



Année Universitaire : 2014-2015



Licence Sciences et Techniques : Géorressources et Environnement

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Titre :**  
**La cartographie du passage socle précambrien et le bassin d'Ouarzazate.**

**Présenté par:**

- **Khaidour Karim**
- **Bousfiha Ayoub**

**Encadré par:**

**Pr. El Azzab Driss**

**Soutenu Le 15 juin 2015 devant le jury composé de:**

- **D. EL AZZAB**
- **S. HINAJ**
- **M.CHEROUD**

**Stage effectué à : Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.**

ROYAUME DU MAROC



Ministère de l'Energie, des Mines,  
de l'Eau et de l'Environnement



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Prénom et NOM :** - Khaidour Karim

- Bousfiha Ayoub

**Année Universitaire :** 2014/2015

**Titre :** **La cartographie du passage socle précambrien et le bassin d'Ouarzazate**

### Résumé

Plusieurs méthodes et techniques de prospection géophysique peuvent être effectuées à partir d'un avion dont, trois parmi elles sont les méthodes de base, à savoir : le magnétisme, la radiométrie et l'électromagnétisme, dans ce travail nous utilisons les données aériennes de la première techniques en basant sur un levé aéroporté par le vole et compilation de HUNTING GEOLOGY & GEOPHYSICS LTD, ELSTREE WAY, BOREHAMWOOD, HERTS, ENGLAND (1977) .

Notre étude a pour but la mise en évidence des anomalies magnétométriques dans le passage du socle précambrien et le bassin d'Ouarzazate, ainsi que l'étude structurale dans cette région.

Dans la chaîne du traitement, les filtres numériques occupent une place primordiale, ce sont des outils mathématiques permettant de faciliter la tâche de l'interprétation qualitative et quantitative nous permettra de déduire les caractéristiques relatives des zones anormales dans la région, ainsi que la fiabilité des filtres appliqués.

Enfin, pour améliorer l'interprétation des données Aéromagnétiques, une nouvelle méthode analytique sera appliqués au champ anomal, à savoir : la Déconvolution d'Euler.



### ***Remerciements:***

*Pendant la réalisation de ce travail et jusqu'au dernier instant, on a eu recours aux encouragements et aux supports de l'ensemble de nos entourage pour y parvenir. Nous aimerions remercier les personnes qui nous ont aidé à découvrir notre passion pour la recherche et nos encouragé à la pratiquer du mieux de nos capacités.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord Mr. Ahmad Manar qui était toujours présent pour répondre à nos questions et écouter nos remarques.*

*Nous remercions également Mr. Ahmad Belkhdim le directeur de la géologie pour son aide et ses conseils en géologie, aussi nous remercions Mme. Aziza Benabdellah pour ses conseils en géologie.*

*Nous remercions aussi Mr. Mounaïme Bouchlouch pour ses informations sur l'ArcGis.*

*Nous tenons à apporter un remerciement à notre encadrent Mr. Driss Elazzab pour ses conseils et son encadrement*



# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	5
<b>Chapitre I</b> : Généralité sur la zone d'étude.....	6
1. Situation Géographique.....	7
2. Contexte Géologique.....	9
<b>Chapitre II</b> : Traitement des données aéromagnétiques.....	12
1. Méthodologie et outils .....	13
2. ArcGis.....	13
2.1. Présentation de logiciel ArcGis.....	13
2.2. Digitalisation et création de base de données.....	13
3. Oasis montaj.....	14
3.1. Introduction à Oasis montaj.....	14
3.2. Création d'un nouveau projet.....	15
3.3. Réalisation de la carte magnétique.....	17
3.4. Filtrage numérique des données aéromagnétiques.....	24
3.4.1. La réduction au pôle.....	25
3.4.2. Les dérivées.....	25
A. La dérivée horizontale selon X.....	26
B. La dérivée horizontale selon Y.....	26
C. La dérivée verticale selon Z.....	26
3.4.3. Le prolongement vers le haut.....	27
3.4.4. La déconvolution d'Euler.....	28
<b>Chapitre III</b> : Interprétations des données aéromagnétiques.....	31
1. Interprétation de la carte magnétique résiduelle.....	32
2. Interprétation de la carte des anomalies réduites au pôle.....	33
3. Interprétation des cartes des dérivées.....	33
3.1. Cartes des dérivées horizontales (X, Y).....	33
A. Carte de la dérivée X.....	34
B. Carte de la dérivée Y.....	34
3.2. Carte de la dérivée verticale Z.....	35
4. Interprétation des cartes prolongées vers le haut.....	36
5. Interprétation de la carte d'Euler.....	40
<b>Conclusion</b> .....	43
<b>Liste des figures</b> .....	44
<b>Bibliographie</b> .....	45



# Introduction

Ce rapport présente les résultats des traitements et des analyses des levés aéromagnétiques effectués sur la région d'Ouarzazate par les logiciels ArcGis et Oasis Montaj.

La géophysique intervient actuellement dans plusieurs domaines, à savoir : l'exploration pétrolière et minière, la génie civil, la sismologie, la cartographie, les structures géologiques ... etc.

Dans le secteur de la cartographie les méthodes géophysiques, jouent un rôle primordial dans la cartographie.

Plusieurs méthodes et techniques de prospection géophysique peuvent être effectuées à partir d'un avion dont, trois parmi elles sont les méthodes de base, à savoir : le magnétisme, la radiométrie et l'électromagnétisme. Dans notre travail nous utilisons les données aériennes du magnétisme en se basant sur un levé aéromagnétiques du Maroc domaines de l'Anti-Atlas et de Haut-Atlas occidental, édition 1977.

La problématique est la cartographie du passage socle précambrien et le bassin d'Ouarzazate.

Les objectifs de ce stage se résument dans les points suivants :

- Traitement des données géophysiques aéroportées.
- Manipulation de logiciel Oasis Montaj.
- Interprétation des résultats obtenus.



# **Chapitre I :** **Généralité sur la zone d'étude**



## 1. Situation Géographique

La province de Ouarzazate est située au Sud-est du Maroc, la superficie est de 19464 m<sup>2</sup>, appartenant à une région pré-saharienne, elle délimitée par:

- Au Nord par la province du d'Azilal.
- A l'Est par la province d'Errachidia.
- A l'Ouest par la province de Tata.
- Au Sud par la Province de Zagora.

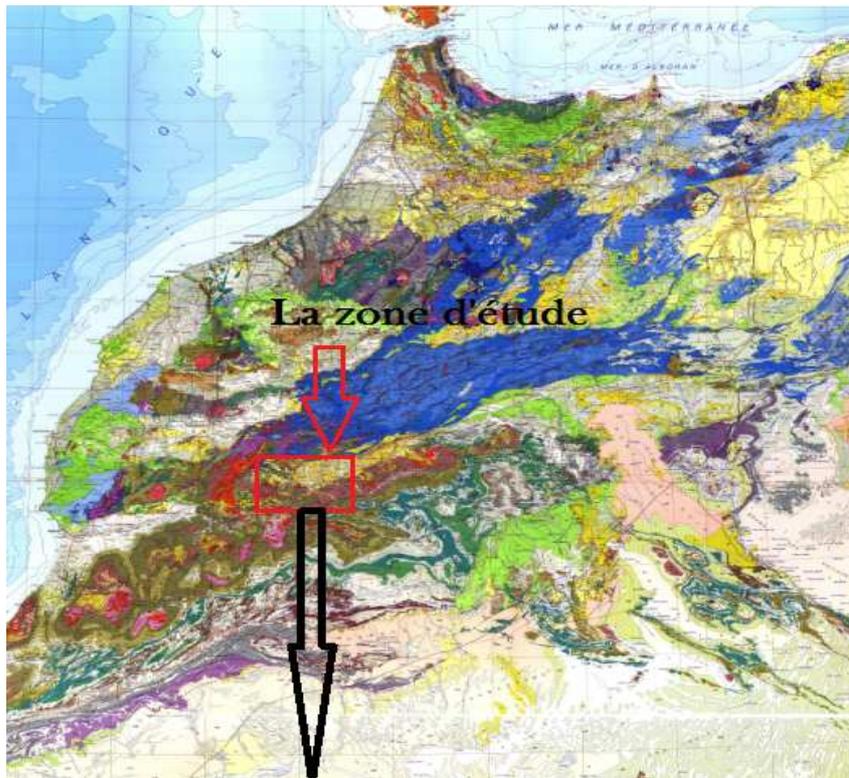


Figure 1: Carte géologique du Maroc.

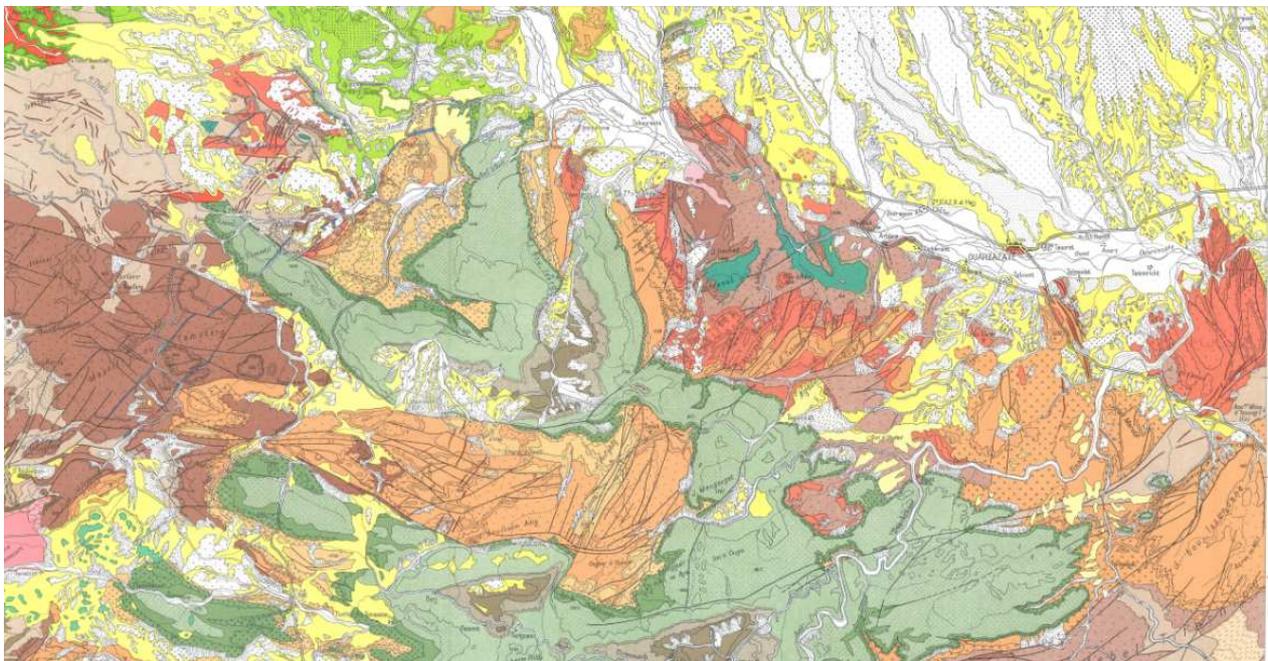


Figure 2 : carte géologique du flanc nord de l'Anti-Atlas central dans la région d'Ouarzazate  
(1962) G.CHOUBERT.



## 2. Contexte Géologique

Le bassin d'Ouarzazate constitue avec ceux de souss et D'Er-Rachidia une bande étroite qui s'étend en direction ENE-WSW entre le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas, plus connue sous le nom «sillon sud-atlasique». Ce bassin se situe entre la chaîne du Haut-Atlas et les massifs anti-atlasiques du Saghrou et de l'Ougnate qui constituent les principaux pourvoyeurs en matériaux en matériaux de sédimentation pendant le Cénozoïque. Il est limité à l'Ouest par le massif de Siroua et au Nord-Est par le seuil d'Imiter qui le sépare du bassin d'Errachidia. Le bassin d'Ouarzazate forme une cuvette relativement étroite allongée en direction ENE-WSW sur une longueur de 160 Km environ et dont la largeur maximum atteint 45 Km aux méridiens d'Ouarzazate et de Skoura. Elle se rétrécit progressivement en allant vers le Nord-Est où sa largeur n'est plus que de 20 km à Boumalne et 10 km à Imiter. Le centre de la cuvette est comblé par les dépôts néogènes et quaternaires. Il forme une surface plane, entaillée par des oueds et dont l'altitude moyenne varie entre 1100 et 1500 mètres (Jossen & Filali Moutei, 1988 ; Sébrier et al., 2006) .

Le bassin d'Ouarzazate est dominé par recouvrement détritique continentale mio-plio-quaternaire qui masque l'ensemble des terrains plus anciens à l'exception des dépôts crétacés et paléocènes qui affleurent à ses extrémités orientale et occidentale. Ce bassin repose au Sud sur les terrains précambriens de Jbel Saghrou (Görlner et al. 1988), tandis qu'il limite au Nord la zone sub-atlasique. Cette zone est une bande étroite constituée de terrains crétacés et paléocènes, déformée par la tectonique atlasique et chevauchée par des nappes carbonatées du lias. Le remplissage sédimentaire du bassin d'Ouarzazate est principalement constitué d'une série méso-cénozoïque reposant en discordance angulaire sur le socle paléozoïque qui affleure localement à la faveur des boutonnières de Tichka, Siroua, Imini et Errachidia. Cette série est formée de plusieurs unités lithostratigraphiques, **la figure 3** montre les unités lithostratigraphiques :

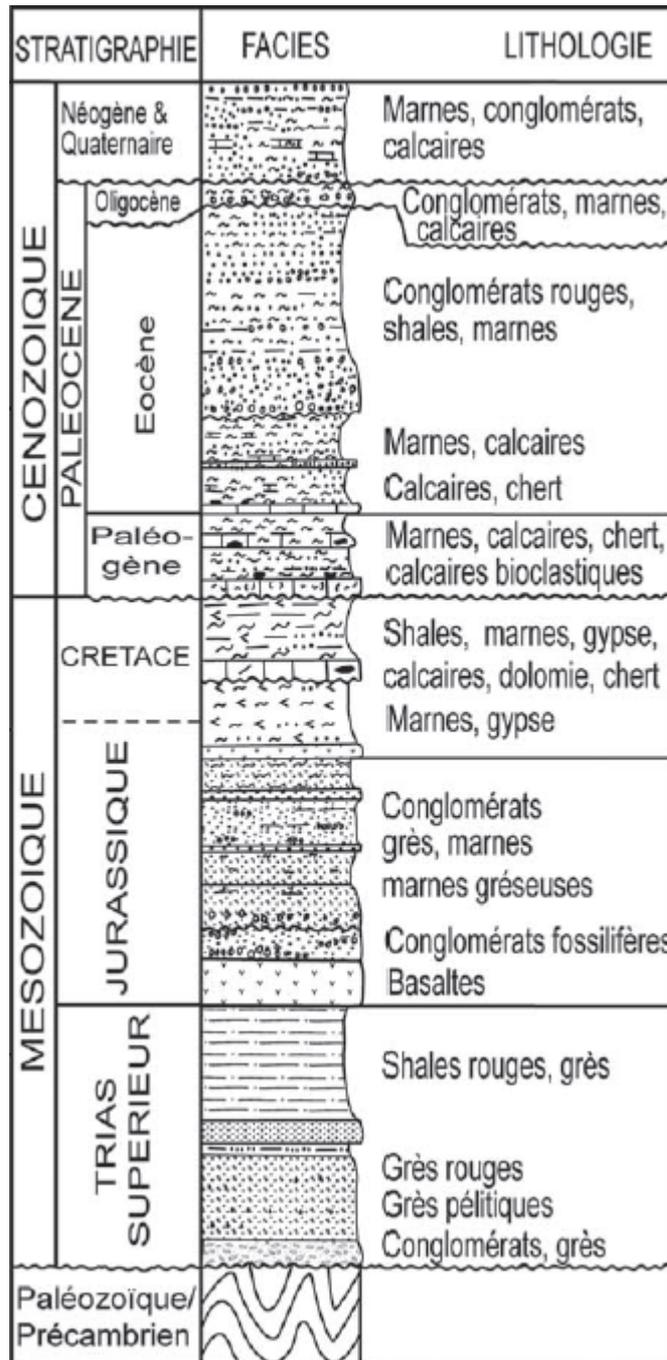
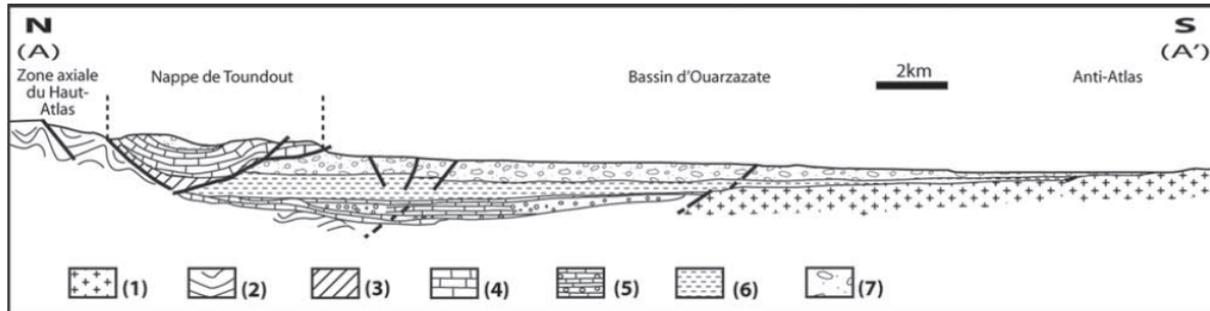


Figure 3 : Log stratigraphique synthétique des formations mésocénozoïques du bassin d'Ouarzazate (Document ONHYM).

