

اهداء

اهدي هذا العمل المتواضع الذي انجزته في هذا السن وانا اشرف

على نهاية حياتي العملية

الى من اعانني على العودة الى الجامعة بعد 28 سنة والاندماج مع من هم
اقل من نصف عمري وان يدرسني مجموعة من الزملاء قبل ان يكونوا
استاذتي واخرون حصل لي شرف التعرف عليهم خلال هاته السنة فسهلوا
لنا المهمة ورفعوا لنا المعنويات

دون ان انسى عائلتي امي ووالدي وزوجتي ونهال ووصال على وجه
الخصوص ممن حفزوني على العودة للدراسة

الشكر موصول الي السيد قفايفية عمار وكل طاقمه والى السيد طوالبية نور
الدين الذي كان اول من اقترح علي فكرة الماستر

دون ان انسى ابني وزميلي في المشروع عناني اسامة وكل زملائي في هاته
الدفعة

نورة علي

اهداء

اهدي هذا العمل المتواضع الى والداي مع الدعاء لهما بالعمر الطويل و بكل
ما فيه خير

الى الاستاذ الفضيل شمس الدين فهدي

الى الدكتورة قرابية نور الهدى

و الى الاب و العم و الزميل علي نورة

الى كل عائلة عناني

الى اساتذة قسم الجيولوجيا لجامعة تبسة و جيغل

و لا انسى زملائي في قسم جيولوجيا المهندس و الجيوتقني سنة 2 ماستر

بالإضافة الى كل طلبة قسم الجيولوجيا

و ربما هذا اخر عمل في مسيرتي الدراسية اغتتم الفرصة لأهديه الى كل
استاذ درسني من الابتدائي الى الجامعة و اتقدم لهم بالشكر الجزيل

عناني اسامة

REMERCIEMENT

Après les louanges et les remerciements à Dieu Tout-Puissant qui nous a aidés à faire ce humble travail dans ces circonstances morales difficiles à la suite de cette épidémie.

Je profite de l'occasion pour remercier tout particulièrement notre promoteur, le professeur **Fehdi Chemseddine**, pour avoir accepté de nous encadrer dans cette étude. Je le remercie pour son implication, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail salutaires, pour lui, pour tous les précieux conseils, les analyses riches qui montrent des grandes connaissances.

Sans oublier de remercier la doctorante M^{elle} **Gueraidia Nour El Houda** pour tout ce qu'elle nous a apporté lors de l'élaboration de notre mémoire.

Mes remerciements aux membres des jurys pour les efforts qu'ils ont fournis pour examiner notre travail et pour le juger.

Je n'oserais oublier de remercier tout le Corp. professoral de notre département, pour le travail énorme qu'il effectue pour créer les conditions les plus favorables au bon déroulement de nos études.

SOMMAIRE

RESUME	13
ABSTRACT.....	14
ملخص.....	15
INTRODUCTION GENERALE	16
CHAPITRE 1 PRESENTATION GENERALE DE LA WILAYA	17
1.1. TERRITOIRE.....	18
1.2. ORGANISATION ADMINISTRATIVE	19
1.3. MILIEU PHYSIQUE	20
1.3.1. RELIEF.....	20
1.3.2. CARACTERISTIQUES D'ALTITUDE	21
1.4. LES PRINCIPALES CONTRAINTES NATURELLES	21
1.5. POPULATION ET EMPLOI	22
1.5.1. ASPECT DEMOGRAPHIQUE	22
1.5.2. POPULATION	22
CHAPITRE 2 CADRE GEOLOGIQUE	24
2.1. INTRODUCTION.....	25
2.2. APERÇU STRUCTURAL ET TECTONIQUE.....	25
2.2. 1. LA PREMIERE PERIODE (PRE-OROGENIQUE).....	26
2.2.2. LA DEUXIEME PERIODE (OROGENIQUE)	26
2.2.2.1. LA PHASE PRELIMINAIRE	26
2.2.2.2. LA PREMIERE PHASE MAJEURE	26
2.2.2.3. LA DEUXIEME PHASE MAJEURE	26
2.2.2.4. LA DERNIERE PHASE.....	26
2.3. LA LITHOSTRATIGRAPHIE DE LA REGION	26
2.3.1. SECONDAIRE.....	27
2.3.1.1. LE TRIAS	27
2.3.1.2. LE CRETACE INFERIEUR ET MOYEN	28
2.3.1.3. LE CRETACE SUPERIEUR.....	28
2.3.2. TERTIAIRE.....	28
2.3.2.1. L'EOCENE.....	28
2.3.2.2. L'OLIGOCENE.....	28
2.3.2.3. MIOCENE INFERIEUR	29

2.3.2.4. MIOCENE SUPERIEUR.....	29
2.3.2.5. LE MIOPLIOCENE CONTINENTAL	29
2.3.3. QUATERNAIRE.....	29
2.3.3.1. LES FORMATIONS ANCIENNES	29
2.3.3.2. LES FORMATIONS RECENTES	29
2.3.3.3. LES FORMATIONS ACTUELLES.....	30
2.3.4. LES TERRASSES.....	30
2.3.4.1 TERRASSE DE LA MEDJERDA.....	30
2.3.4.2 .Terrasse de l'Oued Renem	31
2.4. PALEOGEOGRAPHIE DE LA REGION.....	35
2.5. CONCLUSION	35
CHAPITRE 3 HYDROCLIMATOLOGIE.....	36
3.1. INTRODUCTION.....	37
3.2. EQUIPMENT DU BASSIN.....	37
3.2.1. STATION PLUVIOMETRIQUES.....	37
3.2.2. STATIONS HYDROMETRIQUES.....	38
3.3. ANALYSE DES FACTEURS CLIMATIQUES	39
3.3.1. LES PRECIPITATIONS	39
3.3.1.1. VARIATION INTERANNUELLE DES PRECIPITATIONS.....	40
3.3.1.2. REPARTITION SAISONNIERE DES PRECIPITATIONS.....	40
3.3.1.3. COEFFICIENT PLUVIOMETRIQUE.....	41
3.3.2. LES TEMPERATURES.....	44
3.3.3. RELATION TEMPERATURE – PRECIPITATION (COURBE OMBROTHERMIQUE).....	45
3.3.4. DETERMINATION DES INDICES CLIMATIQUES.....	46
3.3.4.1. CLIMAGRAMME D'EMBERGER.....	46
3.3.4.2. INDICE D'ARIDITE DE MARTONNE.....	47
3.3.4.3. INDICE D'ARIDITE MENSUELLE.....	47
3.4.2. ESTIMATION DES RESERVES FACILEMENT UTILISABLES (RFU)	48
3.4.3. INDICE THERMIQUE MENSUEL	48
3.4.4. INDICE THERMIQUE ANNUEL.....	48
3.4.5 REPARTITION DES PRECIPITATIONS	49
3.4.5.1. CALCUL DU RUISSELLEMENT	49

3.4.5.2. CALCUL DE L'INFILTRATION.....	49
3.4.6. COMMENTAIRE SUR LE BILAN HYDRIQUE (BILAN HYDRIQUE GLOBAL).....	51
3.5. CONCLUSION	53
CHAPITRE 4 HYDROGEOLOGIE.....	54
4.1. INTRODUCTION.....	55
4.2. APERÇU SUR LES AQUIFERES	55
4.2.1. LES PRINCIPAUX AQUIFERES	55
4.2.1.1. HORIZONS AQUIFERES DANS LES MASSIFS DE DIAPIRS.....	55
4.2.1.2. HORIZONS AQUIFERES DANS LE CALCAIRE DES ETAGES CAMPANIEN ET MAASTRICHTIEN	55
4.2.1.3. HORIZONS AQUIFERES DANS LES SEDIMENTS DU MIOCENE ET DU PLIOCENE	56
4.2.1.4 LES SOURCES THERMALES	56
4.2.2. INTERPRETATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	57
4.2.2.1. ZONE A	57
4.2.2.2. ZONE B	57
4.2.2.3. ZONE C	58
4.2.2.4 ZONE D	58
4.2.2.5. ZONE DES AFFLEUREMENTS TRIASIQUES	58
4.3. ESTIMATION DES RESERVES DES NAPPES	59
4.3.1. LE SYNCLINAL DE TAOURA.....	59
4.3.1.1. LOCALISATION	59
4.3.1.2. DESCRIPTION DE L'AQUIFERE.....	59
4.3.1.3. LES RESSOURCES POTENTIELLES	59
4.3.1.4. EXPLOITATION DE A NAPPE.....	59
4.4. CONCLUSION	61
CHAPITRE 5 MATERIEL ET METHODES	62
5.1. INTRODUCTION.....	63
5.2. LA TELEDETECTION	63
5.3. APPORT DE LA TELEDETECTION EN GEOLOGIE	64
5.4. MATERIEL ET METHODES	64
5.5. METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	65
5.5.1. TELECHARGEMENT DE L'IMAGE SATELLITAIRE	65

5.5.2. TRAITEMENT DE L'IMAGE SATELLITAIRE	72
5.5.2.1. METHODE 1 : COMPOSITION COLOREE 7.6.2 (RGB COLOR).....	72
5.5.2.1.1. LE LOGICIEL ENVI.....	72
5.5.2.1.2. LE LOGICIEL GEOMATICA.....	83
5.5.2.1.3. LE LOGICIEL ARC GIS	87
5.5.2.1.4. LE LOGICIEL ROCKWORKS	91
5.5.2.2. METHODE 2 : BANDE 8 PANACHROMIQUE 15 m (GRAYSCALE) ...	95
5.6. CONCLUSION	99
CHAPITRE 6 RESULTAT ET DISCUSSION	100
6.1. INTRODUCTION.....	101
6.2. INTERPRETATION DES LINEAMENTS	101
6.3. CONCLUSION	106
CONCLUSION GENERALE	107
BIBLIOGRAPHIE	109

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1. Position géographique de la wilaya de Souk-Ahras par apport au pays et au reste du monde	18
Figure 2.1. Principales localités de la wilaya de Souk-Ahras	19
Figure 3.1. Localisation des communes à l'intérieur de la wilaya	20
Figure 4.1. Représentation graphique de l'évolution de la population.....	23
Durant les trois derniers recensements (1987-1998-2008).....	23
Figure 1.2. Carte géologique de la zone d'étude (d'après David.l ; 1956).....	31
Figure 2.2. Coupe géologique schématique dans la région de Souk-Ahras	32
Figure 3.2. Schéma structural 1/250 000 d'après la carte géologique 1/50 000 De Souk-Ahras d'après (sonatrach)	33
Figure 4.2. Log stratigraphique de la région de Souk-Ahras montrant les différentes phases orogéniques (d'après David.L)	34
Figure 1.3. Localisation des stations de mesure pluviométriques et Hydrométriques dans le bassin	38
Figure 2.3. Précipitations moyennes mensuelles dans la station de Souk-Ahras	39
Figure 3.3. Répartition saisonnière des précipitations dans la région de Souk-Ahras (1986/2007)	41
Figure 4.3. Carte pluviométrique de la région de Souk-Ahras	43
Figure 5.3. Isohyètes moyennes annuelles au niveau de la wilaya de Souk-Ahras.....	43
Figure 6.3. Températures moyennes mensuelles à la section de Souk-Ahras (1986/2007)	44
Figure 7.3. Températures moyennes interannuelles à la section de Souk-Ahras (1986/2007)	45
Figure 8.3. climagramme ombrothermique(1986-2007)	45
Figure 9.3. Climagramme d'emberger	46
Figure 10.3. climagramme Martonne	48
Figure 11.3. Représentation graphique du bilan de Thornthwaite dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)	52
Figure 1.4. Carte Hydrogéologique de la wilaya de Souk-Ahras	58
Figure 01.5. localisation et les coordonnées de la wilaya de Souk-Ahras par USGS	65
Figure 02.5 Téléchargement De l'image satellite par USGS (earth explorer)	66
Figure 03.5. Composition de l'image par les bandes 2.3.4	68
Figure 04.5. Composition de l'image par les bandes 7.5.1	69
Figure 05.5. Image gray scale (noir et blanc)	70
Figure 06.5. Composition de l'image par les bandes 10.7.3	71

Figure 07.5. Composition de l'image par les bandes 7.6.2	71
Figure 08.5. Fenêtre principales de ENVI Classic	72
Figure 09.5.Ouverture, affichage de l'image en mode GrayScale(display 1) en RGB(display 2)	73
Figure 10.5. Créer layer stacking.....	74
Figure 11.5.résultats et affichage du layer stacking en gris (D1) en RGB(D2)	74
Figure 12.5. Découpage de l'image (redimensionner)	75
Figure 13.5.Région de Souk-Ahras après coupure de l'image en RGB	75
Figure 14.5.Projection de ENVI LOCATION sur Google earth	76
Figure 15.5.Créer QUICKMAP.....	76
Figure 16.5. Carte de Souk-Ahras	77
Figure 17.5. Calibration radiométrique	78
Figure 18.5. Dark substraction	79
Figure 19.5. Analyse de la composante principale	80
Figure 20.5. Filtre directionnels de 00 et 90 degré.....	81
Figure 21.5. Filtre directionnel 00degré	82
Figure 22.5. Extraction automatique par géomatica.....	83
Figure 23.5. Résultat de l'extraction sur la bande 3	84
Figure 24.5. Répartition des linéaments après changement de couleur.....	84
Figure 25.5. Enregistrement du fichier sous forme de Shape file	85
Figure 26.5.extraction linéaments 90 degré.....	85
Figure 27.5. Extraction linéaments 00 degré.....	86
Figure 28.5. Extraction linéaments NS et EO	86
Figure 29.5. Calcul des coordonnées et des longueurs après l'importation des linéaments.....	88
Figure 30.5. Exportation du fichier avec data	89
Figure 31.5. Projection de world imagery	89
Figure 32.5. Carte de synthèse.....	90
Figure 33.5. Carte des linéaments	90
Figure 34.5. Superposition des linéaments sur la région avec world imagerie avec label	91
Figure 35.5.definition de rockworks.....	92
Figure 36.5. Interface de rock Works	92
Figure 37.5. Importation des données d'arcmap	93
Figure 38.5. Ajout automatique d'information par rock Works.....	93

Figure 39.5. Rosace Endopoints	94
Figure 40.5. Rosace d'après les longueurs	94
Figure 41.5. Découpage de la zone à partir de le bande 8 uniquement (résolution 15 m)	95
Figure 42.5. Vérification de découpage avec Google earth	96
Figure 43.5. Extraction des linéaments à partir 8 de 15m de résolution	96
Figure 44.5. Linéament sur bande panachromique 8.....	97
Figure 45.5. Linéament sur composition RGB.....	97
Figure 46.5. Attribution des coordonnées des linéaments par Arc map.....	98
Figure 47.5. Densité lineamentaire de la bande8.....	98
Figure 48.5. Rosace de la bande 8(des longueurs)	99
Figure 49.5. Rosace de la bande 8 (endopoint)	99
Figure 1.6. Statistique des linéaments par arc map	101
Figure 2.6. Répartition de la densité lineamentaire	102
Figure 3.6. Représentation des directions des linéaments à l'aide de la rosace	103
Figure 4.6. Carte des linéaments	104
Figure 5.6. Superposition des linéaments sur la carte géologique De Souk-Ahras.....	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1. issue de découpage administratif en 1984 de la wilaya de Souk-Ahras.....	19
Tableau 1.2. Représentation de l'échelle stratigraphique	27
Tableau 1.3. Caractéristiques des postes pluviométriques du bassin versant De Medjerda	37
Tableau 2.3. Caractéristiques des stations hydrométriques du bassin versant de Medjerda.....	38
Tableau 3.3. Précipitations moyennes mensuelles dans la station de Souk-Ahras (1986/2007) ..	39
Tableau 4.3. Les années humides dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)	40
Tableau 5.3. Répartition saisonnières des précipitations (1986/2007)	40
Tableau 6.3. Coefficient pluviométrique (1986/2007).....	42
Tableau 7.3. Températures Moyennes mensuelle dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)....	44
Tableau 8.3. Indice d'aridité mensuel dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)	47
Tableau 9.3. Récapitulatif des résultats de l'ETR, R, I, pour les différentes périodes	49
Tableau 10.3. Bilan hydrique global d'après la méthode de Thornthwaite (1986-2007)	50
Tableau 1.4. Récapitulatif des forages en exploitation dans le bassin de Medjerda	60
Tableau 1.5. Caractéristiques des bandes spectrales du capteur TM	67

RESUME

Notre étude concerne l'extraction des linéaments à partir des images satellitaires. Nous avons proposé une nouvelle approche semi-automatique différente des autres méthodes d'extraction des linéaments. Elle consiste en une succession de traitements numériques par le logiciel ENVI 5.3 appliqués sur une scène LANDSAT8- ETM+.et l' extraction automatique par le module Line de PCI Geomatica des linéaments a partir des bandes de cette image de deux manières différentes RGB(7.6.2) et de la bande8 (panchromique).

L'intégration des résultats dans un « SIG » ARG GIS 10.4a nécessité l'élaboration d'une base de données. Nous a permis d'obtenir une carte détaillée des linéaments et une carte de densité lineamentaire pour représenter enfin le résultat s de cette extraction sous forme de rosaces directionnelles définissant les orientations et longueurs de ces linéaments par ROCK WORKS 2016.

Ceci nous a permis d'améliorer considérablement le rendu cartographique de notre travail en superposant les linéaments avec la carte géologique de1/50000.

Le résultat de cette étude montre une corrélation positive entre la géologie structurale et les orientations dominantes des linéaments extraits.

Mot clés :

Linéaments, Extraction des linéaments, Arc map, Landsat 8, Algérie, Souk-Ahras.

ABSTRACT

Our study concerns the extraction of lineaments from satellite images. We have proposed a new semi-automatic approach different from other methods of extracting lineaments. It consists of a succession of digital processing with the ENVI 5.3 software applied to LANDSAT8- ETM + scene. And the automatic extraction by the Line module of PCI Geomatica of the lineaments from the bands of this image in 2 different RGB ways (7.6. 2) and band 8 (panchromatic).

The integration of the results into an ARG GIS 10.4"GIS" required the development of a database. We have obtained a detailed map of the lineaments and a linear density map to finally represent the results of this extraction in the form of directional rosettes defining the orientations and lengths of these lineaments by ROCK WORKS 2016.

This allowed us to considerably improve the cartographic rendering of our work by superimposing the lineaments with the geological map of 1/50000.

The result of this study shows a positive correlation between the structural geology and the dominant orientations of the extracted lineaments.

Keywords:

Linéaments, extraction of linéaments, Arc map, Landsat sat 8, Algeria, Souk-Ahras

ملخص

دراستنا تتعلق باستخراج الخطوط من صور الأقمار الصناعية. لقد اقترحنا نهجًا جديدًا شبه تلقائي مختلفًا عن الطرق الأخرى لاستخراج الخطوط. وتتكون من سلسلة معالجة رقمية متتالية مع برنامج ENVI 5.3 المطبق على مشهد LANDSAT8-ETM ، والاستخراج التلقائي بواسطة وحدة الخط من PCI Geomatica للأنماط من نطاقات هذه الصورة بطريقتين مختلفتين (7.6. 2) RGB والنطاق 8 (panchromatic).

يتطلب دمج النتائج في "ARC GIS 10.4" و تطوير قاعدة بيانات. وبهذا حصلنا على خريطة تفصيلية للخطيات وخريطة الكثافة الخطية لتمثيل النتيجة النهائية لهذا الاستخلاص في شكل ورود اتجاهية تحدد اتجاهات وأطوال هذه الخطوط بواسطة ROCK WORKS 2016.

هذا سمح لنا بتحسين عرض رسم الخرائط لعملائنا بشكل كبير من خلال تركيب الخطوط مع الخريطة الجيولوجية 50000/1.

تظهر نتيجة هذه الدراسة وجود ارتباط إيجابي بين الجيولوجيا الهيكلية والتوجهات السائدة للأنماط المستخرجة.

الكلمات المفتاحية:

Lineaments, extraction des lineaments, Arc map, Landsat8, Algeria, Souk-Ahras

INTRODUCTION GENERALE

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 multi spectrales peuvent fournir de l'information sur la composition lithologique des roches. Le radar fournit de l'information 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 de routes d'accès dans une région minière, la surveillance de projet de réclamation, et dans la création de cartes de base sur lesquelles les données géologiques peuvent être superposées.

L'objectif de ce travail consiste à extraire à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat8 ETM+ des informations géologiques et structurales afin de permettre une cartographie linéamentaire et lithologique de la région de Souk Ahras, située en milieu aride et de comparer les résultats obtenus aux études antérieures de cartographie dans le secteur d'étude.

Nous allons à travers ce projet de fin d'étude montrer l'apport de cette technique qui est la télédétection dans la cartographie géologique et géotechnique à l'aide du satellite LANDSAT 8 ETM pour la région de Souk Aras et pour effectuer cette tâche on a tracé le plan de travail suivant qu'on a développé dans le cinquième chapitre de ce travail intitulé Matériels et méthodes .

