



MEMOIRE

Présenté

à



**L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

Pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER PROFESSIONNEL

Spécialité

Géo-Ressources

Par

Nour El Houda ZINGARI

HOMOGENEISATION DES DONNEES GRAVIMETRIQUES DE LAPARTIE NORD-EST DE L'ALGERIE.

Soutenu le 22 septembre 2024 devant les membres du jury :

Salamet MAHBOUBI MC (A), Univ. Tlemcen
Boualem BOUYAHIAOUI DR, CRAAG
Kamar Eddine BENSEFIA, MC (B), Univ. Tlemcen
Abbas MAROK, Professeur, Univ. Tlemcen

Président
Encadreur
Co-Encadreur
Examineur

DEDICACES

Dédicaces

À **mes parents**

Pour votre amour inconditionnel, votre soutien sans faille, et vos encouragements constants.

Vous avez toujours cru en moi, même lorsque j'en doutais.

Ce mémoire est le fruit de vos sacrifices et de votre dévouement.

Merci de m'avoir permis de réaliser mes rêves.

À ma sœur **Ritedje** et mon frère **Islem**,

Pour être mes piliers, mes confidents, et mes plus grands soutiens. Votre amour et votre présence m'ont donné la force d'aller toujours plus loin.

À **mes amis**,

Pour les moments inoubliables, les encouragements et les rires partagés, qui ont rendu ce chemin bien plus agréable.

Nour El Houda

TABLE DES MATIERES

AVANT- PROPOS	3
RESUME	4
ABSTRACT	5
INTRODUCTION	
Premier chapitre : Aperçu géographique et cadre géologique	
I. APERÇU GEOGRAPHIQUE	7
II. CADRE GEOLOGIQUE	9
A. Sur le plan stratigraphique	9
1. Le domaine Atlasique	9
2. Le domaine Tellien (Tell oriental)	10
2.1. L'autochtone et para-autochtone tellien	10
2.2. Les nappes Telliennes	10
2.3. Les flyschs	10
2.4. L'allochtone à affinités telliennes	10
2.4.1. Unité de sétif	11
2.4.2. Unité de Constantine	11
2.4.3. Unité Oligo-Miocène	11
2.5. L'allochtone à affinités Kabyle	11
2.5.1. Unité de la Petite Kbylie	11
2.5.2. Unité de Djurjura	11
2.5.3. Unité de massifs de Collo	11
2.5.4. Unité de l'Edough	11
2.5.5. Unité de Cap de fer	12
2.5.6. Unité d'El Kalla	12
2.5.7. Unité Numidienne	12
B. Sur le plan Structurale	12
1. Les grandes provinces géologiques	13
1.1. L'Atlas Tellien	13
1.1.1. Subdivisions et formations principales	13
1.1.2. Zones des Flyschs Numidiennes	13
1.1.3. Domaines intermédiaires	13
2. Phases principales	14
2.1. Phase Hercyniennes	14
2.2. Phase Alpine	14
Deuxième chapitre : Rappel théorique sur la gravimétrie	
I. PRINCIPE ET THEORIQUE ELEMENTAIRE	15
A. La loi de Newton	15
B. Accélération de pesanteur	15
C. Potentiel gravifique	16
D. La forme de la Terre	16
1. Ellipsoïde de référence	17
2. Géoïde	17
II. L'ANOMALIE DE BOUGUER	18
III. CHOIX DE DENSITE	18
1. Méthode de mesure sur l'échantillon	18

2. Méthode de Parasnis	19
------------------------	----

Troisième chapitre : **Applications**

I. INTRODUCTION	20
II. HISTORIQUE	20
III. COMPILATION DES DONNEES	21
A. Bureau gravimétrique international BGI	21
IV. HOMOGENEISATION DES DONNEES	22
A. Données utilisées	22
B. Recalcul des anomalies des Bouguer	22
C. Traitement des données	23
1. Séparation des Anomalies	23
2. Calcul des dérivées	23
3. Prolongement vers le haut	23
B. Etablissement des cartes gravimétriques	24
1. Carte de l'Anomalie de Bouguer	24
2. Séparation des Anomalies	26
3. Les cartes des dérivées	29
4. Les cartes prolongées	31
VI. SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS GRAVIMÉTRIQUES	34
CONCLUSIONS	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	37
LISTE DES FIGURES & TABLEAUX	39

AVANT - PROPOS

AVANT – PROPOS

Avant toute chose, je remercie **Dieu Tout-Puissant** de m'avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. Sa grâce a été pour moi un soutien indéfectible, et sans elle, ce projet n'aurait pu voir le jour.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Monsieur **BOUYAHIAOUI Boualem**, Directeur de recherche, dont l'accompagnement attentif, les conseils avisés et l'expertise ont été d'une grande valeur tout au long de ce projet. Mon sincère remerciement va également à Monsieur **BENSEFIA Kamar Eddine**, Maître de conférences classe (B) pour sa disponibilité, son soutien constant et ses orientations pertinentes, qui ont enrichi ce travail de manière significative.

Je suis profondément reconnaissant à Madame **MAHBOUBI Salamet**, Maître de conférences classe (B) et Monsieur **MAROK Abbas** professeur de l'Université pour avoir pris le temps d'évaluer mon travail avec attention, ainsi que pour leurs suggestions constructives qui ont permis de l'améliorer.

Un merci tout particulier à Monsieur **BENDALI Mohammed**, ingénieur au CRAAG, pour son expertise technique et son aide précieuse.

Je ne saurais exprimer assez ma reconnaissance envers mes parents, dont l'amour, le soutien et les sacrifices ont été la source de ma motivation. Du fond du cœur, merci pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Ma gratitude va également à ma famille et mes amis pour leur présence et leur encouragement tout au long de cette aventure. Enfin, je tiens à remercier Monsieur **SOUHIL Mustapha** pour son soutien constant et ses encouragements sincères, qui m'ont donné la force d'aller de l'avant.

RESUME

RESUME

Notre mémoire présente une étude gravimétrique détaillée du nord-est de l'Algérie, une région géologiquement complexe située à la jonction des plaques africaine et eurasienne. L'objectif était de contribuer à une meilleure compréhension de la structure profonde et de l'évolution géodynamique de cette zone.

Après avoir dressé un aperçu géographique et géologique de la région, nous avons abordé les aspects théoriques et méthodologiques de la prospection gravimétrique. Nous avons ensuite homogénéisé les données gravimétriques provenant de diverses campagnes historiques, nous les avons traitées et analysées à l'aide de techniques avancées telles que le prolongement vers le haut et le calcul des dérivées.

L'interprétation des cartes gravimétriques ainsi obtenues a permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques structurales importantes. Parmi celles-ci, on peut citer la présence de bassins sédimentaires profonds, des zones de soulèvement crustal, ainsi qu'une corrélation étroite entre les anomalies gravimétriques et les principales structures tectoniques régionales.

Ces résultats viennent compléter et enrichir les connaissances géologiques existantes sur le nord-est algérien, en apportant de nouvelles perspectives sur sa structure crustale profonde. Ils soulignent l'efficacité de l'approche gravimétrique pour l'analyse des structures géologiques complexes et ouvrent la voie à de futures recherches intégrant d'autres méthodes géophysiques.

Mots-clés : Homogénéisation gravimétrique, Correction gravimétrique, Nord-est de l'Algérie, Bureau gravimétrique international BGI, Anomalie de Bouguer.

ABSTRACT

ABSTRACT

Our thesis presents a detailed gravimetric study of North-eastern Algeria, a geologically complex region located at the junction of the African and Eurasian plates. The objective was to contribute to a better understanding of the deep structure and geodynamic evolution of this area.

After providing a geographical and geological overview of the region, we addressed the theoretical and methodological aspects of gravimetric surveying. We then homogenized gravimetric data from various historical surveys, processed, and analysed them using advanced techniques such as upward continuation and derivative calculations.

The interpretation of the resulting gravimetric maps highlighted several important structural features. These include the presence of deep sedimentary basins, areas of crustal uplift, and a close correlation between gravimetric anomalies and major regional tectonic structures.

These results complement and enhance the existing geological knowledge of north-eastern Algeria by offering new insights into its deep crustal structure. They underscore the effectiveness of the gravimetric approach for analysing complex geological structures and pave the way for future research that integrates other geophysical methods.

Keywords: Gravimetric homogenization, Gravimetric correction, North-eastern Algeria, International Gravimetric Bureau (BGI), Bouguer anomaly

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

Le nord-est de l'Algérie, situé à la jonction des plaques africaine et eurasienne, présente une géologie complexe et variée, résultat d'une histoire tectonique mouvementée. Cette région, qui s'étend de la Méditerranée au nord jusqu'aux montagnes de l'Aurès au sud, et des monts des Bibans à l'ouest jusqu'à la frontière tunisienne à l'est, offre un terrain d'étude particulièrement intéressant pour les géosciences.

La gravimétrie est une technique géophysique basée sur la mesure et l'analyse des variations du champ de pesanteur terrestre, s'avère être un outil précieux pour l'étude des structures géologiques profondes et la compréhension de l'architecture crustale de cette région. En effet, les anomalies gravimétriques reflètent les variations de densité des roches en profondeur, permettant ainsi d'identifier les principales structures géologiques, les bassins sédimentaires, et les zones de soulèvement crustal.

Dans ce travail, nous effectuons une interprétation gravimétrique détaillée du nord-est de l'Algérie, en s'appuyant sur des données compilées et homogénéisées provenant de diverses campagnes de mesures réalisées entre les années 1930 et 1960. Notre objectif est de contribuer à une meilleure compréhension de la structure profonde et de l'évolution géodynamique de cette région géologiquement complexe.

Pour atteindre cet objectif, notre travail s'articule autour de trois chapitres principaux :

Le premier chapitre est dédié à la présentation du contexte géographique et l'aperçu géologique de la région d'étude. Nous y décrivons les principales caractéristiques topographiques, les grandes unités géologiques, et les éléments structuraux majeurs du nord-est algérien. Cette mise en contexte est essentielle pour interpréter correctement les données gravimétriques dans leur cadre géologique.

Le deuxième Chapitre est consacré aux aspects théoriques et méthodologiques de la prospection gravimétrie. Nous y abordons les principes fondamentaux de cette méthode géophysique, les différentes corrections appliquées aux données brutes, ainsi que les techniques de traitement et d'analyse des anomalies gravimétriques. Ce chapitre fournit les bases nécessaires pour comprendre les processus d'acquisition et de traitement des données utilisées dans notre étude.

La troisième est dernier chapitre de notre étude se concentre sur la mise en pratique. Nous débutons par un bref historique des recherches gravimétriques menées sur le territoire algérien. Ensuite, nous détaillons la méthodologie employée pour harmoniser les données gravimétriques, aboutissant à l'élaboration d'une carte d'anomalie de Bouguer à plusieurs niveaux de filtrage. L'analyse de ces résultats s'effectue en les confrontant au contexte géologique local. Nos conclusions sont présentées sous forme d'une représentation schématique mettant en évidence les principaux axes gravimétriques.

Cette étude s'inscrit dans la continuité des travaux géophysiques menés dans la région et vise à apporter de nouveaux éclairages sur la géologie profonde du nord-est de l'Algérie, contribuant ainsi à l'amélioration des connaissances géologiques et géodynamiques de cette partie du Maghreb. Les résultats de ce travail pourront servir de base à de futures études géologiques et géophysiques dans la région, et potentiellement contribuer à une meilleure compréhension des risques sismiques associés aux structures tectoniques identifiées

Premier chapitre :

**APERÇU GEOGRAPHIQUE ET CADRE
GEOLOGIQUE**

I. APERÇU GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude s'étend de la Méditerranée au Nord, incluant les villes côtières de Jijel, Collo, Skikda et Annaba, jusqu'aux montagnes de l'Aurès au Sud, où l'on trouve Tébéssa, au niveau de la latitude 34°N. Elle s'étend des monts de Bibanes à l'Ouest, de la longitude 5°E jusqu'à la frontière Tunisienne à l'Est au niveau de la longitude 9°E (Fig. 1).

D'un point de vue morphologique, cette zone d'étude est traversée par plusieurs structures (Fig.1) :

- Les reliefs côtiers, également appelés zones telliennes sur le plan géographique. Orientation : Est-Ouest Altitude : 0-1000 m
- Les hautes plaines sétifiennes ou constantinoises, caractérisées par leurs reliefs distinctifs et isolés. Orientation : Nord-Est à Sud-Ouest Altitude : 800-1300 m.
- Les monts du Hodna, du Belezma et les reliefs septentrionaux des Aurès. Orientation : Nord-Est à Sud-Ouest Altitude : 1000-2300 m (Mont Chélia dans les Aurès : 2328 m).
- Enfin, la partie la plus méridionale comprend des plaines désertiques parsemées de chotts et de massifs de sables éoliens. Orientation : Est-Ouest Altitude : 0-400 m

