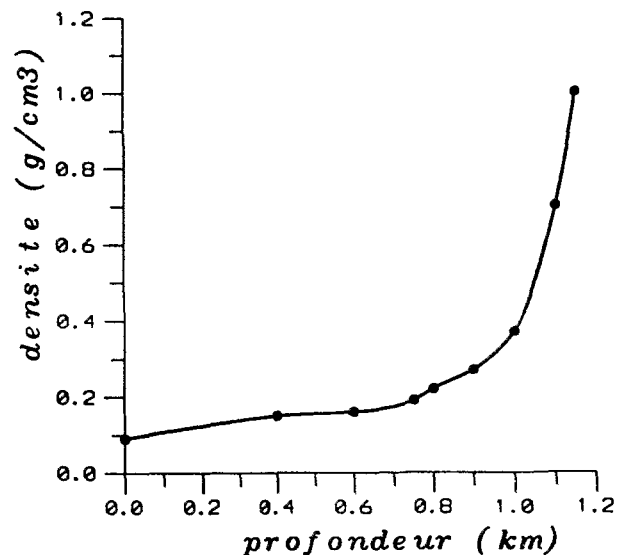


Fig. 7.- Courbe du contraste «tradeoff» du contraste de densité en fonction de la profondeur du corps

La figure 8 montre quelques solutions de "corps idéal" obtenues. Le domaine est divisé en petits prismes. A chaque prisme est affecté un contraste de densité de façon que tout l'ensemble explique l'anomalie observée à 0.1 mgal près. On constate que pour un corps de profondeur 800 mètres, le maximum contraste de densité est de 0.2 g/cm^3 . Pour un corps de profondeur 1 km, le maximum de contraste de densité est de 0.37 g/cm^3 . La solution du corps idéal montre aussi que les prismes qui ont des contrastes de densité élevés sont répartis de façon à former un corps ayant un sommet relativement plus large que sa base.

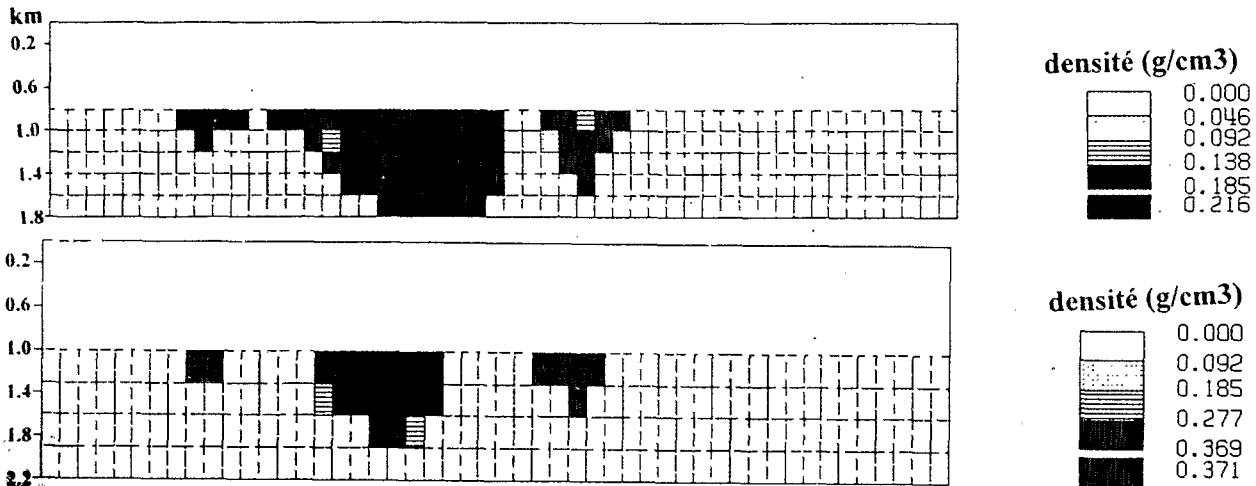


Fig. 8.- Quelques solutions de corps idéal qui rendent compte l'anomalie de Bouguer résiduelle à 0.1 mgal près. La profondeur du corps est égale à 800m dans le premier cas, et 1km dans le deuxième cas.