Et voici une coupe géologique à travers le bassin d'Ouarzazate (**figure 4**) :



**Figure 4 : Coupe géologique à travers le bassin d'Ouarzazate (d'après Jossen & Filali Moutei 1988).**

1. **Précambrien**: roches magmatiques.
2. **Paléozoïque**: schistes, grès et quartzites.
3. **Trias**: grès, pélites et basaltes.
4. **Lias inférieur et moyen**: calcaires et dolomies.
5. **Crétacé**: conglomérats, sables argileux et barre calcaire du Cénomano-Turonien.
6. **Eocène**: calcaires de l'Eocène inférieur, marnes grès rouges et conglomérats.
7. **Mio-Pliocène**: sables argileux et conglomératiques, conglomérats.



## Chapitre II : Traitement des données aéromagnétiques



## 1. Méthodologie et outils

Pour ce travail ont été utilisés une démarche classique a été effectuée en partant d'un travail de synthèse bibliographique sur les cartes disponibles. Ensuite vient la création des cartes géophysique avec **ArcGis** et **Oasis Montaj**

## 2. ArcGis

### 2.1. Présentation de logiciel ArcGis

Arcgis est un logiciel permettant d'exploiter un Système d'Information Géographique (SIG) .

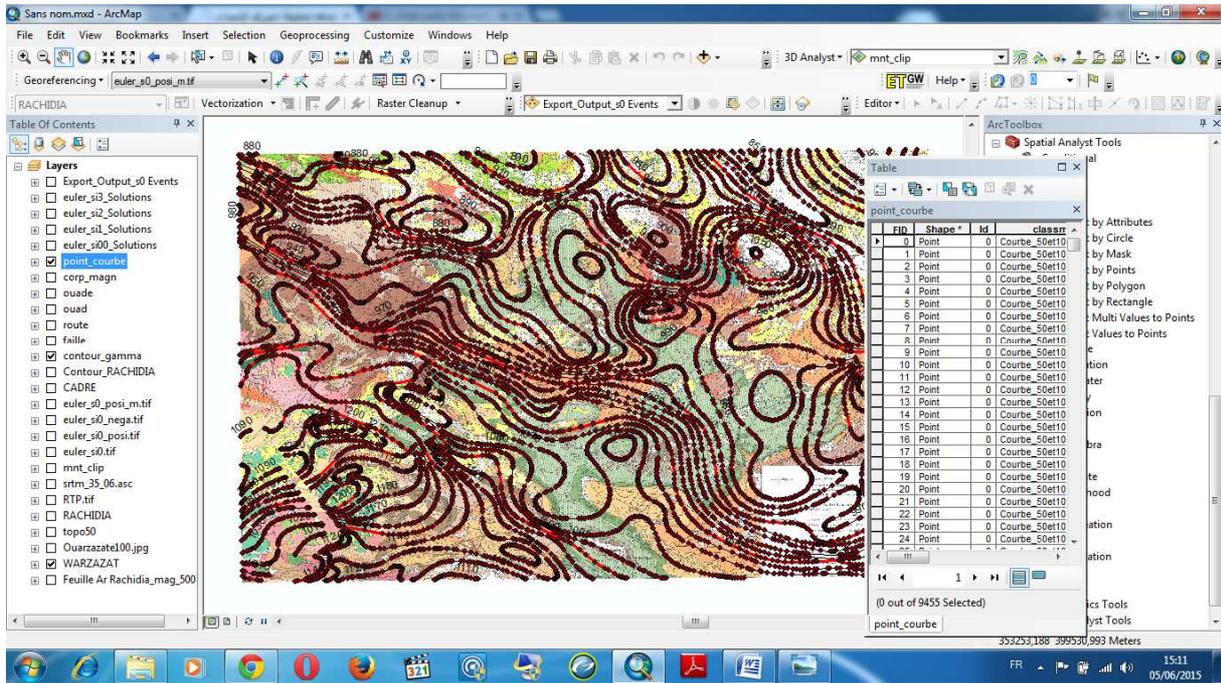
Un logiciel SIG permet l'acquisition, le stockage, la mise à jour, la manipulation, et le traitement de données géographiques . De plus,il permet de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale de façon précise en fonction de l'échelle désirée .

Le principe directeur d'un SIG est le suivant : nous avons coté les données géométriques et de l'autre les données attributaires . ces données sont stockées sous format numérique et organisées par couches (appelées aussi « shapefiles » dans ArcGIS) .

### 2.2. Digitalisation et création de base de données

Parmi les objectifs que nous avons ciblé pour ce travail c'est de traiter les données magnétiques de la region d'Ouarzazate sous forme de cartes thématiques sur papier, dont nous avons numérisé et crée les bases de données en digitalisant les points de mesures aéroporté au sien de la ministre d'énergies et des mines en utilisant le logiciel Arcgis.

La création de la base de donnée magnétique sur ce logiciel nous a demander de digitalisé presque 10000 points de mesures.



Après créer la base de données on va les exporter sur le logiciel Oasis Montaj pour les traitées et analysées et obtenir les cartes de mesures magnétiques et les cartes représentatives des anomalies magnétiques. Ce programme permet de traiter les bases de données et les transformer en grilles et des images à différent formats.

### 3. Oasis montaj

#### 3.1. Introduction à Oasis Montaj

Oasis Montaj Géosoft est un logiciel puissant de traitement de gravimétrie, magnétisme et de cartographie.

Il est utilisé pour l'exploration minérale, pétrolière et celle du gaz ainsi que pour connaître les structure entrées de sous sol.

Sur oasis montaj on peut efficacement importer, traiter et partager des ensembles, des réseaux et des images dans un milieu intégrer.

Il consiste à aboutir: Le traitement, la visualisation, la cartographie et des capacités d'intégration.

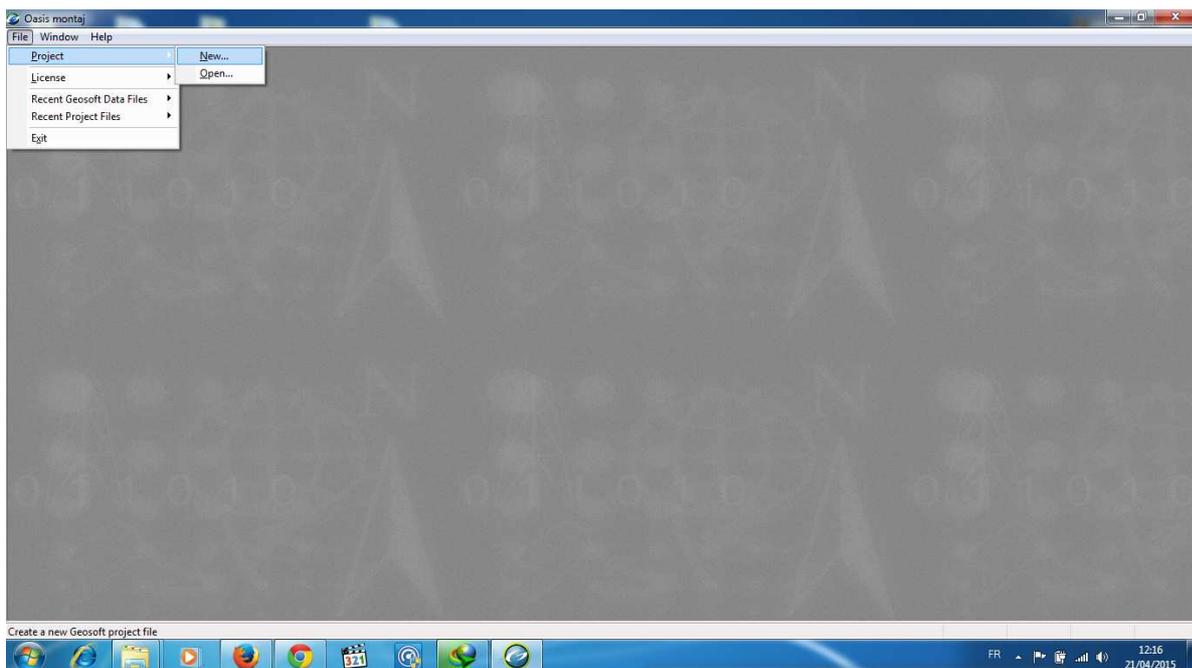
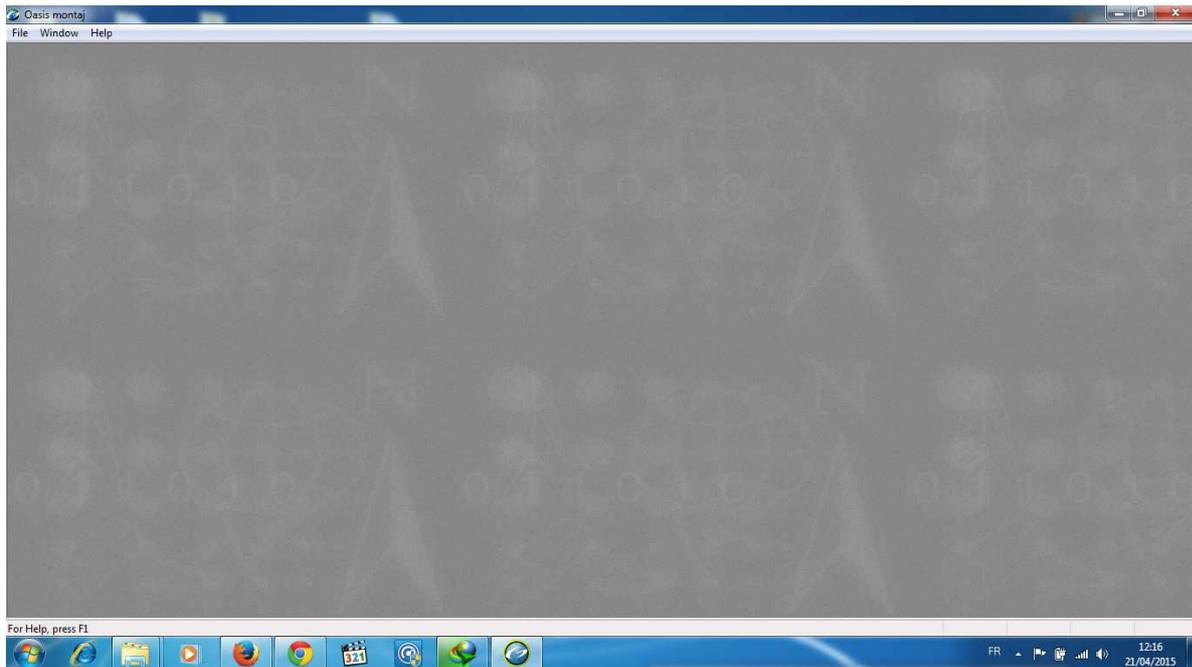
Il dispose une bibliothèque complète de Géosoft de base des utilités gridding ainsi que des fonctionnalités de traçages.

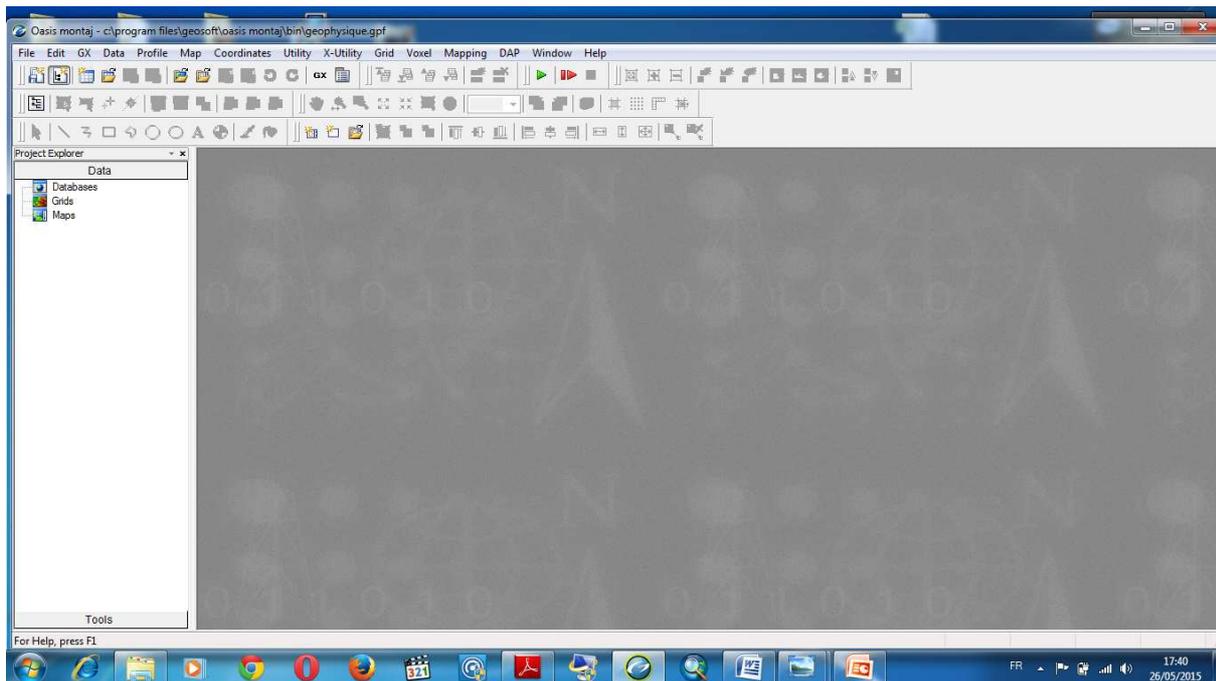
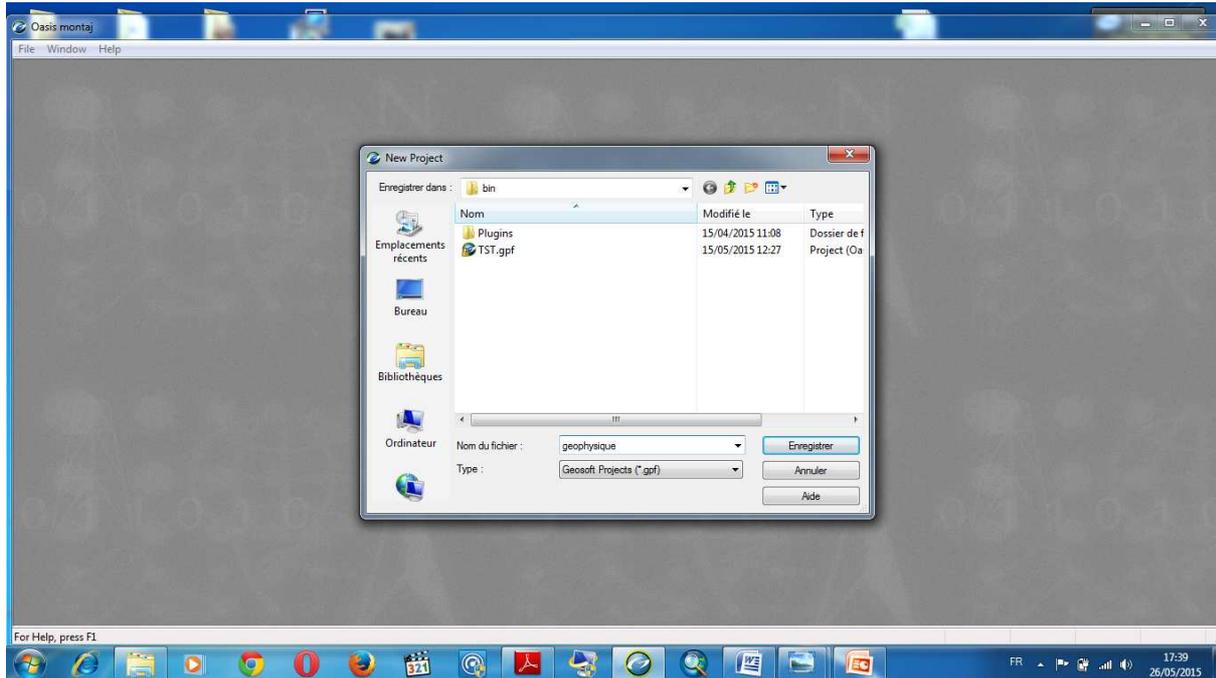


### 3.2. Création d'un nouveau projet

Les étapes suivant montrent comment peut créer une base de données :