- Landsat 8 ETM
- Traitement d'image
- Extraction de linéament par PCI Géomatica
- Calculer la coordonnée pour le linéament par l'arc gis (10.4)
- Calculer les propriétés de linéation et dessiner le diagramme en rose
- Rock Works (16)
- Etablissement de la carte de densité de linéaments par l'arc gis (10.4)
- Carte de synthèse des linéaments

Et comme toute étude et avant d'entamer la partie spéciale qui sera consacrée au thème du projet selon le plan cité ci-dessus, on doit passer par la partie générale qu'on subdivise en quatre chapitres à savoir :

-1-PRESENTATION GENENALE DE LA ZONE D'ETUDE

-2-CADRE GEOLOGIQUE

-3-HYDROCLIMATOLOGIE

-4-HYDROGEOLOGIE

CHAPITRE 1

PRESENTATION

GENERALE DE LA WILAYA

1.1. TERRITOIRE

La Wilaya de Souk-Ahras qui s'étend sur une superficie de 4.359,65 km², est située à l'extrême Nord -Est du pays, et elle est limitée :

- Au Nord par les Wilayat d'El-Taraf et Guelma
- A l'Ouest par la Wilaya d'Oum-El-Bouaghi
- Au Sud par la Wilaya de Tébessa
- A l'Est par la Tunisie sur une bande frontalière s'étalant sur 88 km



Figure 1.1. Position géographique de la wilaya de Souk-Ahras par rapport au pays et au reste du monde

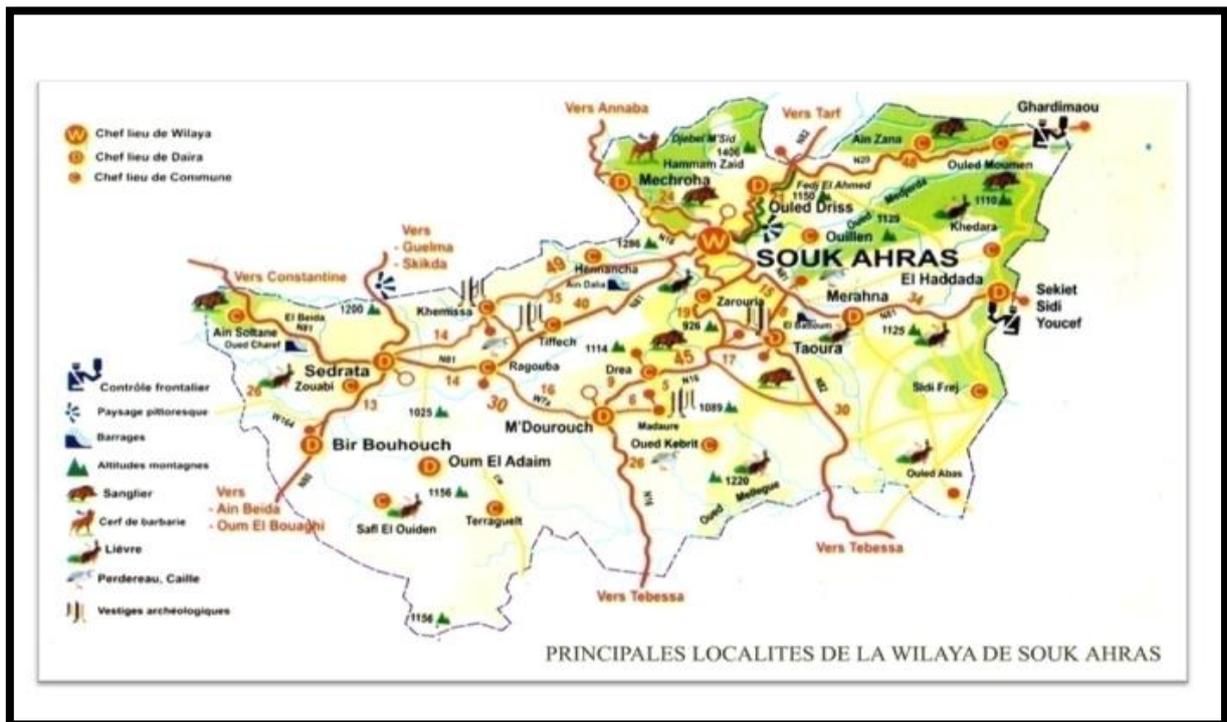


Figure 2.1. Principales localités de la wilaya de Souk-Ahras

1.2. ORGANISATION ADMINISTRATIVE

Issue de découpage administratif de 1984, la wilaya est composée de 26 communes regroupées en 10 dairas

Tableau 1.1. issue de découpage administratif en 1984 de la wilaya de Souk-Ahras

DAIRA	COMMUNES
SOUK-AHRAS	SOUK-AHRAS
SEDRATA	SEDRATA, KHEMISSA et AIN-SOLTANE
M'DAOUROUCH	M'DAOUROUCH, TIFFECH et RAGOUBA
MERAHNA	MERAHNA, OUILLEN et SIDI-FREDJ
HEDDADA	HEDDADA, KHEDRA et OULED-MOUMEN
OUM-LADHEIM	OUM-LADHEIM, TERREGUELT et OUED-KEBRIT
BIR-BOUHOUC	BIR-BOUHOUC, ZOUABI et SEF-EL-OUIDEN

MECHROHA	<i>MECHROHA et HENNENCHA</i>
TAOURA	<i>TAOURA – DREA –ZAAROURIA</i>
OULED-DRISS	<i>OULED-DRISS et AIN-ZANA</i>

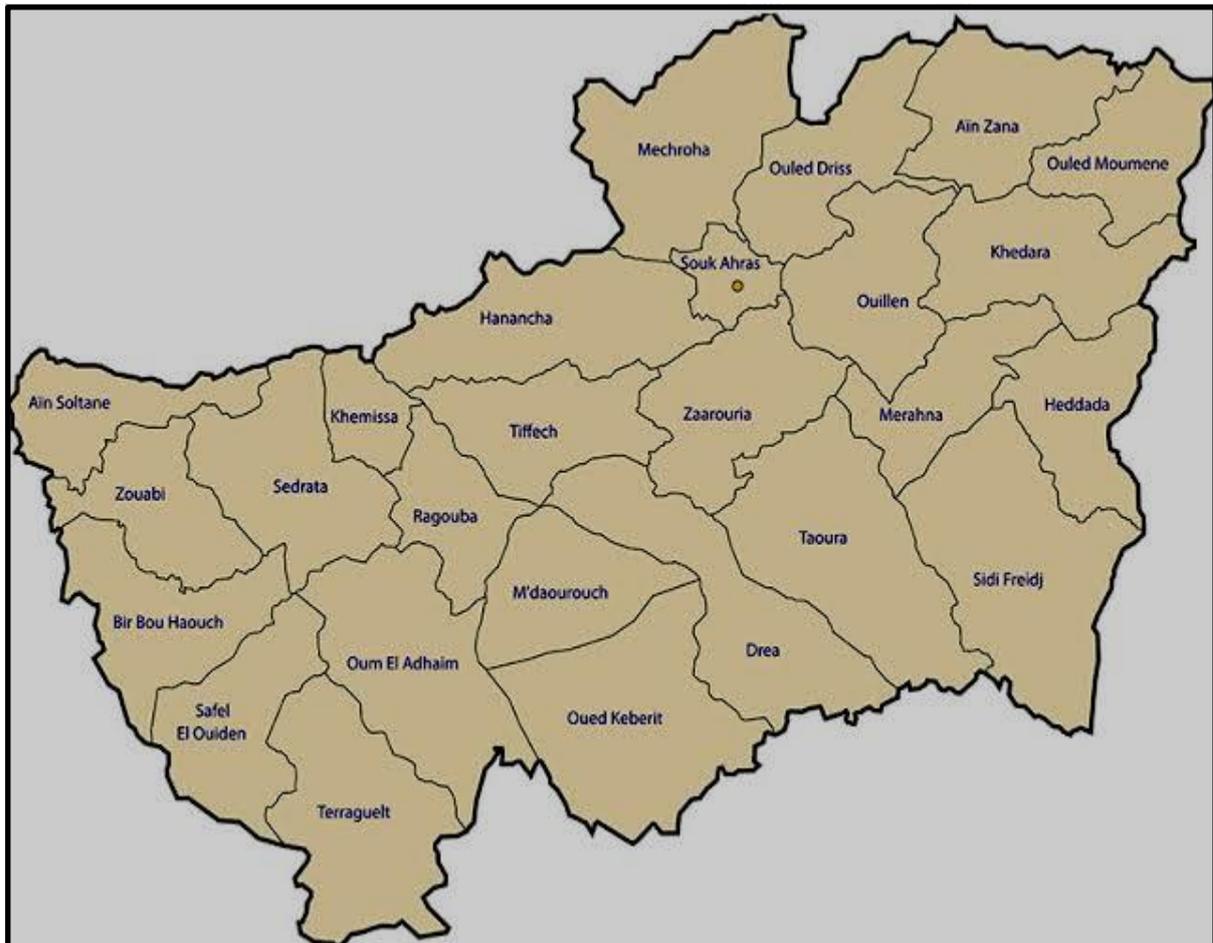


Figure 3.1. Localisation des communes à l'intérieur de la wilaya

1.3. MILIEU PHYSIQUE

1.3.1. RELIEF

La configuration géomorphologique de la Wilaya se caractérise par deux ensembles non homogènes avec des altitudes variant de 1000 m au Nord à 650 m au Sud.

Ces particularités physiques et naturelles laissent apparaître :

- Au Nord : une zone montagneuse, relativement bien arrosée et abritant un couvert végétal de type forestier appréciable.

- Au Sud : une zone correspondant au domaine des hautes plaines, au climat semi-aride et abritant une végétation steppique

1.3.2. CARACTERISTIQUES D'ALTITUDE

D'une manière générale, l'altitude augmente d'Est en Ouest et diminue du Nord au Sud, mais Globalement, elle est moyennement élevée, malgré la présence de sommets dépassant les 1000 mètres dans presque toutes les communes.

La wilaya se présente en 05 classes d'altitude, à savoir :

- Classe des altitudes supérieures à 1000 mètres : 7% (Ain-Soltane, Ouled-Driss, Sedrata, Mechroha, Tiffech, Khemissa, Ragouba, Zouabi et Hennencha).
- Classe des altitudes comprises entre 800 et 1000 mètres : 46% (Sef-El-Ouiden, Terreguelt, M'Daourouch, Oum-Ladheim, Tiffech, Sedrata, Zaarouria, Bir-Bouhouch, Merahna, et Dréa).
- Classes des altitudes comprises entre 600 et 800 mètres : 33% (Oued-Kebrit, Souk-Ahras, Khedara, Ouillen, Heddada, Ouled-Moumen, Ain-Zana, Taoura et Sidi-Fredj).
- Classes des altitudes comprises entre 400 et 600 mètres : 13% (Souk-Ahras, Heddada, Kheddara).
- Classe des altitudes inférieures à 400 mètres : 1% (Ouled-Moumen, Ain-Zana).

1.4. LES PRINCIPALES CONTRAINTES NATURELLES

La Wilaya de Souk-Ahras est confrontée à une multitude de risques comme :

- Séismes ;
- Erosion des sols et glissements de terrain ;
- Mitage des terres à fort potentiel agricole ;
- Dégradation du couvert végétal pérenne ;
- Pollution de l'eau de surface et de l'eau souterraine ;
- Inondations.

Ces risques se manifestent par la dégradation du milieu naturel et l'amenuisement des ressources, conséquence d'un cadre physique sensible et contraignant, fragilisé par une exploitation humaine irrationnelle, bien que, le plus souvent, cette dernière est imposée par des conditions socio-économiques difficiles.

1.5. POPULATION ET EMPLOI

1.5.1. ASPECT DEMOGRAPHIQUE

Au dernier RGPH 2008, la population de la Wilaya a été de l'ordre de 438.127 Habitants soit une densité moyenne de 108 Hab /km².

Au 31-12-2013, la Wilaya totalise une population estimée de 479.002 Habitants, soit une densité moyenne de 110 habitants au Km².

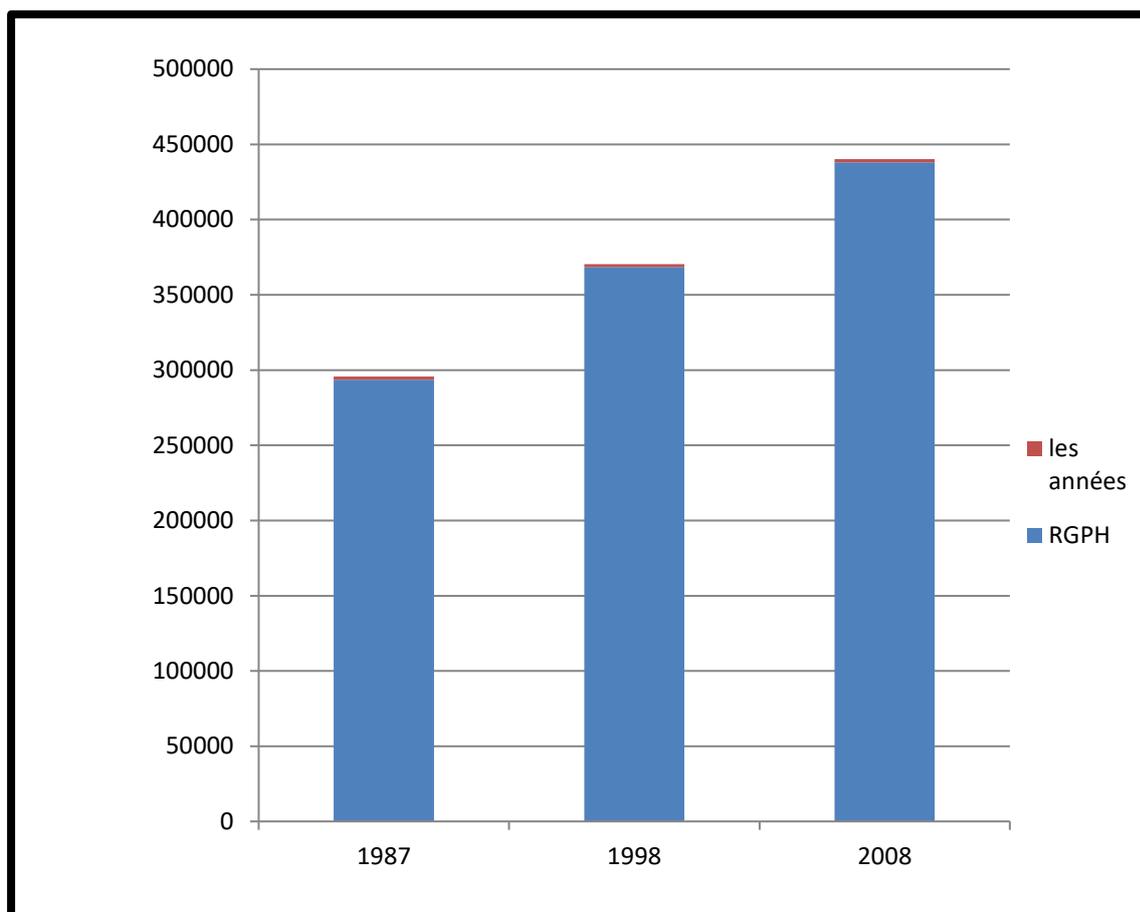
Au plan démographique, la Wilaya enregistre un taux d'accroissement intercensitaire de 2,29 % (1998-2008).

En outre, il est enregistré une répartition très hétérogène des populations à travers la Wilaya, dans la mesure où 35 % de la population de la wilaya est concentrée au niveau de la capitale de la Wilaya. Ce qui n'est pas sans conséquences négatives sur les infrastructures socio-économiques des communes attractives qui sont soumises, de fait, à des pressions démographiques beaucoup plus fortes que celles situées dans les Communes répulsives avec toutes ses conséquences sur la qualité de l'offre de services.

A titre indicatif, pour l'année 2013, les densités observées au niveau des Communes de : Souk-Ahras, Sedrata et M'Daourouch, sont respectivement de 3 660 Hab/km², 164 hab/km² et de 283 hab/km² contre 17 hab/Km² à Sef-El-Ouiden, 20 hab./Km² à Terreguelt, 25 hab./Km² à Zouabi et 29 hab/Km² à Oued-Kebrit, qui constituent un échantillon des Communes les moins attractives.

1.5.2. POPULATION

La population de la Wilaya aux trois derniers recensements enregistre successivement un accroissement de la population, qui passe de 293.644 habitants en 1987 à 365.106 habitants en 1998 et à 438.127 habitants en 2008.



**Figure 4.1. Représentation graphique de l'évolution de la population
Durant les trois derniers recensements (1987-1998-2008)**

CHAPITRE 2

CADRE GEOLOGIQUE

2.1. INTRODUCTION

Les travaux de L.David (1956) dans son étude géologique des monts de la haute Medjerda a mis en évidence que cette région est essentiellement caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien est le Trias jusqu'au Quaternaire, constituée généralement par des calcaires, des grés, des marnes, des cailloutis et des alluvions.

2.2. APERÇU STRUCTURAL ET TECTONIQUE

La région d'étude s'étale sur le territoire de la wilaya de Souk-Ahras qui s'insère dans les monts de la Medjerda.

Elle constitue une zone charnière entre deux domaines structuraux distincts à savoir:

- L'Atlas Tellien au Nord
- l'Atlas Saharien au Sud.

C'est une zone à structure généralement simple au Sud et complexe au Nord. Il s'agit donc, en zone de l'Atlas Saharien d'une structure plissée d'une orientation dominante Sud-ouest/Nord-est.

Cette structure dite Aurassienne est composée d'une série de plis synclinaux larges et d'anticlinaux plus étroits datant du Crétacé. Leur couverture est généralement mince, elle présente une épaisseur de quelques milliers de mètres au maximum.

Au nord, vers le Tell et compte tenu des poussées tangentielles venues du Nord, les plis adoptent une orientation Ouest, Cette orientation dite Numidienne est très visible, surtout dans la zone Nord-ouest. Cette compression latérale a réduit la taille de l'ensemble des plis en donnant des synclinaux couchés, dans la plupart des cas failles.

Il est donc, remarque un passage progressif de la structure Atlasique à la structure Tellienne sans différence fondamentale. La nuance réside dans les efforts tangentiels générateurs des décollements de la couverture se produisant à la base du système Numidien entre le Crétacé et le Tertiaire, qu'a connu la zone Tellienne. Aussi, la présence des fractures transversales responsables des bassins d'effondrement (Taoura) à fin que les plis Telliens ont subi une légère torsion vers le Nord du côté de la frontière Tunisienne.

Le Trias quant à lui réagit pour son propre compte, il est toujours responsable de certaines complications qui comme la zone, il se trouve en position stratigraphique anormale (discordante). Sa grande plasticité lui permet de monter à travers les terrains sous-jacents. Il est remarqué dans les anticlinaux, dans les grandes fractures ou dans les massifs (le massif de Souk-Ahras).

La mise en place de cette structure s'est faite comme pour toute la chaîne montagneuse Nord orientale au cours de nombreuses phases orogéniques.

Selon L.David, deux périodes orogéniques caractérisent la zone; (figure N°07), Une période pré-orogénique caractérisée par un calme parfait, l'autre orogénique très courte et mouvementée ou de nombreuses phases orogéniques se succèdent depuis le Crétacé jusqu'au quaternaire.

2.2. 1. LA PREMIERE PERIODE (PRE-OROGENIQUE)

Début à l'aube du crétacé où se sont produits les premiers plissements qu'a connu la zone. Ces plissements sont survenus vers la fin du Maestrichtien au cours desquels il y'a eu l'émersion des hautes plains, puis vers la fin du l'Eocène le calme revient.

2.2.2. LA DEUXIEME PERIODE (OROGENIQUE)

Au cours de laquelle se sont produites plusieurs phases de Diapyrisme, débutant à l'Eocène. Vers la fin du Luthérien et se prolonge jusqu'au Quaternaire. Au commencement, elles étaient faibles puis paroxysmales puis faibles de nouveau.

2.2.2.1. LA PHASE PRELIMINAIRE

Dans cette phase qui avait mis fin à la longue période de sédimentation (depuis le Crétacé) était Post-Luthérien et Anté-Bartonien. Elle était responsable du premier véritable plissement.

2.2.2.2. LA PREMIERE PHASE MAJEURE

Correspond aux périodes post-Oligocène et Ante-Miocène avait mis fin au dépôt Oligocène a facies Numidien. Pendant cette phase, les poussées venues du Nord-ouest étaient très intenses. Elles étaient responsables de la modification de la structure de la zone Nord par la mise en place de la chaine montagneuse Nord a structure fortement plissée. La zone Sud avait déjà sa constitution définitive et la structure plissée était en place.

2.2.2.3. LA DEUXIEME PHASE MAJEURE

Était Post-Miocène inférieur et Anté-Miocène supérieur pendant laquelle la chaine Tellienne acquiert sa constitution définitive. C'est la phase a compression maximum ou il y'avait des plis failles et des écailles jusqu'à de véritables nappes de charriage.

Cette phase est suivie par autre Post-Miocène et Anté-Pliocène qui correspond à une période de distension ou une partie du socle fracture, s'enfonce lentement.

L'entrainement de la couverture vers le bas donne naissance aux bassins d'enfoncement de Taoura et Nador. Vers la fin du Miocène, un autre jeu marque la dernière manifestation. Des plissements autour du bassin du Nador et dans la vallée de la Medjerda.

2.2.2.4. LA DERNIERE PHASE

C'est la phase Post-Pliocène qui correspond à la dernière pulsation sensible qui a mis fin à la subsidence des bassins d'effondrement, est plus récente que le Miocène supérieur de Taoura.

