

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : **Géologie de Bassin Sédimentaire**

THEME

Interprétation des données gravimétrique du terrane de l'Ahnet-In Ouzzal (Sud de l'Algérie).

Présenté par

M. Idrici Takay Eddine

Soutenu publiquement le

Devant le jury :

Président : M. MAZOUZI A
Promoteur : M. HARROUCHI L
Examineur : M. BELKSEIR MS

M. A. A Univ. Ouargla
M. C. B Univ. Ouargla
M. C. B Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce travail à:

Les parents de ma mère et mon cher père pour leurs sacrifices

Je les encourage à travers toutes les étapes de mes études sans oublier mon grand frère et en remerciant mes soeurs, mes frères et tous mes amis.

Ainsi qu'à tous les étudiants que j'ai rencontrés dans l'étude.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier, en premier ALLAH, de m'avoir donné la puissance et la force pour achever mon travail.

Qu'il me soit permis avant toute chose d'exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes

qui de près ou de loin m'ont soutenu dans mes efforts et ont contribué ainsi à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement mes parents qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire

qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude et respect. Toute ma gratitude va à Mon promoteur, .

HARROUCHI Lakhdar pour son

encadrement et ses conseils précieux et tous les enseignants du Département des sciences de la Terre et de l'Univers.

LISTE DES FIGURES

Fig.1.1	Représentation des deux masse ponctuelles m_1 et m_2 séparées par une distance r (D'après Telford et al. 1998).	4
Fig.1.2	. Tranche de Bouguer	6
Fig1.3	Cylindre creux utilisé pour accomplir la correction de relief.	7
Fig.2.1	a -Vue en plan du modèle gravimétrique constitué par un Prisme vertical. b- Sa reponse gravimétrique. c- Bruit gaussien avec une déviation standard de d'ordre 0.5 mgal. d-Réponse gravimétrique bruitée par la figure c.	17
Fig. 2.2	Solutions d'Euler de la figure 3.1 avec la valeur de $N=0$.	18
Fig. 2.3	Application du Tilt angle (TA) du modèle gravimétrique	19
Fig. 3.1	Carte simplifiée de l'Afrique du Nord montrant la localisation du Hoggar et la zone étudiée (Fabre, 2005).	21
Fig.3.2	Carte des principales subdivisions et des principaux domaines structuraux du Hoggar (d'après Caby et al., 1981)	23
Fig.3.3	Carte géologique de terranes du bouclier Targui (Black et al. 1994), Tim (Timetrine), Til (Telemsi), Ki (Kidal), Tas (Tassendjanet), Ugi (Iforas), Ou (In Ouzzal), Tir (Tirek), Tch (Tchilit), Ta (Tazat), Se (Serouenout), Eg-Al (Egere-Alezkod), Az (Azrou-N'Fad), Is (Issalane), Te (Tefedest), La (Laouni), Ba (Barghot), Ao (Aouzequeur), Ed (Edembo).	25
Fig. 3. 4	Carte géologique de l'In ouzzal(Caby 1996), 1- Mesozoic sediments, 2- Paleozoic sediments, 3- Cambrian molasse, 4- Cambrian volcanics, 5- Granites intruding the IOGU, 6- Panafricain metamorphics and granitoïdes, 7- Neoproterozoic andesites, 8- Late Paleoproterozoic sédiments and magmatics, 9- Paleoproterozoic basement, 10- Major shear zone	28
Fig.4.1	a- Localisation du levé gravimétrique. b- Carte des anomalies de Bouguer de la zone étudiée. Elle montre des anomalies positives et des anomalies négatives de dimension et amplitude variables, avec des valeurs allant de -65mgal a -24mgal.	31
Fig. 4.2	Carte de surface polynomiale de degré 1 de la zone d'étude. Les coordonnées cartésiennes (X et Y) sont données en UTM-zone 31N.	32
Fig. 4.3	Carte des anomalies gravimétriques résiduelles de la régionale de degré 1. Les coordonnées cartésiennes (X et Y) en UTM-zone 31N	33
Fig.4.4	cartes prolongées vers le haut a -Carte prolongée vers le haut à 1km b - Carte prolongée vers le haut à 5km c -Carte prolongée vers le haut à 10km d -Carte prolongée vers le haut à 20km.	35
Fig.4.5	Solutions du gradient horizontal des données gravimétriques du terrane de l'Ahnet-In Ouzzal,	37
Fig.4.6	Solutions d'Euler des données gravimétriques du terrane de l'Ahnet-'In Ouzzal,	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Valeurs de l'indice structural (N) selon la géométrie de la source (Reid et al., 1990)	13
Tableau 2.2	Paramètres physiques du modèle gravimétrique théorique	16
Tableau 3.1	Les différentes terrains du bouclier Targui	23
Tableau 4.1	Les données techniques du levé gravimétriques du terrane d'In Ouzal et des zones limitrophes (Bourmatte, 1977)	28

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Notre zone d'étude est située au Nord-Ouest du Hoggar. Le terrane de l'Ahnet présente des caractéristiques structurales et sédimentologies très complexes; en effet, la série sédimentaire paléozoïque quasiment complète, est constituée essentiellement d'argiles, de grès et de calcaires, qui reposent en discordance sur un socle de nature volcano-sédimentaire d'âge précambrien-éocambrien, fortement structuré par les effets de l'orogénèse panafricaine. Le terrane de l'in Ouzzal formé essentiellement de roches métamorphiques d'âge archéen. Il constitue une exception dans le Hoggar du fait qu'il ne fut ni déformé, ni métamorphisé au panafricain en demeurant un bloc rigide et à un niveau structural peu profond depuis 2 Ga.

Le but de notre étude est d'établir une interprétation gravimétrique du terrane de l'Ahnet/In Ouzzal simultanée avec des techniques automatisées. Pour cela nous, appliquerons la méthode de la deconvolution d'Euler aux modèles synthétiques exactes et bruités dans le but d'avoir le bon choix des paramètres qui offre une meilleure interprétation, avant leur application à un cas réel.

Le présent travail est structuré en cinq (04) chapitres homogènes et inter-complémentaires :

- ❖ Dans le premier chapitre, nous présenterons des généralités sur la méthode gravimétrique.
- ❖ La deuxième chapitre consacré sur la description des données gravimétrique de notre zone d'étude, dans ce chapitre, nous utiliserons la méthode de moindres carrées pour le calcul des surfaces polynomiales de faibles degrés
- ❖ Dans le troisième chapitre, nous présenterons le contexte géologique régional du Hoggar et celui de la zone d'étude.
- ❖ Le chapitre 4 sera dédié à l'interprétation des données réelles des données gravimétriques de la zone étudiée. Nous utiliserons trois méthodes distinctes du point de vue principe et robustesse, pour localiser les principales structures tectoniques qui forment cette région.

Enfin, Nous terminerons notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE 1
GENERALITES SUR LA METHODE
GRAVIMETRIQUE

CHAPITRE 1**GENERALITES SUR LA METHODE GRAVIMETRIQUE****1.1 Introduction**

La gravimétrie est une technique géophysique qui mesure les variations du champ potentiel gravitationnel de la Terre. C'est une méthode de prospection qui permet de déterminer des anomalies de densité dans le sous-sol. Ces minuscules variations, causées par des contrastes de densité des constituants de l'écorce terrestre peuvent être mesurées par des levés gravimétriques, en utilisant des instruments extrêmement sensibles.

Les travaux impliquant la gravimétrie doivent s'accompagner de levés d'arpentage précis, afin de pouvoir corriger les mesures gravimétriques pour l'effet dû à la topographie.

Les applications de gravimétrie comprennent :

- La cartographie géologique régionale;
- La détection des karsts et des vides;
- La détermination ou l'amélioration du géoïde terrestre;
- L'exploration pétrolière et gazière;
- L'exploration minière;
- Les mesures de l'épaisseur des sédiments;
- Les sondages archéologiques.

1.2 Notions de base**1.2.1 Attraction et potentiel gravitationnel****Attraction gravitationnel**

L'interaction de gravitation est une attraction qui est proportionnelle à la masse des deux corps et inversement proportionnelle au carré des distances r .

Avec m_1 et m_2 : deux masses séparées par une distance r ; G est la constante universelle d'attraction dans le système international SI, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$.

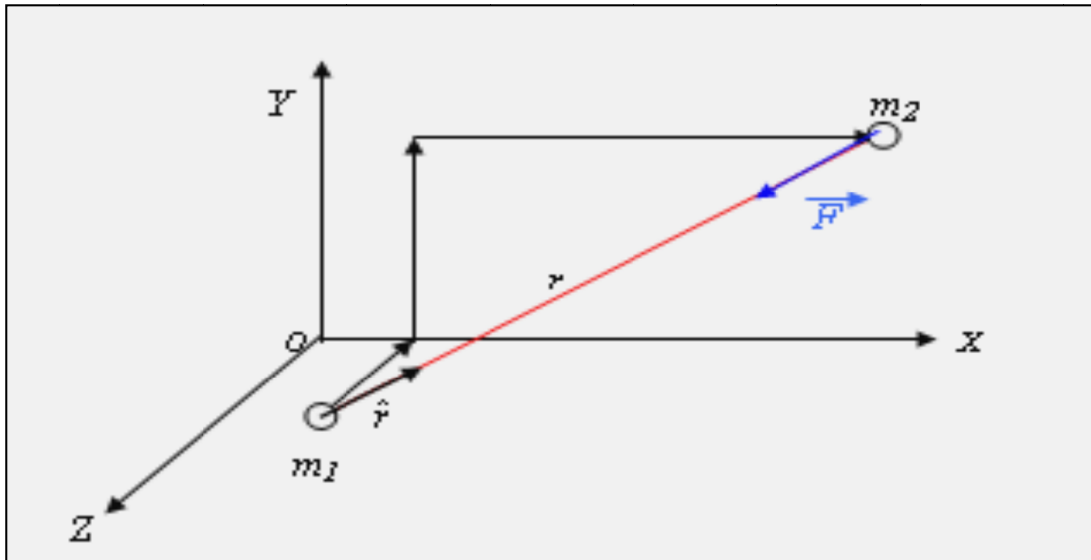


Fig.1.1 Représentation des deux masses ponctuelles m_1 et m_2 séparées par une distance r (D'après Telford et al. 1998).

Potentiel gravitationnel ϖ

On applique une force F à une masse m_2 pour lui faire subir une accélération gravitationnelle $\overset{0}{g}$. En utilisant le principe fondamental de la dynamique l'accélération gravitationnelle sous la forme suivante :

$$\overset{0}{g} = G \frac{m}{r^2} \varpi \quad (2.3)$$

La force qui engendre ce champ peut être dérivée de la fonction scalaire du potentiel ce dernier est donné sous la forme suivante :

$$U = G \frac{m}{r} \quad (2.4)$$

1.3 LES MESURES

On distingue deux types de mesures : absolues et relatives.

1.3.1 Les mesures absolues

Une mesure absolue de la pesanteur va nous donner la valeur de l'accélération de la pesanteur à partir de mesures du temps et de la distance. Les premières mesures

absolues furent réalisées à l'aide de pendule simple dont la valeur de l'accélération de la pesanteur g est:

$$g = 4\pi^2 \cdot \frac{L}{T} \quad (2.5)$$

Où ; L : longueur du pendule et T : période d'oscillations

1.3.2 Les mesures relatives

Les mesures relatives sont effectuées par des gravimètres relatifs de prospection. Ces gravimètres relatifs mesurent les variations de l'accélération de la pesanteur (Δg). On mesure ces variations selon les principes des appareils relatifs (pendule et la balance à torsion).

1.4 Calcul de l'Anomalie de Bouguer (AB)

Après avoir corrigé les mesures, l'anomalie de Bouguer est donnée par la relation suivante :

$$AB = g_m - g_{Th} + (0.3085h - 0.0419\rho)h + T \quad (2.6)$$

(Avec T représentant la correction de relief et ρ la densité). C'est donc cette anomalie qu'il faut calculer et analyser pour mettre en évidence des hétérogénéités de masses sous la surface topographique. La carte d'anomalie de Bouguer est le document de base en prospection gravimétrique.

1.4.1. La correction d'air libre (AF)

La correction d'air libre ou de Faye permet d'éliminer l'influence de l'altitude (h) de la station, sans tenir compte des masses situées entre la station et le niveau de référence. Elle ne dépend que de cette altitude et elle est donnée par la relation :

$$A_F = 0.3086h \quad (2.7)$$

A_F en $mgal$ quand h est exprimé en mètres.

1.4.2 La correction de plateau (P)

Elle permet de corriger l'effet du terrain situé le plan horizontal passant par la station et le niveau de référence. On considère que cette masse peut être approximée par une tranche horizontale homogène et d'extension infinie (Fig.1.11). Elle est donnée par la relation :

$$P = 0.0419\rho h \quad (2.8)$$

P en $mgal$ quand ρ est exprimé en g/cm^3 et h en mètres.