- File
- Project
- New
- Nommer le projet et enregistrer





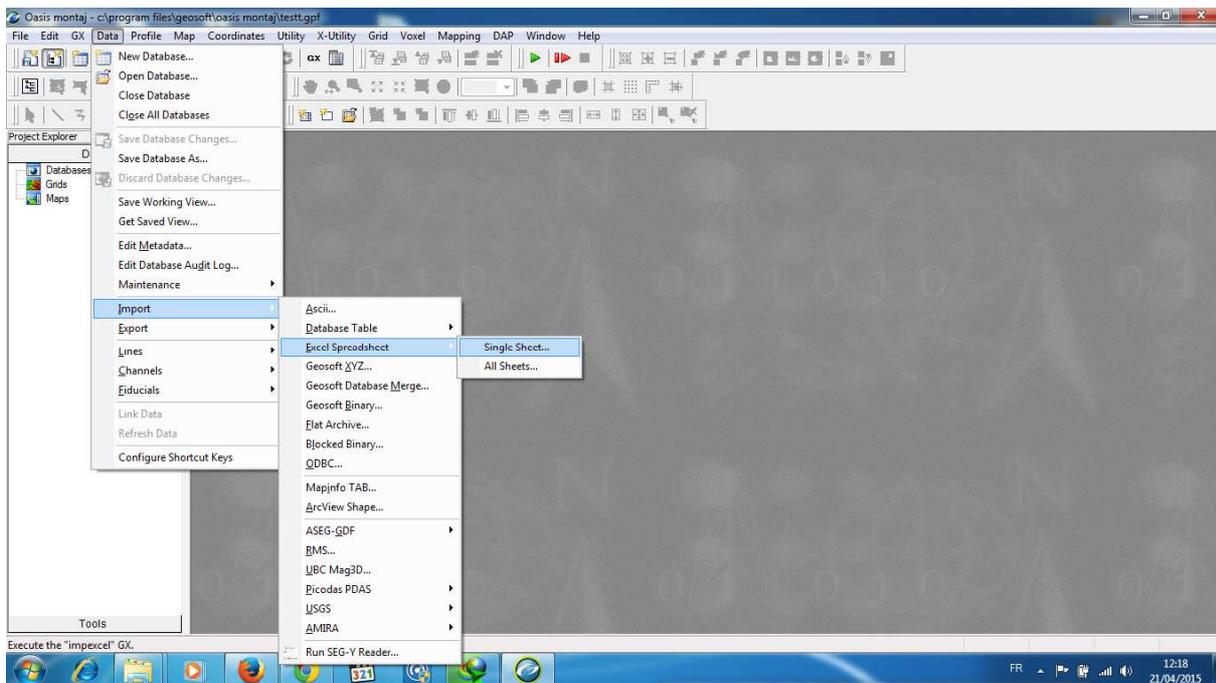


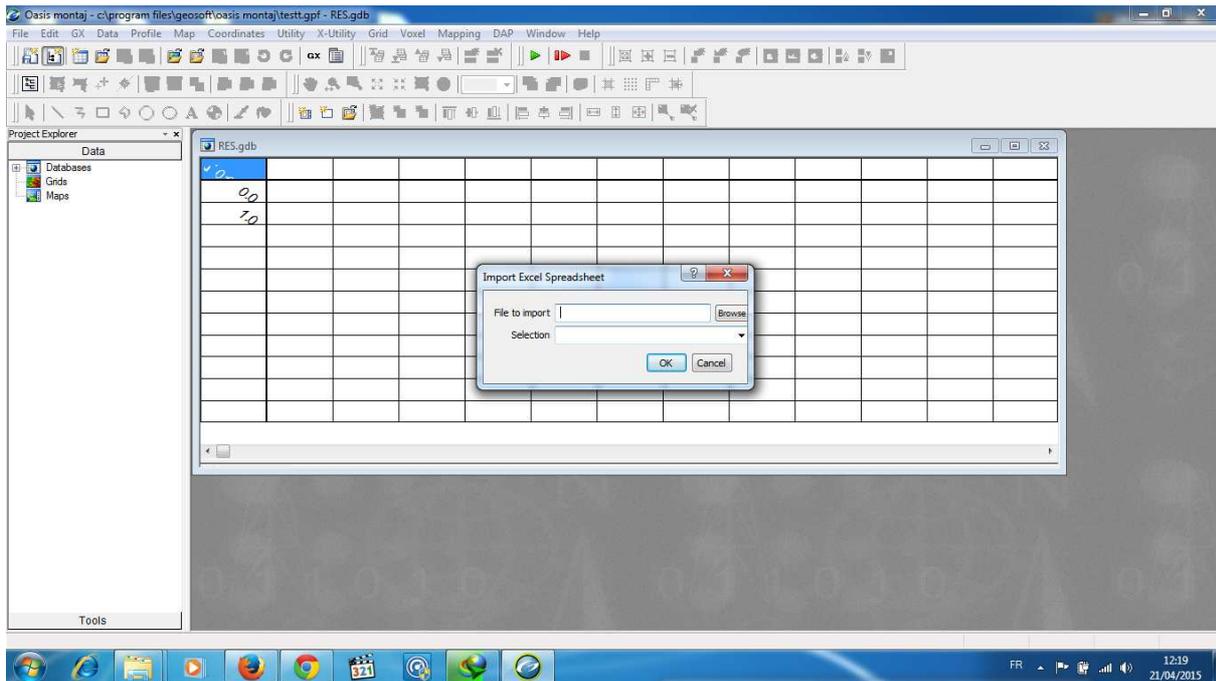
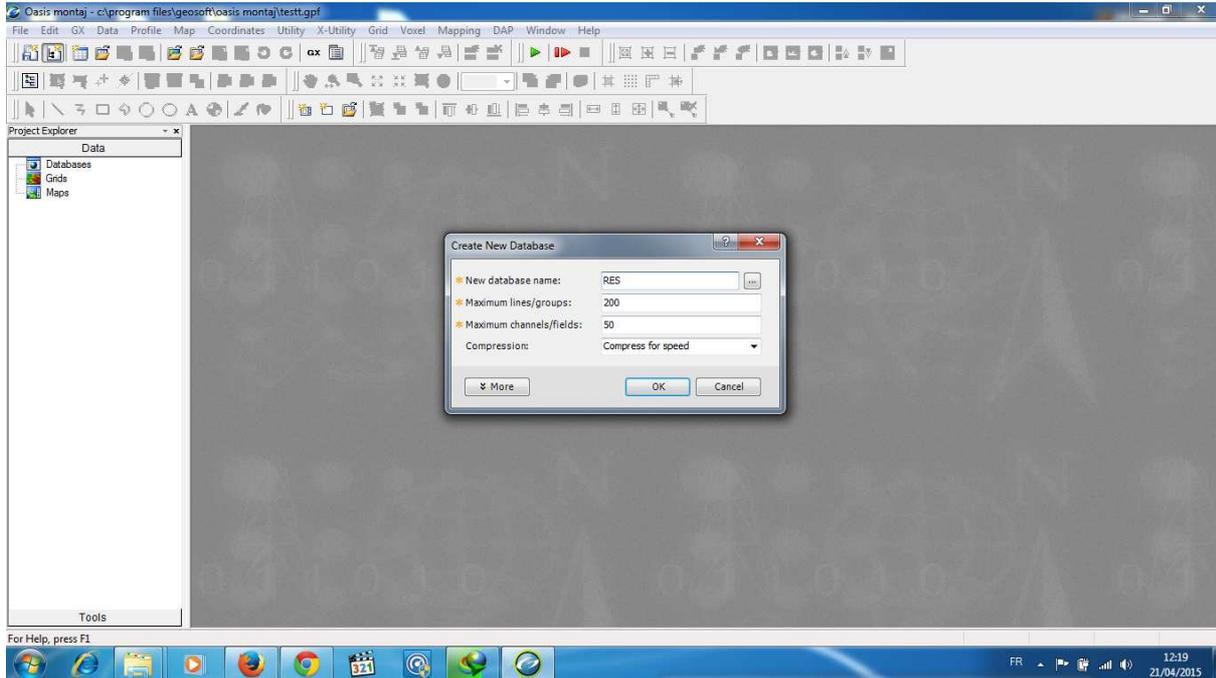
### 3.3. Réalisation de la carte magnétique

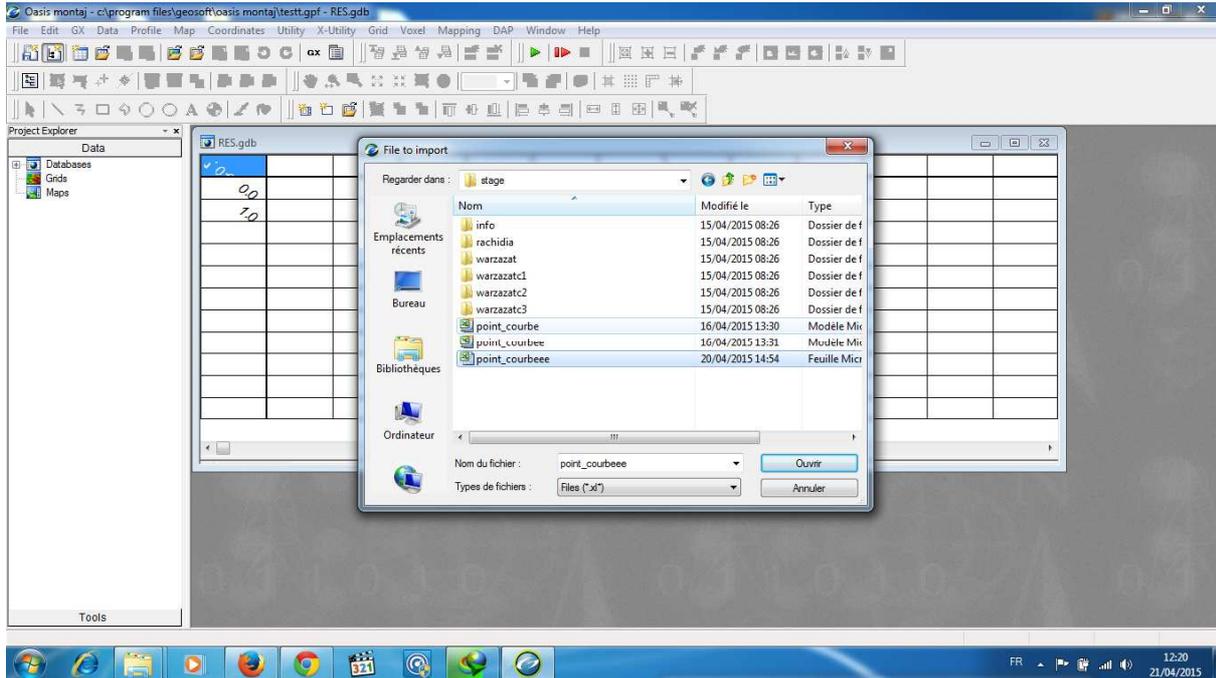
Pour réaliser une carte magnétique, il faut importer des données magnétiques.

On va expliquer comment importer les données magnétiques d'après ArcGIS vers Oasis Montaj :

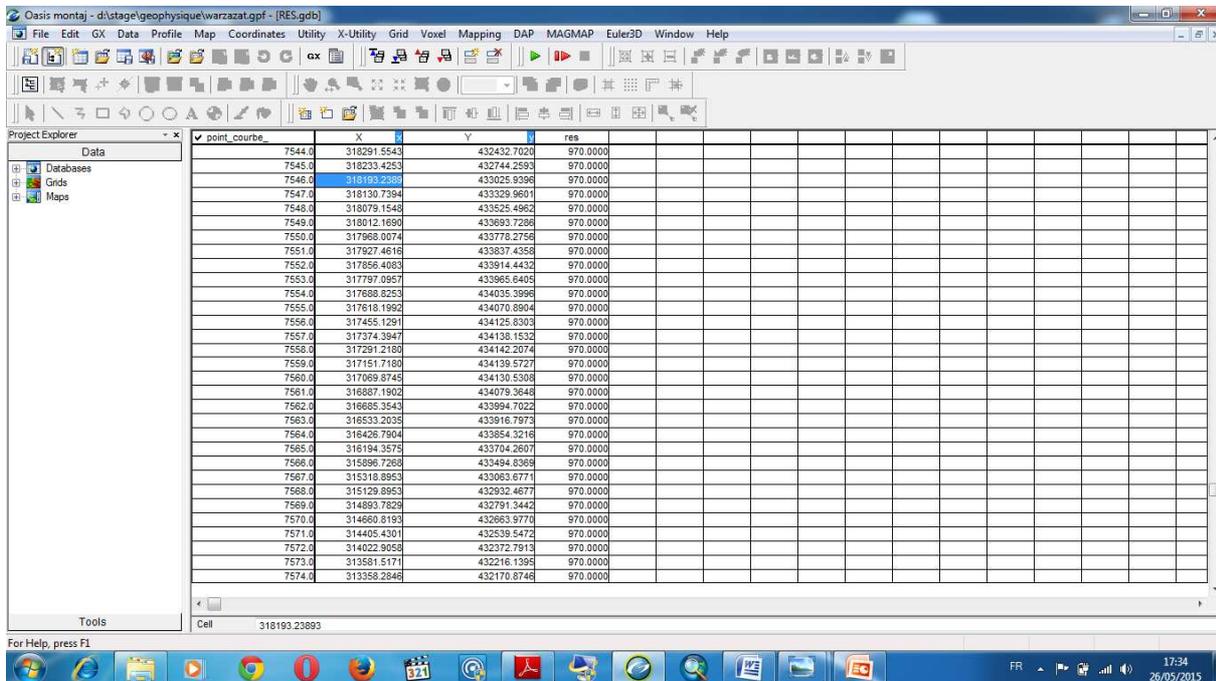
- Premièrement on va créer une data base :
  - Ouvrir le projet Ouarzazate
  - Importer la base de données
  - Data
  - Excel spreadsheet
  - Single sheet







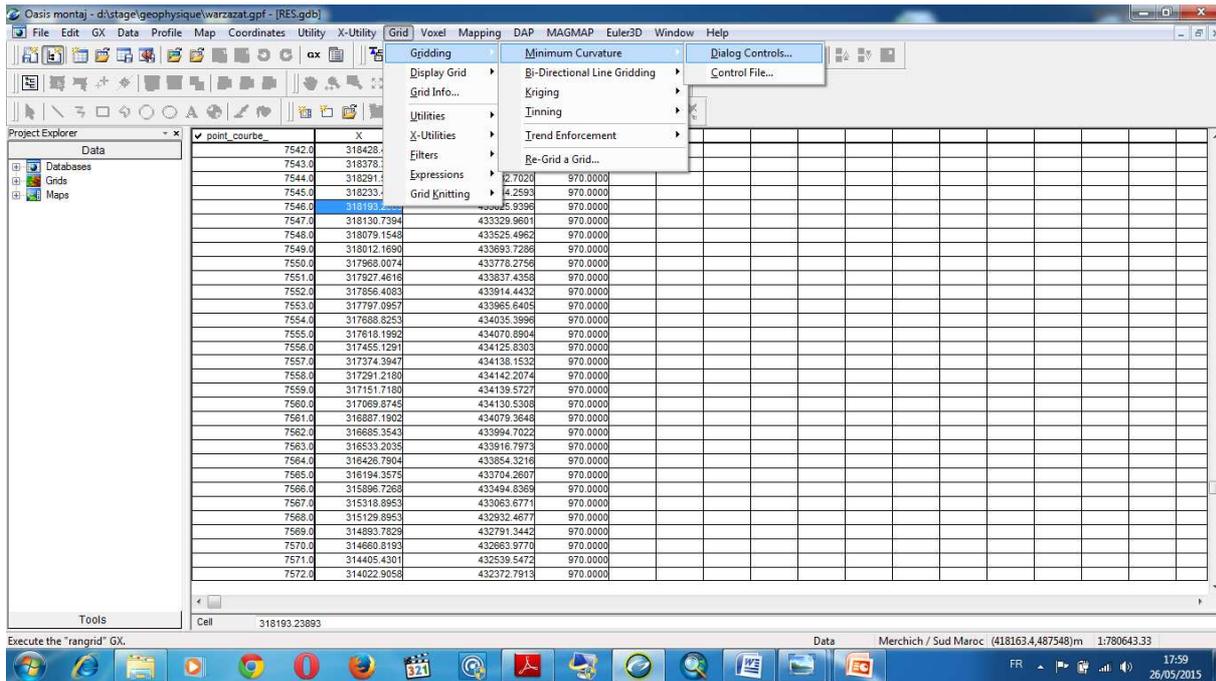
Maintenant les données magnétiques sont prêtes pour créer une carte magnétique.