2.3. LA LITHOSTRATIGRAPHIE DE LA REGION

D'après les cartes géologiques couvrant le territoire de la Wilaya de Souk-Ahras. Une carte lithologique au 1/50000 a été dressée pour servir de base à l'établissement de la carte pédologue. Elle traduit la nature lithologique des grandes formations géologiques rencontrées et qui vont du

Trias, étant la plus ancienne formation, au Quaternaire qui représente les terrains les plus récents de l'échelle stratigraphique résumée comme suit:

Tableau 1.2. Représentation de l'échelle stratigraphique

Age	Lithologie dominante
Quaternaire	-Alluvions, terrasses
terrasses. Mio-Pliocène Continental	-Argiles rouge, sables, agglomérats
Miocène supérieur	-Argiles et argiles sableuses
Miocène inférieur	-Argiles sableuses. argiles et calcaires lacustres
Oligocène	-Argiles rouge et argiles sableuses de Numidie
Eocène moyen	-Marnes et nappes de calcaires
Eocène inférieur	-Marnes et nappes de calcaires
Crétacé supérieur	-Calcaire Sénonien et marnes
Crétacé inférieur et moyen	-Marnes et calcaire marneux Turoniens
Trias	-Marnes Gypses, calcaires et dolomie

2.3.1. SECONDAIRE

2.3.1.1. LE TRIAS

Dans le périmètre d'étude, les terrains Triasiques affleurent dans les structures Diapiriques, il est remarque plusieurs taches selon la direction des grands plissements (Sud-ouest, Nord-est); (Fig1.2)

Il apparait dans plusieurs points du périmètre, au Nord dans la partie centrale et au Sud. Il affleure à Kef En Neguib dans la commune de Mechrouha, du cote de Souk-Ahras et Oued Mougras, au massif de Ras El Alia et Tiffech et dans la commune de Bir Bouhouch et M'Daourouch.

D'une façon générale, le facies Triasique est en contact anormal avec les formations sous-jacentes. Il est caractérisé par une hétérogène lithologique composée:

- D'une formation Gréso-gypso-argileuse a blocs de roches variées. C'est une formation plastique constituée d'un mélange de marnes et d'argiles bariolées.
- Des blocs de calcaires gris ou noirs.

- Des grés, argiles et marnes: ce sont des blocs de grés micacés intercalés d'argiles et de marnes bariolées de teinte rougeâtre.
- Des dolomies qui correspondent à des roches à grains fins légèrement poreux et lités.

2.3.1.2. LE CRETACE INFERIEUR ET MOYEN

Dans la zone d'étude, le Crétacé est caractérisé par l'affleurement des formations de l'étage barrémien, Aptien, Albien, Cénomaniens et le Turonien. Il ne couvre qu'une restreinte superficie des monts de la Medjerda. Il apparaît au Nord dans l'anticlinal de l'oued Mougras (Sidi El Hemissi, Djebel Graouet et Bourzine) et s'étend jusqu'à la frontière Tunisienne. Il est, aussi remarqué dans l'anticlinal de djebel Ladjbel, en bordure du Diapir Triasique d'El Ouasta, près de la frontière Tunisienne, à Essouabah et aux environs de Bir Bouhouche.

Les matériaux composants le Crétacé inférieur et moyen sont des dépôts marins constitués essentiellement de marnes du cénomaniens et des marnes et marno-calcaires de Turonien.

2.3.1.3. LE CRETACE SUPERIEUR

Le Crétacé supérieur qui couvre la majeure partie du territoire de la wilaya est caractérisé par (02) faciès importants; les calcaires du Campanien et du Maestrichtien et la série marneuse des différents étages. Il apparaît au Nord dans le territoire de la commune de Hennancha, Zaarouria où il constitue les différents djebels tels que Dekma, Zaarouria, Zelaz et Bourzine.

Dans la zone médiane, il est observé dans la commune de Taoura, M'daourouche, Sedrata et Bir Bouhouche où il apparaît à djebel Taguilaline, Terraguelt, Bousessou, Alahoum et Choucha.

2.3.2. TERTIAIRE

2.3.2.1. L'EOCENE

Du point de vue répartition géologique, L'Eocène est très peu observé dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras. Il n'apparaît que sous forme de lambeaux dans la région Nord.

Il affleure à djebel Dekma, au Nord de djebel M'Sid à djebel Boukebch et aux environs de la gare de l'Oued Mougras.

Dans la zone médiane, il n'apparaît qu'aux environs de Taoura (plateau de Taoura).

L'Eocène se manifeste à travers le périmètre sous forme d'épaisses couches de marne, de calcaire ou d'alternance de calcaire et de marne.

2.3.2.2. L'OLIGOCENE

Comme l'Eocène, l'Oligocène se présente comme une bande Est-ouest au Nord de la zone passant par oued Mougras et Sidi el Hemissi. Il affleure sous forme de grés Numidiens séparés, quelques fois par des argiles schisteuses ou de marnes peu épaisses de couleur grise et pauvre en calcaire.

2.3.2.3. MIOCENE INFÉRIEUR

Il constitue le troisième cycle sédimentaire marin de l'ère Tertiaire. Il couvre une vaste surface de lawilaya. Il est observé au cœur des structures synclinales au Nord comme au Sud passant par la zone médiane.

Il affleure le long de la vallée de la Medjerda jusqu'à la frontière Tunisienne. Il apparaît aussi à djebel Serou, à Oued chouk et dans la facies dominant du Miocène sont les grés et les marnes associées quelques fois, aux conglomérats et aux calcaires.

Les marnes sont d'une couleur noire ou brune riche en calcaire et souvent gypsifères.

Les grés quant à eux sont d'une teinte brun clair à ciment calcaire.

2.3.2.4. MIOCENE SUPÉRIEUR

Son étendue est très limitée dans l'espace, il n'affleure que le long de l'oued Medjerda sur la rive Nord aux environs de la zone de l'oued Mougras. Comme le miocène inférieur, sa lithologie est dominée par l'affleurement des marnes, des grés et des conglomérats.

2.3.2.5. LE MIOPLIOCENE CONTINENTAL

Il se manifeste en majeure partie dans la zone médiane aux environs de Sedrata, Oum Ladhiem, au Sud de Zaarouria et à l'Est de Taoura. Il se présente sous forme de sédiments détritiques avec alternance de gris, de conglomérats, de calcaire lacustre et de marne.

2.3.3. QUATERNAIRE

Le quaternaire englobe les formations postérieures à la dernière phase des plissements qui ont suivi le dépôt du miocène.

Dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras le quaternaire couvre d'importantes superficies, il est présent pratiquement dans toutes les feuilles géologiques couvrant la wilaya de Souk-Ahras. Il se compose en général de formation continentale telle que les nappes d'épandage, les terrasses fluviales, des éboulis et des limons. Selon leur caractéristique, ces dépôts ont été classés en trois (03) groupes:

2.3.3.1. LES FORMATIONS ANCIENNES

Dans cette catégorie, il est regroupé les nappes d'épandages qui sont de formation caillouteuse reposant sur les marnes Crétacées. Elles apparaissent au Sud de M'Daourouche jusqu'à la frontière Tunisienne. On trouve aussi, la croute calcaire à l'extrémité Sud de Taoura et au Sud de Souk-Ahras.

2.3.3.2. LES FORMATIONS RECENTES

Ces formations sont représentées par les cailloutis (ce sont les formations quaternaires anciennes démantelées par l'érosion), les brèches et les alluvions. Les premiers sont observés sur

le versant Sud de djebel Guenguita, Zaarouria et djebel Ledjbel. Les alluvions, par contre sont remarquées dans les vallées des Oueds du périmètre.

2.3.3.3. LES FORMATIONS ACTUELLES

Ce sont les limons et les cailloutis qui proviennent du lessivage des marnes et le transport des calcaires. Elles sont observées à l'extrême Est du périmètre (Ouest de Sakiet Sidi-Youcef) et aux environs de Taoura et de M'Daourouch.

Les travertins apparaissent, par contre, au Sud de Souk-Ahras et au Nord-ouest de djebel Dekma.

2.3.4. LES TERRASSES

Dans le périmètre, elles se font rares parce que le régime des de l'oued est temporaire ne se prête guère à leur identification. Elles persistent sous forme de lambeaux, de terrasses le long de l'oued Medjerda après le massif Triasique de Souk-Ahras, dans la feuille géologique de l'Oued Mougras. Elles sont observées aussi sur une partie de l'Oued Er Ranem qui présente un système de terrasses étagées, les autres oueds prenes n'ont que des accumulations fluviales mal définis. D'une façon générale, ces terrasses, n'ont que deux niveaux :

2.3.4.1 TERRASSE DE LA MEDJERDA

La cour supérieure de la rivière est composée de deux parties :

a) *Très Haute vallée*

Entre la source et la terrasse du massif Triasique de Souk-Ahras de pente très rapide.

On peut reconnaître:

- Le lit actuel de la rivière.
- Une très basse terrasse de 3 à 5m conservée principalement dans les méandres et correspond au lit majeur.
- De rares lambeaux consolidés d'une haute terrasse située vers 50-60m au minimum, au Sud de djebel Kelai.

b) *Haute vallée*

Après le massif Triasique de Souk-Ahras et jusqu'à la frontière Tunisienne, sur toute la traversée de l'Oued Mougras, s'étagent plusieurs niveaux:

- Lit majeur: la Medjerda coule dans un manteau d'alluvions qui domine de 1 à 2m le fond de son lit.
- Basse Terrasse: 8-10m au-dessus du fond du lit actuel.
- Moyenne Terrasse: 30-40m elle est formée de cailloutis et sables.
- Haute Terrasse: 90-100m au-dessus de la rivière.

2.3.4.2 .Terrasse de l'Oued Renem

L'oued Er Ranem se raccorde à la Medjerda par une série de rapides dans la traverse du chaînon du Djebel Tella. C'est en amont de cette barrière que s'étage également quatre surfaces alluviales.

- Lit majeur: souvent étroit ou inexistant car il est confondu avec le lit majeur.
- Basse Terrasse: 8-10m la plus développée.
- Moyenne Terrasse: 20 à 30m.
- Haute Terrasse: représentée par deux lambeaux dans la partie aval de la rivière

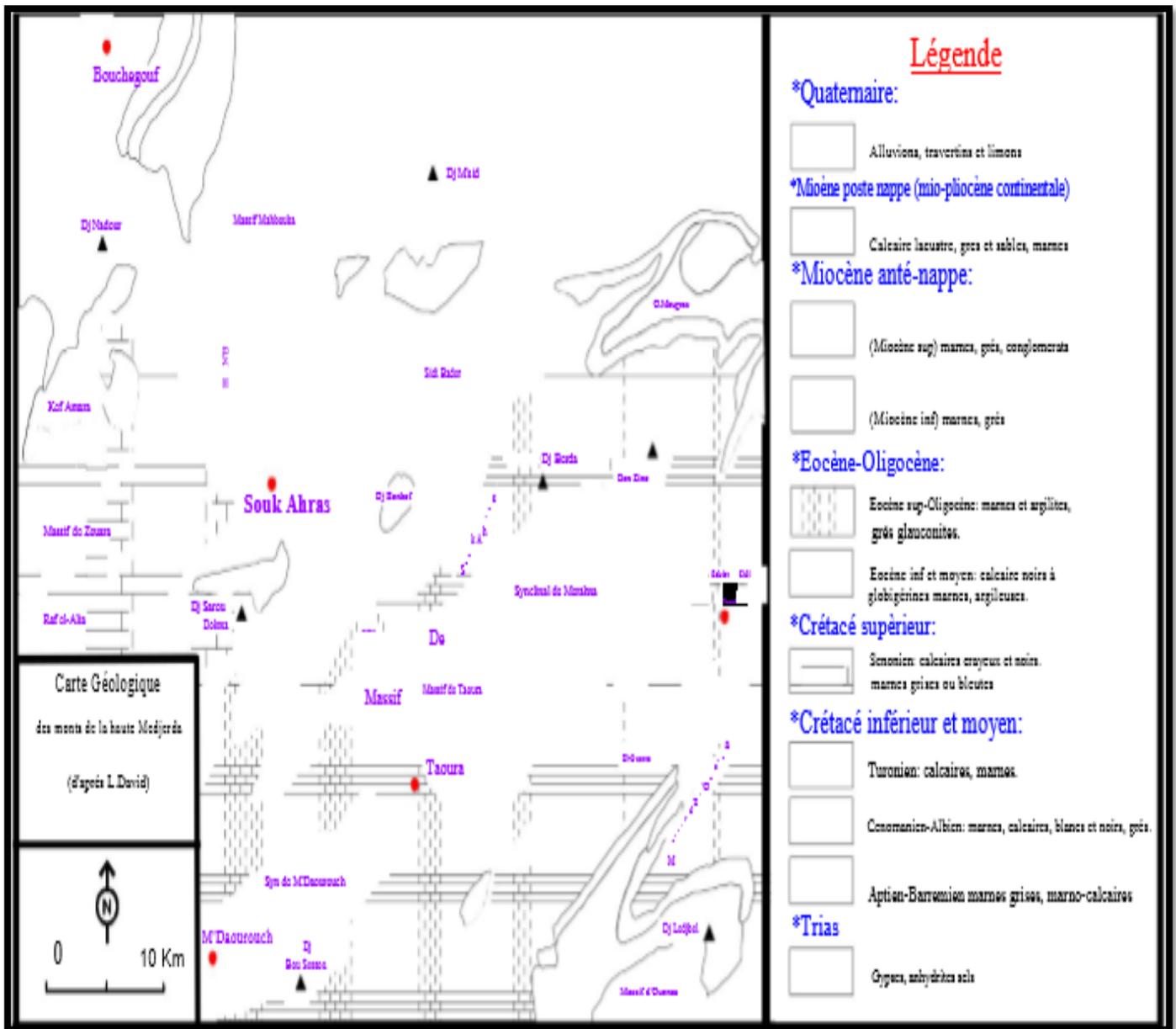


Figure 1.2. Carte géologique de la zone d'étude (d'après David.1 ; 1956)

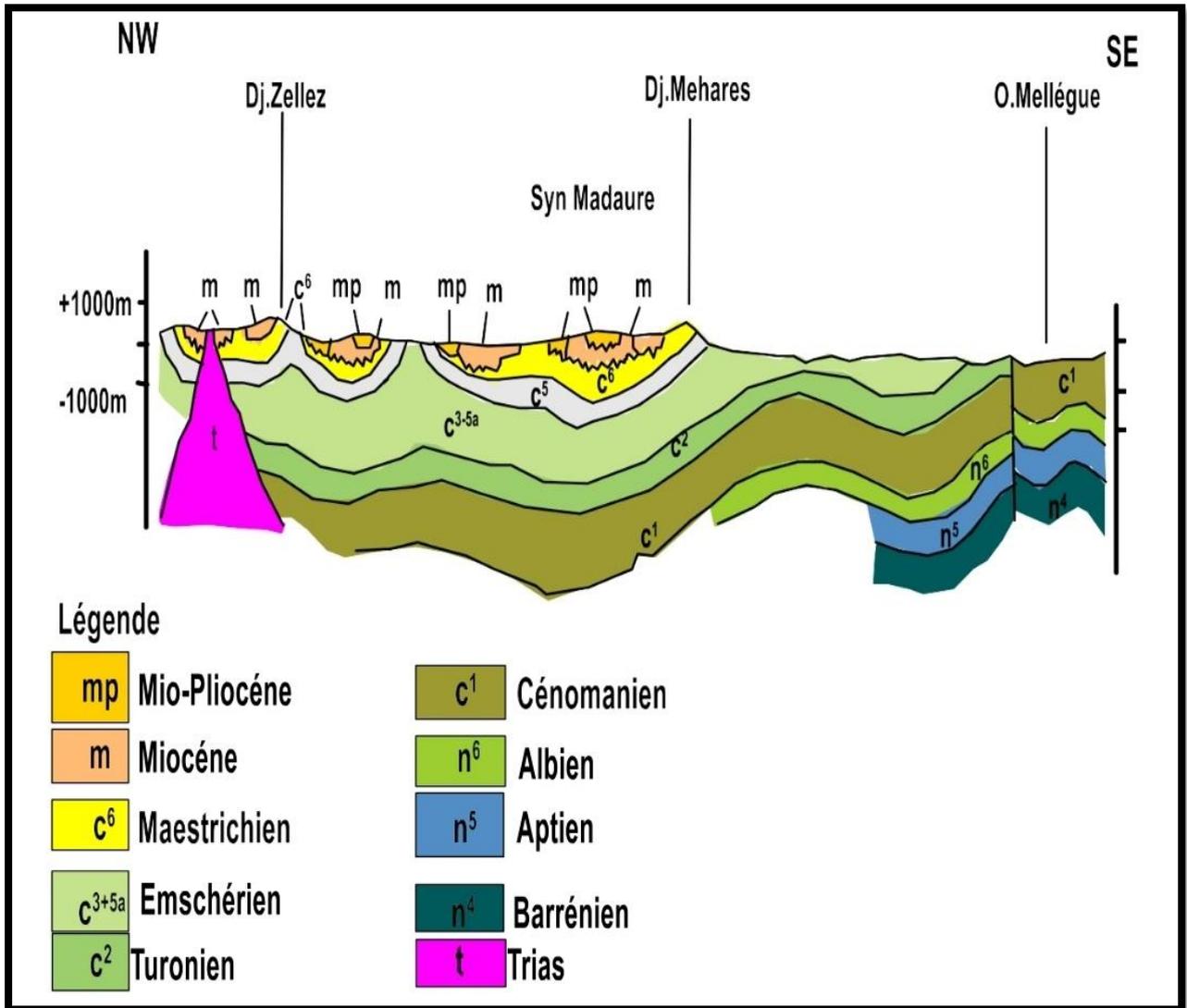


Figure 2.2. Coupe géologique schématique dans la région de Souk-Ahras

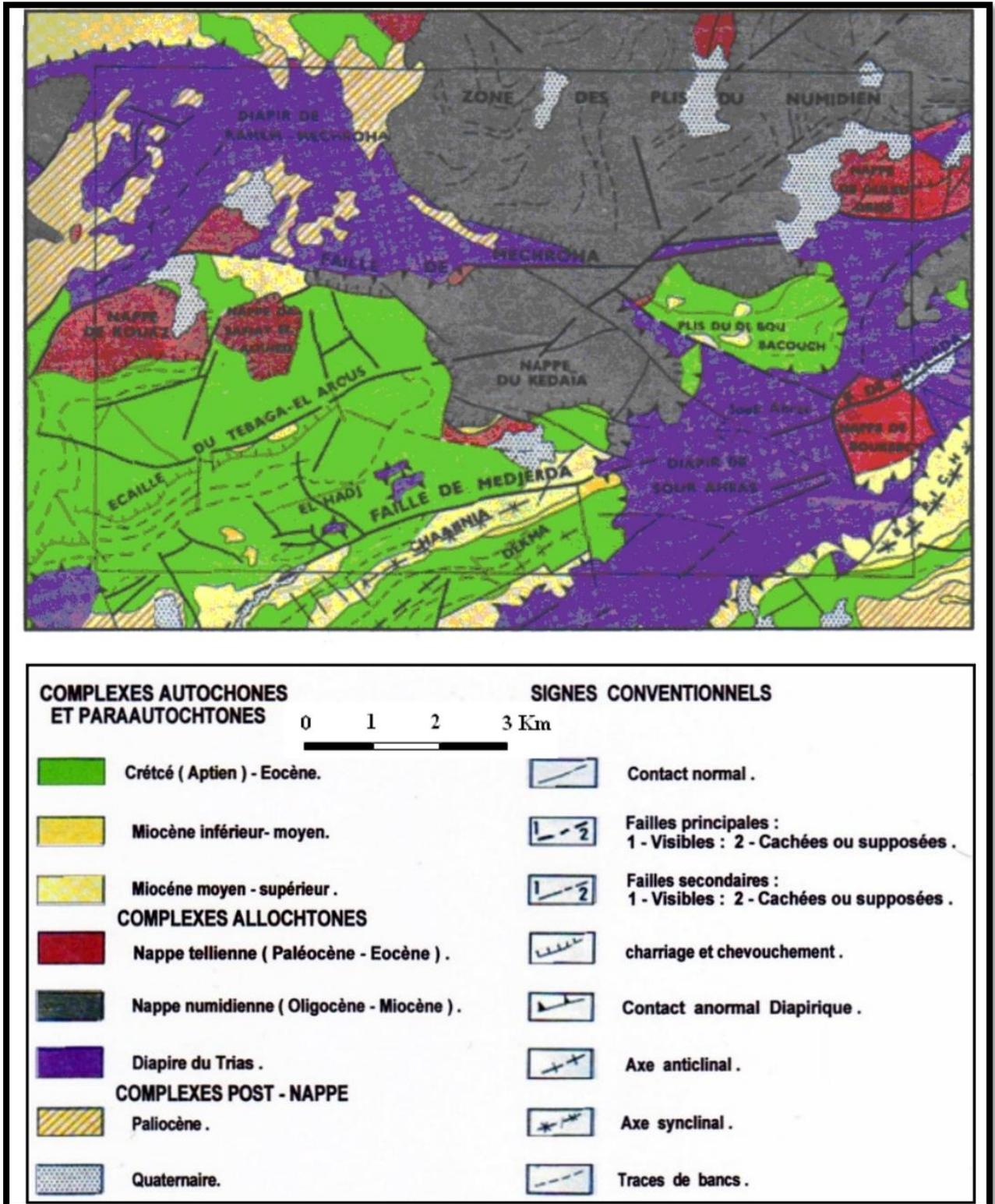


Figure 3.2. Schéma structural 1/250 000 d'après la carte géologique 1/50 000 De Souk-Ahras d'après (sonatrach)

