



**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement**

**Par : Kecili Said**

**et**

**Kadem Abdearrahmane**

**Thème :**

**Cartographie Géologique par Télédétection et SIG dans la région de l'Ougarta.**

**Soutenu publiquement le 20 / 10/ 2022 devant le Jury composé de:**

M. Hamis A

M.C.B UMMTO

Président

M. Zeghouane H

M.C.B UMMTO

Promoteur

M. Brahmi B

M.A.A UMMTO

Examineur

M. Serkhane

Ingénieur ASGA

Co-promoteur

M. Rabah y

Directeur ASGA

Invité

## Remerciements

*Avant tout propos, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la sagesse et la santé afin de réaliser ce modeste travail.*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.*

*A monsieur ZEGHOUANE.H, notre promoteur qui nous a guidé et soutenu tout au long de la réalisation de ce mémoire en nous prodiguant de fructueux conseils et en nous faisant bénéficier de son savoir et de son expérience.*

*Notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont apporté leurs soutiens, nous citerons en particulier monsieur SERKHANE.A, et monsieur TELLAL.G qui ont toujours été disponibles à notre aide, ainsi que monsieur RABAH.Y Directeur de la division cartographie (A.S.G.A) qui nous a accordé une formation sous ENVI au sein de l'établissement qu'il dirige.*

*Enfin nous remercions chaleureusement monsieur HAMIS.A qui a accepté de présider le jury de soutenance et examiner notre travail et monsieur BRAHMI.B pour ses remarques construites comme examinateur de ce mémoire.*

## **Dédicaces**

*Je tiens à dédier ce modeste travail à mes chers parents pour leur amour, leurs sacrifices, leurs précieux conseils, leur confiance et tout ce qu'ils m'apportent dans ma vie. Que Dieu les garde, leur accorde longévité et bonne santé.*

*A la mémoire de ma grand-mère paternelle et de mon grand-père maternel que Dieu leur accorde sa miséricorde.*

*Je dédie aussi ce travail à ma fiancée pour ses encouragements et tout l'amour qu'elle m'apporte quotidiennement.*

*Je remercie mon petit frère Khaled et je lui souhaite tous les succès de la vie et tout le bonheur du monde.*

*Je remercie toute ma famille Kadem & Ainouz et aussi ma belle-famille Hadj-Kaddour qui se soucient de ma réussite et pour leurs nombreuses prières tout au long de mes études.*

*Je remercie mon ami d'enfance et de tous les jours T.Mohand Achour qui aurait aimé être parmi nous et partagé ma joie, sans oublié tous mes amis du département.*

*A tous les étudiants de ma promo RMGE 2021/2022 et plus particulièrement mon binôme Kecili Said.*

*A toutes les personnes que j'aime.*



**Ramane**

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents, pour leur amour et leurs encouragements, pour leurs soutiens, leurs sacrifices et la confiance qu'ils m'ont accordé, que dieu les protèges.*

*A mes très chers sœurs Lyza, Leticia et Nassima pour l'amour qu'elles me réservent, je leurs souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.*

*A mon cher frère Amazigh.*

*A ma grand-mère Fatma à qui je souhaite une longue vie.*

*A mon binôme et ami Kadem Abderrahmane et sa famille.*

*A mes meilleurs amis K.Massi et K.Rinas ; B.Amar et B.Nacer*

*Et a ma cher ami L.Lydia (elline).*

*A toutes les personnes que j'apprécie et que je n'ai pas citées.*

**Said**

## **SOMMAIRE**

### **CHAPITRE I Generalités :**

A. Introduction.....	1
B. But et objectif de projet.....	1
C. Méthodes et outils .....	2
D. Historique des travaux de recherche .....	2
1. Anciennes exploitations minières.....	2
2. Premières explorations géologiques et minières. ....	2
3. Travaux de prospection minière moderne.....	2
4. Travaux académiques.....	3
B. Présentation de la région d'étude.....	3
1. Situation géographique.....	3
2. Le climat.....	5
3. La faune et la flore .....	5

### **CHAPITRE II Géologie regionale :**

A. Introduction.....	6
1. Les Eglabs .....	6
2. Le hoggar.....	8
3. la plate forme saharienne.....	10
4. La chaine de l'ougarta .....	11
B. Conclusion .....	13

### **CHAPITRE III Géologie de la region d'étude**

A. Introduction:.....	14
B. Lithostratigraphie des feuilles de l'ougarta et Karzaz .....	14
1. Le substratum Précambrien (Néo protérozoïque).....	14
2. La couverture sédimentaire .....	14
C. Magmatisme.....	21
D. Tectonique.....	22
E. Minéralisation : .....	24
F. conclusion : .....	27

### **CHAPITRE IV Télédétection :**

A. Généralités.....	28
---------------------	----

1. Introduction.....	28
La définition de la télédétection :.....	28
2. La télédétection et la géologie :.....	28
3. Principes de base de la télédétection :.....	29
4. Bases physiques de la télédétection.....	30
<b>B. LES DONNEES IMAGEES DU SATELLITE "LANDSAT".....</b>	<b>31</b>
1. Historique et caractéristiques succinctes du satellite Landsat.....	31
Les Images Satellitaires :.....	31
a. Le logiciel ENVI :.....	33
b. L'Application sur la région d'étude.....	33
1. Acquisition:.....	33
2. Préparations des images sous ENVI : .....	36
3. Les traitements avec ENVI.....	41
<b>CHAPITRE V Système d'Information Géographique SIG</b>	
A. Généralités.....	52
1. Définition.....	52
2. Représentations des données dans un SIG.....	54
B. SIG sous ArcGis.....	55
C. Le SIG et la Géologie.....	56
D. Domaine d'application des SIG.....	57
E. Avantage d'un SIG.....	57
F. Application a la région d'étude.....	57
1. Étapes suivies pour la réalisation du travail.....	58
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>73</b>

## **Résumé :**

La télédétection et les SIG sont une discipline qui trouve actuellement un grand nombre d'applications dans des nombreux domaines notamment en géologie.

Depuis près d'un demi-siècle, les images acquises par des divers types de satellites contribuent efficacement à l'observation de nombreux phénomènes qui se passent à la surface du globe terrestre. En géologie, ces images sont utilisées essentiellement dans deux domaines : l'amélioration des connaissances du sous-sol et reconnaissances des formations géologiques de la surface du sol.

Dans ce mémoire, on a réalisé un SIG géologique de deux feuilles au 1 /200 000 dans la région de l'Ougarta qui sont : Ougarta et Kerzaz en vue d'établir une cartographie géologique. Le travail a consisté à mettre sous forme de couches d'informations vectorielles l'ensemble des entités géologiques (lithologique, tectonique, magmatisme) en se basant sur l'acquisition, les traitements, analyse et interprétation des images Landsat 8, qui nous ont permis à la fin de mieux cerner les limites géologiques des différentes formations et une meilleure localisation des différents linéaments.

Dans le but d'atteindre cet objectif, nous avons travaillé sur Arc GIS 10.5 : un logiciel SIG développé par ESRI et composé essentiellement de trois applications (ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox). Les différents traitements ont été effectués sous ENVI.

La vectorisation de l'ensemble des feuilles constituant notre région d'étude nous a permis de mettre en évidence la relation entre la lithologie et la géologie des différents affleurements, et ainsi de bien apporter une mise à jour des cartes géologiques.

Le SIG et les résultats obtenus de l'interprétation des images Landsat8 représentent une nouvelle forme de données numériques, susceptibles d'être mise à jour, améliorée et enrichie, ce qui permettra une meilleure manipulation de l'information géologiques de la région d'étude et un gain de temps appréciable pour sa cartographie.

## Liste des figures

<i>Figure 1</i> Cartogramme 1/200000 sud .....	1
<i>Figure 2</i> Zoom sur la région d'étude .....	1
<i>Figure 3</i> Situation géographique des monts de l'Ougarta (Michard,1976). .....	4
<i>Figure 4</i> cartes géologiques simplifiées de l'Afrique nord occidental (d'après Fabre2005).....	6
<i>Figure 5</i> situations géographiques des Eglabs .....	8
<i>Figure 6</i> le schéma montrant la subdivision de Hoggar.....	9
<i>Figure 7</i> une carte montrant la situation géographique de plate-forme saharienne.....	10
<i>Figure 8</i> positions géographiques et morphologiques de la chaîne d'Ougarta .....	12
<i>Figure 9</i> Photo de l'ordovicien (Tellal.G) .....	16
<i>Figure 10</i> Photo de l'argile silurienne (Tellal.G).....	17
<i>Figure 11</i> Photo de Dévonien inférieure (formation dkhissa) (Tellal.G) .....	18
<i>Figure 12</i> Carte géologique et Colonne lithostratigraphique de la région de l'Ougarta et événements géologiques majeurs. ....	20
<i>Figure 13</i> Esquisses structurales de l'Ougarta (ORGM, 2000,inédite) .....	23
<i>Figure 14</i> Illustrations photographique et coupe schématique du gisement de Guettara (Byramjée et Meindre,1956) .....	24
<i>Figure 15</i> la carte géologique et situation des gites de la région de l'ougarta.....	26
<i>Figure 16</i> les éléments fondamentaux de la télédétection.....	29
<i>Figure 17</i> L'Onde électromagnétique simple (monochromatique, plane) .....	30
<i>Figure 18</i> de rayonnement électromagnétique.....	31
<i>Figure 19</i> Interface du logiciel SAS.Planet.....	34
<i>Figure 20</i> Exemple de téléchargement des images Ougarta et Kerzaz à l'aide de SAS.Planet.....	34
<i>Figure 21</i> connexions au compte (USGS).....	35

<i>Figure 22 téléchargements des images satellite LANDSAT 8 de l'Ougarta et Kerzaz à partir de (USGS).</i>	35
<i>Figure 23 layer stacking.</i>	37
<i>Figure 24 Résultat des compositions colorées.</i>	43
<i>Figure 25 Traitement «Decorrelation» bands 3, 2, 1.</i>	45
<i>Figure 26 le tracé des valeurs propres du PC.</i>	46
<i>Figure 27 Exemple de traitement PCA</i>	47
<i>Figure 28 Traitement MNF.</i>	48
<i>Figure 29 Traitement K-Means en 5 classes.</i>	49
<i>Figure 30 Traitement K-Means en 10 classes.</i>	49
<i>Figure 31 Traitement Convolutions.</i>	50
<i>Figure 32 les composants d'un SIG</i>	52
<i>Figure 33 Exemples de données Rasters</i>	54
<i>Figure 34 Exemple de données vecteurs</i>	55
<i>Figure 35 Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant icône connexion à un dossier</i>	58
<i>Figure 36 les étapes d'attribution de la référence spatiale</i>	59
<i>Figure 37 les étapes pour Géo référencement de la carte «Ougarta»</i>	59
<i>Figure 38 le résultat de Géo référencement de la carte «Ougarta »</i>	60
<i>Figure 39 Insertion de l'image satellite SAS.planet de l'Ougarta sur ArcGIS</i>	61
<i>Figure 40 les étapes pour créer une couche (Polygone).</i>	62
<i>Figure 41 le résultat de créations des couches sur « ArcCatalog »</i>	62
<i>Figure 42 la barre d'outils «Editor »</i>	63
<i>Figure 43 Exemple de la vectorisation d'une formation « polygone » de l'Ordovicien Q2-3 (Kheneg el Aathéne) de l'Ougarta</i>	63
<i>Figure 44 Présentation de Quaternaire ancien et Ordovicien Q2-3 de la feuille de l'Ougarta</i>	64
<i>Figure 45 Présentation des failles de la feuille de l'Ougarta (polyline).</i>	65
<i>Figure 46 présentations des failles de la feuille de Kerzaz (polyline).</i>	66
<i>Figure 47 Correction des failles de la feuille de Kerzaz.</i>	67
<i>Figure 48 Correction des failles de la feuille de l'Ougarta.</i>	68
<i>Figure 49 Correction lithologique de la feuille de l'Ougarta</i>	69
<i>Figure 50 les étapes de mise en page</i>	70
<i>Figure 51 cartes Géologiques de l'Ougarta (Mise à jour 2022).</i>	71
<i>Figure 52 Carte Géologique 1/200000 de Kerzaz (Mise à jour 2022).</i>	72

## ***Liste des tableaux***

Tableau 1: <i>Les bandes spectrales de l'instrument OLI</i> .....	32
Tableau 2 : <i>Bandes spectrales de l'instrument TIRS</i> .....	33

## I. Introduction

La cartographie géologique est d'une importance extrême pour le géologue, il est donc indispensable de maîtriser toutes méthodologies et techniques modernes de confection de cartes géologiques. Ces dernières années, la cartographie assistée par ordinateur, notamment la télédétection et le traitement d'images satellites se sont imposés comme les outils de cartographie géologique les plus rapides, les plus précis et les plus fiables qui s'offrent aux géologues, particulièrement lorsqu'il s'agit de cartographie en zones arides et désertiques où les affleurements sont parfois inaccessibles compliquant le travail cartographique classique.

## II. But et objectif du projet :

L'objectif de ce travail est l'application des connaissances théoriques et pratiques acquises au cours de notre cursus universitaire coiffé par un stage effectué à l'ASGA (agence de service géologique Algérie), sur les sciences de la terre en générale et les SIG en particulier, afin de réaliser des cartes géologiques SIG qui sont très proches de la réalité par traitement des images satellites, appliqué aux formations géologiques, tectoniques et gîtologiques.

Le réside dans l'apport qualitatif des différents types de données de l'imagerie aérospatiale disponibles pour la réalisation d'une cartographie géologique fiable.

L'étude concerne deux feuilles au 1/200.000 de la région de l'Ougarta qui sont :

- ❖ Ougarta de **Longitude 3°00' ; 2°00' W** et de **Latitude 30°00' ; 29°00' N**
- ❖ Kerzaz de **Longitude 2°00' ; 1°00' W** et de **Latitude 30°00' ; 29°00' N**

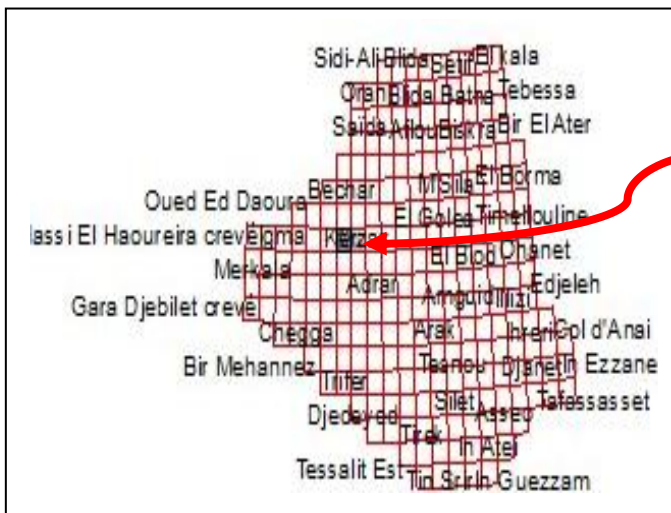


Figure 1 : Cartogramme 1/200.000 Sud

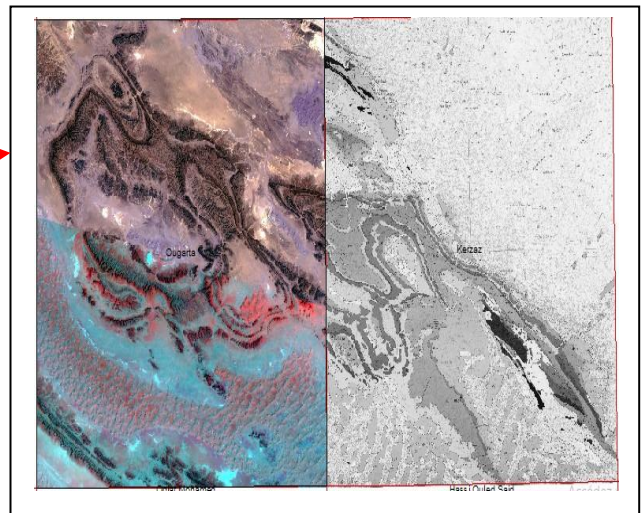


Figure 2 : Zoom sur la région d'étude

### III. Méthodes et outils :

La télédétection et le SIG sont les méthodes qu'on utilise pour la réalisation des cartes géologiques.

-Les outils utilisés sont :

- L'outil informatique,
- Les logiciels Arc GIS 10.5 et ENVI 5.3.
- Les images multi spectrales Landsat-8.

### IV. Historique des travaux de recherche

La région de l'Ougarta a toujours été considérée comme une contrée à vocation minière. Ceci se traduit nettement à travers tout l'historique des recherches que nous essaierons de résumer.

#### A. Anciennes exploitations minières

Dès le 17<sup>ème</sup> siècle, la région de l'Ougarta a vraisemblablement fait l'objet d'exploitation minière, comme en témoignent de nombreuses excavations, des traces de fours, des scories et des ruines d'anciens habitats, La toponymie locale (El Masdar, Guelb En Nehas, Tacroum, Oued El Maâdène ...) atteste du passé minier de la région. Les sites d'anciennes exploitations sont :

- La mine de Ben Tadjine dans le faisceau de la Daoura,
- Tacroum, El Masdar, Guelb En Nehas, Djouf Naâm au niveau de la Saoura. (Mekkaoui.A 2015).

#### B. Premières explorations géologiques et minières.

La région de l'Ougarta a fait l'objet d'études depuis environ un siècle. A partir des années 20, plusieurs expéditions militaires accompagnées de géologues pénètrent au Sud algérien. En 1903, Gautier entame des travaux dans la région de l'Ougarta. En 1906, il apporta une première vision générale de la géologie de cette entité en présentant une carte géologique au 1/1 000 000, sur laquelle apparaît nettement la direction NW-SE des axes des plis. ( Mekkaoui .A 2015).

#### C. Travaux de prospection minière moderne.

De 1976 à 1987, avec le concours de la coopération soviétique et polonaise, la SONAREM puis l'EREM entreprennent des travaux de recherches systématiques dans la chaîne de l'Ougarta.

De 1981 à 1985, une équipe polonaise, sous la direction de Preidl est chargée d'une mise au point sur les indices du cuivre. Cela aboutit à la proposition de deux zones considérées comme étant les plus perspectives : massif du Damrane (Preidl & Derkasz, 1985) et Kahal Tabelbala (Preidl et Bousmaha, 1985).

## D. Travaux académiques

Depuis 1962, lors du deuxième colloque stratigraphique à Paris, il a été admis plusieurs subdivisions stratigraphiques suivantes :

-*Le Géorgien* correspond aux conglomérats de Ben Tadjine et aux arkoses de la formation de Sebkhah ElMelah.

-*L'Acadien – Potsdamien* représentent les quartzites de la formation d'Aïn Nechea.

De 1971 à 1974, un groupe de géologues de l'université d'Alger (Colomb et Donzeau 1971, Chikhaoui, 1974) et Fabre (1971,1976) réalisent des levés géologiques au 1/200 000 des feuilles de Tabelbala, d'Oglat Mohamed et de Ben Zohra qui sont, malheureusement, demeurées inédites.

## V. Présentation de la région d'étude :

### A. Situation géographique :

La région d'Ougarta, appelées aussi monts de l'Ougarta, englobe les faisceaux de la Saoura et de la Daoura, sont un massif montagneux du sud-ouest algérien. Le massif, orienté nord-ouest/sud-est, La chaîne de l'Ougarta, édifiée à l'hercynien s'étend sur plus de 400 Km depuis la région de la Saoura et la Daoura jusqu'au bassin de l'Ahnet. Elle représente un des éléments structuraux majeurs les plus importants de la plate-forme saharienne et se positionne approximativement sur la ligne de suture panafricaine qui sépare le craton ouest africain, vieux de 2 milliards d'années, la zone mobile panafricaine, relativement plus jeune (750-550 millions d'années). **(Figure 3)**.

Le point culminant des chaînes d'Ougarta est le djebel Bet Touaris (altitude de 890 m), situé à l'extrême nord-ouest de la chaîne. Les sommets majeurs sont le djebel Rhemouma (867 m) et le djebel Berga Saida (855 m), tous deux situés au nord-ouest. Les autres sommets ont une altitude comprise entre 772 m (au nord-ouest) et 602 m (au sud-est).

La région de l'Ougarta est délimitée :

- À l'Est par le grand erg occidental (la vallée de l'oued Saoura étant la limite entre les deux zones géographiques) ;
- Et à l'Ouest par l'erg Er Raoui. **(Figure 3)**.

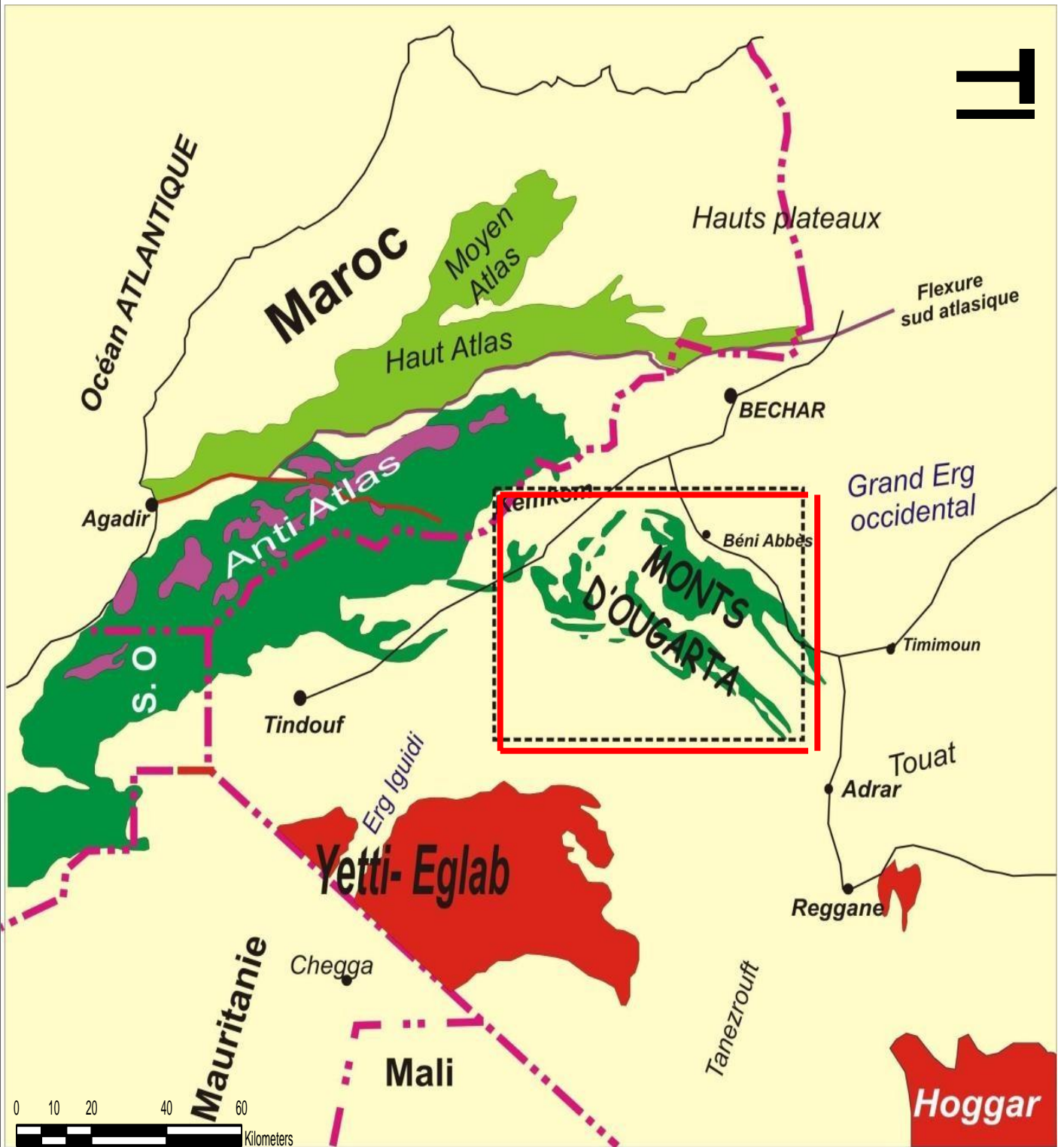


Figure 3 : Situation géographique des monts de l'Ougarta (Michard, 1976).

## **A. Le climat :**

Le climat de la région est typiquement saharien de type continental, caractérisé par de faibles valeurs de précipitation et des fortes variations thermiques. Les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées aux cours des dix dernières années montrent l'extrême aridité du climat de la région. En effet, les valeurs mensuelles sont très faibles ; elles oscillent entre 0 mm (enregistrées en juillet et août) et 5,5 mm (valeurs enregistrées en janvier). En revanche, le régime thermique enregistre des fortes variations mensuelles et même journalières. Les moyennes mensuelles varient de 12,4°C (janvier) à 34,7°C (juillet et août), la moyenne des minimales absolues est de 9,2°C et celles des maximales est de 37,3°C, ce qui fait un écart thermique de 28, 1°C. Au cours des mois les plus frais (décembre-mars), les températures enregistrent des écarts journaliers allant de 17°C le jour à 0°C la nuit, engendrant ainsi des gelées le soir.

**Le vent :** La région d'Ougarta et Kerzaz, à l'instar des autres régions sahariennes, sont soumises à des vents fréquents. Leur vitesse dépasse souvent les 5m/s provoquant parfois des tempêtes de sable surtout pendant les périodes de Mars-Avril et Septembre-Octobre. Les vents les plus dominants au cours ces périodes sont d'orientation Nord-Est et Nord ; en juillet et août, ils deviennent Est et Nord-Est.

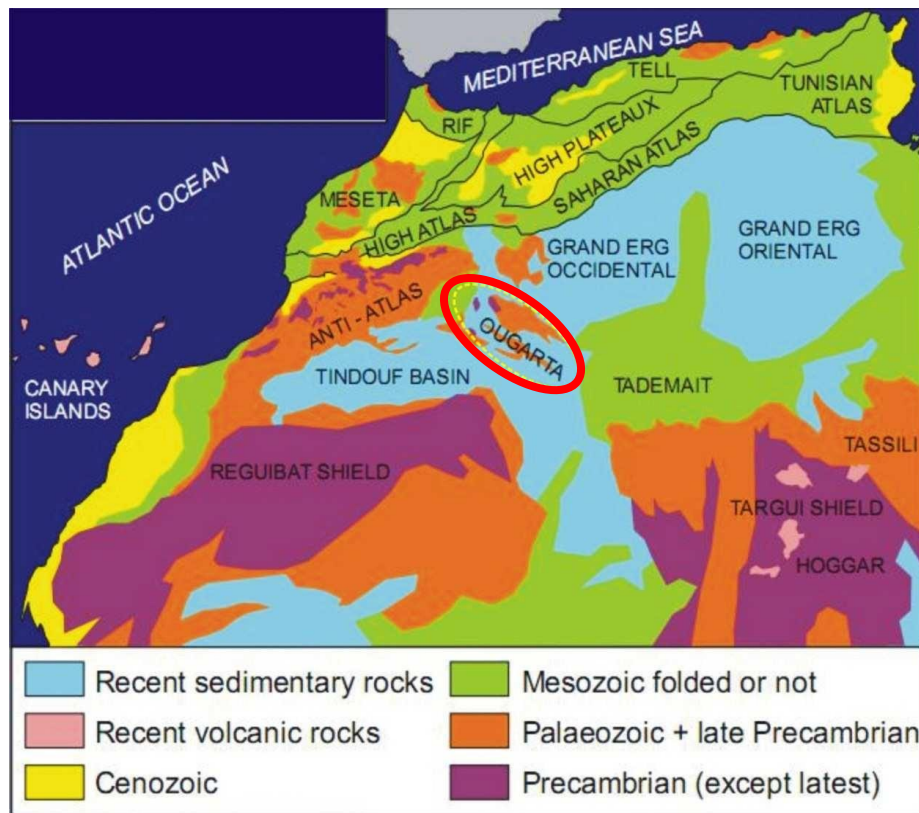
## **B. La faune et la flore :**

Certaines régions dans l'Ougarta sont complètement dépourvues de vie animale ou végétale, mais d'autres régions (les ergs, djebels, hammada) sont relativement vivantes. La faune est représentée en générale par des mammifères : Le blair, le chacal, le renard, l'antilope, les gazelles, le mouflon à manchettes, le guépard, le fennec, les innombrables rats, les gerboises, le lièvre isabelle. Les oiseaux en à l'autruche, l'outarde, les aigles, ganga, la caille, les lézards, les arachnides, et en a aussi quelques insectes. La flore ; est représentée essentiellement par trois espèces d'arbres : Palmiers, dattiers, le talha et l'ethel.

## I. Introduction :

Dans le nord-ouest du Sahara algérien, à l'ouest de la vallée de la Saoura se localise un ensemble de reliefs connu sous le nom de « mont ou la chaîne d'Ougarta. Ce sont les géologues (Menchikoff, 1930,, Aliman et al, 1952) qui les premiers ont relevé, sous l'appellation de chaîne Ougarta, l'existence et l'originalité d'une unité tectonique et stratigraphique remarquable sur le front septentrional du craton ouest-africain (ici le bouclier Reguibat) cette unité, formée de matériel paléozoïque plissé partiellement masqué par une couverture méso-cénozoïque discordante, se divise en deux groupes ou faisceaux divergents vers le nord-ouest : à l'est le faisceau de la Saoura (SE-NW) qui constitue les monts d'Ougarta proprement dits ; à l'ouest le faisceau de la Daoura (ESE-WNW) qui fait le lien avec l'anti -Atlas marocain (Joly, 1962).

D'après Menchikoff et al, la chaîne de l'Ougarta est entourée par quatre entités structurale qui sont les Eglabs au sud-ouest, le Hoggar au sud-est, la plate-forme saharienne au nord-est et l'anti atlas marocain au Nord-Ouest (*Figure 4*).



*Figure 4 : carte géologique simplifiée de l'Afrique nord occidentale (d'après Fabre2005).*

### A. Les Eglabs :

Le massif Yetti-Eglab (ou les Eglabs) occupe une vaste région désertique dans le Sud-Ouest algérien. Le massif est un ensemble cristallin Paléoprotérozoïque rattaché à la

partie nord- orientale éburnéenne de la dorsale Reguibat (branche nord du Craton Ouest-africain) ; il est ceinturé par un ensemble sédimentaire des bassins limitrophes (Taoudenni et Tindouf). Ce massif accréte entre 2,21-2,07 Ga montre des formations paléo protérozoïques type Brimo-Birimien dominées par des manifestations magmatiques (Peucat et al, 2005).

Deux régions naturelles forment la partie orientale du pays Reguibat, la limite passe près de l'Erg Iguidi ; il s'agit de :

Le Yetti, région à l'Ouest du méridien 6° W, sans relief, marquée par des étendues noirâtres et par de vastes pénéplaines « Reg » blanchâtres ; cette absence de relief est à l'origine du nom Yetti.

Les Eglabs, région à l'Est du méridien 6° W, relativement à relief, marquée par des Reg granitiques poussiéreux rouges à roses et intrudées par des massifs volcaniques élevés dominants appelés « Guelb », d'où le nom Eglab.