Interprétation de l'anomalie magnétique : modélisation par inversion

On rappelle que l'inversion des données gravimétriques, en utilisant la technique IDB a défini certaines propriétés de la source. On a donc défini un modèle a priori en se basant sur les résultats de l'interprétation des données gravimétriques. En coupe, la source est assimilée à un polygone défini par un certain nombre de sommet (X_i, Z_i) et par une susceptibilité magnétique. La troisième dimension du modèle est définie par l'extension du corps qui correspond à la longueur de l'anomalie qui est de l'ordre de 20 km. Les paramètres du modèle a priori, tels que la forme, la profondeur et la susceptibilité magnétique sont modifiés en inversant les données magnétiques. L'inversion utilisée se base sur un algorithme d'optimisation (l'algorithme de Marquard modifié) pour modifier la susceptibilité magnétique et les coordonnées (X_i, Z_i) qui définissent la localisation des sommets du polygone. L'opérateur peut contrôler l'inversion en sélectionnant les paramètres qui peuvent être modifiés par le programme.

Cependant cette décision est critique pour la convergence du modèle. Pour ne pas avoir des troubles dans le calcul, il est préférable de ne pas autoriser la modification de tous les paramètres en même temps. On a fait donc l'inversion pour modifier d'abord la valeur de la susceptibilité magnétique. Pour cela, différentes itérations ont été effectués de façon à expliquer l'amplitude de l'anomalie magnétique. Ensuite, on a fixé la susceptibilité magnétique

et on a fait l'inversion pour modifier la forme du polygone. Différentes itérations ont été effectuées de nouveau en autorisant la modification des coordonnées (X_i , Z_i) des sommets. Une contrainte a été introduite au cours de ces itérations. Il s'agit de ne pas permettre de dépasser la profondeur de 2 km. Cette valeur représente la profondeur du socle magnétique déterminé par une étude aéromagnétique de grande reconnaissance (CGG, 1964) et son effet magnétique fait partie de la régionale qui a été enlevée du signal observé. En pratique, trois itérations sont suffisantes pour corriger un ensemble de paramètres. Les différentes itérations effectuées convergent vers une solution (Fig. 9). Il s'agit d'un corps matérialisé par un polygone ayant une forme en champignon de profondeur de l'ordre de 700 mètres et de susceptibilité magnétique de l'ordre de $600E-6$ (cgs).

DISCUSSION DU MODELE

Il est important de signaler que la solution trouvée n'est pas unique. La non-unicité est l'un des problèmes majeurs de la modélisation et en particulier la modélisation géologique et en particulier la modélisation directe. Cependant, en utilisant les techniques d'inversions, le champ de solutions possible est réduit. Dans notre cas, on pourra envisager d'autres solutions, mais elles seront toutes proches. En plus, le modèle proposé est contrôlé à la fois par l'anomalie magnétique et par l'anomalie gravimétrique. Ce double contrôle d'une part, et la méthodologie d'interprétation utilisée d'autre part, permettent de donner un bon degré de confiance dans le modèle solution.

La profondeur de la source est contrôlée essentiellement par la longueur d'onde de l'anomalie. La longueur d'onde de l'anomalie magnétique de Nefza ne peut pas être expliquée par une source de profondeur inférieure à 700 mètres.

La susceptibilité magnétique est contrôlée par l'amplitude de l'anomalie. L'amplitude de l'anomalie magnétique de Nefza suggère une susceptibilité de l'ordre de $600E-6$ (cgs).

D'autres part, d'après les courbes "tradeoff" qui représentent les différentes solutions du corps idéal à partir des données gravimétriques, pour une source de profondeur supérieure à 700 mètres, la densité serait supérieure à 0.17 g/cc. Sachant que l'anomalie de Bouguer est calculée avec une densité de plateau égale à 2.67 g/cc, le corps en question est donc de densité nettement supérieure à 2.8 g/cc. Une telle densité ne correspond ni aux rhyodacites ni aux granites observés en surface.

Cette modélisation envisage donc l'existence d'une roche plus dense que le granite à une profondeur comprise entre 700 et 800 mètres. On rappelle que des indices de roches basiques ont été observés à l'Oued Essifane qui fait partie du groupe de Nefza (à l'Ouest du secteur étudié). De même, le groupe des Mogod qui est à 40 km environ à l'Est de Nefza est représenté essentiellement par des basaltes. Le contexte géologique n'exclut donc pas la possibilité d'avoir des roches basaltiques dont la susceptibilité magnétique est comprise entre $500E-6$ et $600E-6$ (cgs). Il faut noter que les affleurements des roches ignées décrits dans le groupe de Nefza sont petits. Leur extension est de l'ordre de quelques dizaines à quelques

Leur effet magnétique ne peut pas s'exprimer en faisant des profils espacés de 4 km. L'anomalie magnétique interprétée représente l'effet d'un corps plus profond dont la longueur est de l'ordre de 20 km dans une direction proche de l'E-W, et de largeur variable (de 5 à 15 km) tel que le sommet est plus large que la base.