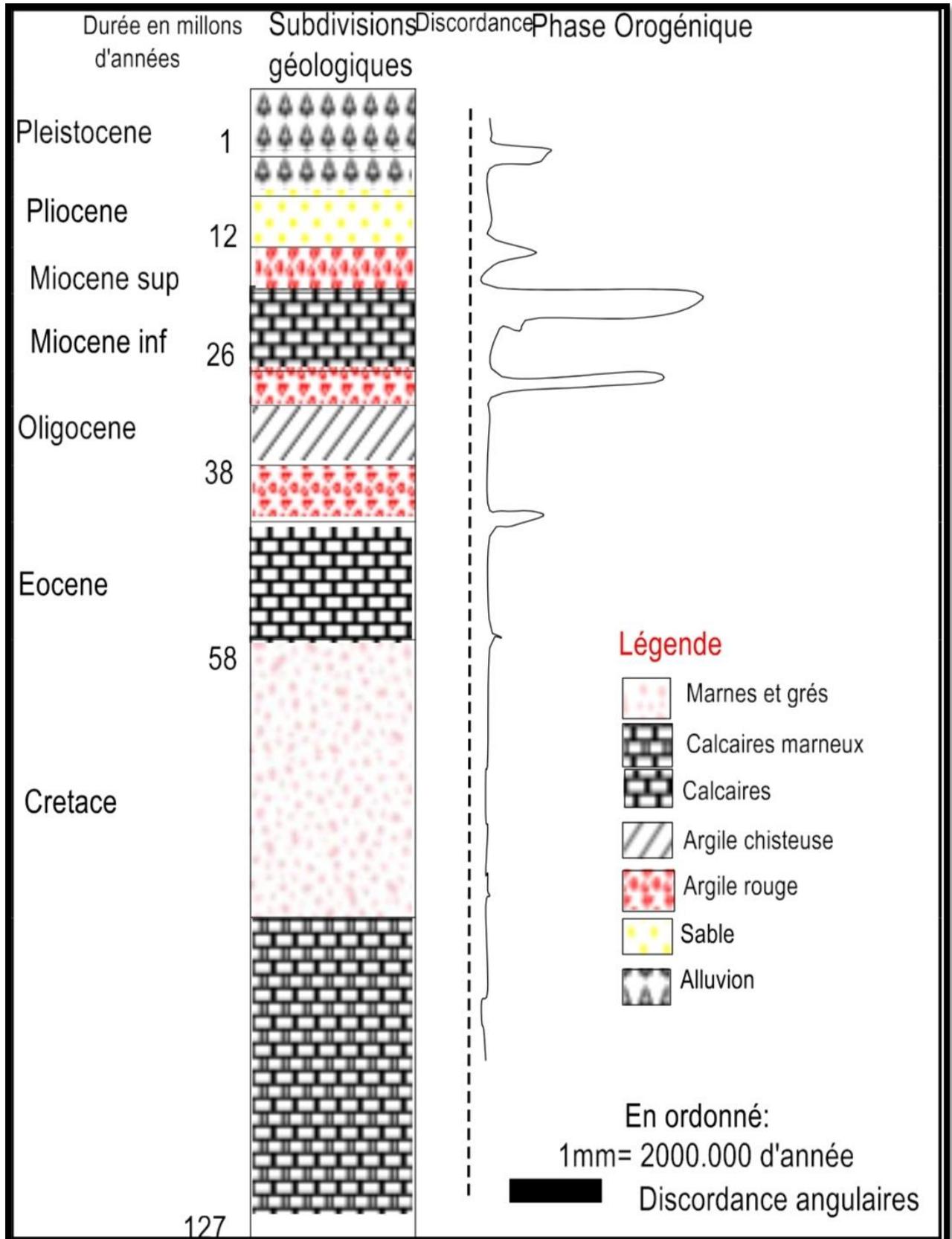


Figure 4.2. Log stratigraphique de la région de Souk-Ahras montrant les différentes phases orogéniques (d'après David.L)

2.4. PALEOGEOGRAPHIE DE LA REGION

La région comporte deux domaines distincts:

Nous avons au Nord, le domaine externe de la chaîne des Maghrébides avec les nappes Numidienne et Tellienne et les Sellaouas comme substratum. Cette chaîne se situe au Nord de l'axe Sedrata -Tiffech - Souk-Ahras. Au Sud se trouve le domaine Nord - Aurésien comportant quant à lui, la région de Bir Bouhouch celle de Oum El-Adeim, le Sud de Sedrata ainsi que le synclinal de Drea - Taoura -Merahna et le complexe Salifère.

Durant le Miocène inférieur, la tectonique compressive fut responsable de la mise en place des nappes Telliennes et de l'écaillage des Sellaoua. La tectonique distensive, accompagnée d'une tectonique de réajustement de l'édifice (tectonique d'effondrement), a débuté, quant à elle au Miocène moyen jusqu'à l'actuel.

2.5. CONCLUSION

Le chapitre consacré à la géologie a montré que la région étudiée présente une géologie très hétérogène, caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien est le Trias jusqu'au Quaternaire, constituée généralement par des calcaires, des grés, des marnes, des cailloutis et des alluvions, Elle représente une zone charnière entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas saharien au sud.

CHAPITRE 3

HYDROCLIMATOLOGIE

3.1. INTRODUCTION

Les caractéristiques climatiques influencent les variations des réserves des eaux souterraines, de ce fait il est impératif de connaître leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. Aujourd'hui de nombreuses questions se posent concernant l'avenir de la planète terre vis-à-vis des changements des caractéristiques climatiques. Le continent Africain reste le plus exposé aux soubresauts du climat. Pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface dans une région donnée, il est nécessaire d'établir un bilan hydrique. L'évaluation de ce bilan exige la connaissance des paramètres suivants: les précipitations, l'infiltration, l'évaporation et les ruissellements. (LANANI, 2008).

La carence en matière de données climatiques se fait sentir du fait que nous n'avons pu disposer que des valeurs de la station de Souk-Ahras pour une période qui va de 1986 à 2007.

3.2. EQUIPMENT DU BASSIN

3.2.1. STATION PLUVIOMETRIQUES

Pour cette étude, nous avons retenu des stations estimées représentatives pour le périmètre; mais dans les périodes d'observations sont différentes d'une station à une autre, pour ne pas dire discordante par fois. Notre bassin d'étude compte (05) stations pluviométriques réparties sur plusieurs sites déferents de la manière suivante :

Tableau 1.3. Caractéristiques des postes pluviométriques du bassin versant De Medjerda

Station	Code	Coordonnées			Appareil	Nbr. Année d'observation
		X	Y	Z		
Souk-Ahras	12.01.01	680	336.17	758	pluviographe	21 ans
Souk-Ahras O.N.M	12.01.02	967.25	342.25	590	pluviomètre	75 ans
Ain Synour	12.01.03	964.05	348.2	830	pluviomètre	29 ans
Ruines de Khemissa	12.01.04	645.5	332.5	900	pluviographe	50 ans
Taoura	12.01.05	900.55	331.55	850	pluviomètre	50 ans

3.2.2. STATIONS HYDROMETRIQUES

Le bassin de la Medjerda compte (02) stations hydrométriques automatiques. Toutes ces stations appartiennent au réseau hydrologique de l'A.N.R.H.

(Voir tableau au-dessous et la figure 1.3)

Tableau 2.3. Caractéristiques des stations hydrométriques du bassin versant de Medjerda

Station	Code	Surface Contrôlée (Km ²)	Apport interannuel (Hm ³ /an)	Qmax Instantané (m ³ /s)	Etat	Mise en service
Souk-Ahras	12.01.01	217	47.5	1560(Oct.1988)	Opérationnelle	1969
Barrage Ain Dalia	12.01.15	193*(inclue Dans 217)	-	1560(Oct.1988)	Opérationnelle	1986

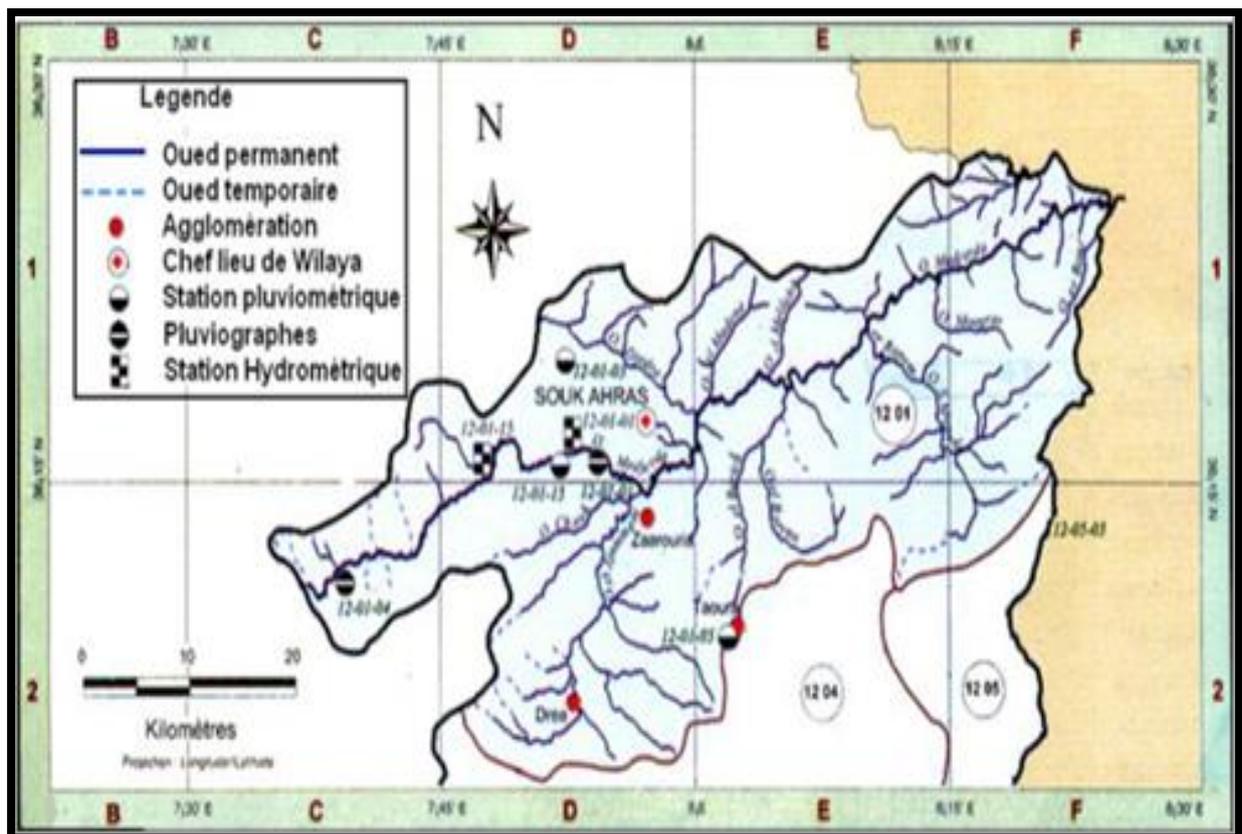


Figure 1.3. Localisation des stations de mesure pluviométriques et Hydrométriques dans le bassin

3.3. ANALYSE DES FACTEURS CLIMATIQUES

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans l'alimentation des nappes souterraines par le biais de l'infiltration; cette dernière dépend directement du taux des précipitations tombées dans la région.

3.3.1. LES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau, leur distribution dans le temps et dans l'espace conditionne la forme des écoulements et les apports aux nappes. (Le tableau 3.3), donne un aperçu sur la répartition des précipitations mensuelles au niveau de la station de Souk-Ahras le long de la période considérée. (On remarque dans la figure 2.3) que les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre, Janvier, Février Mars, Avril et Mai.

Tableau 3.3. Précipitations moyennes mensuelles dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	35.05	35.8	64.29	97.35	99.82	75.6	61.15	66.99	57.7	23.3	8.5	28.05

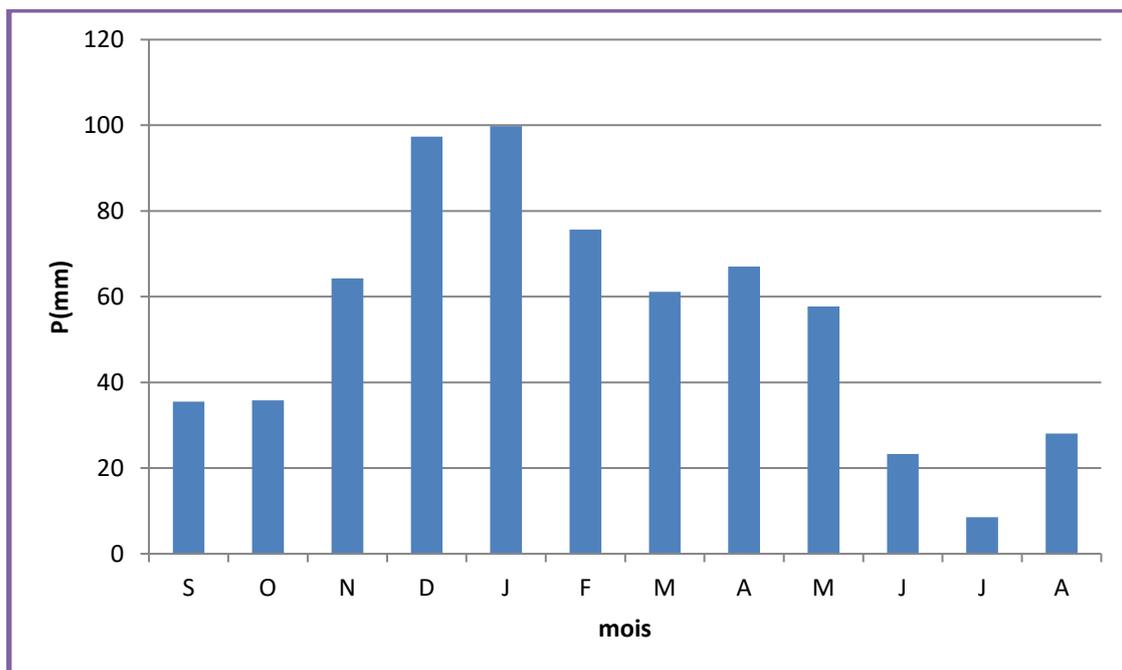


Figure 2.3. Précipitations moyennes mensuelles dans la station de Souk-Ahras

3.3.1.1. VARIATION INTERANNUELLE DES PRECIPITATIONS

L'analyse de la courbe des variations interannuelles des précipitations, sur une période de 21 ans (1986-2007), montre que l'année 2004 est l'année la plus arrosée avec 1162.4 mm/an par contre l'année 1993 est la plus sèche avec 391.3 mm/an. Notons que les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 653.6 mm/an. Le tableau suivant (4.3), récapitule les années humides dépassant la moyenne, le reste des années sont considérées comme sèches.

Tableau 4.3. Les années humides dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)

Années humides	1986	1987	1990	1992	1997	1998	2007
	1999	2000	2001	2001	2003	2004	

3.3.1.2. REPARTITION SAISONNIERE DES PRECIPITATIONS

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles (automne : Sep, Oct, Nov ; l'hiver : Déc, Jan, Fév ; printemps : Mar, Avr, Mai ; été : Jui, Juill, Aou).

Tableau 5.3. Répartition saisonnières des précipitations (1986/2007)

Saison	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
86/2006	137.15	20.93	272.76	41.62	185.83	28.36	59.56	9.09

En observant le tableau (5.3), on note pour la période considérée que la saison hivernale est la plus pluvieuse, au total, il tombe 272.76 mm soit 41.62% des pluies annuelles. En printemps le total des précipitations est de l'ordre de 185.83 mm soit 28.36 % du total annuel. La saison estivale et automnale sont les plus sèche, la pluviométrie enregistrée est la plus faible de l'ordre de 37.45% de la totalité des pluies.

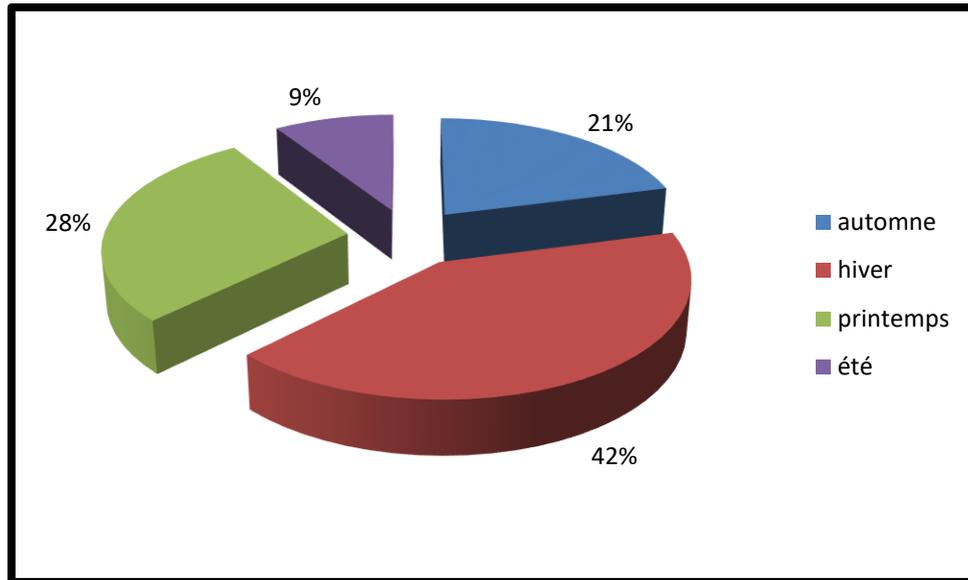


Figure 3.3. Répartition saisonnière des précipitations dans la région de Souk-Ahras (1986/2007)

3.3.1.3. COEFFICIENT PLUVIOMETRIQUE

$$C_p = 365 \times P_i / P_n$$

- P : précipitation.
- P_i : précipitation du mois du rang.
- n : nombre de jours par mois.
- C_p : exprime le caractère plus ou moins pluvieux du mois.

On peut écrire la formule précédente sous la forme :

$$C_p = (365/n_i) \cdot (P_i/P) = K \cdot (P_i/P)$$

Avec:

- K : coefficient dépendant du nombre de jours du mois considéré.

Si : n=31 jours

$$k = 365/31 = 11.77.$$

Si : n=30 jours $k = 365/30 = 12.16$. Pour le mois de Février 28 jours chaque trois ans et une fois 29 jours, $K = 365 / ((28 \text{ jours} \cdot 3 \text{ ans} + 29) / 4) = 12.92$.

Pour la station Souk-Ahras avec $p = 653.6 \text{ mm}$ on a : $C_p = k P_i / P$.

Tableau 6.3.Coefficientpluviométrique (1986/2007)

mois	Saison humide						Saison sèche					
	Nov	dec	jan	fév	Mar	avr	mai	juin	juill	aout	Sept	Oct
k	12.16	11.77	11.77	12.92	11.77	12.16	11.77	12.16	11.77	11.77	12.16	11.77
Pi	35.80	97.35	75.60	61.15	61.15	57.70	66.99	23.30	8.50	28.05	28.05	64.29
Cp	0.67	1.75	1.36	1.21	1.10	1.07	1.21	0.43	0.15	0.51	0.65	1.16

- Saison humide :

$$Cp (sh) = 7.16$$

- Saison sèche :

$$Cp (ss) = 4.11$$

$$R = Cp (ss) / Cp (sh)$$

$$8.59 / 3.43 = 1.74 \quad 1 < R < 1.75 \quad (\text{Climat semi- aride})$$

Selon ces normes la région d'étude est soumise à un climat, semi-aride caractérisé par deux saisons ; l'une humide marquée par une moyenne de pluviosité allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril et par une faible température. L'autre sèche de forte température atteignant leur maximum au mois de Juillet.