Au Nord, c'est le "pays des côtes" avec les premières falaises allongées E-W, appartenant au bassin de Tindouf ; à l'Est, c'est le plateau du Tanezrouft et le bassin de Reggan ; vers le Sud, les falaises du Hank amorcent le bassin de Taoudeni et enfin à l'Ouest c'est le Zemmour et la partie centrale du pays Reguibat.

La Hamada désigne de vastes plateaux entaillés développés sur les bassins limitrophes ou en bandes allongées et petites buttes isolées çà et là sur le massif.

Deux grands Ergs sont connus dans la région, l'Erg Chech ceinture le massif au Nord et à l'Est, sa branche occidentale appelée Erg Iguidi, orientée NE-SW, coupe le massif au centre ; ces ergs sont formés de plusieurs cordons appelés "Draa" haut de 100 à 150 m.

Du point de vue structural, l'ensemble cristallin résulte du collage vers 2,09 Ga des deux domaines Eglab à l'Est et Yetti à l'Ouest. La zone de collage correspond à une zone de cisaillement appelée la Zone de Cisaillement Yetti-Eglab. D'autres zones de cisaillement sont également connues ; l'exemple de la Zone de Cisaillement Chenachene (Kahoui et al, 2008).

L'ensemble sédimentaire est représenté par une série Néoproterozoïque (série Hank) reconnue uniquement sur la bordure sud du massif (Bertrand-Sarfati et al 1996), légèrement affectée par la tectonique panafricaine et une série paléozoïque structurée à l'hercynien en vastes synclinaux dissymétriques de Tindouf et de Taoudenni) (BIA, 1960).

La couverture plio-quadernaire est représentée essentiellement par une calcrête silicifiée (Hamada) et par les dépôts sableux (Ergs) (*Figure 5*).

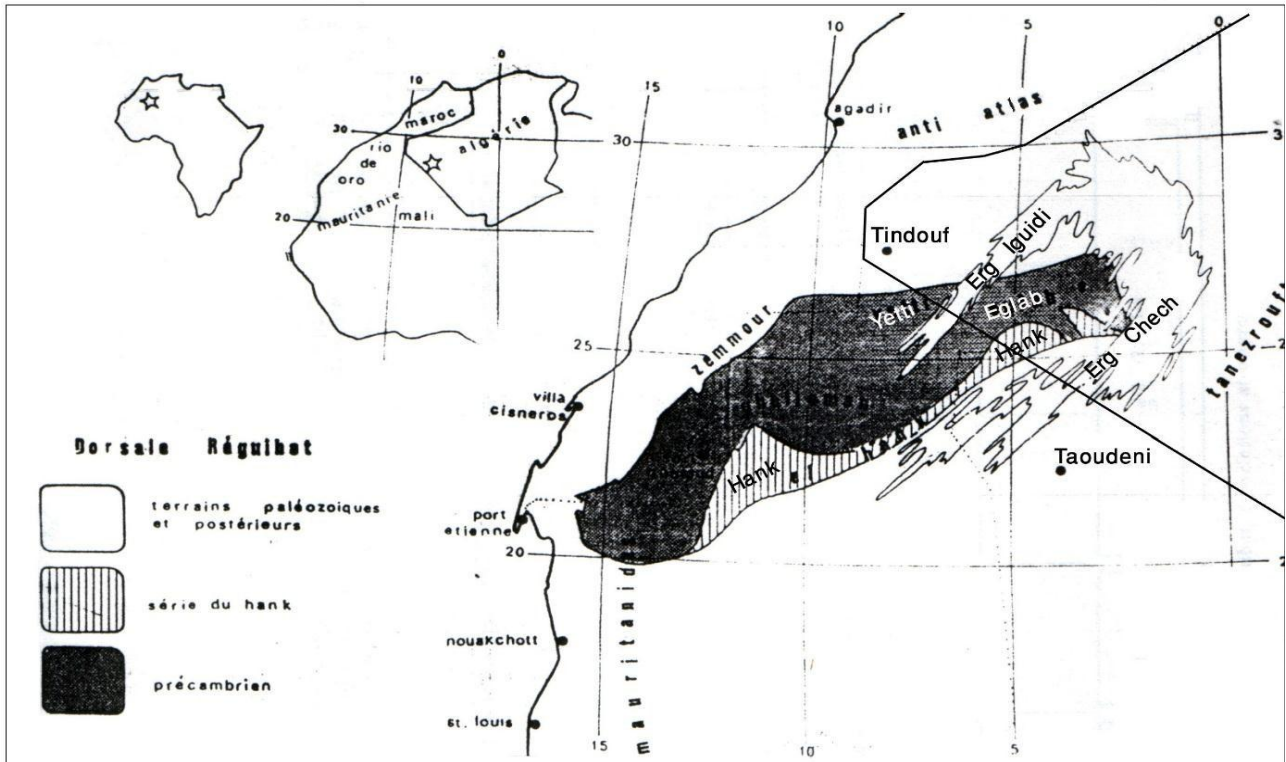


Figure 5 : situation géographique des Eglabs. (BIA, 1960).

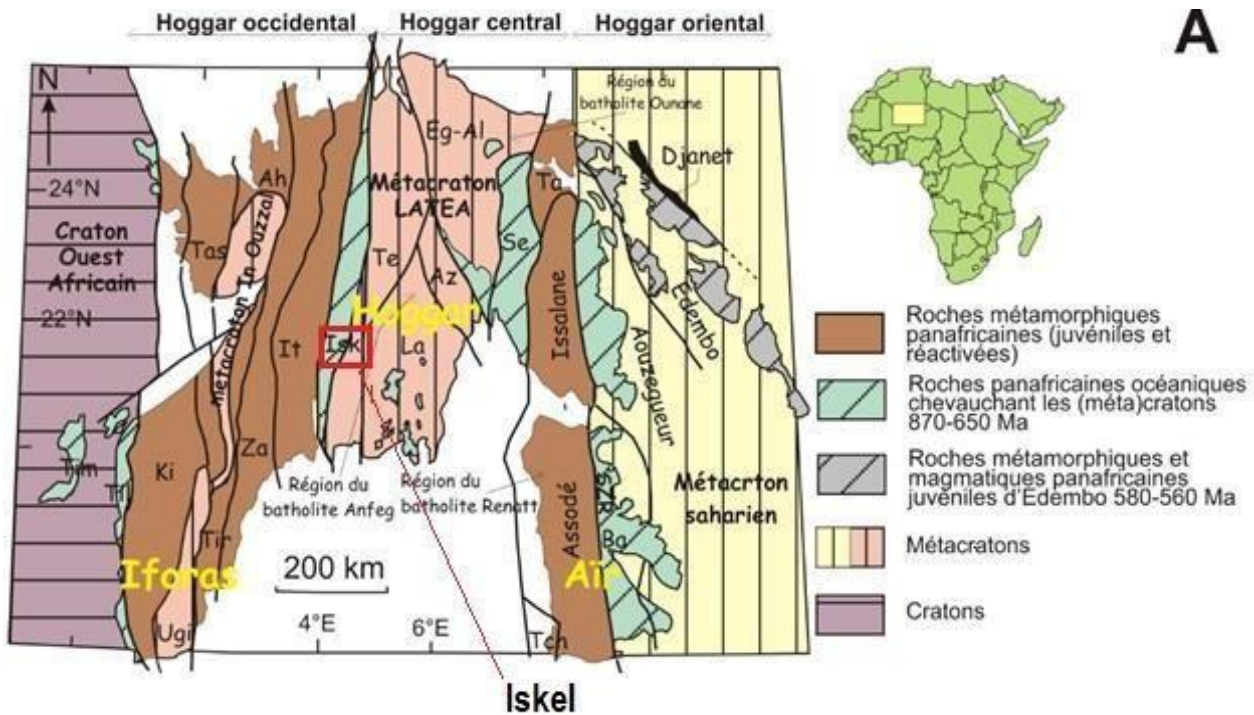
## B. Le Hoggar :

Le massif du Hoggar est un socle précambrien couvrant environ de 550.000 km<sup>2</sup>. Il est dominé par des sédiments du Paléozoïque inférieur, dont le pendage est faible, en couvrant les bordures nord et sud, le Hoggar est masqué à l'Ouest par les dépôts crétacés et quaternaires.

Les roches du substratum précambrien du Hoggar sont caractérisées par des zones de cisaillements, d'orientation dominante N-S, délimitant des blocs cristaux comprenant différents terrains dont la géologie varie des ceintures ophiolitiques aux méta-sédiments jusqu'aux dépôts des classes on passant par des formations orogéniques d'âge panafricain. Les affleurements dominants du Hoggar sont des granites calco-alcalins créés par la fusion d'un mélange partiel en profondeur résultant de la collision entre le Hoggar et le craton Ouest africain à l'Ouest et le craton Est saharien à l'Est. Les zones de cisaillement, N-S, verticales ou sub-verticales, divisent le Hoggar en blocs allongés. Le Hoggar fait partie de la chaîne panafricaine transsaharienne, il est caractérisé par sa subdivision classique en trois compartiments

Longitudinaux et l'existence de deux grands accidents tectoniques subméridiens ; (l'accident 4°50' et l'accident 8°30') qui délimitent le Hoggar, à l'Est de l'accident 8°30' c'est le Hoggar oriental et à l'Ouest de l'accident 4°50' c'est le Hoggar occidental ( Kareche .K et Peter.M 2016-2017) (**Figure 6**).

### 1. Les trois grands domaines structuraux de Hoggar :



**Figure 6 : le schéma montrant la subdivision de Hoggar. (Black et al. 1994)**

#### a) Le Hoggar occidental

Il est limité à l'ouest par le Craton ouest africain et à l'Est par l'accident 4°50'. Il est subdivisé en deux rameaux (oriental et occidental) séparés par le môle In-Ouzzal (terrane d'In-Ouzzal) formé de matériaux d'âge archéen structurés et métamorphisés à l'Éburnéen. Il constitue un vaste domaine où affleurent essentiellement des formations volcano-sédimentaire. Le rameau oriental comprend quatre principales séries d'âge néo protérozoïque qui sont envahies par des intrusions magmatiques. Le rameau occidental comprend des fragments d'un socle gneissique et d'une série à stromatolithes et une autre à volcano-sédimentaire ( Kareche .K et Peter.M 2016-2017).

#### b) Le Hoggar central.

Constituant la partie médiane du massif, limitée par les deux accidents majeurs les quels Le Hoggar Central est plus complexe et hétérogène du point de vue lithologique et structural. Il comporte très peu de matériel sédimentaire ou volcanique d'âge

protérozoïque supérieur, il est dominé par des formations d'âge protérozoïque inférieur et archéen. Dans ce compartiment on regroupe deux séries types :

- a) La série de l'Arechchoum Composée d'ortho-gneiss tonalitiques ou granitiques, les roches dominantes sont des gneiss gris à grain fin.
- b) La série de l'Alaksod Représente une série méta-sédimentaire de plateforme composée de quartzites, marbres, métapelites et roches volcanodétritiques ( *Kareche .K et Peter.M 2016-2017*)

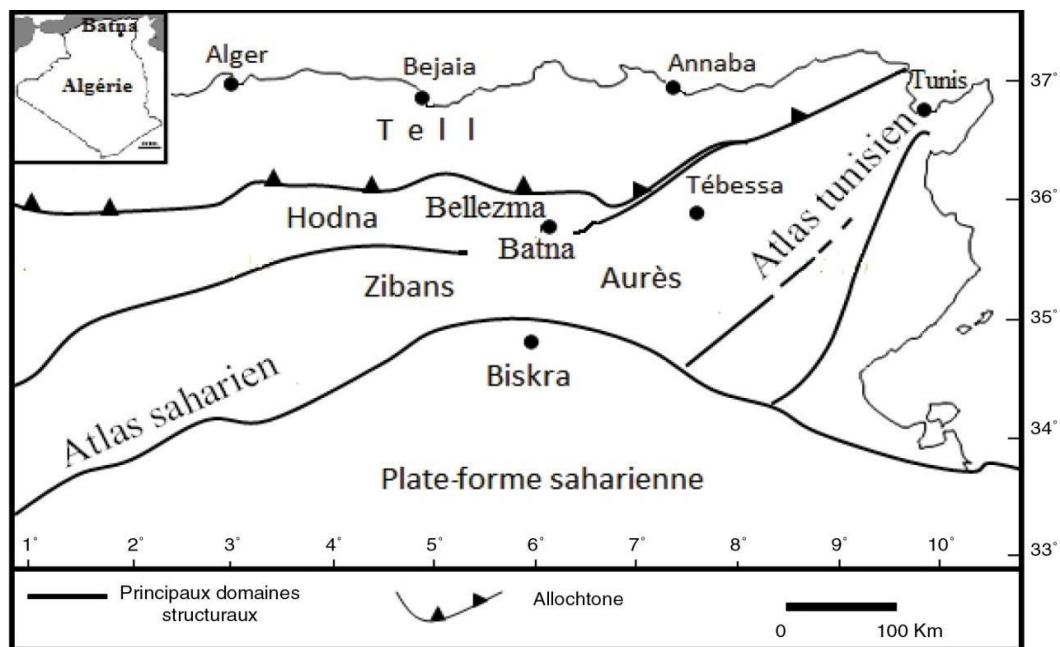
### **b) Le Hoggar Oriental.**

Il est caractérisé par la chaîne « Tiririnienne » d'âge panafricain tardif ; chaîne à caractère linéaire encadrée à l'Est et à l'Ouest par deux socles plus anciens et structuralement différents l'un de l'autre.

Dans ce compartiment, trois sous domaines peuvent être distingués :

1. La chaîne Tiririnienne qui caractérise par des roches métamorphiques et magmatiques très diverses.
2. La zone pré-tiririnienne qui caractérise par des roches volcaniques et plutoniques pré-tectoniques avec des granites, des gneiss et des roches ultrabasiques.
3. Le mole Issalane qui caractérise par de formations méta sédimentaires (quartzites, marbres, pélites et roches calco-silicatées). ( *Kareche .K et Peter.M 2016-2017*).

### **C. La plateforme saharienne :**



**Figure 7 : La situation géographique de plate-forme saharienne.**

La plate-forme saharienne, qui est située au sud de l'Algérie alpine et appartient au Craton Nord-Africain (**Figure7**). Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. On distingue d'ouest en est :

- Les bassins de Tindouf et de Reggane situés sur les bordures nord et nord-est du bouclier Reguibat. La couverture sédimentaire atteindrait 8 000 m dans le bassin de Tindouf et 6 500 m dans celui de Reggane. Dans cette zone peu explorée, les formations paléozoïques pourraient se révéler à hydrocarbures liquides et gazeux ;

- Le bassin de Béchar limité au nord par le Haut Atlas, au sud et à l'ouest par la chaîne d'Ougarta. Sa couverture sédimentaire atteindrait 8 000 m. Les réservoirs se trouvent dans le détritique paléozoïque inférieur et les récifs carbonifères ;

- Le bassin d'Ahnet-Timimoune limité au nord par le haut fond d'Oued Namous, à l'ouest par la chaîne d'Ougarta, au sud par le bouclier Touareg et à l'est par la dorsale d'Idjerane-Mزاب. La couverture serait en moyenne de 4 000 m. Dans le Sud, les réservoirs ordoviciens et dévoniens inférieurs sont gazifères. Au nord, dans la cuvette de Sbaa, de l'huile a été découverte dans la totalité du Paléozoïque ;

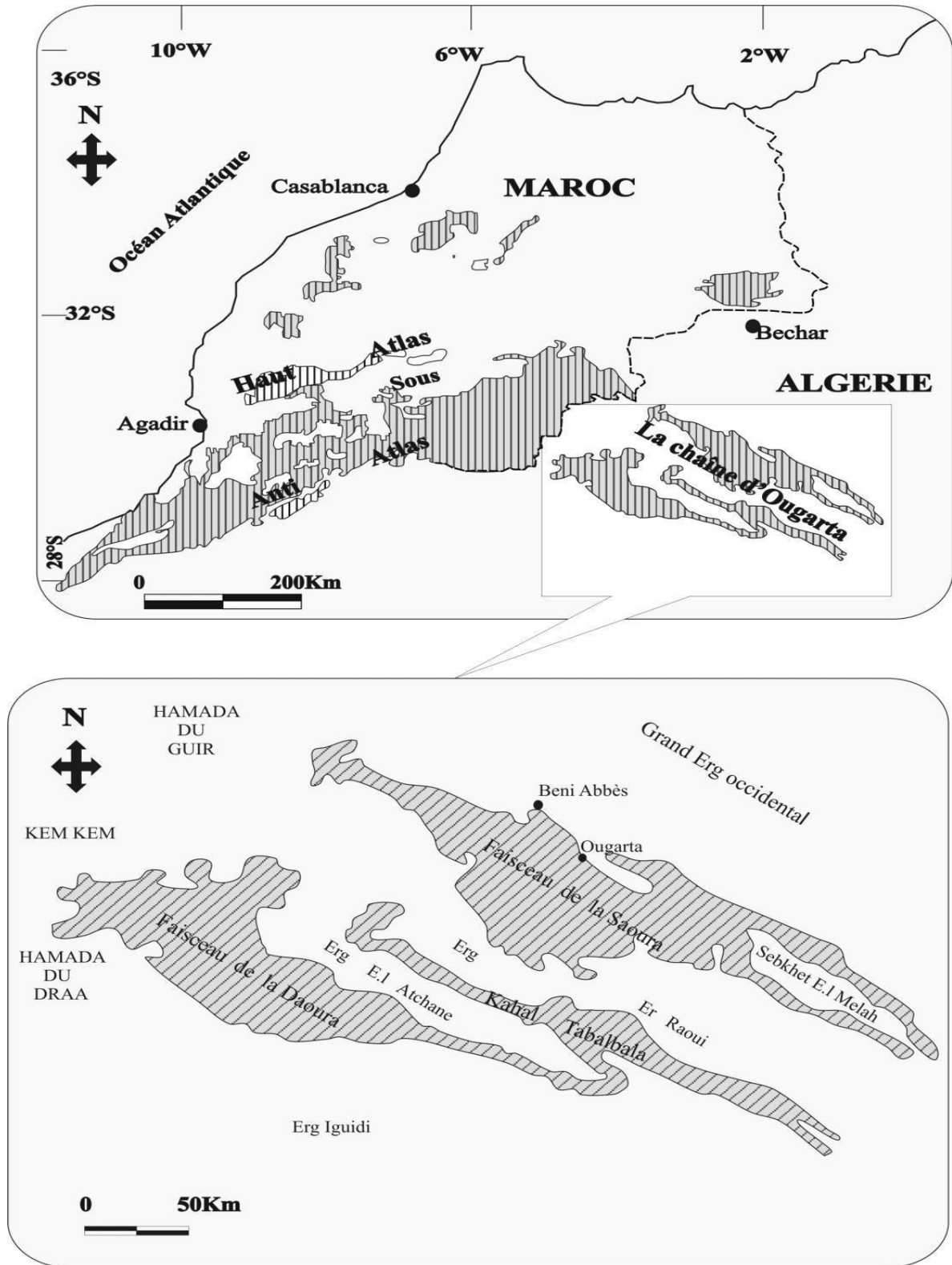
- Les bassins du Mouydir et de l'Aguemour-Oued Mya sont limités à l'ouest par la dorsale d'Idjerane-Mزاب et à l'est par la dorsale Amguid-El Biod. Au sud, les sédiments paléozoïques affleurent dans le Mouydir. Au nord, dans la dépression d'Aguemour-Oued Mya, comblée par une puissante série paléozoïque et méso-cénozoïque (5 000 m à Oued Mya), d'importants gisements ont été mis en évidence dans le Cambrien (Hassi Messaoud) et le Trias (Hassi Rmel) ;

- La synéclyse d'Illizi-Ghadamès est limitée à l'ouest par la dorsale d'Amguid-El Biod et à l'est par le môle de Tihemboka et les confins tuniso-libyens. Dans le bassin de Ghadamès, la couverture sédimentaire (supérieure à 6 000 m), renferme des gisements d'hydrocarbures dans le Paléozoïque et le Trias.

Le craton niolitique a été suggéré par Cahen (1961 et 1963). Sa nature géologique a été définie par Liégeois et al. (2002) qui ont proposé le terme de « méta-craton saharien ». (Mekkaoui .A 2015).

#### **D. La chaîne de l'Ougarta :**

Les Monts de l'Ougarta représentent des chaînons érigés au sein de la plate-forme saharienne, appartenant à l'avant pays hercynien. Ils s'étendent au-delà de 200 kilomètres au S-SW de la ville de Béchar et ils se subdivisent en deux faisceaux de "plis" d'orientation NO- SE qui portent les noms des principaux oueds : faisceau de la Daoura, au Nord-Ouest, regroupant les djebels Ben Tadjine, la structure de l'oued Damrane, le Kahal Tabelbala et au Sud-Est celui de la Saoura qui englobe les djebels Guettara - Bet Touaris, Bou Kbaïssat, NifEl Khroufi et les reliefs de Kerzaz (Sebkha El Melah) (Berrabah.A 2012). (Figure 8).



*Figure 8 : position géographique et morphologique de la chaîne d'Ougarta (Berrabah. A 2012).*

## II. Conclusion :

La chaîne d'Ougarta correspond à une plate-forme qui se définit comme une surface tabulaire en aval des boucliers Reguibat et Tergui. Elle se sépare de l'Atlas saharien par un couloir tectonique étroit qui s'étend depuis Agadir (Maroc) à l'Ouest jusqu'à Gabès (Tunisie) à l'Est. Elle est essentiellement détritique.

Cette chaîne est aussi un bassin sédimentaire qui est entourée au Sud-Ouest par les Eglab et au Sud par le Hoggar et enfin à l'Est par la plate-forme saharienne elle a attiré l'attention de plusieurs chercheurs dès l'époque coloniale pour son grand intérêt économique minier et pétrolier.

## I. Introduction:

Dans la région de l'Ougarta, sur un socle volcano-Proterozoïque repose en discordance une couverture sédimentaire d'âge Paléozoïque allant du Cambrien au dévonien.

La chaîne de l'Ougarta est dépourvue de Carbonifère et de Permien, érosion pour les uns ou zone émergée pour d'autres. Elle présente une forte minéralisation et une tectonique importante. Comme elle comprend majestueusement à un complexe volcano-plutonique basique et acide.

## II. Litho stratigraphie des feuilles de l'Ougarta et Kerzaz.

### A. Le substratum Précambrien (Néo protérozoïque)

Les sous basses anciens des monts de notre région d'étude apparaissent en boutonnières d'érosion dans le cœur des anticlinaux. Il s'agit de formations volcaniques et volcano-sédimentaire qui jalonnent les deux faisceaux de la Saoura et de la Daoura il est représenté par :

- ✓ **Les formations volcaniques** : elles sont essentiellement acides (rhyolites, rhyodacites, dacites et ignimbrites). Dans les niveaux très homogènes, on rencontre des intercalations de niveaux bréchiques, des petites coulées de laves andésitiques et/ou trachytiques.
- ✓ **Les formations volcano-sédimentaire** : Elles sont composées essentiellement de tufs, cinérites, calcaires cinéritiques et comportant un niveau de calcaire à stromatolites en couche. Au sein de cette formation se situe un gisement stratiforme de minerai de manganèse. Des dykes de dolérites sont également injectés à la faveur de failles, dans le complexe ignimbritique. (*potentiel minérale de l'Ougarta*) et (Mekkaoui, 1998, ORGM, inédit).

### B. La couverture sédimentaire :

#### 1. La couverture dite cambrienne :

Les séries qui forment la ceinture cambrienne de l'Ougarta sont classiquement subdivisées en deux unités lithologiques :

- Unités inférieure représentée par les arkoses de la Sebkhata el Mellah à la base
- Unités supérieure représentée par les quartzites d'Ain Néchéa au sommet
- **La formation des arkoses de la Sebkhata El Mellah** : Elle est épaisse de 400m environ, et constituée d'arkoses, arkoses finement laminés, grès arkosiques quartzifiés. Les tigillites très rares au début deviennent plus abondants et atteignent le mètre dans la partie sommitale.
- **La formation des quartzites de Ain Néchéa** : il existe un passage progressif des arkoses

de Sebkhah El Mellah aux quartzites de Aïn Néchéa. Cette formation est essentiellement argilo-sableuse dans sa globalité. Les arkoses débutent à la base par un conglomérat.

L'évolution associée sur plus de 400m deux faciès :

- Des arkoses/grès arkosiques et des quartzites souvent grossiers à Tigillites.
  - ✓ Cette formation se termine par une surface diaclasée, tectonisée, gondelée « la dalle à lingules » représentée par une barre de quartzites grossiers et conglomératiques à gravillons de quartz, débris phosphatés de lingules et des niveaux très riches en Tigillites. Cette barre est d'âge ordovicienne. (*potentiel minérale de l'Ougarta*). (**Figure 12**).

## 2. Les formations de l'Ordovicien :

La meilleure coupe de l'Ordovicien est celle du Kheneg Tlaia, elle montre cinq (05) unités lithologiques :

- 1 – Fom-Tineslem (Tremadoc)
- 2 – Kheneg el Aatène (Arenig)
- 3 – Fom ez Zeidiya (Llanvirn)
- 4 – Bou M'haoud (Caradoc)
- 5 – Ksar d'Ougarta ou djebel Serraf (Ashgill)

L'analyse séquentielle montre deux méga séquences ou formations :

- **Première séquence : (Trémadoc – Arenig inférieur)**

C'est un cycle régressif qui intègre les argiles de Fom Tineslem et les grès du Kheneg el Aatène. Les argiles de Fom Tineslem sont des argiles silteuses et sables micacés qui passent graduellement à des sables avec quelques intercalations calcaires riches en faunes (lingules, trilobites, graptolites) indiquant le Trémadoc – base de l'Arenig.

Les grès du Kheneg el Aatène sont de composition psammitiques à la base, grès ferrugineux et quartzites riches en Tigillites terminent cet ensemble.

Deuxième formation : Arénig supérieur – Caradoc inférieur)

La mer s'étend sur l'ensemble de l'Ougarta, la sédimentation terrigène marine enregistre les effets de la phase tectonique donnent trois unités :

1. Unité Fom Ez Zeidia : très riche en faune (lamellibranches, brachiopodes, trilobites, ostracodes, graptolites, ostracodes, graptolites) qui donne un âge Arénig supérieur – Llanvirn.
2. Unité de Bou Maoud : la sédimentation est argilo – sableuse qui traduirait une certaine instabilité tectonique. On y distingue deux membres :
  - Un membre inférieur grésio-ferrugineux
  - Un membre supérieur argilo-gréseux
3. Unité Djebel Serraf : Elle repose en discordance de ravinement sur la précédente par l'intermédiaire d'un niveau conglomératique transgressif. Sa partie inférieure est quartzitique à la base. Elle contient des lentilles grossières (conglomérats,

microconglomérats) ; les grès à stratifications entrecroisées forment le sommet. (*potentiel minérale de l'Ougarta*). (**Figure 9**).



**Figure 9 : Photo de l'ordovicien (Tellal.G 2021)**

### 3. La couverture silurienne :

Dans la région de l'Ougarta, le Silurien affleure très peu, il est recouvert par les regs. On l'observe souvent dans les dépressions, entre le Kheneg Tlaïa et le village de Zeghemra ou dans la dépression de la Sebkha ou nord du village de l'Ougarta :

- Un événement majeur marque le Silurien, une importance remontée du niveau marin avec un maximum au Silurien moyen. Le Sahara est alors le siège d'une sédimentation marine argileuse très fine dans un milieu anoxique.

Les argiles sont très riches en graptolites pélagiques.

- ✓ Le Silurien de l'Ougarta « formation de l'Oued Ali » : la formation de l'Oued Ali affleure peu dans l'Ougarta, elle est très épaisse (500 à 600m) et très monotone renfermant généralement les argiles avec de très rares intercalations calcaires riches en faunes. (Orthocères, trilobites, lamellibranches, graptolites). Vers le sommet ces argiles passent progressivement à des grès de Zeimlet du Dévonien inférieur. (*potentiel minérale de l'Ougarta*). (**Figure 10**).



*Figure 10 : Photo de l'argile silurienne (Tellal.G 2021)*

#### 4. La couverture Dévonienne :

Le Dévonien est très épais (2500m), il constitue une référence pour les corrélations entre les continents en raison de la continuité et de la qualité exceptionnelle des affleurements. La meilleure coupe du Dévonien est celle dite « du Km30 ». Car elle est située à 30Km au SE de la ville de Beni Abbes. (*Figure 12*).

Ce Dévonien comporte un cycle sédimentaire complet régressif au dévonien inférieur (Gédinien – Sieginien), transgressif à partir de l'Emsien et au Dévonien moyen (Eifelien – Givétien) puis à nouveau régressif au Dévonien supérieur (Frasnien – Fammenien).

Il est subdivisé en six formations lithostratigraphiques suivantes :

**Dévonien inférieur :** la limite entre la série silurienne et celle du Dévonien n'est pas facile à décrypter, en raison de la nature argilo-silteuse des faciès.

- **La série de transition :** la formation argilo-silteuse de Zeimlet et la formation de Saheb el djir. la formation argilo-silteuse de Zeimlet montre sur une centaine de mètres de grès fins à rares niveaux de calcaires à brachiopodes et trilobites. La formation de Saheb el djir est puissante de 250m, elle marque le retour à une sédimentation argileuse que perturbent des intercalations calcaires à orthocéras et trilobites.
- ✓ **La série de grès de Dkhissa :** c'est une imposante série détritique de 500m d'épaisseur. Sa limite supérieure est marquée par un hard grounds bosselé plus ou moins érodé à placage de faune, se situe sous un épais banc calcaire très riches en orthocères géants, appelé la « muraille de chine » un repère à l'échelle régionale. (*potentiel minérale de l'Ougarta*). (*Figure 11*).



**Figure 11 : Photo du Dévonien inférieur (formation Dkhissa) (Tellal.G 2021)**

#### **Dévonien moyen :** la série argilo-calcaire de Teferguerite

Le Dévonien moyen a connu une nouvelle transgression marine durant laquelle va se déposer la série argilo – calcaire de Teferguerite, épaisse d'environ 700m.

Cette série commence avec une barre calcaire et dolomitique « la muraille de chine » et se termine par les calcaires griottes du Frasnien. (*Figure 12*).

**Dévonien supérieur :** le Dévonien supérieur regroupe la formation des argiles de Temertasset et celle des grès de Marhouma, environ 1000 d'épaisseur.

#### **5. Le Néogène :**

Il constitue, soit l'immense Hamada du Guir, soit des buttes témoins (Gour) présentes çà et là. Il est tabulaire et discordant sur l'ensemble des terrains antérieurs. Il se compose de dépôts Fluvio-lacustres couronnés d'une carapace silico-carbonatée.