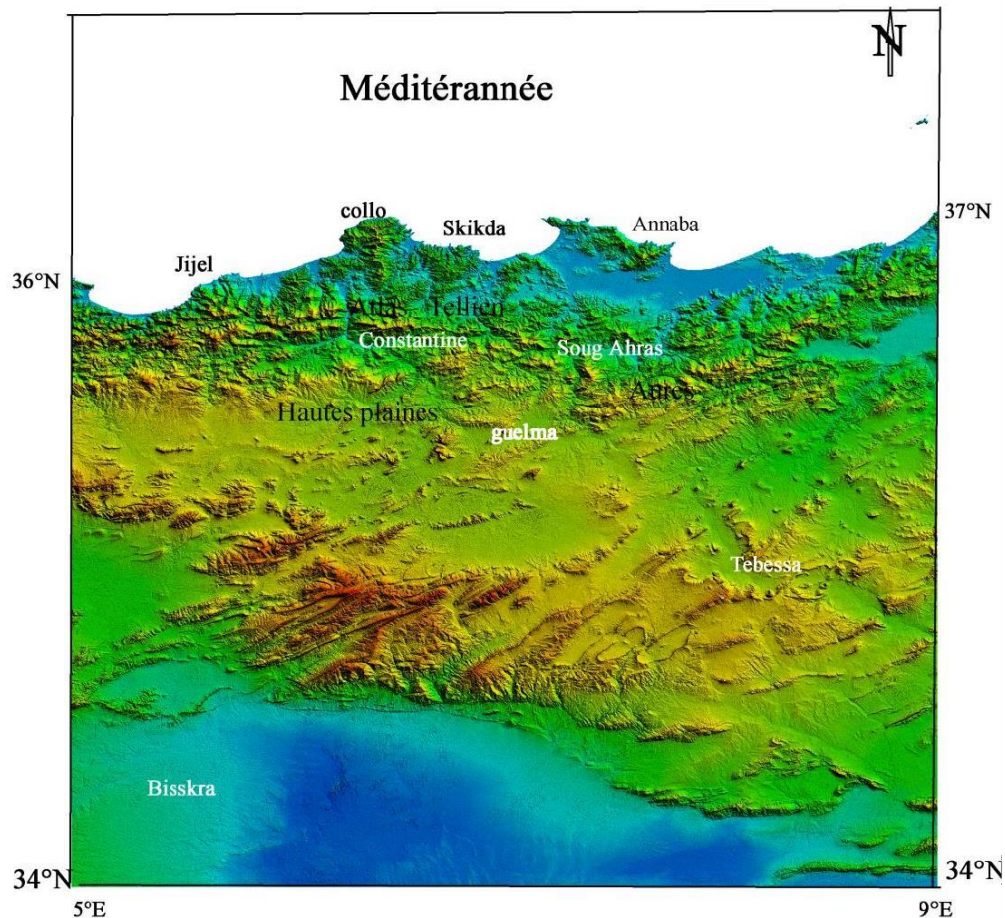
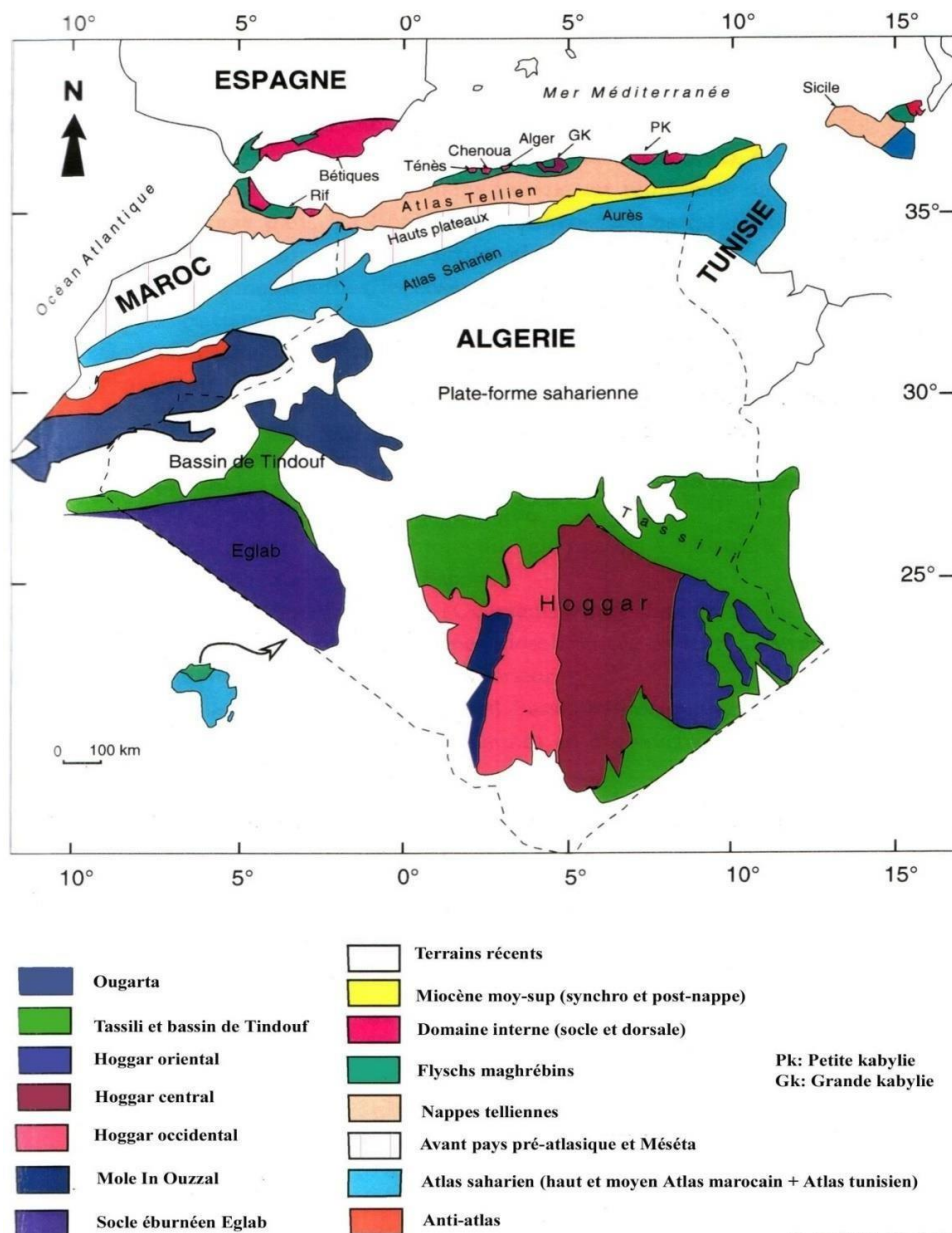


Figure 1. Carte topographique du Nord-Est de l'Algérie (MNT)

D'orientation sud-ouest/nord-est des chaînes montagneuses côtières algériennes. Ces reliefs constituent une imposante structure tectonique, résultat de processus orogéniques complexes. Les massifs kabyles, notamment ceux des Bibans et de Collo, atteignent des altitudes avoisinant les 2000 mètres, témoignant de l'intensité du soulèvement crustal dans cette région (Wildi, 1983). Cette configuration géomorphologique particulière est le fruit de la convergence relativement récente entre les plaques africaine et eurasienne, un phénomène géodynamique majeur à l'échelle régionale (Bracène et Frizon de Lamotte, 2002) (Fig.2). La collision continentale qui en résulte a engendré une dichotomie marquée dans le paysage, avec deux domaines aux caractéristiques topographiques et structurales distinctes de part et d'autre de cet accident tectonique majeur (Boulahdjat, 1992). L'analyse de la carte topographique met en évidence ce contraste saisissant entre les zones côtières accidentées et les hauts plateaux plus uniformes situés plus au sud.



D. BELHAI, 1996

Figure 2. Les différentes régions et unités géologiques de l'Algérie (BELHAI, 1996)

Les reliefs côtiers présentent une grande diversité de formations à des altitudes comparables, incluant des roches éruptives, un socle métamorphique interne dans la Petite Kabylie, une chaîne calcaire, Les flyschs (notamment le numidien) (fig.2), une nappe néritique dans la région de Constantine et des formations continentales du Mio-Pliocène dans la chaîne Numidique, ainsi qu'un socle tellien (fig.2) dans l'Edough et du Numidien en Kroumirie. (BOUBAYA, 2006)

Certains secteurs calcaires ou dolomitiques des monts du Hodna sont de véritables déserts. Les zones forestières denses se trouvent principalement sur les versants nord des reliefs côtiers, tandis que la steppe prédomine sur les zones plates. Bien que des efforts considérables de reboisement aient été déployés, les forêts du sud restent généralement limitées à des zones isolées. (BOUBAYA, 2006).

I. CADRE GEOLOGIQUE

A. Sur le plan stratigraphique

Le nord-est algérien, situé dans la partie orientale de l'Atlas tellien, présente une stratigraphie complexe résultant de processus sédimentaires et tectoniques diversifiés. (Guemache ;2010) offre un aperçu détaillé des différentes unités stratigraphiques et de leur évolution géologique. Ce mémoire se propose de présenter un cadre stratigraphique détaillé de cette région (Fig.3).

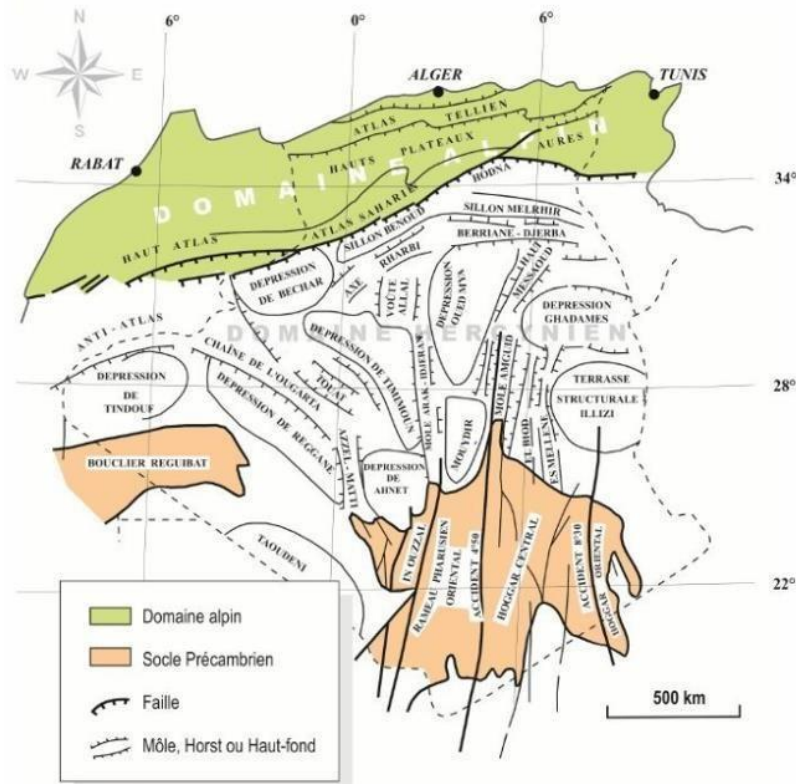


Figure 3. Les grands ensembles géologiques de l'Algérie (d'après Takheriste, 1991, modifié par Guemache, 2010).

1. Le domaine atlasique

Le domaine atlasique du nord-est algérien (Fig .3) représente l'avant-pays autochtone modérément déformé. Il se caractérise par des chaînes intracontinentales et des môles rigides (Bracène et Frizon de Lamotte, 2002). Cette région comprend :

- L'Atlas saharien, montrant un socle paléozoïque recouvert d'une couverture mésozoïque et cénozoïque.
- Les Aurès, présentant une série mésozoïque bien développée.

Du point de vue stratigraphique, on observe (Guiraud et al., 2005) :

- *Le Trias* : constitué de dépôts évaporitiques et détritiques.
- *Le Jurassique* : dominé par des calcaires et dolomies.
- *Le Crétacé inférieur* : caractérisé par des alternances marno-calcaires.
- *Le Crétacé supérieur* : comprenant des formations marines peu profondes.
- *Le Tertiaire* : marqué par des dépôts continentaux et marins peu profonds.

Le style tectonique est dominé par des plis de grande amplitude et des chevauchements à vergence sud, résultant de la compression alpine (Frizon de Lamotte et al., 2002).

2. Le domaine tellien (tel orientale)

Le domaine tellien fait partie de la zone externe des Maghrébides. Dans le nord-est algérien, il s'étend du massif de la Petite Kabylie aux frontières tunisiennes (Vila, 1980). On y distingue :

2.1. L'autochtone et para-autochtone tellien

- Affleurant principalement dans la région de Constantine.
- Constitué d'un socle métamorphique paléozoïque recouvert de séries sédimentaires mésozoïques et cénozoïques.

2.2. Les nappes telliennes

- Composées de séries marno-calcaires d'âge crétacé à éocène.
- Charriées sur l'autochtone et para-autochtone.
-

2.3. Les flyschs

Le style tectonique est caractérisé par une tectonique de nappes, avec des chevauchements à vergence nord et des écaillés imbriquées (Aïte et Gélard, 1997).

Cette configuration géologique complexe reflète l'histoire géodynamique de la région, liée à l'ouverture de la Téthys et à la convergence Afrique-Europe (Roure et al., 2012).

2.4. L'allochtone à affinités telliennes

Généralement marneux, on peut distinguer trois unités fondamentales qui s'individualisent structurellement de façon claire dans le nord-est algérien :

2.4.1. Unité de Constantine :

Affleure en grandes masses dans la région de Constantine, avec la présence de quelques lambeaux de nappes près de Skikda et au nord d'El Milia.

2.4.2. Unité de Sétif :

Visible au sud de la région de Constantine et s'étendant vers l'est.

2.4.3. Unité Oligo-Miocène :

Apparaît dans la partie orientale de la région de Sétif, à la jonction avec les Bibans.

2.5. L'allochtone à affinités Kabyle

La plupart des unités des affinités kabyles dans le nord-est algérien (Fig.2) sont caractérisées par l'existence de déformations anté-nappes dues à une ou plusieurs phases de compression et accompagnées d'un métamorphisme régional ainsi que de déformations intenses. Du fait du manque de marqueurs stratigraphiques précis, l'âge de cet ensemble reste incertain et controversé (Durand-Delga et Fontboté, 1980).

Il est représenté par les unités suivantes :

2.5.1. Unité de la Petite Kabylie :

C'est l'unité la plus basse régionalement, affleurant le long du littoral entre Jijel et Skikda, ainsi que le long des routes reliant ces deux villes.

2.5.2. Unité du Djurdjura :

Cette unité est également accompagnée d'un métamorphisme intense.

2.5.3. Unité des massifs de Collo :

Affleure au voisinage de la ville de Collo, connue pour ses culminations du Kef Sidi Driss. Ses massifs présentent des différences notables du métamorphisme et dans l'intensité des déformations.

2.5.4. Unité de l'Edough :

Sa dénomination dépend du massif de l'Edough près d'Annaba. Représentée par une magnifique klippe, elle est caractérisée par son allure très chaotique, lui donnant l'aspect de blocs de tailles diverses.

2.5.5. Unité de Cap de Fer :

Affleure dans les régions côtières entre Skikda et Annaba. Sous l'unité métamorphique de l'Edough, elle est moins disloquée que les autres unités des massifs littoraux.