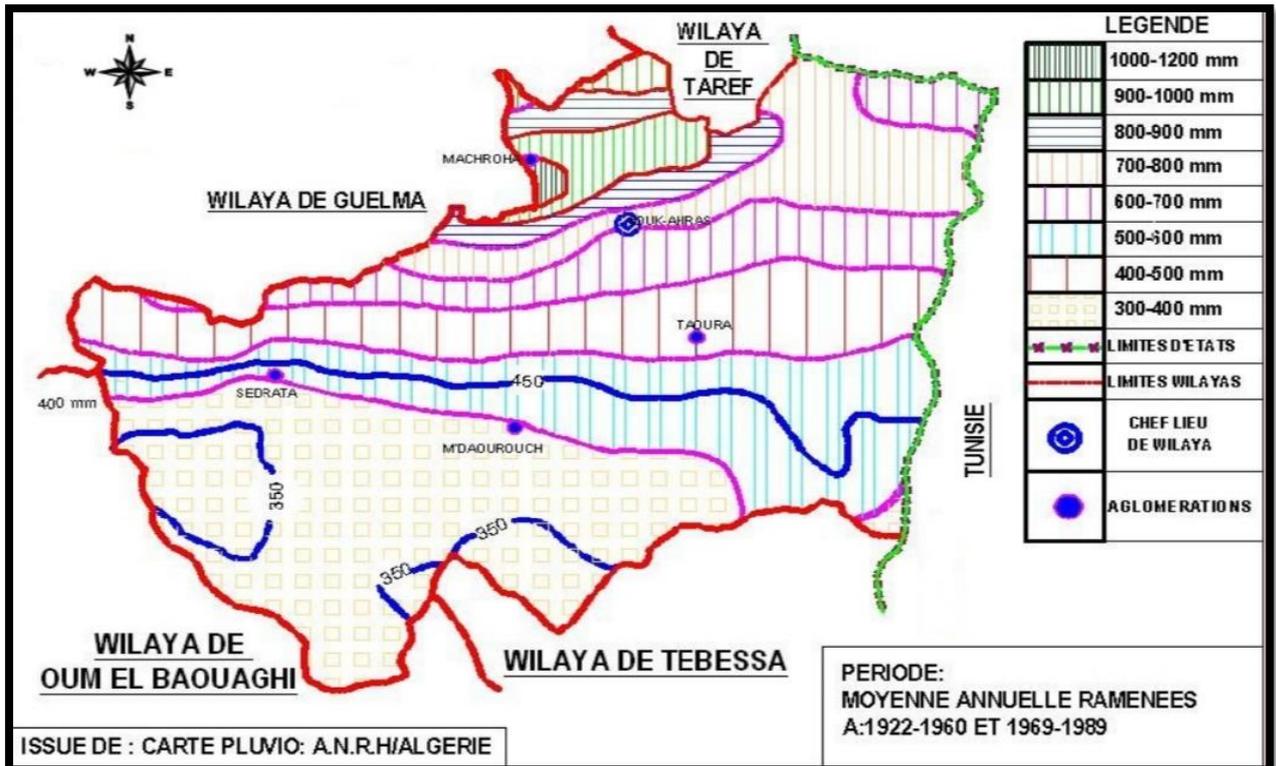


Figure 4.3. Carte pluviométrique de la région de Souk-Ahras

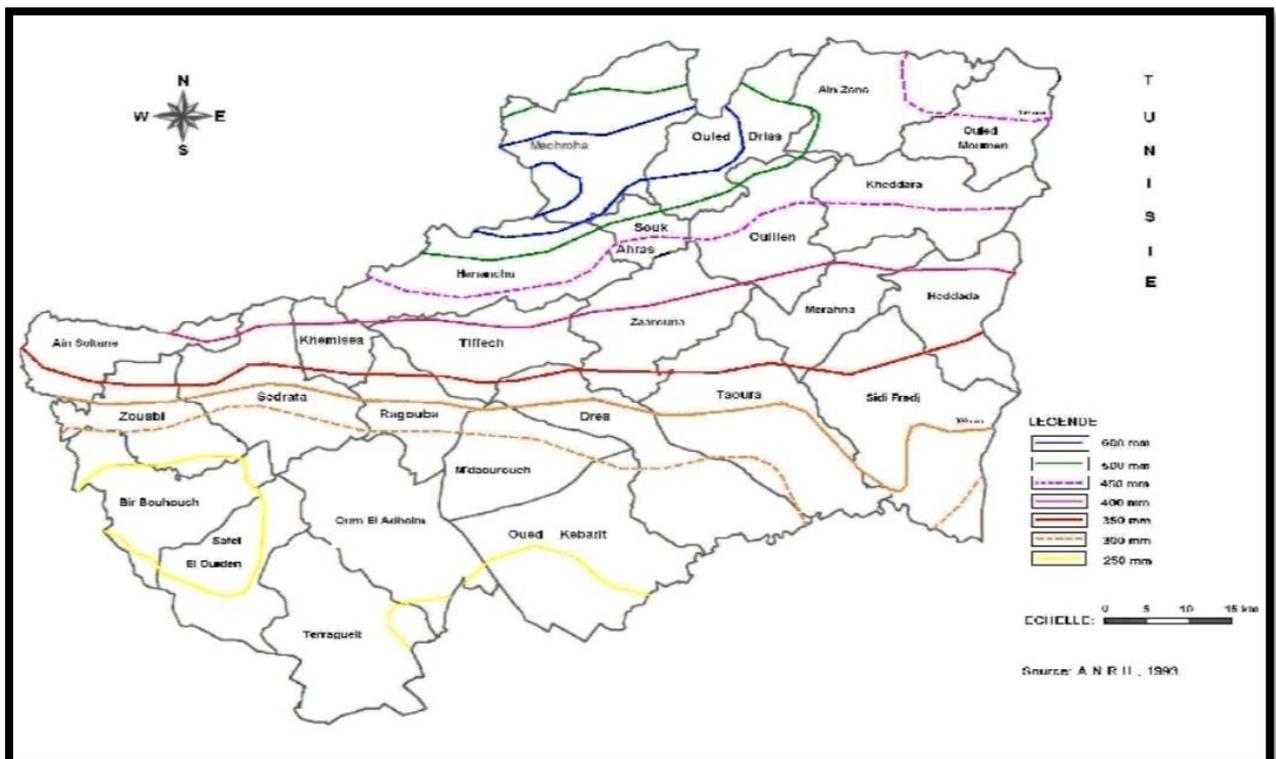


Figure 5.3. Isohyètes moyennes annuelles au niveau de la wilaya de Souk-Ahras

3.3.2. LES TEMPERATURES

La température est le deuxième élément important dans l'étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination des paramètres climatiques particulièrement la détermination du bilan hydrologique. Pour réaliser notre travail, nous nous sommes basé sur les données recueillies à la station de Souk-Ahras (tableau 7.3).

Tableau 7.3. Températures Moyennes mensuelle dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
Moy	22.3	18.1	12.6	8.9	7.28	8.1	10.5	12.7	17.5	21.8	25.6	26.36

La période considérée s'étale de 1986 à 2007. L'observation des températures enregistrées montre qu'à:

- L'échelle mensuelle les hivers sont très froids et humides, les étés sont chauds et secs avec des enregistrements de température minimale de 7.28 °C au mois de Janvier et maximale de 26.36 °C au mois de Août. (Fig. 6.3)

- A l'échelle annuelle, une fluctuation thermique de faible amplitude donnant une certaine constance de l'allure générale. La moyenne annuelle est de 16.01°C. (Fig.7.3)

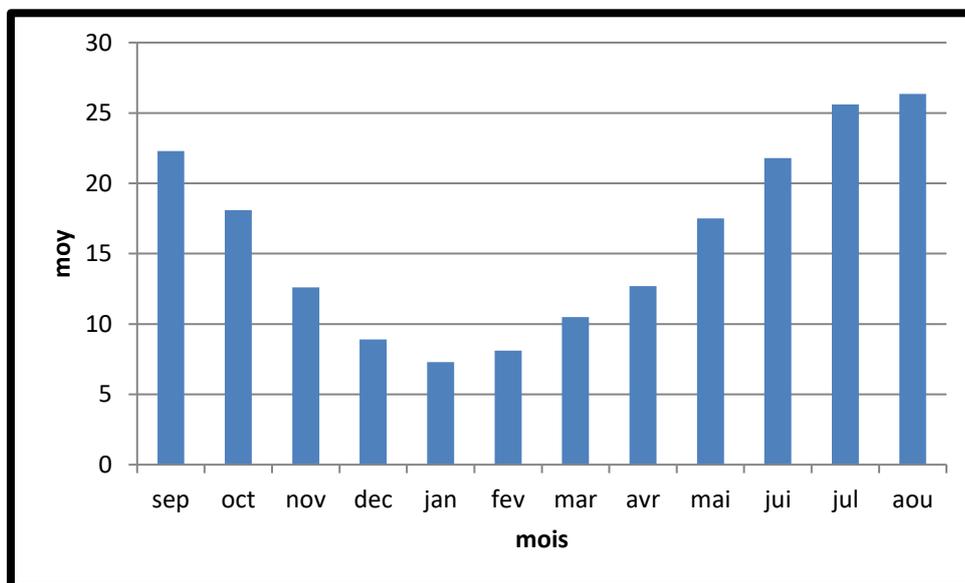


Figure 6.3. Températures moyennes mensuelles à la section de Souk-Ahras (1986/2007)

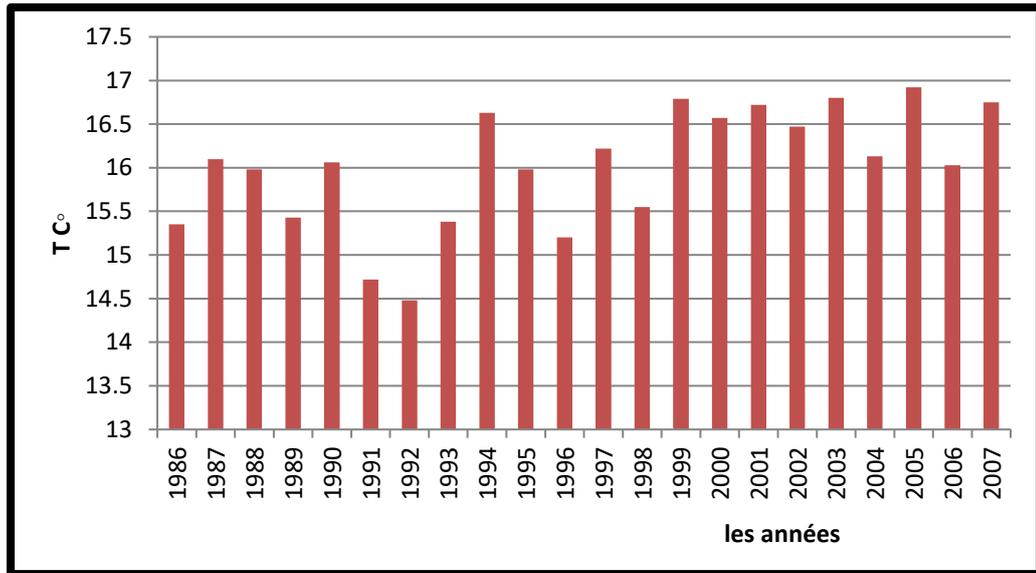


Figure 7.3. Températures moyennes interannuelles à la section de Souk-Ahras (1986/2007)

3.3.3. RELATION TEMPERATURE – PRECIPITATION (COURBE OMBROTHERMIQUE)

Les valeurs des précipitations et des températures enregistrées au niveau de la station de Souk-Ahras sur une période de 21 ans, permettent l'établissement du diagramme (fig.8.3), ce dernier montre la succession de deux saisons l'une sèche et l'autre humides. La première s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre la seconde va du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril compris. Les deux saisons durent en moyenne six mois par an.

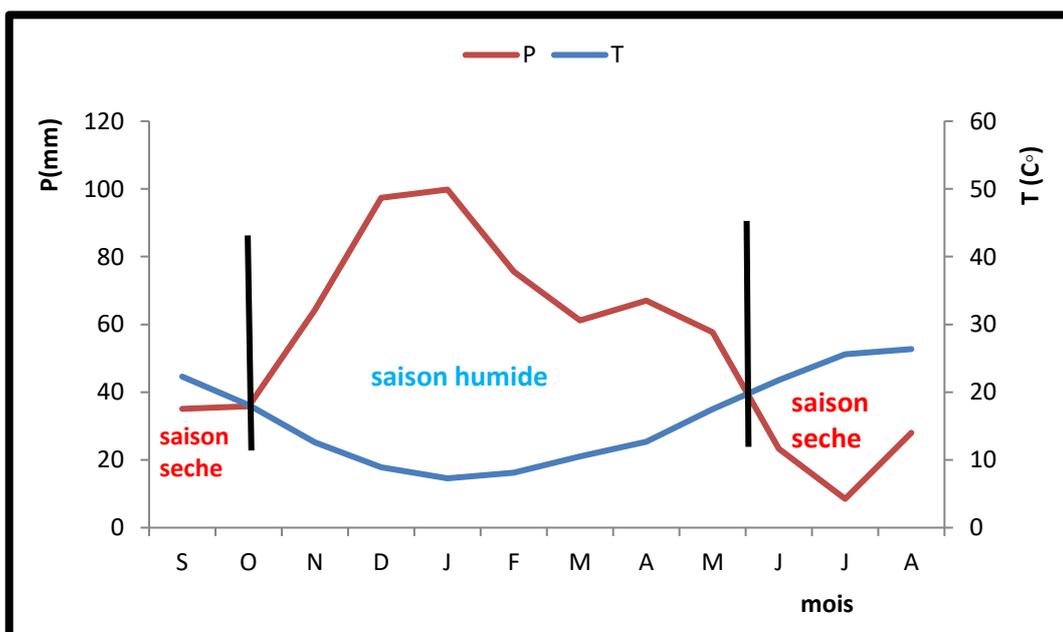


Figure 8.3. climagramme ombrothermique(1986-2007)

3.3.4. DETERMINATION DES INDICES CLIMATIQUES

3.3.4.1. CLIMAGRAMME D'EMBERGER

Pour déterminer les types de climat de la zone méditerranéenne, L. Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q . Ce quotient dépend de la précipitation moyenne annuelle et les moyennes des températures minima et maxima, respectivement des mois les plus froids et les plus chauds.

$$Q = \frac{P}{\frac{M+m}{2} \cdot (M - m)} \cdot 100$$

- P : Précipitation moyenne annuelle (mm)
- M : moyenne maximal du mois le plus chaud (degrés kelvin)
- m : moyenne minimal du mois le plus froid (degré kelvin).

Le calcul de Q dans la zone de Souk-Ahras donne les valeurs suivantes :

$$Q = \frac{365.60}{\frac{653.60 + 276.29}{2} \cdot (306.68 - 276.29)} \cdot 100 = 42.72$$

D'après cette valeur on peut dire que la région de Souk-Ahras possède un climat semi-aride.

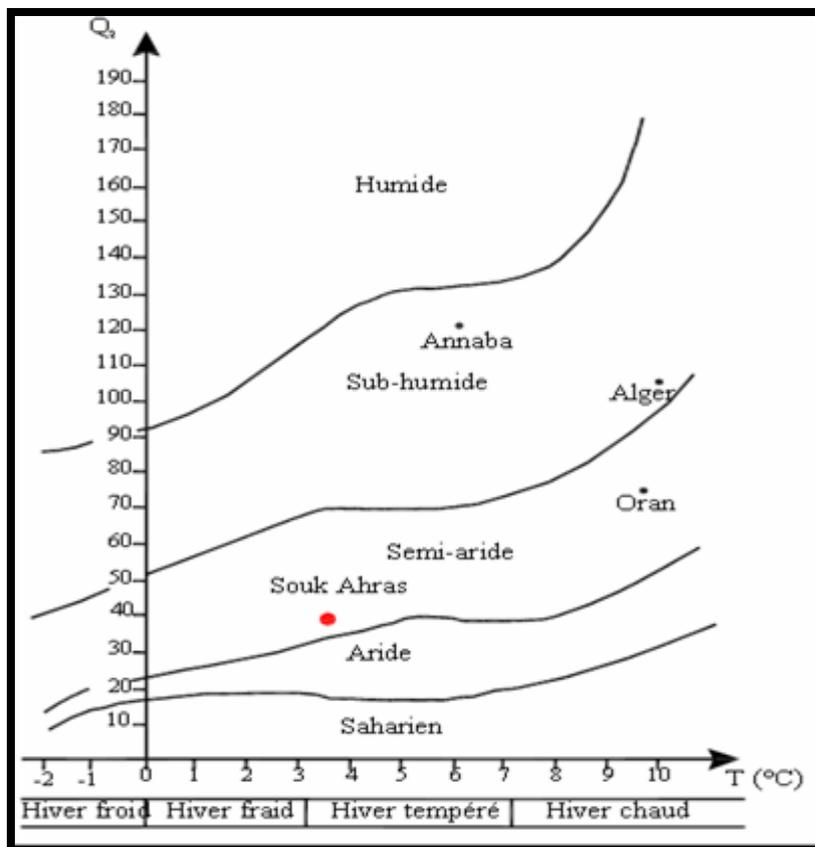


Figure 9.3. Climagramme d'emberger

3.3.4.2. INDICE D'ARIDITE DE MARTONNE

En 1923 DE. Martonne avait établi un indice en fonction des températures et des précipitations Il est calculé par les relations suivantes :

$$I = P / (T + 10)$$

- P : précipitation annuelle moyenne (mm)
- T : température annuelle moyenne (°C)

Suivant les valeurs de I obtenues, DE. Martonne a établi la classification suivante :

- $I < 5$: Climat hyper aride.
- $5 < I < 7.5$: Climat désertique.
- $7.5 < I < 10$: Climat steppique
- $10 < I < 20$: Climat semi-aride
- $20 < I < 30$: Climat tempéré

Donc pour notre cas (Station de Souk-Ahras),

$$P = 653.6 \text{ et } T = 15.98 \text{ °C} \text{ Donc } I = 25.33$$

D'après cette dernière on peut dire que le climat annuel de la région de Souk-Ahras est de type tempéré.

3.3.4.3. INDICE D'ARIDITE MENSUELLE

L'indice d'aridité mensuel(I) donné par la formule suivante :

$$I = 12.P / (T + 10)$$

- P : précipitation mensuelle moyenne (mm)
- T : température mensuelle moyenne (°C)

Tableau 8.3. Indice d'aridité mensuel dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)

Mois	sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Août
I	13.01	15.28	34.19	61.86	69.31	50.27	35.86	35.41	25.15	8.79	2.87	9.26

D'après les résultats présentés dans le tableau (8.3), on remarque qu'au mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril le climat est humide, au mois de Mai le climat est tempéré, le mois de Septembre et Octobre le climat est sec. Alors que, du mois de Juin et Août le climat est très sec, par contre le mois de Juillet est Hyper aride.

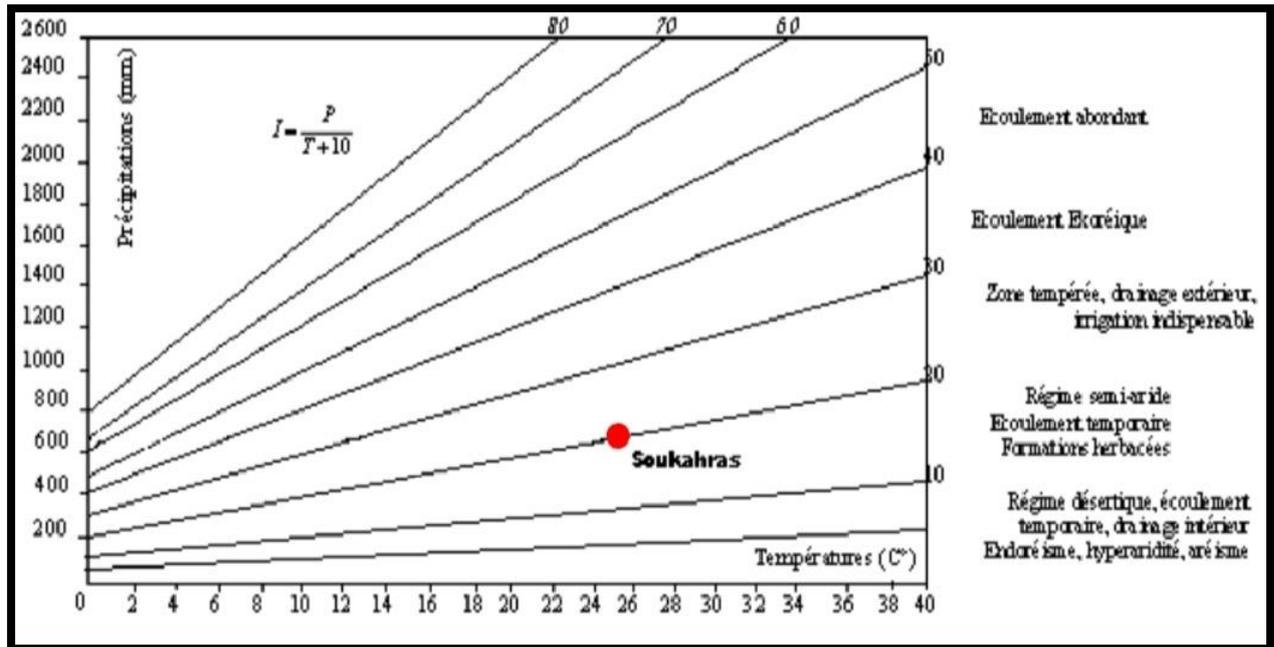


Figure 10.3.climagramme Martonne

3.4.2. ESTIMATION DES RESERVES FACILEMENT UTILISABLES (RFU)

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- la nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle ;
- la profondeur du niveau piézoélectrique de la nappe aquifère ;
- le climat de la région ;
- le type de la couverture végétale.

La RFU pour la région de Souk-Ahras, en tenant compte de tous ces facteurs seraient de 46 mm.

3.4.3. INDICE THERMIQUE MENSUEL

Cet indice est calculé à partir de la température moyenne mensuelle (t) du mois considéré.

$$i = (t/s).1.5$$

3.4.4. INDICE THERMIQUE ANNUEL

C'est la somme des indices mensuel des 12 mois de l'année.

$$I = \sum i$$

3.4.5 REPARTITION DES PRECIPITATIONS

3.4.5.1. CALCUL DU RUISSELLEMENT

Le ruissellement (R) peut être calculé par la formule suivante d'après (Tixeront Berkallof):

Avec la condition de $P < 600$ mm Avec :

- R : ruissellement en m ;
- P : précipitation moyenne mensuelle en m ;
- ETP : évapotranspiration potentielle en m.