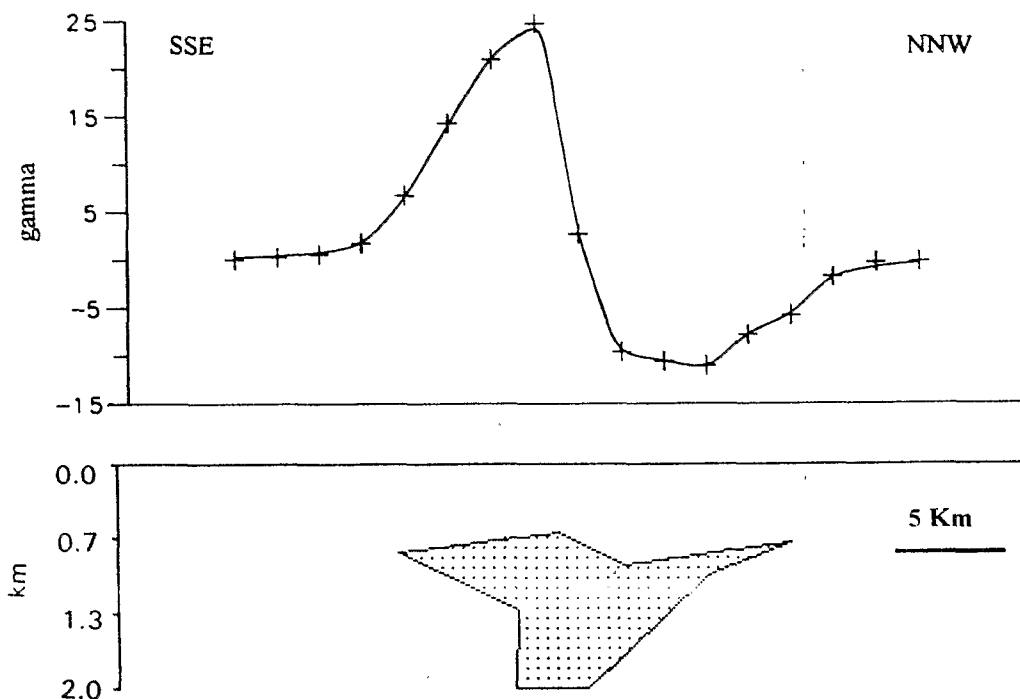


Fig.9: Le modèle proposé qui satisfait l'anomalie magnétique résiduelle. La courbe représente l'anomalie calculée avec une susceptibilité magnétique de $575E-6$ (cgs). Les croix représentent les valeurs observées.

DISCUSSION DU MECANISME DE MISE EN PLACE

Les anomalies géophysiques sont interprétées par la présence d'un corps igné intra-sédimentaire plus dense que le granite et de longueur 20 km environ dans une direction proche de l'E-W. En plus de ce corps mis en évidence par les anomalies géophysiques, on rappelle que du granite et des laves de rhyodacites ont été observés à la surface. Cependant, ces affleurements ont une extension limitée (quelques centaines de mètres). La figure-10 schématise les corps ignés mis en évidence dans les Nefza le long d'une coupe N-S.

La carte structurale montre le réseau de fracturation dans la région étudiée. Cette carte montre que la région est très fracturée avec une prédominance essentiellement des directions NE-SW et E-W. La fracturation E-W est profonde et elle a joué en décrochement dextre. Cette fracturation E-W représente un des traits structuraux majeurs de la chaîne de Kroumirie-Mogod (Ben Ayed, 1993). A l'échelle du Maghreb, des failles transformantes E-W ont été décrites par Ben Ayed et al., (1983). L'intrusion du magma peut être liée à cette fracturation profonde qui constitue donc une zone de faiblesse dans la lithosphère.