2.5.6. Unité d'El Kala :

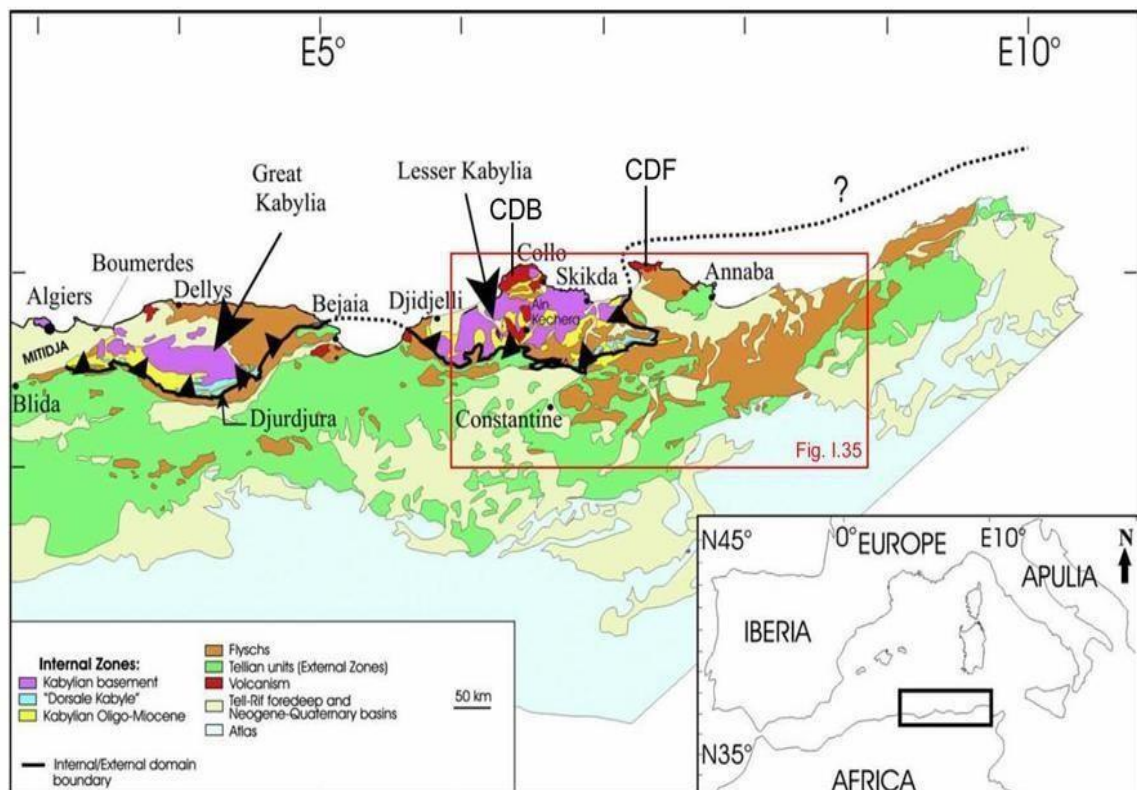
Affleure largement dans la région côtière située près de la frontière tunisienne, elle se distingue des unités telliennes marneuses par une importante tectonique anté-nappe.

2.5.7. Unité Numidienne :

D'âge Oligo-aquitainien, affleure dans la base de vallée de la Seybouse et également dans le secteur d'El Kala. On y trouve la présence de quelques lambeaux de Numidien typique. Elle est constituée de grès et de grès quartzeux (Raoult, 1974).

Cette structure permet de mettre en évidence la complexité géologique du nord-est algérien, caractérisée par une juxtaposition d'unités allochtones à affinités diverses, résultant de l'histoire tectonique complexe de la région (Vila, 1980).

A. Sur le plan structural



Le nord-est algérien est une région d'une complexité géologique remarquable, marquée par une histoire tectonique et sédimentaire riche et variée. Cette région, faisant partie de l'Atlas tellien, présente une diversité de formations géologiques résultant de processus géodynamiques variés. En se basant sur les travaux de Takheriste (1991), modifiés par Guemache (2010), et sur les récentes contributions de Bouyahyaoui (2014), nous allons explorer en détail les principaux ensembles géologiques de cette région.

1. Les grandes provinces géologiques

1.1. L'Atlas tellien

L'Atlas tellien, situé au nord de l'Algérie, se caractérise par une chaîne de montagnes plissées résultant des mouvements tectoniques alpins. Cette région est marquée par une succession de plis et de failles, témoignant des efforts compressifs subis par la croûte terrestre.

1.2. Subdivisions et Formations Principales

1.2.1. Zone des Flyschs Numidiens :

Cette zone est composée principalement de flyschs, des sédiments marins profonds accumulés durant l'Éocène et l'Oligocène. Les flyschs numidiens sont particulièrement connus pour leur contenu en turbidités, indiquant des dépôts sous-marins liés à des courants de turbidité (Fig.4).

1.2.3. Domaines Intermédiaires :

Entre les flyschs numidiens et les massifs internes, on trouve des domaines intermédiaires caractérisés par des séries marno-calcaires du Jurassique et du Crétacé, souvent intensément plissées et faillées (Fig.4).

Les Massifs Crystallins : Les massifs cristallins du nord-est algérien, bien que moins étendus que ceux de la chaîne alpine, présentent des affleurements significatifs de roches métamorphiques et magmatiques. Ces massifs fournissent des informations cruciales sur l'histoire précambrienne de la région.

Massif de l'Edough : Le massif de l'Edough est le plus connu, composé principalement de gneiss, schistes et marbres, avec des intrusions granitiques datées du Protérozoïque. Ces formations témoignent de conditions de haute pression et haute température, typiques des environnements de collision continentale.

Bassins Sédimentaires : Les bassins sédimentaires du nord-est algérien, tels que le bassin de Constantine, jouent un rôle clé dans la compréhension de l'évolution géologique régionale.

Bassin de Constantine : Ce bassin est principalement constitué de dépôts tertiaires et quaternaires, avec des sédiments clastiques et carbonatés qui enregistrent une histoire complexe de subsidence et de sédimentation contrôlée par la tectonique.

Evolution Tectonique : L'évolution tectonique du nord-est algérien est dominée par les phases orogéniques alpines. Ces phases ont conduit à une compression générale, responsable de la formation des plis et failles observés dans les formations sédimentaires et métamorphiques.

2. Les phases principales

2.1. Phase hercynienne

Cette phase ancienne a principalement affecté les massifs cristallins, contribuant à la formation des structures métamorphiques et magmatiques.

2.2. Phase Alpine

La phase alpine, plus récente, a eu un impact significatif sur l'ensemble de la région, induisant la formation des chaînes plissées de l'Atlas tellien et la réactivation des failles héritées (Fig.5).

Le nord-est algérien présente un panorama géologique complexe et fascinant, où se mêlent des formations sédimentaires, métamorphiques et magmatiques. L'étude détaillée de cette région permet non seulement de mieux comprendre l'évolution géodynamique de l'Algérie, mais aussi de contribuer à la connaissance globale des processus tectoniques et sédimentaires. Les travaux de Takheriste (1991), Guemache (2010), et Bouyahyaoui (2014) offrent une base précieuse pour cette compréhension, en fournissant des cadres de référence clairs et détaillés.

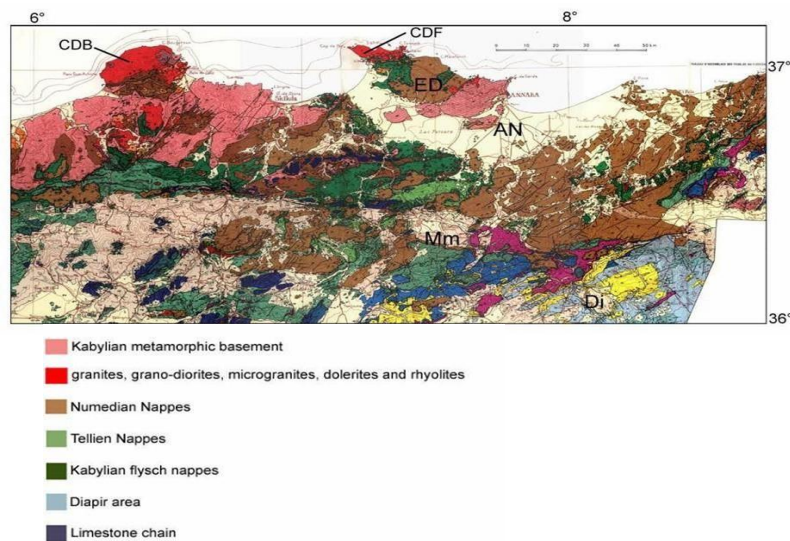


Figure 5. Carte géologique de la chaîne alpine (issue de la carte de Vila, 1978). CDB : cap de Bougaroun, CDF : Cap de Fer, Ed : massif de l'Edough, An : bassin d'Annaba, Mm : mont de Mellègue et Di : zone de diapirs. Les flysch, représentés en marron, affleurent largement dans la zone d'Annaba jusqu'à la côte. (BOUYAHYAOUÏ .2014)

Deuxième chapitre :

**APERÇU THEPRIQUE SUR LA
GRAVIMETRIE**

I. PRINCIPE ET THEORIE ELEMENTAIRE

La gravimétrie est l'une des disciplines fondamentales de la géophysique. Elle consiste à mesurer, étudier et analyser les variations dans l'espace et dans le temps du champ de pesanteur de la terre et des autres corps du système solaire.

A. La loi de Newton

Fondamentale en gravimétrie, énonce que la force gravitationnelle entre deux masses, m_1 et m_2 , est proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare (Telford, 1981). Cette loi est exprimée par l'équation suivante (Fig.6) :

$$F = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r} \quad (1)$$

Avec :

F : force d'attraction exprimé en Newton

γ : Constante universelle d'attraction gravitationnelle ($6.67408 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2$)

$m_1 m_2$: deux masses exprimées en kilogrammes

r : Distance entre les deux masses exprimées en mètres

\vec{r} : Vecteur unitaire dirigé de m_1 vers m_2

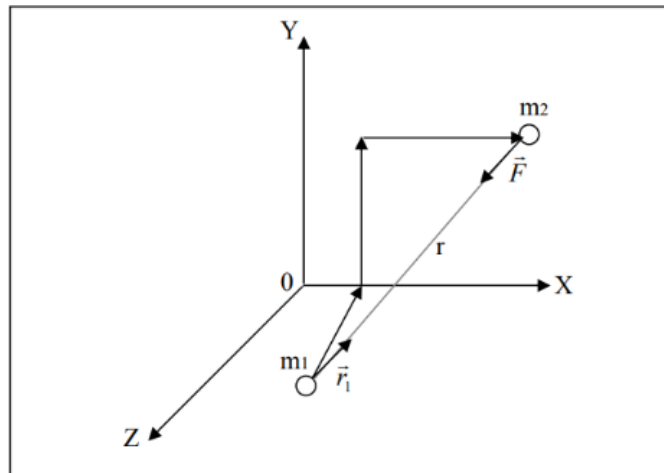


Figure 6. Représentation des deux masses ponctuelles m_1 et m_2 séparées par une distance r (BOUYAHIAOUI, 2010).

B. Accélération de la pesanteur

On applique une force F à une masse m_2 pour lui faire subir une accélération gravitationnelle \vec{g} . C'est le principe fondamental de la dynamique (Telford, 1981):

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m_2} = -\gamma \frac{M_T}{R_T^2} \quad (2)$$

Avec :

\vec{g} : Accélération de la pesanteur

M_T : la masse terrestre

R_T : le rayon terrestre

\vec{F} : Force appliquée sur la masse m_2 due à la gravité.

M_2 : Masse de l'objet sur lequel la force gravitationnelle est appliquée.

γ : Constante gravitationnelle universelle.

L'accélération de la pesanteur, initialement observée par Galilée dans son expérience emblématique de la tour penchée à Pise, est maintenant reconnue comme une constante fondamentale. L'unité de cette accélération est (cm/s^2), est appelée le Gal.

C. Potentiel gravifique

Les champs gravitationnels sont conservatifs, ce qui signifie que le travail nécessaire pour déplacer une masse reste constant, peu importe le chemin suivi, et dépend uniquement des points de départ et d'arrivée. Si la masse retourne à sa position initiale, l'énergie totale dépensée est nulle, quel que soit le parcours. Cela implique que la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle reste constante dans un système isolé. La force gravitationnelle, représentée par un vecteur reliant les centres des masses (Telford, 1981), génère un champ conservatif qui découle d'une fonction de potentiel scalaire :

$$\nabla U(r) = \frac{F(r)}{m^2} = g(r) \quad (3)$$

Avec :

U : Force de potentiel graphique.

g : La constante universelle d'attraction.

m : Masse exprimé en kilogrammes.

r : Distance exprimée en mètre.

On peut résoudre cette équation et obtenir l'expression du potentiel gravifique sous la forme (BOUYAHIAOUI, 2010) :

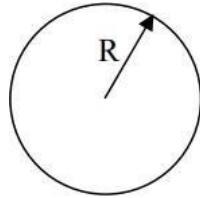
$$\nabla U(r) = \int_{\infty}^R g \cdot dr = -\gamma M \int_{\infty}^R \frac{dr}{r^2} = \frac{\gamma M}{r^2} \quad (4)$$

Cela représente le travail effectué pour déplacer une unité de masse depuis un point éloigné jusqu'à un point situé à une distance R du centre de gravité de M , en suivant n'importe quel chemin (BOUYAHYAOUI ; 2010).

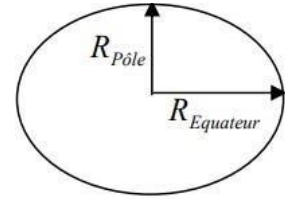
D. La forme de la terre

La terre, déterminée à partir de mesures géodésiques et d'observations satellites récentes, présente une forme ellipsoïdale, présentant un renflement à l'équateur et un aplatissement aux pôles. Cette forme est définie par son coefficient d'aplatissement (BOUYAHYAOUI, 2010).

$$a = \frac{R_{\text{Equateur}} - R_{\text{pôle}}}{R_{\text{Equateur}}} \quad (4)$$



Sphère



Ellipsoïde

Avec :

a : Coefficient d'aplatissement

R_{Equateur} : Rayon de la terre mesuré à l'équateur

$R_{\text{pôle}}$: Rayon de la terre mesuré au pôle

1. Ellipsoïde de référence

La surface terrestre est représentée mathématiquement en fonction de la valeur de la pesanteur en chaque point, avec pour modèle l'ellipsoïde de référence. En 1967, l'Union Internationale de Géodésie et de Géophysique (IUGG) a établi les valeurs des constantes de la formule gravitationnelle pour un ellipsoïde, exprimée comme suit (BOUYAHYAOU, 2010) :

$$g_{th} = g_0 (1 + \alpha \sin^2 \varphi + \beta \sin^4 \varphi) \quad (5)$$

Avec :

α et β : Constante dépendante des 2 axes de l'Ellipsoïde choisi

g_0 : Valeur de G à l'Équateur $9,70803 \text{ m. s}^2$

φ : La latitude de la station en degré

$$\alpha = 5,2789 \cdot 10^{-3} \quad \beta = 23,462 \cdot 10^{-6}$$

2. Géoïde:

Le géoïde est une surface équipotentielle du champ de pesanteur terrestre qui correspond au niveau moyen des mers.