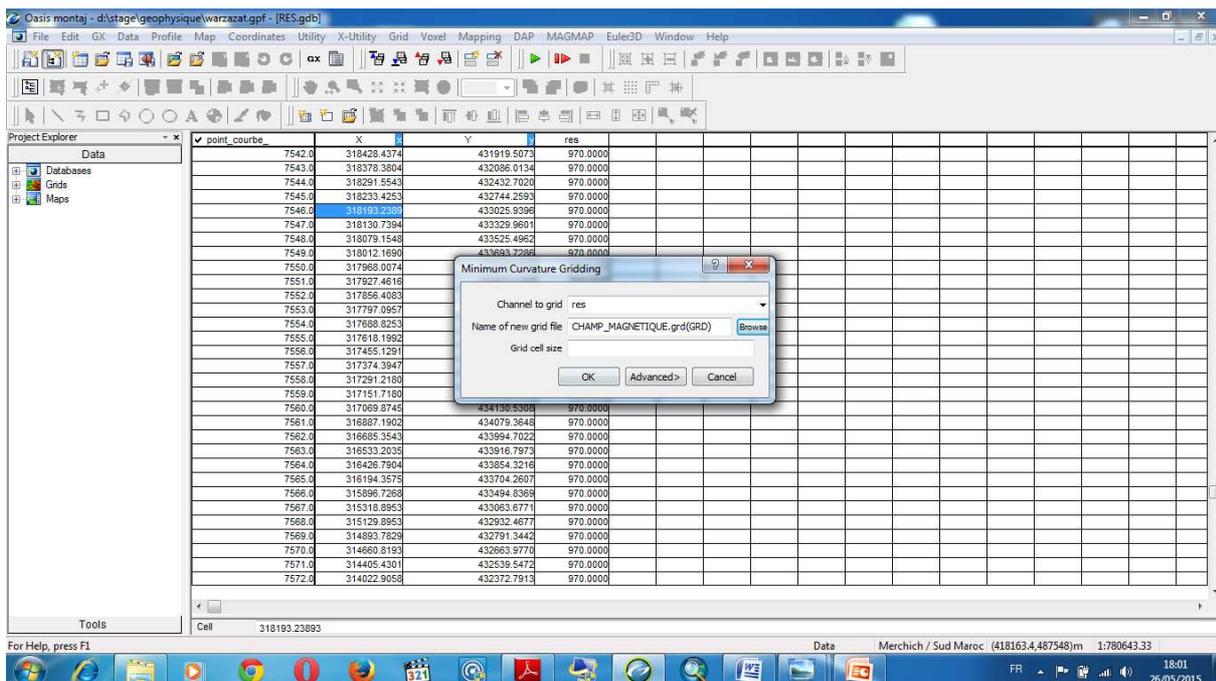


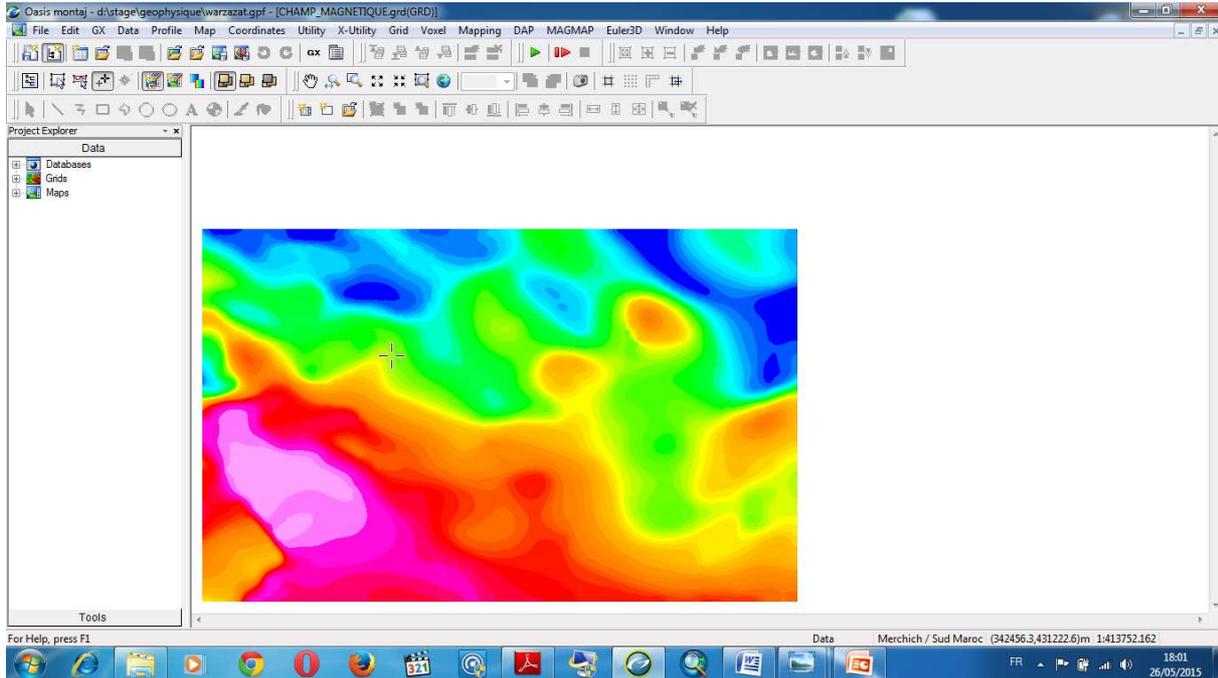
Après ces étapes on peut réaliser une carte magnétique par les étapes suivantes :

- Grid
- Gridding
- Minimum curvature
- Dialog control



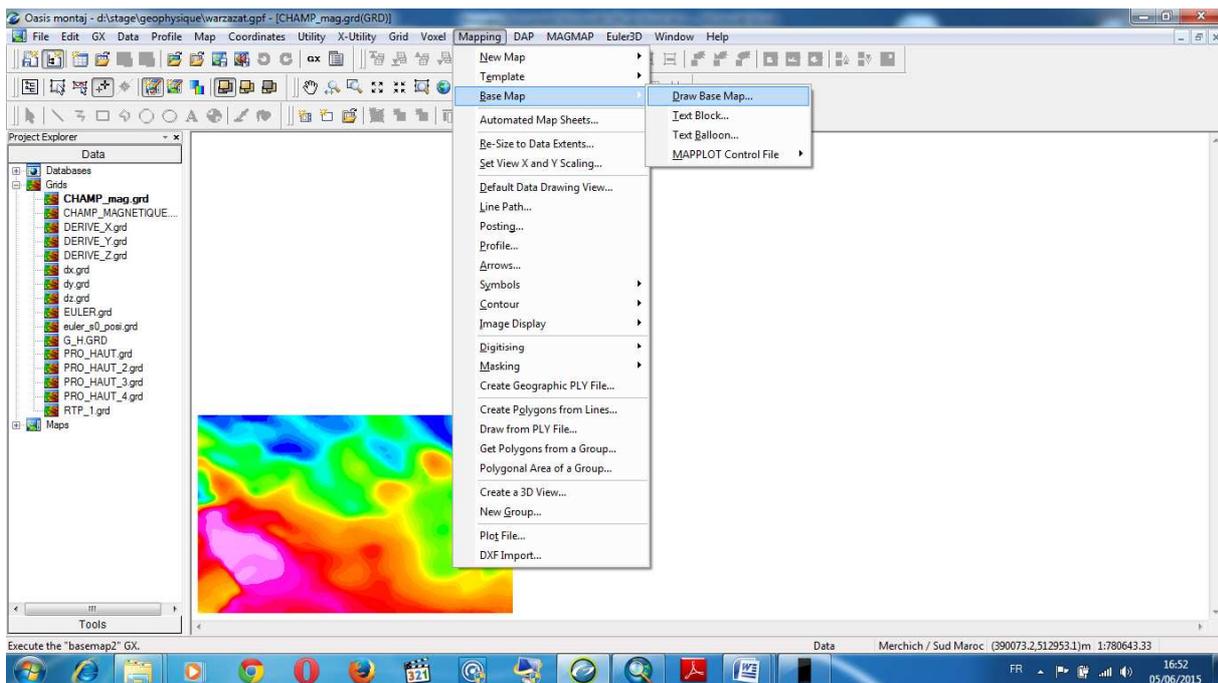
Puis choisirai la colonne convenable, nommer la nouvelle carte et appuie sur OK.

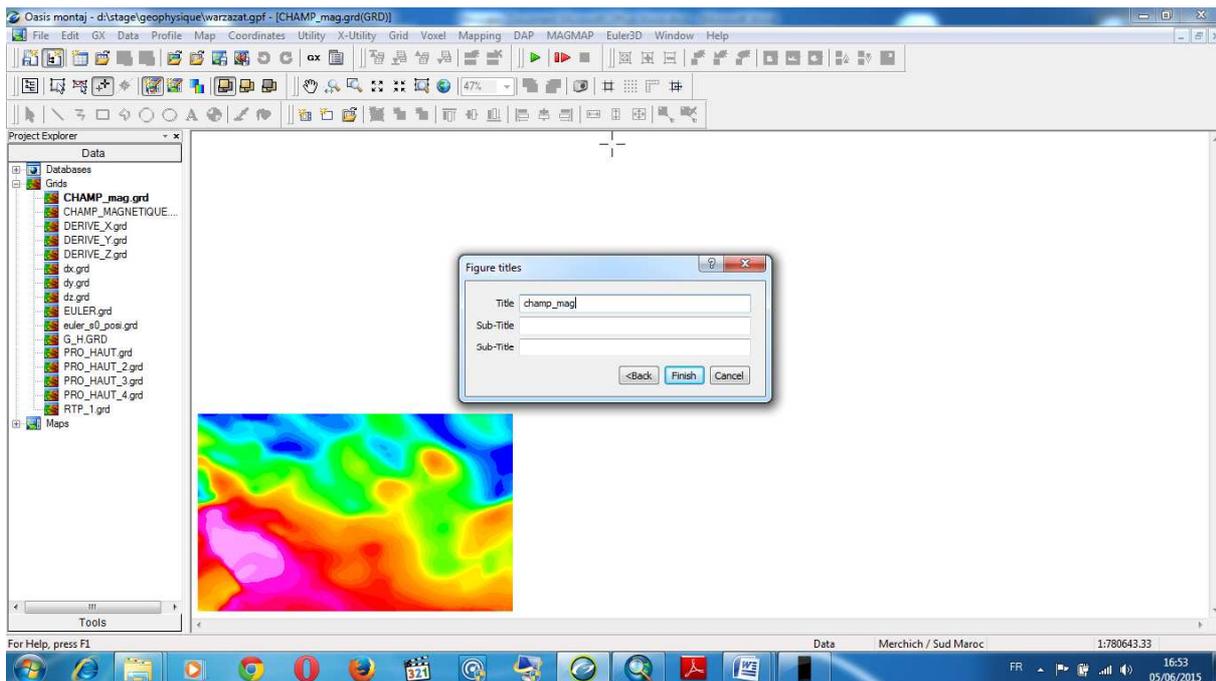
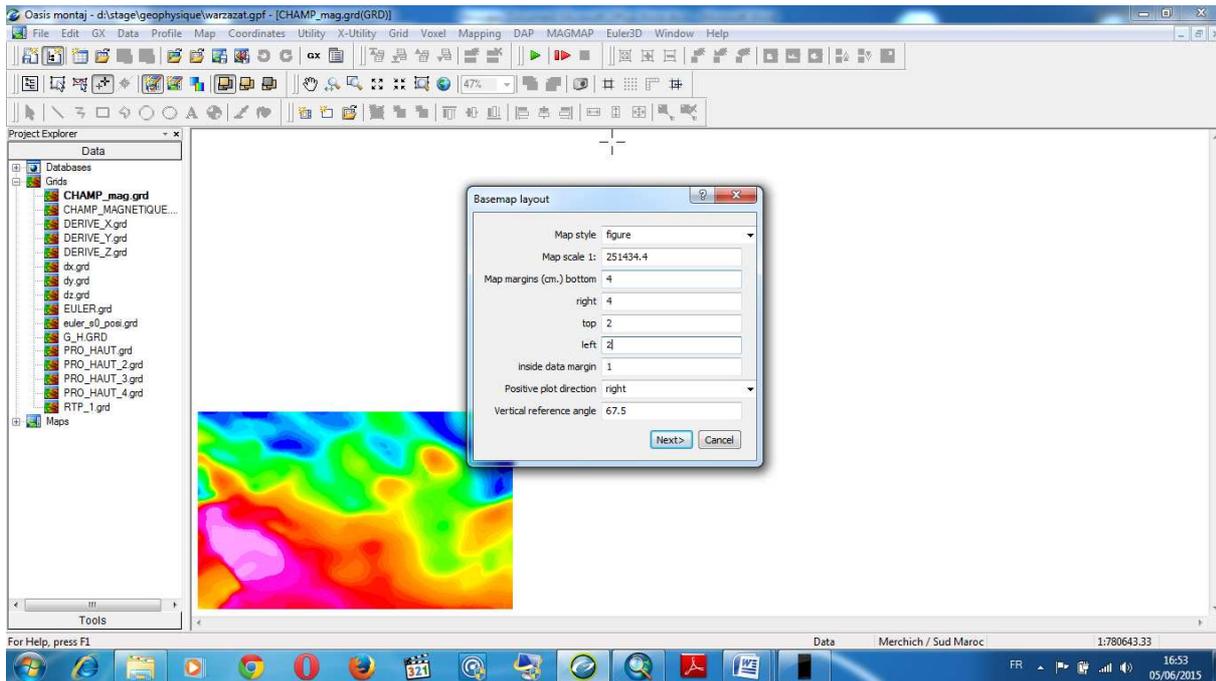




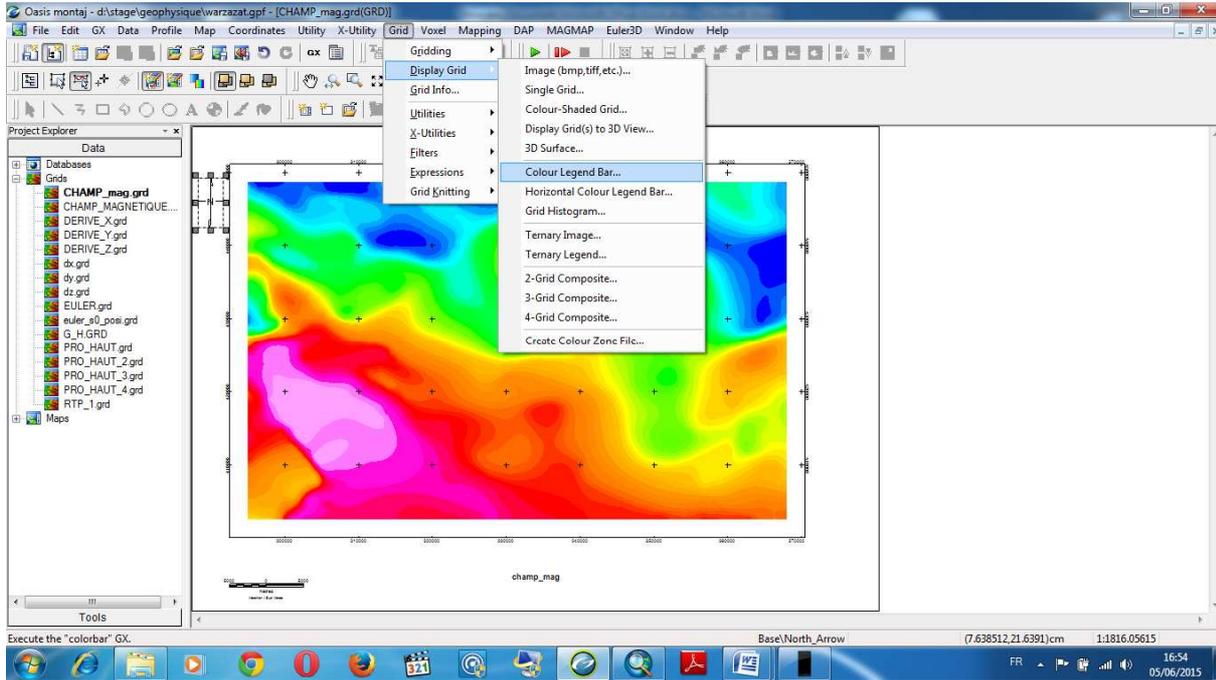
La dernière étape : la légende

- Mapping
- Base map
- Draw base map





- Grid
- Display grid
- Couleur legend bar



En fin on obtient la carte définitive.