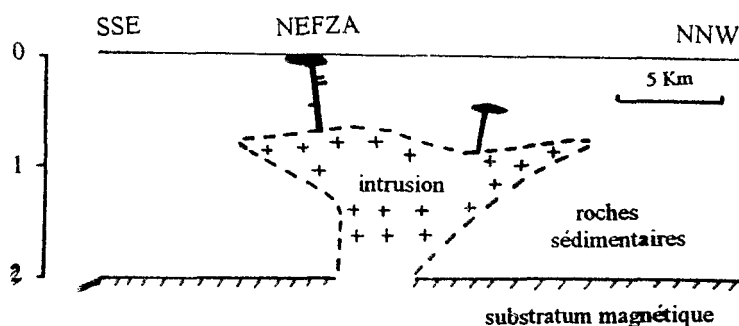


Fig. 10: Coupe schématique du corps igné intrusif

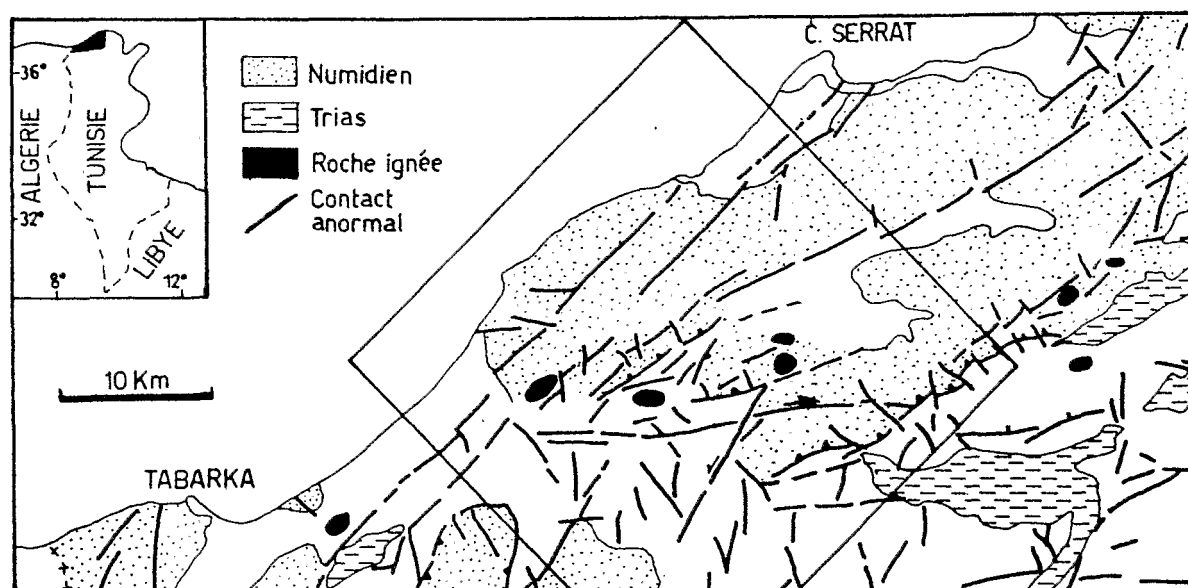


Fig. 11: Carte structurale montrant le réseau de la fracturation observé en surface d'après Dlala (1995) légèrement modifiée.

Il faut rappeler aussi que toute activité magmatique est associée à une activité thermique. Jusqu'à présent, la région de Nefza est caractérisée par un flux de chaleur élevé. Dans le cadre du Projet de Géothermie du Nord (Meddeb, 1993), des mesures de température ont été effectuées dans les différents forages miniers au Nord de la Tunisie. La figure-12 montre un diagramme (Température - Profondeur) sur lequel on a reporté les différentes valeurs mesurées dans les forages miniers de l'Oued Bellif (Nefza). On remarque que la température augmente avec la profondeur avec un gradient qui dépasse $10^{\circ} \text{C}/100 \text{ m}$. Ces valeurs révèlent l'existence d'une anomalie géothermique dans la région de Nefza. Cette anomalie est locale d'après les résultats du Projet de Géothermie du Nord. Ceci implique le rôle de la fracturation profonde même dans la mise en place de cette activité thermique.

Le jeu de ces failles profondes sous l'effet des contraintes déclencherait le phénomène thermique et l'intrusion du magma dans les séries sédimentaires. Il est donc très probable que les fractures E-W constituent le moteur des activités thermiques et magmatiques. La région de Nefza représente donc un cas où l'activité thermique est liée à une zone de fracture ou de faiblesse dans la lithosphère de direction proche de l'E-W.

CONCLUSION

Les données géophysiques représentent un moyen efficace pour caractériser les corps ignés. L'analyse simultanée des anomalies aéromagnétiques et gravimétriques de la région de Nefza, conjuguée avec une modélisation géophysique de type 2D 1/2 a permis de caractériser la source. Il s'agit d'un corps igné intra-sédimentaire, peu profond (700 à 800 mètres), allongé dans la direction N80° et de susceptibilité magnétique comprise entre 500E-6 et 600E-6 (cgs).