Tableau 9.3. Récapitulatif des résultats de l'ETR, R, I, pour les différentes périodes

Périodes	Pr (mm)	ETP(m)	R(m)	R(%)
1986/2007	0.653	0.834	0.133	20.43
1996/2007	0.71	0.852	0.164	23.14
2000	0.469	0.866	0.045	9.77
2003	0.972	0.904	0.375	38.53

3.4.5.2. CALCUL DE L'INFILTRATION

D'après le bilan hydrologique l'infiltration efficace peut être calculée comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

$$I = P - R - ETR$$

En examinant les résultats du tableau (9.3) on distingue que :

- ✓ Période 1986 /2007

La lame d'eau précipitée d'environ 653.7 mm, plus de 50.84% est évapotranspirée (332.72 mm), pour le volume infiltré aboutissant aux nappes souterraines, il est de 133 mm (20.43%), qui varie fortement avec la nature des terrains. Le ruissellement est plus important que l'infiltration 188 mm (29 %), ceci est dû à la présence des pentes dans le terrain traversé ainsi que la nature du terrain.

✓ Période 96/2007

Sur un total précipité de 710 mm, (46.62%) d'eau est évapotranspirée (331), l'eau ruisselée est moins importante que celle infiltrée avec 164 mm (23.14 %) et 215 mm (30 %) respectivement et cela revient à la nature du terrain de la région.

✓ Période pluvieuse 2003

La lame d'eau précipitée est d'environ (972 mm), 31 % est évapotranspirée (301 mm), une grande quantité de cette eau ruisselle qui est de l'ordre de 375 mm (38.53 %) et le reste de 296 mm (30 %) rejoint les eaux souterraines par infiltration à travers les formations perméable de la région.

✓ Période sèche 2000

La lame d'eau tombée 469 mm est évapotranspirée à 93.6% et ne laisse qu'une petite part à l'infiltration est au ruissellement ce qui reflète réellement l'année sèche.

Le tableau suivant montrent les bilans hydriques à la station de Souk-Ahras pour une période de 21 ans, 11 ans, année pluvieuse et année sèche, allant de l'année 86 jusqu'au 2007.

Tableau 10.3. Bilan hydrique global d'après la méthode de Thornthwaite (1986-2007)

Mois	T °C	I	K	Pr	ETP	BH	RFU	ETR	Def	Exc
Sep	22.3	9.6	1.03	35.1	103.7	-68.7	0	35.1	68.7	0
Oct	18.1	7	0.97	35.8	68.9	-33.1	0	35.8	33.1	0
Nov	12.6	4	0.86	64.3	33.1	31.2	31.2	33.1	0	0
Dec	8.9	2.4	0.81	97.4	17.5	79.9	46	17.5	0	65.1
Jan	7.3	1.8	0.87	99.8	13.5	86.3	46	13.5	0	86.4
Fev	8.1	2.1	0.85	75.6	15.5	60.1	46	15.5	0	60.1
Mar	10.5	3.1	1.03	61.2	29.2	32	46	29.2	0	32
Avr	12.7	4.1	1.10	67.0	43.1	23.9	46	43.1	0	23.9
Mai	17.5	6.7	1.21	57.7	81.3	-23.6	22.4	81.3	0	0
Jui	21.8	9.3	1.22	23.3	118.1	-94.8	0	45.7	72.4	0
Jul	25.6	11.	1.24	8.5	156.9	-148.4	0	8.5	148.4	0
Aou	26.4	12.4	1.16	28.1	154.1	-126	0	28.1	126	0
Tot		72.3		653.6	834.79	-181.19		386.23	448.56	267.37

Avec :

- T : température mensuelle en C0
- Pr : précipitation mensuelle en (mm)
- i : indice thermique

- RFU : réserve facilement utilisable en (mm)
- k : coefficient de latitude
- ETR : évapotranspiration réelle en (mm)
- ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)
- Def : déficit agricole en (mm)
- BH : Bilan Hydrique
- EXC : excédent en (mm)

Formules de vérification:

$$P - ETR - EX = A.N: P = 386.23 + 267.37 = 653.6$$

$$ETP - ETR - DA = A.N: ETP = 386.23 + 449.56 = 834.79$$

3.4.6. COMMENTAIRE SUR LE BILAN HYDRIQUE (BILAN HYDRIQUE GLOBAL)

Le bilan hydrique nous a permis d'évaluer la part de chaque paramètre hydrologique. La figure ci-dessous (Figure 11.3) illustre les résultats du tableau (10.3) sur 21 ans (1986/2007), sur le bilan de Thornthwaite, qui nous permet une lecture simple des différents éléments du bilan.

D'après l'établissement de ce bilan on a pu tirer ces quelques conclusions :

- Le déficit agricole se remarque à partir du mois de Mai et se poursuit jusqu' Octobre, période pendant laquelle la RFU est épuisée, on aura aussi un excédent qui varie de 0,00 mm au mois de Novembre à 86.4 mm au mois de Janvier puis il se diminue à 23.9 mm au mois d'Avril revenant à 0,00 à partir du mois de Mai.

- Les hauteurs de précipitation atteignent leurs maximums au mois de janvier (99.8 mm) où l'ETP atteint un minimum (13.5 mm).

- L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet (156.9 mm) où les précipitations atteignent (8.5 mm).

Pendant le mois de Novembre le stock se reconstitue où la RFU atteint son maximum (46 mm) au mois de Décembre, puis demeure jusqu'au mois de Mai ensuite diminue jusqu'à l'épuisement total (Juin).

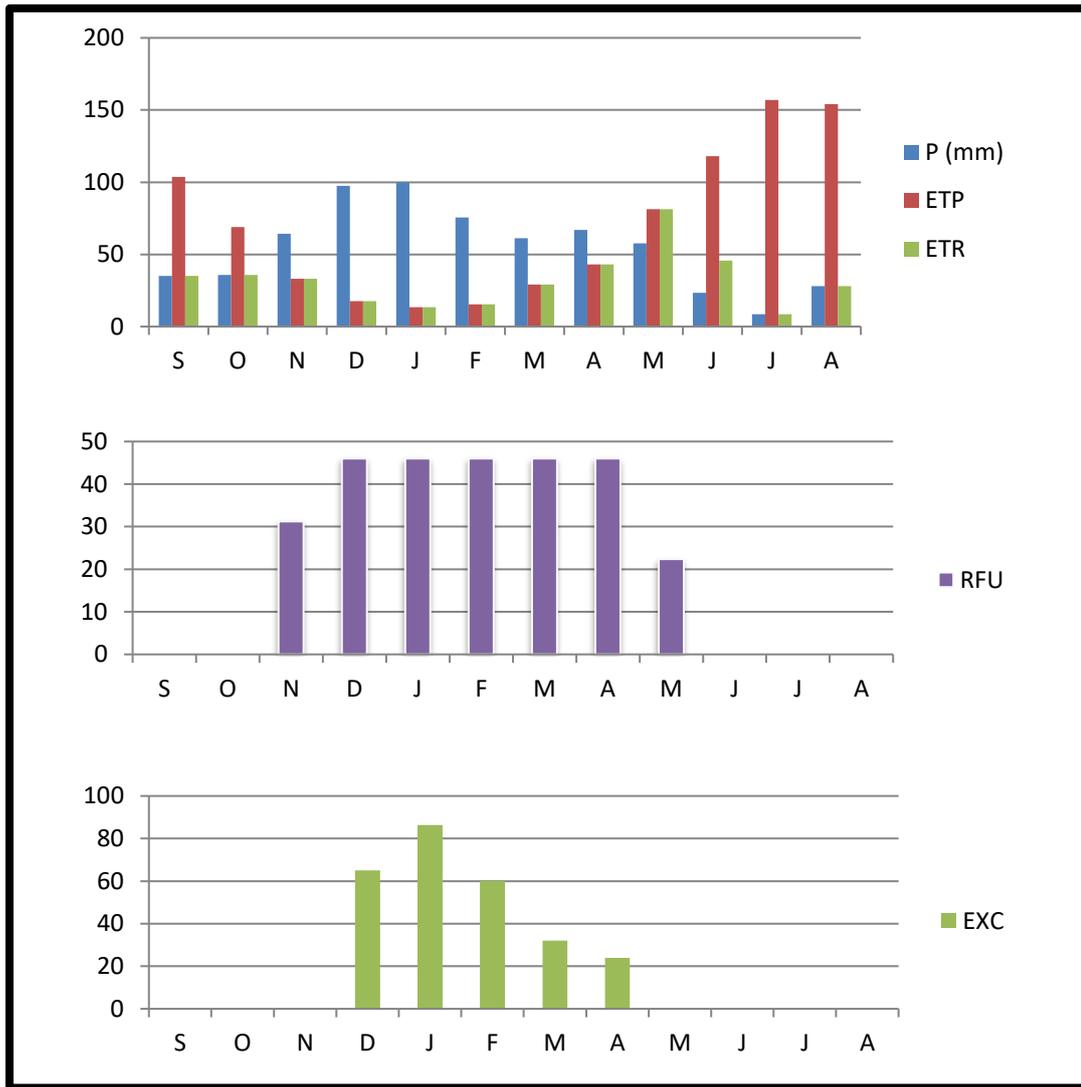


Figure 11.3. Représentation graphique du bilan de Thornthwaite dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)

3.5. CONCLUSION

L'étude hydroclimatologique nous a permis de conclure que notre zone d'étude est caractérisée d'un climat semi-aride. La pluie n'est pas homogène sur toute la surface de la zone, les apports différent d'une zone à une autre, elles sont sous la dépendance de deux facteurs essentiels la latitude et l'altitude. Le mois le plus pluvieux est Janvier avec valeur d'ordre de 99.82 mm. Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 16.01 °C. Quant au régime thermique nous avons deux saisons : Une saison chaude qui va de Mai à Octobre, à laquelle s'oppose une saison froide qui va de Novembre à Avril. Ceci se manifeste par une période de haute eau qui va de Décembre jusqu'à Avril.

Pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle, nous constatons que les résultats obtenus par les différentes méthodes sont très approchés et à la limite, on ne peut que les comparer.

L'estimation du déficit d'écoulement moyen selon les différentes méthodes est égal à 471.50 mm soit 73,37 % de P.

Le ruissellement calculé selon la méthode de Tixeront Berkaloff est égal à 133 mm soit 20.43 % de P, et l'infiltration est égale à 67,63mm soit 12,70 % de P. cependant, le bilan moyen annuel de l'écoulement montre un écoulement égal à 53,02mm.

CHAPITRE 4
HYDROGEOLOGIE

4.1. INTRODUCTION

Le but de l'étude hydrogéologique est de déterminer le mode de gisement la nature et les ressources en eaux souterraines des aquifères de la région de Souk-Ahras.

Dans une partie très généralisée de zone d'étude, on trouve une unité hydrogéologique surtout, qui constitue, en de nombreux points, un aquifère qui agit hydrauliquement comme s'il était tout relie donnant l'impression d'une seule unité, le Mio-Pliocène-Crétacique supérieur, tout en moins lorsque cette dernière formation est sous-jacente de la première.

4.2. APERÇU SUR LES AQUIFERES

La région d'études est caractérisée essentiellement par eux nappes principales et autres secondaires se localisent généralement au Sud du chef-lieu de wilaya de Souk-Ahras.

Les conditions hydrogéologiques de notre zone d'étude sont déterminées par leur structure géologique et tectonique, par la nature de relief et de climat, elles dépendent de l'alternance des zones d'alimentation de transit et de décharge des horizons aquifères, de la présence des zones de fractures conduisant et filtrant de l'eau, de la présence des eaux thermales à composition chimique variée.

Comme la cité (L. David) dans son ouvrage "Etude géologique de la haute Medjerda " : « Si les sources ne sont pas rares dans les monts de la haute Medjerda, elles disparaissent le revers sud chaîne ou le climat devient plus ride ». En raison de la diversité de terrains rencontrés, de la faible étendue, les émergences sont généralement peu abondantes, voire temporaires.

4.2.1. LES PRINCIPAUX AQUIFERES

4.2.1.1. HORIZONS AQUIFERES DANS LES MASSIFS DE DIAPIRS

Le rôle des roches enclavant de l'eau (ou collecteurs) est de gros blocs de calcaire poreux et de dolomite cellulaire. Les horizons qui s'y forment se déchargent dans les zones de fractures ou dans les surfaces de contact avec les roches Crétiques sous forme des sources ayant le débit de 0.1- 0.3 l/s.

4.2.1.2. HORIZONS AQUIFERES DANS LE CALCAIRE DES ETAGES CAMPANIEN ET MAASTRICHTIEN

Ils ont la teneur en eau la plus élevée, le calcaire fissuré et poreux gisant sur la marne imperméable à l'eau contient de l'eau pur ayant un bon goût et qui est déchargée grâce aux sources avec le débit de 0.5-1.0 l/S. Les sources les plus puissantes des dits horizons alimentent des localités.

4.2.1.3. HORIZONS AQUIFERES DANS LES SEDIMENTS DU MIOCENE ET DU PLIOCENE

Ils se rapportent aux grès et conglomérats ayant de bonnes propriétés filtrantes .ils sont déchargés grâce aux sources avec le débit de 0.2-1.5 l/s, suivant les surfaces de contact avec les masses argileuses et marneuses d'au-dessous.

4.2.1.4 LES SOURCES THERMALES

Elles se rapportent aux zones de fractures dans les roches Crétaciques (par exemple: la source HAMMAME pré de la route Souk-Ahras-Tébessa).

Dans les dépôts quaternaires, on constate des nappes d'eau suspendues qui sont observées dans des Diluviums-Eboilis et des Proluviums.

Leur teneur en eau n'est pas importante et est soumise aux brusques fluctuations saisonnières. Un horizon aquifère stable se développe dans les dépôts alluviaux.

Dans l'alimentation de l'horizon alluvionnaire participant, en dehors des eaux de ruissellement (oueds) et des précipitations atmosphériques, des eaux des fissures du calcaire Crétacique ainsi que des eaux minérales qui montent suivant les fractures dans le fond des vallées.

Les horizons aquifères les plus constats et les plus importants sont localisées dans les barres calcaires, exception faite pour ceux des formations grasseuses du « Numidien » et du miocène.

Localement les sédiments triasiques renferment de faibles quantités d'eau toujours chargées de sels minéraux à cause de la présence de gypse et de sel, cette eau donne naissance à des oueds Malah (rivières salées).

Seuls les calcaires bleus dolomitiques produisent parfois un peu d'eau potable.

- les calcaires du Turonien et les deux barres calcaires du Sénonien reposent toujours sur l'importantes assises marneuses, leur surfaces est aride mais absorbe une grande quantité d'eau par les innombrables fissures, il s'y constitue une réserve aquifère et un niveau d'émergence à leur base. Le degré hydrotimétrique est élevé mais l'eau reste généralement potable car les montagnes calcaires ne sont pas peuplier ou très peu.

- Des émergences du même type sortent des calcaires éocènes, surtout des calcaires à grandes nummulites, au contact des marnes paléocènes.

- L'eau qui s'accumule dans les sédiments grasseux du « Numidien » forme des sources d'affleurements au niveau des masses argileuses intercalées ou bien sur les marnes crétacées sous-jacentes. Jamais d'un grand débit, elles s'alignent en chapelets dans les monts de Lamy et de Mahbouba. Souvent elles sont ferrugineuses et sortent du pied de grand Cônes d'éboulis installés au bas des pentes.

Les zones sablo grasseuses du miocène inférieur sont également aquifères lorsque leur puissance suffisante; l'eau y est de bonne qualité, aussi les synclinaux miocènes constituent-ils les gîtes les plus intéressantes de la contrée.

- Les formations plus récentes n'ont que peu d'importance du point de vue hydraulique:

- Les dépôts pliocènes ne comptent guère; les terrasses de la Medjerda ne sont pas assez développées pour garder une réserve d'eau: quant au Quaternaire des hautes plaines, les alluvions perméables sont peu épaisses, parfois discontinues, souvent recouvertes d'une coûte calcaire de la wilaya de Souk-Ahras.

4.2.2. INTERPRETATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

L'analyse de l'environnement hydrogéologique permet d'identifier la nature des matériaux et les structures des formations existantes ainsi que les ressources souterraines. La région d'étude est caractérisée par des formations allant du Trias jusqu'au Quaternaire constituées, généralement, par des calcaires, des argiles, des marnes, des grés et des cailloutis.

Les caractéristiques hydrogéologiques des différentes zones de la wilaya de Souk-Ahras sont représentées comme suit (figure 1.4).

4.2.2.1. ZONE A

C'est la zone montagneuse au Nord-est de la wilaya. La partie majeure de cette zone est constituée d'argiles rouges numidiennes, sur lesquelles reposent des grés peu perméables. ces grés sont fragmentés en nombreux panneaux indépendantes. Les sources sont nombreuses, mais leurs débits sont faibles et comme les réserves sont toujours réduites elles tarissent fréquemment en été (période du déficit hydrique). On trouve aussi des affleurements des marnes et calcaires marneux du crétacé supérieur et l'éocène, quasiment imperméables sauf quelques bancs calcaires éocènes qui donnent naissance à de petites sources.

4.2.2.2. ZONE B

C'est la zone de plaines et de collines. Elle comportant essentiellement une succession d'épaisses séries marneuses et de calcaires du crétacé supérieur. Dans le creux des synclinaux se trouvent des argiles et grés miocènes et des formations de cailloutis, argiles sableuses, limons (B' sur la carte). Les structures synclinales du crétacé supérieur peuvent contenir des nappes aquifères alimentées par des infiltrations sur les calcaires eux-mêmes, les grés et sables miocènes et les alluvions du Quaternaire lorsque ces différentes formations sont en contact. Quand les calcaires sont trop profonds, il est probable qu'ils ne sont plus assez karstifiés pour avoir une bonne perméabilité d'ensemble. Des nappes phréatiques s'établissent dans les formations quaternaires reposant sur les argiles miocènes. Ces nappes sont drainées par différents affluents de l'oued Medjerda et oued Cheref.

4.2.2.3. ZONE C

C'est la région Nord-Ouest de la wilaya. Cette partie est marquée par la présence de dalles calcaires du crétacé plus fractionnées et redressées que celles de la zone C', s'y ajoutent d'ailleurs des dalles calcaires de l'éocène inférieur qui présentent à peu près le même aspect. Des sources parfois assez importantes sortent des calcaires au contact des marnes pour la zone C', présence de dalles calcaires perchées sur des marnes et de nombreuses sources jalonnent le contact des calcaires et des marnes sous-jacentes.

4.2.2.4. ZONE D

C'est la zone des plaines des Oueds Kebarit et Mellègue au Sud de la wilaya. Pratiquement sur toute cette zone affleurent des marnes du crétacé moyen et supérieur. De plus la pluviométrie est faible (moins 350 mm), l'évaporation intense sali l'eau des oueds et de leur sous écoulement. Les chances de trouver l'eau en quantité suffisante et de bonne qualité dans des calcaires du crétacé inférieur ou les marno-calcaires turoniens sont très faibles.

4.2.2.5. ZONE DES AFFLEUREMENTS TRIASIQUES

Ces zones correspondent à des affleurements de marnes, gypses et roches plus résistantes (notamment calcaires et cargneules en blocs). Elles sont très pauvres en eaux souterraines, seuls quelques "blocs" calcaires de grandes dimensions (1 à 2 km²) renferment de petites nappes qui donnent naissance à de petites sources.

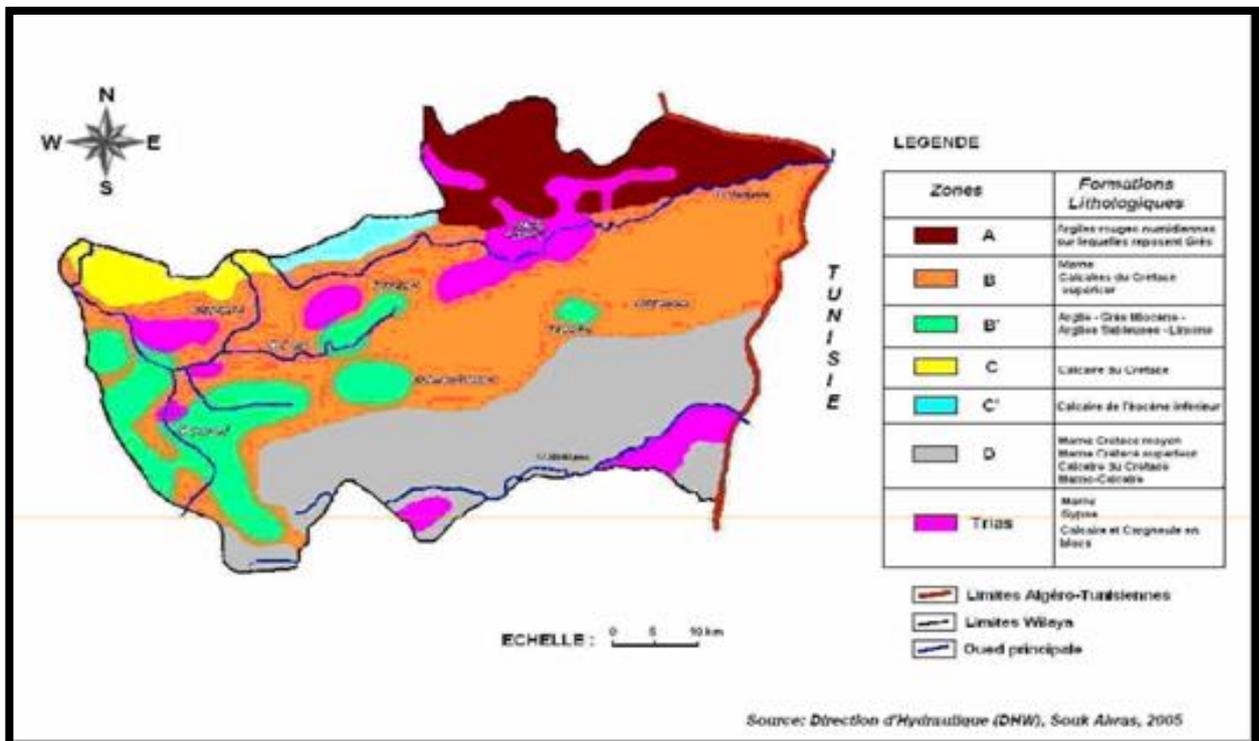


Figure 1.4. Carte Hydrogéologique de la wilaya de Souk-Ahras

4.3. ESTIMATION DES RESERVES DES NAPPES

La connaissance des potentialités en eaux souterraines reste insuffisante du fait de l'absence des études régulières de prospection et d'évaluation.