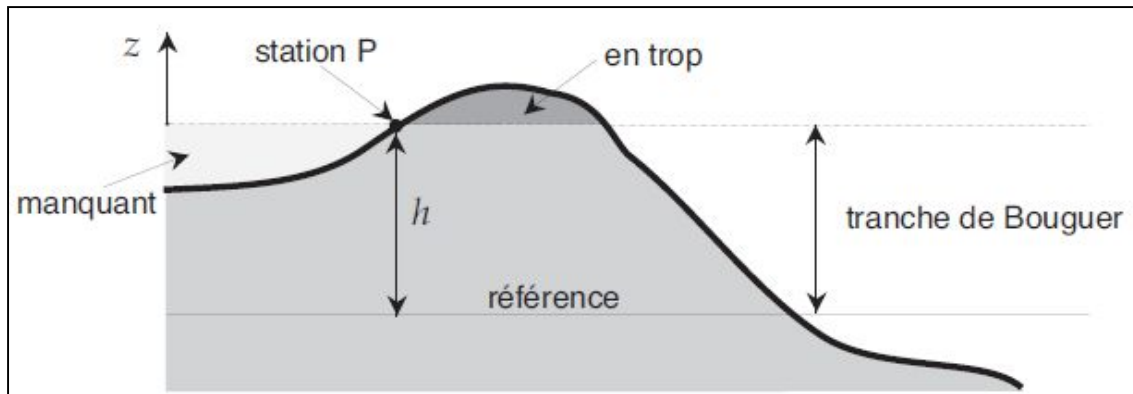


Fig.1.2 Tranche de Bouguer

1.4.3 La correction de relief (T)

La correction de relief ou de terrain (T) tend à corriger l'influence des masses topographiques situées dans le voisinage de la station. Elle est toujours positive. La méthode conventionnelle de calcul de la correction de relief la plus utilisée est celle dite de Hammer. Elle est basée sur la division du terrain entourant la station en couronnes concentriques divisées à leur tour en compartiments assez petits pour que l'on puisse considérer l'altitude moyenne dans le calcul de leur masse.

Pour simplifier les calculs, on peut discrétiser le terrain en cylindres creux concentriques, ces mêmes cylindres eux-mêmes scindés en morceaux dont les sommets sont ajustés à la topographie moyenne.

L'expression donnant l'attraction gravitationnelle g , sur l'axe d'un morceau de cylindre creux et d'épaisseur $(r_2 - r_1)$ est la suivante (Fig.1.12):

$$\Delta t_i = \frac{2\pi G \rho}{N} \left[(r_2 - r_1) - \sqrt{r_1^2 - h_i^2} - \sqrt{r_2^2 - h_i^2} \right] \quad (2.9)$$

Δt_i est l'attraction du $i^{\text{ème}}$ secteur du cylindre, h_i la hauteur du morceau de cylindre par rapport à la station, ρ la densité du cylindre et N le nombre de secteurs par lequel le cylindre a été divisé. La correction totale pour le cylindre entier est :

$$T = \sum_{i=1}^N \Delta t_i \quad (2.10)$$

Les différentes étapes à exécuter pour effectuer la correction sont (Chouteau, 1999):

- ❖ Localiser la station à corriger sur une carte topographique assez précise.
- ❖ Centrer le réticule sur ce point.

- ❖ Déterminer l'élévation moyenne de chacun des secteurs de l'abaque.
- ❖ Prendre la différence positive ou négative entre l'élévation de la station considérée et chacun des secteurs.
- ❖ Pour chacun des secteurs, à l'aide de la table de Hammer, calculer la correction à apporter

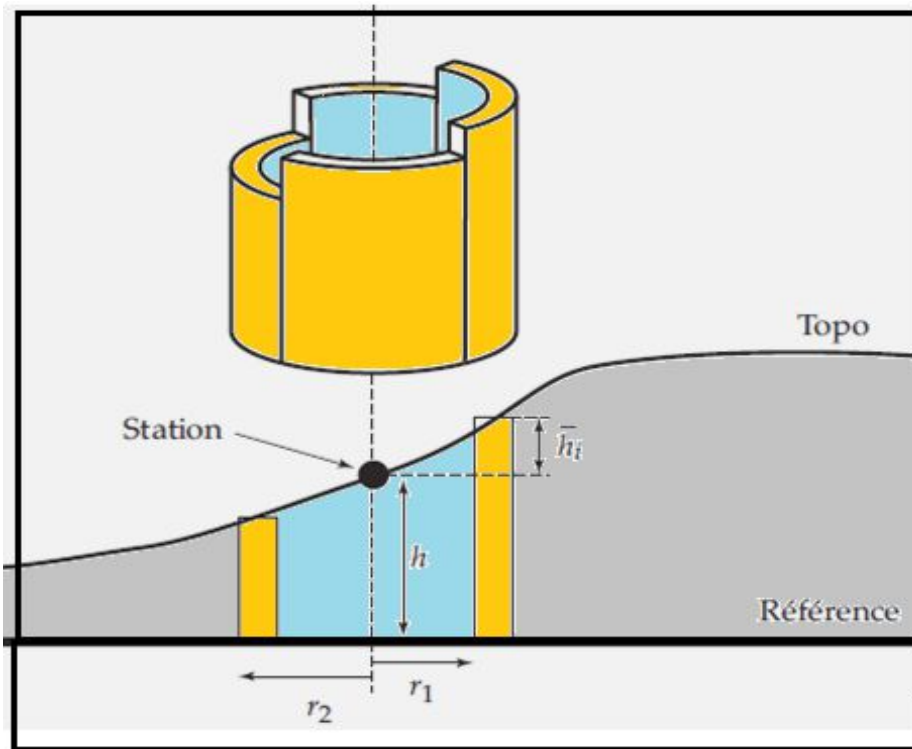


Fig.1.3Cylindre creux utilisé pour accomplir la correction de relief.

1.4.4 La correction normale (g_{Th})

La correction normale ou de latitude g_{Th} permet de corriger la mesure de l'influence de l'aplatissement de la terre. Elle est en fonction de latitude de la station. D'après Dubois et Diamant (2001), la correction normale est donnée par la formule dite de l'IGSN 71 :

$$g_{Th} = g_{Eq} \left(1 + k_1 \sin^2 \varphi - k_2 \sin^2 2\varphi \right) \quad (2.11)$$

Où

$$g_{Eq} = 978031.85 \text{ mgal}$$

$$k_1 = 0.0053024$$

$$k_2 = 0.0000059$$

φ : latitude de la station en degrés,

1.4.5 Autres corrections

Parmi ces corrections standards, on donne également les corrections suivantes :

- ❖ Correction de la dérive instrumentale, caractéristique au gravimètre. Sa précision est <0.5 mgal par jour.
- ❖ Correction d'Eötvös, dans le cas d'un levé sur une plateforme mobile (sur des navires ou des avions). Cette correction d'Eötvös (E) vaut (Telford et *al.*, 1998) :

$$E = 4.040 V \cos \varphi \sin \alpha + 0.001211 V^2 \quad (2.12)$$

Où V : vitesse du mobile en km/h, φ : latitude et α : cap (angle entre la direction du mobile et le Nord).

- ❖ Correction luni-solaire, calculée à l'aide d'un programme de calcul.

CHAPITRE 2

TRAITEMENT DES DONNÉES ET

TECHNIQUES D'INTERPRÉTATIONS

CHAPITRE 2

TRAITEMENT DES DONNÉES ET TECHNIQUES D'INTERPRÉTATIONS

2.1 INTRODUCTION

Le but de cette étude est de présenter quelques outils mathématiques et numériques qui permettent de réaliser le traitement et les transformations des cartes gravimétriques. Le rôle du traitement est de faciliter l'interprétation. Le filtrage est une étape nécessaire avant toute interprétation des cartes gravimétriques. Il est aussi un moyen de transformation des données permettant d'obtenir des cartes appropriées qui facilitent leur interprétation.

Une anomalie gravimétrique brute ne peut pas donner des informations précises à cause de l'influence de plusieurs paramètres sur les mesures, et par conséquent, avant de passer à l'étape d'interprétation, nous devons introduire les traitements nécessaires aux données prises sur terrain. Une bonne interprétation nécessite la connaissance de plusieurs détails qui n'apparaissent qu'en appliquant ces traitements aux données brutes. Ces opérations ont pour but de mieux positionner les anomalies gravimétriques, de séparer leurs sources ainsi que la suppression des bruits qui affectent les mesures.

2.2 SÉPARATION DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES

L'anomalie de Bouguer (AB) peut être considérée comme étant la somme de l'anomalie régionale (surface polynomiale) et de l'anomalie gravimétrique résiduelle. On peut représenter le champ normal local des anomalies par un polynôme de degré donné. Dans le cas d'un domaine limité, une approximation de l'intensité du champ normal peut prendre la forme suivante (Le Mouél, 1969) :

$$F = \sum_{ij} a_{ij} X^i Y^j \quad (2.1)$$

Où les a_{ij} correspondent aux coefficients du polynôme algébrique que nous devons déterminer. X et Y correspondent aux coordonnées des points dans le plan. A l'aide du théorème de Gauss, on peut démontrer que l'anomalie du champ ΔF créée par une structure crustale de dimensions finies vérifie la relation suivante :

$$\int_s \Delta F(X \cdot Y) dXdY = 0 \quad (2.2)$$

Qu'on peut écrire aussi, dans le cas discret sous la forme :

$$\sum_{ij} \Delta F^{ij} = 0 \quad (2.3)$$

Ceci revient à dire que les anomalies du champ ont une espérance mathématique nulle (cette propriété peut être restreinte à un domaine limité), et nous permettra donc d'utiliser la méthode des moindres carrés pour la détermination des coefficients a_{ij} .

2.3 LES PROLONGEMENTS

Une anomalie gravimétrique est représentée par un profil ou une surface, où figurent les valeurs du champ que l'on peut rapporter à un plan de référence (h_0). La différence d'altitude de ces deux plans est : ($a = h - h_0$). La transformation de l'anomalie d'altitude h_0 à l'altitude h est une opération de lissage. Pour trouver l'opérateur de prolongement, on utilise le cadre le plus général relatif à la géométrie du corps, qui découle de la troisième identité de Green (Blackely, 1995). On distingue deux types de prolongement vers le haut (PVH) et le prolongement vers le bas (PVB).

2.3.1 Le Prolongement Vers le Haut (PVH)

Les prolongements vers le haut permettent d'atténuer l'effet des sources superficielles, d'augmenter les effets de coalescence et de faire ressortir des anomalies de grande longueur d'onde au détriment des anomalies de courte longueur d'onde. Ils permettent de dégager les traits structuraux qui peuvent être difficilement observables sur les données brutes.

2.3.1 Le Prolongement Vers le Bas (PVB)

Les prolongements vers le bas produisent l'effet inverse de celui d'un prolongement vers le haut. Leurs rôles sont de rapprocher des sources superficielles, de renforcer leurs effets et de focaliser les anomalies. Ils amplifieront les courtes longueurs d'onde. Le niveau du bruit est une contrainte importante dans cette dernière opération, puisque, étant généralement de courte longueur d'onde.

2.4 Les Gradient Horizontaux (GH)

2.4.1 Gradient horizontal-X (GHX)

Ce filtre est utilisé pour mettre en évidence les contacts lithologiques de direction Nord-Sud. Mathématiquement ; c'est la dérivée du champ de potentiel f selon la direction Ox :

$$GHX = \frac{\partial f}{\partial x} \quad (2.4)$$

2.4.2 Gradient horizontal-Y (GHY)

Ce filtre est utilisé pour mettre en évidence les contacts lithologiques de direction Est-Ouest. C'est la dérivée du champ de potentiel f selon la direction Oy :

$$GHX = \frac{\partial f}{\partial y} \quad (2.5)$$

2.4.3 Gradient vertical -Z

Ce gradient (GVZ) est utilisé pour amplifier les courtes longueurs d'onde et individualiser les corps. C'est la dérivée du champ de potentiel f selon la direction Oz :

$$GHX = \frac{\partial f}{\partial z} \quad (2.6)$$

2.5 TECHNIQUES D'INTERPRÉTATIONS

2.5.1 Introduction

Plusieurs méthodes inverses numériques et analytiques sont utilisées. Dans cette étude, nous avons utilisé trois méthodes inverses de traitements dans le but de déterminer de failles, leur pendage, leur longueur et leur profondeur. Ces trois méthodes inverses sont :

- ❖ La deconvolution d'Euler (DE)
- ❖ Le titl angle amélioré (TAA)
- ❖ L'amplitude du gradient horizontal (AGH)

2.5.2 La Déconvolution d'EULER

La déconvolution d'Euler (ED), appliquée aux données de champs de potentiel, permet de déterminer les paramètres des sources locales. Elle est basée sur un procédé mathématique représenté par l'équation d'homogénéité d'Euler (Thompson, 1982). Si on considère une source magnétique ou gravimétrique, située au point de coordonnées (x_0, y_0, z_0) , l'intensité du champ de potentiel f en un point (x, y, z) quelconque, peut s'écrire sous la forme :

$$f(x, y, z) = C / r^N \tag{2.7}$$

Où C est une constante, $r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2}$ et N est l'indice structural, cette indice correspondant au type des données du champ potentiel (Tableau 2.1). Il est égal à 3 pour le magnétisme (le champ magnétique décroît en fonction de $1/r^3$ pour un point-pôle) et 2 pour la gravimétrie (le champ gravimétrique décroît en fonction de $1/r^2$ pour un point-pôle ou une sphère).