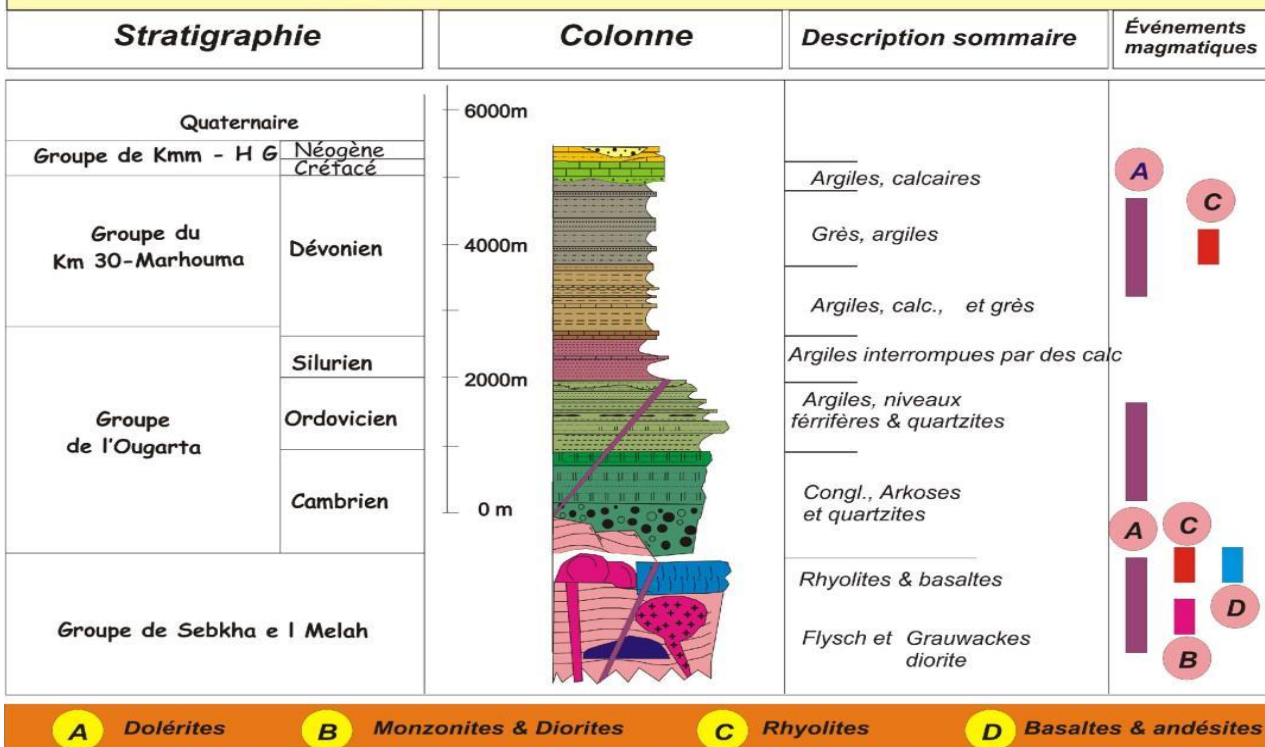
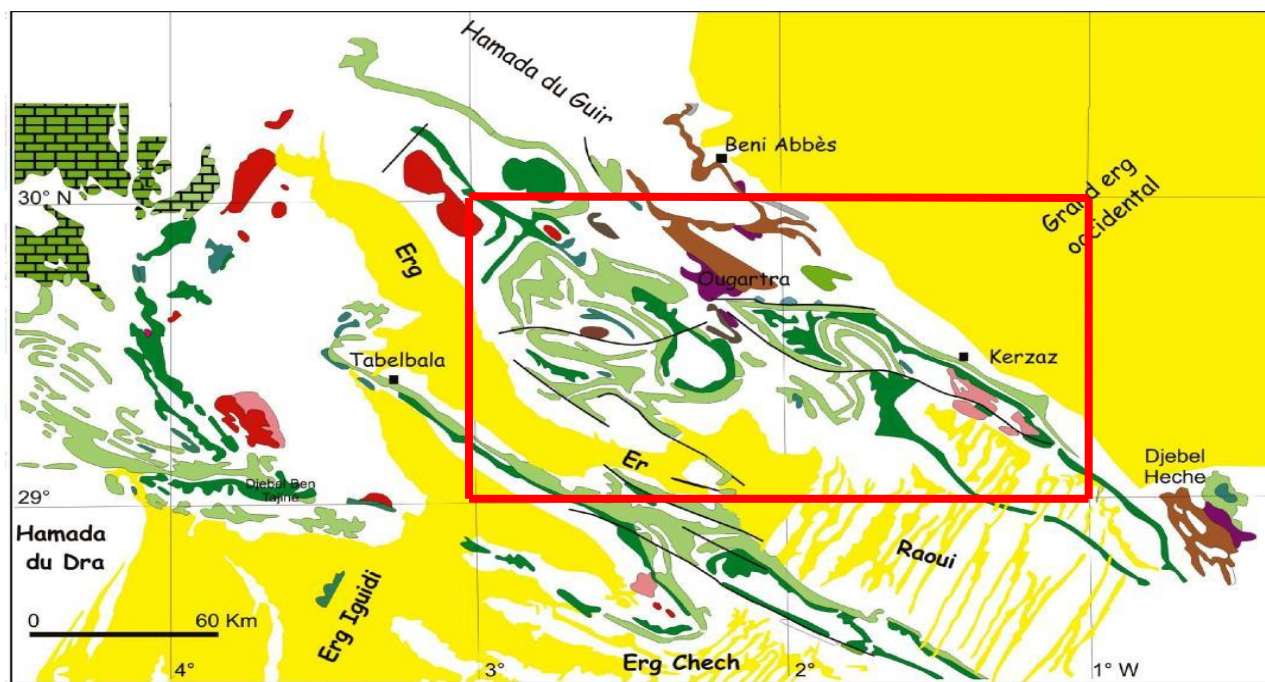
La coupe de Gara Diba, bien documentée dans de nombreux travaux, représente le Néogène au niveau de Béni Abbés qui repose en discordance angulaire sur les schistes rouges du Dévonien supérieur. Cette coupe comprend de bas vers le haut :

- Des argiles dévoniennes altérées de couleur chocolat,
- Une lentille de grès durs conglomératiques,
- Des sables éoliens à stratification entrecroisée.
- Une dizaine de mètres de « torba » présentant à mi-hauteur un niveau de silex.
- Trois bancs calcaires silicifiés séparés par deux bancs de gré calcaires. (*Mekkaoui.A*). (*Figure 12*).

## 6. Le Quaternaire :

Le cycle érosion-sédimentation, régi par des variations climatiques pluviales arides, se développe durant le Quaternaire. Ce cycle a donné, en contrebas de la Hamada du Guir, des formations quaternaires accumulées par le cours de la Saoura où les spécialistes du Quaternaire (Alimen, 1952 et Chavaillon, 1972), ont distingué :

- Des terrasses anciennes (Pliocène - Villafranchien) formées d'une série détritique surmontée de conglomérats et de sables,
- Des terrasses moyennes (Pléistocène ; Saourien) formées d'une série d'encroûtements surmontés par des sables Fluvio-éoliens avec des passées marneuses qui correspondent à une sédimentation lacustre.
- Des Terrasses supérieures (Holocène) composées d'une alternance de sable et de graviers à stratification entrecroisée. (*Chavaillon. D*) (*Figure 12*).



**A** Dolérites      **B** Monzonites & Diorites      **C** Rhyolites      **D** Basaltes & andésites

Figure 12 : Carte géologique et Colonne lithostratigraphique de la région de l'Ougarta et événements géologiques majeurs. (Mekkaoui.A 2015).

### III. Magmatisme :

Il correspond majestueusement à un complexe volcano-plutonique acide et basique.

Ces terrains affleurent principalement dans :

**-Le faisceau de la Daoura** : à l'Oued Damrane, au Col Robert (feuille Tabelbala) ; au Kahal Tabelbala (feuille de Oglat Mohamed) et au niveau de Draïssa et à Boulaâdam (feuille de Hassi Chaâmaba).

**-Le faisceau de la Saoura** : au Djebel Guettara (la feuille Oglat Beraber) ; au Djebel Bet Touaris, Boukbaïssat (Feuilles de Oglat Beraber et Ougarta) et à Sebkhah el Melah (feuille de Kerzaz).

En dehors de cette position classique aux cœurs des anticlinaux, ces roches jalonnent aussi de grands accidents tels qu'au niveau du Djebel Bassala, à Saheb elGhassal, au niveau du Col Robert et au niveau de l'anticlinal de Belfefoul.

Ce magmatisme se retrouve aussi bien en volcanites qu'en plutonites. Il se répartit de la façon suivante :

**-Volcanisme acide** : il est remarquablement développé dans les Djebel de Guettara, Bet Touaris et dans la structure de Boukbaïssat. Il est soit à la périphérie des massifs basiques et constitue les fameuses ignimbrites de la région, soit en dômes soulignant les grandes fractures. Cette disposition est visible dans la partie S.W du Damrane.

**-Volcanisme basique à intermédiaire** : il est essentiellement connu dans l'Oued Damrane, à Draïssa, à Kahal Tabelbala, à Oglat Beraber et à Sebkhah el Melah ; il est constitué de basaltes, d'andésito-basaltes et d'andésites.

**-Dykes et sills** : essentiellement doléritique. Ce réseau filonien est sécant sur les structures géologiques et parfois conforme à la direction ougartienne ; sa direction est de l'ordre de N040° à N070° et de N110° à 140°. L'épaisseur de ces filons varie de 0.5m à plus de 250m. De rares sills et dykes monzonitiques sont connus dans la structure de Sebkhah El Melah. L'âge de ces manifestations doléritiques est majoritairement, attribué par comparaison à ceux de l'anti atlas (Choubert G. et al., 1974).

- **Corps intrusifs de nature dioritique**, un forage réalisé dans la structure de l'Oued Damrane à la base d'une importante anomalie magnétique (champ total) " Dam26 " a révélé sous les dépôts quaternaires une laccolite dioritique (Mekkaoui, 2001, ORGM, inédit).

Comme nous l'avons évoqué, toutes les roches basiques du faisceau de la Daoura font l'objet, dans les chapitres qui suivront, d'une caractérisation pétrologique et géochimique.

#### IV. Tectonique :

Dans notre région d'étude on distingue deux types de formes tectoniques qui sont :

**a. La tectonique plicative :** le mont de l'Ougarta présentent une structuration générale de NW-SE au sien de quelle on distingue trois mégasstructures.

- L'anticlinorium du Kahal Tabelbala
- L'anticlinorium Ougartien ou Central
- L'anticlinorium de Kerzaz

**b. La tectonique cassante**

Trois systèmes de failles peuvent être distingués :

**-Les failles N140° (ougartiennes)** correspondent aux failles rajeunies du socle à l'Hercynien avec formation des brèches, de ferruginisation et de silicification.

**-Les failles N E (Ksiksou)** reflètent elles aussi des fractures du socle ; elles se présentent sous forme de zones de fractures subparallèles. Leur rejeu est hercynien et elles s'accompagnent de ferruginisation intense et de minéralisations à manganèse.

**- Les failles E-W** sont tardives et représentent la résultante géométrique des grandes fractures du socle NW et NE. Enfin, des faisceaux de fractures moins importants, parallèles aux grandes failles, ont un remplissage quartzéux à minéralisation polymétallique (Cu, Pb, Zn, Ba...).(Figure13).

Le levé aéromagnétique a permis de mettre en évidence deux grands accidents bordant les monts de l'Ougarta : un au sud- ouest qui se prolonge dans l'Anti Atlas pour passer à Bou Azzer et un autre au nord- est qui coïncide probablement avec le cours de la Saoura.

Sur le même levé, nous avons pu déceler des failles anciennes du socle de direction moyenne NW qui mettraient en contact des compartiments de composition différente. Elles découpent le soubassement précambrien en blocs affaissés et soulevés avec des rejeux verticaux considérables. Ces failles se sont probablement formées dans un régime tectonique distensive.

Ce système de fractures a permis la mise en place de dykes allongés dans la direction générale de la chaîne (les dykes à olivine, les dykes andésitiques et rhyolitiques). Un autre système NE de failles a été repéré par l'aéromagnétisme, découpant le soubassement en aires losangiques.

La distension triasico-liassique se manifeste dans le Sahara nord occidental par une mise en place de dykes doléritiques de direction NE. Les plus célèbres sont le dyke de Foum Ez Zguid en territoire marocain et son frère jumeau à Ksiksou dans la région de Béchar. (Menchikoff, 1930) (Donzeau,1983).

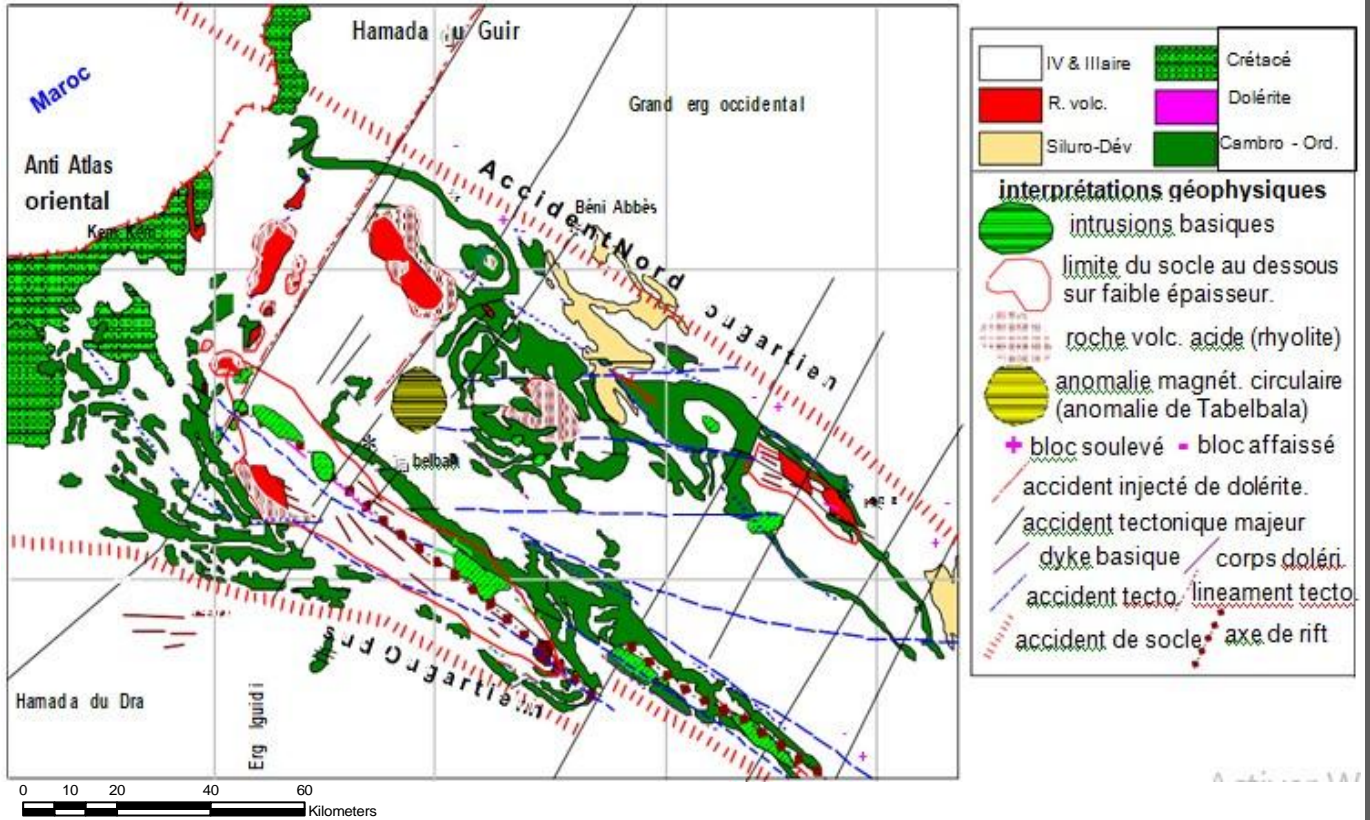


Figure 13 : Esquisse structurale de l'Ougarta (ORGM, 2000, inédite)

## V. Minéralisation :

Plusieurs indices et gisements métallifère affleurent dans la chaîne de l'Ougarta, parmi les plus importants on citera :

### ✓ Le gite de manganèse de Guettarra :

Dans le massif de Guettara affleure une minéralisation à Braunite-Hausmannite - Psilomélanes accompagnée de silicates de manganèse et de calcium, elle représente une minéralisation de type skarn. Cette minéralisation à manganèse est toujours accompagnée par une minéralisation épithermale, représentée par de la Tilasite  $[CaMg(AsO_4)_2 \cdot F]$  qui donne un cachet métallogénique particulier à cette région. (Khakhlov, 1981) (Pénitentiel minérale de la chaîne Ougarta). (Figure 14).

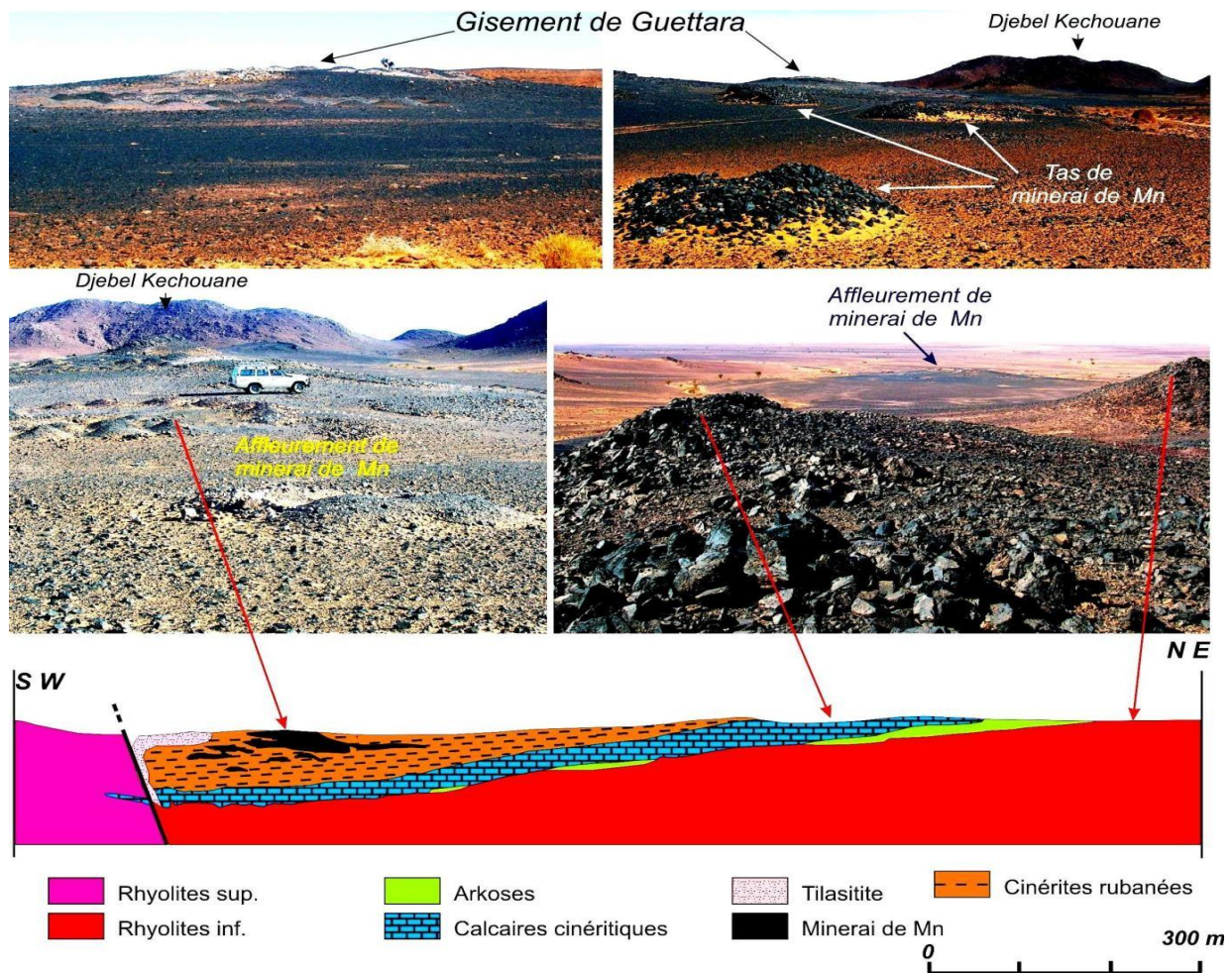


Figure 14 : Illustrations photographique et coupe schématique du gisement de Guettara (Byramjée et Meindre, 1956)

✓ **Gîte de Rahmani Laadjel :**

L'indice de Rahmani est associé au flanc NE et de Laadjel à celui SW du synclinal de BenTadjine. Les flancs de la structure sont constitués de formations terrigènes d'âge cambrien inférieur qui reposent en discordance angulaire et azimutale sur les roches volcaniques du Néoprotérozoïque.

✓ **Gîte de damrane :**

Le Damrane, partie SO de l'Ougarta (Algérie), est une boutonnière à cœur de Précambrien volcanique et volcano-sédimentaire qui constitue un jalon entre le Précambrien de l'Anti-Atlas marocain et celui du Hoggar. Le Précambrien du Damrane est impliqué dans une structure anticlinoriale souple, de faible amplitude, de direction N130/140, rattachée à l'orogénèse hercynienne. (**Figure 15**).

✓ **Gîte de Takroum**

La minéralisation est observée à l'extrémité Nord-Ouest de l'anticlinal de la Sebkhah El Mellah, sur une superficie de 20Km<sup>2</sup>. Elle est encaissée par les quartzites, grès quartzitiques et grès d'âge Cambrien inférieur. Elle se présente sous les formes suivantes : insertions, veinules, par endroits textures bréchiformes ou en imprégnations. . (**Figure 15**).

✓ **Les gîtes de la région de Bechar.**

La région de Bechar est caractérisée par des minéralisations de cuivre et argent liées aux séries pélitiques et volcaniques du Néoprotérozoïque de la région de Boukaïs.

✓ **Gîte de Boukaïs**

La région de Boukaïs forme une structure en anticlinal dont uniquement le flanc sud affleure, entourée par les roches sédimentaires phanérozoïques.

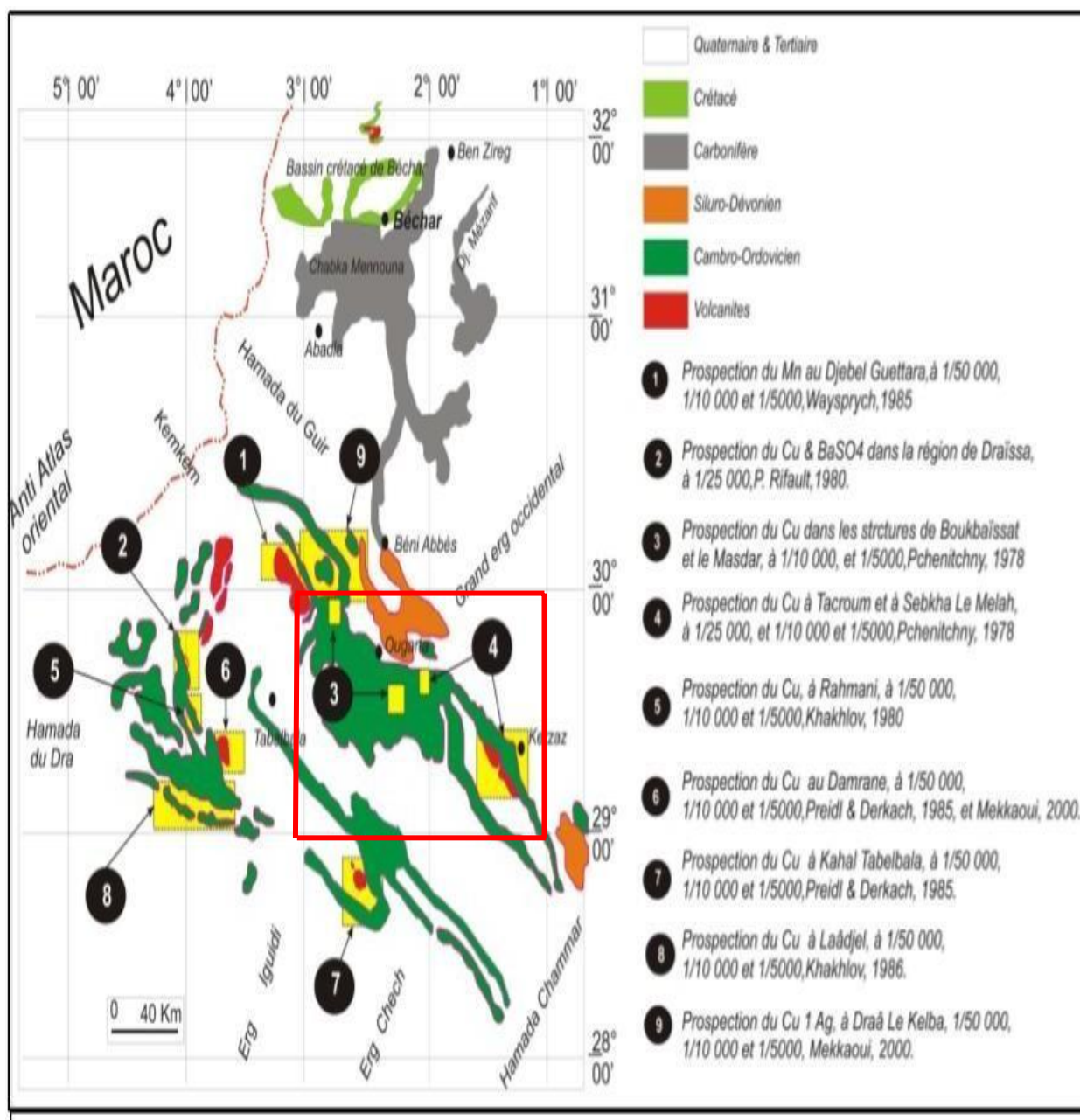
La minéralisation est encaissée au sein des roches volcaniques (andésites, rhyolites, dacites) et sédimentaires (grès, pélites). Elle forme des zones allongées de 40 à 400m de long et de 6 à 100m de large avec une épaisseur de 0.1 à 2m. . (**Figure 15**).

✓ **Gîte de barytine de Draïssa :**

Les filons de barytine de l'indice de Draïssa sont accompagnés par de la galène et des produits d'altération de celle-ci en pyromorphite. Il est situé à l'extrémité nord-ouest du faisceau de la Daoura découvert pour la première fois en 1952 par le BRMA.

Ces filons de barytine sont encaissés dans les quartzites (grès à tigillites) du cambrien.

Ces filons présentent des directions  $N70^\circ$  avec des pendages sub verticaux et des épaisseurs dépassant le mètre (1.20m). Ailleurs, la barytine est souvent associée au Cu, Pb, Zn (**Figure 15**).



**Figure 15 : situation géologique des gites de la région de l'Ougarta.**

## VI. Conclusion :

La région d'étude Ougarta et Kerzaz contient essentiellement du substratum Précambrien (Néo protérozoïque) qui contient de la formation volcano-sédimentaire et d'une formation volcanique. Comme elle est représentée aussi par une couverture sédimentaire qui compose du Quaternaire de l'Ordovicien du Silurien du Cambrien du Dévonien et du Néogène, comme elle correspond majestueusement à un complexe volcano-plutonique acide et basique on peut citer quelques exemples le gisement de manganèse (Guettara) qui est un gisement basique et le gisement de Barytine (Draïssa) qui est un gisement acide.

Cette région possède deux types de formes tectoniques qui sont : la tectonique plicative d'une structuration générale de NW-SE au sein de laquelle on distingue trois mégastructures : L'anticlinorium du Kahal Tabelbala, L'anticlinorium Ougartien ou Central, L'anticlinorium de Kerzazet. Pour la tectonique cassante, on distingue trois failles différentes *Les failles N140° (ougartiennes)* correspondent aux failles rajeunies du socle à l'Hercynien avec formation des brèches, *Les failles NE (Ksiksou)* Leur rejeu est hercynien et elles s'accompagnent de ferruginisation intense et de minéralisations à manganèse. Et- *Les failles E-W* sont tardives et représentent la résultante géométrique des grandes fractures du socle NW et NE. Enfin, des faisceaux de fractures moins importants, parallèles aux grandes failles, ont un remplissage quartzé à minéralisation polymétallique (Cu, Pb, Zn, Ba...)

Plusieurs indices et gisements métallifères affleurent dans la zone d'étude, le cuivre dans le secteur Boukbaïssat et de le Masdar (Ougarta) et dans le secteur de Tacroum et Sebkha el Melah (Kerzaz).

## I. Généralités :

### A. Introduction :

La télédétection est utilisée de manière croissante dans différents domaines ; des centaines de satellites d'observation de la Terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications militaires mais aussi de plus en plus pour des applications civiles telles que la gestion des ressources naturelles, la climatologie, l'océanographie, la géographie ou la cartographie....

### B. La définition de la télédétection :

Télédétection vient de deux mots, Télé qui signifie « à distance » et détection qui veut dire « découvrir » ou « déceler ». Le néologisme « remote sensing » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante : « Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.

» (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988). Cette définition est très vaste. Mais ce travail concerne particulièrement les techniques de télédétection aérospatiale, qui a pour but l'étude de la surface de la Terre à partir des satellites, en utilisant les propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchis ou diffusé par les corps ou surfaces qu'on étudie. Voici une définition plus adaptée à notre cas : « La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre, sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information. (Site Web du Centre Canadien de Télédétection: <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>).

### C. La télédétection et la géologie :

La télédétection a été utilisée pour examiner la composition et la structure des autres planètes et satellites naturels. La télédétection est un outil qui permet l'extraction d'information sur la structure ou la composition de la surface de la Terre. Elle est souvent combinée à d'autres sources de données pour des mesures complémentaires. À partir de la réflectance spectrale, les données multispectrales peuvent fournir de l'information sur la composition lithologique des roches. Le radar fournit des informations sur la rugosité et la géométrie de la surface et est donc très utile, surtout quand il est combiné avec des données provenant d'autres sources pour produire une représentation détaillée du relief.

La télédétection n'est pas limitée aux applications géologiques directes ; elle est aussi utilisée dans la planification et la logistique, comme la planification des routes d'accès dans une région minière, la surveillance de projets de réclamation, et dans la création de cartes de base sur lesquelles les données géologiques peuvent être superposées.