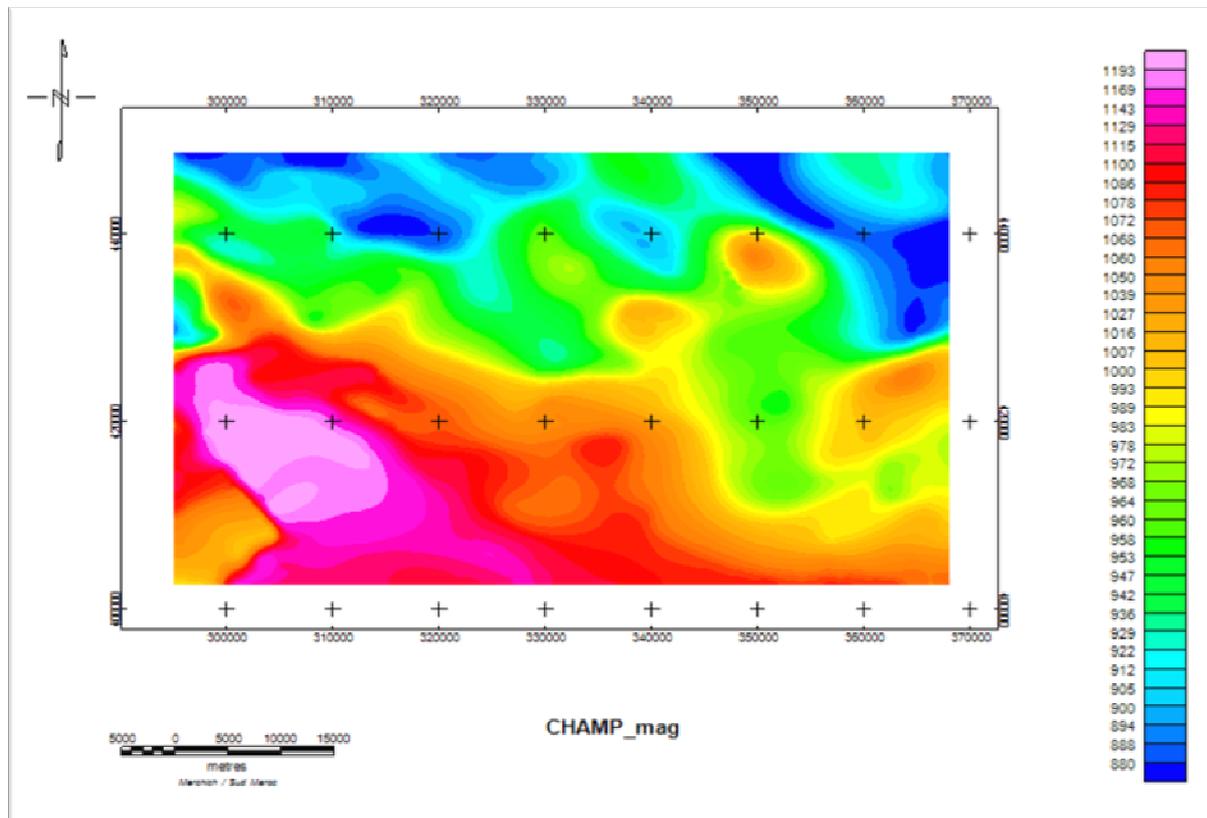


Figure 5 : carte du champ des anomalies magnétique d'Ouarzazate.



### **3.4. Filtrage numérique des données aéromagnétiques**

Les anomalies brutes sont générées par la superposition des effets causés par diverses sources de différentes dimensions et situées à des profondeurs variables, par conséquent, il est difficile de distinguer, d'isoler et analyser séparément ces effets.

Le filtrage des données brutes est une étape indispensable dans la chaîne de traitement, c'est un procédé mathématique, permettant la transformation du champ magnétique pour faciliter la tâche de l'interprétation. Le filtrage numérique, peut être effectué dans le domaine spatial par le biais d'une convolution ou dans le domaine fréquentiel en utilisant la transformée de Fourier discrète.

Les filtres numériques sont des outils mathématiques qui permettent de réaliser une transformation des cartes des données brutes permettant d'obtenir des cartes appropriées qui facilitent la tâche d'interprétation. Plusieurs filtres sont utilisés dans le traitement des données magnétiques, dans notre cas, pour l'analyse des données Aéromagnétiques, nous allons utiliser les trois filtres suivants :

- Le filtre de la réduction au pôle.
- Les filtres de prolongements.
- Les filtres des dérivées.

#### **3.4.1. La réduction au pôle**

Contrairement au champ d'attraction gravitationnel, qui est vertical et toujours dirigé vers le bas, le vecteur champ aimantation et le vecteur champ inducteur sont généralement inclinés, causant une asymétrie dans l'allure des anomalies. Cette circonstance n'est pas observée dans la région du pôle magnétique où le champ magnétique est vertical et se comporte comme le champ gravimétrique.

Pour repositionner les anomalies magnétiques à l'aplomb des sources qui les causent, Baranov (1957) ainsi que Baranov et Naudy (1964) ont introduit une transformation dite seraient observées dans la région du pôle magnétique (vecteur champ aimantation et vecteur champ inducteur verticaux). La carte des pseudo-anomalies est dite carte réduite au pôle.

Bhattacharrya (1965) effectua les calculs du filtre de la réduction au pôle en utilisant les doubles séries de Fourier. Plus tard cette technique a été améliorée et simplifiée avec l'introduction de la transformée de Fourier rapide (FFT). La réduction au pôle est une opération qui consiste à transformer en un lieu donné, toutes les anomalies observées en celles réduites au



pôle, autrement dit, ces nouvelles anomalies seraient celles observées si le champ est vertical dans la zone d'étude, cela simplifie la modélisation. La transformée de Fourier de la formule de la réduction au pôle est donnée par la relation qui représente un cas particulier de l'aimantation induite (Gunn, 1975) :

$$R_p = \frac{1}{[\sin(Ia) - i \cos(Ia) \cdot \cos(D + \theta)]^2}$$

Avec :

$I$  : L'inclinaison géomagnétique

$Ia$  : L'inclinaison pour la correction de la composante réelle ( $Ia > I$ ).

$D$  : La déclinaison géomagnétique.

$\theta$  : La phase.

### 3.4.2. Les 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 davantage les limites géométrique du corps.

On définit l'opérateur de dérivation oblique ODn dans une direction quelconque sous la forme :

$$\text{ODn} \square i(\alpha k_x + \beta k_y + \gamma |\mathbf{k}|)$$

$$\text{n } \alpha \hat{x} + \beta \hat{y} + \gamma \hat{z}$$

Avec :

$\hat{x}$  est le vecteur unitaire dirigé vers le Nord,  $\hat{y}$  vers l'Est et  $\hat{z}$  vers le bas.

On pose :

$$\rho = \frac{\sqrt{k_x^2 + k_y^2}}{2\pi} \square \sqrt{u^2 + v^2}$$

Alors :

$$\text{ODn} \square 2\pi (i(\alpha u + \beta v) + \gamma \rho)$$

Par combinaison linéaire avec les dérivées horizontales ODx et ODy et la dérivée verticale ODz on trouve :

$$\text{ODn} \square \text{ODx} + \text{ODy} + \text{ODz}$$



**A. La dérivée horizontale-X :** Ce filtre permet la mise en évidence des contacts

lithologiques de direction Nord-Sud :

$$ODx = i\alpha k_x .$$

**B. La dérivée horizontale -Y :** Ce filtre est utilisé pour mettre en évidence les contacts

lithologiques de direction Est-Ouest :

$$ODy = i\beta k_y .$$

**C. La dérivée verticale-Z :** Ce filtre est utilisé pour amplifier les courtes longueurs d'onde et individualise les corps :

$$ODz = i\gamma |k| .$$

### 3.4.3. Le prolongement vers le haut

Une anomalie magnétique est représentée par un profil ou une surface, où figurent les valeurs du champ que l'on peut rapporter à un plan de référence ( $h_0$ ).

La différence d'altitude de ces deux plans est :  $a = h - h_0$  .

La transformation de l'anomalie d'altitude  $h_0$  à l'altitude  $h$  est une opération de lissage.

Pour trouver l'opérateur de prolongement, on utilise le cadre le plus général relatif à la géométrie du corps, qui découle de la troisième identité de Green (Blackely, 1995).

En se basant sur les identités de Green, le potentiel  $U$  peut être calculé en tout point  $P$  de l'espace. La fonction  $U$  vérifie l'expression suivante (Sailhac, 1999) :

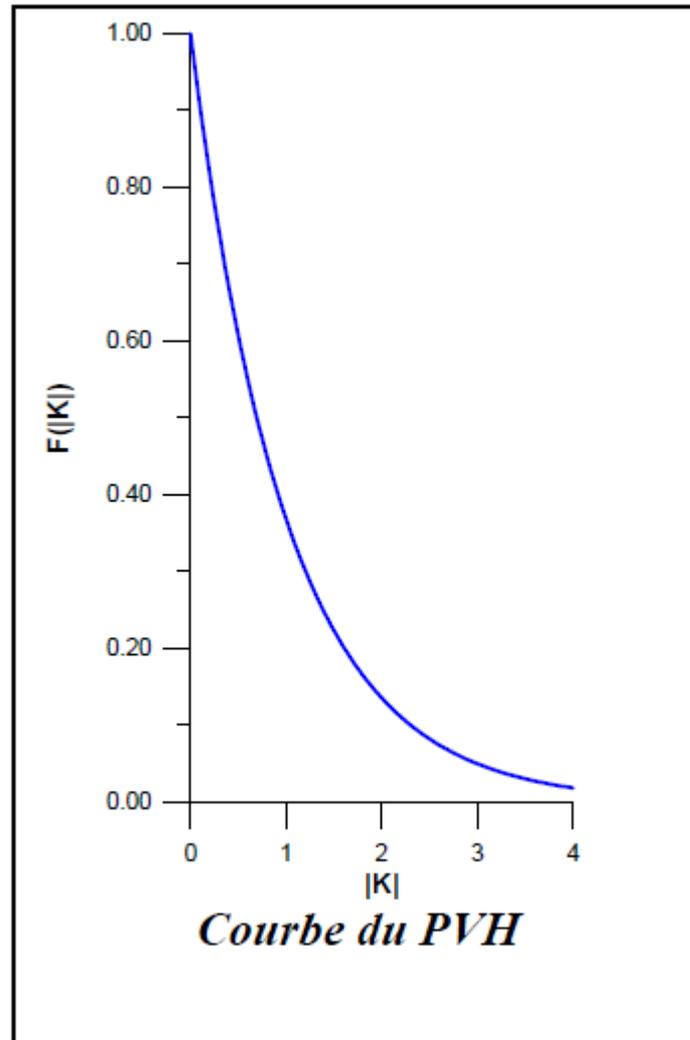
$$U(x, y, z - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{U(x', y', z)}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{3/2}} dx' dy' \quad \Delta z > 0$$

C'est la formule du prolongement vers le haut PVH permettant le calcul du champ en tout point situé au-dessus d'une surface horizontale. Le passage du domaine temporel au domaine de Fourier nous permet de simplifier l'expression du prolongement vers le haut PVH en utilisant les propriétés de la transformée de Fourier. Dans le domaine fréquentiel, l'expression de l'opérateur du PVH s'écrit comme suit :



$$TF[\varphi_V] = e^{-|k| \Delta z}, \quad \Delta z > 0$$

Le graphe du prolongement vers le haut PVH est une courbe exponentielle décroissante.



**Figure 6 : Graphe de prolongement vers le haut.**

D'après l'allure du graphe de **la figure 6**, le prolongement vers le haut permet l'atténuation des courtes longueurs d'ondes. Cette atténuation est d'autant plus importante que la distance de prolongement est grande. Le filtre de prolongement vers le haut est un filtre réel (pas de changement de phase).

#### **3.4.4. La déconvolution d'Euler**

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 basé sur un procédé mathématique représenté par l'équation d'homogénéité d'Euler (Thompson, 1982).



### Historique de la méthode :

- La déconvolution d'Euler est basée sur l'équation d'homogénéité d'Euler introduite dans la littérature au **XVIII<sup>ème</sup>** 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 le 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.
- Brongo (1984) utilisa cette même technique pour identifier le type de source.
- Plus tard, l'application de la Déconvolution d'Euler sur des données magnétiques et gravimétriques a été étendue à des sources à 3D par Reid et al, (1993) 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.

Dans le cas des données magnétiques, Thompson (1982) et Reid et al.,(1990) ont montré que l'indice structural 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.

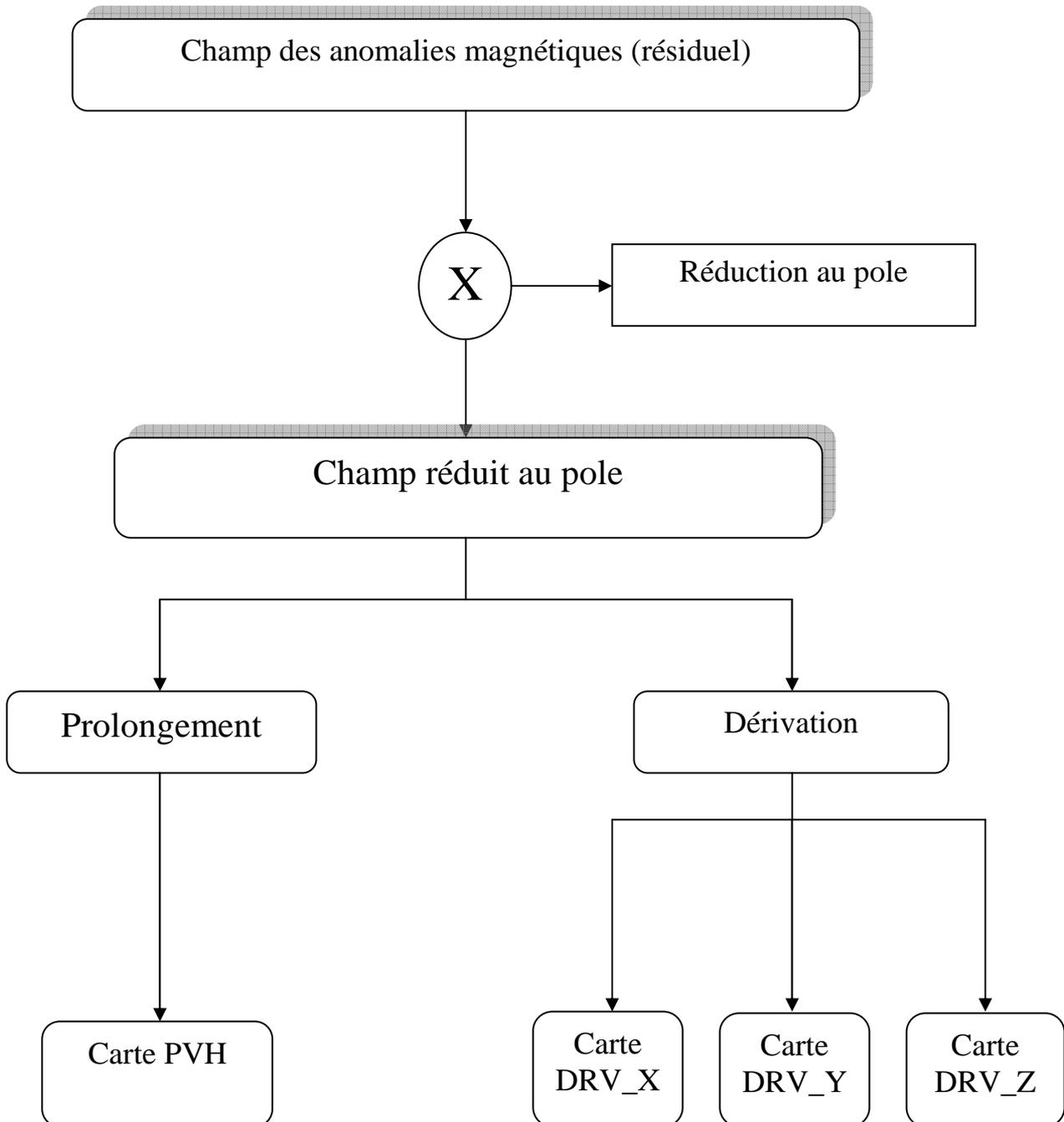


Figure 7 : Organigramme du traitement des données Aéromagnétiques.



