

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA**  
**FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES ET**  
**DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

*En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie*

Option : bassin sédimentaire

**THEME**

**Contribution géologique et interprétation des données  
gravimétriques de la région de Debbagh  
( Constantinois oriental ; N-E algérien )**

*Soutenu publiquement par :*

**Guerrah Mohammed Anouar**

*Le 01/06/2016*

**Devant le jury :**

|                    |                                  |                       |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Président :</b> | M. Bourгаа Slimen                | M. A. A Univ. Ouargla |
| <b>Promoteur :</b> | M <sup>me</sup> . Beguiret Lilia | M. A. A Univ. Ouargla |
| <b>Examineur :</b> | M. Belksir Mohammed El Salah     | M. A. A Univ. Ouargla |

**Année Universitaire : 2015/2016**

## الملخص:

منطقة الدباغ، مع جزء الشمالي الشرقي من قستطينية، تتكون من تشكيلات تتراوح بين الترياسي إلى العصر الميوسيني، تمعدن الكاولين والحديد هو محل الدراسة الجيوكيميائية والمعدنية من اجل اعطاء وصف جيولوجي شامل ودقيق للمنطقة .

نتائج معطيات الجاذبية، ومن خلال وجود الشذوذ في خرائط اولر، سمحت بدراسة منطقة دباغ من الناحية الصخرية والهيكلية، مع تحديد ماهية الاجسام الجيولوجية المختلفة وكذا الخصائص الهيكلية الرئيسية وتقدير اعماقها.

هناك ارتباط واضح بين النتائج الجيولوجية و تلك التي توفرها دراسة الجاذبية

كلمات المفتاحية : دباغ ، شذوذ ، يولر، كاولين ، جاذبية، تمعدن .

## RESUMÉ

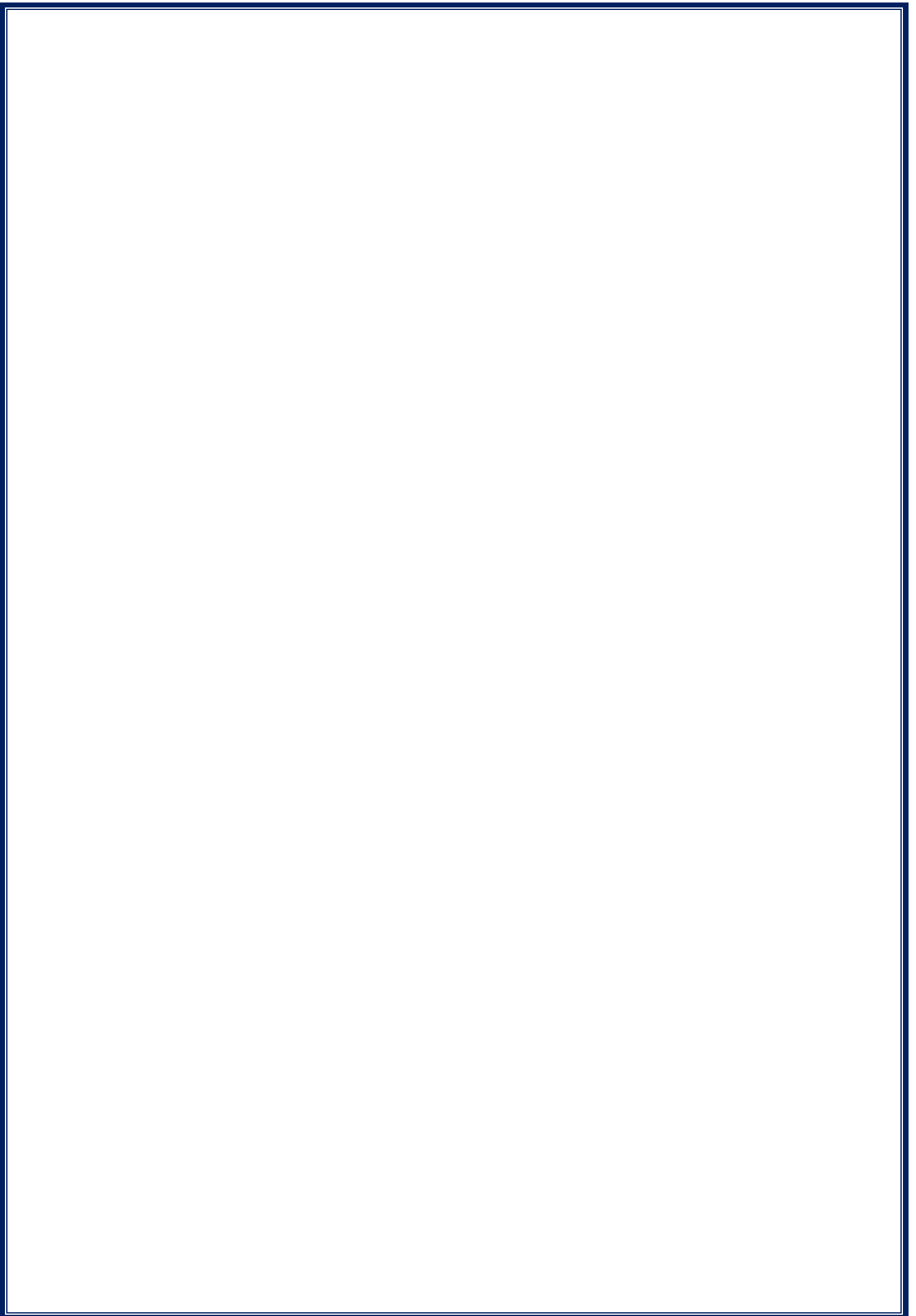
La région de Debbagh, avec les massifs de segment nord oriental du Constaninois oriental, est constituée des formations autochtones allant du Trias au Miocène. Les minéralisations kaoliniques et ferrugineuses ont fait l'objet d'une étude géochimique et minéralogiques afin de donner une caractérisation géologique assez approfondie. Les résultats de traitement des données gravimétriques à travers les cartes des anomalies et les cartes des solution d'Euler ont permis de caractériser la région de Debbagh de point de vue lithologique et structural, en identifiant les différents corps géologiques et les grands traits structuraux ainsi que l'estimation de leurs profondeurs. Une nette concordance a été signalées entre les résultats géologiques et ceux fournis par la gravimétrie.

Mots Clés : Debbagh, Kaolin, Minéralisation, gravimétrie ; Anomalies et les solutions d'Euler,

## ABSTRACT

The Debbagh area, with the massives of the north eastern segment of Eastern Constaninois, consists of formations of Triassic to Miocene. Kaolin and iron mineralization represent the subject of the geochemical and mineralogical studies give the geological characterization. The results of processing of gravity data through the anomaly maps and maps of Euler solution have characterized the Debbagh region of lithological and structural view, identifying different geological bodies and major structural features as well estimating their depths. A clear correlation was reported between the geological results and those provided by gravimetry.

Keywords : Debbagh, Kaolin, mineralization, anomaly, gravimetry, Euler solution



### INTRODUCTION GENERALE:

Depuis quelques décennies, un travail appréciable et méthodique de recherche géophysique a été mené dans toute la zone des diapirs "confins algéro-tunisiens", dans le but d'apporter plus de précision sur la structure de la région.

Très peu travaux géophysiques ont été réalisés dans la région de Guelma est précisément celle de Debbagh qui n'a enregistré aucune étude géophysique depuis la découverte des premiers gisements jusqu'à aujourd'hui

Des efforts de recherche ont été consentis pour améliorer les connaissances sur la structure géologique de la région et délimiter ainsi les zones d'intérêt minier permettant de développer des recherches plus détaillées ultérieurement, il n'est pas exclu que de nombreux problèmes d'ordre structuraux et autres, apparaissent et méritent par conséquent une attention particulière en introduisant les méthodes géophysiques.

A cet effet, le présent travail de recherche rend compte, pour l'essentiel, des résultats de traitement des données gravimétriques dans le cadre de validation des résultats structuraux antérieurs dans la région de Debbagh(Nord-est algérien).

L'objectif principal de ce travail est de développer et d'utiliser divers outils géologiques, géochimiques et géophysiques afin de mieux comprendre l'architecture et l'origine des formations géologiques de la région de Debbagh .

La compréhension, la détermination ou la validation des géométries et des extensions des principales unités géologiques par les inversions géophysiques sont des points clés de cette étude en mettant en relation les données recueillies sur le terrain et les différentes données gravimétriques et de mettre en évidence l'existence ou non de corps géologiques de faible et moyenne profondeurs ainsi que les orientations structurales observées sur le terrain

L'architecture de ce texte qui traduit l'ensemble de cette étude s'articulera donc sur plusieurs chapitres:

**1. Le premier chapitre** est réservé à **la géologie des Maghrébides** et la présentation des grands domaines structuraux

**2. Le deuxième chapitre** est consacré à **la présentation de de la région d'étude**. Dans ce chapitre on a présenté dans un premier temps le cadre lithostratigraphie et décrit les principaux traits structuraux résultant des mouvements tectoniques que la région a subis durant son évolution paléogéographique et structurale.

**3. Le troisième chapitre** est réservé pour la description de zones minéralisantes de point de vue géochimique et minéralogique.

**4. Le quatrième chapitre** est consacré à la présentation de la méthodologie **la gravimétrie**, où l'on a relaté après un aperçu théorique sur la méthode gravimétrique, l'acquisition des et les étapes de traitement et de filtrage des données,

**5. Le cinquième chapitre** est réservé à donner une interprétation gravifique des cartes gravimétriques et les cartes des solutions d'Euler établies à partir des données traitées, donnant une idée sur la profondeur et la masse des structures peu à moyennement profondes.

**6. Des conclusions et des recommandations** termineront le manuscrit.

*Chapitre I :*  
*Géologie Régionale*

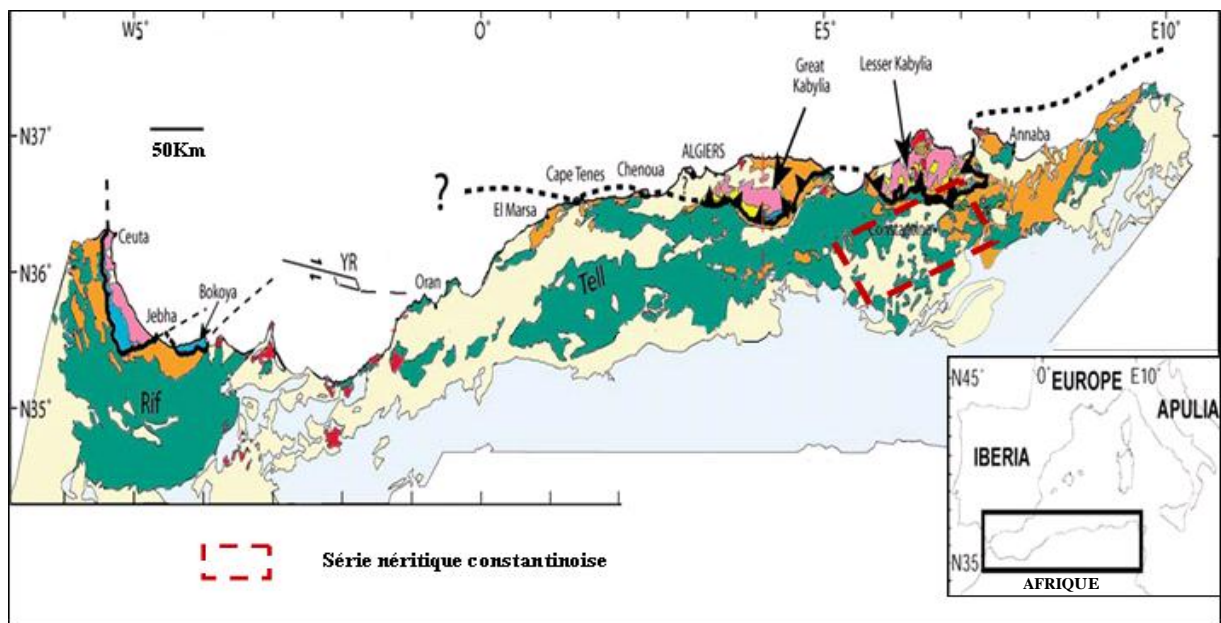
**CHAPITRE I : GEOLOGIE REGIONALE :**

**1. INTRODUCTION :**

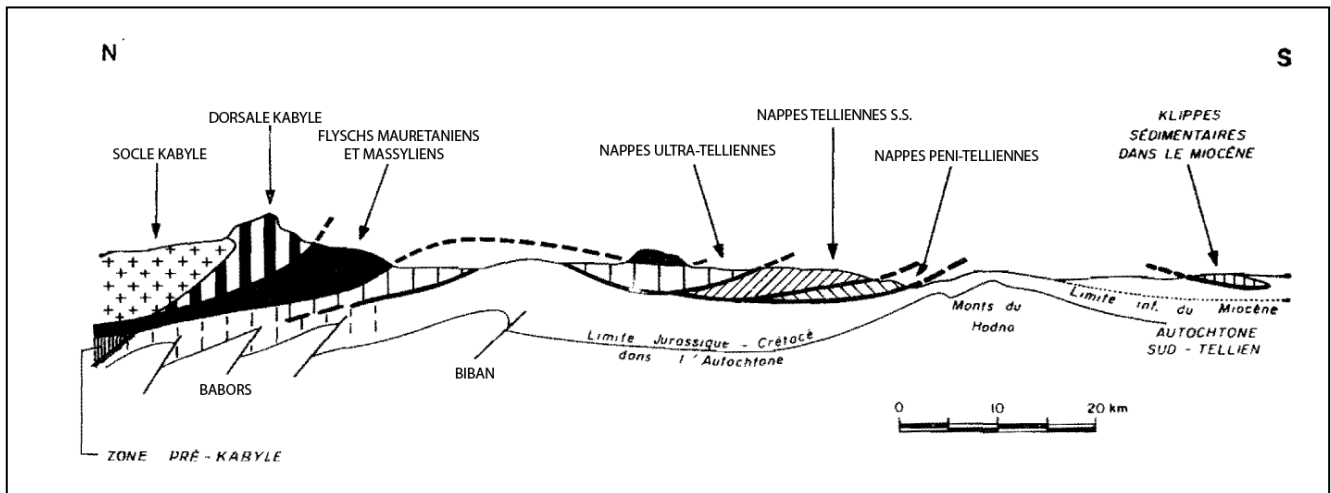
Les Maghrébides est une chaîne à vergence sud en forme très aplati (Delga, 1969), elle s'étend en bordure de la méditerranée occidentale du Rif à la Sicile sur 2000 Km . Elle est caractérisée par une tectonique de nappe de charriage ; c'est le domaine tellien en Algérie et en Tunisie et se poursuit au Maroc où il forme la chaîne rifaine ; par ailleurs, vers l'Est se raccorde aux chaînes constituant l'Arc calabro-sicilien puis, au-delà, à l'Apennin (Ghandriche, 1991).