Le géoïde et l'ellipsoïde de référence ne coïncident pas en tous points, car le géoïde est déformé vers le haut sous les continents, par l'attraction des masses situées au-dessus, et vers le bas sur les bassins océaniques (Fig.7). Les deux plus grandes anomalies sont observées au Sud de l'Inde (-105m) et en Nouvelle-Guinée (+73m) (BOUYAHYAOU ; 2010) .

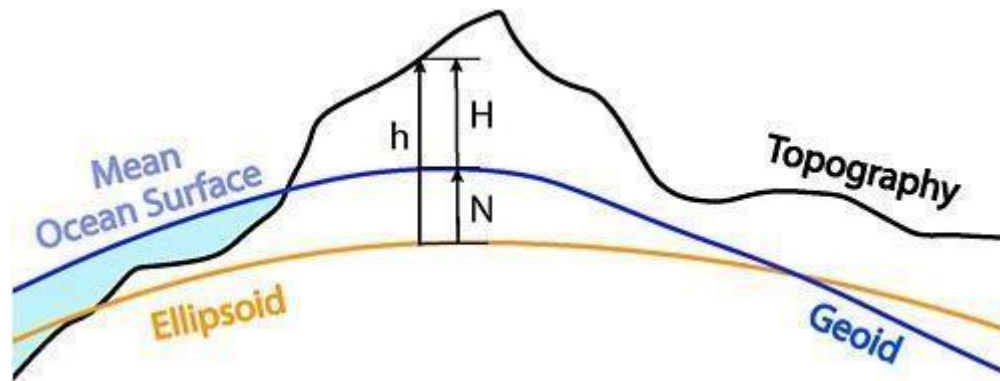


Figure 7. géoïde et ellipsoïde (infrastructure Géodésique de Précision : Exigences Nationales pour une Ressource Partagée. Washington, DC : The National Academies Press.)

3. Corrections gravimétriques

La pesanteur mesurée à la surface de la terre résulte de l'attraction des masses terrestres et extraterrestres combinées. La valeur représentative de la distribution des masses à l'intérieur de la terre est obtenue en soustrayant l'effet des masses extérieures et en ajustant la mesure à un niveau de référence commun, qui est le géoïde. Ces ajustements, regroupés sous le terme de corrections gravimétriques, permettent d'obtenir une mesure précise de la pesanteur.

- Correction de Bouguer.
- Correction instrumentale.
- Correction de Faye (air libre).
- Correction de latitude.
- Correction d'altitude.

E. L'anomalie de Bouguer

L'anomalie de Bouguer est la différence entre la pesanteur théorique et celle mesurée, corrigée et normalisée (BOUYAHIAOUI, 2010). C'est la donnée de base pour l'interprétation gravimétrique.

F. Choix de densité

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer la densité à partir de mesures gravimétriques de terrain. Permet elle on distingue :

1. Méthode de mesure sur l'échantillon

Cette méthode implique la mesure de la densité des roches sur des échantillons prélevés sur le terrain. Elle présente les inconvénient suivants :

Les échantillons ne se trouvent pas dans les mêmes conditions de température et de pression que celles qui prévalent en profondeur.

Les échantillons sont altérés par des agents extérieurs, malgré l'expérience de

l'opérateur qui les sélectionne.

Les échantillons peuvent ne pas être suffisamment représentatifs de toute la zone étudiée.

2. Méthode de parasnis

C'est une méthode analytique, elle consiste à déterminer la valeur de la densité pour laquelle l'anomalie gravimétrique soit statistiquement nulle. (Parasnis, 1985)

$$\Delta g_B = g_m + (0,3086 - 0,0419)h + dT - g_{th} = 0 \quad (7)$$

$$g_m - g_{th} + 0,3086h - \{0,0419h - T\} = 0 \quad (8)$$

Avec :

T : la correction topographique par unité de densité (mgal , / (g/cm^3))

Δg : anomalie de Bouguer

g_m : le champ gravimétrique mesuré

g_{th} : Le champ gravimétrique théorique

d : La densité moyenne de la correction de couches de terrain (g/cm^3)

h : altitude De la station mesuré en mètre

La relation (08) peut se mettre sous la forme suivante :

$$A = Bd$$

Avec :

$$A = g_m - g_{th} + 0,3086 h \quad (9)$$

$$B = \{0,0419h - T\} \quad (10)$$

La pente de la droite $A = f(d)$ par une régression linéaire, ce qui représente la valeur de la densité moyenne de correction de (BOUYAHYAOUÏ, 2010)

Troisième chapitre :
APPLICATIONS

I. INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à l'homogénéisation des données gravimétriques du nord-est de l'Algérie. Cette étape est importante afin d'établir des cartes gravimétriques significatives. Pour cela, nous avons compilé les données gravimétriques issues du Bureau Gravimétrique International (BGI) et les avons harmonisées afin de constituer une base de données utilisable pour établir des cartes des anomalies gravimétriques. Cette opération nécessite l'utilisation des logiciels suivants :

Excel : utilisé pour calculer les paramètres de correction et recalculer l'anomalie de Bouguer.

Oasis Montaj : pour traiter les données gravimétriques et créer des cartes avec différents filtres.

Global mapper : Pour travailler sur un modèle numérique de terrain (MNT) et y apporter quelques modifications afin de le rendre plus compréhensible

II. HISTORIQUE

En 1951, Lagrula a créé la première carte des anomalies isostatiques en Algérie (Fig.8) en utilisant un réseau composé de 59 bases gravimétriques. Cette carte montre que la chaîne de l'Atlas est presque en équilibre isostatique, ce qui suggère qu'il s'agit probablement d'un ensemble de structures plissées n'affectant que la couverture (LAGRULA, 1951).

Entre 1955 et 1968, dans le cadre des recherches pétrolières, le Centre de Géologie et de Géophysique (CGG) a effectué des levés gravimétriques détaillés pour le compte de compagnies pétrolières, avec une densité d'un point par kilomètre carré, dans les régions des Hauts Plateaux, du bassin du Hodna, de Boussaâda, de la plaine du Bas Cheliff, etc. Ces levés ont permis de mieux définir les cartes géologiques sur le plan structural. Les études gravimétriques ont également été réalisées dans le cadre de la recherche minière (LAGRULA, 1951).

Depuis les années 1970, plusieurs compagnies, comme la SONATRACH, l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe d'Alger (IMPGA) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), ont effectué des levés gravimétriques dans le sud de l'Algérie.

Depuis les années 2000, le Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG) a lancé un programme pour acquérir de nouvelles mesures gravimétriques.

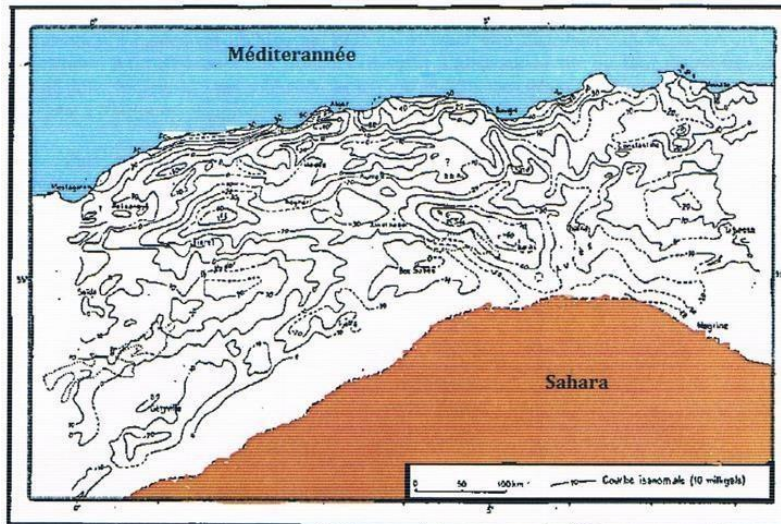


Figure 8. Carte de l'anomalie isostatique de Nord de l'Algérie (Daprès LAGRULA ; 1951)

III. COMPILATION DES DONNEES

Les données gravimétriques que nous utilisons proviennent de la Banque de données terrestres du Bureau gravimétrique international (BGI). Elles résultent d'une compilation réalisée par neuf compagnies gravimétriques entre les années 1930 et 1960, couvrant des levés régionaux, miniers et pétroliers effectués par divers opérateurs. Les premières campagnes étaient liées au réseau Martine, puis plus tard au réseau LAGRULA, et sont exprimées dans le système de Postdam de 1930 (BGI, 1978). Ces données, qui datent des années 1950, sont relativement imprécises, avec une précision estimée à environ 1 mGal.

A. Bureau gravimétrique international BGI

En 1951, le Bureau Gravimétrique International (BGI) a été créé par décision de l'Union Internationale de Géodésie et Géophysique (IUGG). Sa principale mission est de collecter les mesures de champ de pesanteur à l'échelle mondiale. Les données collectées sont compilées et archivées dans une base de données numérique pour être redistribuées. Cette base de données comprend :

- Des mesures du champ de pesanteur
- Des descriptions de stations de référence pour les mesures de pesanteur
- Les coordonnées topographiques des stations de mesure
- L'altitude des stations de mesure

Concernant l'accès aux données et la diffusion, certaines données restreint ou confidentielles également archivé au BGI ne peuvent être distribuées qu'après accord du propriétaire. Afin d'accéder aux données, il suffit d'aller sur le site du BGI (<http://bgi.obs-mip.fr>) puis choisir la zone souhaitée et le type des données désirées (anomalie de Bouguer, anomalie à l'air libre, champ de pesanteur.). Ensuite, on doit faire la demande et remplir un formulaire disponible sur le site (<http://bgi.obs-mip.fr>) ; tout cela suppose l'acceptation des conditions d'utilisation mentionnée dans le site.

IV. HOMOGENEISATION DES DONNEES

L'analyse préliminaire des levés gravimétriques menés dans le nord-est algérien révèle une distribution spatiale homogène des mesures. Néanmoins, des écarts significatifs ont été observés entre les valeurs de pesanteur (g) acquises sur des points identiques ou voisins lors de différentes campagnes (Collette, 1968 ; Aïtouny, 1988). Cette disparité souligne la nécessité d'appliquer des normes de correction uniformes à l'ensemble des données afin d'assurer leur cohérence et leur interprétation fiable.

Pour ce faire, une procédure rigoureuse de compilation des données a été mise en œuvre, comprenant les étapes suivantes : l'identification des paramètres de correction utilisés lors de chaque campagne (densité de référence, ellipsoïde, altitude, relief, base de rattachement), le recalculé des corrections selon des normes standardisées, et l'ajustement des valeurs de g en conséquence (Guzman, 2007). Nous avons suivi les étapes suivantes :

A. Données utilisées

La première étape de la compilation a consisté à examiner la documentation disponible pour chaque campagne gravimétrique. Certains levés antérieurs se sont avérés insuffisamment documentés, ne permettant pas de retracer avec précision les paramètres de correction appliqués (Fairhead et al., 2004). Pour pallier ce manque d'information, nous avons eu recours à une approche innovante.

De nouvelles mesures absolues ont été réalisées sur des points sélectionnés, en utilisant le réseau gravimétrique national algérien comme référence (Benahmed et al., 2006). En comparant ces valeurs récentes aux anciennes données acquises aux mêmes emplacements, nous avons pu déterminer et appliquer les corrections nécessaires pour aligner les campagnes historiques sur les normes actuelles (Hwang et al., 2002).

Ce processus d'homogénéisation a révélé des écarts significatifs, vraisemblablement dus à des différences dans les paramètres de correction initialement utilisés. Nous avons corrigé ces biais par simple translation des valeurs, garantissant ainsi la cohérence de l'ensemble des données (Jekeli, 2000).

Une fois l'écart de référence identifié, nous l'avons incorporé aux valeurs historiques afin de les aligner sur le système de référence du réseau gravimétrique absolu algérien (Benahmed et al., 2006). Cette étape nous a permis de détecter les valeurs manifestement incorrectes par rapport à la tendance générale. Nous avons éliminé ces valeurs aberrantes, qui pouvaient résulter d'erreurs de mesure ou d'instabilités instrumentales, afin d'obtenir une base de données fiable et exploitable (Hwang et al., 1998).

B. Recalculé des anomalies de Bouguer

Après avoir transféré l'ensemble des données dans un système de référence commun et éliminé les valeurs erronées, nous avons procédé au recalculé des corrections gravimétriques standards (Hinze et al. 2012).

- Correction d'altitude : compense l'éloignement des masses attirantes dû à la topographie.
- Correction de latitude : prend en compte la variation de la pesanteur avec la latitude.

- Correction de Bouguer : supprime l'effet des masses rocheuses entre la station et le niveau de référence.
- Correction de terrain : corrige l'effet des irrégularités topographiques locales.

Le choix judicieux de la densité de référence est essentiel pour le calcul précis de l'anomalie de Bouguer, qui constitue la base de l'interprétation gravimétrique (Nettleton, 1976 ; Blakely, 1996).

Après avoir homogénéisé l'ensemble des données, nous les avons intégrées aux campagnes antérieures pour assurer une couverture optimale de notre zone d'étude. Ces données compilées ont ensuite été importées dans un logiciel de cartographie géophysique tel qu'Oasis Montaj, permettant ainsi une représentation cartographique détaillée des anomalies gravimétriques régionales.

C. Traitement des données

Le traitement des données gravimétriques s'effectue à l'aide d'une plateforme logicielle spécialisée, telle que Oasis Montaj, permettant de générer la carte des anomalies de Bouguer et d'appliquer divers filtres (Guspi, 1999). Ces méthodes visent à identifier les formations géologiques sous-jacentes et à obtenir une interprétation qualitative des anomalies, tant d'un point de vue structural que lithologique.