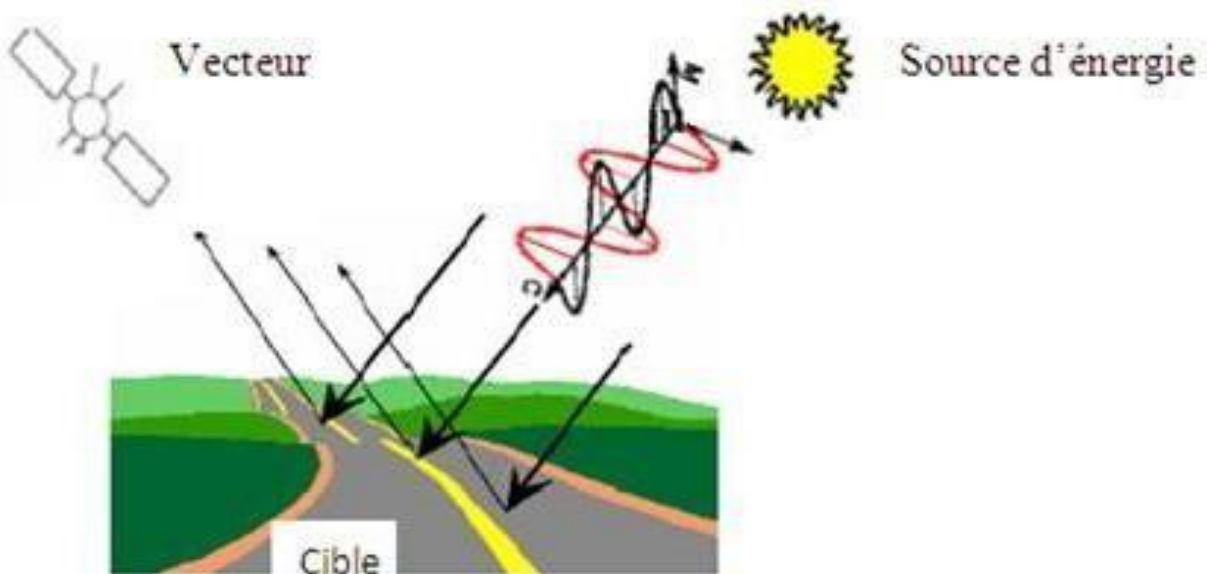
➤ **Les principales applications de la télédétection pour la géologie :**

- La cartographie des dépôts de surface
- La cartographie lithologique
- La cartographie structurale
- L'exploration et exploitation des agrégats (sable et gravier)
- L'exploration minière
- L'exploration pétrolière
- La géologie environnementale
- La géobotanique
- L'infrastructure de base
- La cartographie et surveillance des taux de sédimentation
- La cartographie et surveillance des phénomènes naturels
- La cartographie des risques géologiques
- La cartographie planétaire.

**D. Principes de base de la télédétection :**

Ces principes sont exactement les mêmes que pour la vision humaine. La télédétection utilise trois éléments fondamentaux :

- Une source d'énergie (en général : le Soleil) ;
- Une cible (objet ou portion de la surface de la terre) ;
- Un vecteur ou plateforme (satellite, avion, Dronne). (**Figure 16**).



*Figure 16 : les éléments fondamentaux de la télédétection.*

- ❖ **La source d'énergie :** est l'élément qui "éclaire" la cible en émettant une onde électromagnétique (REM). En général cette source est représentée par le soleil.
- ❖ **La cible :** est la portion de la surface de la terre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs

milliers de kilomètres carrés.

❖ **Le vecteur** (ou plateforme d'embarcation) : est l'élément sur lequel sont montés des capteurs permettant de capter et mesurer le rayonnement électromagnétique réfléchi par la cible. La distance vecteur-cible peut être de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres. Les capteurs sont embarqués sur un vecteur et mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi. Les vecteurs contiennent également un système émetteur qui permet de renvoyer l'image sur la terre vers des stations de réception.

En fonction de la distance au sol on distingue différents types de vecteurs :

- Vecteurs opérant à quelques mètres du sol : grues, véhicules munis de radiomètres ou appareils photographiques.
- Vecteurs opérants entre la dizaine de mètres et la dizaine de kilomètres : avion, hélicoptère, ballon.

### E. Bases physiques de la télédétection:

Quelque soit le domaine d'application considéré, une bonne interprétation des documents de télédétection ou une bonne utilisation des données numériques nécessite la compréhension des propriétés du rayonnement électromagnétique et principes physiques sur lesquels sont fondés la technique de télédétection.

Pour bien comprendre le principe de fonctionnement de la télédétection, il est indispensable de rappeler quelques principes de base de la physique quantique.

#### ➤ *Le rayonnement électromagnétique : (REM)*

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, dont la forme qui nous est la plus familière est la lumière visible telle que la perçoit l'œil humain. Le rayonnement est reconnu par les physiciens comme un phénomène ondulatoire, en relation avec l'électricité et le magnétisme. Ainsi, une onde électromagnétique correspond à la vibration simultanée dans l'espace d'un champ électrique et d'un champ magnétique (Figure 17).

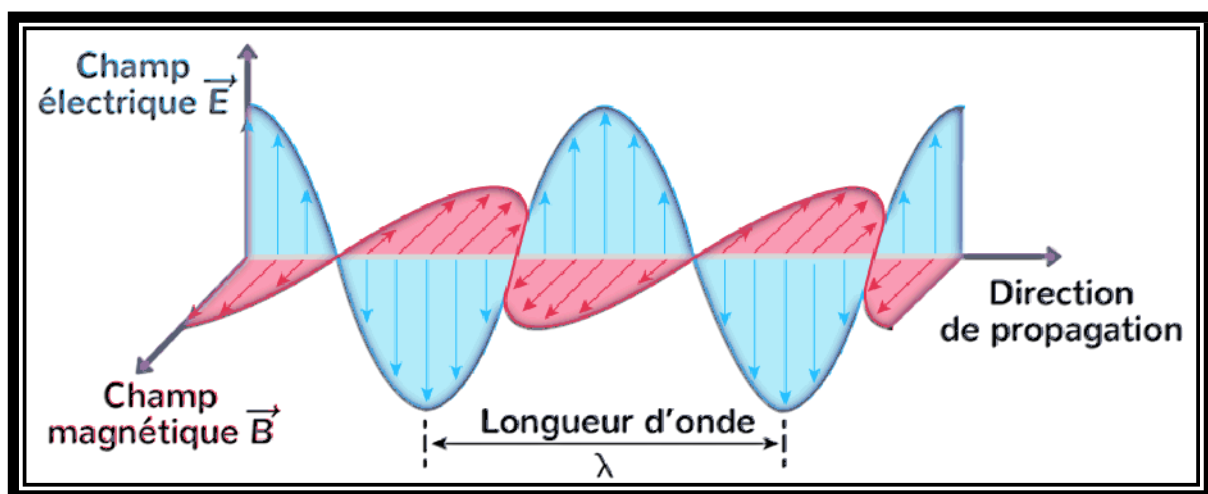
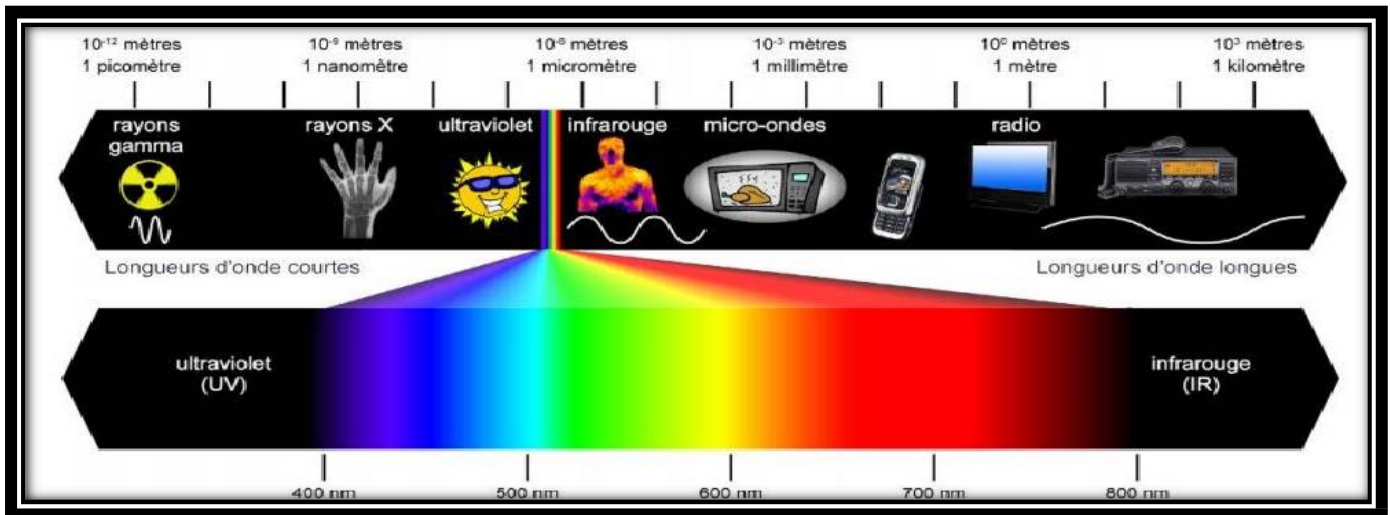


Figure 17: L'Onde électromagnétique simple (monochromatique, plane).

### ➤ *Le spectre électromagnétique:*

Le spectre électromagnétique est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en plusieurs fréquences (ou longueurs d'ondes). Il s'étend des courtes ondes (rayons  $\gamma$ , rayons X) jusqu'aux grandes ondes telles que les micro-ondes et les ondes radio.

La télédétection utilise plusieurs régions (ou morceaux) de ce spectre électromagnétique: Domaine du visible et L'infrarouge.(Figure 18).



*Figure 18: Spectre de rayonnement électromagnétique.*

## II. LES DONNEES IMAGEES DU SATELLITE "LANDSAT"

### A. Historique et caractéristiques succinctes du satellite Landsat.

Ce satellite a été lancé pour la première fois en 1972 par NASA (National Astronomic Space Agency en coopération avec l'USGS (United States Geological Survey). Il avait comme slogan "Science for changing the world".

Landsat est un satellite polaire de type héliosynchrone qui tourne en orbite fixe appelée « Sun Synchronous Orbit » (orbite synchronisée du soleil). Il fait un tour de la Terre chaque 99 minutes avec une vitesse linéaire de 27350km/h soit 14 rotations par jour (14 bandes par jour). Il parcourt donc une distance de 643000km/jour. En 16 jours ce satellite aurait couvert toute la terre. Il aurait fait 244 rotations et parcouru 8.776.000 km.

Les données imagées de Landsat ont été utilisées dans divers domaines notamment dans le domaine de l'exploration du gaz, pétrole et minérale et en cartographie géologique.

### B. Les Images Satellitaires :

L'image satellitaire est un document contenant diverses informations relatives à des objets tels que le sol et la végétation, dans ce sens le traitement effectué est tel que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence.

## 1. Images satellitaires de SAS. Planet.

Le logiciel « SAS. Planet » c'est un programme conçu pour visualiser et télécharger des images satellite haute résolution et des cartes conventionnelles soumises par des services tels que Google Maps, Digital Google, VirtualEarth, etc. contrairement à tous ces services toutes les images téléchargées resteront sur l'ordinateur et visualiser, même sans se connecter à Internet.

## 2. Images satellitaires de LANDSAT 8 :

Les images des satellites LANDSAT sont libres de droit et diffusées par l'US Geological Survey (USGS). Dans notre travail Nous avons pris les d'images acquises par le satellite LANDSAT 8.

Lorsque l'on télécharge les images correspondant à la zone choisie, les fichiers obtenus sont au nombre de 12, correspondant aux 11 bandes spectrales acquises par les capteurs du satellite et à une bande dénommée "QA" destinée à optimiser la qualité des pixels de certaine condition.

### a. Les bandes spectrales de l'instrument OLI

OLI (Operational Land Imager) est l'instrument principal. Ce radiomètre multi-spectral acquiert des images dans neuf bandes spectrales allant du visible au moyen infra-rouge. 7 de ces bandes spectrales étaient déjà présentes sur l'instrument ETM+ de Landsat-7, Deux canaux supplémentaires ont été ajoutés, destinés principalement à la correction atmosphérique (canal bleu à 440 nm) et à la détection des nuages (1380 nm). (*Tableau 1*).

*Tableau 1: Les bandes spectrales de l'instrument OLI.*

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 1 - Aérosols	0,433 - 0,453 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 2 - Bleu	0,450 - 0,515 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 3 - Vert	0,525 - 0,600 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 4 - Rouge	0,630 - 0,680 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 - 0,885 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 6 - Infrarouge moyen 1	1,560 - 1,660 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 7 - Infrarouge moyen 2	2,100 - 2,300 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 8 - Panchromatique	0,500 - 0,680 $\mu\text{m}$	15m
Bande 9 - Cirrus	1,360 - 1,390 $\mu\text{m}$	30 m

### b. Les bandes spectrales de l'instrument TIRS (Thermal Infrared Sensor)

L'instrument TIRS est un radiomètre multi-spectral infrarouge à deux canaux qui fournit des données dans des longueurs d'ondes utilisées par les anciens satellites Landsat mais non repris dans l'instrument OLI. L'objectif est d'assurer la continuité des mesures effectuées par le passé. Ces bandes sont également appelées "Infrarouge thermique". (*Tableau2*).

*Tableau 2: Bandes spectrales de l'instrument TIRS.*

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 10 - Infrarouge moyen	10,30 - 11,30 $\mu\text{m}$	100 m
Bande 11 - Infrarouge moyen	11,50 - 12,50 $\mu\text{m}$	100 m

### III. Le logiciel ENVI :

ENVI (Environnement For Visualing Images) est un logiciel permettant la lecture et le traitement des images et données numériques et plus précisément les images satellitaires.

Celui-ci dispose, en effet, en un seul package d'un ensemble d'outils particulièrement avancés, faciles d'utilisation et interactifs : analyse spectrale, correction géométrique et géo référencement, analyse topographique ...etc. Ce logiciel a la particularité d'être le plus utilisé est recommandé grâce notamment au fait qu'il supporte un grand nombre de formats de fichier, de toutes tailles. Il dispose aussi de son propre format, mais le plus important est que le résultat du travail sous ENVI facilite le travail sous d'autres logiciels de cartographie par la suite.

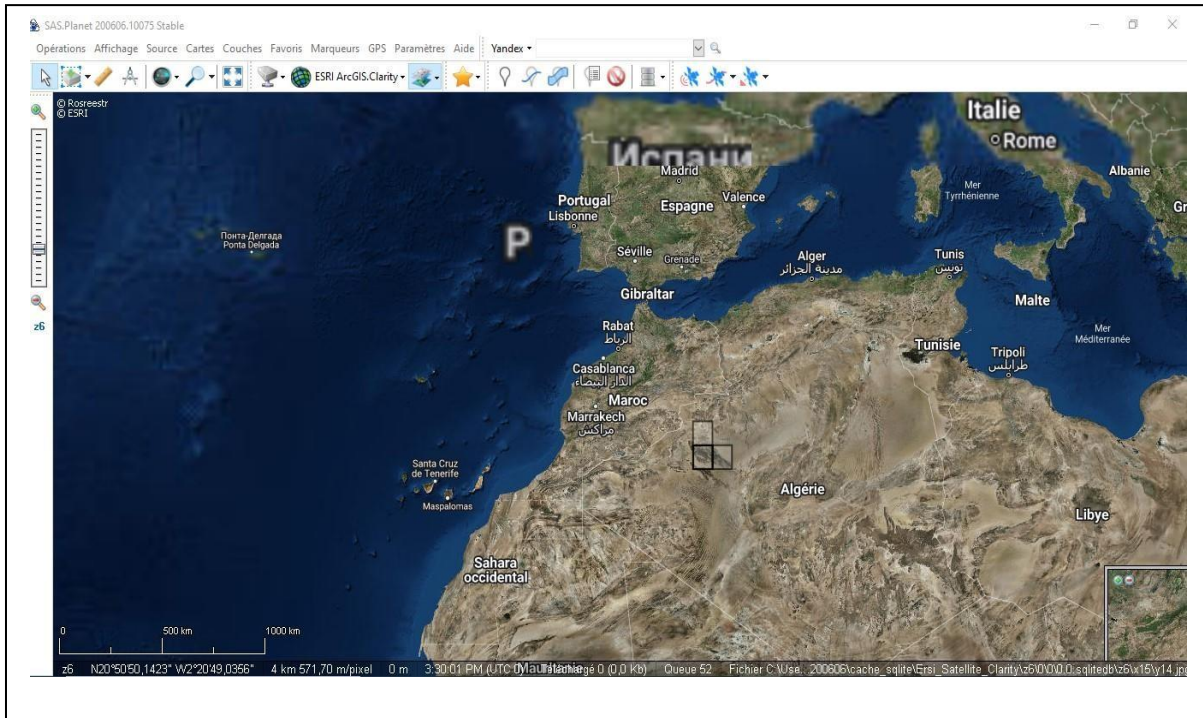
### IV. L'Application sur la région d'étude.

Pour utiliser la télédétection il est nécessaire de suivre quatre étapes :

- ✓ Acquisition
- ✓ Préparation des images
- ✓ Traitements des images
- ✓ Analyse et Interprétation

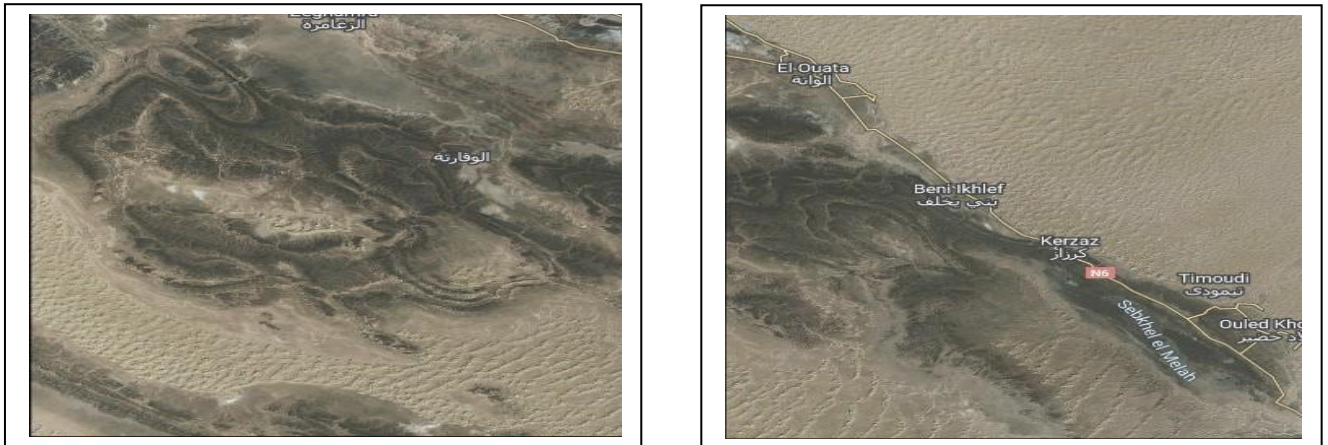
#### A. Acquisition :

Premièrement on télécharge des images de la région d'étude sur SAS. Planet qui sont des images de haute résolution de 0.3m pour naviguer et localiser les endroits avec plus de détail. (*Figure 19 et 20*



**Figure 19 : Interface du logiciel SAS. Planet.**

**Résultat :**



**Figure 20 : Exemple de téléchargement des images Ougarta et Kerzaz à l'aide de SAS. Planet.**

Pour la deuxième acquisition consiste à créer un compte utilisateur de la plateforme (USGS), ou de se connecter s'il a déjà été créé. (Figure 21).

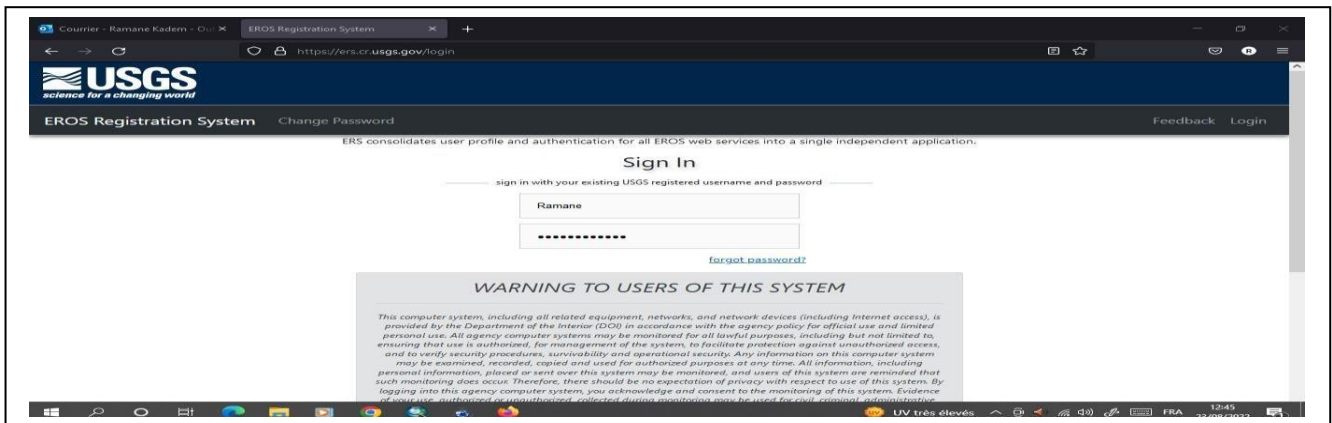


Figure 21 : connexion au compte (USGS).

La deuxième étape est de télécharger les images satellites. Dans notre travail on a pris les images des satellites LANDSAT (plus précisément des images satellite de LANDSAT 8), qui sont libres de droit et diffusés par le site web de l'US Geological Survey (USGS). Avant de télécharger les images on doit choisir la date et les mois généralement on choisit le mois de mai et juin pour éviter les nuages et obtenir une image claire, on choisit un niveau de traitement de ces images et aussi le chemin (path) et la ligne (Row).

### Système de référence mondial :

Le système de référence mondial (WRS) est utilisé pour identifier le chemin et la ligne de chaque image Landsat, Chaque chemin est segmenté en 119 rangées, du nord au sud. Les scènes MSS et TM partagent des lignes communes, mais dans la plupart des cas, les chemins seront différents.

Lorsque l'on télécharge les images correspondant à la zone choisie, les fichiers obtenus sont au nombre de 23, correspondant aux 11 bandes spectrales acquises par les capteurs du satellite et à une bande dénommée "QA" destinée à synthétiser la qualité des données. (Figure 22).

Plusieurs moyens d'accès aux pages de téléchargement de ces données sont disponibles sur le site web de l'USGS consacré à Landsat : <http://landsat.usgs.gov/>, rubrique Get Data <http://glovis.usgs.gov/>. <http://eoedu.belspo.be/fr/satellites/landsat.htm>.

- Ces images sont de niveau 1 et niveau 2 qui veut dire c'est des images prétraitées.

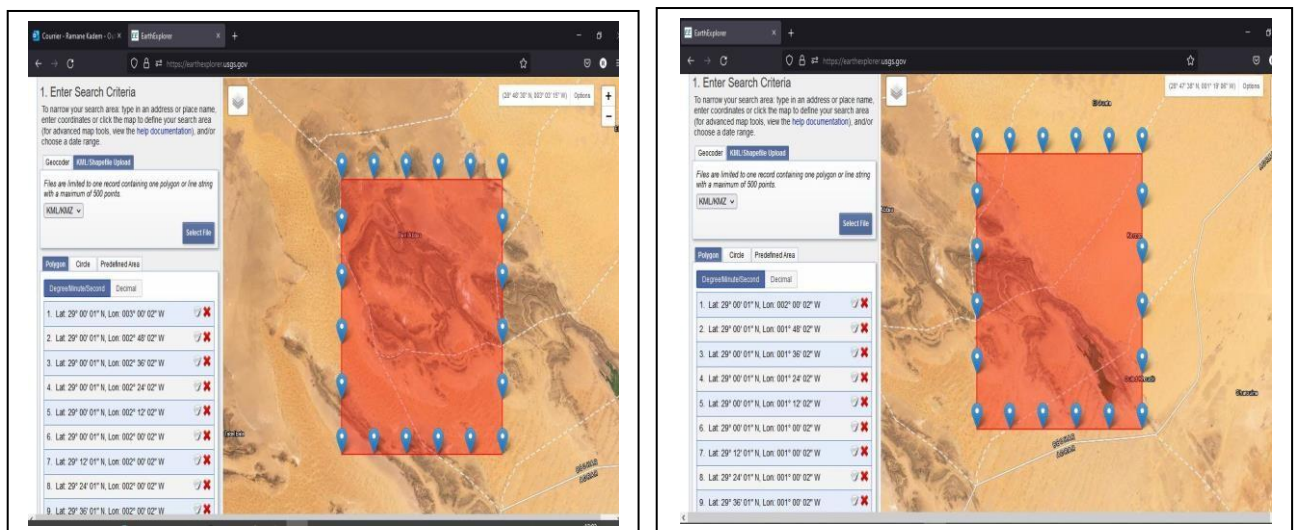
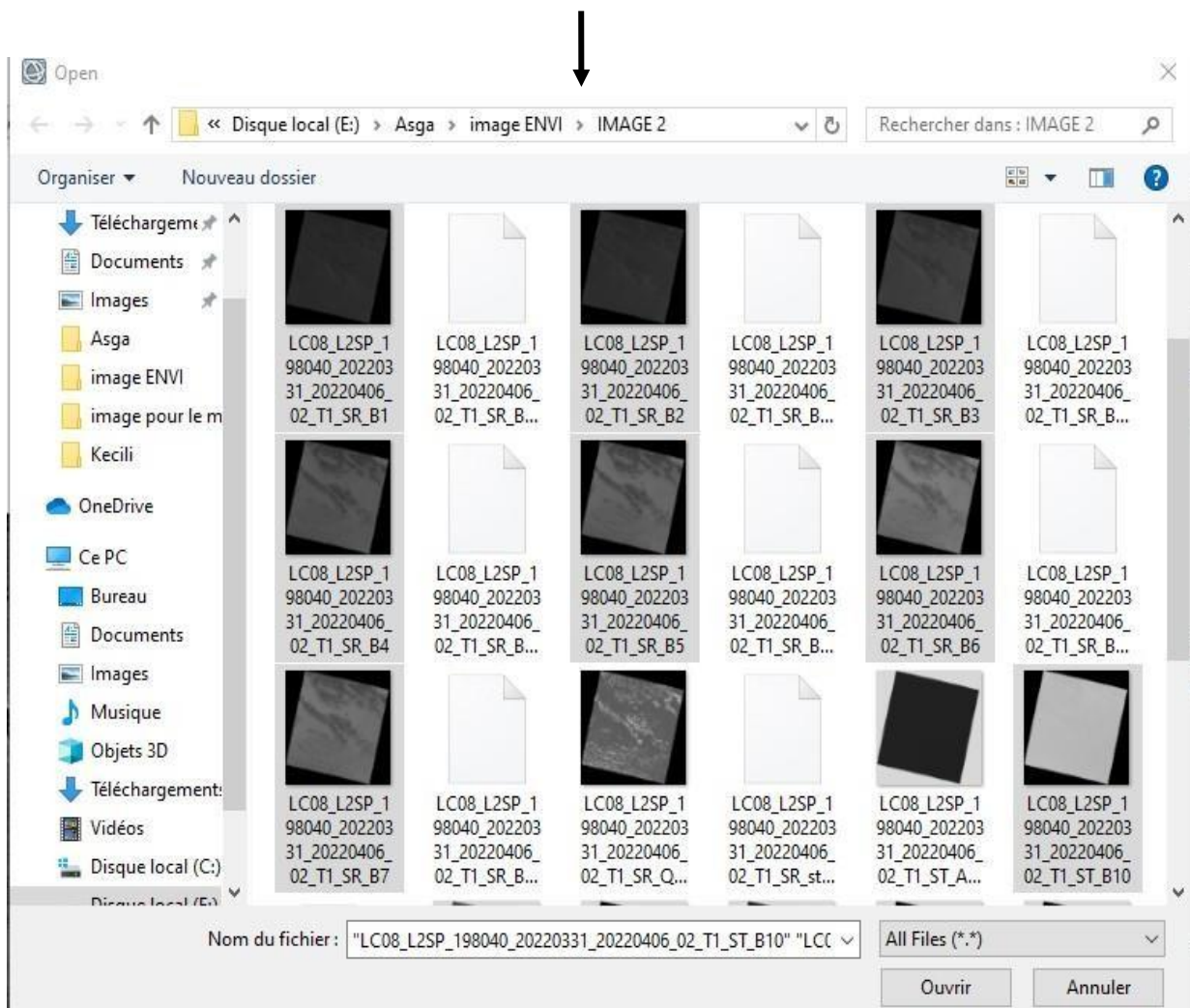
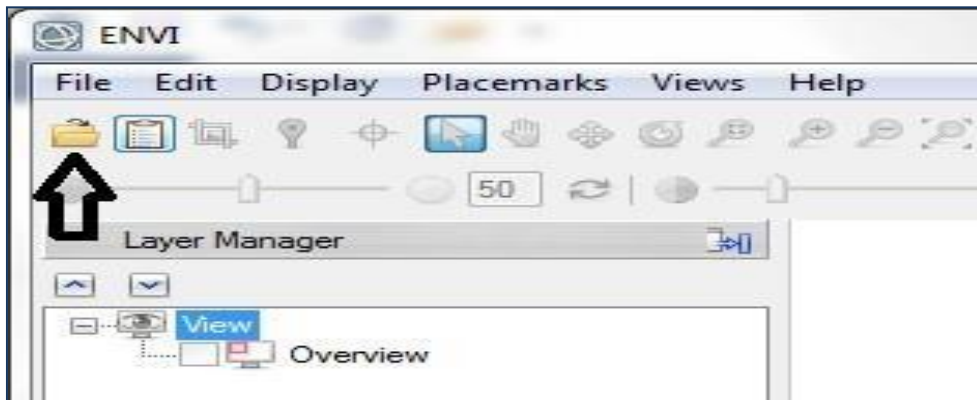


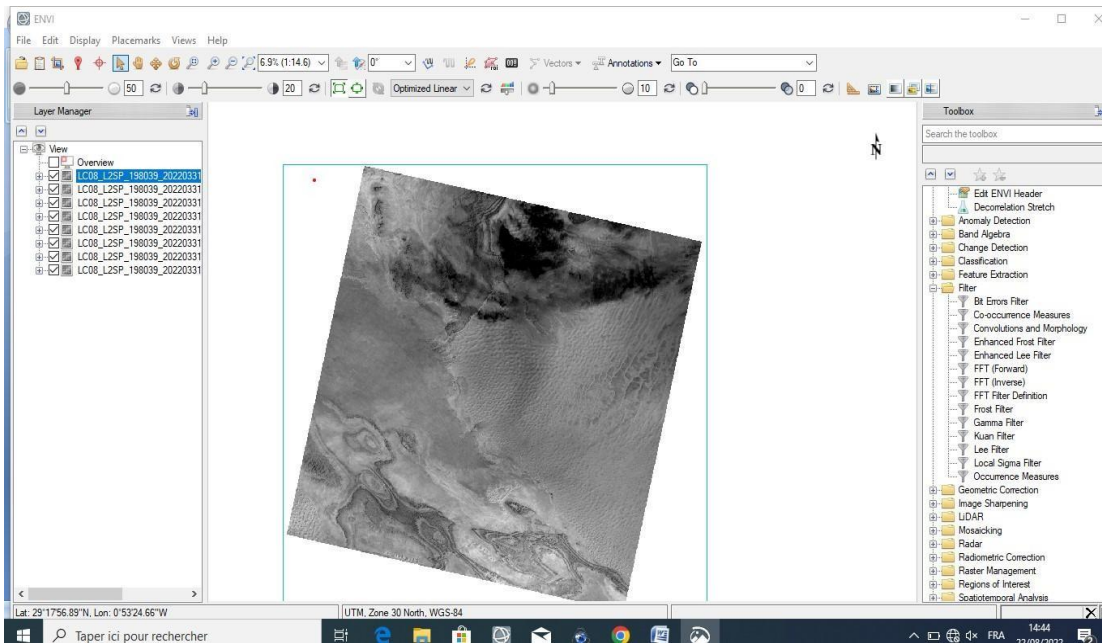
Figure 22 : téléchargement des images satellite LANDSAT 8 de l'Ougarta et Kerzaz à partir de (USGS).