**2. LITHOSTRATIGRAPHIE :**

De nombreuses études ont été faites sur le rameaux alpin des Maghrébides (Caire, 1955 ; Mattauer, 1955 ; Delga, 1964 ; Vila, 1980 ; Wildi, 1983 ) montrent que ce dernier est subdivisé en des unités orogéniques remarquables (Figure.1) avec successivement du Nord au Sud (Figure.2) :



**Figure 1 :** Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du nord (Kieken, 1962 et Wildi, 1983 in Domzig, 2006)



**Figure. 2 :** Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (modifié d'après Durand-Delga, 1969, les Bibans et les Babors qui étaient considérés comme étant de l'Autochtone font également partie des nappes telliennes)

**2. 1. Domaine interne :**

Il regroupe les massifs Kabyles à matériel antécambrien et Paléozoïque, c'est le socle Kabyle, et une couverture calcaire qui constitue la chaîne calcaire de appelée par la suite « Dorsale Kabyle » par. (Raoult1974).

**2. 1. 1. Socle kabyle :**

On le rencontre dans deux séries d'affleurement : au Nord, les massifs de grandes et petites Kabylie, plus au Sud, le substratum de la Dorsale.

**2. 1. 2. Dorsale kabyle :**

Elle a été étudiée en détail dans sa partie orientale par ( Raoult ;1974). C'est une zone étroite et discontinue qui caractérise l'axe interne de l'orogène nord-algérien : elle est subdivisée en trois unités :

- A. Dorsale interne.
- B. Dorsale Médiane.
- C. Dorsale externe



**2. 2. Domaine mediane ou domaine des flyschs :**

Ces flyschs sont en général décollés de leur substratum initial qui est profondément engagé sur le chevauchement des zones internes, il est subdivisé en trois types de flyschs d'âge crétacé est éocène (Bouillin 1986) (Figure.3),

**2. 2. 1. Les flyschs mauritaniens :**

En 1969, Gélard a proposé le terme de «flysch Mauritanien» pour l'«Gurrouche». représente les termes suivants

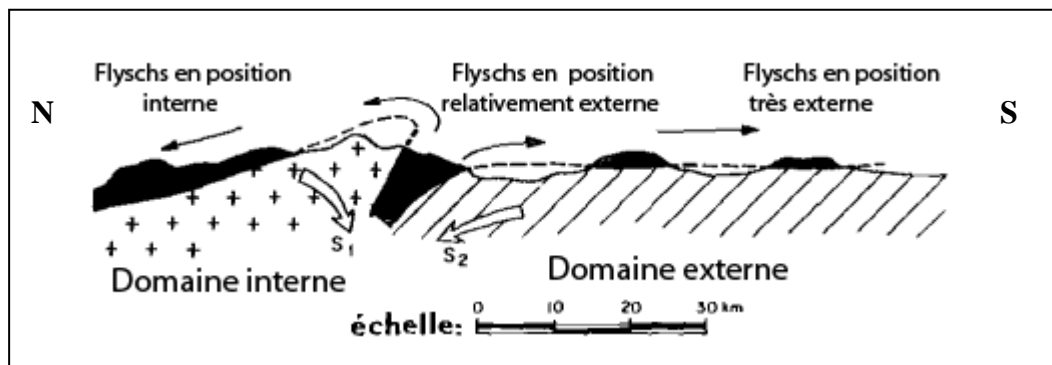
A la base, des Radiolarites rouges du Malm, surmontées d'un flysch calcaire d'âge Crétacé inférieur. Il se continue par une puissante série argilo-gréseuse à la base et calcaire au sommet d'âge crétacé supérieur et se termine par des formations conglomératiques-conglomératiques d'âge Yprésien.

**2. 2. 2. Le flysch massylien :**

C'est un flysch albo-aptien (Glangeaud 1932). Le nom flysch massylien a été proposé en 1969 par Raoult pour le flysch schisto-quartzeux. Il a été défini au Kef Sidi Driss, dans le nord constantinois. Il comporte des argiles quartzitiques à la base, d'âge crétacé inférieur et une alternance d'argiles et de micro brèches au sommet, d'âge crétacé supérieur.

**2. 2. 3. Le flysch numidien :**

Nommé par (Ficheur 1903), il occupe généralement une position plus haute dans l'édifice alpine, ce qui causera de se présenter comme une entité géologique à part.



**Figure. 3 :** Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (modifiée d'après Durand-Delga, 1969)

**2. 3. Domaine externe :**

Il représente la marge téthysiens du continent africain et on peut distinguer deux grands types de séries : Les séries telliennes et les séries de l'avant pays.

**2. 3. 1. Les séries telliennes :**

Les séries telliennes ont été découpées par les phases tectoniques tertiaires en trois grandes entités, dont les limites suivent à peu près les lignes paléogéographiques du Crétacé, du Paléocène et l'Eocène. D'après (Wildi 1983) , Ces séries se subdivisent en trois groupes du Nord vers le Sud :

- Les unités ultra-telliennes
- Les unités telliennes sensu-stricto
- Les unités péni-telliennes

**2. 3. 2. Les séries de l'avant-pays :**

La chaîne des Maghrébides est bordée au Sud par des avant pays de nature et de comportement tectonique variables. Elles comportent d'Est en Ouest les domaines suivants : Unités sud-sétifiennes, Unités néritiques constantinoises, Unités de sellaouas et le para-autochtone Nord-Aurésien( Figure 4) .



**Figure. 4:** Positionnement structural de la plateforme néritique constantinoise par rapport aux zones externes de la chaîne alpine d’Algérie nord oriental (d’après (Kazitani, 1986 et Aris, 1994).

### 3. PALEOGEOGRAPHIE DE L’ALGERIE DU NORD :

Au Nord algérien, les premiers traits de la paléogéographie des massifs à l’âge du Jurassique, ou ils apparaissent comme une plate forme bordée au Sud-Est par un sillon des sellaouas ce dernier est caractérisé par une sédimentation pélagique .Ils ont été le siège d’une sédimentation de plate-forme carbonatée sous faible tranche d’eau ou la dolomitisation y était importante.

Au crétacé la sédimentation au niveau de la plate-forme était récifale à périrécifale spécialement du Néocomien au Maastrichtien.

L’extension maximale de la plate-forme a été atteinte au Barrémo - Aptien Pour disparaître au Maastrichtien ou n’existent plus que les faciès marneux (Vila,1980; Thomas, 1985).

Vers le Nord de la plate-forme la sédimentation était marno-calcaires à rare influence récifale. C’est le domaine péni-tellien (Vila 1980).

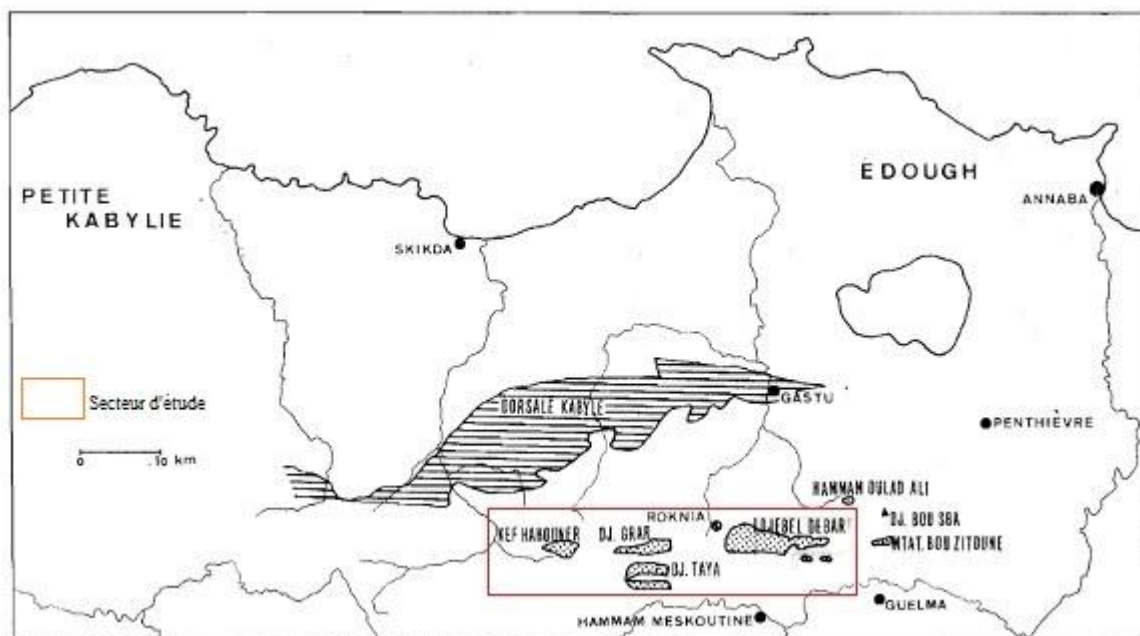
Enfin l'héritage structural Mézosoïque a bien marqué la paléogéographie de la plate forme constantinoise qui s'est trouvée structurée par des accidents NE-SO, E-O et NO-SE. Cette structuration a permis à la plate forme d'avoir des dimensions variables au cours des temps, dont la structuration en horsts et grabens (KaziTani ,1986).

***Chapitre II: Géologie de la  
région De Debbagh  
( CONSTANTINOIS ORIENTAL)***

### CHAPITRE II : LA GEOLOGIE DE LA REGION DE DEBBAGH

#### 1 .SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La néotectonique a dispersé les affleurements des séries néritiques constantinoises en massifs isolés par des dépressions périphériques sur près de 160 km d'Ouest en Est et sur 80 km du Nord au Sud. Ces massifs à sédimentation essentiellement carbonatée située entre le sillon tellien à l'Ouest et le sillon de Sellaoua à l'Est (Vila, 1980) et d'autre part entre le domaine des nappes au Nord et l'avant pays atlasique au Sud. Ces massifs se répartissent en trois groupes: méridional autour d'Ain M'lila, central autour de Constantine et nord oriental autour de Guelma et Debbagh où l'aire d'étude fait partie (Figure.5).

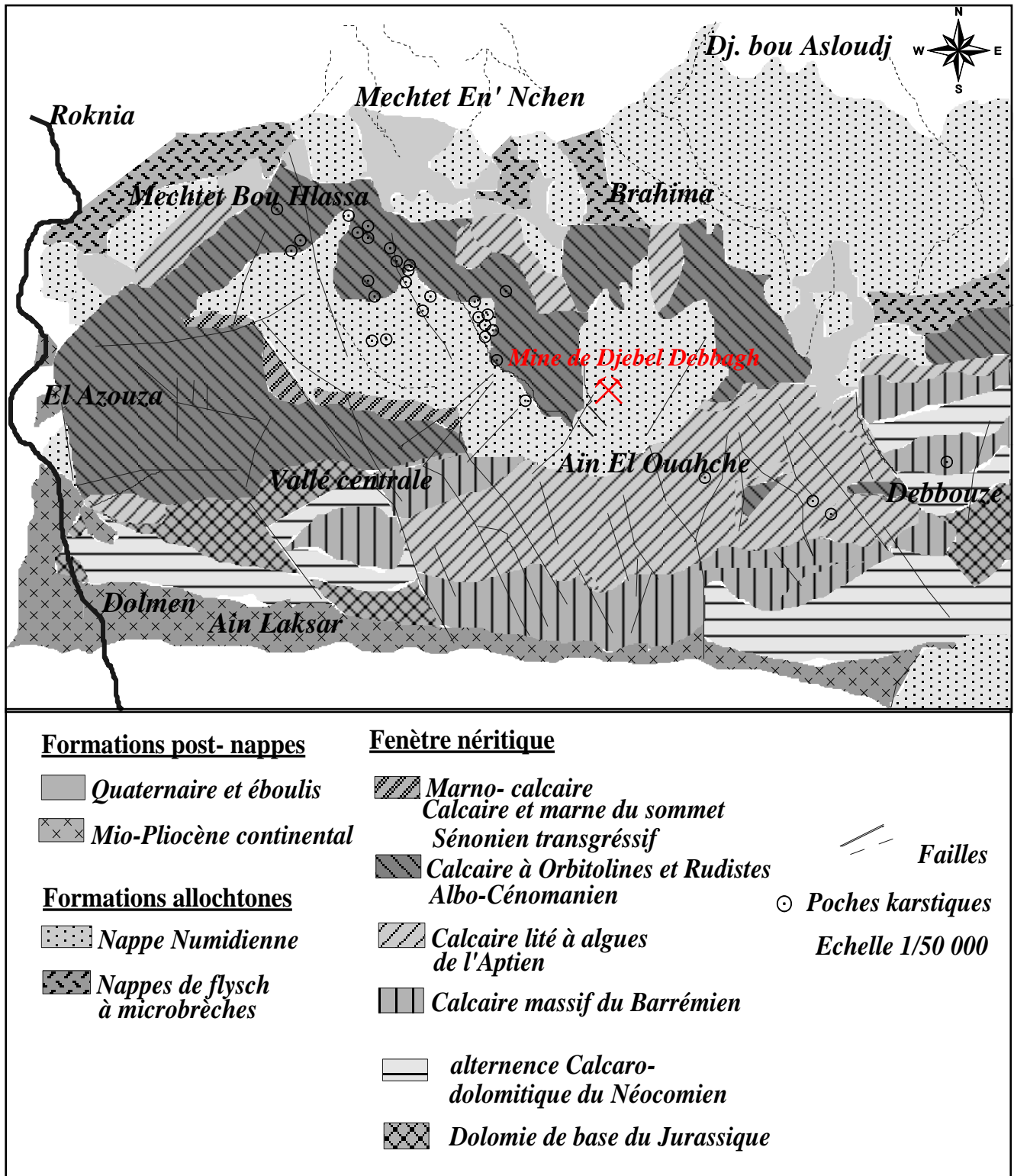


**Figure 5-** Situation géographique de la région d'étude

#### 1. GEOLOGIE ET GEODYNAMIQUE DU CONSTANTINOIS ORIENTAL :

La région de Debbagh, secteur de notre étude, qui s'appartient à la série des édifices de l'Atlas tellien (Durand Delga, 1969), s'étend sur la feuille de Hammam Meskhoutine (N°53) (Figure 6).elle fait partie des massifs du segment nord oriental de la série néritique du constantinois. Dans sa synthèse stratigraphique du domaine néritique constantinois, (Vila 1980) subdivise e complexe en deux sous groupes partiellement superposés La séquence néritique comportant une série de formations condensées à dominance carbonatée et silico-clastiques du Jurassique et Trias et les formations allochtones à dominance argilo-marneuse et

quartzique. Le contact entre ces deux ensembles est marqué par des failles de direction E-O à NO-SE.



**Figure 6:** Carte géologique de la mine de kaolin de région de Debbagh (P. Deleau, 1938 – 1 / 20 000 ; 1 / 50 000 ; SO.NA.R.E.M, 1978 - 1 / 50 000 ; J.M. Vila, 1980 - 1 / 30 000 in A. Talbi, 1987 - modifiée).

**2. LITHOSTRATIGRAPHIE :****2.1. A l'est du djebel debbagh :**

**a** - La base des dolomies noires présente quelques mètres de couches passage progressif en petites alternances à des pélites et des schistes calcareux.

**b**- Le Néocomien correspond à des couches à *Neotrocholina valdensis* à petits Lagénidés et outre microfaciès. La limite Urassique-Crétacé montre le même repère à Coprolites qu'à la station du Nador.

**c** - Le Barrémien supérieur correspond à des couches à *palorbitolina lenticularis* et *Choffatella decipiens*.

**d**- L'Aptien inférieur est repéré grâce à la présence de *Praeorbitolina cf.cormyi*, associée à d'abondantes *palorbitolina lenticularis*.