L'estimation de la capacité des nappes est possible seulement pour la nappe captive de Taoura.

4.3.1. LE SYNCLINAL DE TAOURA

4.3.1.1. LOCALISATION

Le synclinal de Taoura est situé au nord-est de M'Daourouch, entre les diapirs de Souk-Ahras et Ouenza. Il couvre une superficie de 585 km² (PNE 2006).

4.3.1.2. DESCRIPTION DE L'AQUIFERE

La nappe de Taoura est constituée par les formations calcaires du Maestrichtien, d'une épaisseur variant entre 50 et 110 m. Elles sont recouvertes par un remplissage d'âge MioPliocène, qui a une faible importance du point de vue hydrogéologique. L'alimentation de la nappe se fait à travers le remplissage.

4.3.1.3. LES RESSOURCES POTENTIELLES

Les calcaires sont difficilement accessibles, du fait qu'ils constituent les reliefs de la région de Taoura. Cependant, quand ils ont pu être réalisés, les forages ont donné des débits compris entre 5 et 90 l/s.

Le PNE 1993 a estimé la ressource exploitable à 5.4 Hm³/an. Le PNE 2006 a procédé à l'estimation des ressources de l'ensemble des massifs calcaires compris entre les Monts de Tébessa, les Monts de Ain Beida, les Monts de Medjerda-Mellègue, ainsi que la partie septentrionale des Aurès. Pour l'ensemble de ces massifs, le PNE estime la ressource à 250 Hm³/an.

4.3.1.4. EXPLOITATION DE A NAPPE

Les cahiers de l'ABH(2002) font état de l'existence de 11 forages captant la nappe du synclinal de Taoura, totalisant un débit de 264 l/s (8.3 Hm³/an), entièrement destinés à l'AEP des villages de Taoura et Drea. (Voir Tableau 1.4)

Tableau 1.4. Récapitulatif des forages en exploitation dans le bassin de Medjerda

Nb	Nom du forage	Commune	Nappe	Profondeur Aquifère		Caractéristiques des forages					Coordonnées Lambert		
				Ttoit (m)	Mur (m)	Diam. (mm)	Prof (m)	Qmax (l/s)	Niv Stat(m)	Qexp (l/s)	X	Y	Z
01	T7	Taoura	Taoura	180	211	340	211	30	87	24	977	330.75	870
02	T4BIS	Taoura	Taoura	229	350	340	350	33	60	33	978.1	329.75	865
03	T8	Taoura	Taoura	168	200	340	200	30	82	25	978.1	331.4	865
04	T15	Taoura	Taoura	10	60	340	60	4	12	4	966	321.8	680
05	T11	Zaarouria	H/Moussa	2	150	340	150	6	0.5	3	980.1	335.9	850
06	D1BIS	Drea	Djelail	127	272	340	272	6	13	4	971.05	327.3	825
07	D3	Drea	Tadjelte	80	106.5	310	106	25	18	25	966.7	325.3	820
08	D4BIS	Drea	O/Boukhil	94	146	240	146	100	55	90	969.6	325.55	850
09	D5	Drea	Elogla	43	100	340	251	10	86	10	973.95	323.3	880
10	D10	Drea	Drea	35	85	300	55	18	24	8	967.85	326.8	800
12	D9BIS	Drea	Boussessou	38	167	340	167	18	30	4	970.35	320.45	970
13	BK2	Ouilen	Boukebech	5	105	340	105	7	3.6	3	977.925	343.7	550
14	MS1	Heddada	<u>Chef-lieu</u>	7	264	340	264	25	6.92	25	1006.8	340.5	825
15	MS2	Heddada	Bir Louhichi	60	125	300	130	15		12	1008.888	342.6	800
16	M9	Heddada	Bir Louhichi	20		300	130	6	18	4	990.88	336.6	615
17	M2BIS	Heddada	Bir Louhichi	58	130	340	130	36	6	15	1001.775	338.28	750
18	HOK2	Khedara	H O Kseiba		80	340	80	15	2.8	4	1005.1	348.65	780
19	KHG	Khedara	Medjerda	2.5	65	340	62	6	8.8	10	990.65	351.2	430
20	KH4	Khedara	Boumendjel	0	130	300		6	3	5	993.5	348	550
21	OLD1	O Driss	Ouled Driss	64	101	340	101	10	27	5	977.925	352.925	920
22	OLD5	O Driss	Ouled Driss	0	118	300	180	5		5	977.85	352.75	890
23	AZ1	Ain Zana	Ain Zana	25	100	300	100	10	24	6	991.9	358.6	990
24	MH1	Mechrouha	Mechrouha	38	70	340	100	8	36	5	961.3	350.55	910
25	MH3	Mechrouha	El Mazraa	25	60	340	60	5	4	5	959.05	355.06	940
26	EM2	Mechrouha	El M'Riss	70	150	240	150	16	8	16	966.85	345.15	912
27	TF4	Tiffech	Tiffech		100	340	100	15	10	15	953.2	331.85	990
28	RG1	Ragouba	El Hamria	35	150	240	150	8	36	8	948.8	328.4	936

4.4. CONCLUSION

Les conditions hydrogéologiques sont caractérisées par la présence de la nappe aquifère dans les dépôts alluviaux et de plusieurs nappes aquifères dans les roches.

Les horizons aquifères dans le calcaire des étages Campanien et Maestrichtien du Miocène et du Pliocène ont la teneur en eau la plus élevée.

Dans les massifs de Diapirs, le rôle des roches enclavant de l'eau (ou collecteurs) est joué par de gros blocs de calcaire poreux et de dolomite cellulaire.

Les horizons qui s'y forment se déchargent dans la zone des fractures ou dans surfaces de contact avec les roches Crétaciques sous forme des sources ayant débit de 0.1 à 0.3 l/s.

L'étude des nappes calcaires est certes complexe, et l'évaluation de ressource difficile ; alors que le PNE dans les derniers temps a estimé la ressource exploitable plus de 11.5 Hm³/an.

CHAPITRE 5

MATERIEL ET METHODES

5.1. INTRODUCTION

Les cartes de linéaments, présentées souvent dans les cartes géologiques, sont des outils qui ont un intérêt économique majeur. Leur importance est primordiale dans le choix des sites potentiels pour abriter des ouvrages d'art (barrages, ponts, autoroutes,...etc.), l'exploitation pétrolière, la gestion et le stockage des eaux souterraines, la compréhension et la gestion des catastrophes naturelles et environnementales telles que les Glissements des terrains, les séismes, la pollution et les inondations (Marghany & Hashim, 2010).

La cartographie des linéaments et des fractures a fait souvent appel à des techniques de cartographie traditionnelle comme les photographies aériennes et les investigations de terrains (Maged et al., 2009). Dans ce cadre, la tâche principale du géologue est d'étudier la répartition, l'abondance et la variation temporelle et spatiale des différentes structures Géologiques dans une région donnée. Dans ce contexte, le défi majeur était de couvrir simultanément une région large par ces techniques traditionnelles. Ce problème de couverture des régions vastes est résolu par l'utilisation de l'imagerie satellitaire. Sa capacité de couvrir des régions très large et de manière répétitive lui a donné un succès dans la cartographie et le suivie des Linéaments (Mostafa & Bishta, 2005; Semere & Ghebreab, 2006).

La détection des linéaments par télédétection sur des images satellitaires peut être divisée en trois catégories (Katsuki et al, 1995 ; Walsh & Clark 2000) : (i) Le rehaussement de la qualité de l'image et l'extraction des linéaments après caractérisation de la structure géologique ;(ii) la Cartographie géologique basée sur classification d'image et la détection, par Utilisation de signature spectral, des anomalies attribuables à la European Scientific Journal January 2015 edition vol.11, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

5.2. LA TELEDETECTION

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet 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 à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information.

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes que nous élaborons ci-après. Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non-imageur.

5.3. APPORT DE LA TELEDECTION EN GEOLOGIE

La géologie est l'étude des formes de terrain, des structures et de l'écorce terrestre, et a pour but de comprendre les processus physiques qui modifient la croûte terrestre. Elle est généralement perçue comme étant l'exploration et l'exploitation des ressources minérales et pétrolières dans le but d'améliorer les conditions de vie de la société.

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 multi spectrales peuvent fournir de l'information sur la composition lithologique des roches. Le radar fournit de l'information 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 de routes d'accès dans une région minière, la surveillance de projet de réclamation, et dans la création de cartes de base sur lesquelles les données géologiques peuvent être superposées.

Voici une liste des 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.

5.4. MATERIEL ET METHODES

Les différents prétraitements et traitements ont été réalisés à l'aide du logiciel ENVI 5.3, le PCI Geomatics software via son module LINE, qui a été utilisé pour l'extraction automatique des linéaments. Finalement, le logiciel Arc GIS a été utilisé pour extraire les données statistiques des paramètres des linéaments (nombre et longueur), pour produire le diagramme rose directionnel ; nous avons utilisé Logiciel Rock-Works2015.

En parallèle avec le thème de notre projet (Apport de la télédétection pour une cartographie géotechnique) nous allons essayer d'atteindre l'objectif souhaité à travers ce projet d'expliquer en détail la métrologie argumenté par des captures écrans comme un tutoriel pour éviter aux

promotions qui viennent les difficultés qu'on a trouvé par manque de documents qui traitent le même thème malgré l'aide de nos deux encadreurs.

5.5. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

5.5.1. TELECHARGEMENT DE L'IMAGE SATELLITAIRE

Le programme satellitaire Landsat, géré par l'USGS (United States Geological Survey) et la NASA (National Aeronautics and Space Administration), a permis de collecter de l'imagerie en continu depuis 1972. Cet imposant référentiel contient plus de quatre millions d'images, toutes accessibles publiquement par téléchargement, mais le défi pour les utilisateurs est de trouver les images qui les intéressent. Vous souhaitez une image relativement récente avec une couverture nuageuse minimale. Pour télécharger l'image, vous allez créer un compte gratuit pour le centre EROS (Earth Resources Observation and Science) de l'USGS, ce qui vous permettra de télécharger autant de données Landsat que vous le souhaitez.

Les images Landsat peuvent être volumineuses. La taille du fichier que vous allez télécharger dans cette leçon est d'environ 900 Mo. Vérifiez que votre ordinateur dispose d'un espace suffisant sur le disque dur et que vous pouvez attendre le téléchargement avant de poursuivre. Pour télécharger des données Landsat, vous avez besoin d'un compte EROS de l'USGS. Le compte est gratuit, mais pour l'ouvrir, vous devez communiquer des données d'étude démographique et des coordonnées.

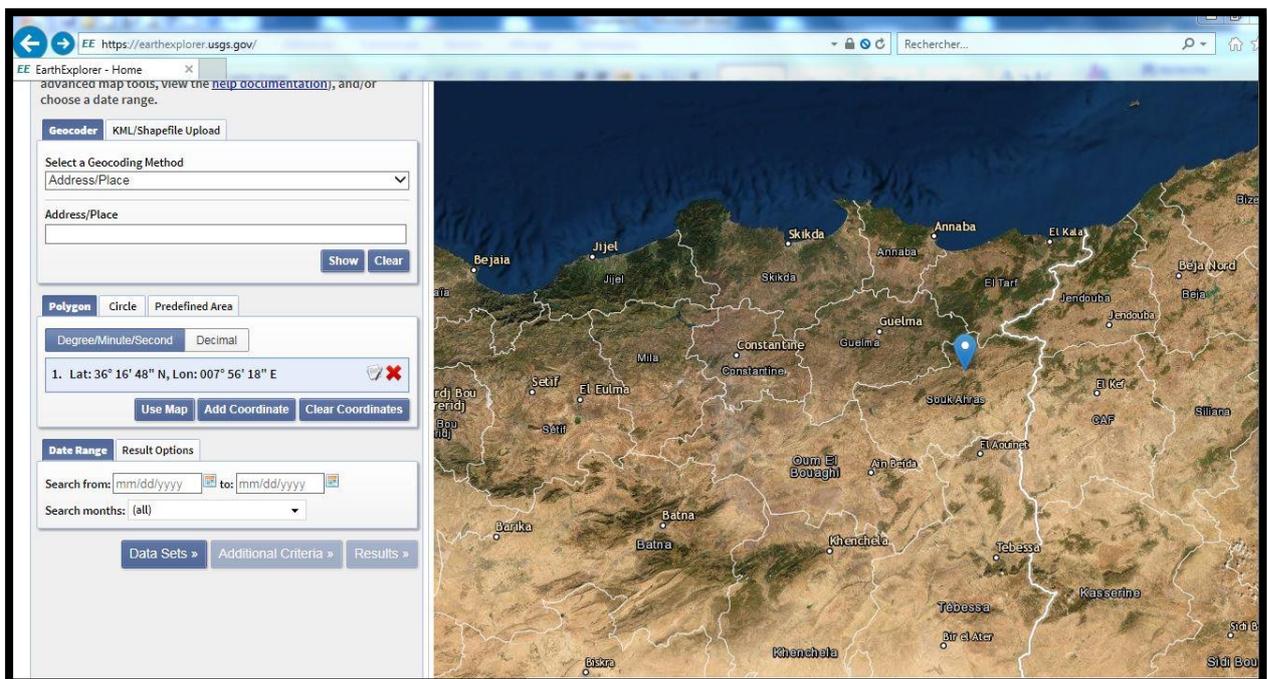


Figure 01.5.localisation et les coordonnées de la wilaya de Souk-Ahras par USGS

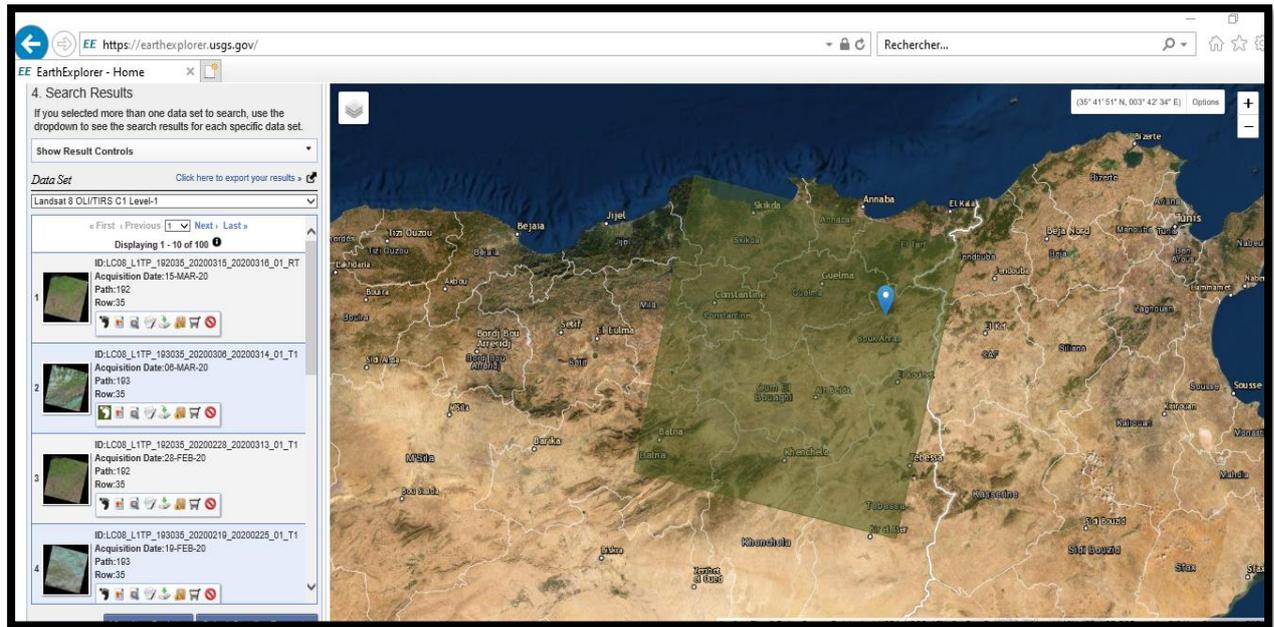


Figure 02.5 Téléchargement De l'image satellite par USGS (earth explorer)

SOURCE DE L'IMAGE (LANDSAT 8)

Landsat 8 est un satellite d'observation de la Terre américain lancé le 11 février 2013. Il s'agit du huitième satellite du programme Landsat et le septième à atteindre l'orbite avec succès. Initialement appelé Landsat Data Continuity Mission (LDCM), il s'agit d'une collaboration entre la NASA et le United States Geological Survey (USGS). Le Goddard Space Flight Center de la NASA à Greenbelt, dans le Maryland, assure le développement, l'ingénierie des systèmes de mission et l'acquisition du lanceur, tandis que l'USGS assure le développement des systèmes au sol et poursuit les opérations de la mission.

Landsat 8 comprend trois objectifs scientifiques et missions-clés :

1. Recueillir et archiver des données d'images multispectrales à résolution moyenne (résolution spatiale de 30 mètres) permettant une couverture saisonnière des masses continentales mondiales pendant une période d'au moins cinq ans.
2. Veiller à ce que les données Landsat 8 soient suffisamment cohérentes avec les données des missions Landsat précédentes en termes de géométrie d'acquisition, d'étalonnage, de caractéristiques de couverture, de caractéristiques spectrales, de qualité du produit et de disponibilité des données pour permettre des études sur l'évolution de la couverture terrestre et de l'utilisation des terres.
3. Distribuez gratuitement les données de Landsat 8 au grand public, sans discrimination et sans frais pour l'utilisateur.

Landsat 8 fournit des images à résolution moyenne, allant de 15 mètres à 100 mètres, de la surface terrestre et des régions polaires. Il fonctionne dans les spectres visible, proche infrarouge, infrarouge à ondes courtes et infrarouge thermique.

Landsat 8 capture plus de 700 scènes par jour, soit une augmentation par rapport aux 250 scènes quotidiennes de Landsat 7. Les capteurs OLI et TIRS voient une performance radiométrique signal sur bruit (SNR) améliorée, permettant une quantification sur 12 bits des données permettant davantage de bits pour une meilleure caractérisation de la couverture terrestre.

landsat 8 mesure différentes gammes de fréquences le long du spectre électromagnétique - une couleur, mais pas nécessairement une couleur visible à l'œil humain. Chaque plage est appelée un groupe et Landsat 8 a 11 bandes. Landsat numérote ses capteurs rouge, vert et bleu comme 4, 3 et 2, donc lorsque nous les combinons, nous obtenons une image en vraies couleurs comme celle-ci :

Tableau 01.5. Caractéristiques des bandes spectrales du capteur TM

<i>Numéro de bande</i>	<i>μm</i>	<i>Résolution</i>
<i>1</i>	<i>0,433–0,453</i>	<i>30 m</i>
<i>2</i>	<i>0,450–0,515</i>	<i>30 m</i>
<i>3</i>	<i>0,525–0,600</i>	<i>30 m</i>
<i>4</i>	<i>0,630–0,680</i>	<i>30 m</i>
<i>5</i>	<i>0,845–0,885</i>	<i>30 m</i>
<i>6</i>	<i>1.560–1.660</i>	<i>30 m</i>
<i>sept</i>	<i>2.100–2.300</i>	<i>30 m</i>
<i>8</i>	<i>0,500 à 0,680</i>	<i>15 m</i>
<i>9</i>	<i>1.360–1.390</i>	<i>30 m</i>
<i>dix</i>	<i>10.6-11.2</i>	<i>100 m</i>
<i>11</i>	<i>11,5-12,5</i>	<i>100 m</i>

Sur ses 11 bandes, seules celles dans les très courtes longueurs d'onde (bandes 1–4 et 8) détectent la lumière visible - toutes les autres sont dans des parties du spectre que nous ne pouvons pas voir. La vue en couleurs vraies de Landsat représente moins de la moitié de ce qu'elle voit. Pour comprendre la valeur de toutes les bandes, regardons-les tour à tour:

Le groupe 1 ressent les bleus profonds et les violettes. La lumière bleue est difficile à collecter depuis l'espace car elle est facilement dispersée par de minuscules morceaux de poussière et d'eau dans l'air, et même par les molécules d'air elles-mêmes. C'est une des raisons pour lesquelles des choses très lointaines (comme des montagnes à l'horizon) apparaissent bleuâtres et

pourquoi le ciel est bleu. Tout comme nous voyons beaucoup de bleu brumeux lorsque nous regardons l'espace par une journée ensoleillée, Landsat 8 voit le ciel en dessous lorsqu'il nous regarde du même air. Cette partie du spectre est difficile à collecter avec suffisamment de sensibilité pour être utile, et la bande 1 est le seul instrument du genre à produire des données ouvertes à cette résolution - l'une des nombreuses choses qui rendent ce satellite spécial. On l'appelle également la bande côtière / aérosol, après ses deux utilisations principales: imager de l'eau peu profonde et suivre de fines particules comme la poussière et la fumée. En soi, sa sortie ressemble beaucoup à celle de la bande 2 (bleu normal), mais si nous les contrastons et mettons en évidence les zones avec un bleu plus profond, nous pouvons voir des différences.