## B. Préparations des images sous ENVI :

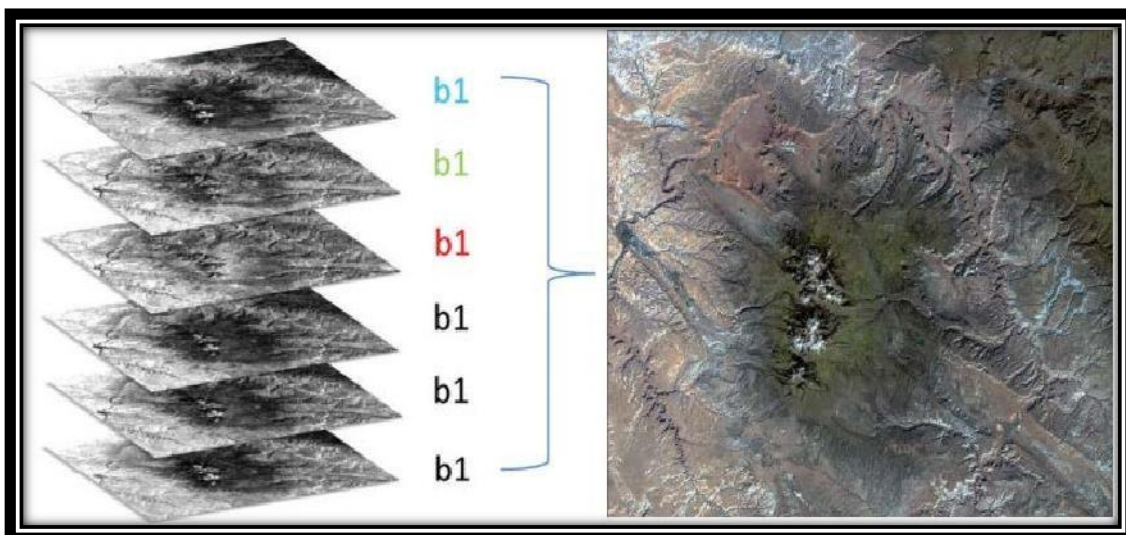
### 1. Ouvrir une image satellitaire sous ENVI :

- ✓ Premièrement on ouvre le logiciel ENVI,
- ✓ Deuxièmement on clique sur open.
- ✓ Troisièmement on sélectionne les images satellite (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B10) puis validé par « ouvrir »



**Résultat :****2. Empilement des bandes ou couches (Layer Stacking)**

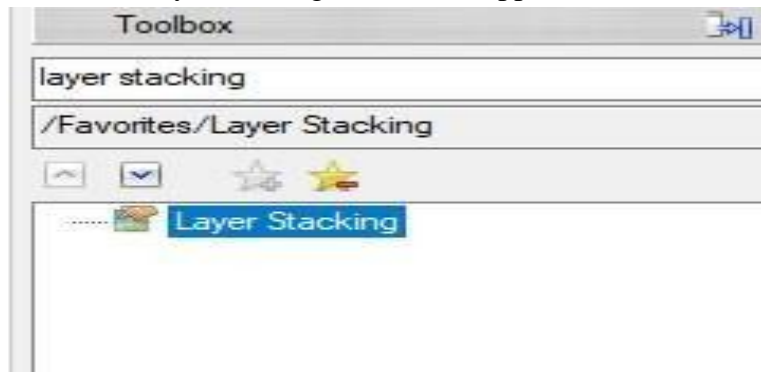
Utiliser l'empilement de couche pour construire un nouveau fichier multi bandes à partir d'images géoréférencées. Les bandes d'entrée seront rééchantillonnées et reprojetées à une projection de sortie et taille de pixel commune. Le fichier de sortie aura une étendue géographique que soit englobe tous les fichiers d'entrée étendues ou englobe seulement l'étendue de données où tous les fichiers se chevauchent. Le regroupement des bandes importées dans un même fichier ou le « Stacking » est utilisé pour construire une nouvelle image multi bandes et/ou multi-dates à partir des images géoréférencées. (Figure 23).



*Figure 23 : layer Stacking.*

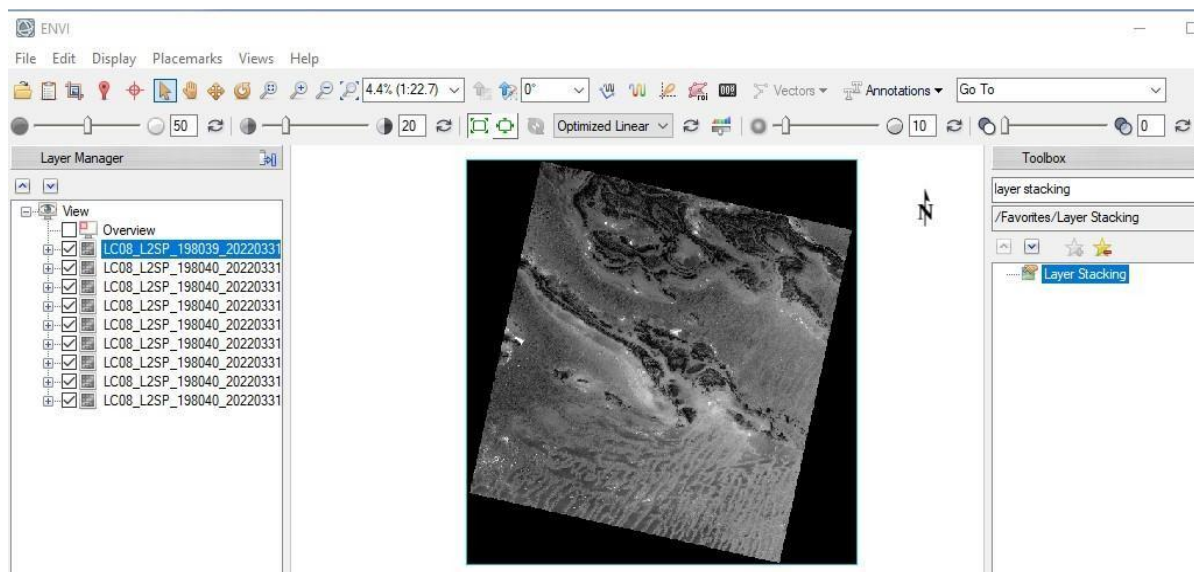
### Les étapes à faire :

- ✓ Dans le « Toolbox » d'ENVI, cherchez et choisissez « **Layer Stacking** ».
- La fenêtre LayerStacking Paramètres apparaît.



- ✓ Cliqué sur layer Stacking
- ✓ Cliquez sur le bouton Import File. Sélectionnez les inputs files puis validez par OK.
- ✓ Dans la fenêtre Layer Stacking Paramètres, choisissez le nom de sortie et on valide par OK.

### Résultat :

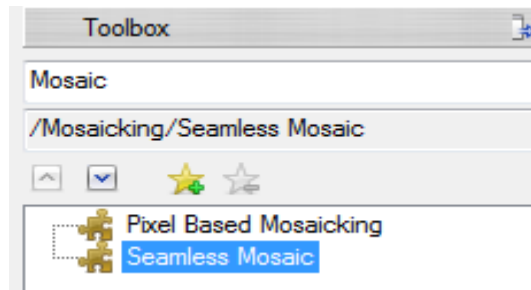
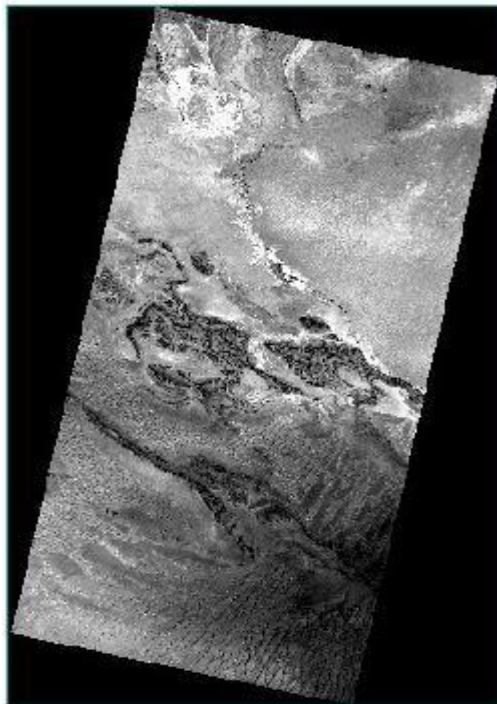


### 3. Le Mosaïquage :

Le « Mosaïque » est utilisée pour combiner les 8 Images satellites nécessaire dans notre travail dans une seule image.

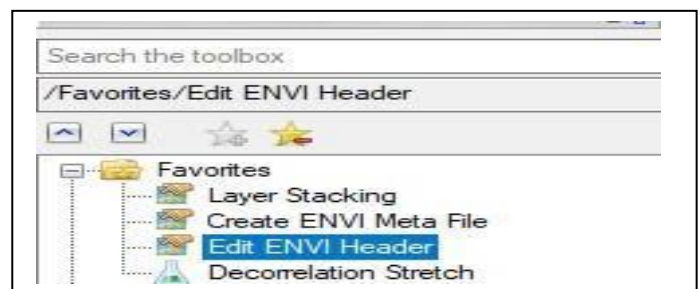
**Les étapes à faire :**

- ✓ Dans le « Toolbox » chercher « seamless Mosaic »

**Résultat :**

Après avoir formé la mosaïque il faut enlever la couleur noire qui entoure cette dernière et on doit suivre quelques étapes :

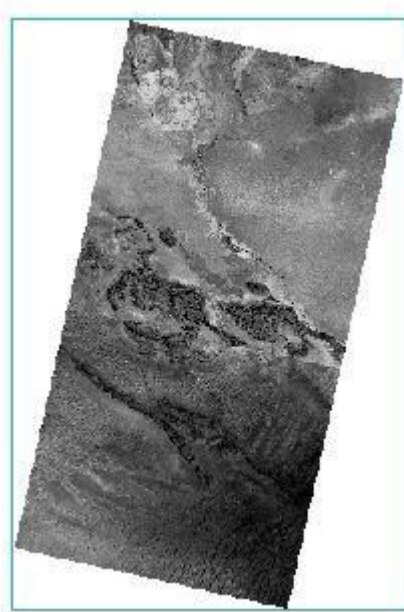
- ✓ On clique sur Edit ENVI Header.



- ✓ On clique sur add Data et choisir « data Ignor value ».

- ✓ On ajout 0 dans la case Data Ignore value et a la fin on clique sur OK.

### Résultat :



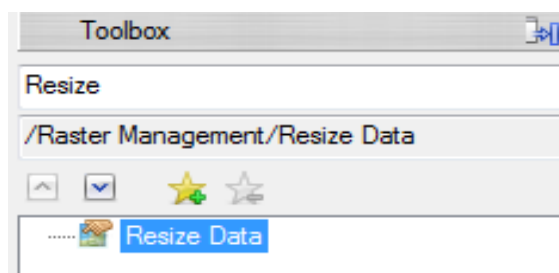
**Remarque :** on a utilisé ce Mosaïquage pour assemblé les deux images qui englobent Ougarta et Kerzaz.

#### 4. Découpage d'une image : extraction de la zone d'étude.

Les images peuvent couvrir une surface beaucoup plus importante que celle que l'on veut étudier, donc il faut extraire juste la zone d'intérêt.

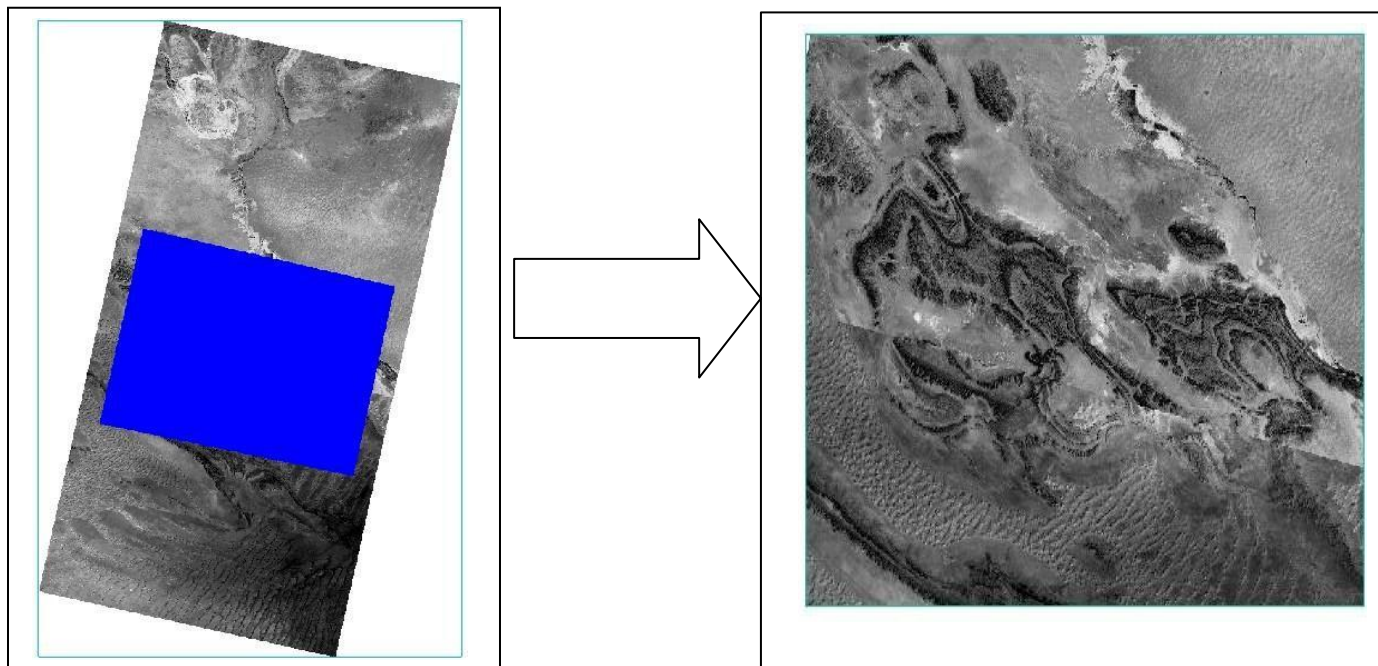
#### Les étapes à suivre :

- ✓ Dans ce cas il faut en premier lieu ajouter le polygone de la zone d'étude.
- ✓ Ensuite chercher et choisissez dans le « Toolbox » le Resise Data et cliquer sur elle.



- ✓ Un clic sur le fichier Mosaïque puis Spacial Subset
- ✓ Cliquez sur le bouton ROI/EVF.
- ✓ Sélectionnez le fichier vecteur puis validez par Ok

**Résultat :**



### C. Les traitements avec ENVI :

#### 1. Composition colorée d'une image :

On cherche à donner aux différentes bandes de l'image satellitaires des couleurs bien déterminée. (Figure 24).

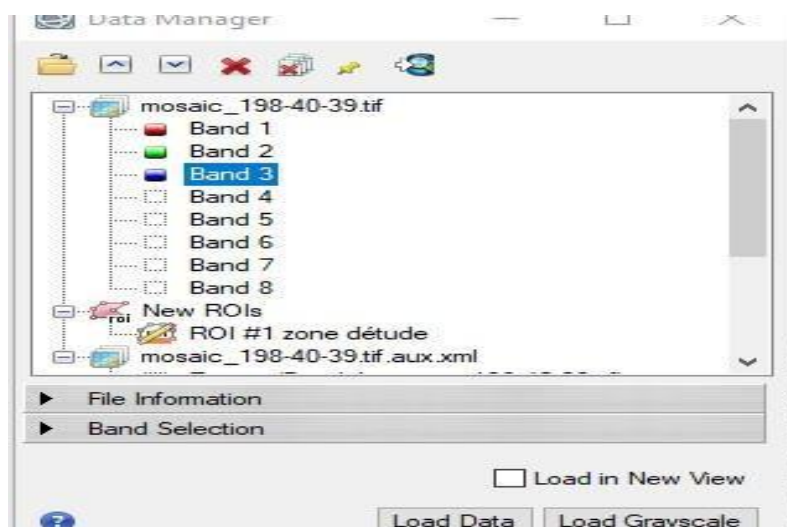
Les étapes :

- On ouvre « Data Manager » sur la barre d'outils.

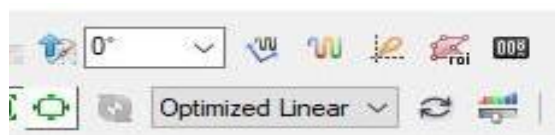


- Sélectionnez 3 bandes dans notre travail on applique les combinaisons suivantes :
  - 3-2-1 (Naturelle)
  - 3-2-1
  - 5-4-3

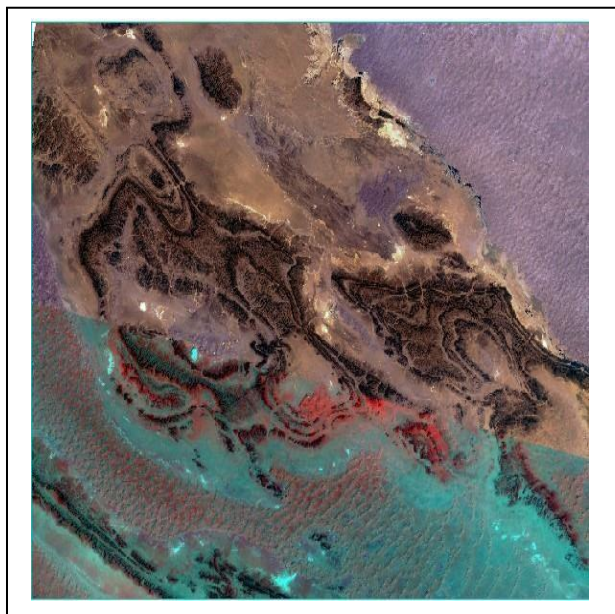
- En fin on clique sur « Load Data ».



- Ouvrir dans la Barre d'outils « optimized linear » Sélectionner Linear 2% ou linear 1 % Pour éclaircir l'image.



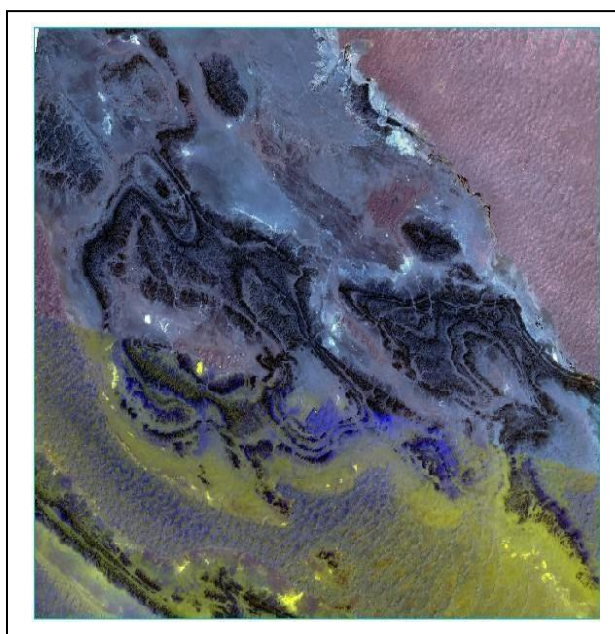
Résultat :



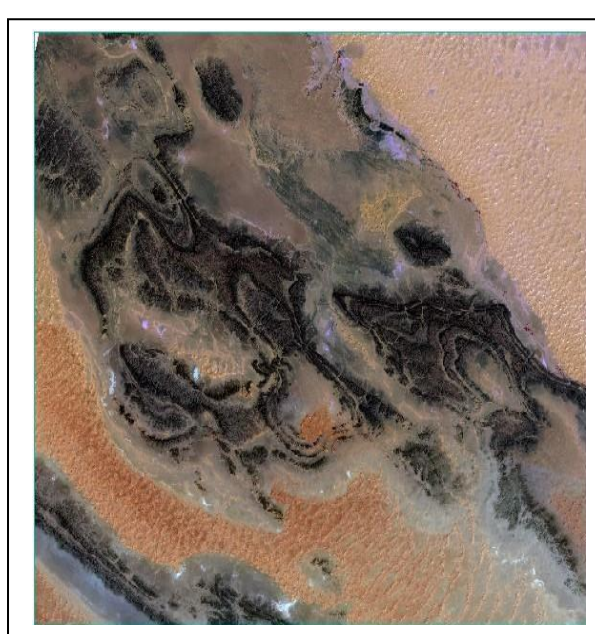
Composition des bandes 1.2.3.



Composition des bandes 7.5.2



Composition des bandes 3.2.1



Composition des bandes 5.4.3

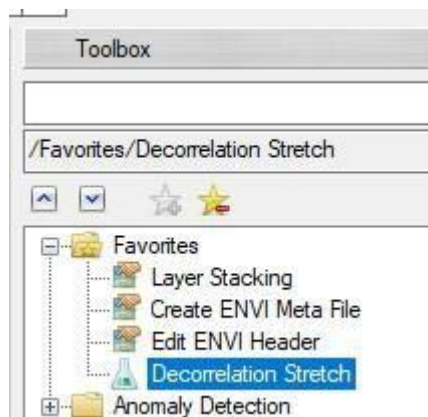
*Figure 24 : Résultat des compositions colorées.*

## 2. Décorrélation :

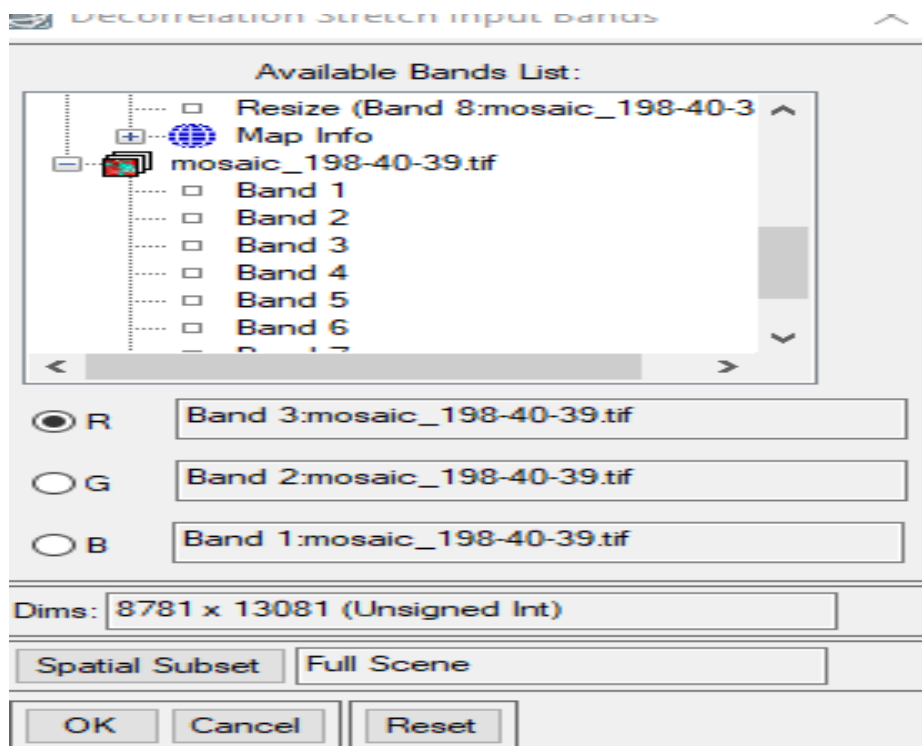
" Decorrelation Stretch " est utilisé pour supprimer la corrélation élevée couramment trouvée dans les ensembles de données multispectrales et pour produire une image composite couleur plus colorée. Les ensembles de données fortement corrélés produisent souvent des images couleur assez fades. Le « decorrelation stretch » nécessite trois bandes pour l'entrée. Ces bandes doivent être des données d'octet étirées ou peuvent être sélectionnées à partir d'un affichage couleur ouvert. (Figure 25).

Les étapes à suivre :

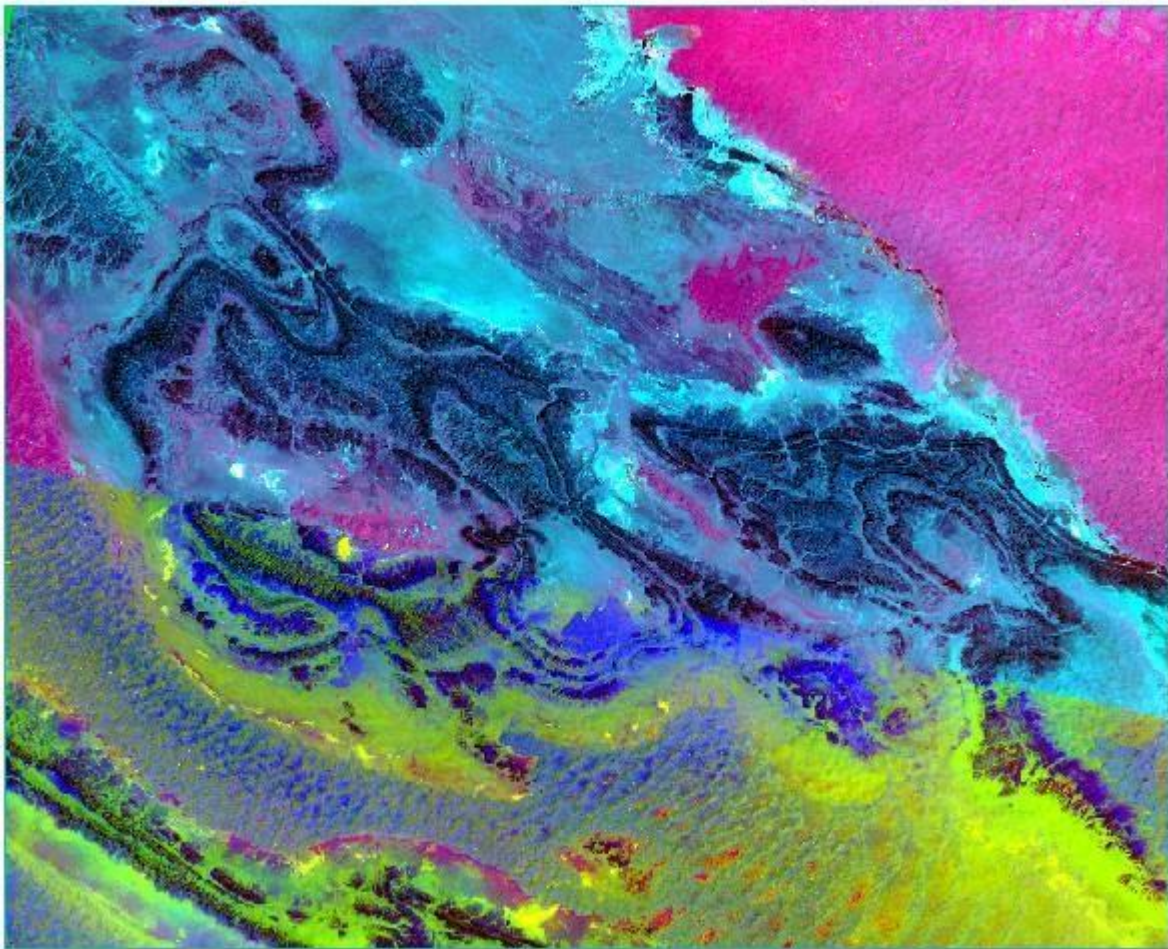
- Dans le Toolbox on cherche et on clique sur « Decorrelation Stretch ».



- On sélectionne 3 bands, comme par exemple dans notre travail on a sélectionné les bands 3.2.1.



Résultat :



**Figure 25 : Traitement « Decorrelation » bands 3.2.1.**

### **3. L'analyse des composantes principales (PCA) :**

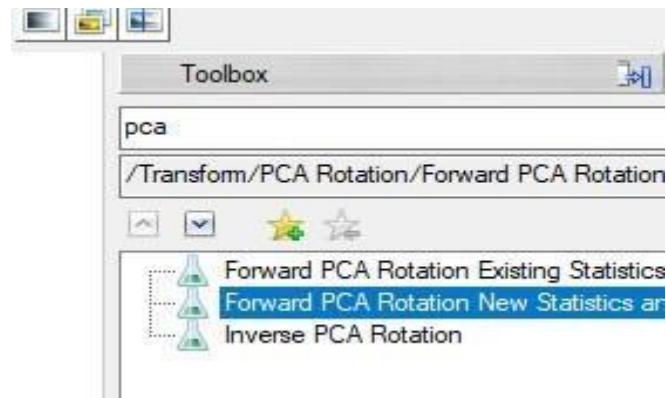
Consiste à transformer les données d'image en un ensemble de variables non corrélées à l'aide de méthodes statistiques. Le résultat de l'ACP est un jeu d'images dans lequel chaque bande est non corrélée avec les autres bandes (Appelée PC), en d'autres termes chacune présente des informations uniques. (Figure 27).

Cette analyse est utilisée dans la télédétection hyper spectrale pour réduire le nombre de bandes dans l'analyse d'image sans réduire le contenu de l'information en réduisant la redondance.

En fait c'est pour avoir le maximum d'information dans la première CP (90%) le reste va en décroissant jusqu'à la dernière.

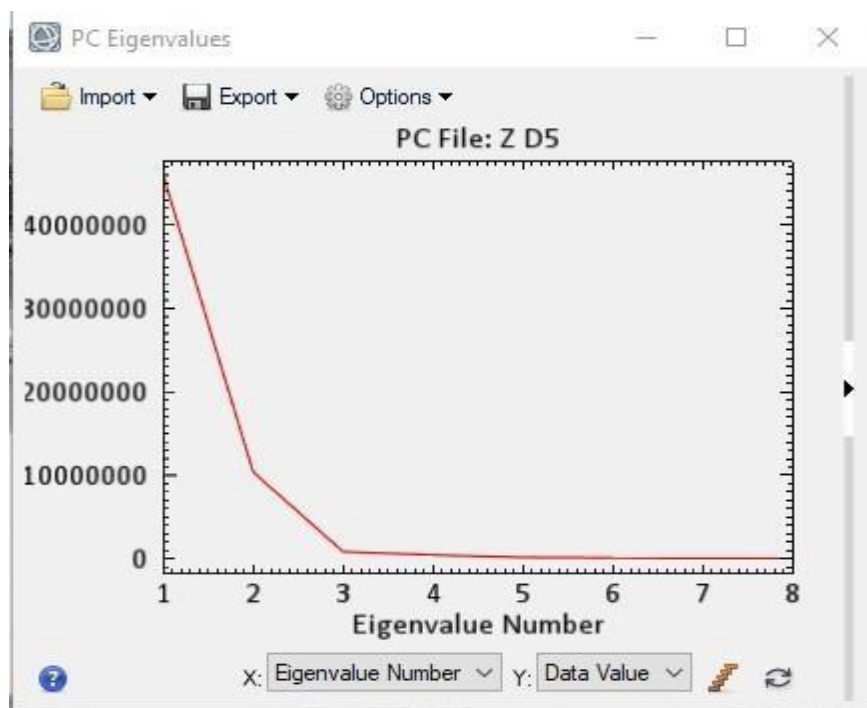
**Les étapes à suivre :**

- On cherche dans le « Toolbox » et on clique sur « Forward PCA Rotation New Statistics and Rotate ».
- On choisira où on va enregistrer le traitement et on clique sur OK.