**e**- L'Aptien supérieur présente de belles associations à *Orbitolina subconcava*.

**f**- Le Vraconien-Cénomaniens inférieur débute par des couches à *Aghardiellopsis*, et livre à son sommet des associations à *Rotalipora sp.*

**g** - Le Cénomaniens supérieur contient des Intercalations à *Caprina schiosensis* ou à grandes *Cuneolina pavonla*.

**h**- Le Sénonien débute aussi par du Campanien supérieur. et même l'extrême sommet du Crétacé avec des associations à *Globotruncana mayaroensis*. Ensemble de lithostratigraphie Est du djebel debbagh (figure7).

**2.2. A l'ouest du djebel debbagh :**

**a**- Les alternances de calcaires massifs et de dolomies sombres superposées aux dolomies noires massives du Jurassique. .

**b**- Le reste du Barrémien, l'Aptien, l'Albien et le Cénomaniens inférieur sont identiques tout le long du Djebel Debbagh.

**c**-Sénonien : y débute par des termes plus anciens à abondants débris organiques. Il repose directement sur des couches à grandes Orbitolines roulées du Cénomaniens. La suite de la série Senonienne, peu épaisse, est analogue à celle décrite ci-avant et atteint aussi le Maestrichtien élevé. Ensemble de lithostratigraphie Ouest du djebel debbagh (figure7).



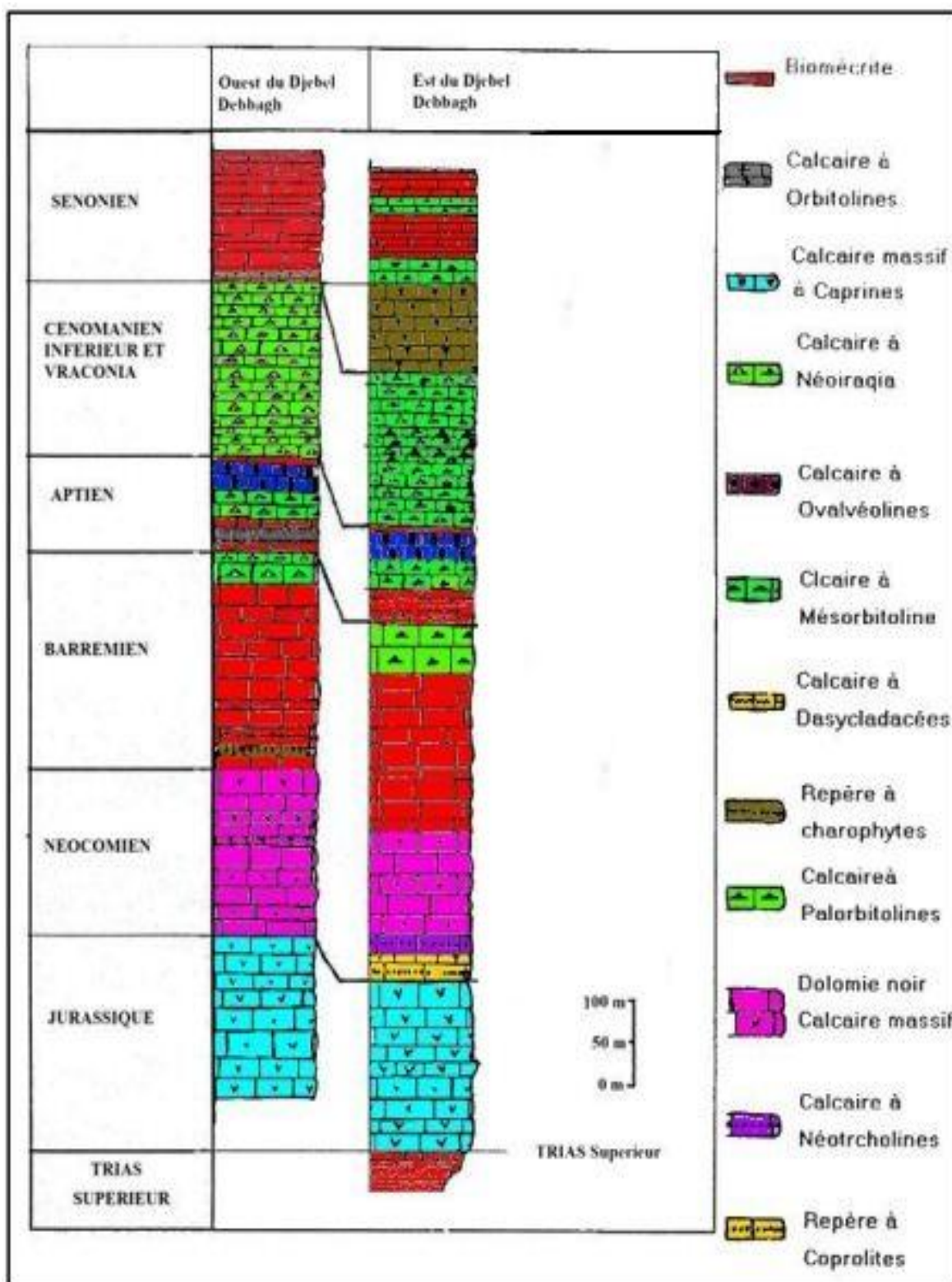


Figure 7 : Les formations autochtones des séries néritiques constantinoises de la région de Guelma (Vila 1980).

**3. PALEOGEOGRAPHIE :**

Du point de vue paléogéographique, ce domaine est caractérisé du Trias au Jurassique par sa structure haute à séries condensées, elle est bordée au Nord et au Sud par des domaines pélagiques (sillon tellien et sillon des Sellaouas).

**Le Jurassique** est relativement masqué dans la partie septentrionale du môle néritique La sédimentation carbonatée continue dans ces milieux très peu profonds

**Le Crétacé inférieur** ; Du Néocomien à l'Aptien :les dépôts se font en milieu peu profond et de haute énergie

**De l'Albien au Turonien** : la sédimentation est exclusivement carbonatée et sans aucun apport détritique quartzeux.

**Le Sénonien supérieur est marqué par** l'enfoncement rapide du domaine néritique

**L'Eocène supérieur** représente la phase de l'émersion définitive du domaine néritique septentrional.

**4. TECTONIQUE :****4.1. Les déformations souples :**

La série néritique de la région de Debbagh réagit souplement avant de subir les grands accidents cassants, Et donc toutes les différences observées dans de pendage à grande et à petite échelle.

Les massifs rencontrés dans la région d'étude se présentent sous forme de vastes dômes anticlinaux à grand rayon de courbure dont l'axe est de direction Est-ouest. Pour les pendages du flanc Nord de Debbagh varient de 10 à 25° i alors que les couches du flanc Sud ont des pendages de 15 à 30°.

**4.2. La tectonique cassante :**

Elle est beaucoup plus vigoureuse, par conséquent, toutes les formations autochtones sont affectées par des accidents ce qui compartimente le massif. Qui a conduit à un certain nombre de blocs formant, et ainsi des horsts et des grabens.

- Des accidents transversaux, de direction NO-SE, décalent la structure anticlinale au niveau de Mechtat Brahima vers le Sud. Ces mêmes accidents recoupent une génération de failles plus anciennes de direction E-O.
- Des accidents N-S recoupent aussi les accidents E-O et affectent les grès de la nappe numidienne.

- Au Sud de Mechtet Brahima, des accidents N75° qui recouper les accidents NO-SE.
- Enfin, un grand accident post- Miocène, (Raoult, 1974), de direction E-O, limite le massif du Djebel Debbagh au Sud et met en contact la série néritique avec les formations du bassin Moi-Pliocène de Hammam Debbagh. Cette grande faille est visible depuis le Kef Hahouner

*Chapitre : Etude Des  
Minéralisations*

## CHAPITRE III : ETUDE DES MINERALISATIONS

### 1. INTRODUCTION:

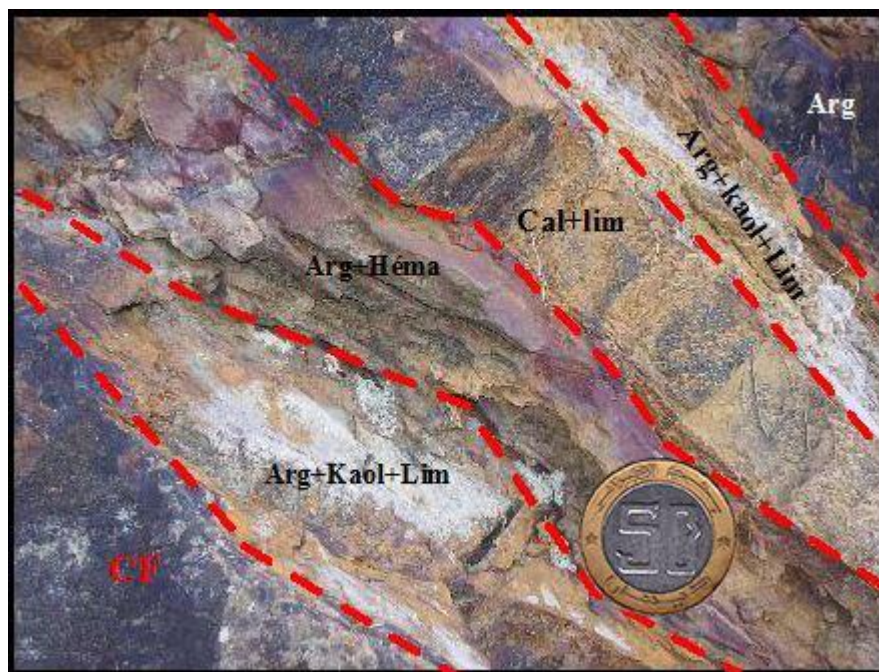
La région de Debbagh se caractérise par deux types de minéralisations : une minéralisation kaolinitique à halloysite et métahalloysite sont développées préférentiellement dans les assises de la formation des calcaires massifs de l'Aptien et dans les calcaires à Orbitolines et Rudistes de l'Albo - Cénomaniens. Une minéralisation ferrugineuse se représente par des chapeaux de fer sous forme d'affleurements limonitiques. Ils reposent en discordance sur ces argiles ou parfois forment des intercalations dans ces dernières.

Les chapeaux de fer observés dans le secteur de la mine de Djebel Debbagh sont répartis sur une zone d'environ 4 km de longueur et 1,5 Km de largeur orientée ESE-ONO. Ils sont généralement distingués par leurs couleurs rouille ainsi que par le relief caractéristique qu'ils forment sont mises en place sous forme de masses d'oxydes de fer. Leur répartition détermine également la distribution des cavités karstiques qui leurs sont souvent associées.

### 2. ETUDE DE L'ENCAISSANT:

Le contact entre les argiles kaolinitiques, les formations ferrugineuses et les formations encaissantes (carbonates...) est marqué par la succession suivante (figure8):

- ✓ Les calcaires initialement durs à la bordure du karst avec des surfaces de dissolution arrondies ;
- ✓ Des calcaires pulvérulents qui sont recouverts soit par une argile de décalcification brun rougeâtre à laquelle succède une argile bréchifiée soit par une argile noire à Mn dont l'épaisseur est variable ;
- ✓ Des sables, limons et silts gris ou bruns rougeâtres cimentés par des argiles ;
- ✓ Des kaolins bréchifiés à halloysite, limonite et nodules d'alunite ;
- ✓ Des brèches de grès quartzeux sous forme de blocs cimentés par du matériel argileux et des limonites.



**Figure 8 :** Transition entre les minéralisations kaoliniques, ferrifères et les formations carbonatées

### 3. GEOCHIMIE ET MINERALOGIE DES MINERALISATIONS

#### 3.1. Les argiles kaoliniques

##### Géochimie

Des analyses ont été effectuées le long du sondage N° 32, et concerne uniquement les éléments majeurs de kaolin du karst N° 46:  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $SO_3$  et  $(CaO+ MgO)$  dans de point de vue géochimie les kaolins de Debbagh se répartissent en trois catégories :

- Catégorie1 : halloysite blanche très riche en minerai .
- Catégorie2 : halloysite détritique dans laquelle on rencontre les différentes catégories du minerai.
- Catégorie3 : halloysite veinée très riche en minerai de la 3<sup>ème</sup> catégorie.

Les analyses chimiques des trois catégories se représentent dans le tableau .1 :

**Tableau .1.** Analyses chimiques des trois catégories de kaolin de Debbagh

| Catégories | P.F   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | MnO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> |
|------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| Catégorie1 | 15.36 | 45.31            | 38.85                          | 0.01                           | 0.00             | 0.15 | 0.23 | 0.02             | 0.00              | 0.00             | 0.00            |
| Catégorie2 | 15,89 | 43,40            | 38,89                          | 0,11                           | 0,02             | 0,21 | 0,31 | 0,04             | 0,16              | 0,57             | 0,34            |
| Catégorie3 | 16,50 | 42,96            | 37,70                          | 0,32                           | 0,03             | 0,74 | 0,23 | 0,94             | 0,00              | 0,47             | 0,56            |

### Interprétation des résultats des analyses géochimiques

Ce type de kaolin a une apparence très blanche et il « happe » à la langue. Les tailles des grains sont inférieures à  $2 \mu\text{m}$ . Cette grande dispersion des grains lui donne un grand pouvoir de liaison à froid. Il est considéré comme un produit de qualité.

D'autres filons, par contre, donnent des kaolins de puretés inégales, avec des concentrations d'impuretés de 2 à 5% selon la catégorie. La dernière catégorie, qui peut renfermer jusqu'à 5% d'impuretés, perd totalement l'aspect d'un kaolin: elle est d'apparence noirâtre et les grains sont gros et friables; la principale impureté qui donne cette couleur noirâtre est le dioxyde de manganèse ( $\text{MnO}_2$ ).

### Minéralogie

La minéralogie des kaolins à travers les diffractogrammes des échantillons collectés et analysés de différentes catégories de la région de Debbagh ont permis de noter la présence des minéraux suivants: Halloysite, Kaolinite, Illite et allunite (Figure 9).

La formation de l'halloysite et/ou la kaolinite est due à la réorganisation de la silice et l'alumine. Le couple halloysite- kaolinite peut par désilification former la gibbsite. Ainsi l'excès de  $\text{K}_2\text{O}$  en présence de  $\text{SO}_4$  provenant de l'oxydation de la pyrite se combine à l'alumine et forment par conséquent l'alunite.