Compte tenu des observations de surface qui ont mis en évidence le jeu en décrochement de failles E-W, la mise en place du corps magmatique de Nefza semble être liée à cette fracturation. Etant donnée que cette activité magmatique est associée à une activité thermique locale, cette dernière doit être contrôlée aussi par la fracturation. La fracturation profonde E-W représente une zone de faiblesse dans la lithosphère et constitue l'origine de l'activité thermique et magmatique de la région de Nefza.

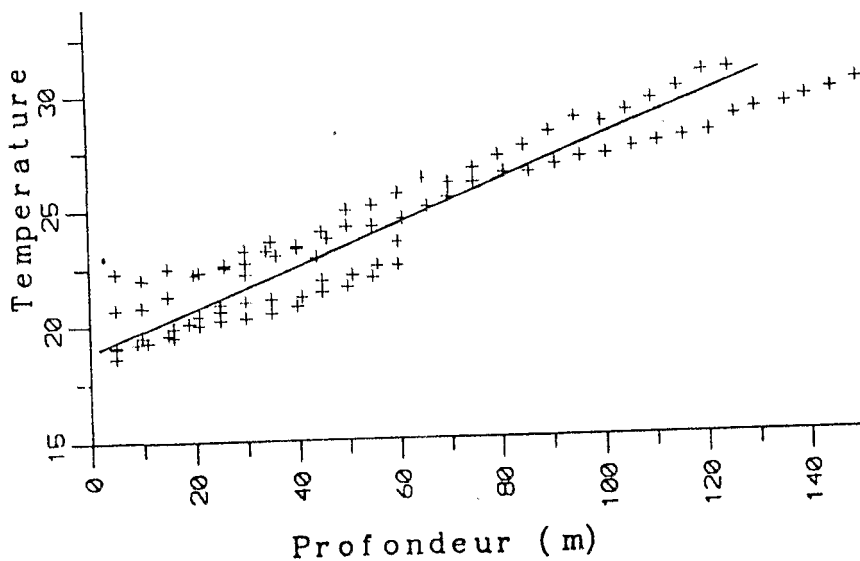


Fig.12: Diagramme de la température en fonction de la profondeur. Les croix représentent les valeurs mesurées dans différents forages miniers à l'Oued Bellif (Nefza). La droite est obtenue par régression linéaire. La pente de la droite montre que le gradient thermique est d'environ 10°/100 m.

Références bibliographiques

- ANDER M. E. (1980).- Géophysical study of the crust and upper mantle beneath the Rio Grande rift and adjacent great plains and Colorado plateau.- *Ph.D. Thesis, Univ of New Mexico; Also Los Alamos National Laboratory rep.* LA-8676-T.
- ANDER M. E. & HUESTIS S. P. (1987).- Gravity ideal bodies.- *Geophysics*, 52 (9), p.1265-1278.
- BAGDAZARJAN G. P., BAJANIC S. D. et VASS D. (1972).- Age radiométrique du volcanisme néogène dans le Nord de la Tunisie.- *Notes Serv. Géol. de Tunisie*, 40, 79-93.
- BAJANIC S. (1974).- Volcanisme en Tunisie.- *Annales Mines et Géol.*, Tunis, N° 25.
- BELLON H. (1976)- Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronologique: implications géodynamiques.- *Thèse d'Etat, Orsay*. 367p.
- BEN AYED N., BOBIER C. et VIGUIER C.(1983).- Interprétation tectonique unitaire des Atlas maghrébins.- *Rapport CIESM Monaco* t.28. N24, pp.99-101.
- BEN AYED N. (1993).- Evolution tectonique de l'avant pays de la chaîne alpine de la Tunisie du début Mésozoïque à l'Actuel.- *Annales Mines et Géol.*, Tunis. N°32.
- BEN AYED N. (1994).- Les décrochements-chevauchements EW et NS convergents de la Tunisie septentrionale: géométrie et essai de reconstitution des conditions de déformation.- *Proceeding of the 4th Tunisian Petroleum Exploration Conference, Mémoire N° 7, ETAP, Tunisie*.
- BOUKEKE D. B. (1994).- Structures crustales d'Afrique centrale déduites des anomalies gravimétriques et magnétiques: le domaine précambrien de la république centrafricaine et du Sud Cameroun.- *Thèse de l'Univ. Paris Sud, Orsay*.
- BUROLLET P. F.(1951).- Etudes géologiques des bassins mio-pliocènes du Nord-Est de la Tunisie.- *Annales Mines et Géol.*, Tunis, N° 7.
- CASTANY G. (1952).- Paléogéographie, tectonique et orogénèse de la Tunisie.- *XIIth Internat. Géol. Congress.- Monographies Régionales*, 2, (1), 63 p.
- CGG. (1964).- Interprétation de l'étude aéromagnétique de grande reconnaissance en Tunisie. -*Office National des Mines, Tunisie*.
- CGG. (1964).- Rapport d'exécution et d'interprétation de l'étude aéromagnétique de la région de Tabarka.- *Office National des Mines, Tunisie*.
- CRAMPON N. (1973).- L'extrême Nord tunisien. Aperçu stratigraphique, pétrologique et structural.- *Annale des Mines et de la Géologie*, N° 27, Tunis.
- DLALA M. (1995).- Evolution géodynamique et tectonique superposées en Tunisie: Implications sur la tectonique récente et la sismicité.- *Thèse d'Etat, Univ.*, Tunis-II.
- GLACON G. et ROUVIER H. (1972).- Age des mouvements tectoniques majeurs en Tunisie Septentrionale.- *C.R. Acad. Sc. Paris*. t.274. série D., p.1257-1260.
- GOTTIS Ch. et SANFIELD P. (1952).- Les gîtes métalliques tunisiens.- *19 Congr. Géol. Intern.* - *Monographies Régionales*. 2 série, Tunisie N.2.