**Remarque :**

Le tracé des valeurs propres du PC qui s'affiche après l'exécution d'une rotation du PC vers l'avant montre une représentation graphique de la relation entre les valeurs propres (axe des y) et les bandes du PC (axe des x). (Figure 26).

Ainsi, les valeurs propres sont utiles pour décider quels PC seront intéressants : typiquement ceux qui retiennent la plus grande quantité d'informations originales c'est la CP1 et CP2.



*Figure 26 : le tracé des valeurs propres du PC.*

**Résultat :**

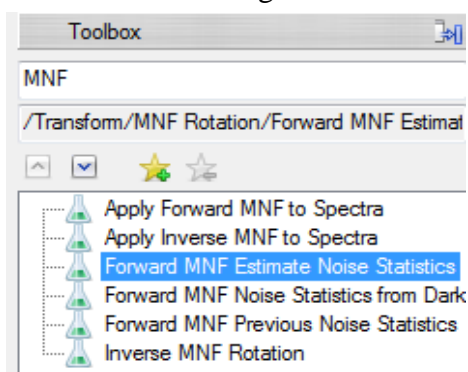
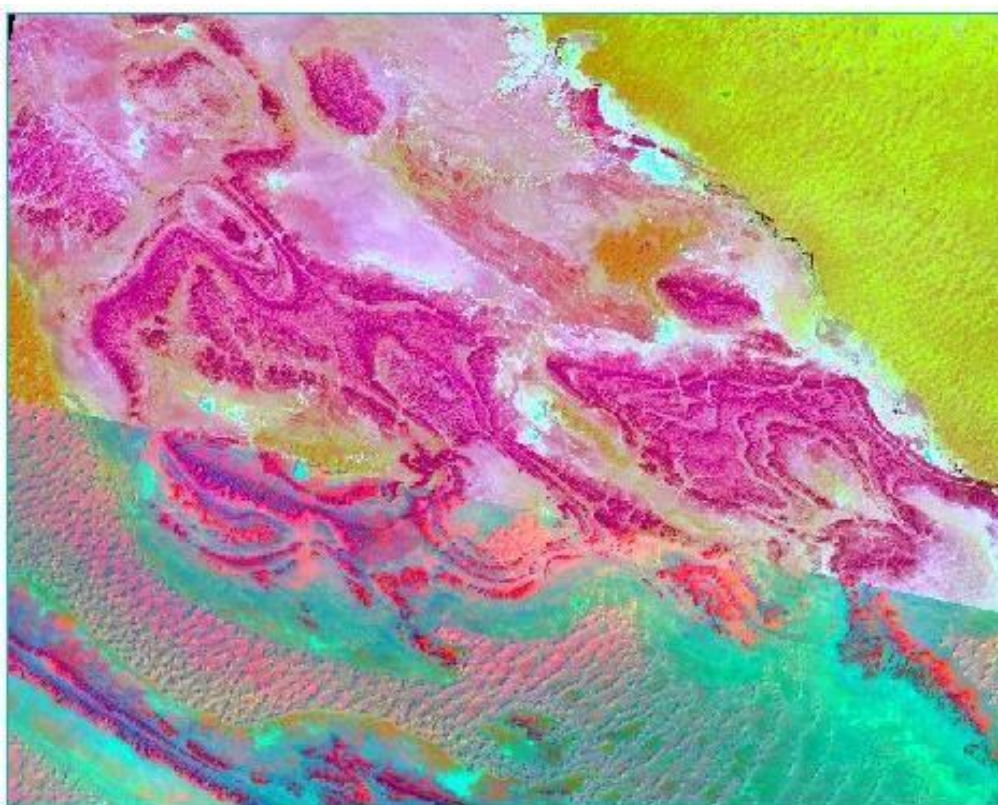
*Figure 27 : Exemple de traitement PCA.*

#### **4. Le traitement Minimum Noise Fraction Transform « MNF » :**

Pour estimer les statistiques de bruit à partir des données utiliser « Forward MNF Estimate Noise Statistics » pour estimer le bruit lorsque vous n'avez pas d'image de courant sombre pour vos données, ce qui est généralement le cas. ENVI suppose que chaque pixel contient à la fois du signal et du bruit, et que les pixels adjacents contiennent le même signal mais un bruit différent. Une différence de décalage est effectuée sur les données en différenciant les pixels adjacents à droite et au-dessus de chaque pixel et en faisant la moyenne des résultats pour obtenir la valeur de « bruit » à attribuer au pixel en cours de traitement. La meilleure estimation de bruit est obtenue en utilisant les statistiques de décalage-différence d'une zone homogène plutôt que de l'image entière. ENVI vous permet de sélectionner le sous-ensemble pour l'extraction des statistiques. (Figure 28).

**Les étapes à suivre :**

- On Cherche et on clique sur « Forward MNF Estimate Noise Statistics »
- On choisit ou on va enregistrer le traitement et en clique sur OK.

**Résultat :**

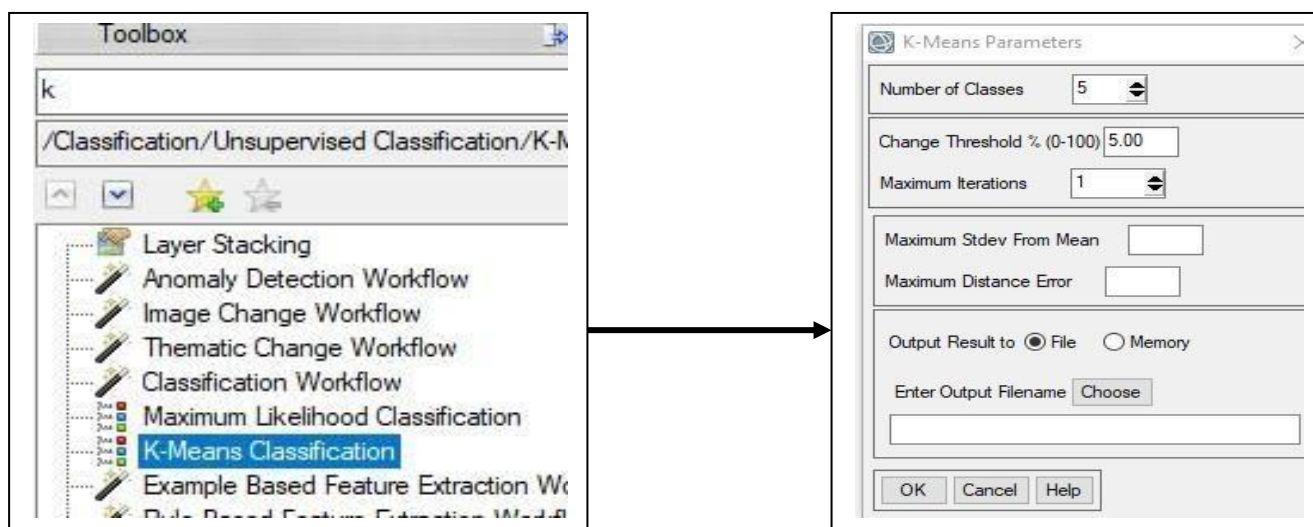
*Figure 28 : Traitement MNF.*

### 5. K-Means Classification (non supervisée)

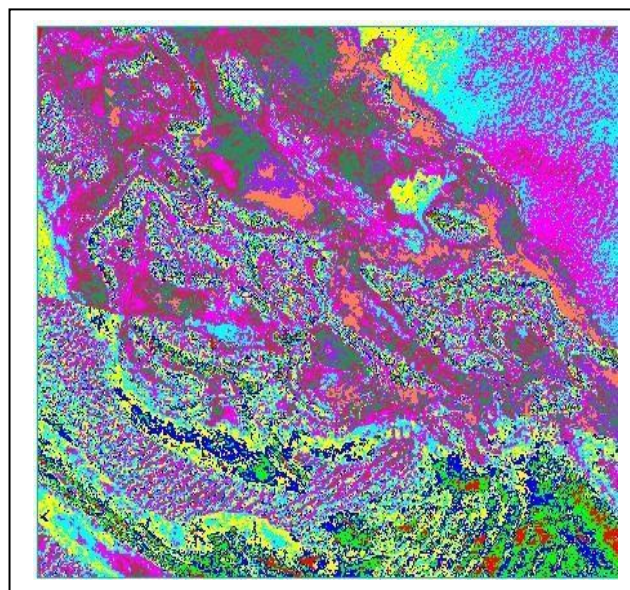
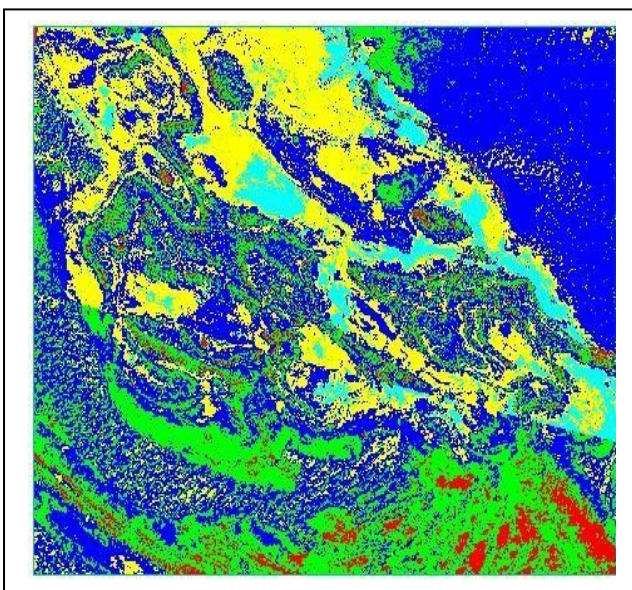
Elle s'appelle aussi classification non dirigée. Elle calcule les moyennes de classe initiales uniformément réparties dans l'espace de données, puis regroupe de manière itérative les pixels dans la plus proche en utilisant une technique de distance minimale.(Figure 29 et 30).

### Les étapes à suivre :

- Sur « Toolbox » en recherche k-Means Classifications
- Sélectionner le fichier puis OK
- Sur la fenêtre « k-Means Paramètres » en va choisir:
  - Le nombre de classes.
  - L'emplacement du fichier.
  - Et valider par OK.



### Résultat :



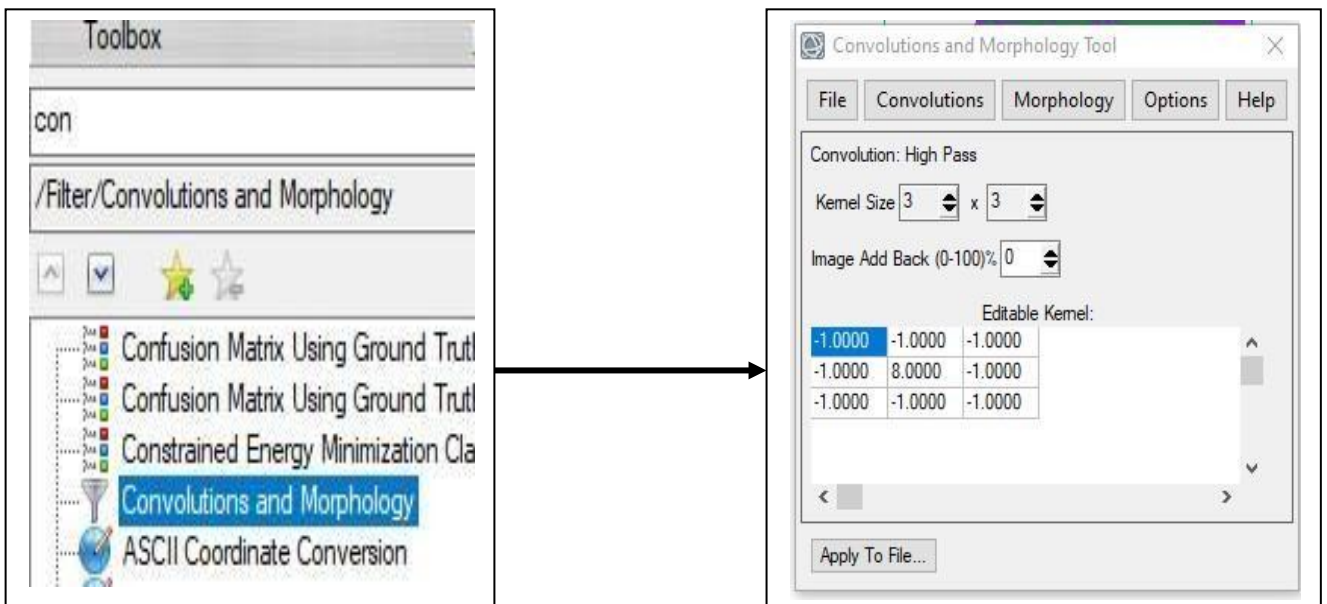
*Figure 29 : Traitement K-Means en 5 classes. Figure 30 : Traitement K-Means en 10classes*

## 6. Traitement Convolution et Morphologie :

Le filtrage d'une image permet de lui appliquer une fonction mathématique qui modifie les valeurs du gris de tout ou une partie des pixels. Dans le cas d'une fonction linéaire, le filtrage est dit linéaire, cependant, dans le cas de prise en compte des valeurs du gris au voisinage de chaque pixel transformé, elle est dite fonction de convolution. Les méthodes utilisées, généralement, sont de type convolution. (Figure 31).

### Les étapes à suivre :

- On cherche et on clique sur « Toolbox » Convolutions and Morphology.
- On choisit et on clique sur « Directional ».
- En fin on clique sur « Apply To File... »



### Résultat :

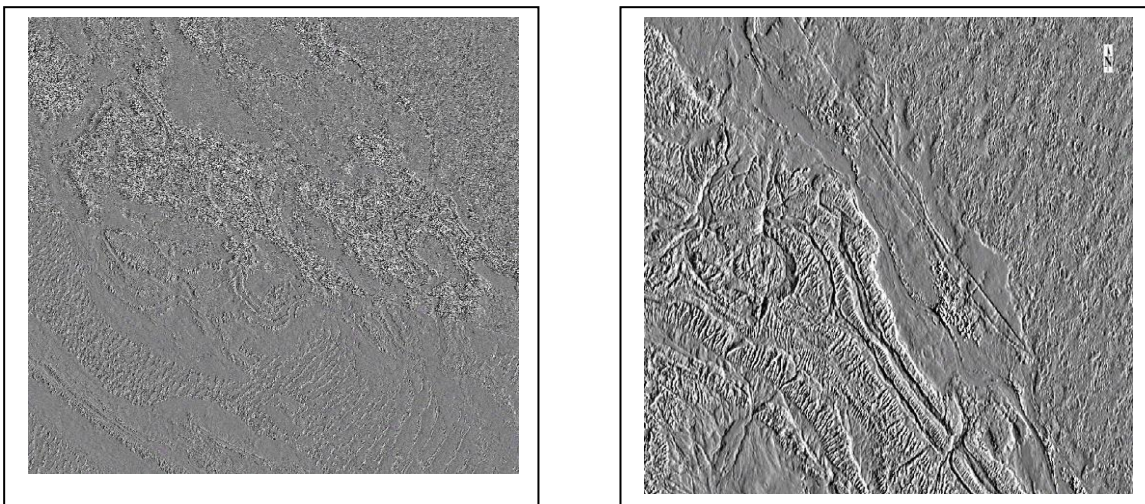


Figure 31 : Traitement Convolutions.

- Ce traitement est utilisé principalement pour distinguer les failles et les reliefs.
- ❖ **Remarque :** Avant d'exporter les différents résultats des traitements vers le logiciel ArcGis pour la digitalisation de la carte, on doit d'abord transformer les Images en format TIFF pour qu'elles soient accessibles au logiciel.

### **7. Analyse et Interprétation :**

Cette étape nécessite une expérience des terrains étudiés et la connaissance des formations géologiques de la région d'étude, pour ce travail nous avons utilisé les cartes et les minutes géologiques de ces régions en vue d'identifier chaque entité géologique et la comparer avec celle repérée dans l'image satellite.

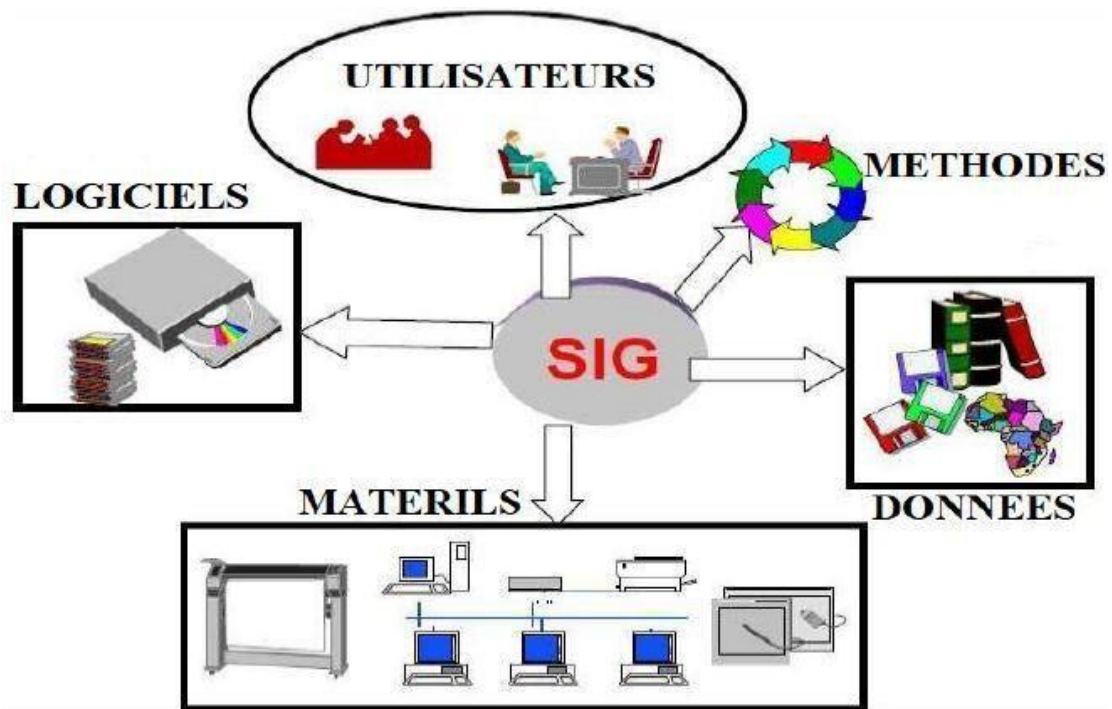
Le but de cette étape est donc d'apprendre les diverses mises à jour aux cartes minutes des feuilles de l'Ougarta et Kerzaz.

Cette opération sera effectuée au cours des travaux de vectorisation relatifs au chapitre SIG, ces mises à jour concernent l'extension des formations géologiques et leur identification sur les images satellite et les différents traitements effectués.

## I. Généralités :

### A. Définition :

Un SIG (Système d'Information Géographique) appelé autrefois SIRS (Système d'Information à Référence Spatiale) est une organisation structurée de ressources permettant d'acquérir les données à référence spatiale, de les conserver, de les traiter et d'en diffuser les résultats. Il comprend du personnel, des équipements (ordinateurs, logiciel), des procédures et des données. Un SIG est un assemblage organisé d'équipements informatiques, de logiciels, de méthodologies et de personnel qui permettent : la saisie, la validation, le stockage, la mise-à-jour, l'analyse, l'extraction, l'interrogation et l'affichage de données localisées. (*Figure31*).



*Figure 32 : les composants d'un SIG.*

A) -**LOGICIELS** : ils offrent les fonctions élémentaires suivantes :

- **Acquisition** : saisie, intégration et échange des informations géographiques sous forme numérique.
- **Archivage** : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.
- **Analyse** : manipulation et interrogation des données géographiques (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...).
- **Affichage** : représentation et mise en forme, notamment sous forme Cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité.

- **Abstraction** : représentation du monde réel. (RAVALET & PANET, 2001).

**B) -MATERIEL** : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs, des serveurs de données, aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

**C)-DONNEES** : Les données sont les composants les plus intéressantes du SIG :

#### ❖ **Données géographiques :**

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale). Elles sont deux composantes :

- Les données géométriques : renvoient à la forme et à la localisation des objets.
- Les données graphiques : elles renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de traits, couleurs, épaisseurs, etc..).

#### ❖ **Données attributaires :**

Il s'agit de données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations : nom d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un immeuble localisé par ses coordonnées Lambert, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger localisé par sa parcelle. Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

#### ❖ **Métadonnées :**

Ce sont les données associées telle que la date et la méthode d'acquisition, les limites d'utilisation.

**D)-LES UTILISATEURS** : Les utilisateurs des systèmes d'informations géographiques ne sont pas forcément des spécialistes.

Un tel système propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG. Le niveau de compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques est, Généralement, celui du technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels. Enfin, des spécialistes sont parfois amenés à intervenir sur des aspects techniques Précis (MARTIN, 2004).

**E) -METHODES :** Les méthodes de travail englobent les processus d'utilisation du SIG Mais également les méthodes de conception et mise à jour des données Géographiques et alpha numériques ainsi que les méthodes à modélisation SIG.

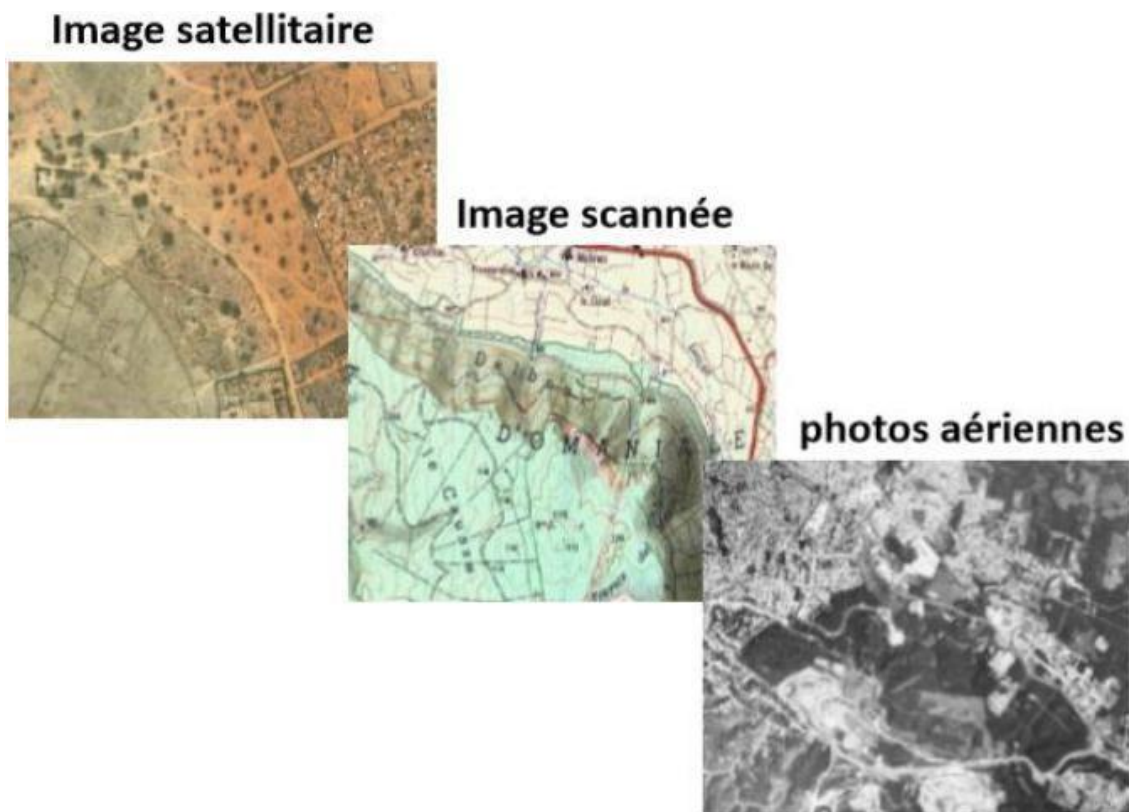
## B. Représentations des données dans un SIG

On distingue deux types de données : le raster et le vecteur.

### 1. Mode Raster :

Le mode raster ou mode matriciel décrit l'image sous la forme d'une matrice de pixels. Chaque matrice représente une couche d'information. Les données raster proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image numérique telle que les images satellites.

Le mode raster est intéressant pour les réalités continues (plage de couleur, paysage...) mais de par la taille des cellules, le rendu est souvent imprécis et de qualité esthétique médiocre, en particulier après un zoom. La combinaison des différentes couches d'information se limite à une simple superposition des matrices et les attributs sont faciles d'accès malgré une forte demande en mémoire pour le stockage.



*Figure 33 : Exemples de données Rasters*

### 2. Mode vecteur :

Elles contiennent trois grands types d'objets, avec lesquels on peut représenter tout objet géographique :

✓ **Les points :**

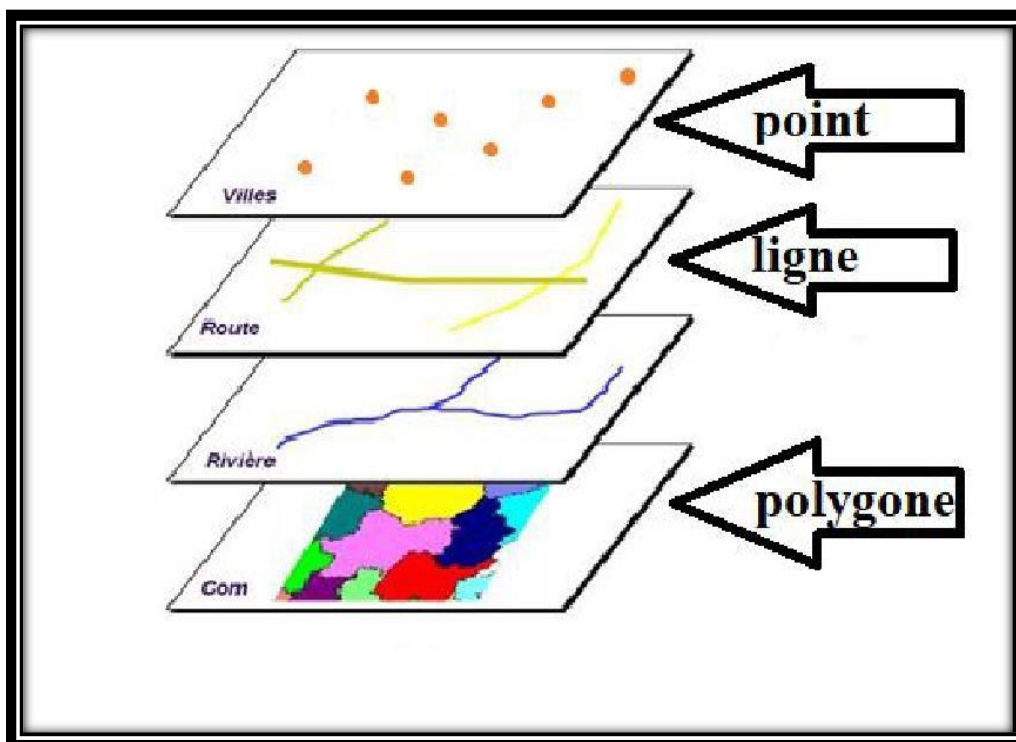
Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des polygones, ou par des éléments qui n'ont pas de surface comme des points cotés.

✓ **Les lignes :**

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui n'ont qu'une longueur, comme les courbes de niveau.

✓ **Les polygones :**

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols...



*Figure 34 : Exemple de données vecteurs.*

## II. SIG sous ArcGIS

### A. Présentation du logiciel ArcGIS 10.5 :

ArcGIS est un logiciel de cartographie SIG permettant d'exploiter un système d'information géographique.

Il offre de nombreuses potentialités pour la saisie, manipulation, gestion, analyse et l'édition

des données géospatiales.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre les différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

ArcGIS comprend une suite de trois applications (ou modules) intégrées fonctionnant simultanément en relation. Ce sont :



Grace à ces trois applications, l'opérateur SIG pourra réaliser différentes tâches liées à l'édification d'un SIG : gestion et mise à jour des données géographiques, analyse, cartographie, géo- traitement...etc.

- **ArcCatalog** : Permet de gérer les fichiers de données et l'organisation des bases de données ainsi que d'enregistrer et de visualiser les métadonnées.
- **ArcMap** : Est utilisé pour toutes les tâches de cartographie et de mise à jour ainsi que pour les analyses associées aux cartes.
- **ArcToolbox** : Est une boîte à outils permettant d'effectuer des transformations, conversions, projection et divers types d'opérations menant à la production de l'information désirée.

### III. Le SIG et la Géologie :

La géomatique regroupe l'ensemble des moyens et méthodes permettant de représenter, d'analyser et d'intégrer des informations géographiques. Ces trois actions pourraient définir le cycle perpétuel de travail d'un service géologique moderne.

Le modèle de données sous-jacent au SIG géologique se doit de répondre à un certain nombre de contraintes fortes, notamment :

- ✓ Décrire fidèlement et de manière exhaustive le contenu de la carte géologique.
- ✓ Associer les différents objets constitutifs de la carte dans des thèmes conformes à leurs significations géologiques.
- ✓ Etablir une méthode de construction topologiquement « propre », (par exemple au niveau de la superposition de lignes dans différents thèmes) mais néanmoins rationnelle en termes de coût de production.
- ✓ Mettre à disposition un outil à potentiel d'analyse optimum.

Le potentiel d'analyse du SIG peut être amélioré si le levé géologique et la préparation des données sont effectués en prévision de la construction d'un modèle spatial SIG complet.

#### IV. **Domaine d'application des SIG :**

Les domaines d'application des SIG sont très nombreux et très variés :

- ✓ Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques).
- ✓ Marketing (localisations des clients, analyse des sites).
- ✓ Planification urbaine (cadastre, réseaux assainissement).
- ✓ Protection civile (gestion et prévention des catastrophes).
- ✓ Transports (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires).
- ✓ Hydrologie (gestion des ressources hydraulique)
- ✓ Forêt (gestion et aménagement des forêts).
- ✓ Géologie (exploration et prospection minière).
- ✓ Biologie (études des populations animales).
- ✓ Télécommunications (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

#### V. **Avantage d'un SIG :**

- ✓ Les systèmes d'information géographiques présentent plusieurs avantages.
- ✓ Les informations sont stockées de façon claire et définitive.
- ✓ Gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets.
- ✓ Comprendre les phénomènes donc prévoir les risques
- ✓ Etablir rapidement des cartographies.
- ✓ Localisation rapide dans l'espace et dans le temps.
- ✓ Réagir rapidement après des événements ayant un impact sur le territoire.
- ✓ Calcul rapide des couts et des bénéfices.
- ✓ Choix efficace de la meilleure variante.
- ✓ Fournir une aide pour la prise de décision Etc.

#### VI. **Application a la région d'étude.**

ArcGIS est le logiciel que nous avons utilisé dans ce travail à fin d'atteindre l'objet principal, qui est la cartographie SIG des cartes géologiques à l'échelle de 1/200 000 des régions « Ougarta », « Kerzaz », Ce travail a été fait à partir des images satellites Landsat 8 traité comme on a expliqué dans le chapitre précédant pour nous aider dans la reconnaissance des formations géologiques.