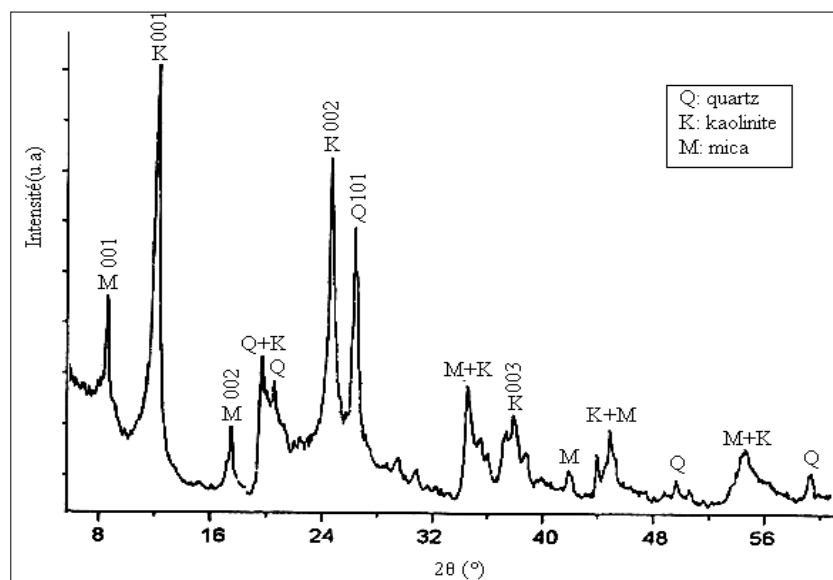


Figure 9 : Diagramme de diffractométrie aux rayons X de kaolin

La minéralisation kaolinitique à mur karstique du Djebel Debbagh dépend d'un métallotecte principal : la paléomorphologie élémentaire d'une paleogéographie qui n'est pas encore bien définie.

Le minerai repose directement sur les calcaires albo-cénomaniens et aptiens karstifiés et aucune minéralisation n'a été observée en dehors des poches karstiques. Plusieurs observations pétrographiques minéralogiques prouvent que la minéralisation provient d'une transformation in situ d'un matériel illitique.

### 3. 2. Minéralisations ferrugineuses :

#### Géochimie

Les chapeaux de fer, représentant par les affleurements de limonites dispersées en trois zones le long de Debbagh : orientale, centrale et occidentale. Les résultats des analyses géochimiques effectuées sur des échantillons des limonites des trois parties sont mentionnés dans le tableau.2

**Tableau.2.** Composition chimique en éléments majeurs des chapeaux de fer de la partie orientale, centrale et occidentale.

| Eléments                           | orientale | centrale | occidentale |
|------------------------------------|-----------|----------|-------------|
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 7.11      | 13.44    | 5.72        |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 2.78      | 2.05     | 9.84        |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 33.95     | 33.98    | 47.50       |
| <b>CaO</b>                         | 0.76      | 4.95     | 1.80        |
| <b>MgO</b>                         | 15.22     | 1.33     | 2.11        |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 0.14      | 0.15     | 2.81        |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 0.11      | 0.3      | 0.1         |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0.65      | 0.01     | 0.04        |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0.03      | 0.06     | 0.08        |
| <b>As<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 18.26     | 2.46     | 19.72       |
| <b>PAF</b>                         | 20.15     | 13.2     | 10.86       |

**Interprétation des résultats géochimiques de chaque partir :**

**Pour la partie orientale:**



- Les éléments majeurs; les teneurs en  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sont relativement faibles, leur présence peut être attribuée à la présence des minéraux argileux formant le remplissage des pores de limonite ;
- Des fortes teneurs en  $\text{As}_2\text{O}_3$ , qui sont liés à la présence de scorotite et qui donnent une indication sur les conditions d'acidité du milieu du fait que les rétentions de l'arsenic sont largement favorisées dans les milieux de faible degré de pH

#### **Pour La partie centrale:**

- Contrairement au chapeau de fer du karst 46, les chapeaux de fer de la partie centrale de la mine de Djebel. Debbagh présentent des teneurs assez élevées en  $\text{SiO}_2$  et relativement basses en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
- De faibles teneurs en  $\text{As}_2\text{O}_3$  ce qui témoigne du changement du degré d'acidité lors du dépôt des oxydes de fer dans cette partie.

#### **Pour La partie occidentale:**

Les résultats des analyses chimiques présente une similitude des composés des chapeaux de fer des extrémités orientale et occidentale de Debbagh : les teneurs élevées en fer et en arsenic, présence de Phosphates, les teneurs en  $\text{SiO}_2$  et en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sont relativement basses

#### **Minéralogie**

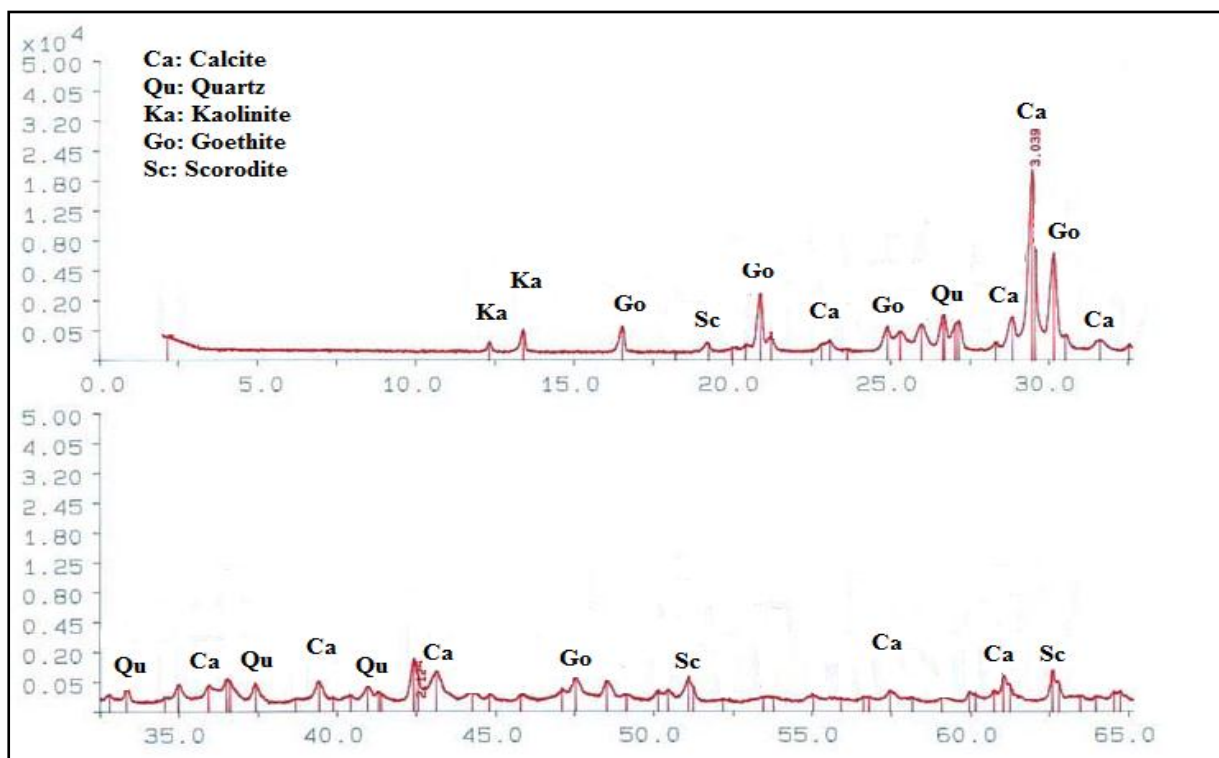
Les résultats de la minéralogie de la roche totale des limonites à travers l'analyse des diffractogrammes obtenus (Figure10) permettent d'identifier en plus des minéraux résiduels (kaolinite, calcite, quartz, dolomite, barytine) provenant des formations encaissantes, les principaux minéraux rencontrés sont la goethite, l'hématite, et la scorodite

Les oxydes de fer forment la totalité des minéraux du chapeau de fer, ils sont représentés :

- **La goethite**, qui est largement prédominante, constitue la majorité des limonites observées: limonites en croûtes nodulaires, limonites en croûtes plates et limonites pulvérulentes;
- **-L'hématite**, moins exprimée que la goethite est localisée dans les parties inférieurs du chapeau de fer, elle est étroitement associée aux argiles formant le remplissage des pores de la goethite ainsi qu'en association avec les formations de l'encaissant carbonaté;
- **La jarosite** : elle n'a pas été identifiée sur les diffractogrammes des échantillons Prélevés. Sa présence à été mise en évidence par les travaux de la SO.NAR.E.M (1968)

sur des échantillons du sondage "S8". Son absence est probablement due à sa transformation en oxyde de fer dans la zone superficielle du chapeau de fer.

- **Les oxydes de manganèse** : n'ont pas été exprimés sur les diffractogrammes des rayons X, cela peut être expliqué par leur mauvaise cristallinité.
- **La scorodite** : elle est identifiée sur les diffractogrammes de tous les échantillons analysés est largement exprimée en surface du chapeau de fer (environ 1/3 de la surface du chapeau de fer), elle se présente sous forme de cristaux verdâtres reconnaissables à l'œil nu.



**Figure 10** : Diffractogramme des rayons X sur roche totale du chapeau de fer de Debbagh.

(Ouddah, ;2009)

Le dépôt des oxydes ferrifères est favorisé par l'interaction des formations encaissantes de nature carbonatée provoquant la neutralisation des solutions ferrifères conduisant aux dépôts des oxydes de fer sous forme de goethite, beaucoup moins sous forme d'hématite (Glemser, 1959). La forte proportion de la goethite dans les limonites du chapeau de fer du karst 46 nous donne une indication sur le chimisme du milieu de formation et de dépôt des oxydes ferrifères devant être très acides (Stahl et al. 1993).



*Chapitre IV :*  
*Méthode analytique*

## 1. METHODES GRAVIMETRIQUES :

### 1.1. INTRODUCTION :

La gravimétrie consiste à mesurer, étudier et analyser les variations du champ de pesanteur de la Terre dans le temps et dans l'espace

### 1.2. LES PRINCIPES THEORIQUES :

La gravimétrie est un moyen de déterminer la nature géologique du sous sol. Une déformation géologique quelconque, tels que anticlinaux, synclinaux, failles ou remplissage quaternaire mettant en jeu des roches de densités différentes peut être décelée par l'étude du champ gravifique terrestre.

Si la Terre était isolée dans l'espace, parfaitement ronde, immobile et formée de couches concentriques latéralement homogènes,  $g$  aurait partout la même valeur.

$$g = G.M/R^2$$

Or il n'en est rien, la pesanteur varie d'un point à l'autre. Ces variations ont des causes diverses que l'on peut énumérer:

- l'altitude de la station de mesures,
- la forme du géoïde,
- la topographie ou les irrégularités de la surface du sol au voisinage du point de mesure,
- la position du point de mesure par rapport à la Lune et au Soleil,
- les hétérogénéités du sous-sol.

Les deux premières sont d'origine géodésique dans lesquelles intervient la position de la station de mesure sur la Terre. La troisième influence est due au relief, en supposant un sous-sol de densité constante choisie arbitrairement. La quatrième est fonction de la position de la Lune et du Soleil par rapport à la Terre et du moment de la mesure. La dernière réunit les variations de la pesanteur ayant une origine géologique ou tectonique.

Les quatre premières causes sont dites non géologiques, la cinquième est dite géologique et c'est elle qui présente un intérêt pour la géophysique appliquée.

### 1.3. REPRESENTATION D'UNE ANOMALIE :

Au début, ce qui signifie près de préciser la durée du mot «anomalie» afin d'avoir le sens ou une idée sur sa signification, en mettant une hypothèse que la surface de la Terre avec des couches et se compose d'une terre homogène de densité constante, plus que l'épaisseur d'au moins quelques centaines de mètres.. Il est donc possible de calculer le champ gravitationnel

théorique à un point quelconque sur la surface de la terre. Mais si, après l'arrivée à cela, il faut tournons vers une mesure expérimentale, en constatant que la valeur calculée est pas celle mesurée. La différence est appelée " une anomalie de Gravité".

**Anomalie =  $g_{\text{mesuré}} - g_{\text{théorique (calculé)}}$**

**Tableau 03 :** construction du modèle de l'anomalie du bouge.

| Effet considéré           | Air libre  | Plateau de Bouguer   | Relief  |
|---------------------------|--|--|---|
| Représentations Graphique |  |  |   |
| & Vectorielle             |  |  |   |
| Modèle                    | Air libre :<br>$g_{m1} = g_{th} - \Delta g_{al}$ | De Bouguer simple :<br>$g_{m2} = g_{th} - \Delta g_{al} + \Delta g_{pt}$ | De Bouguer avec effet relief<br>$g_{m3} = g_{th} - \Delta g_{al} + \Delta g_{pt} - \Delta g_{topo}$   |
| Anomalies                 | $A_{al} = g_{mes} - g_{m1}$                      | $A_{bg} = g_{mes} - g_{m2}$  | Anomalie de Bouguer s'écrit :<br>$g_{mes} - g_{th} + \Delta g_{al} - \Delta g_{pt} + \Delta g_{topo}$ |

**1.4. METHODE D'ELABORATION DU CALCUL DE L'ANOMALIE GRAVIFIQUE :**

la notion d'anomalie peut se présenter sous la forme suivante:

**Anomalie =  $g_{\text{mesuré}} - g_{\text{théorique (calculé)}}$**

Précisons la façon dont s'élabore ce calcul

**1.4.1. g mesuré**

Sur le terrain, les mesures exécutées à l'aide d'un gravimètre sont des mesures relatives. On effectue d'abord une lecture en un point où la valeur de g est connue puis une autre lecture au point où elle est à déterminer. La différence des deux lectures devrait être égale à la différence Δg de l'accélération de la pesanteur entre le mesuré. Or ce n'est pas exactement le cas, car la valeur du champ g varie non seulement avec le lieu mais également avec le temps ; il y a deux raisons à cela :

- l'une naturelle, due à l'influence de la Lune et du Soleil.

- L'autre instrumentale, due au vieillissement du ressort du gravimètre, aux légers chocs provoqués par le transport, la manipulation de l'appareil et aux faibles variations de températures.

Afin d'avoir des résultats qui sont indépendants des conditions de mesures, il faut effectuer des corrections qui tiennent compte :

- \* - de l'influence luni-solaire
- \* - de l'effet de la hauteur du trépied
- \* - de la dérive instrumentale

**\*.1 Influence Luni-solaire :**

Cette influence est préétablie à l'avance en fonction du temps (date et heure) et du lieu (latitude et longitude). Les tables nous donnent la valeur de la correction à effectuer, en fonction de la position géographique de la région étudiée et du moment de la mesure. Cette influence Luni-solaire peut être directement ajoutée à la pesanteur mesurée.

**\*.2 Effet de la hauteur du trépied :**

Pour chaque mesure le gravimètre est posé sur un trépied qui est à une hauteur variable par rapport au point nivelé. Pour ramener la mesure au point nivelé il suffit d'ajouter la valeur de l'effet air libre qui est fonction de la hauteur du trépied.

$$C_{\text{trép}} = 0.3086.h \text{ mgal}$$

Où:  $h$  : est la hauteur du trépied en mètres.

**\*.3 Dérive instrumentale :**

L'existence de cette dérive impose un mode opératoire particulier. On effectue toutes les mesures en cycles de la façon suivante :

- ouverture à la base
- mesures aux différentes stations
- répétition de quelques stations lors du retour à la base
- fermeture à la base

Le retour à la base permet alors d'évaluer la dérive. La différence entre la valeur finale et la valeur initiale à la base, corrigée de la Luni-solaire, correspond à la dérive instrumentale, valeur qu'on distribue linéairement en fonction du temps écoulé entre la lecture à la base et la station donnée.