- GREEN A. G. (1975).- Inversion of gravity profiles by use of a Backus-Gilbert approach.- *Geophysics*, 40 (5) p.763-772.
- HALLOUL N.(1989).- Géologie, pétrologie et géochimie du bimagmatisme néogène de la Tunisie septentrionale (Nefza et Mogod). Implications petrogenétiques et interprétation géodynamique.- *Thèse de spécialité*; Clermont Ferrond, 270 p.
- HUETIS S. P. et ANDER M.E. (1983).- IDB2-A fortran program for computing extremal bounds in Gravity data interpretation.- *Geophysics*, 48, 999-1010.
- HUETIS S. P. et PARKER R. L. (1977)- Bounding the thickness of the ocean magnetised layer.- *J.Geophys.Res.*; 82,5293-5303.
- MAUDUIT F. (1978).- Le volcanisme Néogène de la Tunisie continentale.- *Thèse 3ème cycle*, Univ. Paris Sud.
- MEDDEB N. (1993).- . Potentialités géothermiques de la Tunisie Septentrionale.- *Thèse de spécialité*; Univ Tunis II.
- MIDASSI M. S. (1982).- Regional gravity of Tunisia.- *Master of Science*; Univ. California.
- NEGRA L.(1987).- Pétrologie, minéralogie et géochimie des minéralisations et des roches encaissantes des bassins associés aux structures tectoniques et magmatique de l'Oued Bellif et du Jebel Hdada (Tunisie Septentrionale).- *Thèse de 3eme cycle*, Orsay
- PARKER R. L. (1975).- The theory of ideal bodies for gravity interpretation.- *Geophys. J. Roy. Soc.*,42,p.315-334.
- PERTHUISOT V. (1978).- Dynamique et petrogenèse des extrusions triasiques en Tunisie septentrionale.- *Paris, Ecol. Norm. Sup.* 312 p.
- REKHISS F. et ZOUARI W. (1993).- Le microgranite de la région de Nefza (Tunisie).- *Deuxième Journ. Tun. Géol. App.*, ENIS, Sfax.
- ROUVIER H. (1977).- Géologie de l'extrême Nord tunisien. Tectonique et paléogéographie superposées a l'extrémité orientale de la chaîne Nord maghrébine.- *Thèse d'Etat*, Univ. P. et M. Curie.
- SAFON C. VASSEUR G. et CUER M. (1977).- Some applications of linear programming to the inverse gravity problem.- *Geophysics*, 42 p.1215-1229.
- SALTUS R.W. et BLAKELY R.J. (1993).- SAKI. an interactive 2D and 2D1/2 gravity and magnetic modelling program.- *Open File*, U.S. Geological Survey
- SOLIGNAC M. (1927).- Etude géologique de la Tunisie septentrionale.- *Dire. Gén Trav. Publ. Tunis.* - *Thèse Doct. Es Sc. Lyon.*