1. Séparation des anomalies

La carte d'anomalie de Bouguer combine à la fois les composantes régionales (grandes longueurs d'onde) et les composantes résiduelles (courtes longueurs d'onde). Comme notre intérêt porte sur les anomalies résiduelles, liées aux structures géologiques locales, nous éliminons l'effet régional par ajustement polynomial (Nettleton, 1954 ; Bouyahyaoui, 2010) :

$$Res = AB - Reg \quad (11)$$

Où Res est l'anomalie résiduelle, AB l'anomalie de Bouguer et Reg l'anomalie régionale modélisée

2. Prolongement vers le haut

Cette méthode permet de séparer les anomalies selon leur profondeur, en projetant les données vers un plan supérieur (Blakely, 1995 ; Ladjadj, 2009). Le prolongement vers le bas accentue les structures superficielles, tandis que le prolongement vers le haut atténue ces dernières, mettant en évidence les sources profondes.

3. Calcul des dérivées

Les dérivées horizontales et verticales permettent de mieux identifier les contours et la géométrie des sources causatives (Boubekri, 2006 ; Ladjadj, 2009). Les dérivées

horizontales font ressortir les alignements perpendiculaires au sens de dérivation et mettent en évidence les anomalies superficielles. La dérivée verticale souligne les sources peu profondes et définit leurs limites géométriques.

D. Etablissement des cartes gravimétriques

1. Carte de l'anomalie de Bouguer

La carte de l'anomalie de Bouguer (Fig.9) constitue le document essentiel pour toute analyse gravimétrique. Elle est élaborée à partir des données collectées sur le terrain Elle représente la différence entre la pesanteur théorique et celle mesurée, corrigée et normalisée. C'est la donnée de base pour l'interprétation gravimétrique.

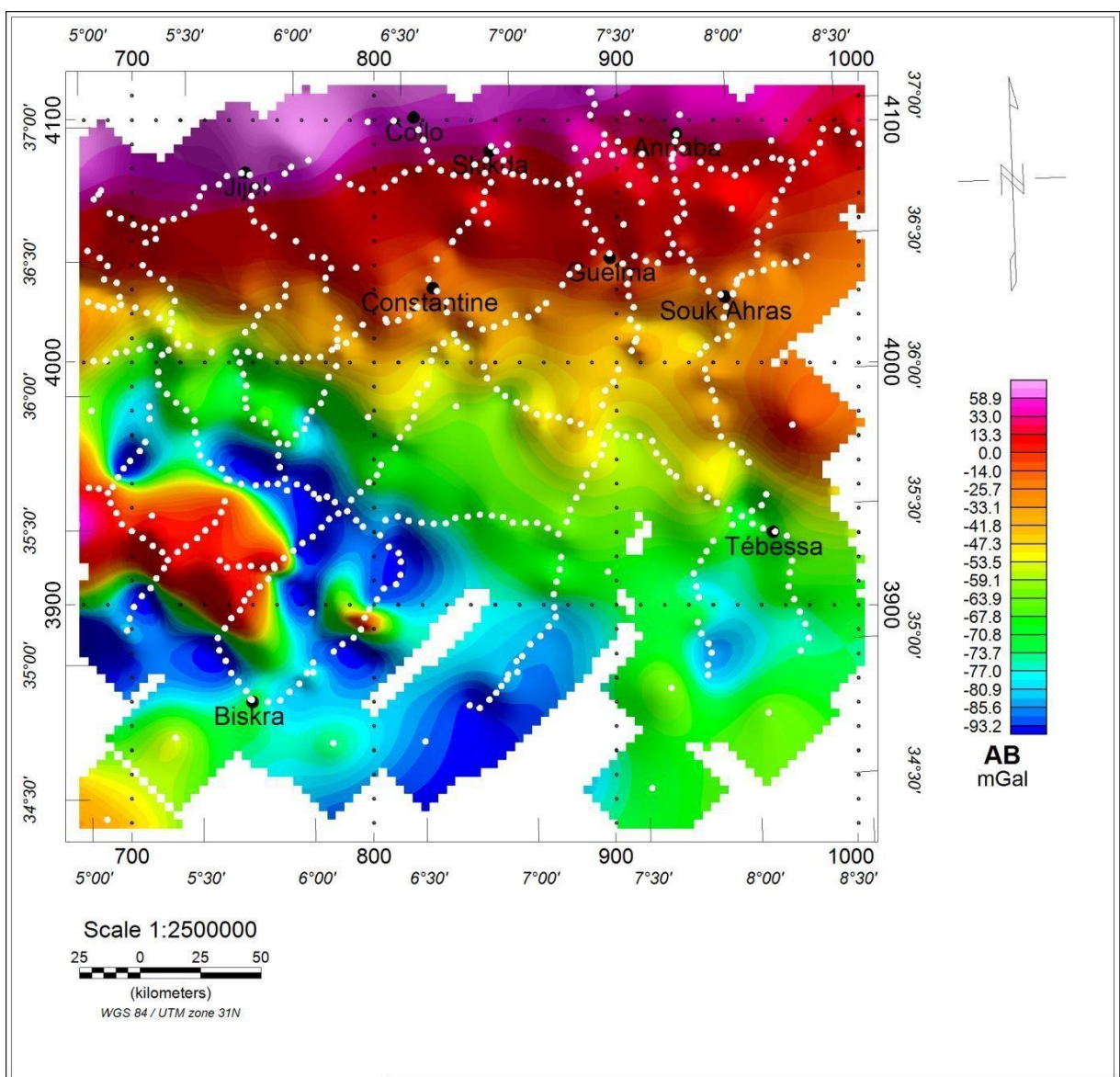


Figure 9. Carte de l'anomalie de Bouguer (points blancs représente les stations de mesure)

Cette carte gravimétrique représente la distribution des anomalies gravimétriques dans la région nord-est de l'Algérie, située entre les coordonnées géographiques $^{\circ}00'$ et $^{\circ}30'$

de longitude Est, et 34°30' et 37°00' de latitude Nord. Les données gravimétriques fournissent des informations précieuses sur les variations de densité des roches en profondeur, ce qui permet d'étudier les structures géologiques et les processus tectoniques ayant façonné cette région.

La légende de la carte indique que les couleurs bleues correspondent à des anomalies gravimétriques faibles, tandis que les couleurs roses représentent des anomalies gravimétriques élevées. Ces anomalies reflètent les variations de densité des roches sous-jacentes. Et après l'analyse de la répartition et de la géométrie des anomalies graves et métriques on distingue une progression de champ gravité de sud vers le Nord.

On observe plusieurs zones d'intérêt sur la carte :

- La région de Biskra, située autour de 5°45'E, 34°50'N, présente une anomalie gravimétrique fortement négative (en bleu foncé). Cette anomalie pourrait être associée à un bassin sédimentaire ou à une zone de roches moins denses.
- Au nord-est, la région de Tébessa, autour de 8°10'E, 35°25'N, affiche une anomalie positive modérée (en jaune/orange), pouvant indiquer la présence de formations rocheuses plus denses.
- La zone centrale autour de Souk Ahras (7°10'E, 36°15'N) et Oum El Bouaghi (7°10'E, 35°55'N) montre une anomalie positive élevée (en rouge/rose), potentiellement liée à des roches denses ou à une remontée du manteau.
- L'anomalie gravimétrique positive observée au large (offshore) pourrait indiquer une diminution de l'épaisseur des formations sédimentaires dans cette zone. Cela pourrait être lié à la présence de structures géologiques particulières, comme une remontée des socles métamorphiques ou cristallins sous-jacents. Cette diminution de l'épaisseur sédimentaire serait donc interprétée de manière positive dans l'analyse géologique de cette région, car elle peut fournir des informations sur la structure et la composition du sous-sol. L'explication de cette anomalie positive permettrait de mieux comprendre la géologie locale et son évolution.

Les observations effectuées sur la carte gravimétrique nous ont permis d'associer les anomalies positives à une diminution de l'épaisseur des formations sédimentaires. Cette diminution d'épaisseur engendre une remontée des socles métamorphiques ou cristallins sous-jacents. En revanche, les anomalies négatives sont le reflet d'une accumulation sédimentaire maximale dans ces zones.

L'anomalie de Bouguer calculée ici est qualifiée d' « intégrante » car elle englobe l'ensemble des effets gravitationnels, qu'ils soient superficiels, semi-profonds ou profonds. Il est donc nécessaire de traiter les valeurs de cette anomalie de Bouguer afin de séparer les différentes composantes.

Comme notre intérêt porte sur l'effet résiduel, nous avons éliminé l'effet régional en utilisant la méthode polynomiale à différents degrés. Cette technique consiste à approcher le champ mesuré par un polynôme en (X et Y), dont le degré est choisi en fonction de la courbure souhaitée pour la composante régionale. Les résidus obtenus à différents ordres caractérisent la distribution de la densité en profondeur dans le sous-sol, à différentes profondeurs.

2. Séparation des anomalies

Les résiduelles à différents ordres 1,2 et 3 (Fig.10,11 et 12) caractérisent la distribution de la densité dans les sous-sols à des profondeurs différentes, Nous remarquons que toutes les anomalies observées dans la carte de l'anomalie de Bouguer sont représentées dans les différentes cartes résiduelles, en plus de l'apparition de nouvelles anomalies qui nous sont observables que dans la carte de Bouger :

Carte résiduelle d'ordre 1 : (Fig.10) Cette carte met en évidence les principales anomalies résiduelles de grande longueur d'onde. On observe une forte anomalie négative autour de Biskra, pouvant correspondre à un bassin sédimentaire ou à une zone de roches peu denses. À l'opposé, une anomalie positive élevée est visible dans la région de Tébessa, suggérant la présence de roches plus denses comme des roches ignées ou métamorphiques.

Carte résiduelle d'ordre 2 : (Fig.11) À cet ordre, de nouvelles anomalies de longueur d'onde plus courte apparaissent. Une anomalie positive marquée se distingue autour de Souk Ahras et Guelma, pouvant être liée à des intrusions de roches denses en profondeur. Une autre anomalie positive apparaît à l'ouest de Constantine, potentiellement causée par des structures géologiques plus denses.

Carte résiduelle d'ordre 3 : (Fig.12) Cette carte met en évidence des anomalies de longueur d'onde encore plus courte, reflétant des structures géologiques plus superficielles. On observe l'apparition d'une nouvelle anomalie positive au sud-ouest de Biskra, qui pourrait être associée à une remontée de roches denses à faible profondeur. De plus, l'anomalie positive autour de Souk Ahras semble se séparer en deux zones distinctes, suggérant une complexité structurelle supplémentaire.