Le passage de la valeur de la pesanteur lue à la valeur corrigée s'effectue ainsi :

$$g_{\text{mesuré, corrigé}} = g_{\text{lue}} (\text{mgal}) + C_{\text{LS}} + C_{\text{trep}} + D_{\text{inst}}$$

Où:

$g_{\text{lue}}$  = Valeur de la pesanteur lue en mgal

$C_{\text{LS}}$  = correction luni-solaire (en mgal).

$C_{\text{trep}}$  = correction du trépied (en mgal).

$D_{\text{inst}}$  = dérive instrumentale (en mgal).

Cette relation permet de connaître de proche en proche les variations de la pesanteur entre les différents points. Pour définir la valeur de la pesanteur en ces points il est nécessaire de connaître une valeur de référence de la pesanteur.

#### 1.4.2. g modèle :

La valeur de  $g_{\text{mesuré}}$ , ayant subi les seules corrections luni-solaires et instrumentales ne peut être exploitée pour dégager des enseignements sur la structure du sous-sol. Pour uniformiser l'ensemble des mesures et les rendre comparables elles, il faudrait alors les ramener au même niveau.

La valeur de  $g_{\text{mesuré}}$  et corrigé est comparée à une valeur théorique de la pesanteur.

Cette dernière, d'abord calculée, sur l'ellipsoïde est transportée au niveau de la station, là elle subit une correction fonction de l'altitude (correction air libre) et de la densité (correction du plateau) et une correction du relief.

L'écart normal qui en résulte est appelé Anomalie de Bouguer et s'exprime ainsi :

$$AB = g_{\text{mes}} - g_{\text{th}} + \Delta g_{\text{al}} - \Delta g_{\text{pl}} + \Delta g_{\text{topo}}$$

Où:

$g_{\text{mes}}$  = Valeur de la pesanteur mesuré sur le terrain.

$g_{\text{th}}$  = Valeur théorique de la pesanteur calculée au niveau de l'ellipsoïde de référence.

$\Delta g_{\text{al}}$  = Correction air libre.

$\Delta g_{\text{pl}}$  = Correction plateau.

$\Delta g_{\text{topo}}$  = correction relief.



**1.4.2.1 Effet de la latitude :**

La Terre, n'étant pas parfaitement sphérique, peut être assimilée en première approximation à un ellipsoïde de révolution. Le  $g_{th}$ , pour tout point de l'ellipsoïde terrestre d'altitude zéro, peut être calculé par la formule internationale de 1930 dite de Cassinis, valeur définie par rapport au réseau international de Postdam.

$$g_{th} = 978\,049.0 (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi) \quad (\text{mgals})$$

Où  $\varphi$  - latitude du point

978 049.0 = g à l'altitude zéro sur l'équateur.

**1.4.2.2 Effet de l'altitude ou correction à l'air libre :**

En s'élevant de la surface de référence, la valeur de la pesanteur g diminue en raison de l'inverse du carré de la distance R au centre de la Terre. Cet écart est déduit de l'équation:

$$g = GM/R^2$$

M : masse de la Terre

En différenciant par rapport à l'altitude on trouve:

$$\Delta g_{al} = -2 (g/R) \cdot h = -0.3086h \quad \text{mgals}$$

**1.4.2.3 Effet de la densité ou correction du plateau  $\Delta g_{pl}$  :**

En introduisant la correction du plateau  $\Delta g_{pl}$ , on complète notre modèle en remplissant l'espace compris entre le niveau de la station de mesure et celui de l'ellipsoïde de référence par de la matière d'une densité  $\rho$  et avec une extension latérale infinie. Cette action est très assimilable à celle d'un plateau horizontal dont l'épaisseur h est l'altitude du point de mesure. L'effet de ce plateau s'écrit alors:

$$\Delta g_{pl} = 2\pi G\rho h = 0.0419\rho h \quad \text{mgals}$$

Où h est l'épaisseur du plateau en mètres et  $\rho$  est la densité du plateau en  $g/cm^3$ ;  $\Delta g$  s'exprime en milligals.

Cette correction s'ajoute au résultat à l'air libre puisque le plateau vient ajouter son attraction à celle de l'ellipsoïde. C'est ce qu'on appellera correction du plateau ou tout simplement correction de Bouguer du nom du géodésien (1618-1758).

#### 1.4.2.4 Effet du relief ou correction topographique $\Delta g_{\text{topo}}$ :

Jusqu'ici nous avons considéré la surface terrestre comme plane, or nous devons encore tenir compte des effets provoqués par le relief. Un relief positif induit une attraction supplémentaire  $T^+$  dirigée vers le haut,  $T^+$  diminue ainsi la valeur du  $g_{\text{th}}$  il est donc à retrancher. Un creux topographique entraîne une diminution gravifique  $T^-$  cette masse ayant déjà été prise en considération dans la correction du plateau (figure 11), il faut également la retrancher.

La correction topographique totale est ainsi la somme des contributions négatives des bosses et des creux. Pour éliminer cet effet topographique, il faut exécuter les corrections topographiques.

Le principe de ces corrections est le suivant : La zone entourant le point de mesure est subdivisée en couronnes successives, elles mêmes subdivisées en secteurs.

L'attraction de chaque couronne vaut :

$$\Delta g_{\text{cour}} = G.2\pi\rho [ r_2 - r_1 + (r_1^2 + h_2^2)^{1/2} - (r_2^2 + h_2^2)^{1/2} ] \text{ mgals}$$

Où

$h$  - est la différence entre l'altitude de la couronne et celle du point d'observation (en mètres)

$G$ - constante universelle des roches de la couronne envisagée

$\rho$  - densité en  $\text{g/cm}^3$

On en conclut que la correction topographique, quelle que soit la forme du relief considéré, est à retrancher au cours de l'élaboration du modèle de Bouguer.

Le modèle théorique de Bouguer ( $g_{\text{modèle}}$ ) peut être calculé suivant l'expression:

$$g_{\text{modèle}} = g_{\text{th}} - \Delta g_{\text{al}} - \Delta g_{\text{th}} - \Delta g_{\text{topo}}$$

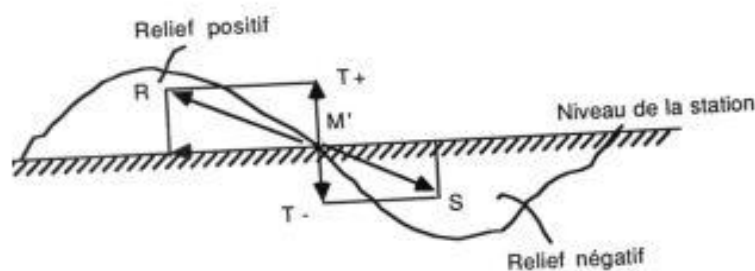


Figure 11 ; Effet du relief topographique (In R.Aouissi ;2009)

### 1.5 .ANOMALIE DE BOUGUER :

La mise en évidence des formations géologiques se fait par comparaison des valeurs de  $g$  mesurées sur le terrain avec celles du modèle théorique.

L'anomalie de Bouguer se définit alors comme la différence entre les valeurs réelles de la pesanteur ( $g_{\text{mes. corrigé}}$ ) et les valeurs théoriques déterminées par le modèle de Bouguer.

$$AB = g_{\text{mes. corrigé}} - g_{\text{modèle}}$$

#### 1.5.1. Généralités sur les cartes gravimétriques:

Les cartes gravimétriques de Bouguer représentent les anomalies dues aux hétérogénéités du sous-sol. La forme et l'amplitude de l'anomalie seront différentes selon la profondeur, la forme et le contraste de densité des corps perturbateurs par rapport à l'encaissant.

Ainsi, pour arriver à donner une signification géologique à l'anomalie de Bouguer, on sépare cette dernière en une anomalie régionale et en une anomalie résiduelle.

$$\text{Anomalie de Bouguer} = \text{Anomalie régionale} + \text{Anomalie résiduelle}$$

En effet l'anomalie de Bouguer met en évidence de façon qualitative en même temps les variations gravifiques à grands rayons de courbure d'origine profonde et les variations locales à petits rayons de courbure d'origine proche de la surface.

L'anomalie régionale, d'origine profonde et étendue, est une anomalie où les isolignes ont de grands rayons de courbure. Au contraire, l'anomalie résiduelle est provoquée par des phénomènes plus superficiels et se marque par des isolignes à faibles rayons de courbure.

Ce sont ces anomalies résiduelles qui ont le plus d'intérêt lorsqu'on s'intéresse aux structures peu profondes.

L'anomalie régionale peut être calculée de diverses façons selon le sens donné au terme "grand rayon de courbure". La méthode employée ici est l'ajustement par un polynôme du troisième degré en  $x$  et  $y$ . L'anomalie résiduelle est obtenue par la soustraction de la valeur de l'anomalie de Bouguer, la valeur de la régionale.

$$\text{Anomalie de résiduelle} = \text{Anomalie Bouguer} - \text{Anomalie régionale}$$

### 1.5.2. Le filtrage des dérivées :

Les filtres de dérivations amplifient l'effet des sources superficielles en atténuant l'effet des celles profondes, focalisent les anomalies et permettent de cerner d'avantage les limites géométriques du corps

#### 1.5.2.1. La dérivée horizontale X :

Ce filtre permet la mise en évidence des contacts lithologiques de direction Nord-Sud.

#### 1.5.2.2. La dérivée horizontale Y :

Ce filtre est utilisé pour mettre en évidence les contacts lithologiques de direction Est- Ouest

#### 1.5.2.3. La dérivée verticale Z :

Ce filtre est utilisé pour amplifier les courtes longueurs d'onde et individualiser les corps. Autrement dit la dérivée verticale est utilisée pour amplifier les anomalies de courtes longueurs d'ondes et focaliser l'effet des sources superficielles.

## 2. METHODE DE LA DECONVOLUTION D'EULER :

### 2.1. INTRODUCTION :

La méthode de la Déconvolution d'Euler, appliquée aux données magnétiques et gravimétriques, permet la localisation et la détermination des paramètres des sources magnétiques et gravimétriques, elle est basée sur un procédé mathématique représenté par l'équation d'homogénéité d'Euler (Thompson, 1982).

### 2.2. HISTORIQUE DE LA METHODE :

◆ La Déconvolution d'Euler est basée sur l'équation d'homogénéité d'Euler introduite dans la littérature au XVIIIème siècle.

◆ (Hood ,1965) était le premier à appliquer l'équation d'homogénéité d'Euler dans le cas des données magnétiques. Il a par la suite, déterminé l'indice structural pour les cas d'un point pôle magnétique et d'un point dipôle magnétique.

◆ Plus tard, (Thomson 1982) a introduit l'indice structural (l'opposé du degré) comme paramètre pour caractériser les sources et a développé une technique automatisée (EULDPH) pour l'estimation des profondeurs des sources et leurs localisations à partir des profils magnétiques.

◆ (Barongo 1984) utilisa cette même technique pour identifier le type de source.

◆ Plus tard, l'application de la Déconvolution d'Euler sur les données magnétiques et gravimétriques a été étendue à des sources à 3D par (Reid et al, 1990) qui ont introduit le

concept de l'indice structural nul et qui, dans leurs conclusions ont préconisé l'application de cette technique pour l'interprétation rapide de grands volumes des données magnétiques.

### 2.3. EQUATION D'HOMOGENEITE D'EULER :

Selon la définition d'Euler, toute fonction  $f(x, y, z)$  qui répond à la condition «  $f(tx, ty, tz) = t^n f(x, y, z)$  » est une fonction homogène de degré  $n$ , et satisfait l'équation suivante (Thomson, 1982) :

$$nf = x \frac{\partial f}{\partial x} + y \frac{\partial f}{\partial y} + z \frac{\partial f}{\partial z} \quad (3.01)$$

Cette équation est appelée : Equation d'homogénéité d'Euler ou Equation d'Euler. L'expression (3.01) peut être écrite sous la forme suivante (Blackely, 1995) :

$$-nf = \mathbf{r} \cdot \nabla f \quad (3.02)$$

Cette équation est appelée "équation d'homogénéité d'Euler". La déconvolution d'Euler a été appliquée aux données gravi-magnétiques via l'exploitation de la famille des fonctions du type :

$$f(z, y, x) = \frac{G}{r^N} \quad \text{Avec} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

et  $G \in \mathbf{IR}$

Elle coïncide aussi avec la forme d'expressions analytiques de leurs anomalies. Ce type de fonctions est homogène au sens d'Euler avec un degré d'homogénéité " $n = -N$ ".

Notons que " $N$ " peut prendre des valeurs comprises entre " $0$ " et " $3$ " (Thompson, 1982, Reid et al, 1990): pour les géométries simples (sphère, dyke, contact,..) "des valeurs entières", et pour les géométries complexes, des valeurs "non entières" (Reid et al., 1990).

L'inversion par la méthode d'Euler a été réalisée à l'aide d'un programme de calcul écrit par Galdéano, de l'Institut de Physique du Globe (Paris).

### 2.4. Paramètre de convolution d'Euler :

#### 2.4.1. Indice structural :

Thompson (1982) et Reid et al, (1990) ont proposé de choisir, au préalable, l'indice structural optimal correspondant à un regroupement des solutions en examinant les solutions obtenues

pour différentes valeurs de l'indice structural. L'indice structural « N » dépend de la géométrie de la source et caractérise le taux de variation de l'intensité de l'anomalie avec la distance. Dans le cas des données magnétiques, (Thompson 1982) et (Reid et al., 1990) ont montré que N prend des valeurs allant (de 0 à 3) suivant les structures considérées :

- (0) pour un contact.
- (1) pour un dyke.
- (2) pour un cylindre.
- (3) pour une sphère.

(Reid et al, 1990) ont conclu que de faibles indices structuraux allant de (0 à 1) fournissent les meilleures estimations des profondeurs. Une manière plus simple d'estimer l'indice structural consiste à déterminer le nombre de dimensions infinies ou assez grandes pour être considérées comme infinies de la source, l'indice structural est alors obtenu par soustraction de ce nombre, l'indice structural correspondant au type des données du champ du potentiel qui est égal à (3) pour le magnétisme (le champ magnétique décroît en fonction de  $13/r$  pour un point pôle).

#### **2.4.2. Les dimensions de la fenêtre :**

Un autre paramètre rentre en jeu pour la détermination des solutions adéquates, c'est le choix de la dimension de la fenêtre. (Marson et Klingele 1993) ont remarqué que le choix approprié de la taille de la fenêtre dépend de la longueur d'onde de l'anomalie examinée et du pas de la grille.

#### **2.4.3. La tolérance :**

La détermination des paramètres inconnus est obtenue par la méthode des moindres carrés et parmi toutes les solutions possibles, certaines sont entachées d'erreurs, dues à plusieurs facteurs, qu'il faudra rejeter. Pour cela on doit se fixer une tolérance sur la base de laquelle, le critère de sélection est fait. Pour les données gravimétriques de haute résolution, (Thompson 1982) a proposé d'utiliser le critère de sélection des profondeurs exprimé en fonction de la tolérance. Les solutions des profondeurs sont rejetées, si les écart-types correspondant au paramètre  $Z_0$ , évalués à partir de la matrice de covariance du système linéaire, sont supérieurs au seuil fixé par la tolérance. Les tests effectués sur plusieurs valeurs de la tolérance ont montré, que peu de solutions ont été obtenues avec une tolérance petite (4 %). Plus on augmente la tolérance, plus de solutions sont obtenues. Mais une augmentation exagérée de cette dernière, produit des solutions indésirables formant un nuage autour des solutions désirées. Généralement une tolérance de 15% fournit des résultats satisfaisants.