## Chapitre III : Interprétations des données aéromagnétiques



## 1. Interprétation de la carte magnétique résiduelle

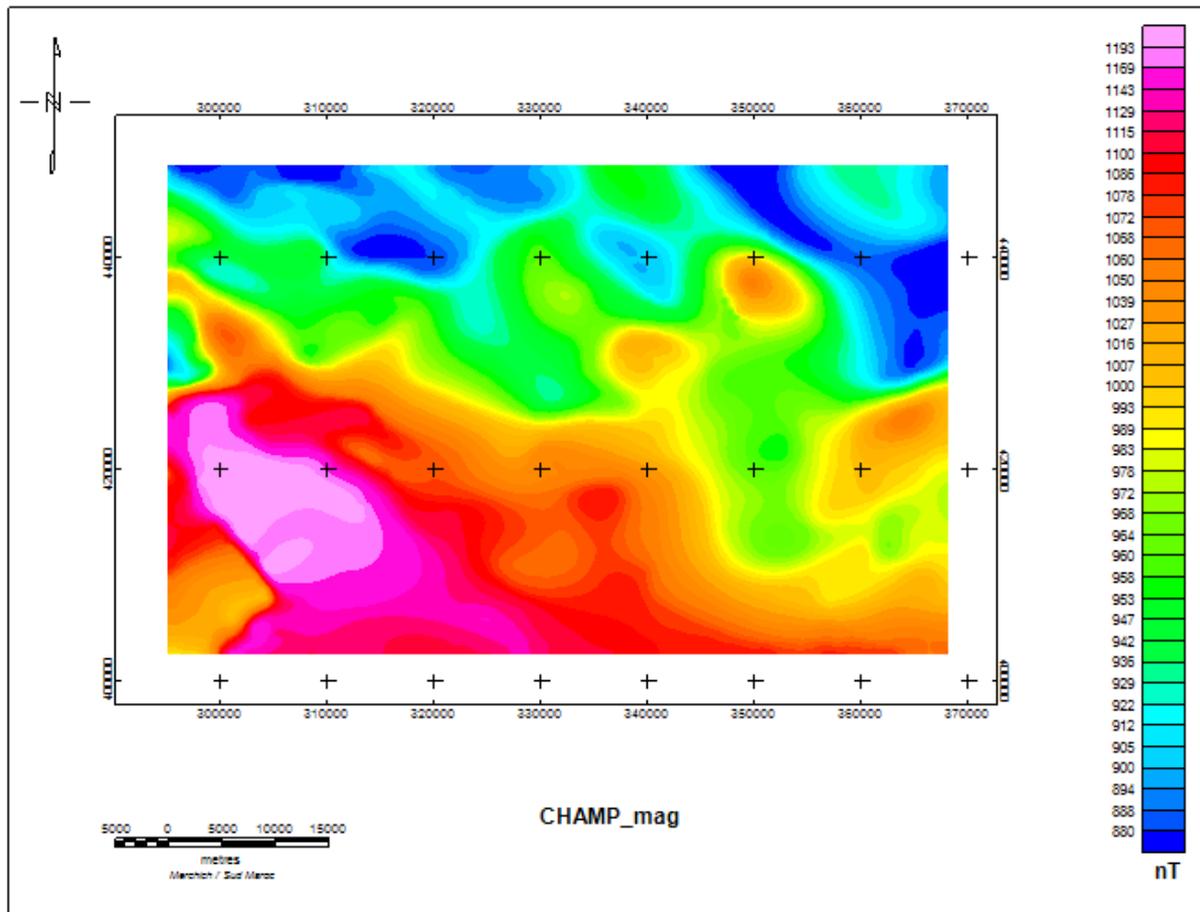
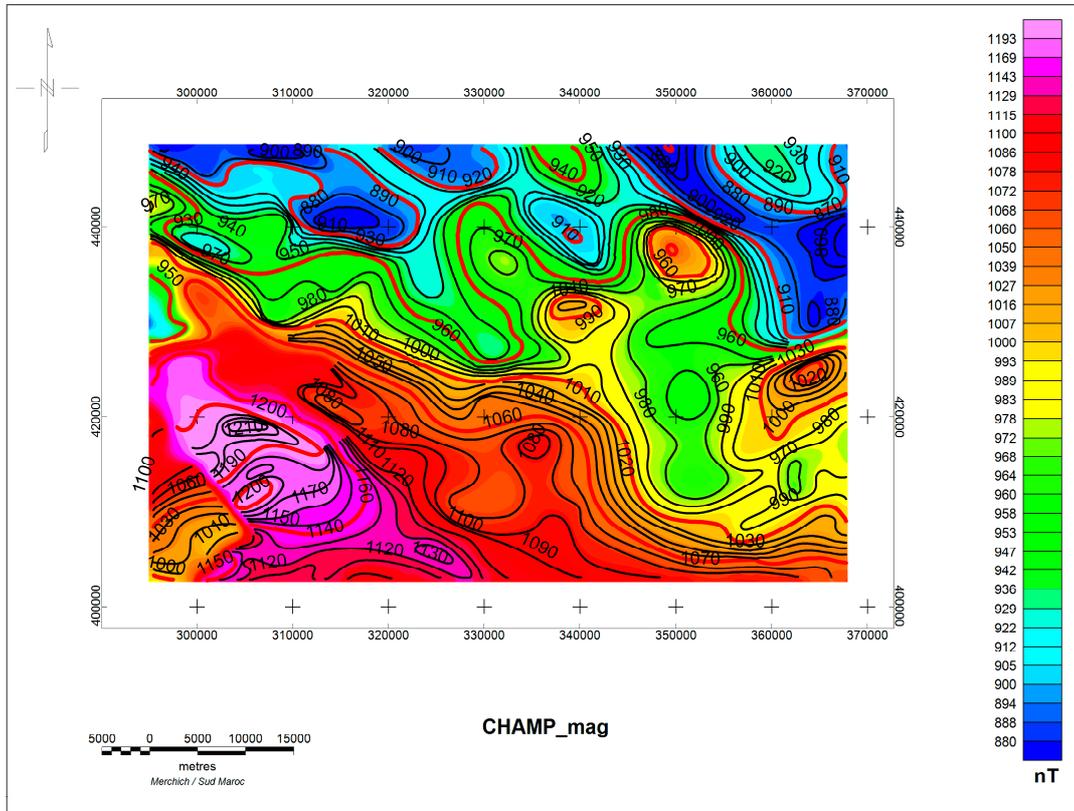


Figure 8 : Carte de champ des anomalies magnétiques de la zone d'étude.



**Figure 9 : Les courbes des anomalies magnétiques projetées sur la carte du champ magnétique.**

L'avantage de l'aéromagnétisme est de pouvoir éliminer les parasites magnétiques superficiels, permettant ainsi d'améliorer l'interprétation des anomalies magnétiques présentant un intérêt géologique.

L'Anti Atlas central est formé de roches à susceptibilité magnétique variable, en particulier celles qui constituent le socle précambrien affleurant dans la région d'Ouarzazate. Les valeurs du champ magnétique s'échelonnent de 860 à 1250 nT.

On voit dans la carte du champ magnétique qu'elle est constituée de plusieurs couleurs. Les régions colorées par le rouge et le magenta sont formées par des roches magmatiques et les régions colorées par le bleu sont des roches sédimentaires.

Mais pour avoir d'information on applique des autres filtres comme la réduction au pôle, les dérivées verticale et horizontale, la prolongement vers le haut et la déconvolution d'Euler.

## 2. Interprétation de la carte des anomalies réduites au pôle

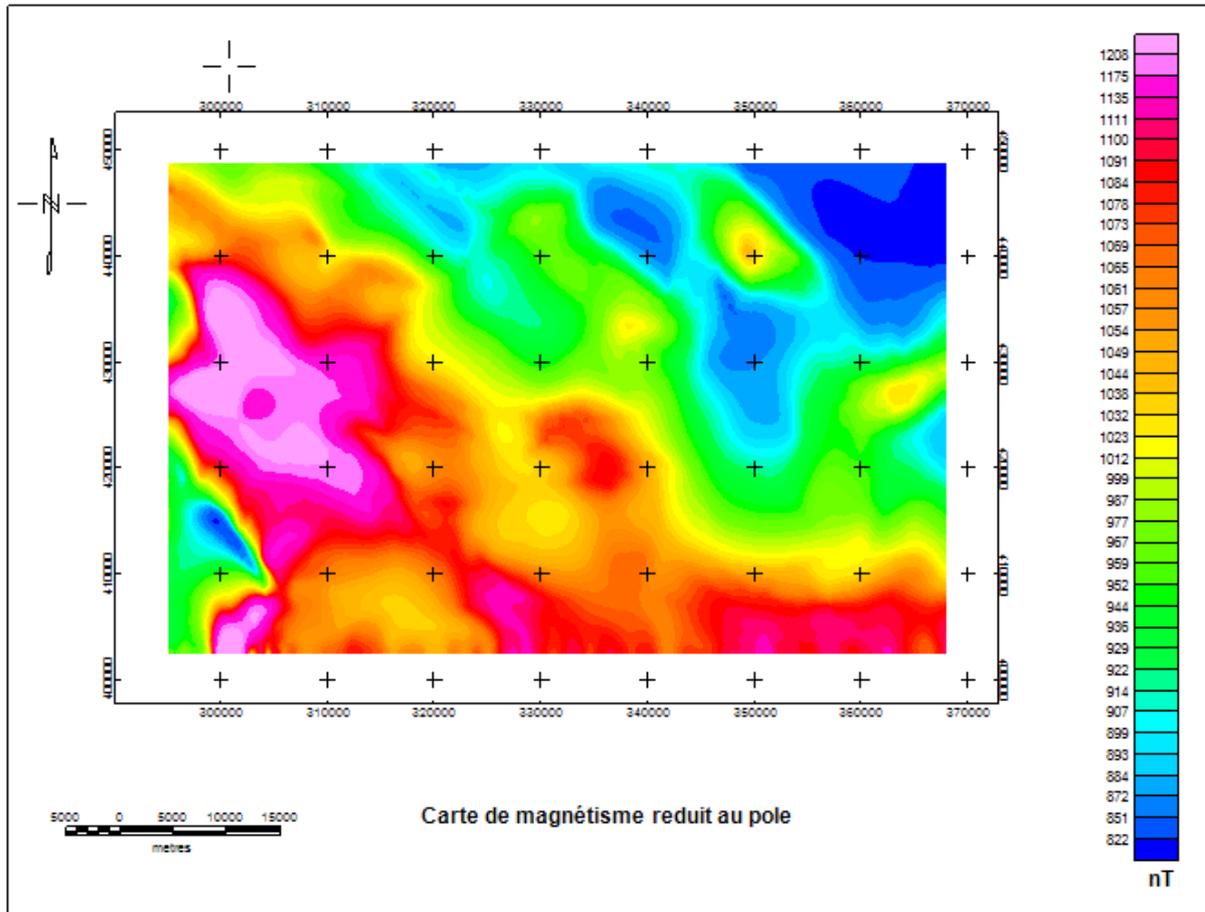
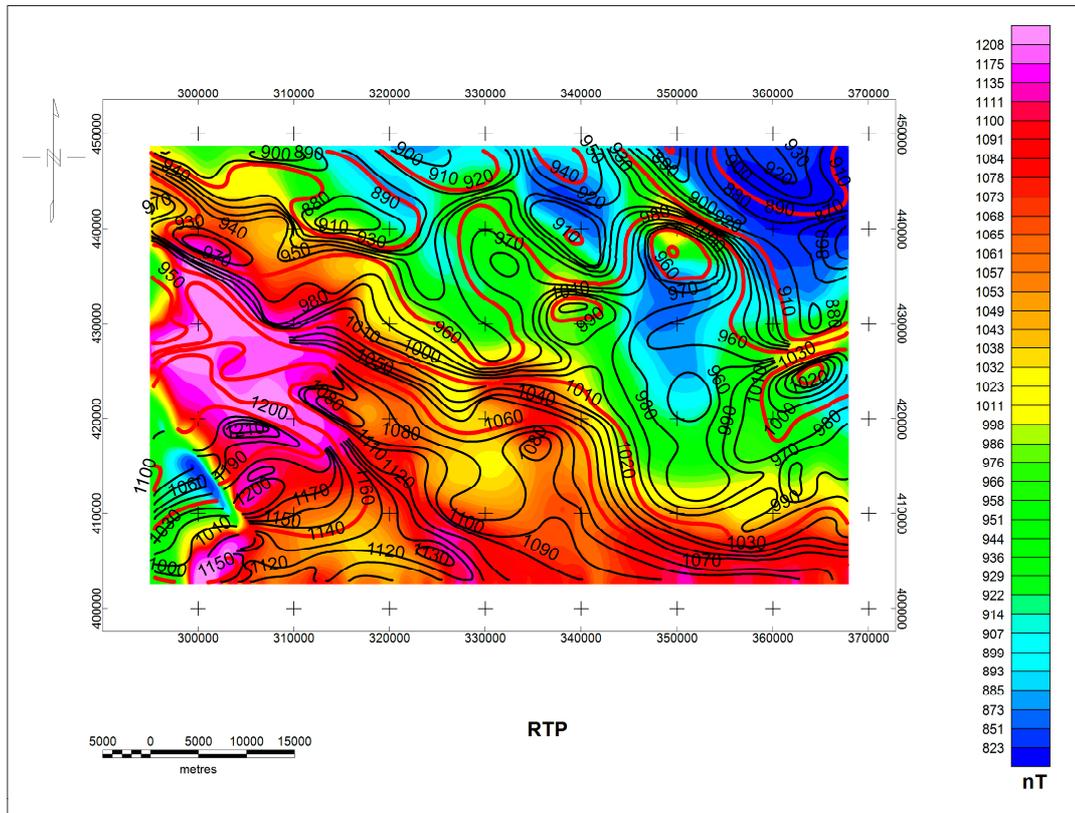


Figure 10 : carte du champ des anomalies magnétiques réduites au pôle.



**Figure 11 : Les courbes des anomalies magnétiques projetées sur la carte des anomalies magnétique réduit au pôle.**

Dans ce travail on a utilisé les valeurs de l'inclinaison magnétique  $41,5^\circ$  et de la déclinaison magnétique  $-7,5^\circ$ .

La carte magnétique réduit au pôle (**figure 10**) montre la direction des formations qui s'allongent selon la direction NW-SE et montre aussi la présence d'une faille de direction NW-SE qui limite le bassin d'Ouarzazate et le socle précambrien.

### 3. Interprétation des cartes des dérivées

#### 3.1. Cartes des dérivées horizontales (X, Y)

Les figures 12 et 13 représente les cartes des deux dérivées horizontales selon X et selon Y du champ anomal réduit au pôle. Les dérivées horizontales dans les directions X et Y sont généralement utilisées pour localiser les limites des sources dans le plan horizontal.

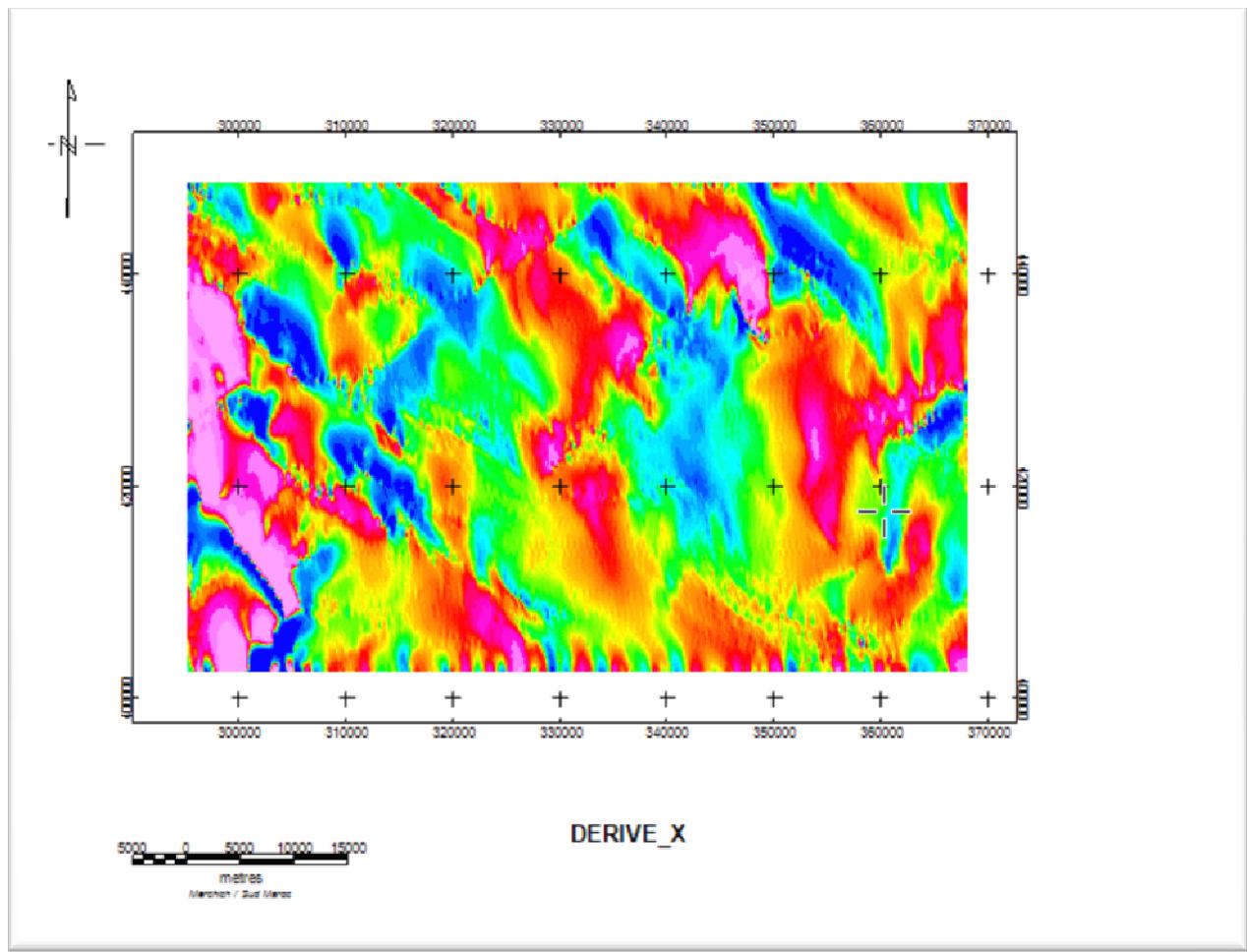
##### A. Carte de la dérivée X : (figure 12)

Le gradient horizontal selon X permet la mise en évidence des contacts lithologiques et structuraux et des accidents tectoniques dans la direction perpendiculaire par rapport à l'axe X. la carte de la figure présente une nette différenciation dans l'intensité des anomalies magnétique