La méthode de travail consiste tous d'abord à géoréférencé les cartes géologiques anciennes, puis à l'aide de traitement des images Landsat 8 en utilisant le logiciel ENVI et l'analyse des résultats, nous avons pu interpréter l'extension des différentes entités géologiques (polygones ou linéaments) en les comparants avec les données des cartes anciennes. Ainsi une bonne mise à jour de la cartographie a été réalisée sur notre région d'étude.

## A. Étapes suivies pour la réalisation du travail :

### 1. Géoréférencement :

Géoréférencer une carte raster signifie faire entrer les coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quels points de la carte correspondent à ces coordonnées, il est indispensable de géoréférencer chaque carte raster avant de l'utiliser dans une base de données.

Pour que l'identification des formations dans notre travail soit correcte et précise, il faudrait opter pour un système de projection unique.

Pour les cartes Ougarta et Kerzaz on va utiliser le système de projection « UTM » Nord 30.

Pour commencer le géoréférencement d'une carte on doit :

#### a) Démarré le logiciel ARCGIS :

Il faut ouvrir ArcCatalog ainsi qu'ArcMap.

Ouvrir tout d'abord une carte SIG vierge (Projet SIG).

#### b) Connecter à un dossier :

Il faut se connecter avec le dossier où la carte géologique en format raster est stockée dans l'ordinateur, il s'ouvre une interface qui montre tous les disques dans l'ordinateur, donc c'est à l'utilisateur de chercher le dossier où il a stocké ses cartes scannées.(Figure 35)

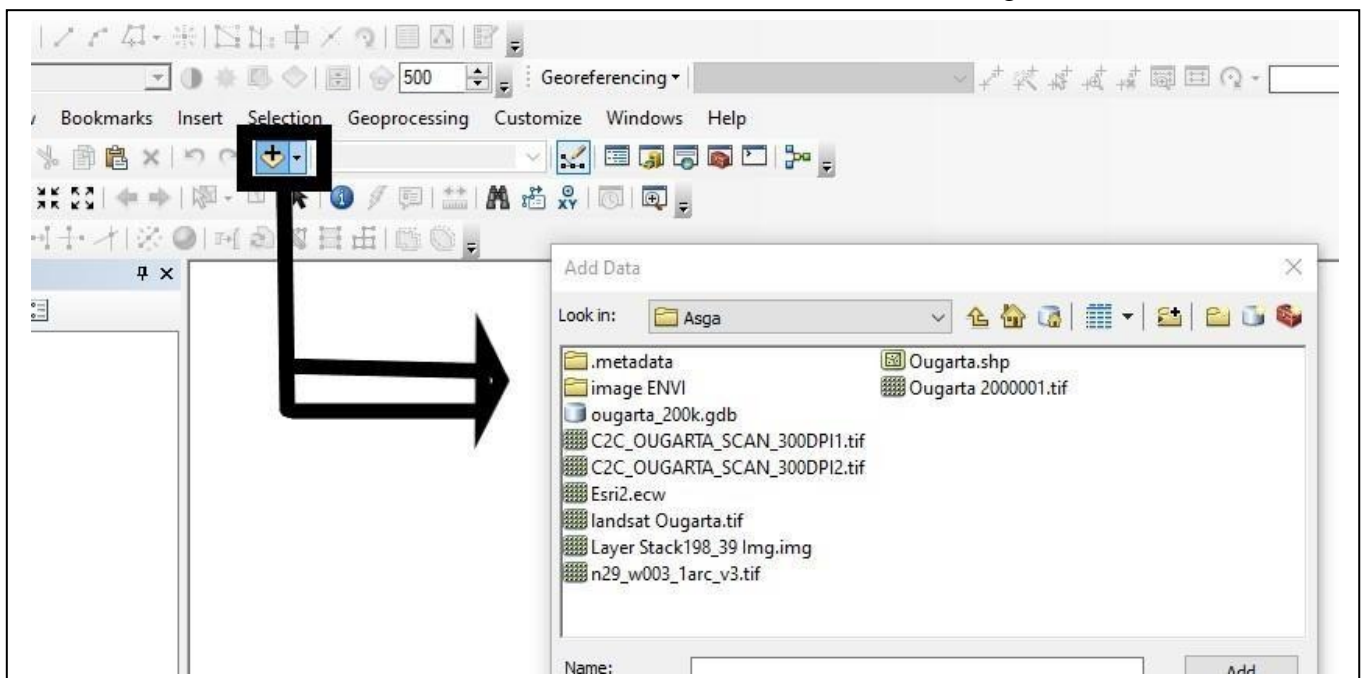


Figure 35 : Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant icône connexion à un dossier.

### 2. Attribution de la référence spatiale :

Après avoir connecté au dossier de carte on procède à l'attribution de la référence spatiale. (Figure36)

Les cartes géologiques de la région d'étude sont classées dans la zone 30 (WGS 1984 UTM Zone 30N).

Dans ArcCatalog : Clic droit sur la carte à Géoréférencer et on suit ces étapes :

Coordinate system → projected coordinate system → UTM → WGS 1984 →  
 WGS 1984 UTM ZONE 30N → Appliqué → OK.

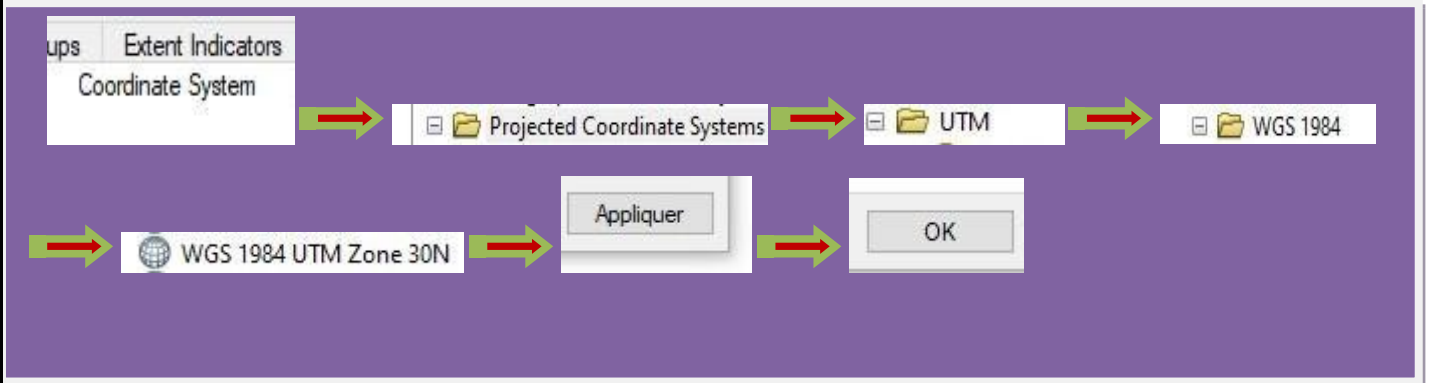



Figure 36 : les étapes d'attribution de la référence spatiale.

**3. Ajouter les points de contrôle à la carte :**

C'est une manipulation qui consiste à caler la carte en ArcMap, en cliquant sur l'outil « Georeferencing » localisé à la barre d'outils puis décocher "Auto Adjust". On ajoute 4 points de contrôle en utilisant l'outil (  ) puis ce sont des coordonnées géographiques en Degrée Minutes Secondes (DMS), Longitude et Latitudes à chaque point. Ces points sont ajoutés par ordre, dans le sens des aiguilles d'une montre. (Figure 37 et 38).

**Les étapes à suivre :**

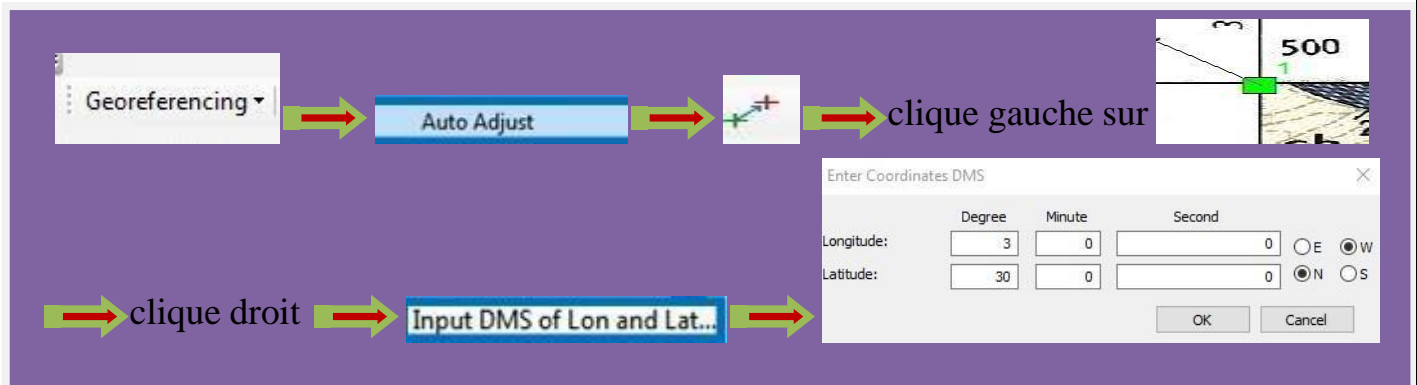


Figure 37 : les étapes pour Géoréférencement de la carte « Ougarta ».

Résultat :

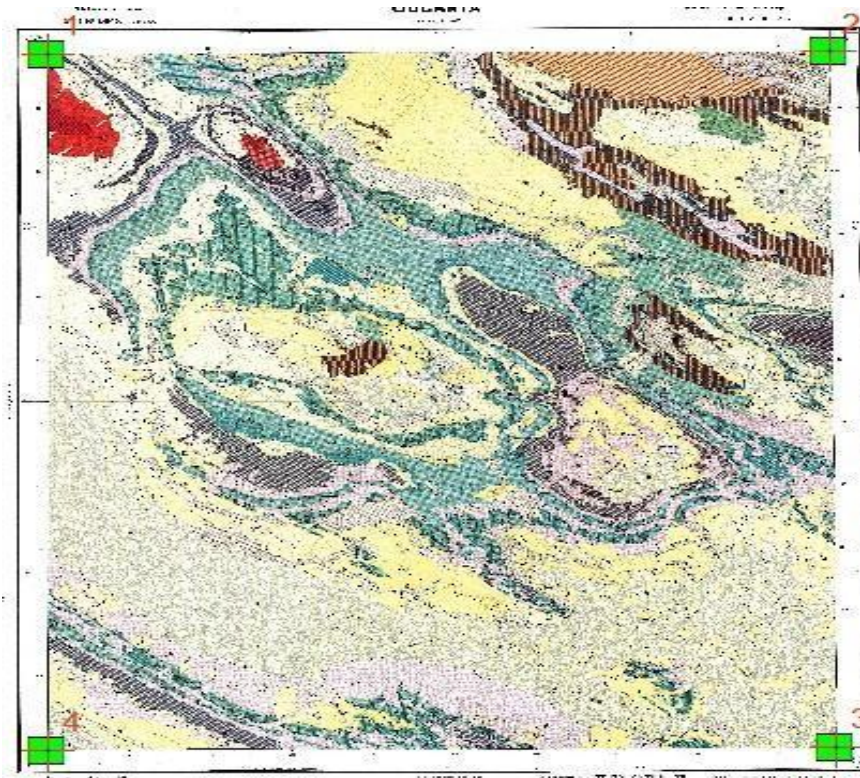


Figure 38 : le résultat de Géoréférencement de la carte « Ougarta ».

Les quatre points ont été plantés, Cliquer sur « Auto Adjust » puis OK. La carte disparaît, pour la réafficher cliquez sur l'outil (🌐). Les quatre points doivent apparaître sous forme de croix rouges.

❖ *Rectifications de la carte :*

Clique gauche sur Georeferencing → Rectify → une boîte s'ouvre (Save As) : Name, Format (Tiff) puis mettre le dossier d'enregistrement de notre carte géoréférencée dans « Output Location » → Save « enregistrer ».

**4. Analyse et Interprétation :**

Pour analyser et interpréter il faut utiliser les traitements effectués grâce à ENVI et identifier les formes géologiques on se basant sur la carte géologique antérieure et à la fin on doit corriger et mettre à jour les contours géologiques et les formations linéaires (Failles dykes ...).

### 5. La vectorisation des différentes formations géologiques.

La vectorisation consiste à la production du contenu d'une carte géologique à partir d'éléments géométriques simples sous forme de polygone, point ou ligne, à l'aide d'ArcGIS.

Les éléments géométriques utilisés différents selon les types d'objet à vectorisés :

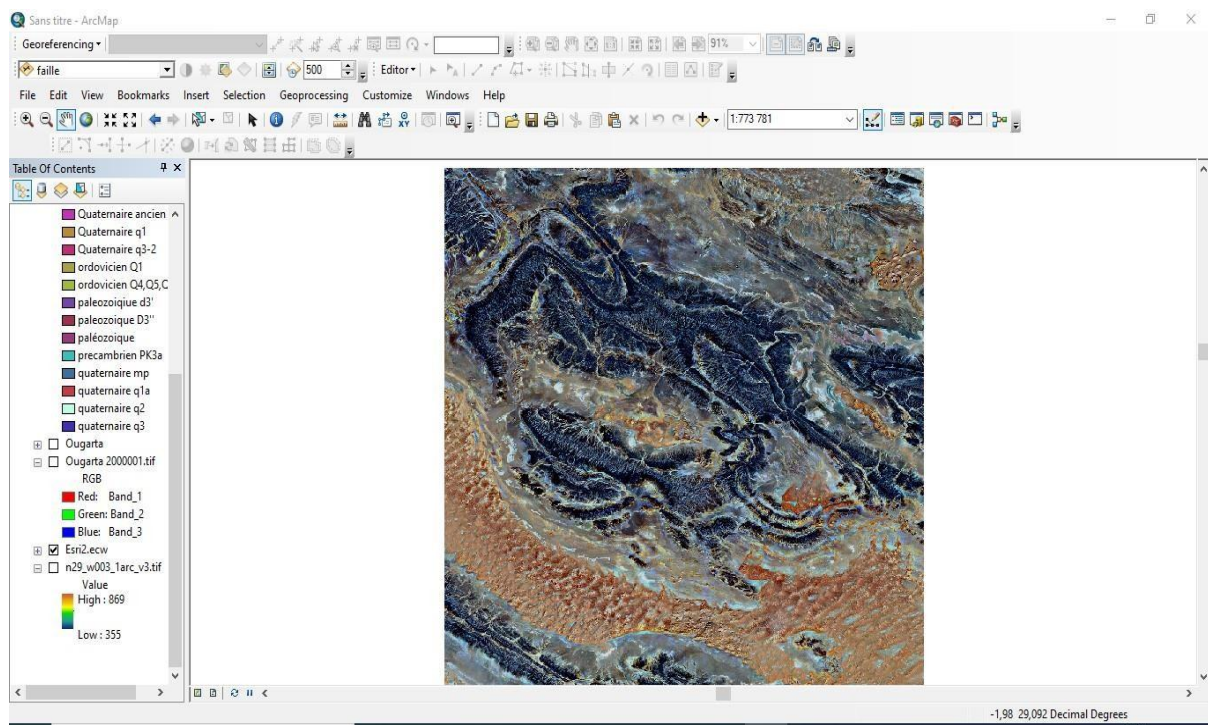
- ✓ Une faille par un trait (ligne).
- ✓ Un affleurement par un polygone.
- ✓ Un gîte minéral par un (point).

Dans notre travail on a utilisé des images satellites Landsat 8 traitées par le logiciel UNVI.

Le résultat sera une image en mode « vecteur ».

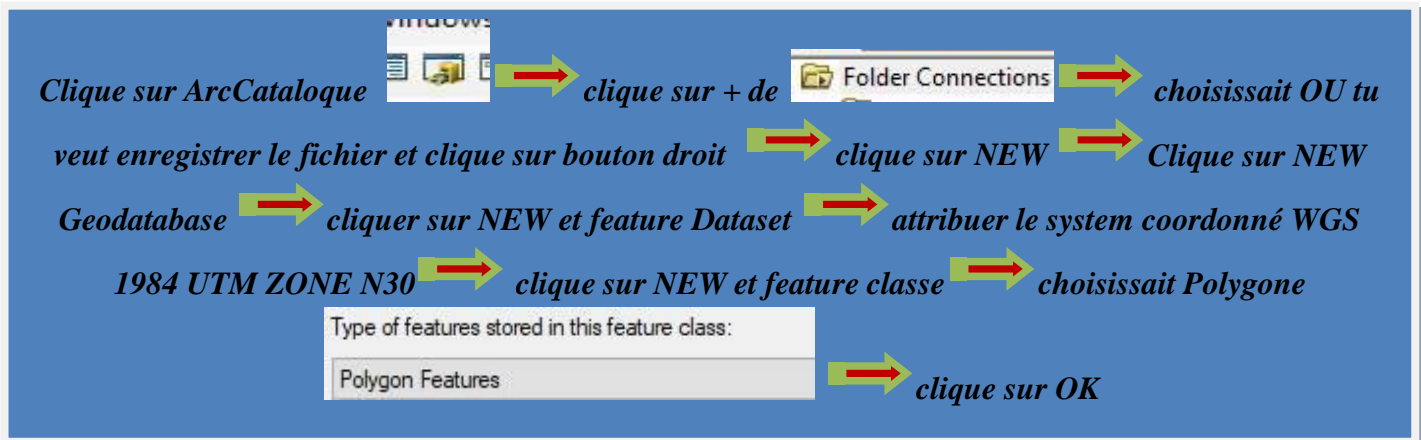
*-Les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS 10.5 :*

❖ *Insertion de l'image SAS. Planet pour vectorisé sur elle.(Figure 39).*



**Figure 39 : Insertion de l'image satellite SAS. Planet de l'Ougarta sur ArcGIS.**

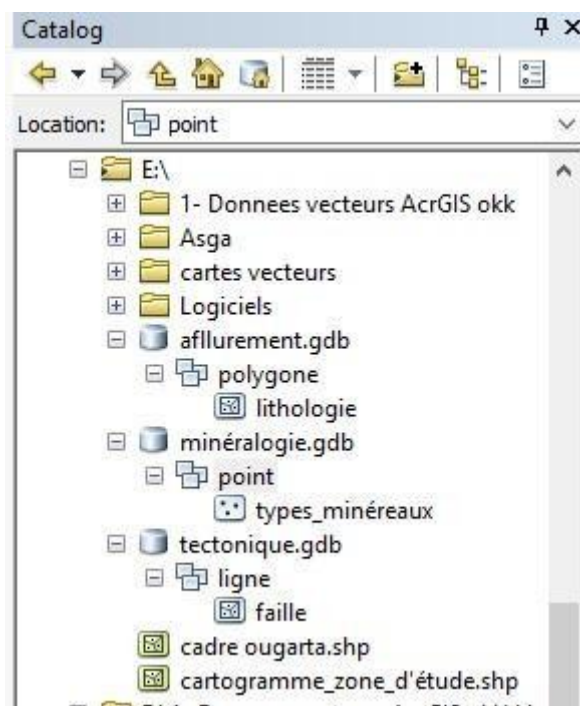
❖ *Création d'une couche « fichier de formes » via ArcCatalog .(Figure 40 et 41).*



*Figure 40 : les étapes pour crée une couche (Polygone).*

*Remarque :* On refait les mêmes étapes pour créer une couche ligne ou point.

**Résultat :**



*Figure 41 : le résultat de créations des couches sur « ArcCatalog »*

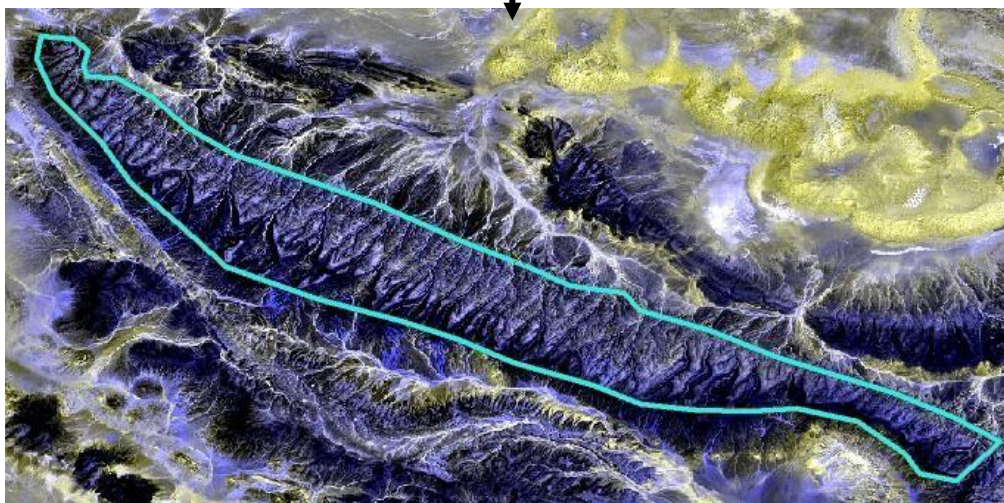
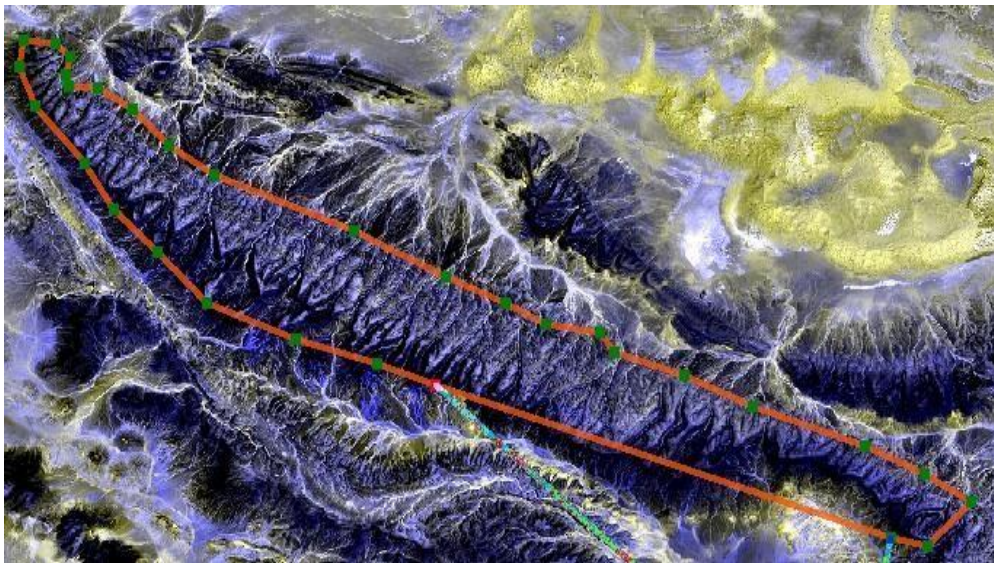
❖ *Utilisation de la barre d'outils « Editor » :*

- ✓ Commence la vectorisation par l'activation de la barre d'outils \*Editor\*.
- ✓ Aller vers "Editor" et cliquer sur « Start Editing » pour ouvrir une session de mise à jour et on prend l'outil et on vectorisé l'entité polygonal voulue (Figure 42).



*Figure 42 : la barre d'outils « Editor »*

- ✓ On commence à dessiner
- ✓ Pour terminer le dessin d'un polygone/polyligne, on fait un clic droit et choisir la commande « Finish Sketch » ou bien on fait un double-clic.
- ✓ Après avoir terminé la vectorisation (Digitalisation) on va enregistrer le travail : Aller à "Editor" puis « Save Editing ».
- ✓ A la fin on clique sur « stop Editing » ( Figure 43).

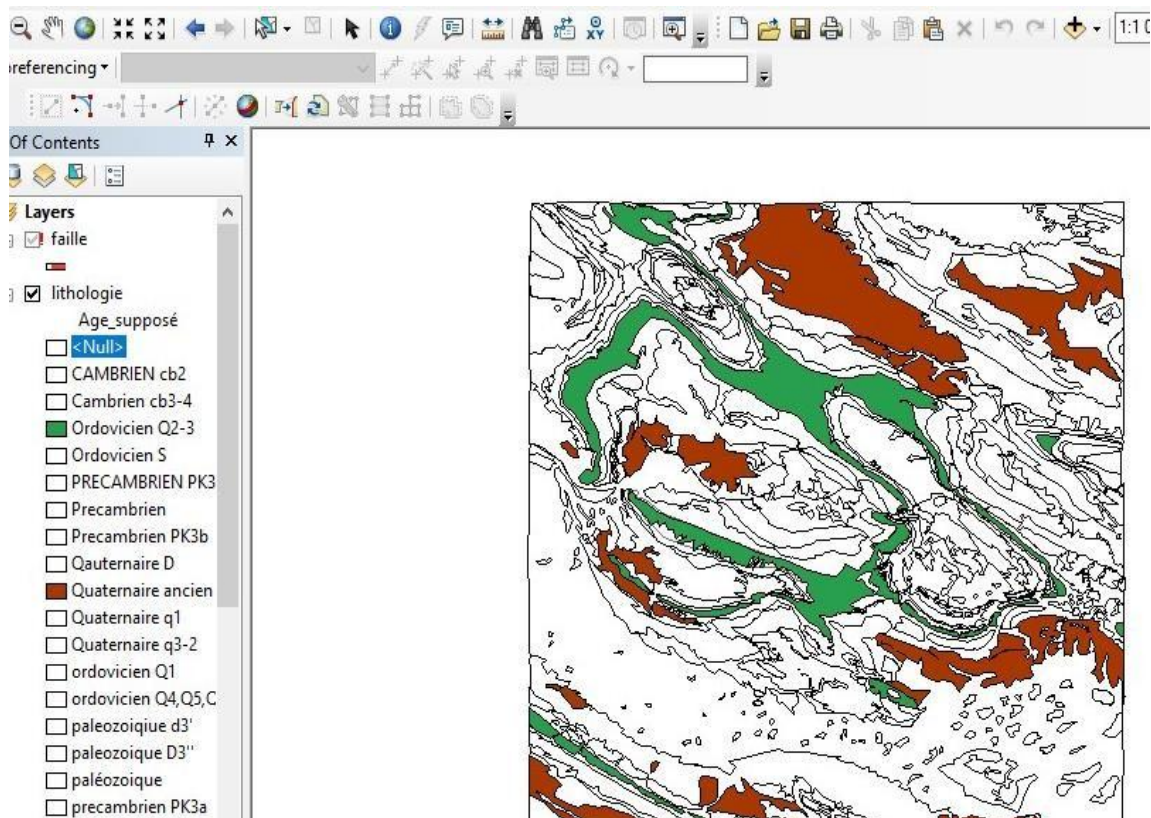


*Figure 43 : Exemple de la vectorisation d'une formation « polygone » de l'Ordovicien Q2-3 (Kheneg el Aathéne) de l'Ougarta.*

❖ *Vectorisation des entités :**-Lithostratigraphique :*

Pour l'application de ce travail, il faut passer d'une couche à une autre jusqu'à la fin, Toutes les couches sont vectorisées en faisant attention de ne pas oublier de mettre la référence spatiale de chaque couche vectorisée, correspondant à la référence spatiale de la région de la carte et on attribue a chaque polygone un nom sur la table attributaire.

On va prendre un exemple de la vectorisation de l'information lithologique (quaternaire ancien et ordovicien de la feuille de l'Ougarta). ( Figure 44).

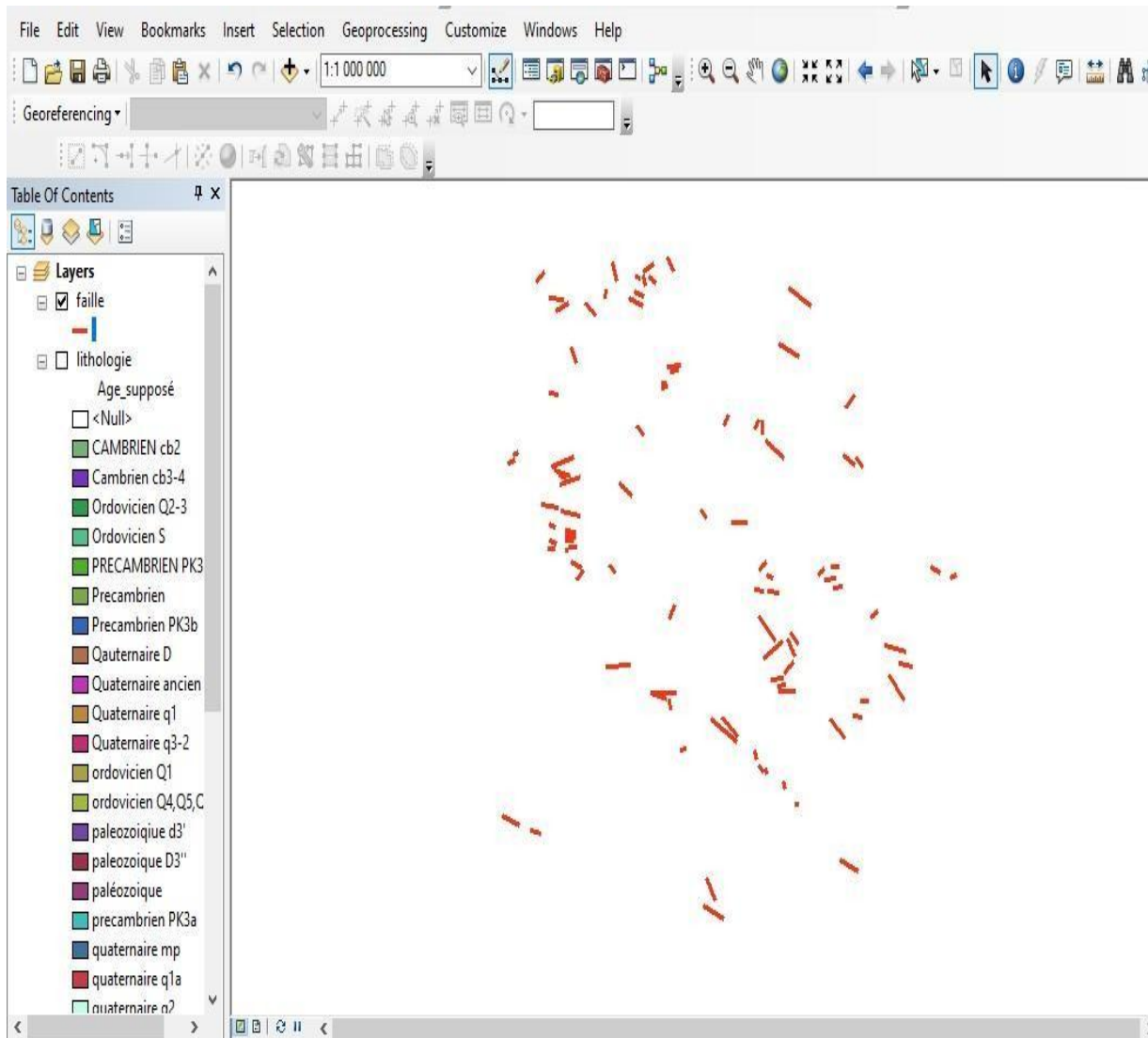
**Résultat :**

**Figure 44 : Présentation de Quaternaire ancien et Ordovicien Q2-3 de la feuille de l'Ougarta.**

Pour la vectorisation de lignes (failles, filons et panneaux, discordance...) nous avons suivi les mêmes étapes que pour la vectorisation surfacique citée dans quelques pages auparavant, c'est-à-dire : suivre les mêmes étapes pour la création d'un nouveau fichier de formes, sauf qu'il faudrait changer le « Type d'entités » en « Polyligne ».