Tableau 2. 1 Valeurs de l'indice structural (N) selon la géométrie de la source (Reid et al., 1990)

Source géométrique	Nombre de dimensions infinies	N (magnétisme)	N (gravimétrie)
Sphère	0	3	2
Cylindre vertical	1 (axe z)	2	1
Cylindre horizontal	2 (axe x/y)	2	1
Dyke	2 (axes z et x/y)	1	0
Sill	2 (axes x et y)	1	0
Contact	3 (axes x, y et z)	0	-

D'après Reid et al. (1990) l'équation d'homogénéité d'Euler de l'expression (2.8) est donnée sous la forme suivante :

$$(x - x_0) \frac{\partial f}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial f}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial f}{\partial z} = N(B - f) \tag{2.8}$$

Où, B représente une constante locale qui caractérise le champ régional et $\partial f / \partial x$, $\partial f / \partial y$ et $\partial f / \partial z$ sont les dérivées du champ de potentiel f selon les directions Ox , Oy et Oz respectivement. Le principe de la déconvolution d'Euler repose sur la résolution de l'équation précédente (2.8) qui comporte quatre inconnues (x_0 , y_0 , z_0 et B). Pour résoudre un système d'équations à quatre inconnues, il faudra donc, au moins, quatre points de mesures. On considère une fenêtre carrée ($W \times W = n$) sur les grilles des gradients du champ de potentiel, cette fenêtre donne un système de n équations linéaires. Donc on peut mettre l'équation (2.8) sous la forme matricielle suivante :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_1} & \frac{\partial f}{\partial y_1} & \frac{\partial f}{\partial z_1} & N \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial x_n} & \frac{\partial f}{\partial y_n} & \frac{\partial f}{\partial z_n} & N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + y_1 \frac{\partial f}{\partial y_1} + z_1 \frac{\partial f}{\partial z_1} + Nf_1 \\ \vdots \\ x_n \frac{\partial f}{\partial x_n} + y_n \frac{\partial f}{\partial y_n} + z_n \frac{\partial f}{\partial z_n} + Nf_n \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

La matrice (2.6) est de la forme :

$$Am = d \quad (2.10)$$

On peut obtenir les solutions m du système d'équation (2.10) au sens des moindres carrés, en utilisant la matrice transposée A^T de A :

$$A^T Am = A^T d \quad (2.11)$$

Le procédé consiste donc à établir la matrice inverse $(A^T A)^{-1}$ de $A^T A$ (Menke, 1989) :

$$m = (A^T A)^{-1} A^T d \quad (2.12)$$

2.5.3 La Transformation de TILT ANGLE

La transformation de Tilt-angle (TA) est l'inverse de la tangente du rapport du module des dérivées horizontales $(\partial f / \partial x, \partial f / \partial y)$, avec la dérivée verticale $\partial f / \partial z$ du champ de potentiel f .

L'équation de cette transformation (TA) de 3D est donnée par la relation suivante (Miller et Singh, 1994; Verduzco et al., 2004; Salem et al., 2007):

$$TA = \tan^{-1} \frac{\frac{\partial f}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}} \quad (2.13)$$

TA = 0, correspond à un contact vertical ainsi que la limite de la structure du corps (Salem et al., 2007).

2.5.4 Le Signal Analytique

La méthode du AS a été décrite pour la première fois par Nabighian (1972, 1974 et 1984), qui a proposé l'utilisation de l'amplitude du signal analytique (ASA) calculée à partir des profils magnétiques pour la détermination des profondeurs et des coordonnées des sources magnétiques (Bournas 2001). Il a défini le signal analytique comme étant «un champ complexe dérivant d'un potentiel complexe». Les parties réelle et imaginaire de cette fonction sont respectivement, la dérivée horizontale et la dérivée verticale de l'anomalie magnétique (Harrouchi 2017).

D'après Nabighian (1984) et Roest et al. (1992), le signal analytique (AS) dans le cas tridimensionnel (3D) du champ de potentiel f définie dans un système de coordonnées (x, y, z) par l'expression suivante:

$$AS = \frac{\partial f}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial f}{\partial y} \hat{y} + i \frac{\partial f}{\partial z} \hat{z} \quad (2.14)$$

Où \hat{x} , \hat{y} et \hat{z} sont les vecteurs unitaires respectivement dans les directions ox , oy et oz . A partir de l'expression (2. 14), l'amplitude du signal analytique (ASA) a 3D et a 1D sont données par les deux relations suivantes, respectivement (Keating et Sailhac 2004) :

$$ASA (3D) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} \quad (2.15)$$

On définit l' l'amplitude horizontale du signal analytique (AHSA) par la relation suivante :

$$AHSA (3D) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (2.16)$$

2.6 APPLICATION AU MODÈLE SYNTHÉTIQUE

2.6.1 Application de la méthode de la deconvolution d'Euler (DE)

Nous avons appliqué la deconvolution d'Euler (DE) au modèle gravimétrique théorique, constitué d'un prisme vertical dont la profondeur du toit est de l'ordre de 2.5 km, de 4 km d'épaisseur et de contraste de densité de l'ordre de 0.2g/cm^3 (Fig.2.1a). Ces paramètres sont résumés sur le Tableau (2.2). Nous avons rajouté à sa réponse gravimétrique (Fig. 2. 1b) un bruit gaussien dont la déviation standard est de d'ordre de 0.5 mgal (Fig.2.1c).

Tableau 2.2 Paramètres physiques du modèle gravimétrique théorique

Profondeur du toit	2.5 km
Contraste de la densité	0.2 g/cm^3
Epaisseur	4 km

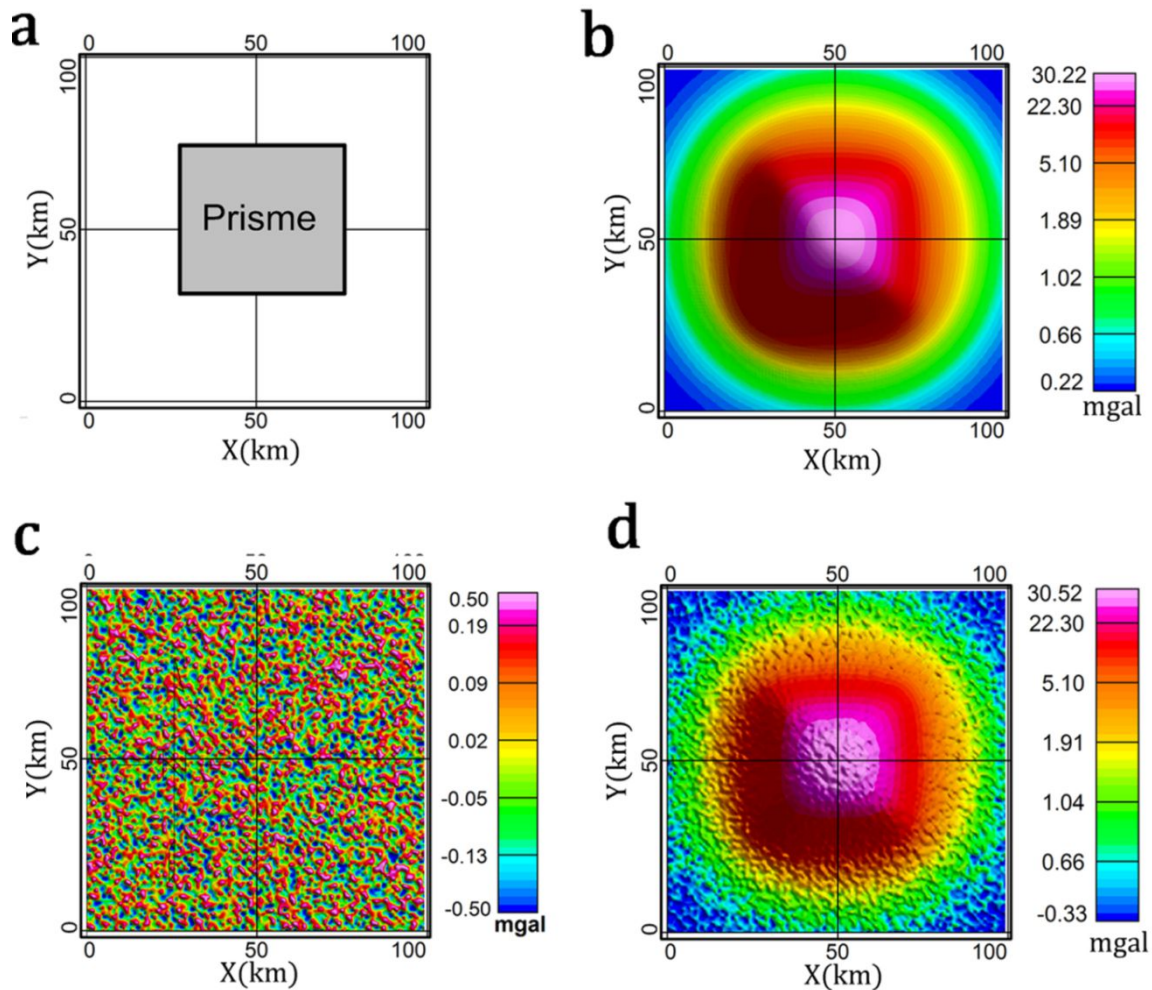


Fig.2.1 a -Vue en plan du modèle gravimétrique constitué par un Prisme vertical. b- Sa réponse gravimétrique. c- Bruit gaussien avec une déviation standard de d'ordre 0.5 mgal. d-Réponse gravimétrique bruitée par la figure c.

. **La figure 2.2** montre les solutions d'Euler obtenues pour la valeur de l'indice structural $N=0$, nous avons obtenu la profondeur moyenne de l'ordre de 2.75 km (Fig.3.2). Il est clair, que pour $N=0$, les meilleurs résultats sont obtenus et fournit des estimations de profondeurs proches de leur valeur théorique proposée au départ

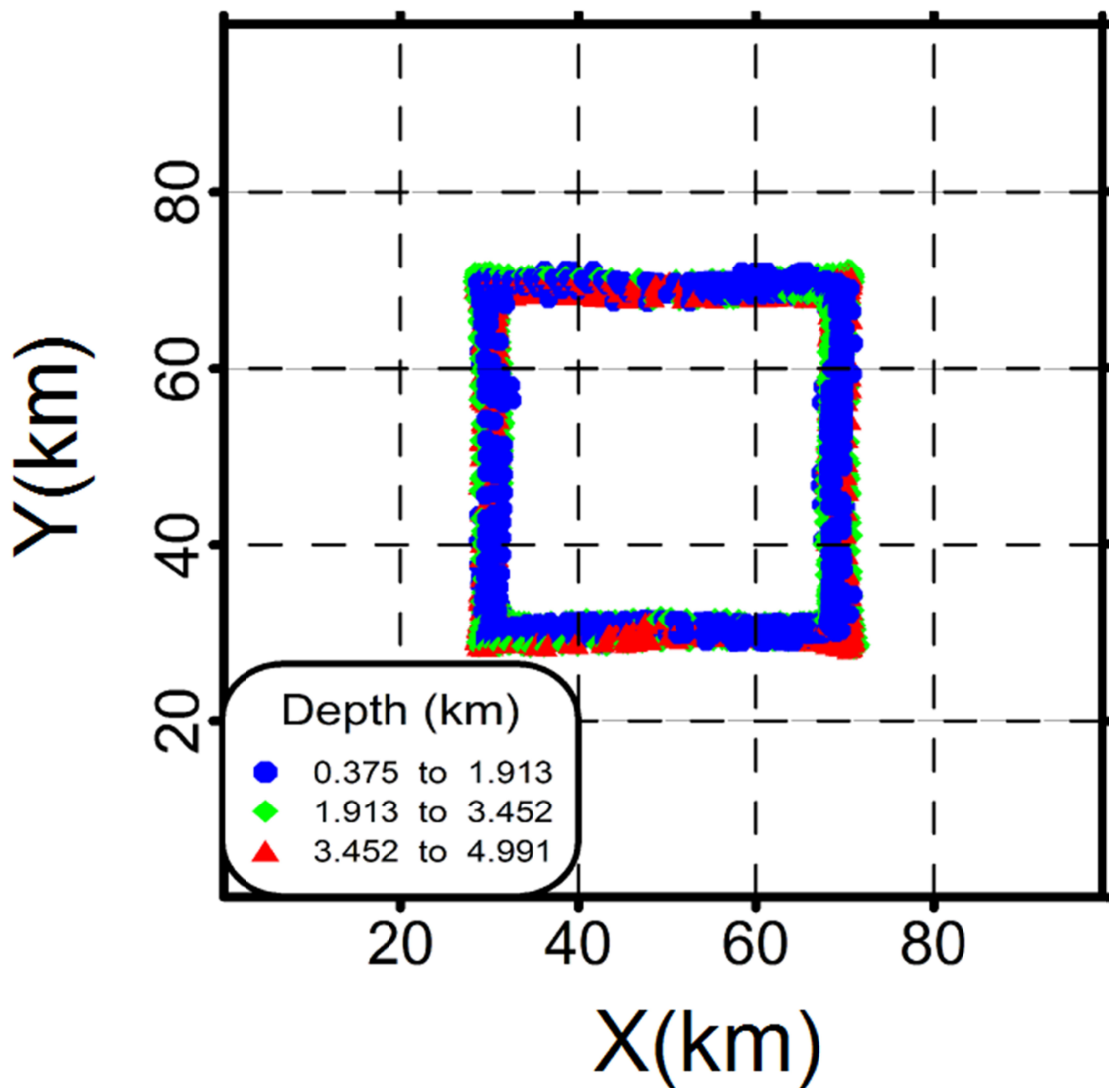


Fig. 2.2 Solutions d'Euler de la figure 3.1 avec la valeur de

2.6.1 Application de la méthode de Tilt Angle (TA)

La figure 2.3 représente les solutions de Tilt angle (TA) au modèle gravimétrique nous avons obtenu la limite du prisme par la courbe de la valeur zero (0).