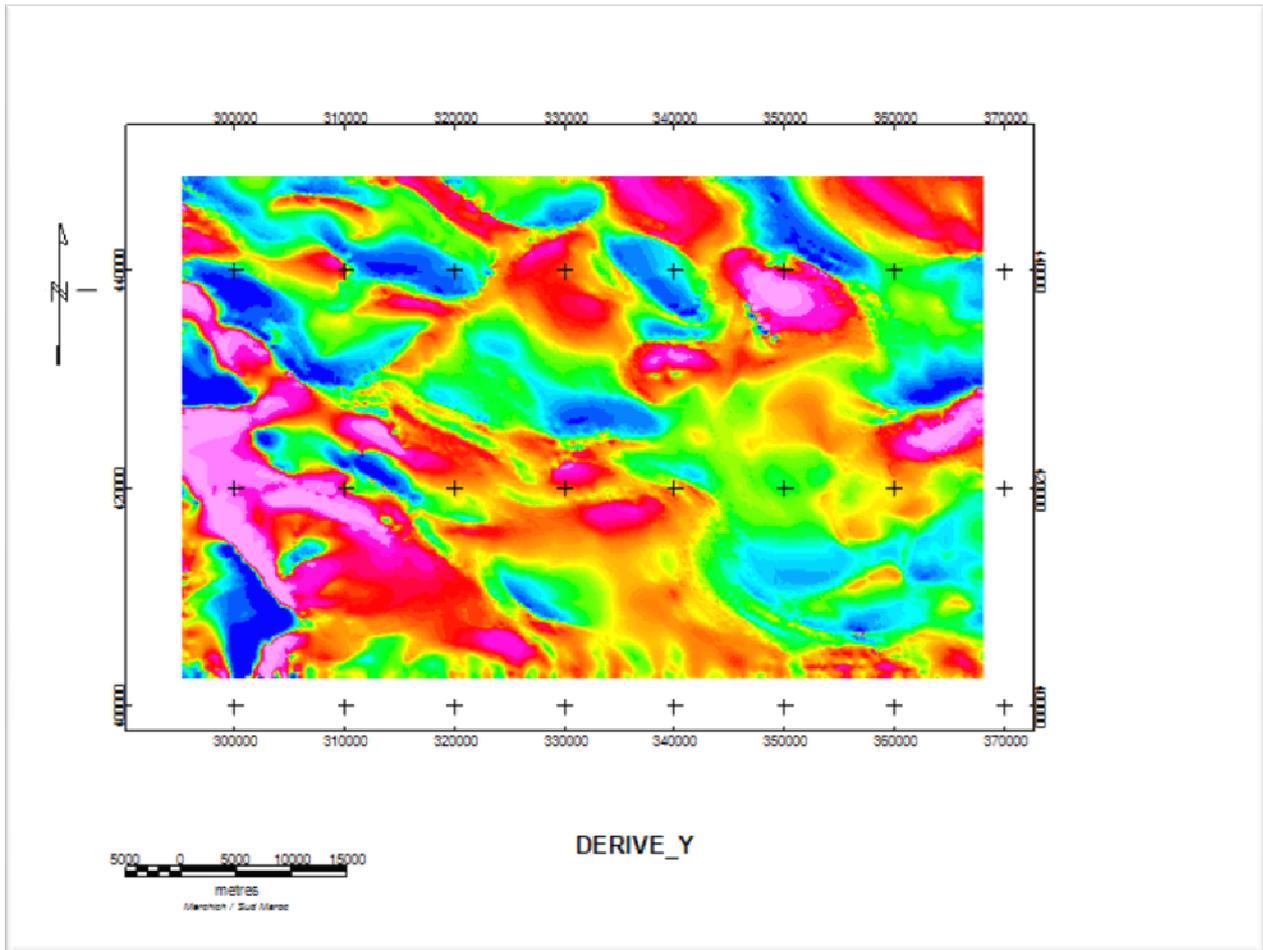
caractérisant les différents domaines lithologiques et structuraux, notamment au niveau du contact entre le bassin d'Ouarzazate et le socle précambrien.

**B. Carte de la dérivée Y : (figure 13)**

Contrairement à la dérivée X, le gradient horizontal selon Y permet la mise en évidence des contacts et des failles orientées E-W. La carte de la figure présente une amplification relative des anomalies magnétiques de courtes longueurs d'ondes liées aux sources superficielles.



**Figure 12 : Carte de la dérivée horizontale X du champ anomal réduit au pôle.**



**Figure 13 : Carte de la dérivée horizontale Y du champ anomal réduit au pôle.**

### **3.2. Carte de la dérivée verticale Z**

La dérivée verticale est utilisée pour amplifier les anomalies de courtes longueurs d'onde et focaliser l'effet des sources superficielles.

La carte de **la figure 14** représente la carte de la dérivée verticale Z des anomalies réduites au pôle. On remarque une condensation des anomalies de courtes longueur d'ondes à l'ouest et NE au niveau du contact entre le bassin d'Ouarzazate et le socle précambrien.

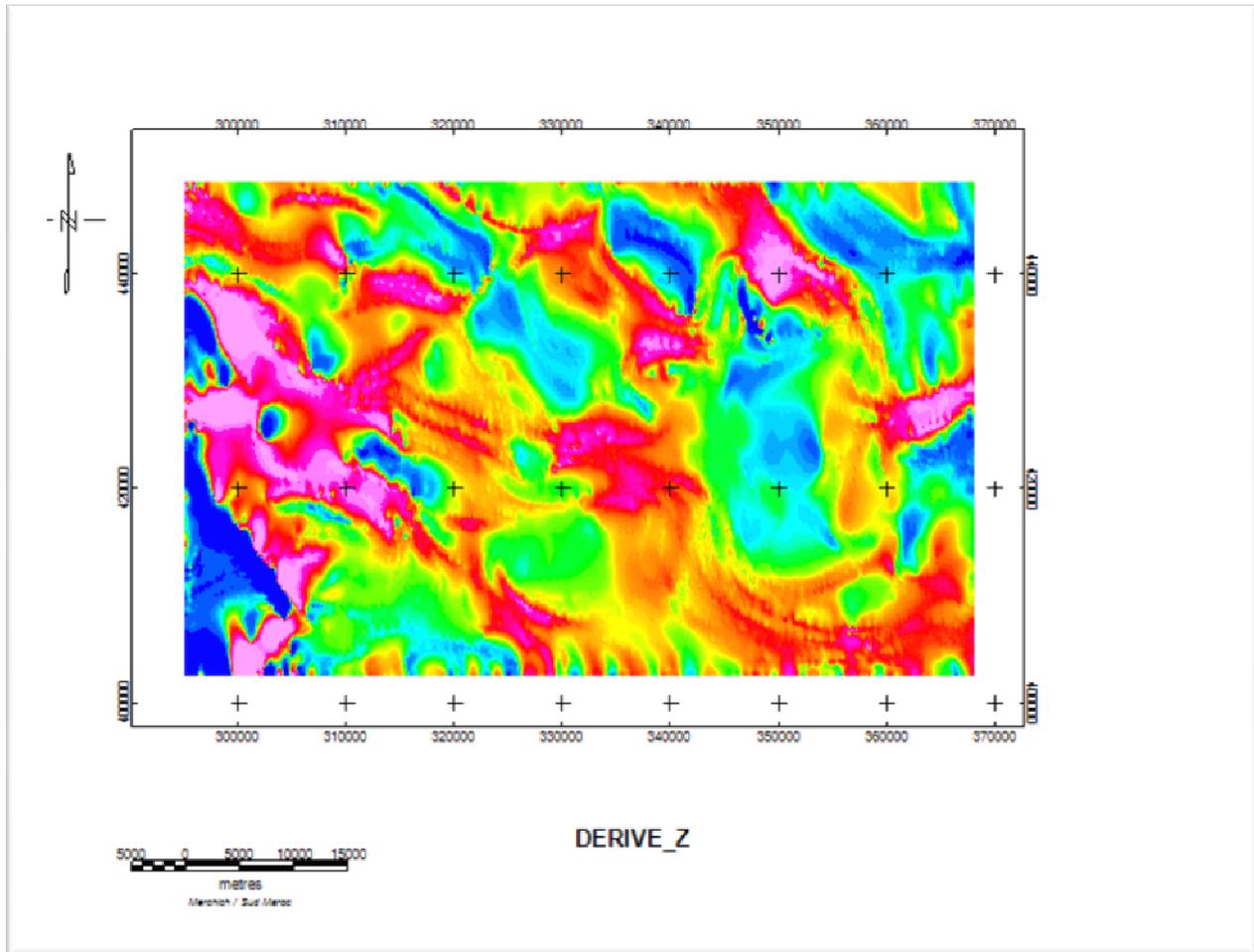


Figure 14 : Carte de la dérivée verticale Z du champ anomal réduit au pôle.

#### 4. Interprétation des cartes prolongées vers le haut

L'application du filtre de prolongement vers le haut est une opération de lissage, elle permet aussi la séparation des sources causatives des anomalies magnétique.

Les figures 15, 16, 17 et 18 représentent les cartes prolongées à différentes altitudes du champ anomal réduit au pôle.

- **Carte prolongée vers le haut à 1 Km (figure 15)** : Cette carte ressemble énormément à celle du champ anomal réduit au pôle, on retrouve toujours les anomalies décrites précédemment mais avec un léger lissage des courbes et une légère baisse d'amplitude.
- **Carte prolongée vers le haut à 4 Km (figure 16)** : On remarque nettement que la plupart des anomalies de courtes longueurs d'ondes disparaissent.

- *Carte prolongée vers le haut à 7 km (figure 17)* : A cette altitude, pratiquement, il ne reste que les ensembles d'anomalies caractérisés par des grandes longueurs d'ondes liés aux sources profondes.
- *Carte prolongée vers le haut à 10 Km (figure 18)* : A cette altitude, les grands ensembles liés aux sources profondes sont bien séparés et nettement différenciés par ses amplitudes.

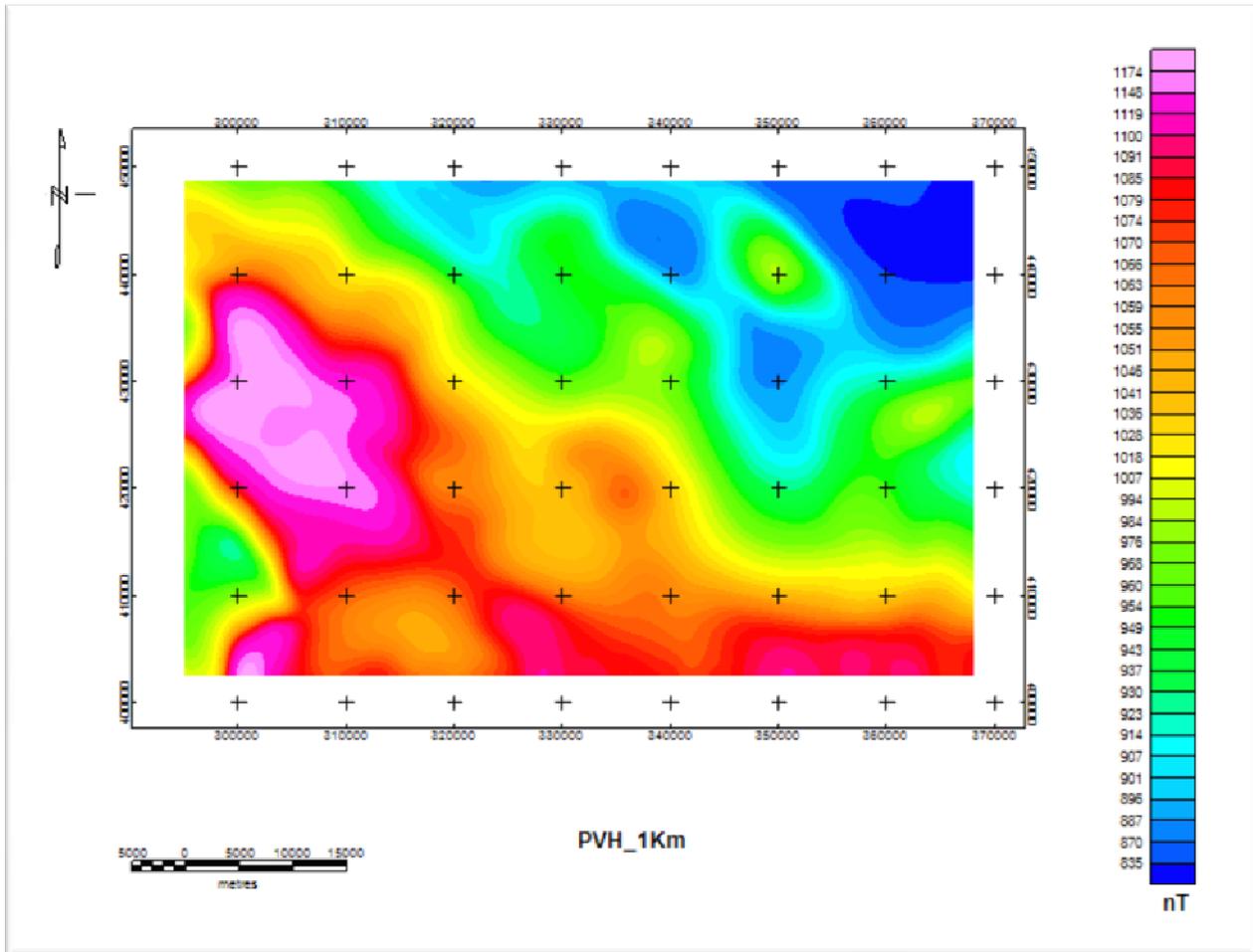


Figure 15 : Carte prolongée vers le haut à 1 km.

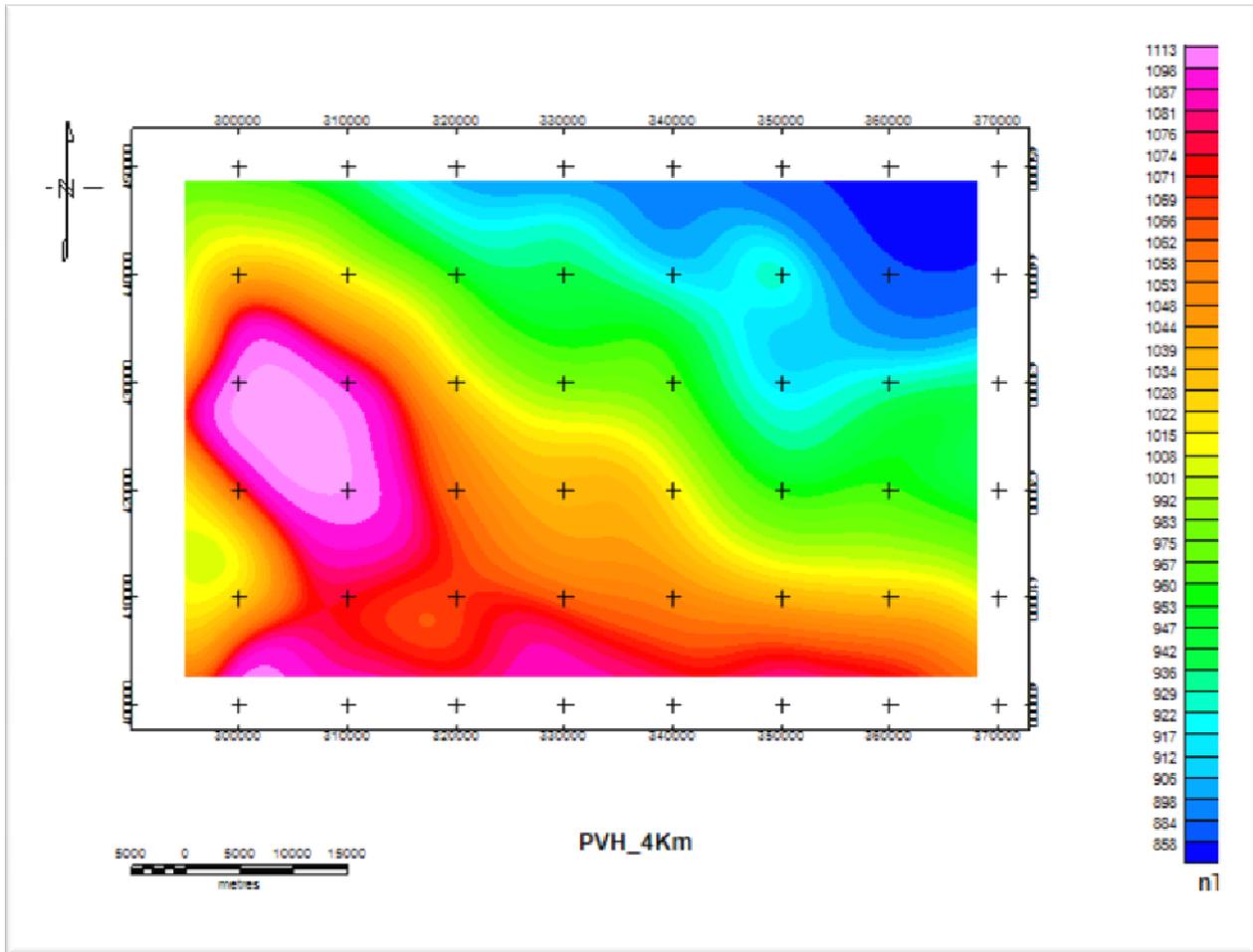


Figure 16 : Carte prolongée vers le haut à 4 Km.