Exemple de vectorisation des failles dans la feuille de l'Ougarta et Kerzaz. (Figure 45 et 46).

**Résultat :**



*Figure 45 : Présentation des failles de la feuille de l'Ougarta (polyline).*



*Figure 46 : présentation des failles de la feuille de Kerzaz (polyline).*

❖ Les exemples d'un processus de mise à jour de la cartographie géologique des feuilles de l'Ougarta et Kerzaz :

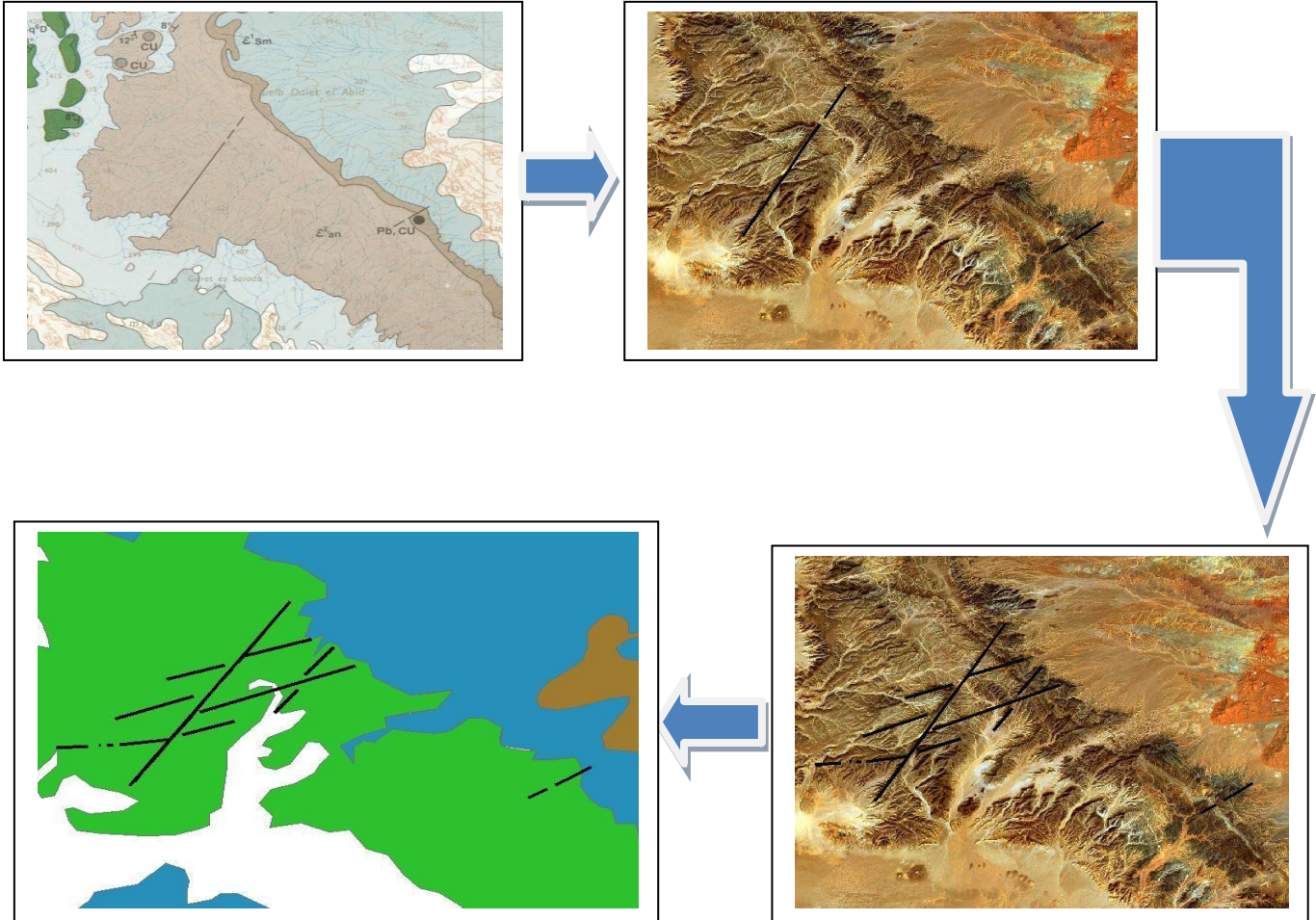
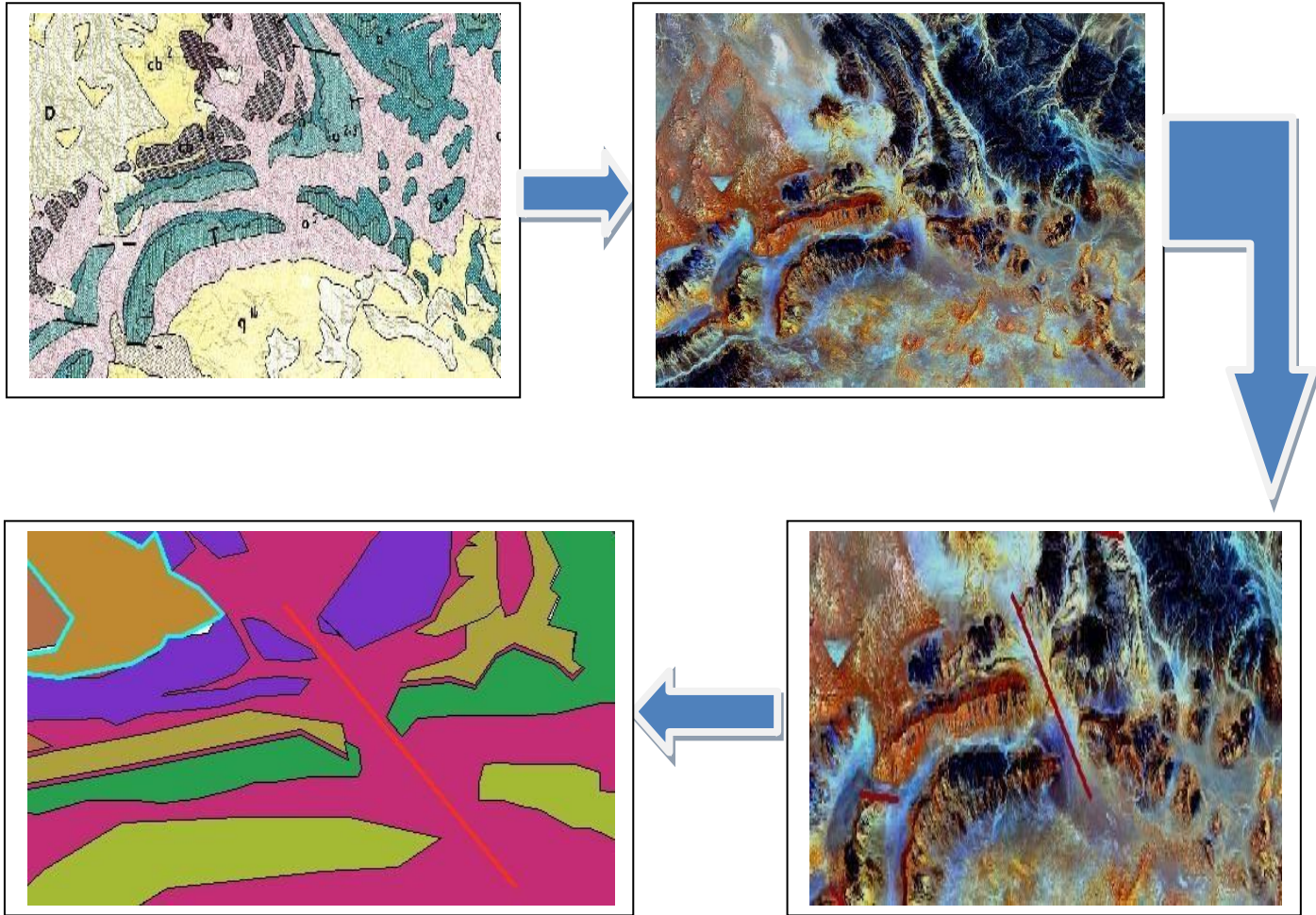


Figure 47 : Correction des failles de la feuille de Kerzaz.



*Figure 48: Correction des failles de la feuille de L'Ougarta.*

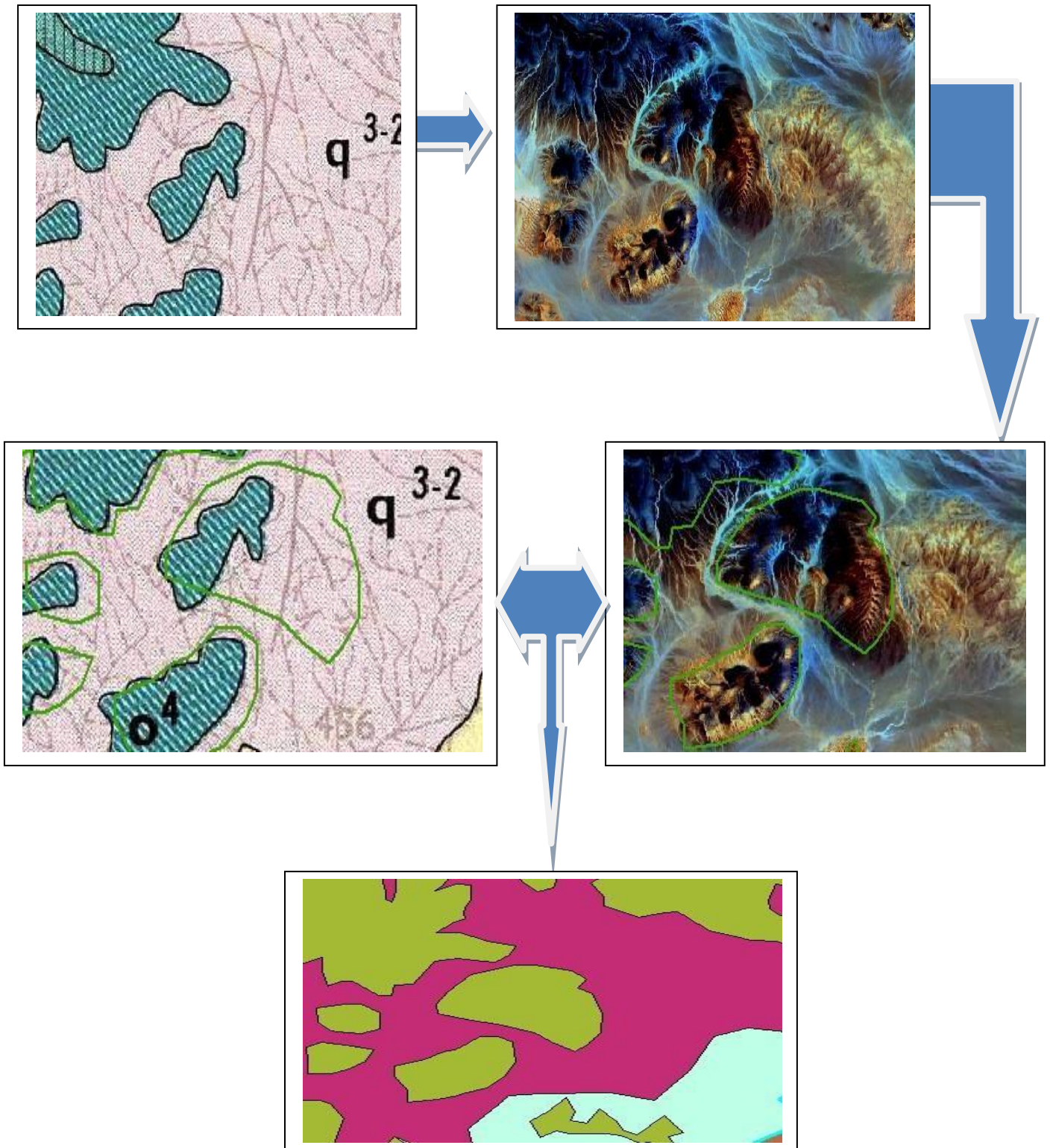


Figure 49 : Correction lithologique de la feuille de l'Ougarta.

❖ **Mise en page :**

ArcGIS 10.5 nous permet de créer efficacement des mises en page qui peuvent être présentées à d'autres utilisateurs via une image imprimée ou un document PDF.

La mise en page d'une carte est une combinaison de plusieurs éléments nécessaires dans une carte, à savoir :

- ✓ Un titre
- ✓ Une légende
- ✓ Une flèche d'orientation Nord
- ✓ Une échelle graphique et/ou numérique
- ✓ Des cartes de localisation ou des grilles de coordonnées géographiques et/ou cartographiques
- ✓ Une source : auteur(s), année...(Figure 50).

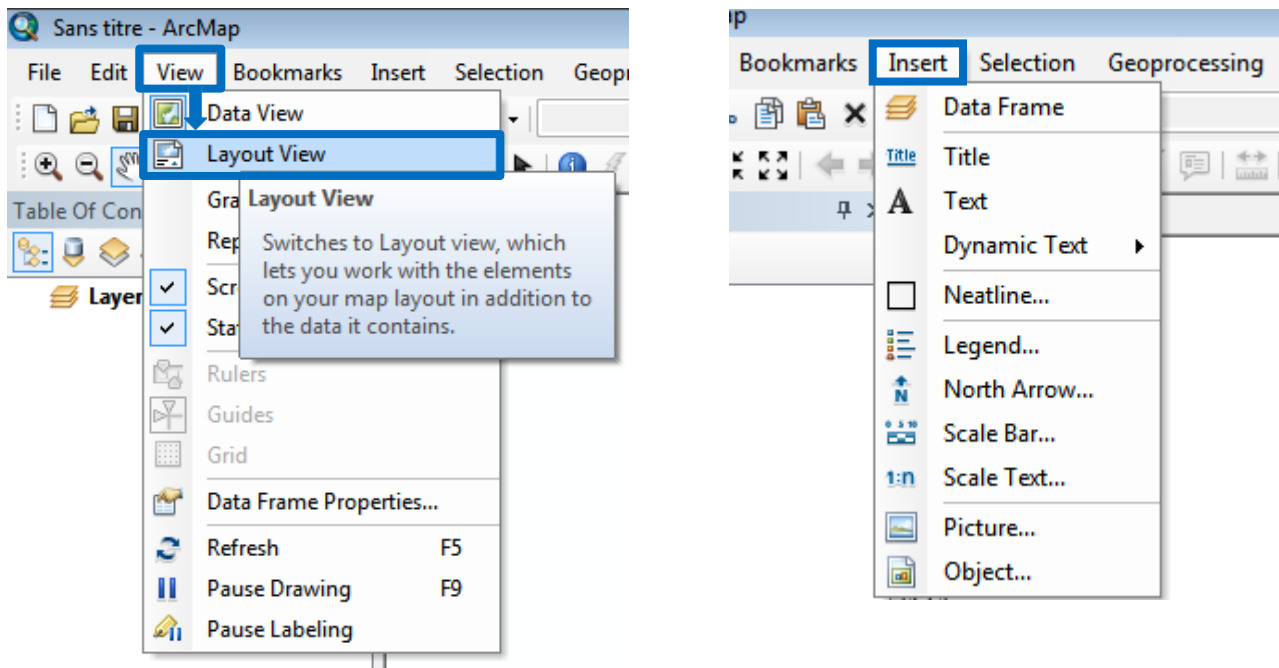


Figure 50 : les étapes de mise en page.

Résultat finale :

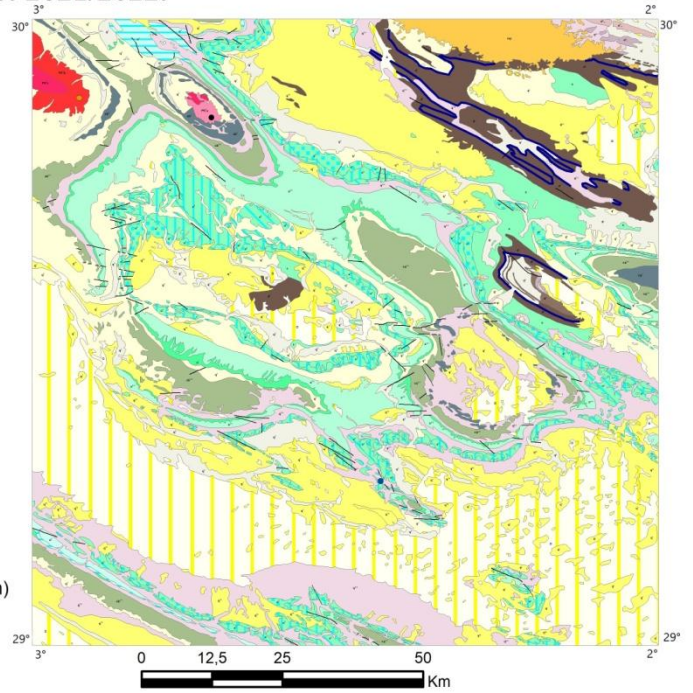
**Legende:**

- Djebel bet Touaris
- Djebel Oued Anchal
- Djebel bou kbaissat "Cu".
- Muraille de chine
- faille

**S\_FGEOL - Formations géologiques**

- D\_Dunes ( Quaternaire).
- q3\_Quaternaire récent
- q3\_2\_Quaternaire moyen à récent
- q2\_Quaternaire moyen
- q1\_Quaternaire ancien indéféréncié
- q1b\_Villafranchien récent (Quaternaire ancien)
- q1a\_Villafranchien ancien (Quaternaire ancien)
- mp\_Néogène (Quaternaire)
- d3\_''\_Devonien (Grés de Ouarrourout)
- d3\_''\_Devonien supérieur
- d2\_Dévonien moyen
- d1\_Dévonien inférieur
- s\_Silurien et Gédinien inférieur
- o6\_Djebel Serraf (Ordovicien)
- o5\_Bou\_M'haoud (Ordovicien)
- o4\_Foum ez Zeidiya (Ordovicien)
- o2\_3\_Kheneg el Aatène(Ordovicien)
- o3\_Ordovicien supérieur
- o2\_Ordovicien inférieur
- o1\_Foum Tineslem (ordovicien)
- cb3\_4\_Ain en Néchéa et support de la "dalle à Lingules"(Cambrien)
- cb2\_Sebkha el Melah (Cambrien)
- PK3\_c\_Ignimbrites laves (Précambrien)
- PK3\_b\_Ignimbrites vitroclastiques(Précambrien)
- PK3\_a\_Ignimbrites flammées (Précambrien)

**Département des Sciences Géologiques (U.M.M.T.O)**  
**Réalisée par : Kecili Said et Kadem Abderrahmane**  
**Cartographie SIG au 1/200 000 de la feuille de l'Ougarta**  
**Promoteurs: Mr Zeghouane Hocine et Mr Serkhane Ahmed**  
**Année: 2021/2022.**



Carte Géologique au 1/200 000 de l'Ougarta

*Figure 51 : carte Géologique de l'Ougarta (Mise à jour 2022).*

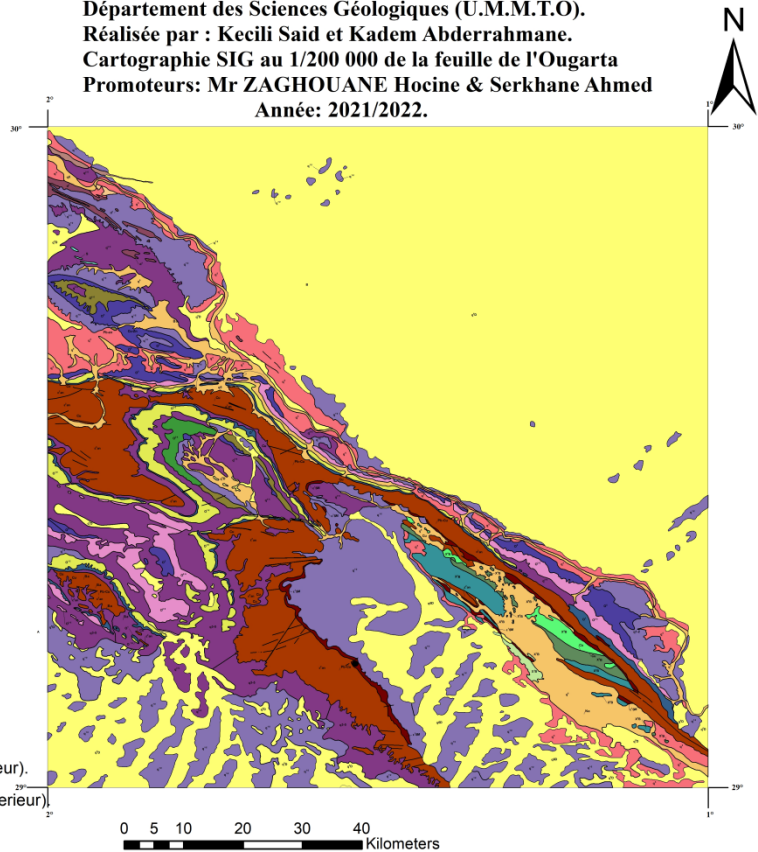
**Legend**

- Djbel Kahlet El Morat
- Failles

**Formations géologiques**

- Q6D - Quaternaire actuel - Dune (erg).
- Q6 - Quaternaire actuel - Argiles, grès.
- Q5 - Quaternaire supérieur - Grès, grès argileux.
- Q3-5 - Quaternaire moyen Grès, cailloutis, limons.
- Q1-2 - Quaternaire ancien- Grès, cailloutis.
- D4 - Dévonien terminal Grès et argiles d'ouarourout.
- D3 - Dévonien supérieur Calcaires griottes à Goniatile
- D2 - Dévonien moyen - Argiles rouges.
- D1 - Dévonien inférieur - Calcaires à Orthocères et Trilobites.
- S- Silurien - Schistes argilo-gréseux.
- O5 - Ordovicien - Gès, couches de fer.
- O4-5 - Ordovicien - Grès ferrugineux, quartzites.
- O3-1 - Ordovicien - Arkoses.
- O3- Ordovicien - Grès et quartzites.
- O2-5 - Ordovicien - Grès et argilites
- O2-4 - Ordovicien - Grès micacés, argilites.
- O1-2 - Ordovicien - Grès et quartzites.
- O1 - Ordovicien - Grès micacés, couches de fer.
- Pr4B - Basaltes porphyriques. ( Protérozoïque inférieur).
- Pr3B - Argiles et andésites porphyriques. ( Protérozoïque inférieur).
- Pr2B - Grès, tufs et andésites porphyriques. ( Protérozoïque inférieur).
- Pr1B - Andésites porphyriques. ( Protérozoïque inférieur).

Département des Sciences Géologiques (U.M.M.T.O).  
 Réalisée par : Kecili Said et Kadem Abderrahmane.  
 Cartographie SIG au 1/200 000 de la feuille de l'Ougarta  
 Promoteurs: Mr ZAGHOUANE Hocine & Serkhane Ahmed  
 Année: 2021/2022.



Carte géologique au 1/200 000 de Kerzaz

*Figure 52 : Carte Géologique 1/200 000 de Kerzaz (Mise à jour 2022).*

La chaîne de l'Ougarta est située dans la partie nord-occidentale de la plate-forme saharienne. Elle se divise longitudinalement, suivant une direction NW-SE, en deux faisceaux séparés par l'Erg Er Raoui. Ce sont le faisceau de la Saoura au NE et le faisceau de la Daoura au SW, qui se rejoignent au niveau d'Adrar et s'estompent dans le Touat. Au NW, ils se prolongent, par contre, en direction du bassin de Béchar-Abadla et de l'Anti-Atlas marocain.

Cette chaîne, d'une étendue de plus de 400km de long pour 200km de large, est constituée par un soubassement volcano-sédimentaire et volcanique précambrien surmonté par une couverture sédimentaire plissée d'âge paléozoïque. L'ensemble est circonscrit par des formations plus récentes.

Au terme de ce travail, on voudrait essentiellement faire ressortir l'intérêt de la « Télédétection et SIG » à la mise à jour de la cartographie géologique au 1 /200 000 des feuilles de l'Ougarta et Kerzaz, par le traitement des données des images satellitaires Landsat-8. Plusieurs étapes ont été nécessaires pour réaliser ce travail.

La première étape a consisté à réaliser une recherche bibliographique et cartographique, qui nous a permis d'acquérir des informations concernant la cartographie et la description géologique de notre région d'étude.

La deuxième étape c'est la réalisation d'une synthèse géologique et cartographique de la région d'étude.

La troisième étape, c'est la partie pratique où on a utilisé le logiciel ENVI 5.3 et ArcGIS 10.5. On a commencé d'abord par les téléchargements des images sur le site Landsat.usgs.gov pour les images Landsat-8, puis les traitements et l'interprétation de ces images ont été effectuées à l'aide du logiciel Envi. Ensuite, les différentes méthodes de traitements numériques appliquées telles que les compositions colorées, la décorrélation et l'analyse en composantes principales « PCA », et le « K-Means » classification non supervisée avec 5 classes puis avec 10 classes et aussi « convolution et Morphology » et la fraction de bruit minimale MNF, cet armada de traitements effectués nous a permis de pouvoir montrer que la description lithologique des différentes formations de la région est aisément perceptible.

La quatrième étape qui est la plus cruciale, c'est la partie pratique où on a utilisé le logiciel ArcGIS 10.5. Elle a commencé d'abord par l'importation des images satellites et leurs traitements et les cartes géologiques (images scannées) en format raster dans le logiciel et lui attribuer ses références spatiales et enfin procéder à leur vectorisation, ou on a apporté quelques précisions pour les limites lithologiques et on a ajouté des failles.

Les cartes SIG obtenues peuvent être enfin exportées puis imprimées sous forme de document image en papier pour être utilisées par une société ou une campagne d'exploration. Quant au SIG réalisé, il représente une nouvelle forme de données numériques susceptibles d'être manipulées et mise à jour.

La télédétection et SIG représente donc aujourd'hui, un appui très efficace et rapide pour la cartographie géologique avec un meilleur rapport qualité/prix.

# Références Bibliographiques

**Ait-Kaci-Ahmed, A., 1996.** Subdivisions stratigraphiques nouvelles dans la couverture néoprotérozoïque au Nord-Est du bassin de Taoudenni (Algérie). In : L. Bitam et J. Fabre (Eds.), Géodynamique du craton ouest africain central et oriental : héritage et évolution post-panafricains.

**Bertrand-Sarfati, J., Moussine-Pouchkine, A., Ait-Kaci-Ahmed, A., 1996.** Subdivisions stratigraphiques nouvelles dans la couverture néoprotérozoïque au Nord-Est du bassin de Taoudenni (Algérie). In : L. Bitam et J. Fabre (Eds.), Géodynamique du craton ouest africain central et oriental : héritage et évolution post-panafricains.

**B.I.A., 1960.** Etudes géologiques, Mission Eglab, Rapport fin de mission (1958-1959), 68 P., 3 cartes h.t., 67 pl. h.t., inédit.

**Beerrabah, A., 2012.** Aspect sédimentologique de la "formation du djebel serraf" (fini-ordovicien) au ksar d'Ougarta et ses environs

**Chavaillon, D., 1972.** Etude stratigraphique des formations quaternaires du Sahara nord occidental : Colomb- Béchar à Reggane. Paris, CNRS. 393 p, 32fig.

**Choubert, G., et Faure-Muret, A ., 1974.** Problème de l'âge des dolérites du sud marocain C. R. Acad. Sci. Paris, 278, série D, pp. 1677-1680.

**Chikhaoui, M., 1972.** Notice explicative de la carte Oglet Mohamed à 1/200.000 (inédit).

**Donzeau, M., 1983.** Tectonique des monts d'Ougata. In : Fabre, J. (Ed), Afrique de l'Ouest. Introduction géologique et termes Stratigraphiques. Lexique Stratigraphique international, Nouvelle série 1. Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 118-120.

**Kahoui, M., et Mahdjoub, Y., 2004.** An Eburnean alkaline-peralkaline magmatism in the Reguibat rise: the Djebel Drissa ring complex (Eglab Shield, Algeria), Journal of African Earth Sciences 39, 115-122.

**Khakhlov., et al., 1981.** Recherche et prospection systématique des minéralisations dans la feuille de Tabelbala, Rapport final, EREM,(inédit).

**Kareche, K., et Maketa, P., 2016\_2017.** Cartographie SIG du Nord de l'Iskel (Hoggar, Algérie): Géologie et minéralisations associées. 2016-2017.(UMMTO).

**Khakhlov., et al., 1981.** Recherche et prospection systématique des minéralisations dans la feuille de Tabelbala, Rapport final, EREM, (inédit).

**Lillsand., et Kiefer., 2019.** La télédétection.

**Mekkaoui, A., 2015.** Le magmatisme basique de l'axe Damrane-Kahal Tabelbala (Daoura, Monts de l'Ougarta, Sud-Ouest, Algérie): Géologie,Pétrologie, Géochimie et Contexte Géodynamique 2015.

**Michard, A., 1976.** Eléments de géologie marocaine. Notes et Mémoires du Service Géologique, Maroc, 252: 1-422.

**Menchikoff , N., 1930.** Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., VII, 2, p.139.

**Mekkaoui, A., 2001.** Prospection du Cuivre dans les pélites du massif volcanique du Damrane. Rapport intermédiaire, ORGM, (inédit).

**Menchikoff, N., 1930.** Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., VII, 2, p.139.

**Martin, P., 2004.** Géomatique et géographie de l'environnement de l'analyse spatiale à la modélisation prospective[en ligne]. Toulouse de Mirail : Département de géographie et Aménagement, 211p.

**Mekkaoui, A., Remaci-Benaouda, N., et Mekahli, L., 2009.** Nouvelles Données Pétrologiques Et geochemiques du magmatisme basique de l'axe Damrane – Kahal tabelbala (monts d'Ougarta, sudouest algérien) , Les 2éme journées d'études sur la géologie algérienne, Oran, le 14 et 15 décembre 2009.

**Mekkaoui, A., et al., 1998.** Prospection régionale de Cuivre et d'argent dans les monts de l'Ougarta, Rapport final, ORGM, (inédit).

**Potentiel minéral de la chaine de l'ougarta., 2021.** ( cours gitologie U.M.M.T.O).

**Preidl, M., 1985.** Prospection du Cuivre dans le massif volcanique du Damrane. Rapport final, EREM, (**inédit**).

**Ravalet, S., et Panet, I., 2001.** Vadémécum du chef de projet SIG. Marne la Vallée : ENSGIGN, 48p.

**Halit, Z., & Boudjmai, F., 2020-2021.** teledetection de la region des eglabs mémoire2020/2021(U.M.M.T.O).

**Zeghouane, H., 2019.** Dates historiques de télédétection. Cour 2018 /2019.