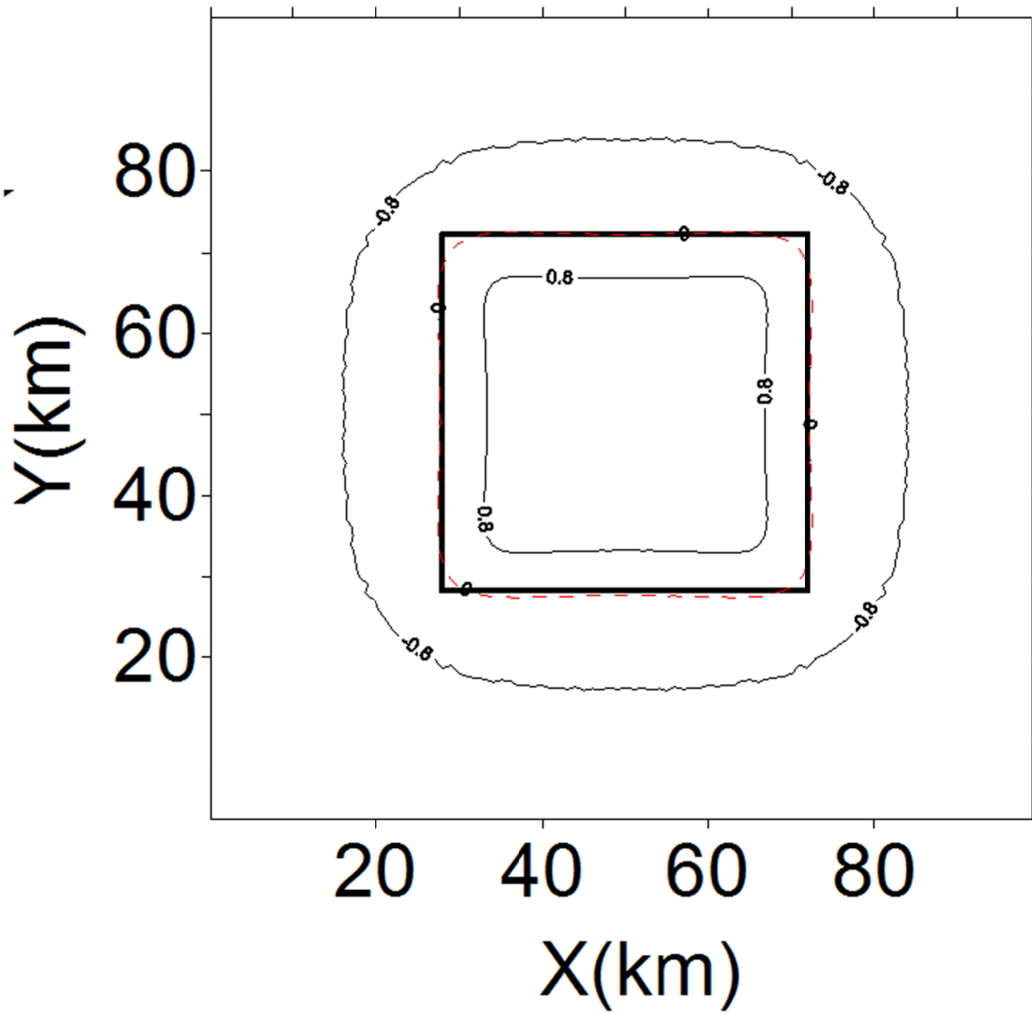


Fig. 2.3 Application du Tilt angle (TA) du modèle gravimétrique

CHAPITRE 3
CONTEXTE GÉOLOGIQUE

**CHAPITRE 3
CONTEXTE GÉOLOGIQUE**

3.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

3.1.1 Introduction

Le Hoggar est situé au sud Algérien. Il est le plus important constituant du bouclier Targui. Il se prolonge, au sud-ouest, au Mali, par le massif des Iforas, et à l'est, au Niger, par le massif de l'Aïr (Fig.3.1).

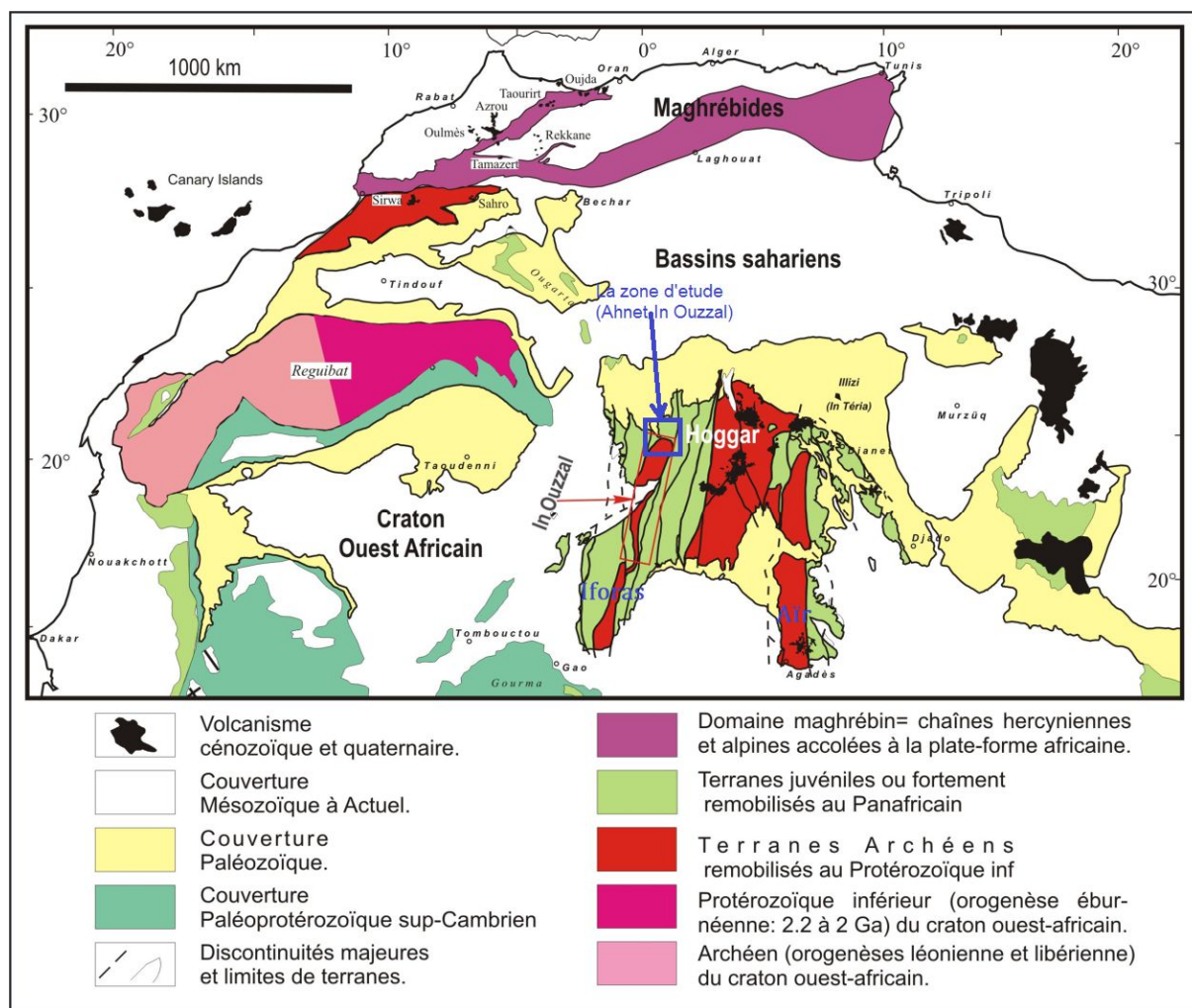


Fig. 3. 1 Carte simplifiée de l'Afrique du Nord montrant la localisation du Hoggar et la zone étudiée (Fabre, 2005).

3.1.2 Le Hoggar

La géologie du Hoggar montre une histoire très complexe; sa structure est caractérisée par des décrochements Nord-Sud à l'échelle continentale qui délimite des blocs

crustaux longitudinaux. Bertrand et Caby (1978) définissent trois grands domaines totalement distincts les uns des autres. Ils sont différents du point de vue lithostratigraphique, géochronologique, structural, magmatique et géochimique. Ce découpage a remplacé la coupure fondamentale du Hoggar (Lelubre, 1952). Les trois domaines sont d'Ouest en Est (Fig.3.2) : le Hoggar occidental « *chaîne pharusienne* », le Hoggar central polycyclique et le Hoggar oriental.

3.1.2.1 Le Hoggar occidental

Il est limité à l'Est par le grand accident 4°50 et à l'Ouest par le Craton Ouest Africain (COA), et se subdivise en deux rameaux : Occidental et Central (Caby, 1970), séparés par le Môle granulitique d'In Ouzzal, considéré comme un terrain exotique archéen au sein des terrains panafricains (Caby, 1996).

3.1.2.2 Le Hoggar central

Il est limité par l'accident du 4°50 à l'Ouest et le 8°30 à l'Est. Il est caractérisé par une déformation intense sur une grande échelle produisant localement un métamorphisme à haute température. D'après Black et *al.*, (1994), les roches du Hoggar central seraient liées à de grands chevauchements, à l'échelle continentale, qui auraient provoqué une délamination de la lithosphère. Le Hoggar central polycyclique a été subdivisé en quatre régions : la région de l'Aleksod, la région d'Oumelalen-Tamassint, la région de la Tafassasset-Atakor et la région (domaine) d'Issalane.

3.1.2.3 Le Hoggar oriental

Le Hoggar oriental est limité à l'ouest par l'accident majeur 8°30' (Fig.3.2). Il est constitué par trois terranes : Djanet (Dj), Edembo (Ed) et Aouzegueur (Ao), partageant comme front commun la zone de cisaillement (8°30'), ils sont accolés les uns aux autres par l'intermédiaire de failles orientées NNO-SSE.

Il est représenté par deux portions de socle: Le môle d'Issalane et le bloc Djanet-Taffassasset qui sont séparés par la chaîne linéaire de Tiririne. Le domaine de Tafassasset-Djanet qui appartient au Craton Est Saharien (à l'Est de la faille 8°30'), comprend un socle pré-Panafricaine faiblement métamorphisé et des méta-sédiments intrudés par de grands batholites de granites calco-alcalins (Bertrand et Caby, 1978). La formation de la chaîne de Tiririne, unité clastique de plus de 8000 m d'épaisseur est séparée du socle par une discontinuité majeure traduisant un dépôt sur

une surface d'érosion qui montre des roches métamorphiques et magmatiques très diverses.