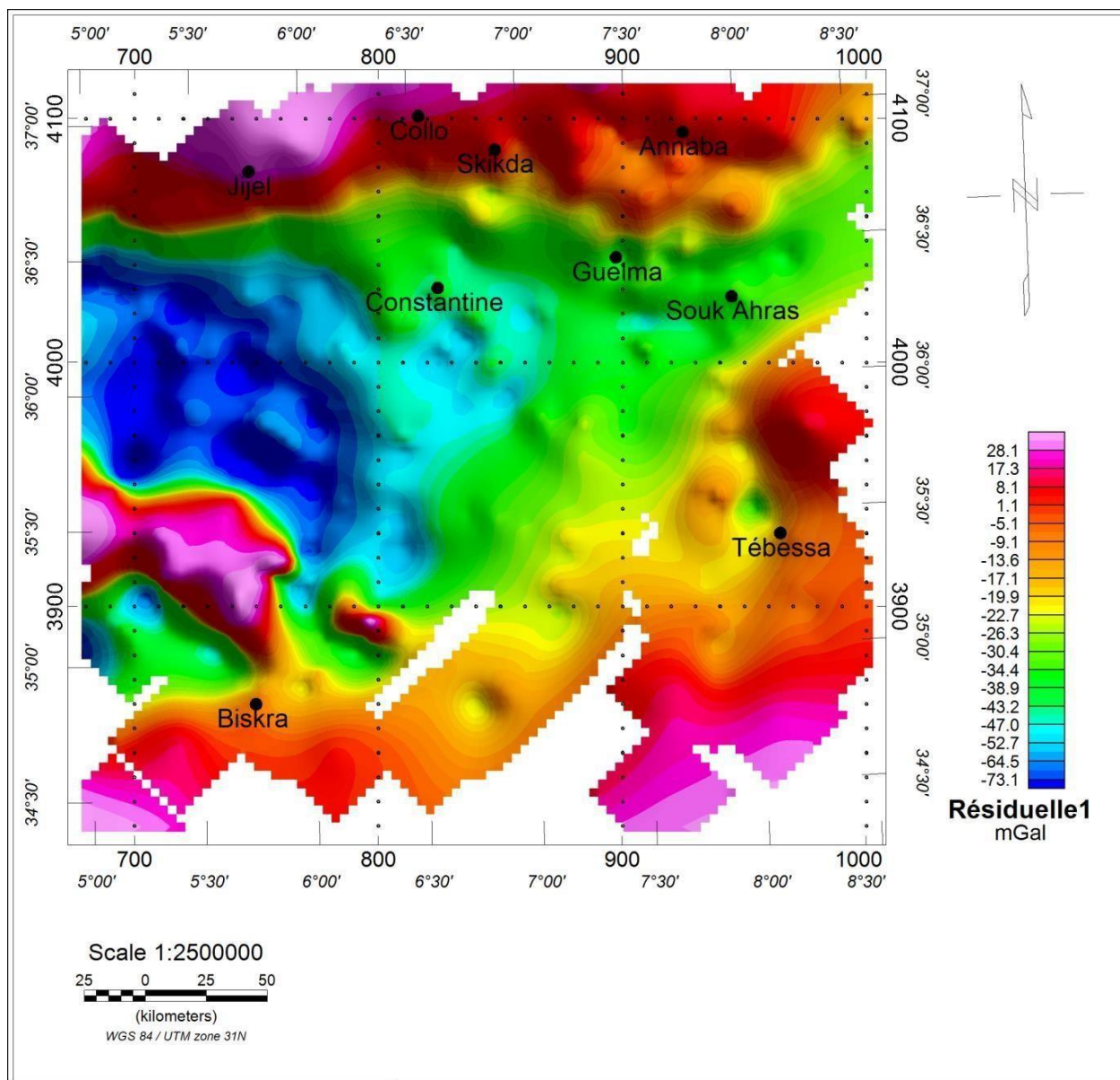


Figure 10. Carte résiduelle d'ordre 1

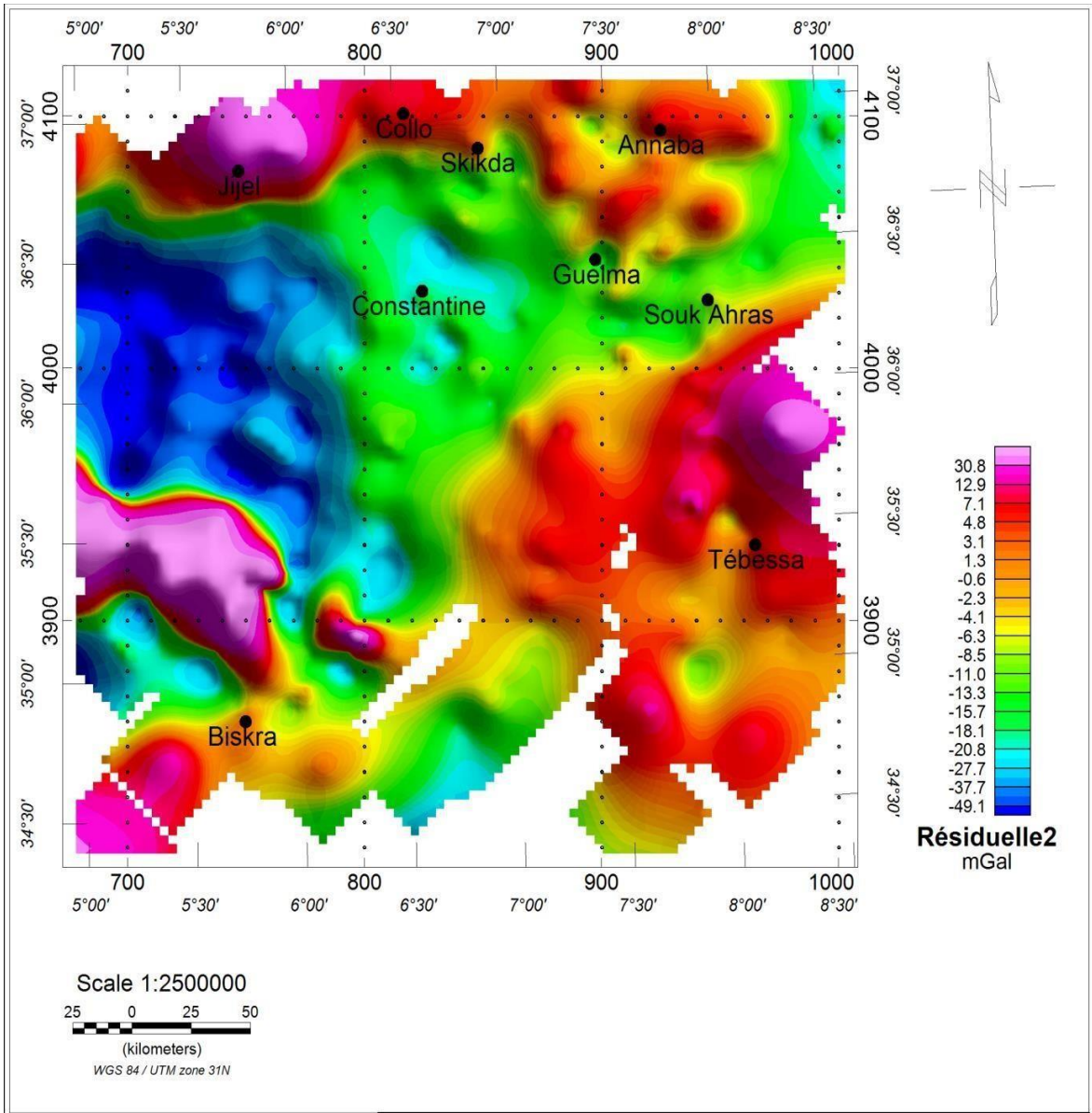


Figure 11. Carte résiduelle d'ordre 2

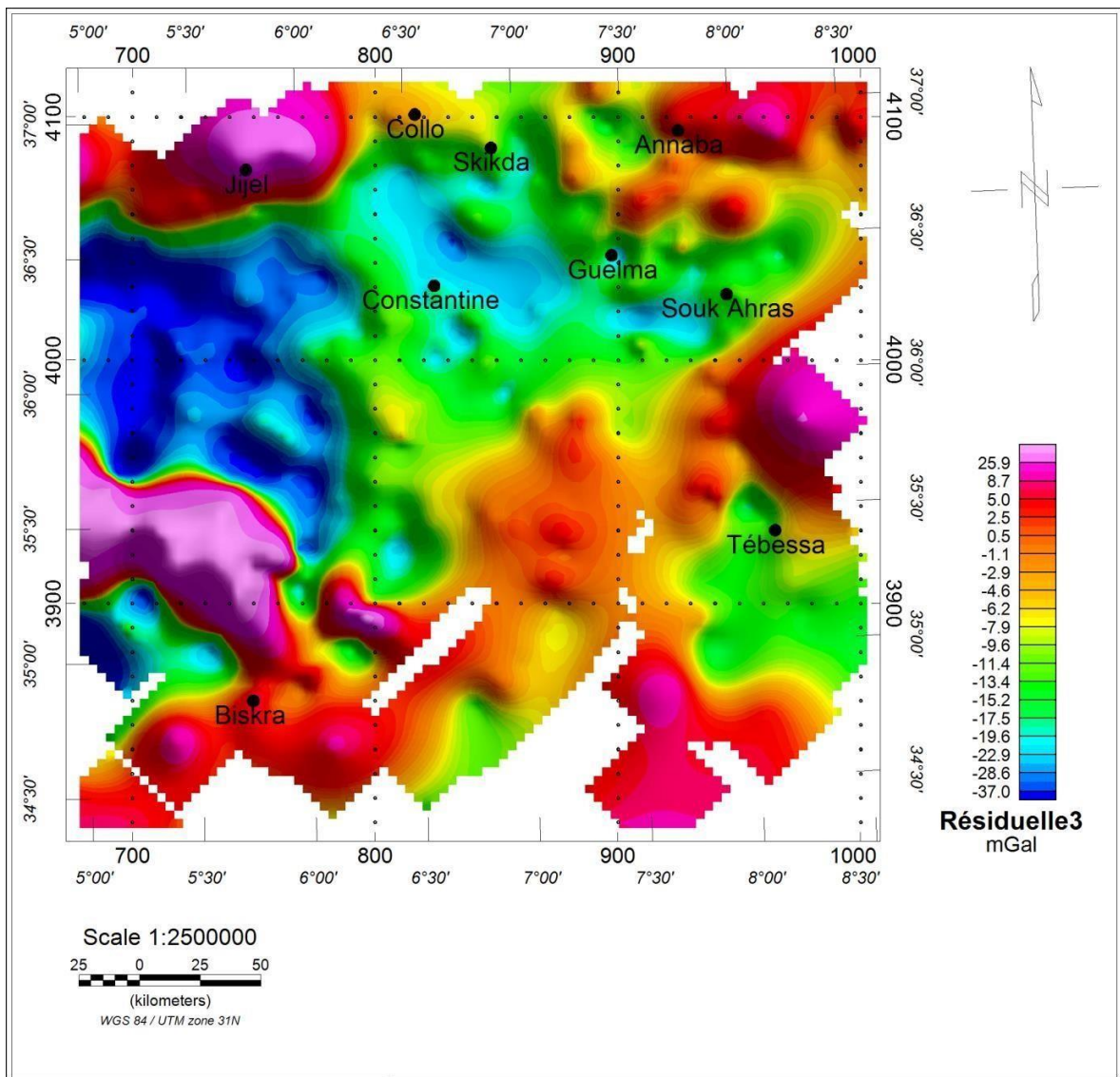


Figure 12. Carte résiduelle d'ordre 3

3. Cartes des dérivées

L'analyse des dérivées horizontales selon les axes X et Y (Fig. 13 et 14) permet d'identifier les variations de densité latérales, mettant en évidence les structures géologiques et les interfaces perpendiculaires à la direction de dérivation. Cette méthode est particulièrement efficace pour distinguer les anomalies qui se chevauchent sur les cartes dérivées.

La carte représentant la dérivée verticale en Z est un outil précieux pour visualiser les gradients de densité dans toutes les orientations. Elle offre une vue d'ensemble des contrastes de densité, quelle que soit leur direction.

En appliquant la dérivée verticale à l'anomalie de Bouguer, on obtient une représentation précise des sources d'anomalies situées directement en dessous. Cette technique est particulièrement utile pour délimiter les différentes zones géologiques, telles que les plaines à l'ouest, les plateaux et les régions montagneuses, en soulignant

clairement les frontières entre ces formations et leurs contrastes respectifs.