## 2.5. DONNEES UTILISEES :

Les données utilisées pour la réalisation de ce travail sont les suivantes :

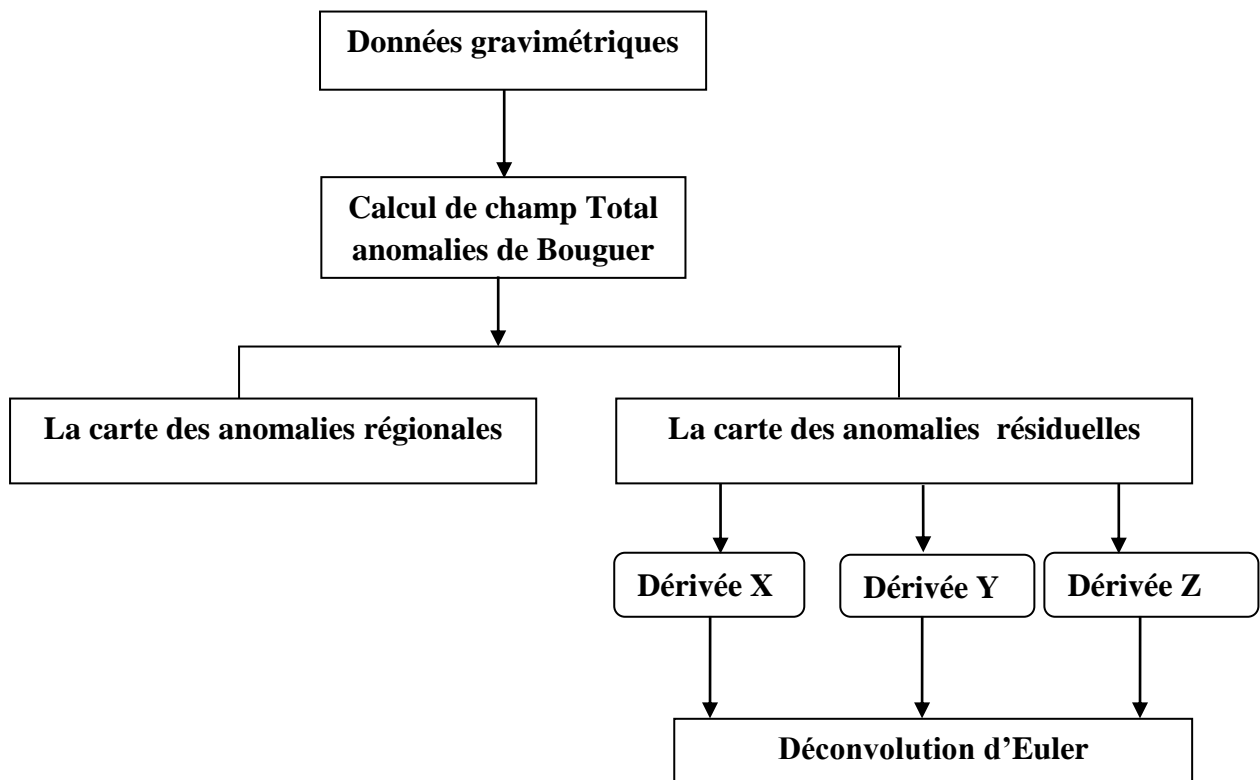
- Carte géologique 1/50000 de la région de Debbagh
- 576 données gravimétriques ont été intervenues.

La méthodologie établie à cette étude prévoit un certain nombre de traitements à apporter aux données gravimétriques satellitaires collectées de BGI (Bureau gravimétrique international) le filtrage des dérivées horizontales et verticales semblent très utiles pour l'identification des accidents structuraux majeurs au sein de la zone d'étude.

Les données géophysiques brutes qui se présentent sous formes des tableaux Excel, sont traitées à l'aide du logiciel Oasis Montaj de Geosoft.: les logiciels choisis pour l'établissement des cartes gravimétriques sont l'arc Gis et le Surfer

Les données sont géoréférencées selon le système WGS84 UTM, zone N31.

Les étapes de traitement des données gravimétriques sont résumées dans l'organigramme suivant (Figure.12) :



**Figure.12.** Organigramme représente les étapes de traitement des données gravimétriques

*Chapitre V :*

***INTERPRETATIONS DES  
CARTES  
GRAVIMETRIQUES***



### 1. INTERPRETATIONS DES CARTES GRAVIMETRIQUES

#### 1.1. LA CARTE DE L'ANOMALIE DE BOUGUER :

La carte des anomalies globales (anomalie de Bouguer) établie à partir de 576 données représente des séries des anomalies négatives et positives ( Figure 13),. avec représente valeur maximales de 26.29 mGal, et les valeurs minimales négatives sont de l'ordre de 36.14mGal, ,les anomalies sont anomalies orientées Ouest -Est et Nord-Sud. L'accident sud apparaît plus clairement et L'accident centrale vers les Nord. Ceci indique bien la nature tectonique et **structurale**. d'anomalies gravimétriques positives, qui est situé à l'N sur le carte et orienté de manière générale dans les directions Nord-Sud et SW-NE.

d'anomalies négatives de direction S est situé le sur le carte à l'Est de djebel de debbagh

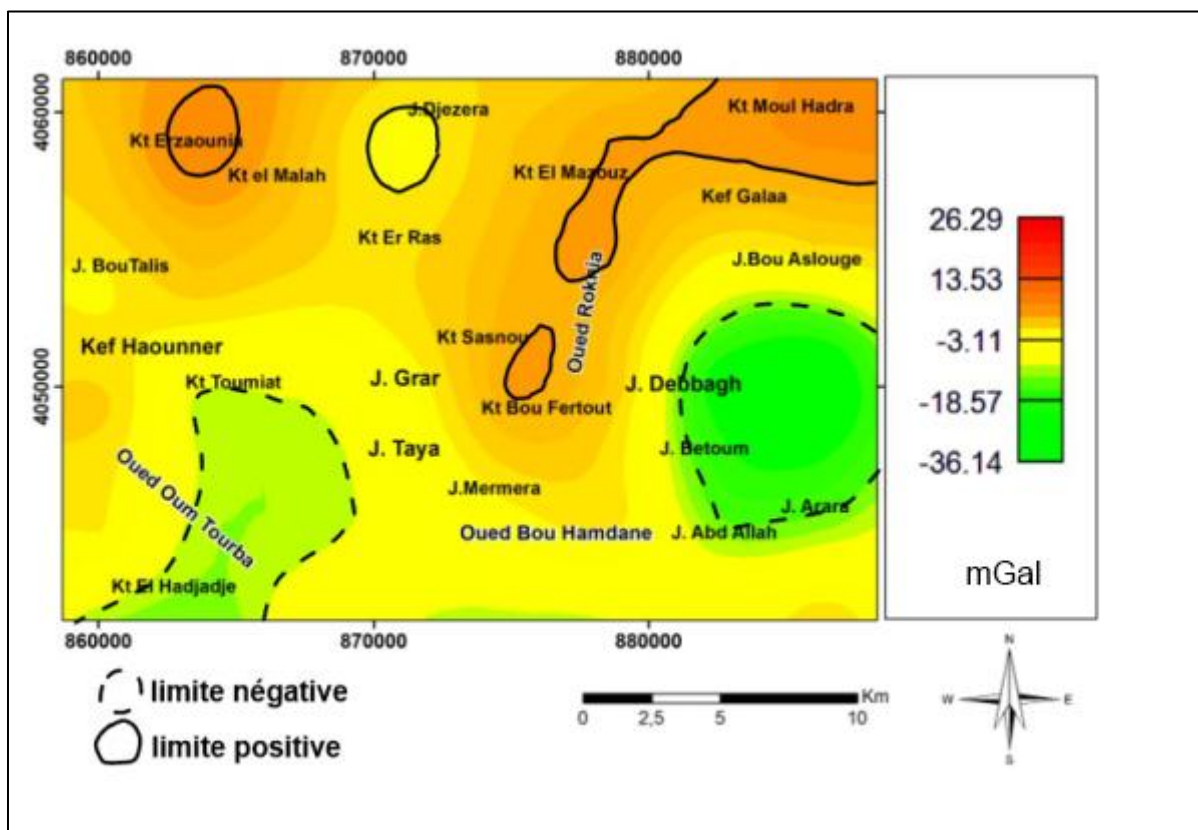
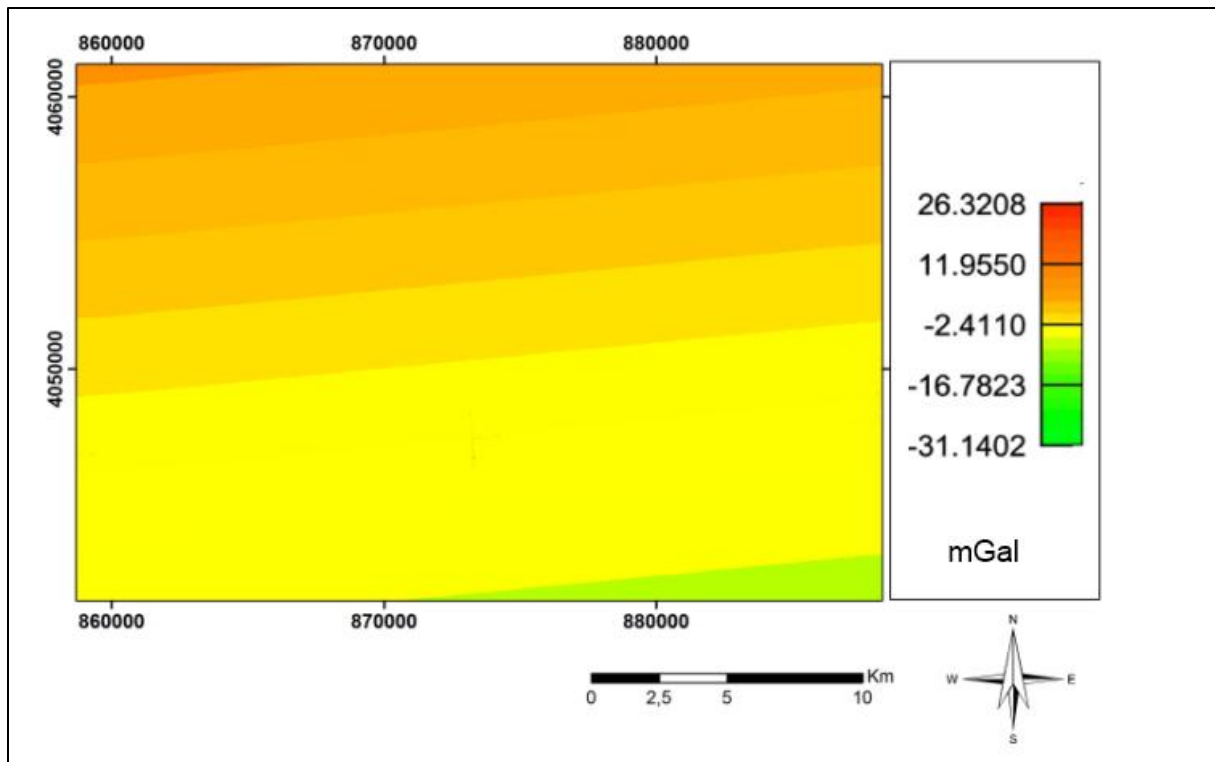


Figure 13 : Carte de l'anomalie de Bouguer de la zone de Debbagh

#### 1.2. LA CARTE DES ANOMALIES REGIONALES

La carte du champ régional montre une croissance dans la direction (NE-SO). Les lignes du champ normal rectilignes justifient le choix du degré du polynôme (Figure14)



**Figure 14** : Carte des anomalies régionales de la zone de Debbagh

### 1.3. LA CARTE DES ANOMALIES RESIDUELLES

Le champ d'anomalies résiduelles (Figure 15) est obtenu par la soustraction d'une composante régionale du champ des anomalies globales.

Cette carte montre une distribution très variable des anomalies gravimétriques, due essentiellement à la complexité géologique de la zone d'étude. On remarque que les structures gravimétriques suivent généralement la direction des structures géologiques.

La direction principale des anomalies suit approximativement les directions du relief dominant qui présente un grand changement dans la zone d'étude qui renferme de diverses minéralisations

Dans la carte, On trouve également des anomalies positive (16.08mGal) et négative (-11.33mgal) de taille importante..

on note la présence de grandes anomalies négatives au sein de Dj Debbagh si Kt Toumiat et Dj Djezera se coïncident avec les affleurements du Jurassique et de Crétacé. et positives à Kt Erzounia, elles représentent généralement des formations constituées par des argiles et de fer du Crétacés et Quaternaires

Généralement les anomalies positives se déplacent légèrement vers le nord

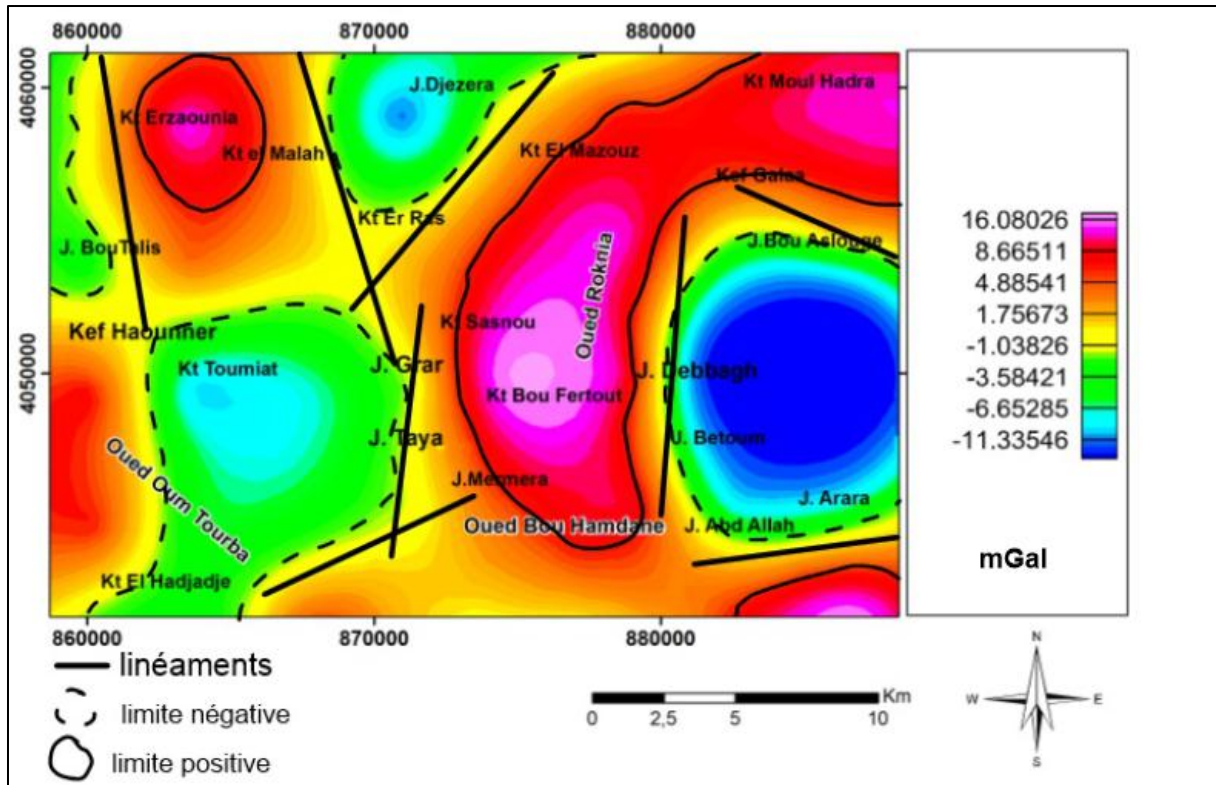


Figure 15 : Carte des anomalies résiduelles de la zone de Debbagh

1.4. LA DERIVEE X

La dérivée X représente des linéaments NE-SO qui recoupent ceux de direction E-O (Figure16)