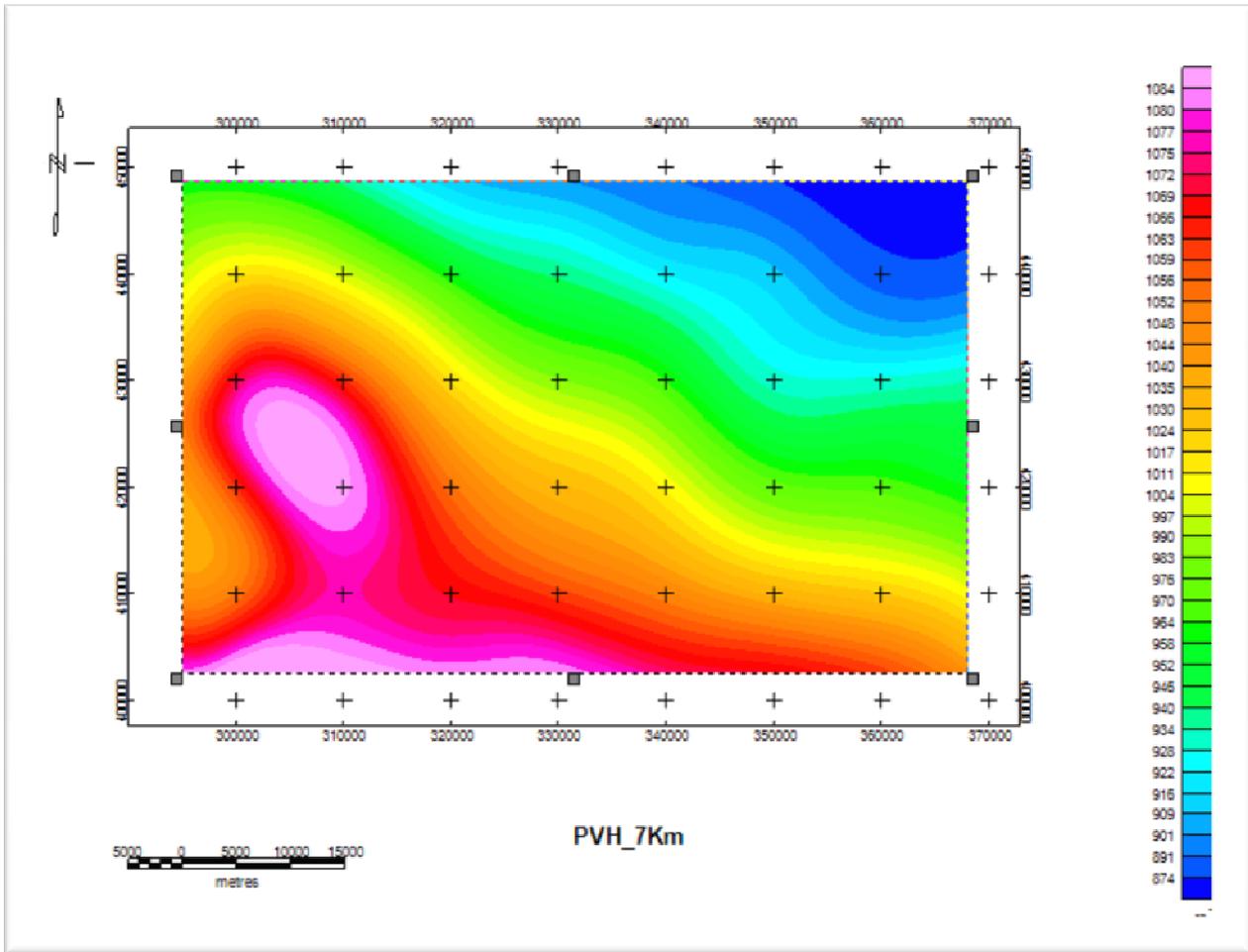


Figure 17 : Carte prolongée vers le haut à 7 Km.

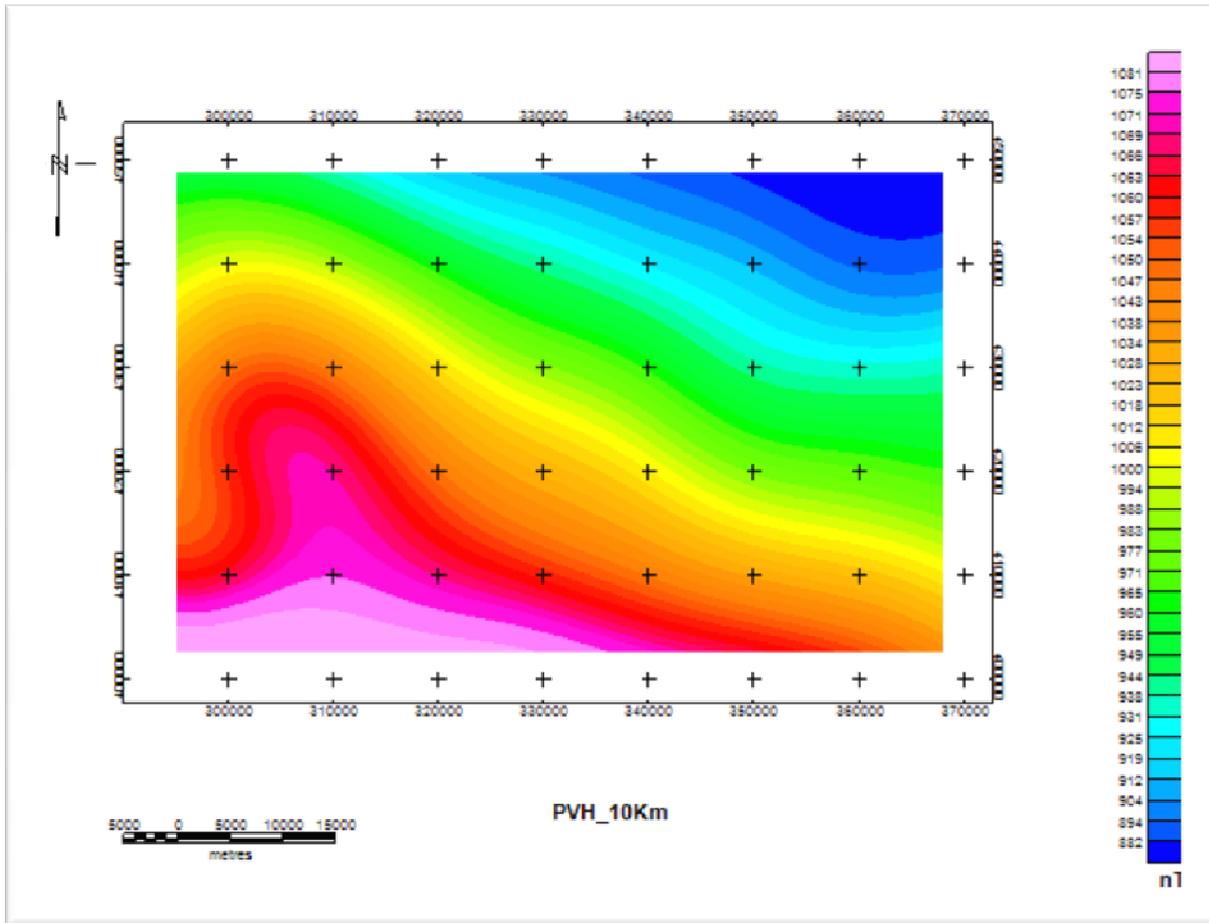


Figure 18 : Carte prolongée vers le haut à 10 Km.

### 5. Interprétation de la carte d'Euler

Dans notre cas, on s'intéresse à la localisation des systèmes de failles et contacts dans la région d'étude, pour cela nous avons opté pour un indice structural «  $SI=0.25$  » puisque les valeurs entières (0, 1, 2 et 3) correspondent à des formes géométriques idéales qui, n'existent pas dans la nature. La tolérance « Z » représente l'erreur sur la profondeur, autrement dit le taux d'acceptation des solutions. La figure représente la solution d'Euler projetée sur la carte des anomalies magnétiques réduites au pôle avec une tolérance  $Z = 7\%$ .

La carte de **la figure 19** représente les solutions d'Euler, projetées sur la carte des anomalies magnétiques réduites au pôle, la carte montre une forte concordance des positions des solutions et leurs profondeurs avec la majorité des anomalies de courtes et grandes longueurs d'ondes.

La carte de **la figure 20** représente les solutions d'Euler, projetées sur la carte géologique, la carte montre l'existence d'une faille entre le contact bassin d'Ouarzazate et le socle précambrien qui n'existe pas dans la carte géologique

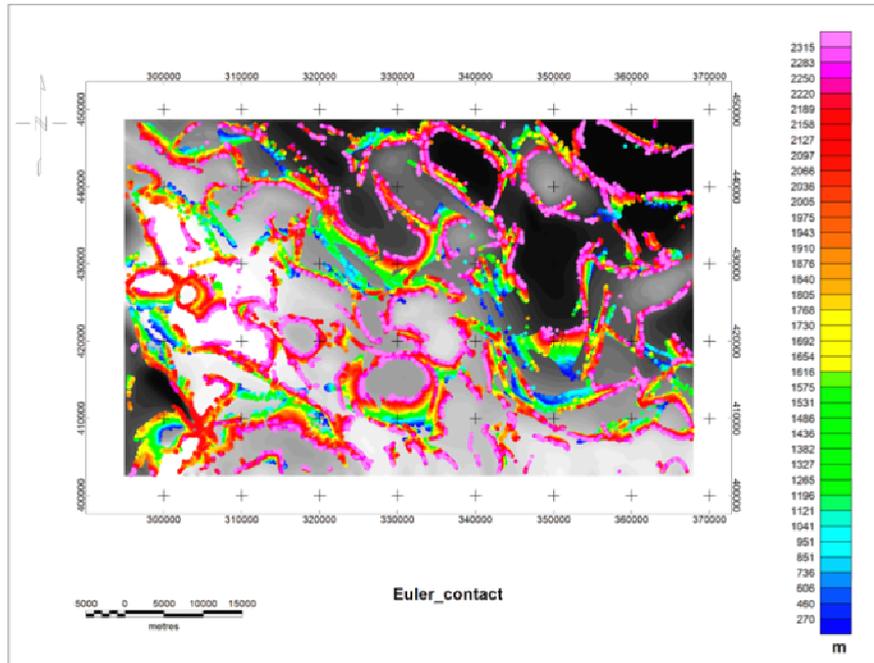
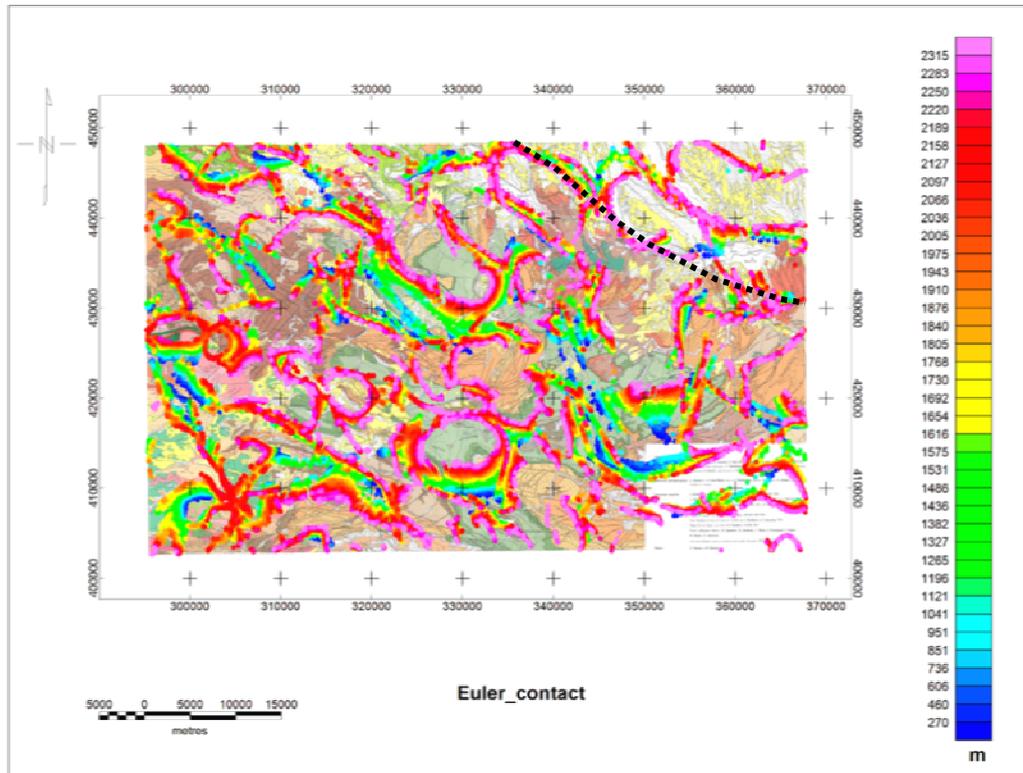


Figure 19 : Solutions d'Euler projetées sur la carte des anomalies magnétiques réduites au pôle.



**Figure 20 : Solutions d'Euler projetées sur la carte géologique.  
En trait discontinu la limite supposée entre le bassin d'Ouarzazate et le socle**



## Conclusion

Au terme de ce travail, ayant pour but l'interprétation des anomalies dans la bordure Sud du bassin d'Ouarzazate. Nous avons pu mettre en relief, les caractéristiques structurales ainsi que les paramètres magnétiques du domaine d'étude en utilisant un levé aéroporté magnétique.

La carte d'anomalies magnétiques montre une grande hétérogénéité du sous-sol en termes d'aimantation magnétique. La réduction au pôle a permis de mieux localiser les structures et de distinguer un socle très aimanté au Sud et le bassin moins aimanté au Nord. Le prolongement vers le haut montre une limite nette entre le socle et le bassin, au Sud d'Ouarzazate suivant une direction NW-SE et qui serait très profonde. La déconvolution d'Euler souligne bien cette limite ainsi que d'autres solutions en rapport avec des accidents cartographiés.

Les données magnétiques traitées par Géosoft et représentées par ArcGis s'avèrent un très bon outil pour la description des structures cachées. Un complément gravimétrique et/ou sismique préciserait encore mieux cette limite.

## Liste des figures :

**Figure 1:** Carte géologique du Maroc.



**Figure 2** : carte géologique du flanc nord de l'Anti-Atlas central dans la région d'Ouarzazate (1962) G.CHOUBERT.

**Figure 3** : Log stratigraphique synthétique des formations mésocénozoïques du bassin d'Ouarzazate (Document ONHYM).

**Figure 4** : Coupe géologique à travers le bassin d'Ouarzazate (d'après Jossen & Filali Moutei 1988).

**Figure 5** : carte du champ des anomalies magnétique d'Ouarzazate.

**Figure 6** : Graphe de prolongement vers le haut.

**Figure 7** : Organigramme du traitement des données Aéromagnétiques.

**Figure 8** : Carte de champ des anomalies magnétiques de la zone d'étude.

**Figure 9** : Les courbes des anomalies magnétiques projetées sur la carte du champ magnétique.

**Figure 10** : carte du champ des anomalies magnétiques réduites au pôle

**Figure 11** : Les courbes des anomalies magnétiques projetées sur la carte des anomalies magnétique réduit au pole.

**Figure 12** : Carte de la dérivée horizontale X du champ anomal réduit au pôle.

**Figure 13** : Carte de la dérivée horizontale Y du champ anomal réduit au pôle.

**Figure 14** : Carte de la dérivée verticale Z du champ anomal réduit au pôle.

**Figure 15** : Carte prolongée vers le haut à 1 km.

**Figure 16** : Carte prolongée vers le haut à 4 Km.

**Figure 17** : Carte prolongée vers le haut à 7 Km.

**Figure 18** : Carte prolongée vers le haut à 10 Km.

**Figure 19** : Solutions d'Euler projetées sur la carte des anomalies magnétiques réduites au pole.

**Figure 20** : Solutions d'Euler projetées sur la carte géologique.



## ***Bibliographie :***

- **(Jossen & Filali Moutei, 1988 ; Sébrier et al.,2006)** : Bassin d'Ouarzazate, synthèse stratigraphique et structurale. Contribution à l'étude des aquifères profonds - Projet PNUD - DRPE (Direction de la Recherche et de la planification de l'Eau) MOR /86/004- Exploration des eaux profondes.
- **(Görler et al.1988)** : le bassin de Oarzazate repose au Sud sur les terrains précambriens de Jbel Saghrou.
- **(Document de ministre d'énergie et des mines)** : Carte géologique du maroc et la carte géologique du flanc nord de l'anti-atlas central dans la région d'ouarzazate (1962).
- **(Document ONHYM)** : Log stratigraphique synthétique des formations mésocénozoïques du bassin d'Ouarzazate.
- **(Bhattacharrya 1965)** : effectua les calculs du filtre de la réduction au pôle en utilisant les doubles séries de Fourier.
- **(Gunn, 1975)** : La transformée de Fourier de la formule de la réduction au pole est donnée par la relation qui représente un cas particulier de l'aimantation induite,Geophys.
- **(Blackely, 1995)** : La transformation de l'anomalie d'altitude  $h_0$  à l'altitude  $h$  est une opération de lissage. Pour trouver l'opérateur de prolongement, on utilise le cadre le plus général relatif à la géométrie du corps, qui découle de la troisième identité de Green,Cambridge University.
- **(Sailhac, 1999)** : la formule du prolongement vers le haut PVH permettant le calcul du champ en tout point situé au-dessus d'une surface horizontale,Thèse d'Etat,Institut de Physique de Globe de Paris,France.
- **(A.GALDEANO)** : Réalisé le programme de calcul de la solution d'Euler.