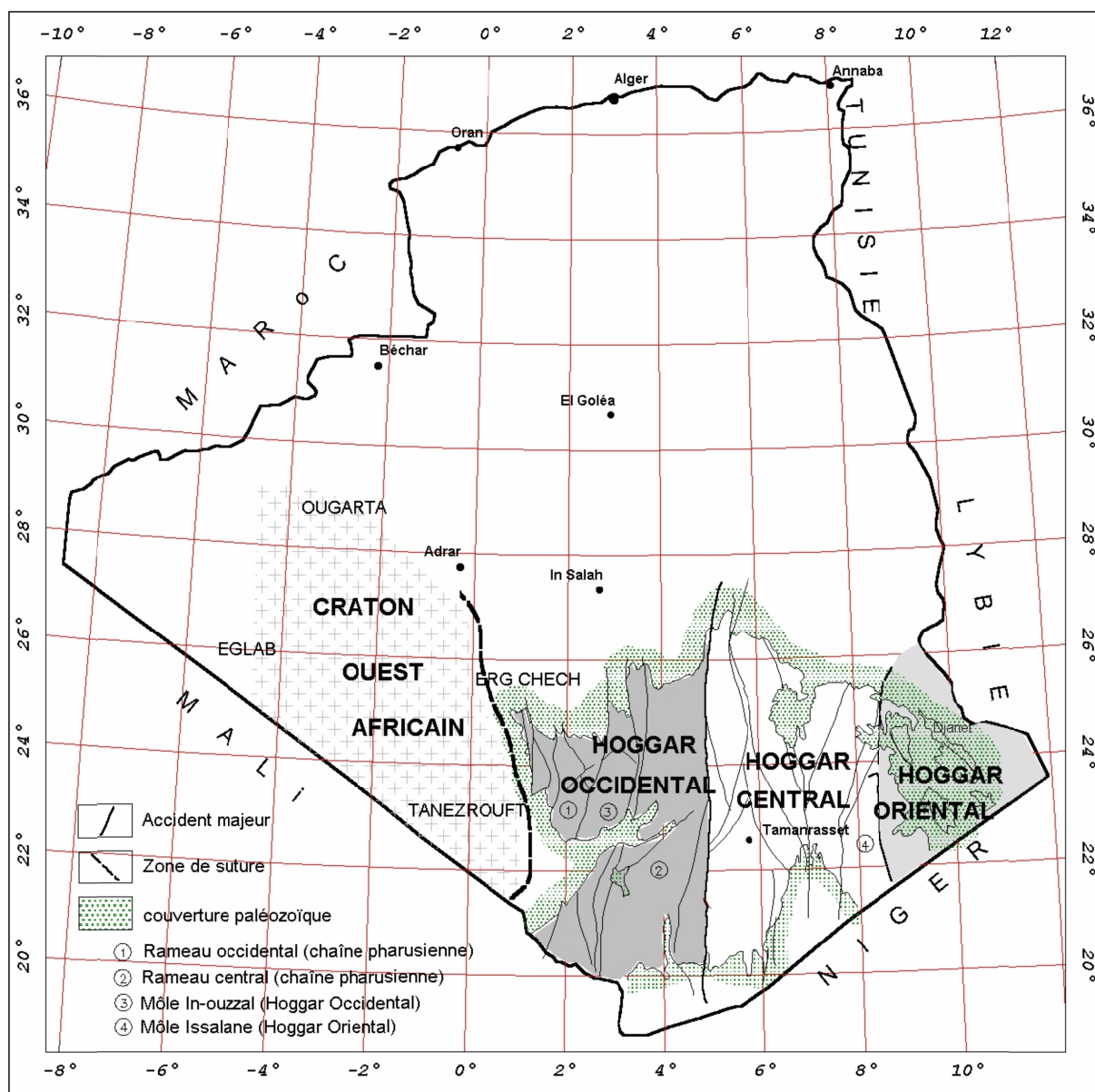


Fig.3.2 Carte des principales subdivisions et des principaux domaines structuraux du Hoggar (d'après Caby et al., 1981)

3.1.3 Les Terranes du Bouclier Targui

On distingue 23 terranes qui se différencient par leurs caractéristiques lithologiques, structurales et géochronologiques (Fig.3.3). Ces terranes sont distribués sur le bouclier Targui (tableau 3.1).

Tableau 3.1 Les différentes terranes du bouclier Targui

Les terranes occidentaux	Les terranes centraux	Les terranes orientaux
1. Timetrine (Tim)	12. Assodé-Issalane (As-Is)	20. Barghot (Ba)
2. Tilemsi (Ti)	13. Tchilit (Tch)	21. Aouzegueur (Ao)
3. Kidal (Ki)	14. Tazat (Ta)	22. Edembo (Ed)
4. Tassendjanet (Tas)	15. Sérouenout (Se)	23. Djanet (Dj)
5. U granulite Iforas (Ugé)	16. Egéré-Aleksod (Eg-Al)	
6. In Ouzzal (Ou)	17. Azrou-n-Fad (Az)	
7. Ahnet (Ah)	18. Tefedest (Te)	

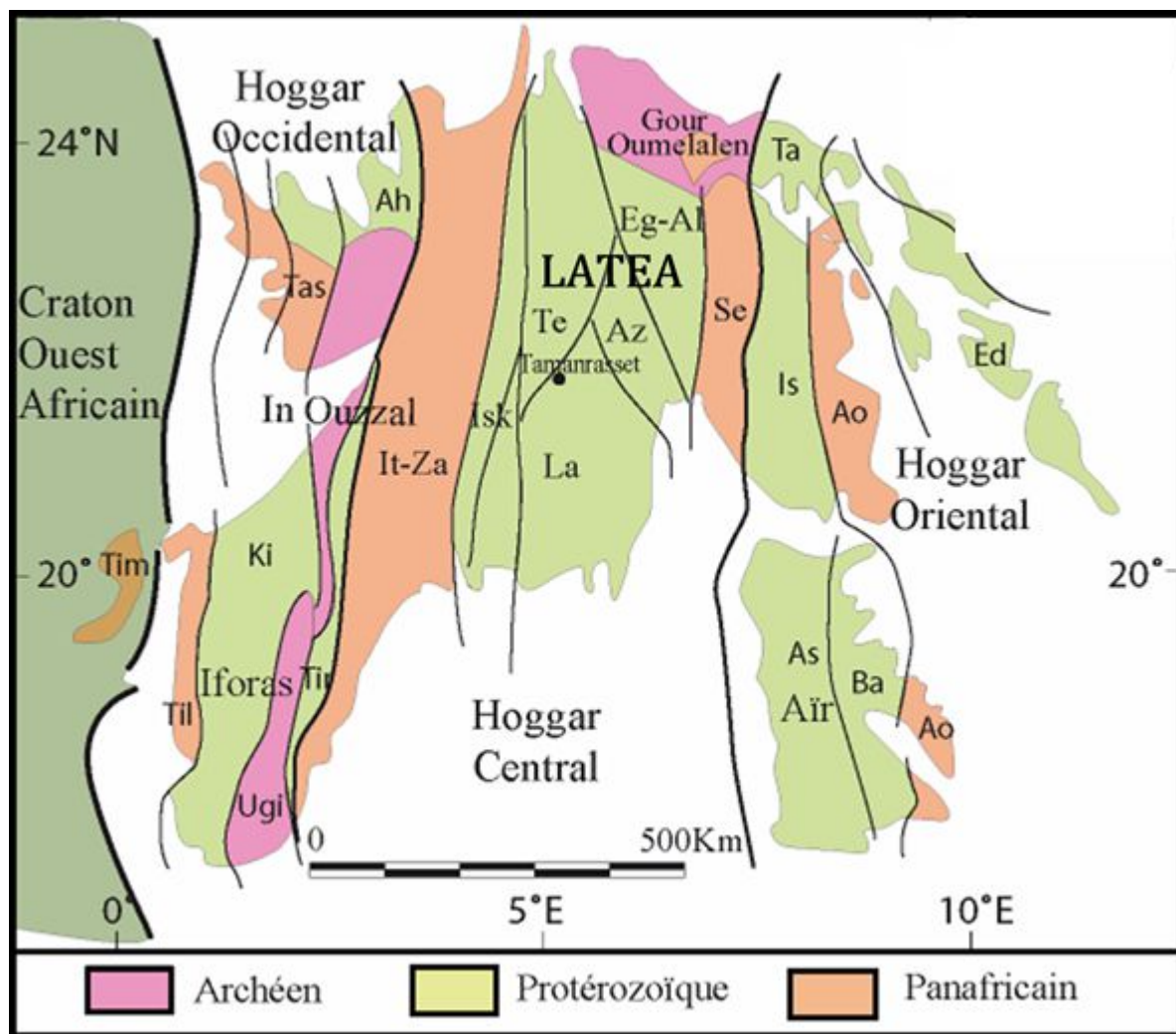


Fig.3.3 Carte géologique de terranes du bouclier Targui (Black et al. 1994), Tim (Timetrine), Til (Telemsi), Ki (Kidal), Tas (Tassendjanet), Ugi (Iforas), Ou (In Ouzzal), Tir (Tirek), Tch (Tchilit), Ta (Tazat), Se (Serouenout), Eg-Al (Egere-Alekzod), Az (Azrou-N'Fad), Is (Issalane), Te (Tefedest), La (Laouni), Ba (Barghot), Ao (Aouzequeur), Ed (Edembo).

3.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE LOCAL

Notre zone d'étude est située dans la partie Nord ouest du Hoggar (voir la figure 3.1). elle est composée par la partie sud du terrane de l'Ahnet et la partie nord d'In Ouzzal.

3.2.1 Le Terrane d'IN OUZZAL

Le terrane d'In Ouzzal est situé au centre du Hoggar occidental (Fig.3.4). C'est un compartiment allongé de direction Nord-sud de plus de 400 km de longueur et large, au Nord, de 80 km à la hauteur de la région d'In Hihaou et se prolongeant en s'amincissant jusqu'à disparaître au Sud, pour être relayé par l'Adrar des Iforas au Mali (Fig.3.4). Caby et Monie (2003) considèrent que la limite occidentale de l'In

Ouzzal avec le terrane de Tassendjanet est une zone de subduction Panafricaine jalonnée par des éclogites comme celles de Tileouine. Le nord-est de l'In Ouzzal est limité par le terrane de l'Ahnet par un complexe mafique et ultramafique d'arc remarquable par la présence de glaucophane (Mokri, 2005).

Cette zone d'étude est constituée essentiellement par deux formations : des charnockites et des métasédiments (Ouzegane, 1987) :

❖ **Les charnockites**

Ce sont des orthogneiss, de couleur jaune orangé à quartz gris violacé caractérisés par une fine foliation marquée par des minéraux ferromagnésiens.

❖ **Les métasédiments**

Ils sont composés de marbres, de quartzites à magnétite et de granulites aluminomagnésiennes. Les structures les plus évidentes dans le Môle In Ouzzal, sont les plissements.

3.2.2 Le terrane de l'Ahnet

Les sédiments protérozoïques post-ebumeen de la région de l'Ahnet, au Nord du terrane d'In Ouzzal, peuvent être subdivisés en deux groupes (Fig.3.4). Le groupe des Quartzites de l'Ahnet, compose de plus de 5000 m de quartzites fluviales, est recouvert par le groupe d'Amasine qui contient des sédiments de plat-forme carbonatée à stromatolites (Moussine-Pouchkin et al 1988). l'Oust de l'Ahnet (Ait el Kha), deux séries de quartzites sont superposées. La plus jeune s'est déposée en discordance de ravinement sur les quartzites inférieurs qui sont remaniés à sa base. Un important épisode volcanique (principalement rhyolitique, avec un cortège de roches hypo volcaniques variées, roches elles aussi remaniées en galets) marque une coupure importante. Un volcanisme basaltique sous-marin effusif, d'affinité théorique, surmonte et s'interdigité avec des carbonates dépourvus de stromatolites: il serait lié à l'ouverture d'un domaine océanique.

Comme l'avait déjà reconnu Arène (1964,1968), la faille d'Amasine sépare un compartiment Est avec métamorphisme à biotite. La principale structure du compartiment oriental est l'Adrar Ahnet lui-même, formant un grand anticlinorium. Celui-ci présente une importante dissymétrie et les épaisseurs des quartzites observées

(plus de 8000m) ne semblent pas liées à des redoublements tectoniques d'après Moussine-pouchine et al (1988).

Le groupe des quartzites de l'Ahnet n'a pas encore été daté. D'après Caby et andreopoulos-Renaud (1983) , des groupes équivalents seraient recoupés par des intrusions d'affinité alcalines à 1837 Ma et 1750 Ma. Mais ces quartzites ne sont pas des molasses de l'Eburnéen .

La maturité du matériel et l'homogénéité des faciès correspond en fait à ce que l'on rencontre dans un grand delta situé en marge d'un continent inconnu. Si l'on admet l'équivalence entre la « Série à stromatolites » du Hank, reposant sur le craton ouest-africain (entre 1000 et 800 Ma) et le groupe d'Amasine, une lacune de sédimentation de 800 Ma sépare ce groupe de celui des Quartzites de l'Ahnet (Fabre 2005),