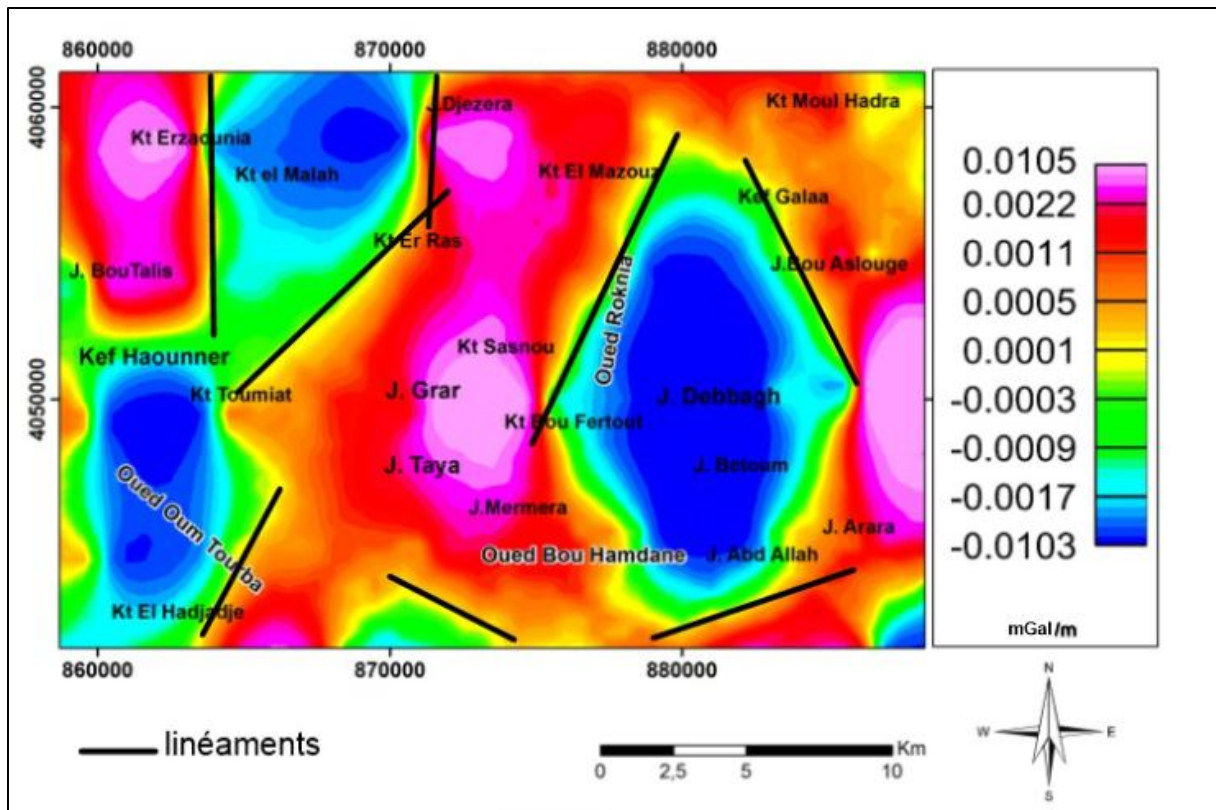


Figure 16 : Carte de la Dérivée X de la zone de Debbagh

### 1.5. CARTE DERIVE Y

La drivée Y est la plus représentative parce que les contacts lithologiques dans la région de Debbagh suivent généralement la direction est-ouest, elle présente également une différenciation claire dans l'intensité des anomalies magnétiques caractérisant les différents domaines lithologiques et structuraux, notamment le long de la grande faille qui est visible depuis le Kef Haouner., et qui aligne le Hahouner, Grar, Taya et Debbagh (Figure 17)

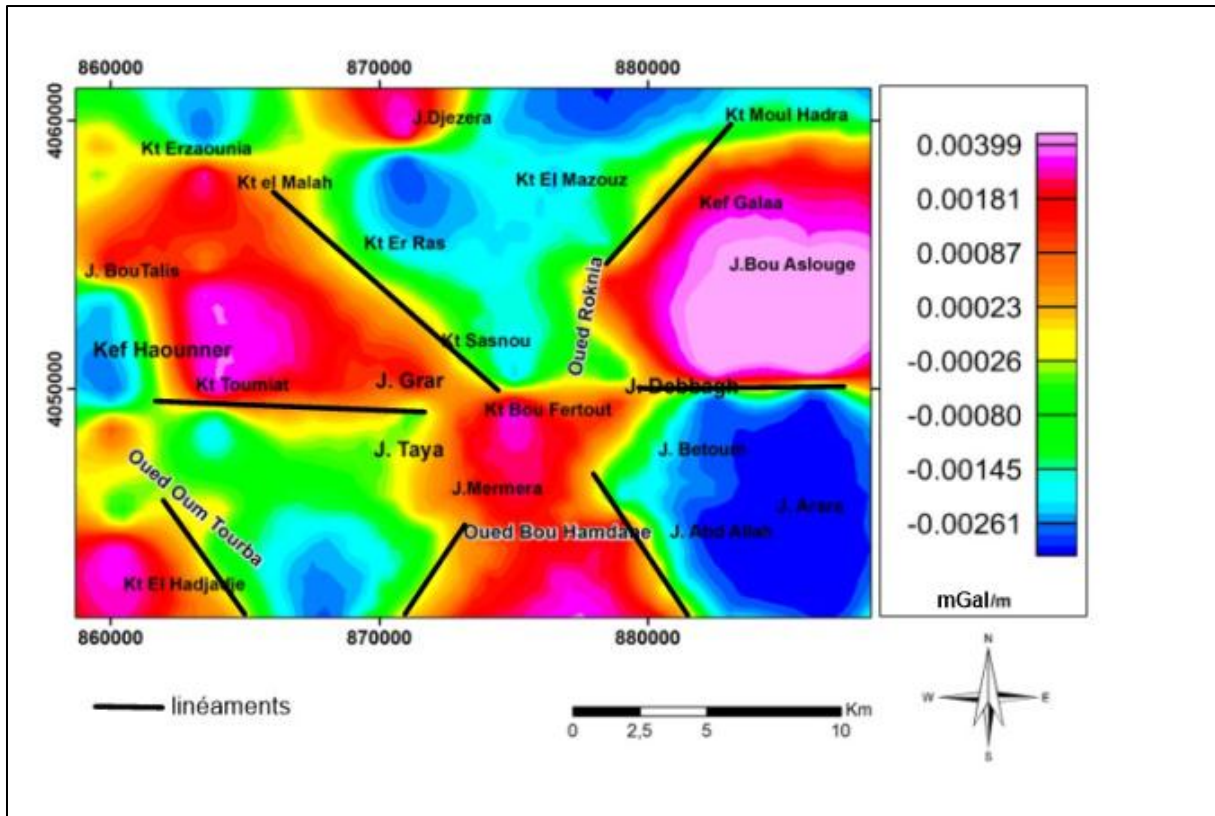


Figure 17 :Carte de la Dérivée Y de la zone de debbagh

### 1.6. LA DERIVEE Z

La dérivée Z montre que la zone d'étude est globalement caractérisée par des courtes longueurs d'onde (Figure.18)

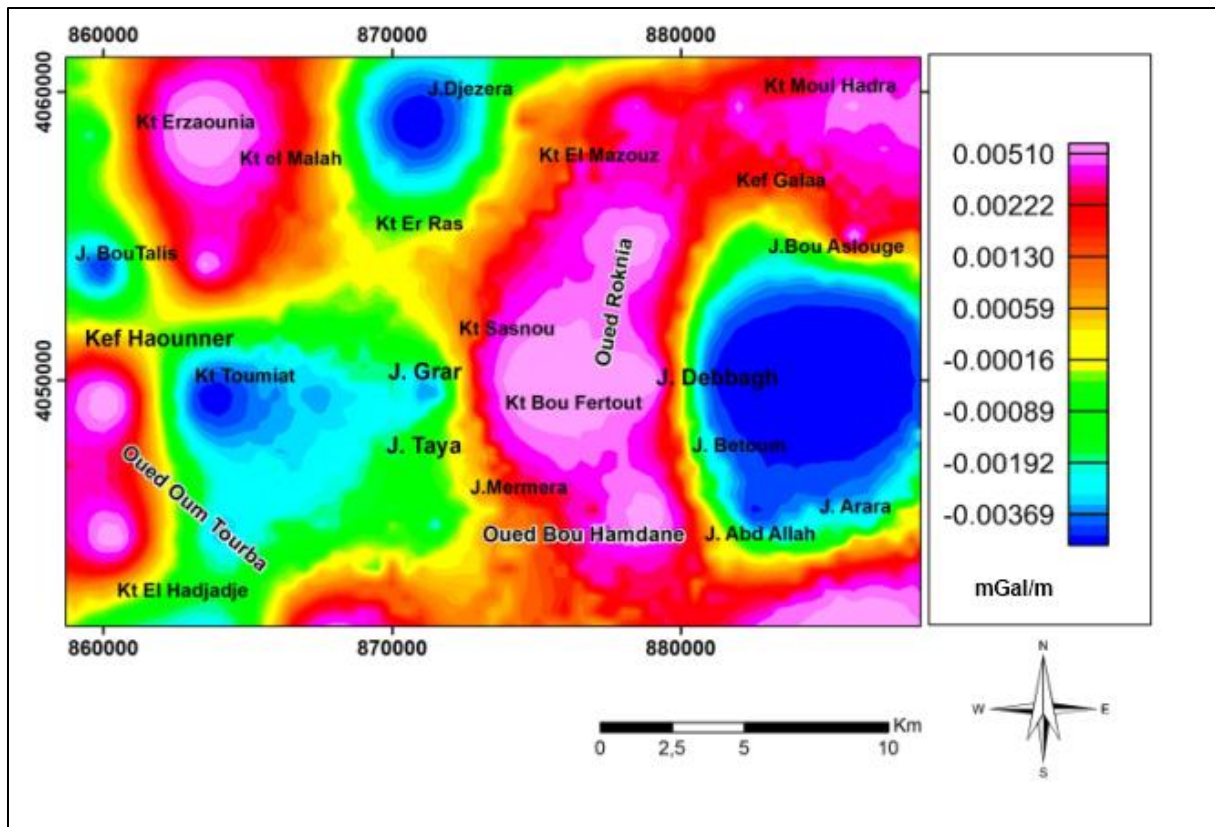


Figure 18 : Carte de la Dérivée Z de la zone de debbagh

## 2. INTERPRETATION DES CARTES DES SOLUTIONS D'EULER

Les cartes des solutions d'Euler étalées à partir des données gravimétriques réelles de la région de Debbagh ont été représentées comme suit :

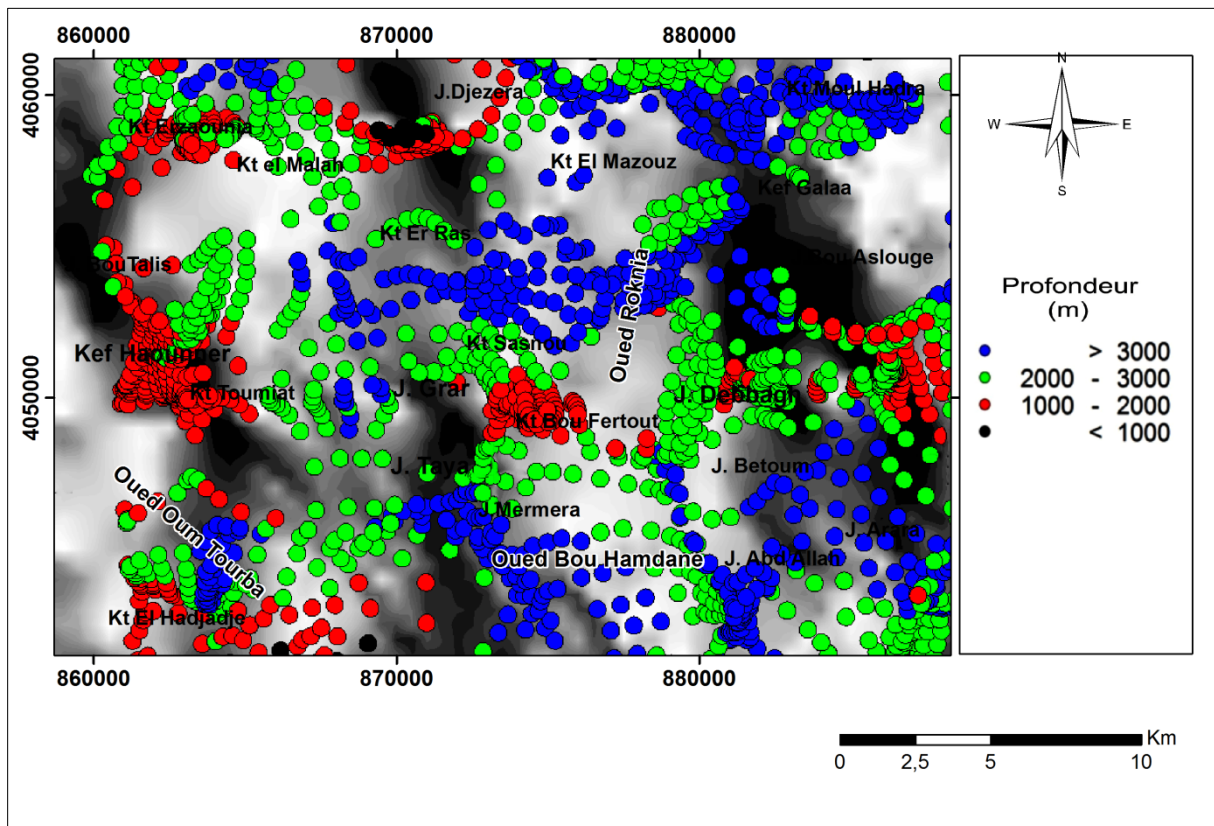
### 2.1. Localisation des contacts lithologiques

Ces solutions ont été calculées à partir des paramètres d'Euler suivants :

- Indice structural :  $SI=0$
- Dimension de la fenêtre :  $W = 10 \times 10$
- Tolérance :  $Z = 15\%$

La carte des solutions d'Euler (Contacts) (Figure 19) représente comparées par les données de la carte géologique de la région de Dabbagh, a permis de déterminer la profondeur de différents corps géologiques existants sous la surface. Cette carte montre une parfaite adéquation avec les positions des solutions de performance rocheuses qui montrent que les sources gravitationnelles détectées sont profondes à peu profondes.