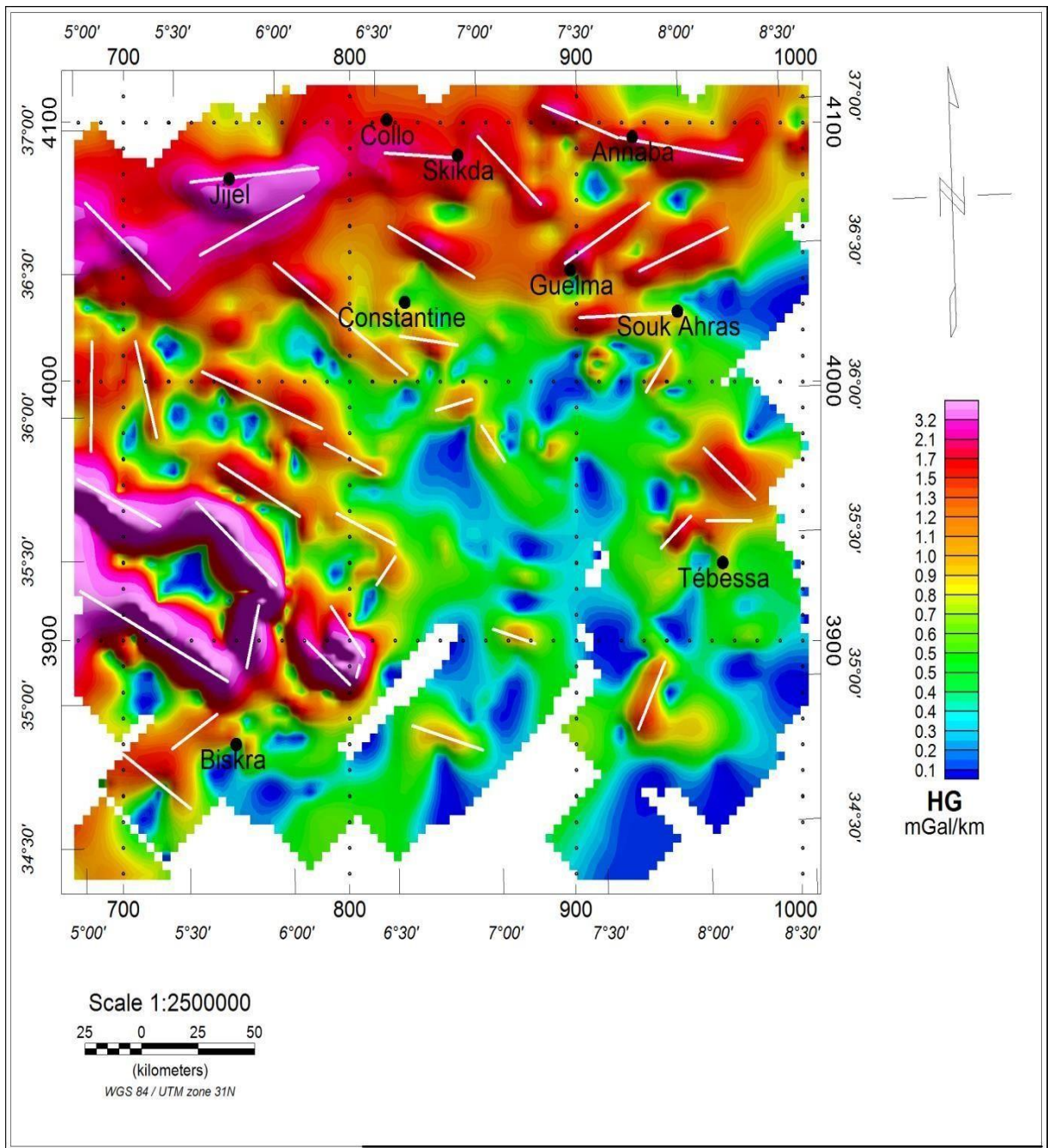


Figure 13. Carte de dérivé d'ordre horizontal X

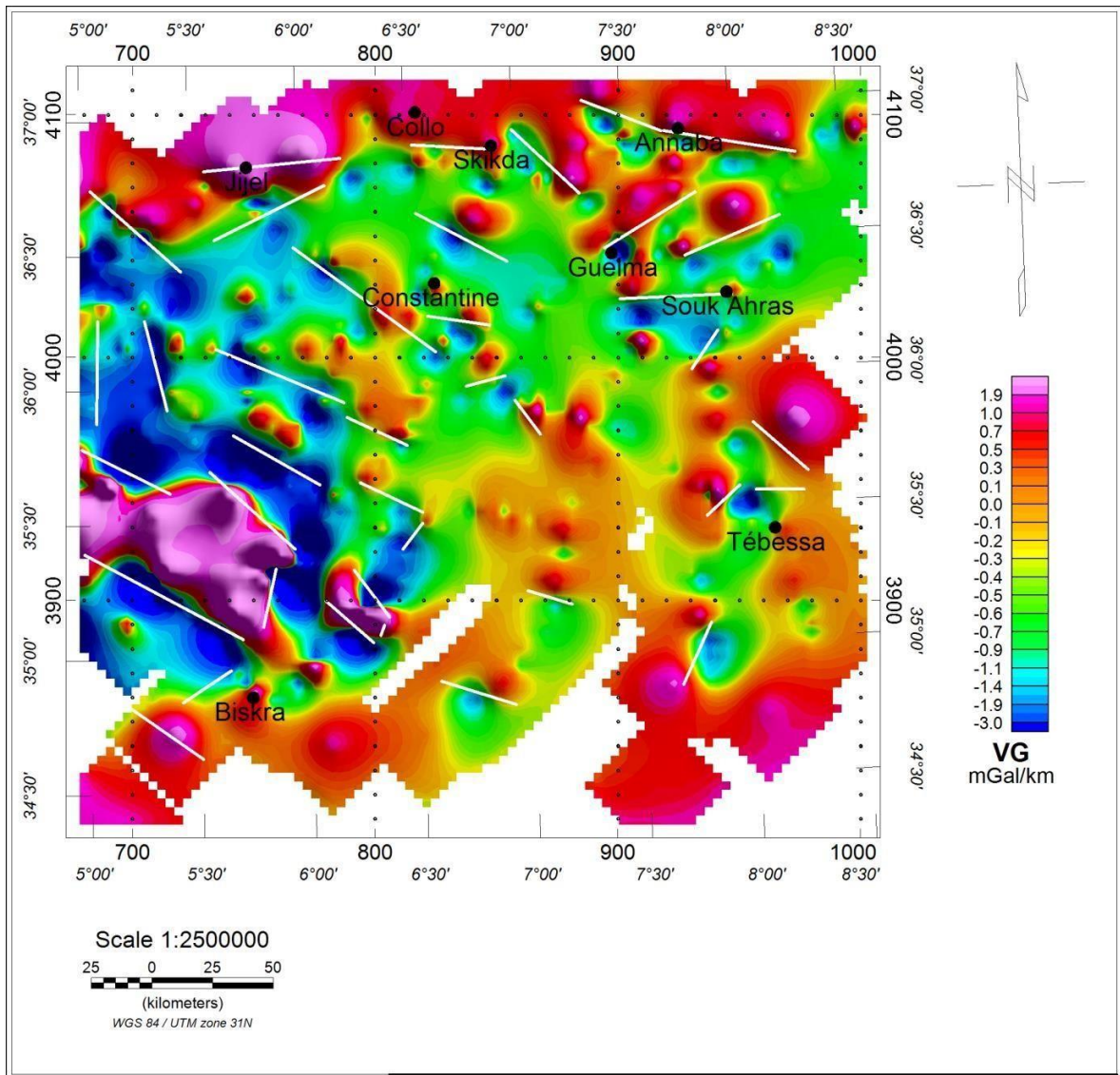


Figure14. carte du dérivé d'ordre vertical Y

4. Les cartes prolongées :

Notre étude a impliqué l'utilisation de la technique de prolongement vers le haut à différentes altitudes : 5 km, 10 km, 20 km et 30 km. (Fig.15 ; 16 ; 17 et 18) Cette méthode vise à filtrer les hautes fréquences, correspondant aux courtes longueurs d'onde. En augmentant progressivement la distance par rapport aux sources d'anomalies, nous avons pu atténuer l'influence des structures superficielles et locales, mettant ainsi en évidence les effets des structures profondes.

L'analyse des cartes de l'anomalie de Bouguer prolongées à ces différentes altitudes révèle une évolution significative. On observe une diminution graduelle des anomalies de petite échelle, aboutissant à une représentation plus homogène et régulière des variations gravimétriques. À partir de 20 km d'altitude, on constate que la majorité des anomalies locales sont considérablement estompées, offrant une vision plus globale et régionale des structures géologiques profondes.

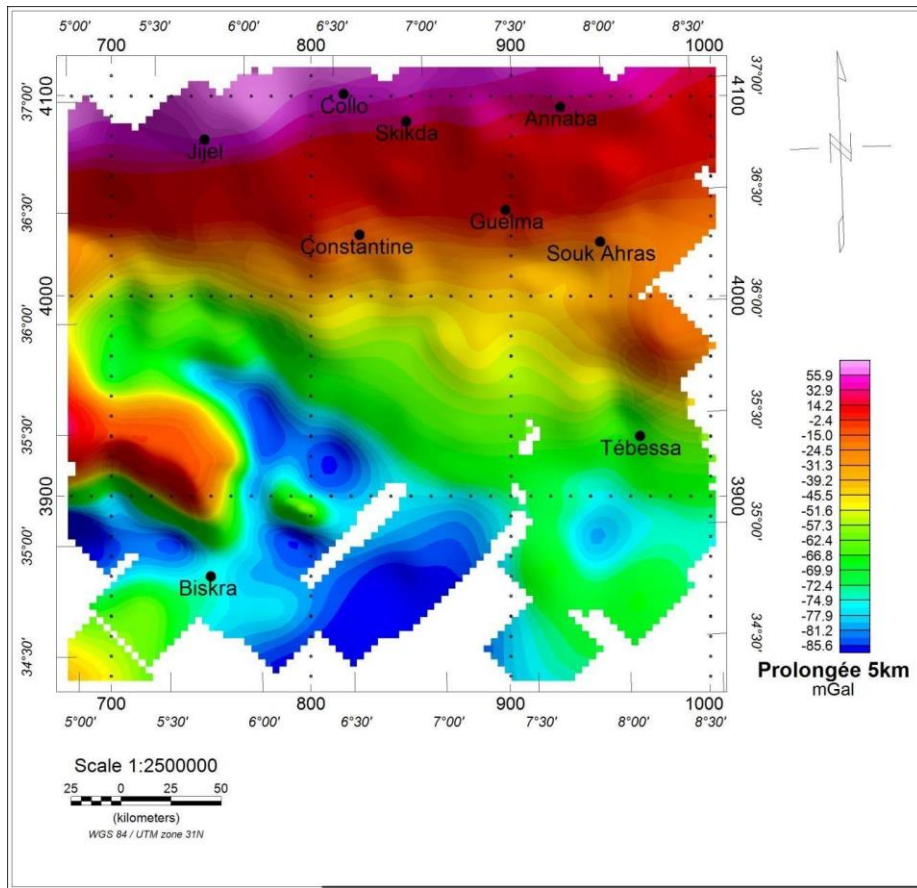


Figure 15. Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 5Km

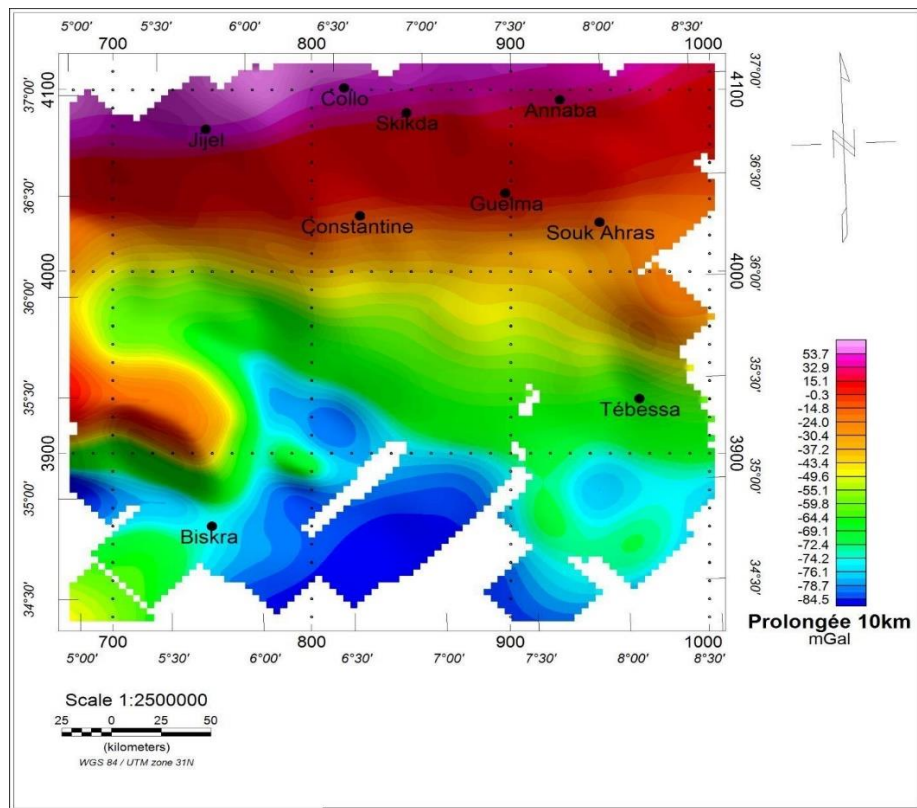


Figure 16. Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 10Km

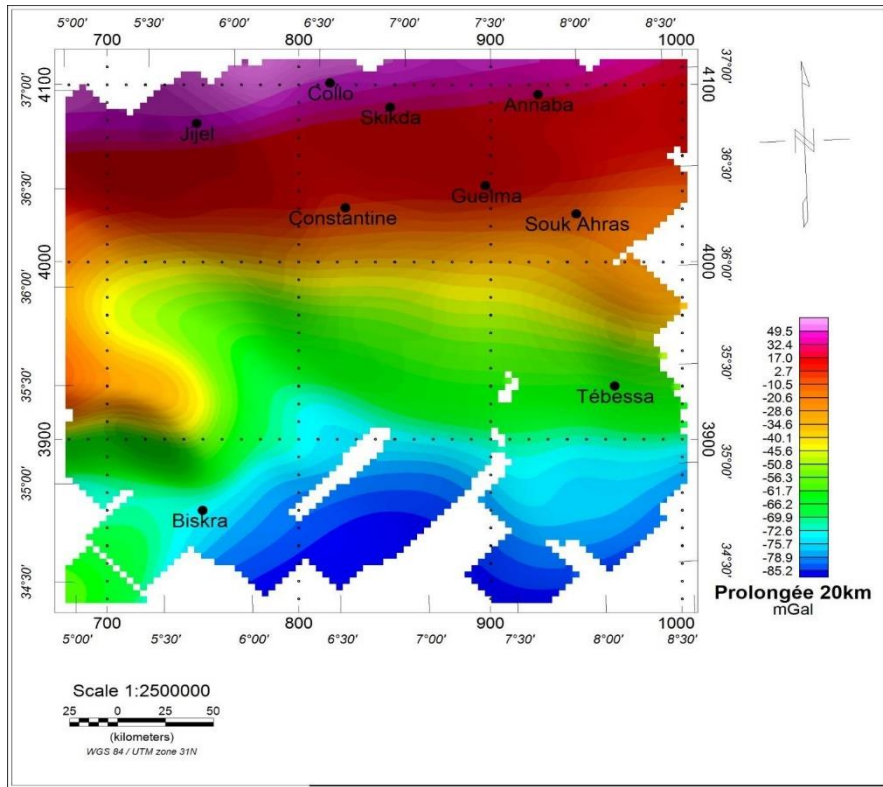


Figure 17. Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 20Km

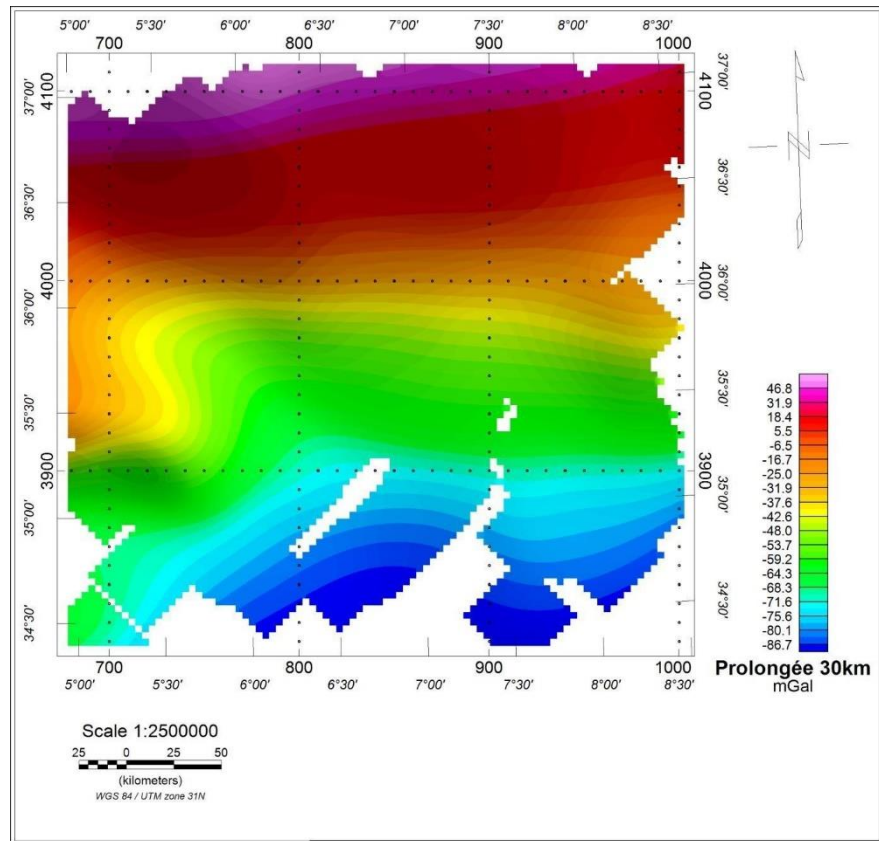


Figure 18. Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 30Km

Cette approche progressive nous permet de distinguer les caractéristiques gravimétriques à différentes échelles, facilitant ainsi l'interprétation des structures géologiques profondes et leur influence sur le champ gravimétrique régional.

II. SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS GRAVIMÉTRIQUES

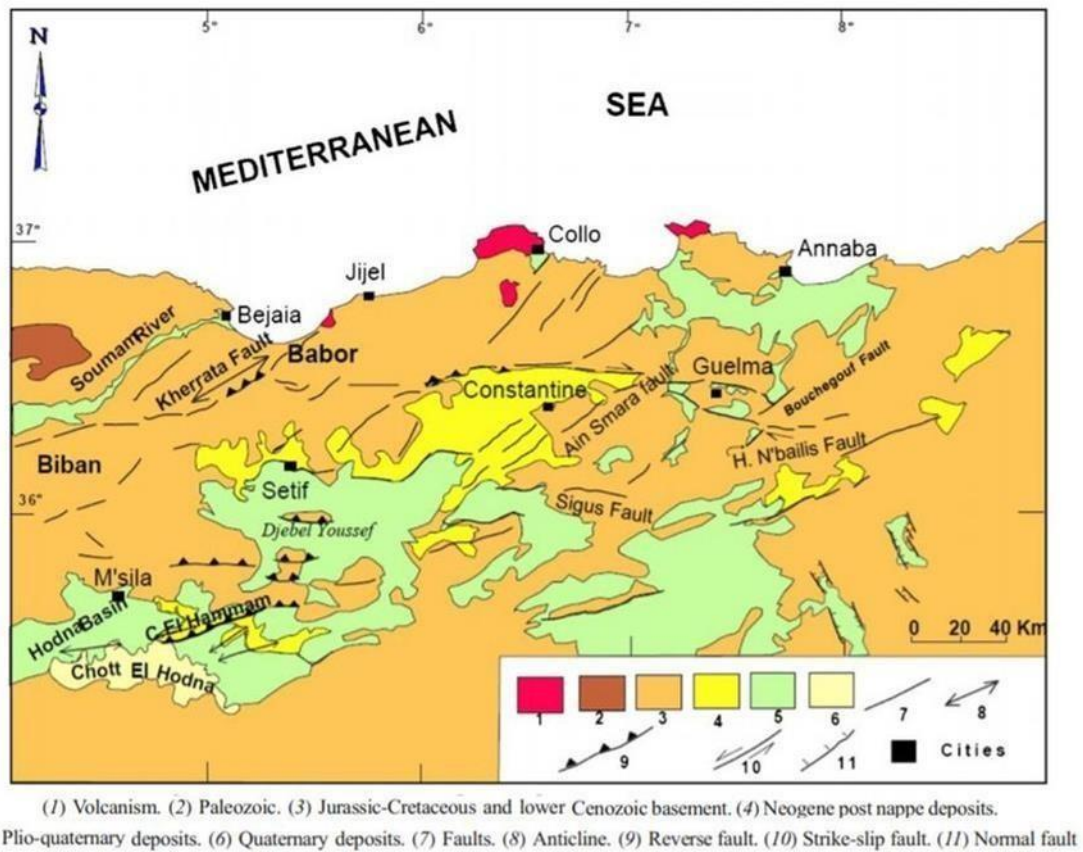


Figure 19. Sismicité globale de l'Algérie tirée du catalogue du CRAAG (a) [131]; Carte des tectoniques de l'Atlas Tellian (Nord-Est de l'Algérie) incluant quelques informations géologiques (b) [132]

- Corrélation structure-anomalie :

Les zones de forte anomalie positive (rouge/violet) sur la carte gravimétrique correspondent généralement aux régions de roches paléozoïques et du socle jurassique-crétacé sur la carte géologique.

Les anomalies négatives (bleu/vert) coïncident souvent avec les dépôts néogènes et quaternaires plus légers.

- Structures tectoniques majeures :

Les failles importantes visibles sur la carte géologique (ex : Kherrata Fault, Sigus Fault) se reflètent souvent par des changements brusques dans les valeurs gravimétriques (cartes de dérivées).

La zone de transition entre les anomalies positives et négatives suit généralement ces structures tectoniques (cartes de dérivées).

- Bassins sédimentaires :

Les grandes zones bleues/vertes sur la carte gravimétrique (ex: région de Biskra) correspondent probablement à des bassins sédimentaires profonds, coïncidant avec les dépôts néogènes et quaternaires sur la carte géologique.

- Zones de soulèvement :

Les anomalies positives fortes (rouge/violet) près de la côte pourraient indiquer des zones de soulèvement crustal ou la présence de roches denses du socle proche de la surface.

- Influence du volcanisme :

Les petites zones rouges sur la carte géologique, indiquant du volcanisme, pourraient correspondre à des pics localisés d'anomalies positives sur la carte gravimétrique, bien que leur échelle soit trop petite pour être clairement visible.

- Gradients gravimétriques :

Les zones de fort gradient (transition rapide entre couleurs) sur la carte gravimétrique correspondent souvent aux limites structurales majeures ou aux zones de failles sur la carte géologique.

- Variation régionale :

La tendance générale montre des valeurs gravimétriques plus élevées vers le nord (zone côtière) et plus basses vers le sud, reflétant potentiellement un amincissement crustal du sud vers le nord.

- Anomalies locales :

Certaines anomalies locales sur la carte gravimétrique pourraient être liées à des structures géologiques spécifiques non visibles en surface, comme des intrusions profondes ou des variations d'épaisseur crustale.

Cette interprétation combinée nous permet de mieux comprendre la relation entre la géologie de surface, les structures profondes et les variations de densité dans la croûte du nord-est de l'Algérie. Elle met en évidence l'importance des structures tectoniques dans la formation du paysage gravimétrique de la région(Fig.19).

CONCLUSION

CONCLUSION

La présente étude gravimétrique du nord-est de l'Algérie, basée sur l'analyse et l'interprétation de données compilées et homogénéisées, a permis d'apporter de nouveaux éclaircissements sur la structure profonde et l'évolution géodynamique de cette région géologiquement complexe.

L'élaboration de cartes d'anomalies de Bouguer et l'application de différents filtres et techniques d'analyse (prolongement, dérivées, déconvolution d'Euler) ont révélé plusieurs caractéristiques géologiques importantes :

Une progression générale du champ de gravité du sud vers le nord, reflétant probablement un amincissement crustal dans cette direction et le passage du domaine continental au Sud vers le domaine océanique au Nord.

La présence de bassins sédimentaires profonds, notamment dans la région de Biskra, caractérisés par de fortes anomalies négatives.

Des zones de forte anomalie positive près de la côte, suggérant des soulèvements crustaux ou la présence de roches denses du socle proche de la surface.

Une corrélation étroite entre les principales structures tectoniques (failles majeures) et les gradients gravimétriques observés.

La mise en évidence d'anomalies locales potentiellement liées à des structures géologiques profondes non visibles en surface.

Ces résultats corroborent et complètent les connaissances géologiques existantes sur la région, tout en apportant de nouvelles perspectives sur sa structure profonde. Ils soulignent notamment l'importance des structures tectoniques dans la formation du paysage gravimétrique et géologique du nord-est algérien.

Cette étude démontre l'efficacité de l'approche gravimétrique pour l'analyse des structures géologiques profondes, particulièrement dans des régions à la géologie complexe comme le nord-est de l'Algérie. Elle ouvre également la voie à de futures recherches, notamment :

L'intégration de ces données gravimétriques avec d'autres méthodes géophysiques (sismique, magnétique) pour une modélisation plus complète de la structure crustale.

Des études plus localisées sur les anomalies spécifiques identifiées, pour une caractérisation plus précise des structures sous-jacentes.

L'application de techniques de modélisation 3D pour une visualisation plus complète de la géométrie des structures profondes.

D'autre part, ce travail contribue significativement à la compréhension de la géologie profonde du nord-est de l'Algérie et fournit une base solide pour de futures études géologiques et géophysiques dans la région. Ces résultats pourront également être utilisés pour améliorer l'évaluation des risques sismiques associés aux structures tectoniques identifiées, un aspect crucial pour cette région tectoniquement active.

REFERENCES
BIBIOGRAPHIQUE

- AÏTE, M.O., GELARD, J.P.** (1997) - Distension néogène post-collisionnelle sur le transect de Grande-Kabylie (Algérie). *Tectonophysics*, 276, 257-277 p.
- BENAHMED, S., BAYER, R., FAIRHEAD, J.D.** (2006) - Nouveau réseau gravimétrique absolu de l'Algérie. *Revue Géodésique*, 33, 119-138 p.
- BLAKELY, R.J.** (1995) - *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University, Press, Cambridge, 441 p.
- BOUBAYA, A.** (2006). *Pétrographie et géochimie des granites du massif de l'Ouarsenis (Algérie nord-occidentale) : implications pétrogénétiques et métallogéniques*. Thèse de Doctorat, Université Mentouri - Constantine, 206 p.
- BOUBEKRI, R.** (2006). *Inversions des données gravimétriques par la méthode d'Euler et interprétation en termes de sources rectangulaires par les équations de Green*. Mémoire de Magister, Université d'Oran, Algérie, 159p.
- BOUYAHYAOU, N.** (2010). *Traitement et interprétation des données gravimétriques dans la région de Lalla Mimouna (Haute Moulouya, Maroc)*. Mémoire de Magister, Université Mohamed V, Rabat, 126p.
- BOUYAHYAOU, N.** (2014). *Structure profonde et réactivation de la marge est-algérienne et du bassin adjacent (secteur d'Annaba), contraintes par sismique réflexion multitrace et grand-angle terre-me*. Thèse en co-tutelle, Université de Nice-Sophia Antipolis Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, 398p
- BRACENE, R., & FRIZON DE LAMOTTE, D.** (2002). *Comptes Rendus Geoscience*, 334(9), 629-636 P.
- BRAVARD, Y.** (1966). *Introduction à l'étude géomorphologique du Nord-Est algérien*. *Revue de géographie alpine*, 54(2), 207-254 p.
- DURAND-DELGA, M.** (1969). *Mémoire BRGM*, 72, 281-336p.
- FAIRHEAD, J.D., GREEN, C.M., VERDUZCO, B.** (2004). *Nouveau levé gravimétrique du bassin illizien, Algérie*. Leadernance Exploration.
- GELARD, J.P. ET AL.** (1981). *Bull. Soc. Géol. France*, XXIII (5), 537-569 P.
- GUZMAN, C. A.** (2007). *Geomagnetic method applied to the study of geological structures in the northwest of Neuquen Basin, Argentina*. *Journal of Applied Geophysics*, 62(1), 45-54 P.
- GUSPI, F.** (1999). *Introduction aux logiciels de traitement de données géophysiques*. Commission Géologique d'Espagne,
- HINZE, W.J., AIKEN, C., MUFTI, I.R.** (2012). *Gravimétrie : méthodes d'acquisition et de traitement des données*. Cambridge University Press.
- HWANG, C., HSIAO, Y.S., SHIH, H.C.** (2002). *Terre-navette altimétrique et gravimétrie: techniques d'homogénéisation des données*. *Journal de Géodésie*, 76, 117-126 P.

- JEKELI, C.** (2000). Analyse d'erreur pour le traitement des données gravimétriques. Département des Sciences Géodésiques et de l'Information Géospatiale, Université d'État de l'Ohio.
- LADJADJ, D.** (2009). Etude gravimétrique des massifs d'Ath-Khiar et d'El-Aouana (Saida). Mémoire de Magister, Université d'Oran, Algérie, 152p
- LAGRULA, J.** (1949) - La Prospection gravimétrique de l'Afrique du Nord. Terre et Eaux, Alger 1er trimestre, N° 6, 31-39 p.
- MERSON, J., GREEN, R., & MAILLOL, J.M.** (1993) - The Composite Analytical Signal. Geophysics, 58, 336-344 p.
- NETTLETON, L.L.** (1976) - Gravité et magnétisme en prospection pétrolière. McGraw-Hill.
- TELFORD, W.M., Geldart, L.P., shérif, R.E.,** 1990. Géophysique appliquée, 2e édition. Cambridge University Press, Cambridge.)
- PARASNIS, D.S.** (1985) - Principles of Applied Geophysics (fourth edition). Chapman and Hall, 402 p.
- ROURE, F., ET AL.** (2012) - Lithospheric and deep structures of the Laramide foreland of Mexico: Integrated geophysical and tectonic study. Arabian Journal of Geosciences 5, 355-376 p.
- TELFORD, W.M., GELDART, L.P., & SHERIFF, R.E.** (1981) - Applied Geophysics (second edition). Cambridge University Press, 860 p.
- THOMPSON, D.T.** (1982) - EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. Geophysics, 47, 31-37 p.
- VILA, J.M.** (1980) - La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse d'État, Univ. Montpellier, 315p.
- WILDI, W.** (1983) - La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. Rev. Géol. Physique & Géol. Dynamique, 24(3), 201-297 p

LISTES DES FIGURES

Liste des Figures

Figure 1	Carte topographique du Nord-Est de l'Algérie (MNT)	7
Figure 2	les différentes régions et unités géologiques de l'Algérie (BELHAI, 1996)	8
Figure 3	Les grands ensembles géologiques de l'Algérie (d'après Takheriste, 1991)	9
Figure 4	Carte géologique du Nord-est de l'Algérie (Domzig et al., 2006)	12
Figure 5	Carte géologique de la chaîne alpine (issue de la carte de Vila, 1978).	14
Figure 6	Représentation des deux masses ponctuelles m_1 et m_2 séparées par une distance r (BOUYAHIAOUI, 2010).	15
Figure 7	Géοide et ellipsoïde	18
Figure 8	Carte de l'anomalie isostatique de Nord de l'Algérie	21
Figure 9	Carte de l'anomalie de Bouguer	24
Figure 10	Carte résiduelle d'ordre 1	26
Figure 11	Carte résiduelle d'ordre 2	27
Figure 12	Carte résiduelle d'ordre 3	28
Figure 13	Carte de dérivé d'ordre horizontal X	30
Figure 14	Carte de dérivé d'ordre vertical Y	31
Figure 15	Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 5Km	32
Figure 16	Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 10Km	32
Figure 17	Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 20Km	33
Figure 18	Carte de l'anomalie de Bouguer prolongée à 30Km	33
Figure 19	Sismicité globale de l'Algérie tirée du catalogue du CRAAG (a) [131]; Carte des tectoniques de l'Atlas Tellian (Nord-Est de l'Algérie) incluant quelques informations géologiques (b) [132]	34

MEMOIRE DE MASTER

Type de Master : Professionnel

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géo-Ressources

Titre du mémoire : Homogénéisation des données gravimétriques

Auteurs : Nour El Houda ZINGARI

Résumé

Notre mémoire présente une étude gravimétrique détaillée du nord-est de l'Algérie, une région géologiquement complexe située à la jonction des plaques africaine et eurasiennne. L'objectif était de contribuer à une meilleure compréhension de la structure profonde et de l'évolution géodynamique de cette zone. Après avoir dressé un aperçu géographique et géologique de la région, nous avons abordé les aspects théoriques et méthodologiques de la prospection gravimétrique. Nous avons ensuite homogénéisé les données gravimétriques provenant de diverses campagnes historiques, nous les avons traitées et analysées à l'aide de techniques avancées telles que le prolongement vers le haut et le calcul des dérivées.

L'interprétation des cartes gravimétriques ainsi obtenues a permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques structurales importantes. Parmi celles-ci, on peut citer la présence de bassins sédimentaires profonds, des zones de soulèvement crustal, ainsi qu'une corrélation étroite entre les anomalies gravimétriques et les principales structures tectoniques régionales. Ces résultats viennent compléter et enrichir les connaissances géologiques existantes sur le nord-est algérien, en apportant de nouvelles perspectives sur sa structure crustale profonde. Ils soulignent l'efficacité de l'approche gravimétrique pour l'analyse des structures géologiques complexes et ouvrent la voie à de futures recherches intégrant d'autres méthodes géophysiques.

Mots-clés : Homogénéisation gravimétrique, Correction gravimétrique, Nord-est de l'Algérie, Bureau gravimétrique international BGI, Anomalie de Bouguer.