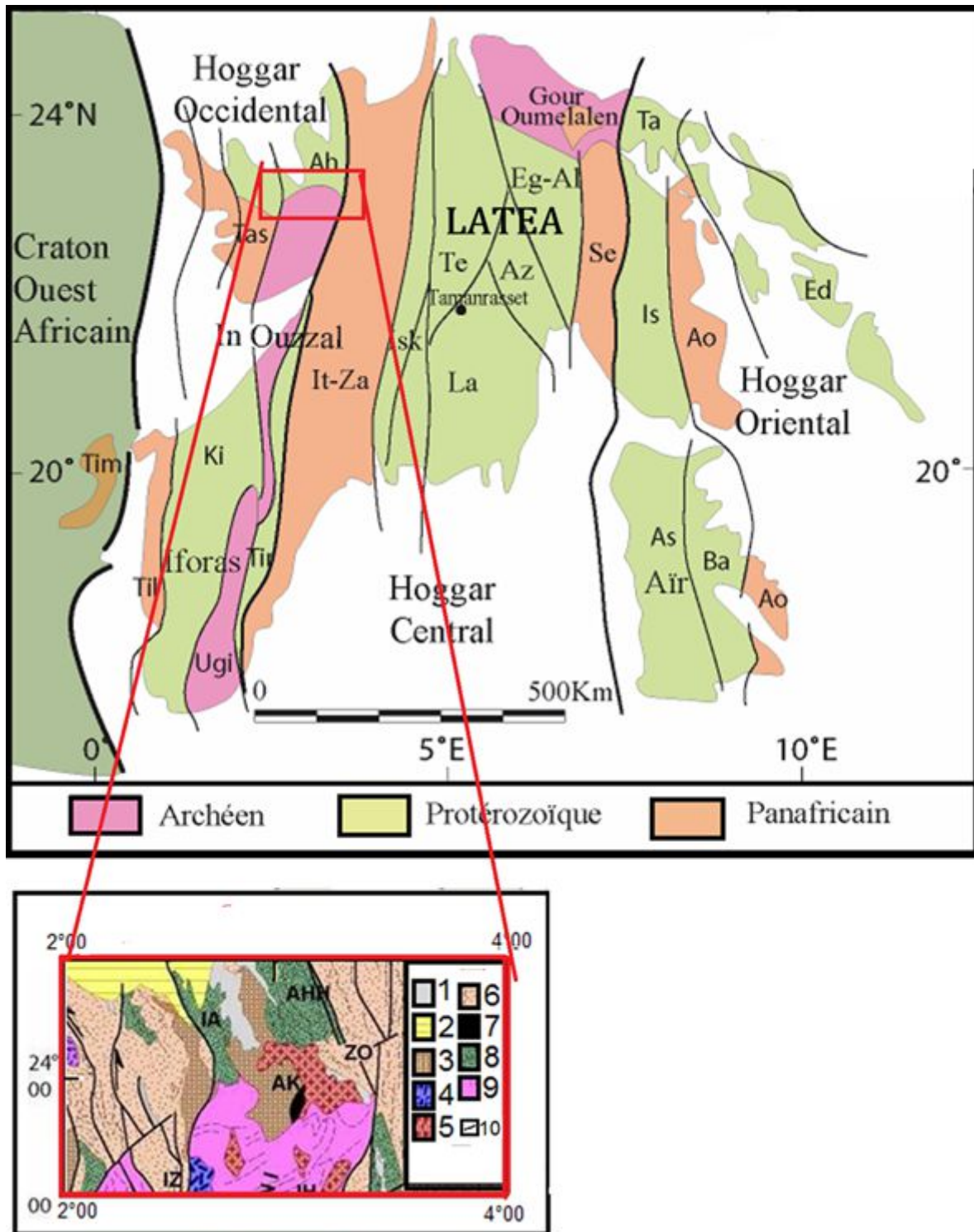


Fig. 3. 4 Carte géologique de l’In ouzzal(Caby 1996), 1- Mesozoic sediments, 2- Paleozoic sediments, 3- Cambrian molasse, 4- Cambrian volcanics, 5- Granites intruding the IOGU, 6- Panafrican metamorphics and granitoides, 7- Neoproterozoic andesites, 8- Late Paleoproterozoic sediments and magmatics, 9- Paleoproterozoic basement, 10- Major shear zone

CHAPITRE 4
INTERPRÉTATION DES DONNÉES
GRAVIMÉTRIQUES

CHAPITRE 4 INTERPRÉTATION DES DONNÉES GRAVIMÉTRIQUES

4. 1. DESCRIPTION DES DONNÉES GRAVIMÉTRIQUES

La figure 3.1 représentant les anomalies de Bouguer (AB) de la région d'étude (Ahnet –In ouzzal) sont issues du levé gravimétrique réalisé dans la région de Tanezrouft en 1974-75. La direction des profils, Est-Ouest, l'espacement de ces profils est en moyenne de 18 km et l'espacement entre les points de mesures est de 3 km.

4.2 MATÉRIELS UTILISÉS

Les données techniques du levé gravimétrique de la zone étudiée sont résumées dans le tableau 4.1 suivant :

Tableau 4.1 Les données techniques du levé gravimétriques du terrane d'In Ouzzal et des zones limitrophes (Bourmatte, 1977)

Matériels et techniques utilisés	Caractéristiques
Gravimètres	Trois gravimètres Worden du type Master n° 600, 660 et 683 ont été utilisés.
Réduction des mesures	Les valeurs de g sont exprimées dans le système classique de Postdam (981274.0 mgal).
Bases utilisées	Balise 250 bornes de nivellement n°83 g=976836.9 mgal ; réoccupation approchée de la base 1987 du réseau Lagrula (Embranchement de Ou Allen).
Altimétrie	Détermination des altitudes par nivellement barométrique
Planimétrie	La position des stations a été déterminée par levé à la boussole et au compteur de voiture avec un rattachement aux points astronomiques.

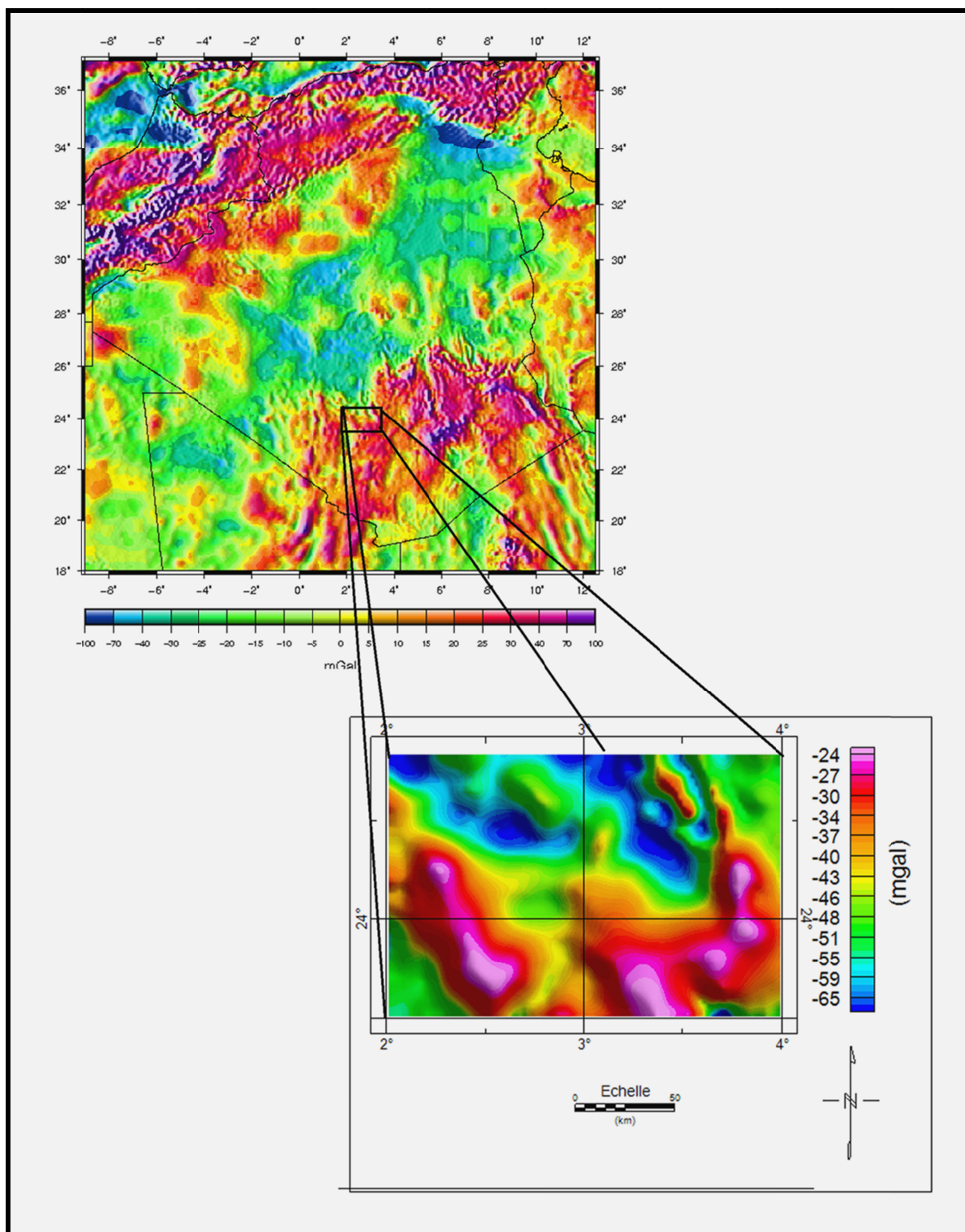


Fig. 4.1 a- Localisation du levé gravimétrique. b- Carte des anomalies de Bouguer de la zone étudiée. Elle montre des anomalies positives et des anomalies négatives de dimension et d'amplitude variables, avec des valeurs allant de -65mgal à -24mgal.

4. 3 SÉPARATION DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES

L'anomalie de Bouguer (AB) peut être considérée comme étant la somme de l'anomalie régionale (surface polynomiale) et de l'anomalie gravimétrique résiduelle. Dans le présent travail, nous avons calculé une surface polynomiale de degré 1 (Fig. 3.2b). Nous avons obtenu la carte des anomalies gravimétriques résiduelles de la régionale de degré 1 par la soustraction de ce polynôme aux données de l'anomalie de Bouguer (Fig.3.3). Les coefficients du polynôme de degré 1 : $F(x, y) = a+bX+cY$ sont a, b et c respectivement :

$$a= 6.1204 \cdot 10^2$$

$$b=3.2784 \cdot 10^{-2}$$

$$c=-2.5303 \cdot 10^{-1}$$

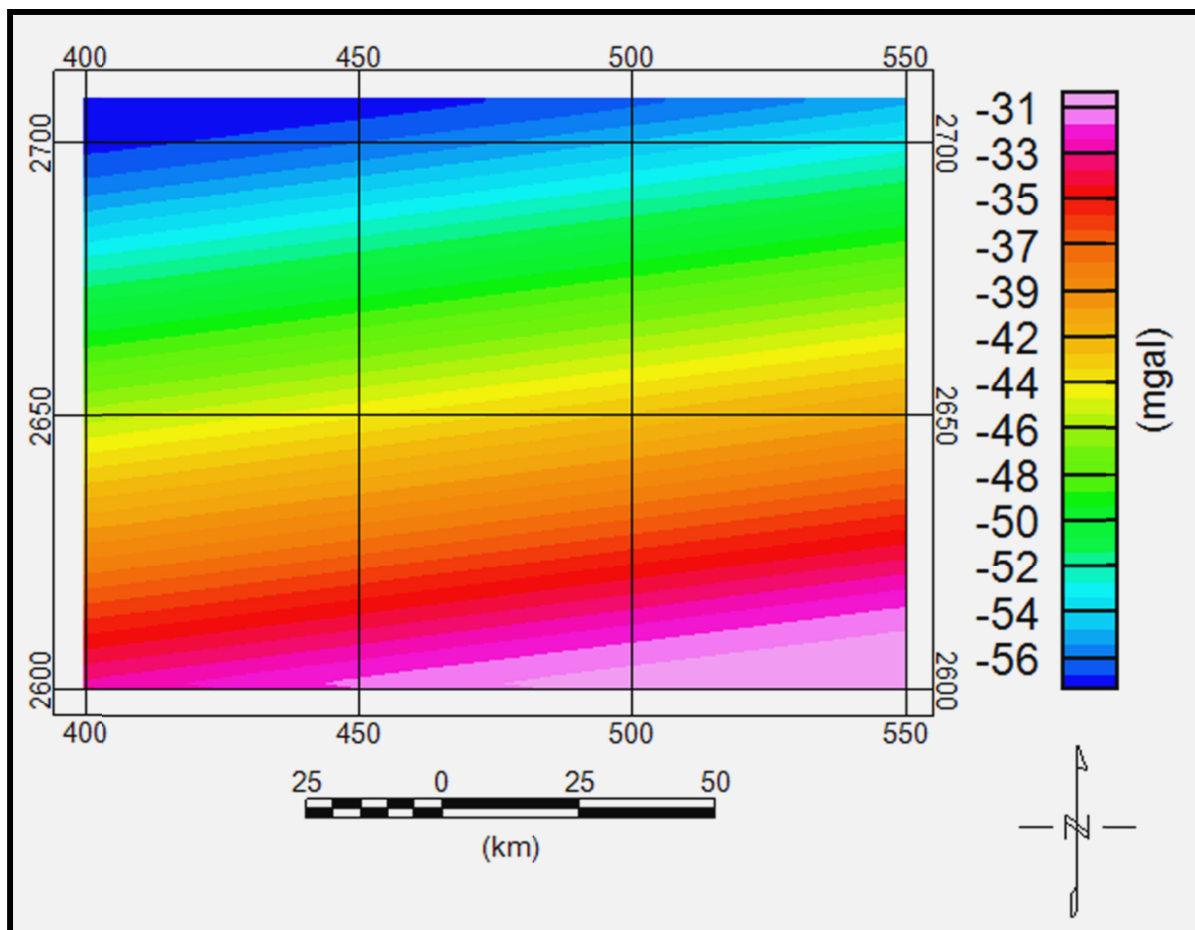


Fig. 4.2 Carte de surface polynomiale de degré 1 de la zone d'étude. Les coordonnées cartésiennes (X et Y) sont données en UTM-zone 31N.

4.4 ANALYSE DE LA CARTE GRAVIMÉTRIQUE RÉSIDUELLE

1a Nous observons à l'ouest de la zone étudiée une anomalie orientée dans la direction NW-SE d'après la géologie cette anomalie correspond aux roches volcaniques, basiques et ultrabasiqes (diorite, gabbros, serpentines).

2a Au sud Est de la zone d'étude, nous remarquons des anomalies positives, très étendues et de faibles amplitudes correspondant au faciès granulite du terrane d'In Ouzzal (granulites, charnockites, etc...). Ces anomalies seraient dues à un contraste de densité légèrement positif de ces roches dont la densité moyenne est de 2.75g/cm^2 (Bourmatte, 1977).