Les résultats sont corrélés avec les corps géologiques connus au sein de la zone d'étude. Le groupe de linéaments orienté E-O à NO-SE dans la partie ouest, centrale et est coïncident avec les affleurements de Jurassique et de Crétacé de l'unité de Kef Haouner- Debbagh,



**Figure 19** : Carte des solutions de la Déconvolution d' Euler (Contacts) de la zone de Debbagh

**2.2. Localisation des failles**

Les paramètres utilisés pour le calcul des solutions d'Euler sont les suivants :

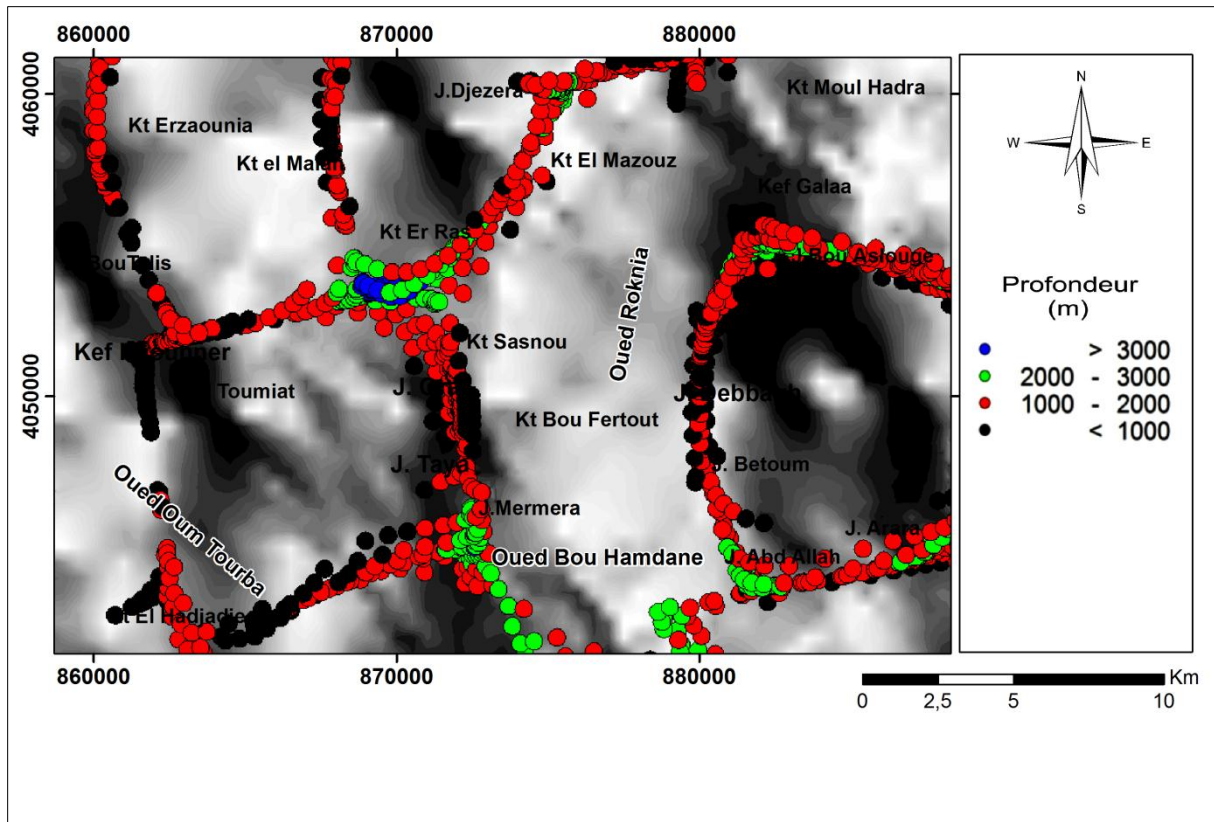
- Indice structural :  $SI = 0.5$
- Dimension de la fenêtre :  $O = 10 \times 10$
- Tolérance :  $Z = 15\%$

Cette carte (Figure 20 ) montre une consolidation des anomalies positives le long des failles et des formations rocheuses par la présence de fortes sources gravimétriques.

Partie centrale de la zone de Debbagh, d'Est en Ouest est caractérisée par des valeurs relativement moyennes qui décrivent un ensemble d'anomalies négatives ou positives dont l'extensions est caractérisées par des courtes longueurs d'onde, résultant de la faiblesse des

roches de dureté ou de structures souterraines profondes, affectant les couches qui coupent aussi les accidents Nord-Sud dont les profondeurs varient entre 1000 et 2000m

Les plus faibles valeurs de profondeurs sont observées dans les parties est, central et ouest de la carte et montre des orientations majeurs E-O and ONO-ESE qui a délimité l'unité de kef Haouner-Debbagh et relié l'importante faille qui a limité ces massifs de l'ouest vers l'Est et corrélé avec les affleurements de Jurassique et du Crétacé



**Figure 20** : Carte des solutions de la Déconvolution d' Euler (faille) de la zone de debbagh



## CONCLUSIONS GENERALES ET RECOMMANDATIONS :

Les résultats obtenus par ce travail permet de retirer les conclusions deux parties suivantes :

### *Sur le plan géologique :*

La région de Debbagh, représente le segment nord oriental du néritique constantinois oriental qui se compose des massifs de Debbagh, Taya, gar et Kef Hahouner. Ils constitués des formations allant du Jurassique au Crétacé. La région de Debbagh est affecté par des accidents souples et cassants, de directions N-S et NE- SO

Deux types de minéralisation ont été signalés au sein de région Debbagh le kaolin et les chapeaux de fer qui sont encaissés dans des roches carbonatées (calcaires), d'où la présence d'un contact net entre minéral - encaissant.

Géochimiquement le de kaolin a permis de le classer en trois catégories selon la pureté. Pour les chapeaux de fer : des compositions très variées dans chaque partie avec une prépondérance nettement marquée du le Fe (>30%) essentiellement sous forme de goethite dans les chapeaux de fer des extrémités orientale et occidentale

Les résultats de la diffractométrie aux rayons X, a permis l'identification des associations des minéraux ; qui sont l'holloysite, la kaolinite et l'illite pour le kaolin. La goethite, l'hématite, et la gibbsite et la scorodite pour les chapeaux de fer.

### *Sur le plan géophysique :*

L'application de la géophysique appliquée à travers les méthodes gravimétriques ainsi que la méthode de la déconvolution d'Euler sur les données gravimétriques réelles de la région de Debbagh a permis de donner une estimation locales des formations géologiques et structurales ainsi que l'estimation de leurs profondeurs. Cette méthode est caractérisée par ses avantages opérationnels et techniques, La prospection géophysique, est un moyen efficace pour rechercher des anomalies gravimétriques. En effet, Analyse des données de l'enquête de la carte existante, la localisation des zones d'anomalies gravimétriques et la délimitation des différents domaines structuraux et lithologiques dans la région d'étude.

Dans la chaîne du traitement des données gravimétriques, l'application de filtre numérique nous a permis la mise en évidence des différentes structures et formations lithologiques ainsi que l'établissement des cartes interprétatives.

L'étude géophysique semble utile pour toute caractérisation structurale (failles, contact) et lithologie (nature des roches ), Et cela fonctionne aussi bien que le même travail nécessite des études complémentaires tel que la télédétection pour la validation des résultats structuraux et le système des informations géographiques (S.I.G) pour la mise à jour de la carte géologique et lithostructurale de la région de Debbagh.

De même une étude géostatistique sera très importante pour avoir une idée sur la répartition des minéralisations d'une part et pour estimer les réserves existantes d'autre part.

- ARIS Y., 1994 :** Etude tectonique et micro tectonique des séries jurassiques à plio-quadernaires du Constantinois central (Algérie nord orientale) caractérisation des différentes phases de déformations. Doctorat d'université, Nancy I, 215p.
- Barongo, J.O, 1984 :** Euler's differential equation and identification of the magnetic point-pole and point-dipole source, *Geophysics*, 49. 1549-1553.
- Blakely R. J., 1995:** Potential theory in gravity and magnetic applications, Cambridge University Press, 441p.
- Bouillin J. P., 1986:** Géologie alpine de la petite Kabylie: la région de Collo et El Milia (Algérie), PhD Thesis - Université de Paris, pp. 509.
- Caire. A., 1955 :** Etude géologique de la région des Bibans. Publ. Serv. Carte. Géol. de l'Algérie., n.s., "n16,2, vol., 818p
- Domzig A., 2006:** Déformation active et récente, et structuration tectonosédimentaire de la marge sous-marine algérienne, Thèse de Doctorat-Université de Bretagne Occidentale, 343p.
- Durand-Delga M., 1964:** Mise au point sur la structure du N-E de la Berberie. Bull. Serv. Map. Geol., Algérie, vol. 39, pp.89-131.
- Durand-Delga M., 1969:** Mise au point sur la structure du N-E de la Berberie. Bull. Serv. Map. Geol., Algérie, vol. 39, pp.89-131.
- Ficheur E., 1903 :** Les terrains anciens de l'Eocène métamorphique dans les massifs numidiens- Bull. Sc. Fr. (4) III, pp. 407-431.
- Ghandriche H., 1991 :** Modalité de la superposition de structures de plissements - chevauchements d'âge alpin dans les Aurès (Algérie) ". Thèse ès Sci. Paris XI, 189p
- Glemser, O. 1959:** Structure of some hydroxide and hydrous oxide. *Nature* 183, pp. 943-944.
- Hood, J.P., 1965 :** Gradient measurements in aeromagnetic surveying, *Geophysics*, 30. 891-902.
- Kazitani N., 1986:** Evolution géodynamique de la bordure Nord Africaine le domaine intra plaque nord orientale. Approche méga séquentielle.
- Kieken M., 1962:** Esquisse tectonique de l'Algérie (Algérie du Nord) – Exposé sur les connaissances actuelles de la structure de l'Algérie et présentation d'une carte tectonique, *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, 31, 16 pp
- Marson I., Klingele E. E., 1993:** Advantages of using the vertical gradient of gravity for 3-D interpretation, *Geophysics*, 58, 1588-1595
-

**Mattawer M., 1973 :** Les déformations des matériaux de l'écorce terrestre. pp 197-199. Publ. du Serv. De la carte géol. de l'Algérie. Nlle série. Bull. N°.22.

**Ouddah A, ; 2009 :** Etude géologique, minéralogique et géochimique des chapeaux de fer du mole néritique constantinois (N-E algérien), *Thèse de Magister, Université d'Annaba , p90.*

**Raoult J.F., 1974 :** "Evolution paléogéographique et structurale de la chaîne alpine entre le golf de Skikda et Constantine – Algérie orientale. Dept. Geol. Struct. Université Paris VI.

**Reid A. B., Allsop J. M., Granser H., Millet A. J., Somerton W., 1990 :** Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*, vol 55, N° 1(January 1990), pages : 80-91.

**Stahl R. S., FANNING D. S., JAMES B. R., 1993:** "Goethite and jarosite precipitation from ferrous sulfate solutions *Soil Sci. Soc. Am.* 57, pp. 280-282

**Thompson D. T., 1982:** EUDPH, A new technique for making computerassisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics*, 47, 31-37. pp22.

**Wildi W., 1983 :** La chaîne tello-rifaine (Algérie- Tunisie- Maroc): stratigraphie et évolution du Miocène triasique. Thèse, Université de Paris, pp. 300.

**Vila J.M., 1980 :** "La chaîne Alpine du Nord-est Algérien et des confins Algéro-tunisiens". Thèse Sc. Nat. Université Pierre et Marie Curie, Paris, pp. 665.

.

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 01:</b> Principaux ensembles structuraux de l’Afrique du nord (Kieken, 1962 et Wildi, Domzig, 1983 in 2006).....   | <b>05</b> |
| <b>Figure 02 :</b> Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (modifié d’après Durand-Delga, 1969, les Bibans et les Babors qui étaient considérés comme étant de l’Autochtone font également partie des nappes telliennes)..... | <b>06</b> |
| <b>Figure 03 :</b> Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides(modifiée d’après Durand-Delga, 1969) .....   | <b>07</b> |
| <b>Figure 04:</b> Positionnement structural de la plateforme néritique constantinoise par rapport aux Zones externes de la chaîne alpine d’Algérie nord oriental (d’après (Kazitani, 1986 et Aris, 1994) .....   | <b>09</b> |
| <b>Figure 05 :</b> Situation géographique de la région d’étude.....  | <b>12</b> |
| <b>Figure 6:</b> Carte géologique de la mine de kaolin de région de Debbagh (P. Deleau, 1938 – 1 / 20 000 ; 1/ 50 000 ; SO.NA.R.E.M, 1978 - 1/ 50 000 ; J.M. Vila, 1980 - 1/ 30 000 in A. Talbi, 1987 - modifiée).....   | <b>13</b> |
| <b>Figure 07 :</b> Les formations autochtones des séries néritiques constantinoises de la région de Guelma (Vila,1980).....  | <b>15</b> |
| <b>Figure 08 :</b> Transition entre les minéralisations kaoliniques, ferrifères et les formations Carbonatées.....   | <b>21</b> |
| <b>Figure 09 :</b> Diagramme de diffractométrie aux rayons X de kaolin.....  | <b>22</b> |
| <b>Figure 10 :</b> Diffractogramme des rayons X sur roche totale du chapeau de fer de Debbagh. (Ouddah, ;2009).....  | <b>25</b> |
| <b>Figure 11 :</b> Effet du relief topographique (la courbure terrestre étant négligeable).....  | <b>33</b> |
| <b>Figure12 :</b> Organigramme représente les étapes de traitement des données gravimétriques... <b>38</b>   |           |
| <b>Figure 13 :</b> Carte de l’anomalie de Bouguer de la zone de Debbagh.....   | <b>41</b> |
| <b>Figure 14 :</b> Carte des anomalies régionales de la zone de Debbagh.....   | <b>42</b> |

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 15</b> : Carte des anomalies résiduelles de la zone de Debbagh.....                                | <b>43</b> |
| <b>Figure 16</b> : Carte de la Dérivée X de la zone de Debbagh.....  | <b>44</b> |
| <b>Figure 17</b> : Carte de la Dérivée Y de la zone de debbagh.....  | <b>45</b> |
| <b>Figure 18</b> : Carte de la Dérivée Z de la zone de debbagh.....  | <b>46</b> |
| <b>Figure 19</b> : Carte des solutions de la Déconvolution d' Euler (Contacts) de la zone de<br>Debbagh..... | <b>47</b> |
| <b>Figure 20</b> : Carte des solutions de la Déconvolution d' Euler (Contacts) de la zone de<br>Debbagh..... | <b>48</b> |

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tableau 01</b> : Analyses chimiques des trois catégories de kaolin de Debbagh.....   | <b>21</b> |
| <b>Tableau 02</b> : Composition chimique en éléments majeurs des chapeaux de fer de la partie orientale, centrale et occidentale..... | <b>23</b> |
| <b>Tableau 03</b> : construction du modèle de l'anomalie du bougue.....   | <b>29</b> |