2b Au centre de la carte, nous observons des anomalies négatives très étendues. D'après la géologie ces anomalies correspondent le bassin de l'Ahnet recouvert par une couverture paléozoïque.

3a Au nord Est de la zone étudiée nous observons des anomalies positives orientées dans la direction NW-SE sont étroitement liées à un ensemble de failles majeures

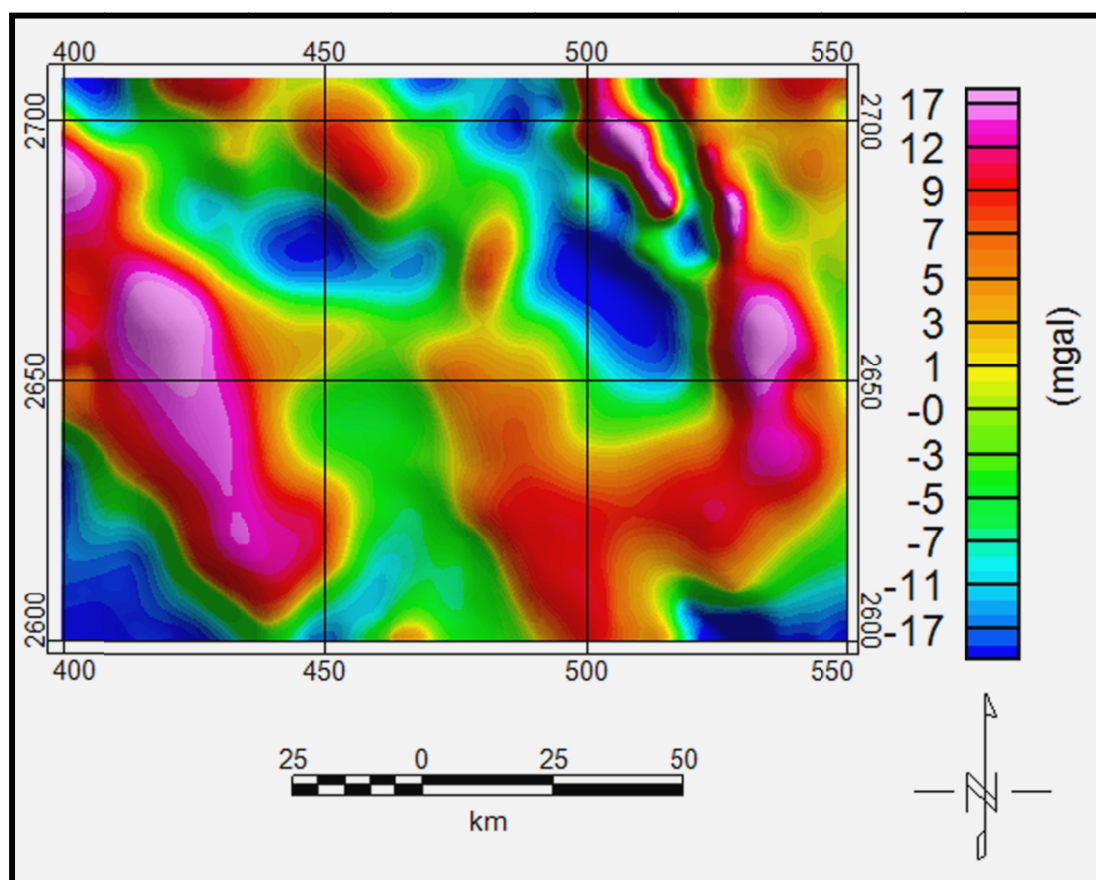


Fig. 4.3 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles de la région de degré 1. Les coordonnées cartésiennes (X et Y) en UTM-zone 31N

CARTES PROLONGÉES**4.5.1 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut à 1km (Fig.4.4a).**

On retrouve toujours les anomalies décrites précédemment mais avec un léger lissage des courbes et une légère baisse d'amplitude.

4.5.2 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut à 5km (Fig.4.4b).

On remarque nettement qu'une partie des anomalies de courtes longueurs d'ondes disparaissent, cette disparition est presque totale dans la partie Nord et Sud de la zone d'étude.

4.5.3 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut à 10km (Fig.4.4c).

A cette altitude, pratiquement, il ne reste que les ensembles d'anomalies caractérisés par des grandes longueurs d'ondes liés aux sources profondes.

4.5.4 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut à 20km (Fig.4.4d).

à 20 Km : A cette altitude, les grands ensembles liés aux sources profondes sont bien séparés et nettement différenciés par ses amplitudes. Nous remarquons bien la limite entre les deux terranes (Ahnet et In Ouzzal).

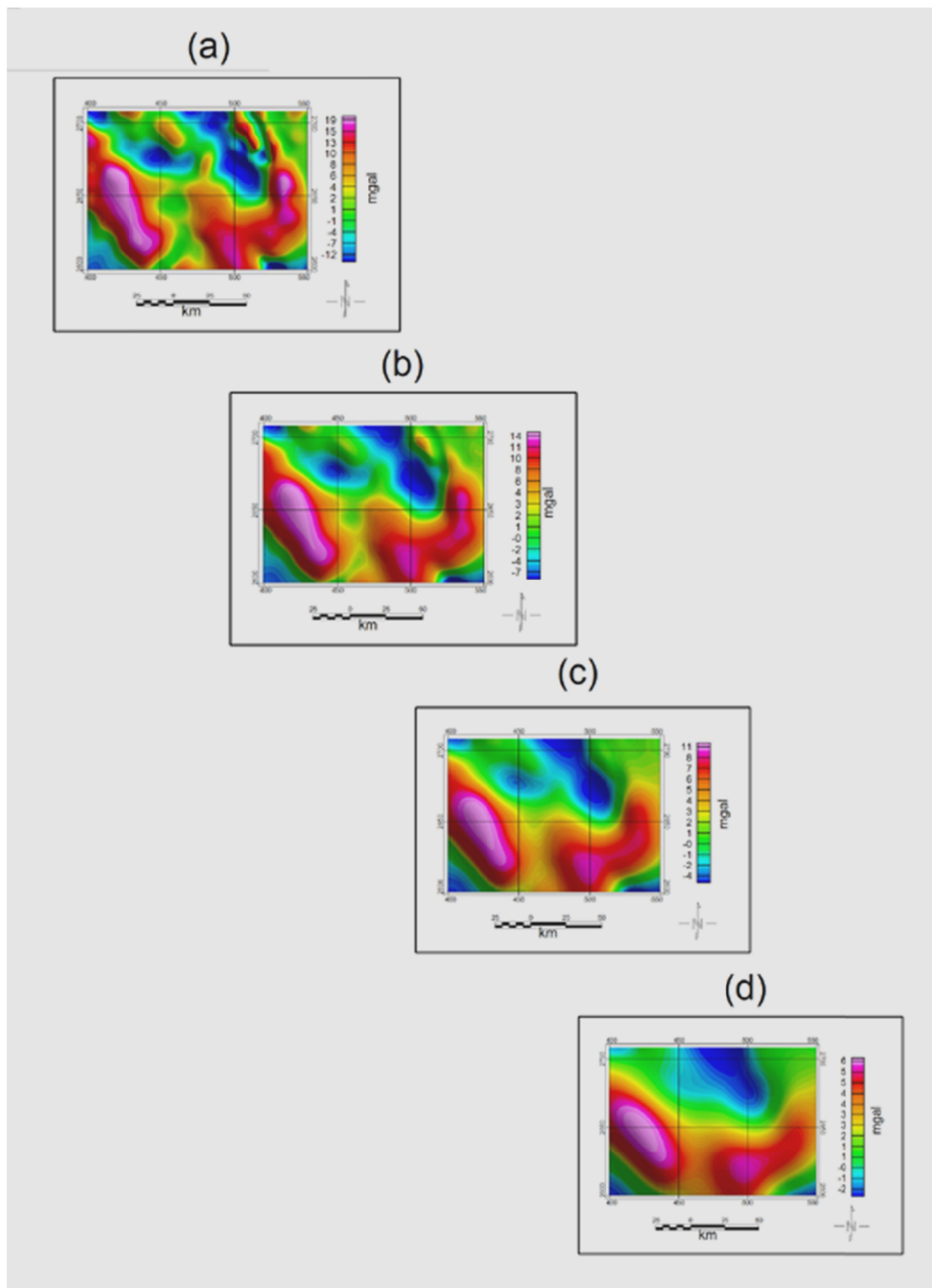


Fig.4.4 Cartes prolongées vers le haut **a**-Carte prolongée vers le haut à 1km **b**- Carte prolongée vers le haut à 5km **c**-Carte prolongée vers le haut à 10km **d**-Carte prolongée vers le haut à 20km.

4.6 INTERPRÉTATION

Nous avons appliqué aux données gravimétriques réelles du terrane de l'Ahnet et d'In Ouzzal deux techniques d'inversions : la Déconvolution d'Euler (ED), et le gradient horizontal. Ces deux techniques sont différentes du point de vue du principe. L'objectif de ce présent travail, consiste à mettre en évidence l'estimation de paramètres géométriques (profondeur, orientation,...) de sources gravimétriques de la zone d'étude.

Les figures (4.5 et 4.6), représentent les solutions du gradient horizontal et d'Euler respectivement. Elles montrent une parfaite concordance des positions des solutions du gradient horizontal et d'Euler avec les anomalies de courtes et grandes longueurs d'ondes liées aux différents accidents tectoniques et formations lithologiques.

Des solutions localisées au nord-est de l'In Ouzzal sont limitées par le terrane de l'Ahnet (Ah). Elles caractérisent une structure très profonde qui correspond probablement à des granites Panafricains. Au niveau du contact entre le socle cristallin et la couverture sédimentaire du bassin de l'Ahnet. Nous observons des solutions de l'ordre de 2 km. Au nord ouest la zone d'étude, nous remarquons qu'il existe un système de failles orienté NO-SE, avec une profondeur plus de 3 km (Fig. 4.5 et 4.6).

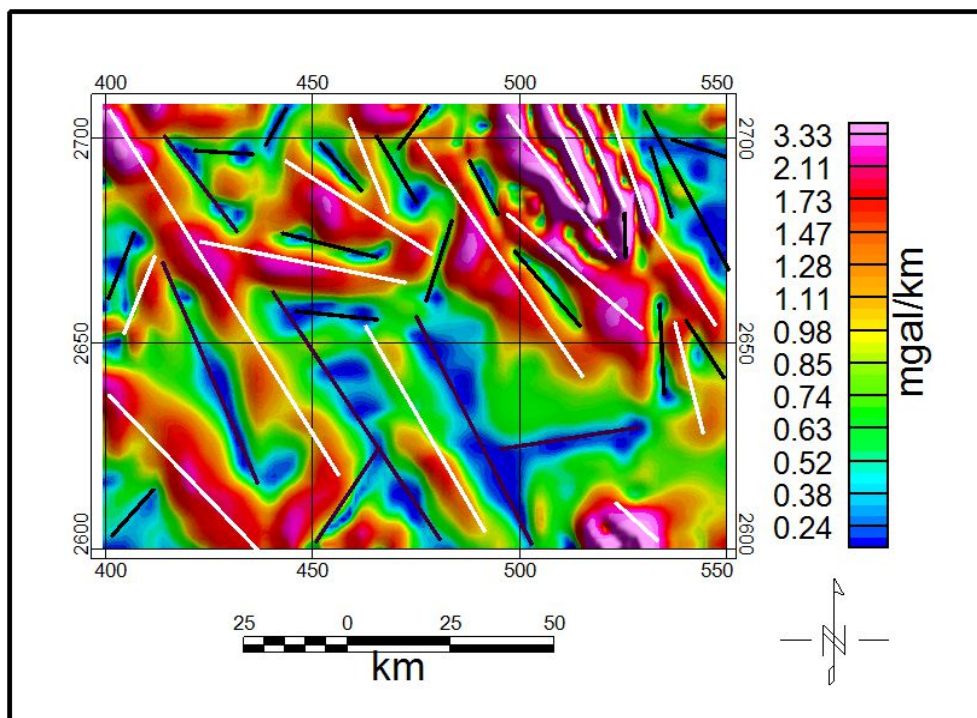


Fig.4.5 Solutions du gradient horizontal des données gravimétriques du terrane de l’Ahnet-In Ouzzal,

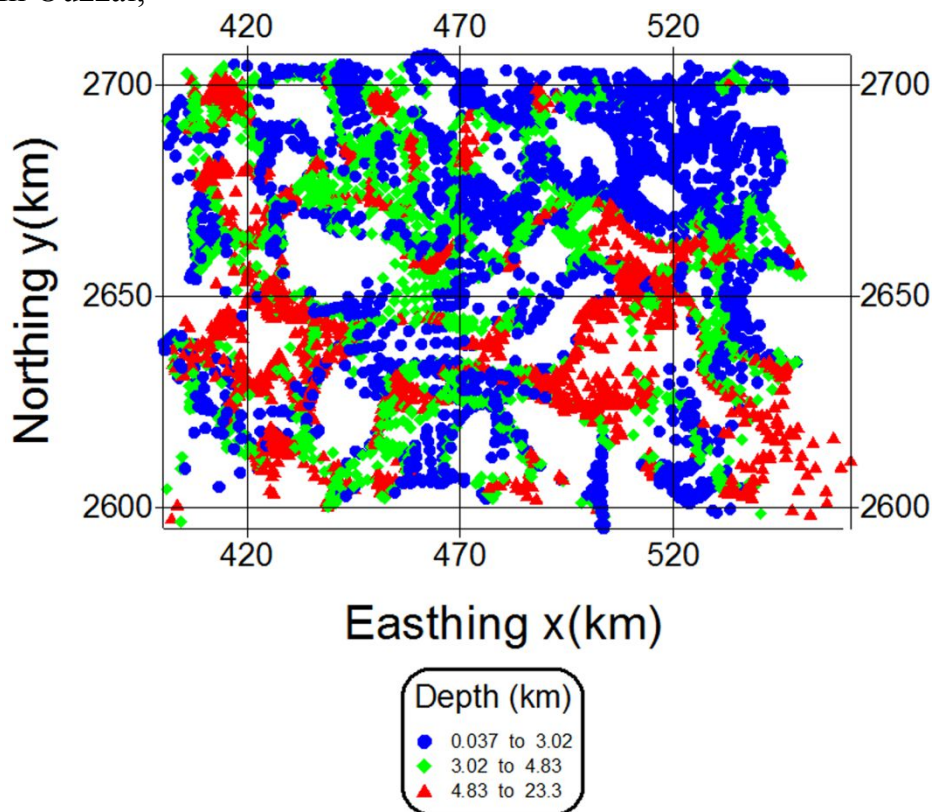


Fig.4.6 Solutions d’Euler des données gravimétriques du terrane de l’Ahnet-’In Ouzzal,

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

appliqué aux données gravimétriques réelles du terrane de l'Ahnet et d'In Ouzzal deux techniques d'inversions : la Déconvolution d'Euler (ED), et le gradient horizontal. Ces deux techniques sont différentes du point de vue du principe. L'objectif de ce présent travail, consiste à mettre en évidence l'estimation de paramètres géométriques (profondeur, orientation,...) de sources gravimétriques de la zone d'étude.

Les anomalies positives ou négatives observées sur la carte d'anomalie de Bouguer et les cartes gravimétriques transformées sont de direction Nord-Sud, NE-SW et NW-SE ce qui est en accord avec la géologie de la région d'étude.

Dans la partie NE de la zone d'étude, l'existence des anomalies positives Elles caractérisent une structure très profonde qui correspond probablement à des granites Panafricains.

Dans la partie centrale de la zone d'étude, nous remarquons les bordures du terrane d'In Ouzzal avec l'Ahnet sont délimités par un accident probablement lithosphérique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bertrand, JML., 1974. Evolution polycyclique des gneiss précambriens de l'Aleksod (Hoggar central, Sahara algérien). Aspects structuraux, pétrologiques, géochimiques et géochronologiques, Thèse d'Etat Univ. Montpellier. CNRS. Ser. Géol., 19: p 350.
2. Bertrand, JML., and Lassere, M., 1976. Pan-African and pre-Pan-African history of the Hoggar (Algerian Sahara) in the light of a new geochronological data from the Aleksod area, *Precamb. Res.*, 3: 343-362.
3. Bertrand, JML., and Caby, R., 1978. Geodynamic evolution of the pan-african orogenic belt: A new interpretation of the Hoggar shield (Algerian Sahara), *Geol. Rundschman*, 67: 357-388.
4. Bertrand, JML., Caby, R., Ducrot, J., Lancelot, J., Moussine-Pouchkine, A., Saadallah, A., 1978. The late Pan-African intercontinental linear fold belt of the eastern Hoggar Central Sahara, Algeria): geology, structural development, U/Pb geochronology, and tectonic implications for the Hoggar shield. *Precambrian Research* 7, 349-376. House of the Czechoslovak Acad. of Sci., 66 p.
5. Black, R., Latouche, L., liégeois, JP., Caby, R., and Bertrand, JML., 1994. Pan-African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara), *Geology*, 22: 641-644
6. Blakely, RJ., 1995. *Potential theory in gravity and magnetic applications*, Cambridge University Press, 441p.
7. Bourmatte, A., 1977. *Etude gravimétrique du Tanezrouft*, Thèse d'état (univ-Montpellier), 140p.
8. Caby, R., 1970. La chaîne Pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara central, Algérie); sa place dans l'orogénèse Précambrien supérieur en Afrique, Thèse d'Etat, Univ-Montpellier, 336 p.
9. Caby, R., 2003. Terrane assembly and geodynamic evolution of central-western Hoggar: a synthesis, *Journal of African Earth Sciences*, 37: 133-159.
10. Caby, R., 2000. Revue des séries sédimentaires protérozoïques et chronologie de l'évolution géodynamique du bouclier targui. 1^{er} Séminaire National de Stratigraphie. Service Géologique Algérie, ORGM. Boumerdès. Recueil des résumés, pp. 12-13.
11. Caby, R., Andreopoulos-Renaud, U., 1987. Le Hoggar oriental, bloc cratonisé à 730 Ma dans la chaîne pan-africaine du Nord du continent africain. *Precambrian Research* 36, 335-344.

12. Caby, R., 1996. A review of the In Ouzzal granulitic terrane (Tuareg shield, Algeria) its significance within the Pan- African Trans-Saharan belt *Journal of metamorphic Geology* 14, 659-666.
13. Caby, R., Monie , P., 2003. Neoproterozoic subduction and differential exhumation of western Hoggar (southwest Algeria): new structural, petrological and geochronological evidence, *Journal of African Earth Sciences*. 37.
14. Caby R., Bertrand J.M., Black R., 1981. Pan-African closure and continental collision in the Hoggar-Iforas segment, Central Sahara, in Kroner, A., ed., *Precambrian plate tectonics*: Amsterdam, Elsevier, p 407-434.
15. Fabre, J. 2005 *Géologie du Sahara occidental et central*. Tervuren: Musée royal de l'Afrique centrale. MRAC, 572 p.
16. Haddoum, H., 1992. Etude structurale des terrains archéens du Môle In-Ouzzal (Hoggar occidental, Algérie), Thèse d'état (USTHB, Alger), 214 p.
17. Harrouchi, L., Hamoudi, M., Bendaoud, A., Beguiret, L. 2016. Application 3D Euler deconvolution and improved tilt angle to the aeromagnetic data, of In Ouzzal terrane, western Hoggar, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences* 9:508. DOI 10.1007/s12517-016-2536-1
18. Keating, P., and Sailhac, P., 2004. Use of the analytic signal to identify magnetic anomalies due to kimberlite pipes, *Geophysics*, 69:180-190.
19. Le Mouél, J.L., 1976. *Traité de géophysique interne*, Masson, Paris.
20. Menke, W., 1989. *Geophysical data analysis : Discrete inverse theory*, Academic Press. Inc
21. Miller, H.G., Singh, V., 1994. Potential field tilt-a new concept for location of potential field sources. *J Appl Geophys* 32:213–217
22. Mohan, N.L., Sundararajan, N. and Rao, S.V.S., 1982. Interpretation of some two-dimensional magnetic bodies using Hilbert Transform: *Geophysics*, 47, 376-387.
23. Mokri, M., 2005. *Pétrologie et géochimie des suites magmatiques basiques et ultrabasiques de la région de Tin Tanet Firt (Hoggar nord Occidental)* Magister, FSTGAT-USTHB.
24. Nabighian, M.N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation, *Geophysics*, 37:507-517.
25. Nabighian, M.N., 1974. Additional comments on the analytic signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section, *Geophysics*, 39: 85-92.

26. Nabighian, MN., 1984. Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: Fundamental relations, *Geophysics*, 49: 780-786.
27. Ouzegane, K., Liégeois, JP., Kienast, JR., 2003. The Precambrian of Hoggar. Tuareg shield: history and perspective. A preface. *Journal of African Earth Sciences* 37, 127-131.
28. Ouzegane, K., Boumaza, S., 1996. An example of ultra-hightemperature metamorphism : orthopyroxene-sillimnite, garnet, sapphirine-quartz and spinel-quartz parageneses in Al-Mg granulites from In Hihaou, In Ouzzal, Hoggar, *Journal of Metamorphic Geology*, 14: 693-708.
29. Roest, WR., Verhoef, J., and Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D signal analytic, *Geophysics*, 57:116-125.
30. Salem, A., Williams, S., Fairhead, JD., Ravat, D., Smith, R., 2007. Tilt-depth method: a simple depth estimation method using first-order magnetic derivatives. *Lead Edge* 26:1502–1505
31. Thompson, DT., 1982. EUDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics*, 47:31-37.
32. Verduzco, B., Bairhead, JD., Green, CM., 2004. New insights into magnetic derivatives for structural mapping. *Lead Edge* 23:116–119
33. Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1998, *Applied geophysics, second edition, Cambridge University Press, 770p.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1	3
<i>GENERALITES SUR LA METHODE GRAVIMETRIQUE</i>	3
1.1 Introduction.....	3
Les applications de gravimétrie comprennent :	3
1.2 Notions de base	3
1.2.1 Attraction et potentiel gravitationnel	3
Attraction gravitationnel	3
1.3 LES MESURES	4
1.3.1 Les mesures absolues	4
1.3.2 Les mesures relatives	5
1.4 Calcul de l'Anomalie de Bouguer (AB)	5
1.4.1. La correction d'air libre (AF).....	5
1.4.2 La correction de plateau (P)	5
1.4.3 La correction de relief (T)	6
1.4.4 La correction normale (g_{Th}).....	7
1.4.5 Autres corrections	8
CHAPITRE 2	10
TRAITEMENT DES DONNÉES ET TECHNIQUES D'INTERPRÉTATIONS	10
2.1 INTRODUCTION	10
2.2 SÉPARATION DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES	10
2.3 LES PROLONGEMENTS	11
2.3.1 Le Prolongement Vers le Haut (PVH)	11
2.3.1 Le Prolongement Vers le Bas (PVB)	11
2.4 Les Gradient Horizontaux (GH)	12
2.4.1 Gradient horizontal-X (GHX)	12
2.4.2 Gradient horizontal-Y (GHY)	12
2.4.3 Gradient vertical -Z	12
2.5 TECHNIQUES D'INTERPRÉTATIONS	12
2.5.1 Introduction	12
2.5.2 La Déconvolution d'EULER.....	13
2.5.3 La Transformation de TILT ANGLE.....	14
2.5.4 Le Signal Analytique.....	15
2.6 APPLICATION AU MODÈLE SYNTHÉTIQUE	16
2.6.1 Application de la méthode de la deconvolution d'Euler (DE)	16

2.6.1 Application de la méthode de Tilt Angle (TA)	18
CHAPITRE 3	21
CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	21
3.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL	21
3.1.1 Introduction	21
3.1.2 Le Hoggar	21
3.1.3 Les Terranes du Bouclier Targui.....	23
3.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE LOCAL	25
3.2.1 Le Terrane d'IN OUZZAL	25
3.2.2 Le terrane de l'Ahnet	26
CHAPITRE 4	30
INTERPRÉTATION DES DONNÉES GRAVIMÉTRIQUES	30
4. 1. DESCRIPTION DES DONNÉES GRAVIMÉTRIQUES	30
4.2 MATÉRIELS UTILISÉS	30
4. 3 SÉPARATION DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES	32
4.4 ANALYSE DE LA CARTE GRAVIMÉTRIQUE RÉSIDUELLE	33
CARTES PROLONGÉES	34
4.5.1 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut à 1km (Fig.4.4a).	34
4.5.2 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut à 5km (Fig.4.4b).	34
4.5.4 Carte des anomalies gravimétriques résiduelles prolongées vers le haut	34
4.6 INTERPRÉTATION	36
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42

Résumé

Notre zone d'étude est située au nord-ouest de Hoggar. D'un point de vue géophysique et géologique, cette zone d'étude reste assez mal connue. Le but de notre étude est d'établir une interprétation gravimétrique de la région du terrane de l'Ahnet-In Ouzzal, simultanée avec des techniques automatisées. Nous avons appliquée des méthodes analytiques inverses telles que : la méthode de la deconvolution d'Euler et le gradient Horizontal au modèle synthétique exacte et bruité afin d'appliquer aux données réelles. Nous avons obtenu des résultats très importants pour la cartographie géologique.

ملخص

تقع منطقة الدراسة الخاصة بنا شمال غرب هقار. من وجهة نظر جيوفيزيائية وجيولوجية ، لا تزال منطقة الدراسة هذه غير معروفة. الهدف من دراستنا هو إنشاء تفسير لبيانات الجاذبية لمنطقة أهنيث / عين أوزال ، بالتزامن مع التقنيات الآلية. قمنا بتطبيق أساليب التحليل العكسي مثل: طريقة أويلر والتدرج الأفقي إلى النموذج الدقيق من أجل تطبيق على البيانات الحقيقية. لقد حصلنا على نتائج مهمة جدًا لرسم الخرائط الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

Abstract

Our study area is located northwest of Hoggar. From a geophysical and geological point of view, this study area remains poorly known. The aim of our study is to establish a gravity data interpretation of the Ahnet-In Ouzzal terrane, simultaneous with automated techniques. We applied inverse analytic methods such as: the Euler deconvolution method and the Horizontal gradient to the exact and noisy synthetic model in order to apply to real gravity data. We obtained very important results for geological mapping.