Les bandes 2, 3 et 4 sont visibles en bleu, vert et rouge. Mais pendant que nous les revisitons, prenons une section de référence de Los Angeles, avec une gamme de différentes utilisations des terres, pour comparer avec d'autres groupes

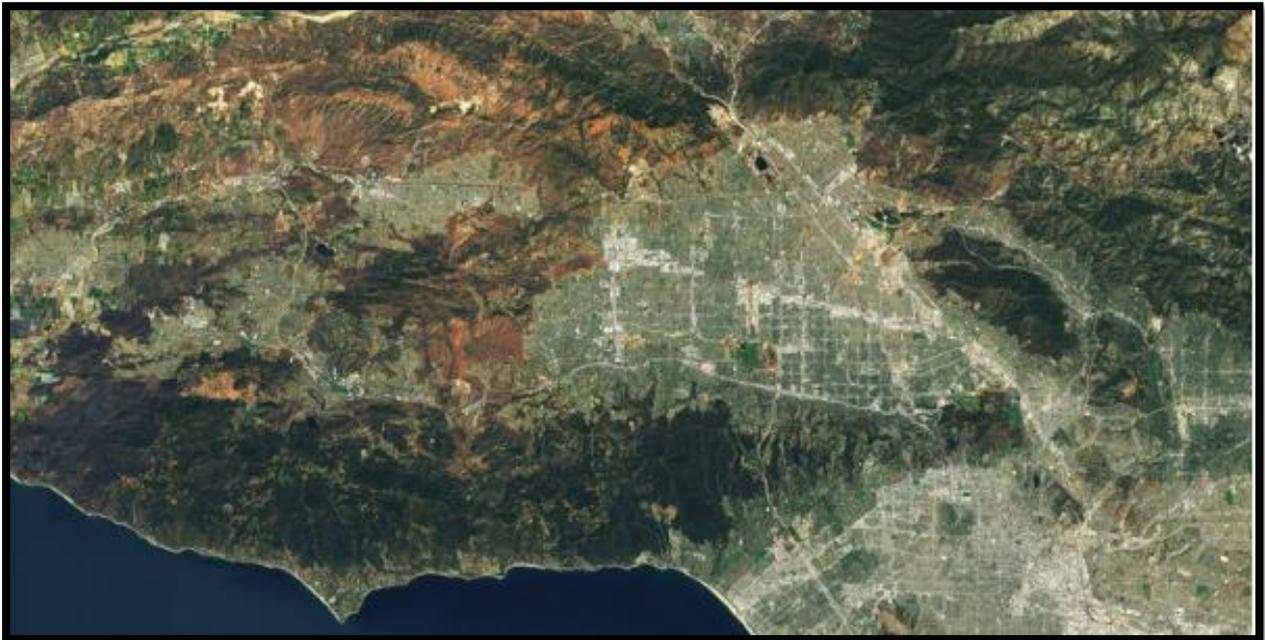


Figure 03.5. Composition de l'image par les bandes 2,3,4

La bande 5 mesure le proche infrarouge, ou NIR. Cette partie du spectre est particulièrement importante pour l'écologie car les plantes saines en sont le reflet - l'eau dans leurs feuilles disperse les longueurs d'onde dans le ciel. En le comparant à d'autres bandes, nous obtenons des indices comme NDVI, qui nous permettent de mesurer la santé des plantes plus précisément que si nous ne regardions que la verdure visible.

Les bandes 6 et 7 couvrent différentes tranches de l'infrarouge à ondes courtes, ou SWIR. Ils sont particulièrement utiles pour distinguer la terre humide de la terre sèche et pour la géologie: les roches et les sols qui se ressemblent dans d'autres bandes ont souvent de forts contrastes dans SWIR. Faisons une image en fausses couleurs en utilisant SWIR comme rouge, NIR comme vert et bleu profond comme bleu (techniquement, une image 7-5-1).



Figure 04.5. Composition de l'image par les bandes 7.5.1

La bande 8 est la bande panchromatique - ou simplement pan. Il fonctionne exactement comme un film noir et blanc: au lieu de collecter séparément les couleurs visibles, il les combine en un seul canal. Parce que ce capteur peut voir plus de lumière à la fois, c'est la plus nette de toutes les bandes, avec une résolution de 15 mètres (50 pieds). Zoomons sur Malibu à l'échelle 1: 1 dans la bande panoramique La version couleur semble floue car ces capteurs ne peuvent pas voir les détails de cette taille. Mais si nous combinons les informations de couleur qu'elles fournissent avec les détails de la bande de panoramique - un processus appelé affûtage de panoramique - nous obtenons quelque chose à la fois coloré et net.

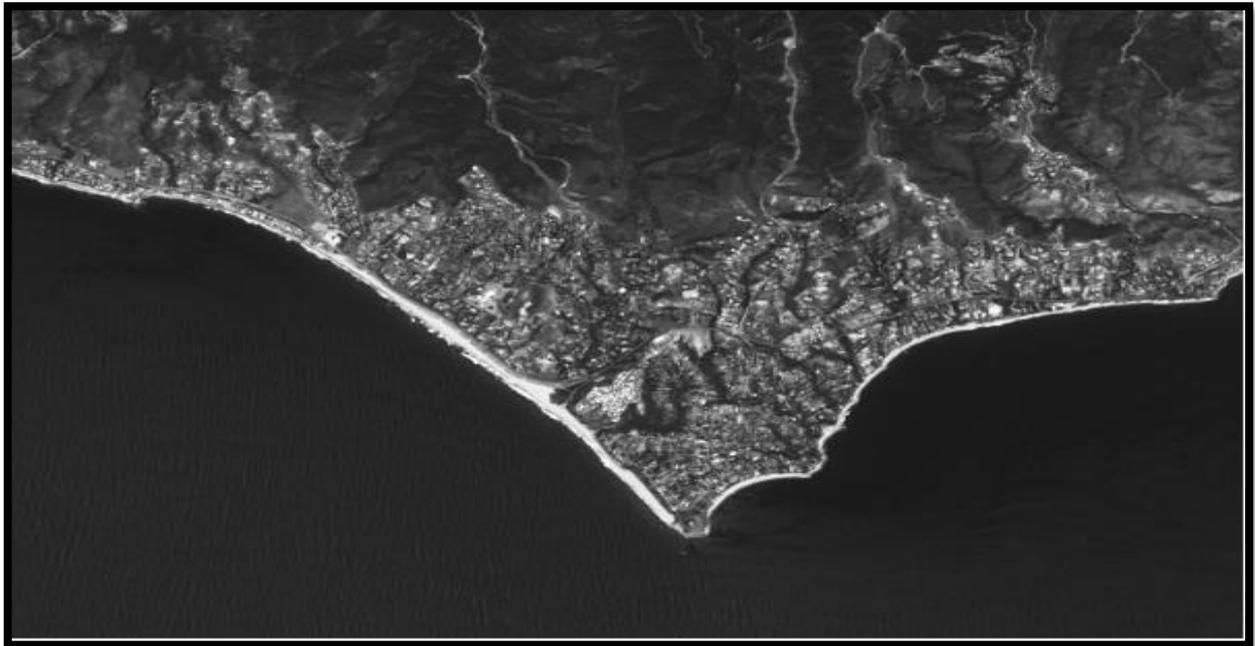


Figure 05.5. Image gray scale (noir et blanc)

La bande 9 montre le moins, mais c'est l'une des caractéristiques les plus intéressantes de Landsat 8. Elle couvre une très fine tranche de longueurs d'onde: seulement 1370 ± 10 nanomètres. Peu d'instruments spatiaux collectent cette partie du spectre, car l'atmosphère en absorbe la quasi-totalité. Landsat 8 en fait un avantage. Précisément parce que le sol est à peine visible dans cette bande, tout ce qui y apparaît clairement doit se refléter très brillamment et / ou être au-dessus de la plupart de l'atmosphère. Voici le groupe 9 pour cette scène.

La bande 9 est juste pour les nuages! Ici, il ramasse des cumulus moelleux, mais il est spécialement conçu pour les cirrus - des «prêles» hautes et vaporeuses. Les cirrus sont un véritable casse-tête pour l'imagerie satellite, car leurs bords souples les rendent difficiles à repérer, et une image prise à travers eux peut contenir des mesures qui sont fausses de quelques pour cent sans aucune explication évidente. La bande 9 facilite leur prise en compte.

Les bandes 10 et 11 sont dans l'infrarouge thermique, ou TIR - elles voient la chaleur. Au lieu de mesurer la température de l'air, comme le font les stations météorologiques, elles se rapportent au sol lui-même, qui est souvent beaucoup plus chaud.

Il y a quelques années, une étude a révélé des températures de surface du désert supérieures à $70 \text{ }^\circ \text{C}$ ($159 \text{ }^\circ \text{F}$) - suffisamment chaudes pour faire frire un œuf. Heureusement, L'est relativement tempérée dans cette scène

Les bandes peuvent être combinées de différentes manières pour révéler différentes caractéristiques du paysage. Faisons une autre image en fausses couleurs en utilisant cette bande TIR pour le rouge, une bande SWIR pour le vert et la bande verte naturelle pour le bleu (une image 10-7-3):

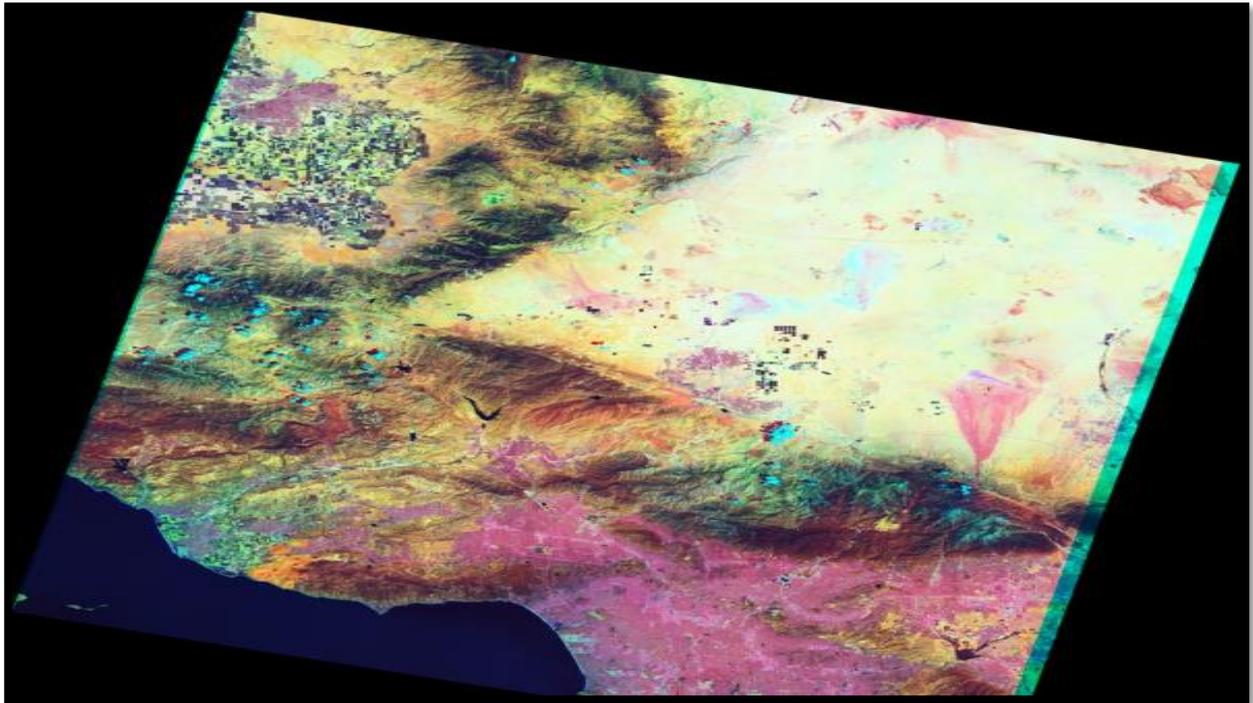


Figure 06.5. Composition de l'image par les bandes 10.7.3

La Combinaison utiliser pour la géologie (pour notre étude) est par les bandes 7.6.2

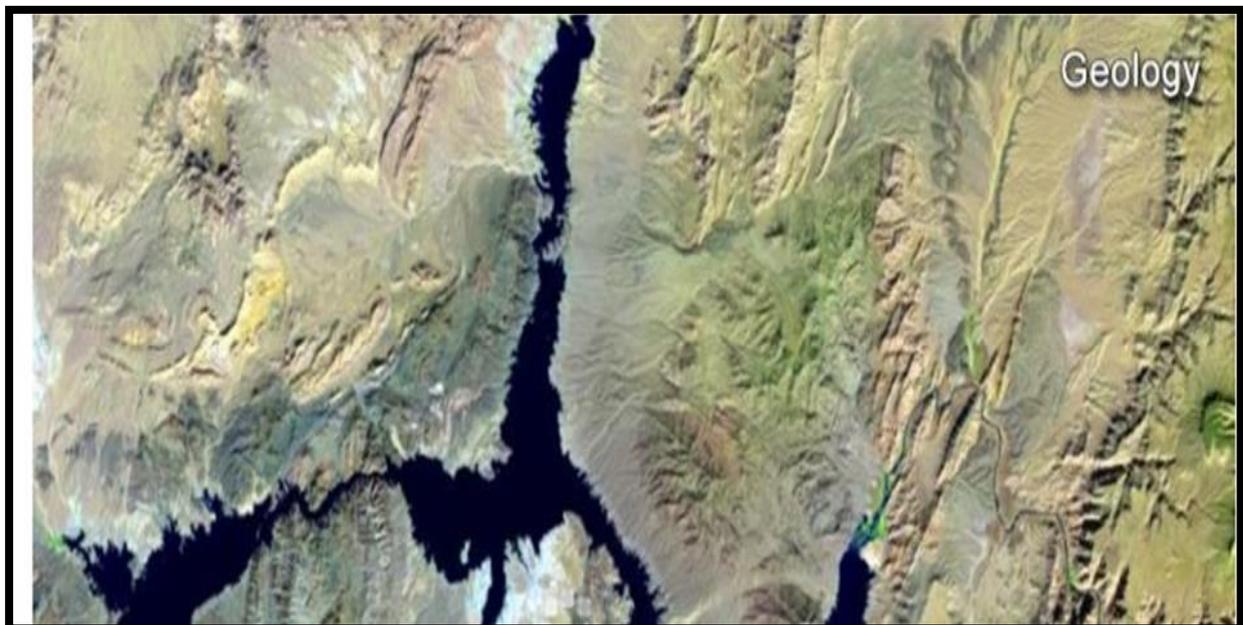


Figure 07.5. Composition de l'image par les bandes 7.6.2

L'image satellitaire LANDSAT8 sera ensuite décompressée en 11 bandes comme c'est expliquée ci-dessus pour quelle sera importé par des plusieurs Logiciels.

5.5.2. TRAITEMENT DE L'IMAGE SATELLITAIRE

5.5.2.1. METHODE 1 : COMPOSITION COLOREE 7.6.2 (RGB COLOR)

5.5.2.1.1. LE LOGICIEL ENVI

ENVI est un logiciel complet de traitement d'images de télédétection, optiques et radar. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques et radiométriques, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. D'autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles. Le logiciel ENVI est conçu en langage IDL (Interactive Data Language) et offre donc des moyens de programmation évoluée. Il a été conçu et développé par ITT Visual Information Solutions.

ENVI permet d'extraire rapidement l'information pertinente des images géospaciales. L'ensemble de ses outils et modules spécialisés permettent de lire, explorer, analyser les données et de partager l'information. Avec une interface Windows, il est facile d'utilisation.

Le logiciel ENVI offre des fonctionnalités des systèmes de traitements interactifs de données numériques géocodées (données satellitaires, images numérisées, cartes digitalisées,...). Avec ses options, Envi propose un environnement de traitement, d'archivage et de consultation d'images sur PC et de nombreuses fonctions de transformation pour SIG. Des programmes de liaison Import-Export permettent l'intégration des données avec d'autres logiciels fondamentaux de SIG, CAO, DAO.

Pour notre étude on utilise la version 5.3



Figure 08.5. Fenêtre principales de ENVI Classic

5.5.2.1.1.1. OUVERTURE D'IMAGE

- ✓ Dans le menu principal cliquez sur File →Open image file
- ✓ Naviguez jusqu'au fichier
- ✓ Cliquer sur ouvrir

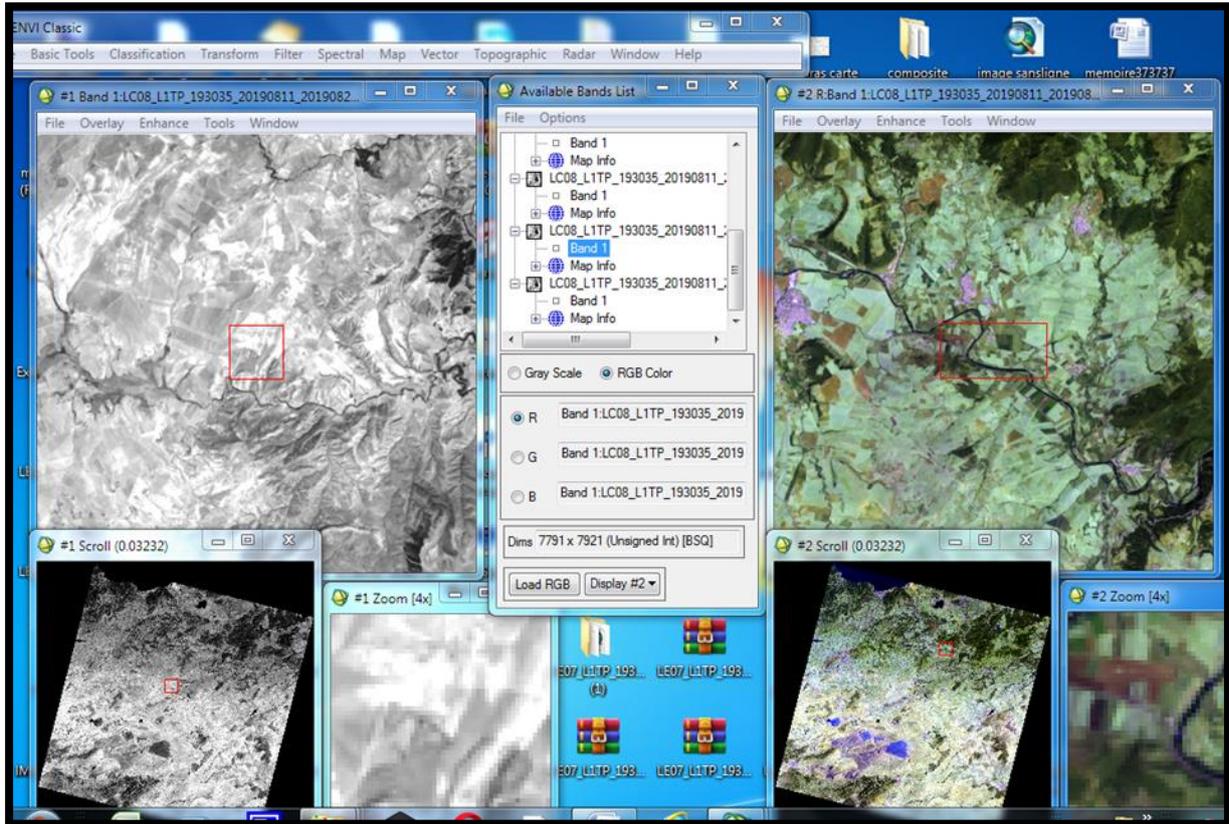


Figure 09.5. Ouverture, affichage de l'image en mode GrayScale (display 1) en RGB (display 2)

Deux modes de visualisation de l'image sont disponibles : GrayScale (échelle de gris) et RGB (rouge, vert et bleu). L'image résultante de ce dernier mode d'affichage est dite composition colorée ou image en fausse couleur du fait que les bandes disponibles ne correspondent pas réellement aux couleurs primaires.

Trois fenêtres s'ouvrent : la fenêtre principale Display, le Scroll et le Zoom.

Le carré rouge sur la fenêtre Scroll permet de délimiter la zone géographique qui s'affichera sur la fenêtre Display ; et le carré rouge dans la fenêtre Display permet de délimiter la zone géographique qui s'affichera sur la fenêtre Zoom.

Le mode de visualisation en niveaux de gris n'affiche qu'une seule bande. Le niveau de gris varie entre 0 et 255. 0 correspond au noir et 255 au blanc. Plus le pixel est sombre, plus sa réflectance est faible.

5.5.2.1.1.2. REGROUPEMENT DES BANDES

Après l’ouverture de LENVI classique 7des 11 bandes de l’image téléchargée ont été importées comme le montre la capture ci-dessus

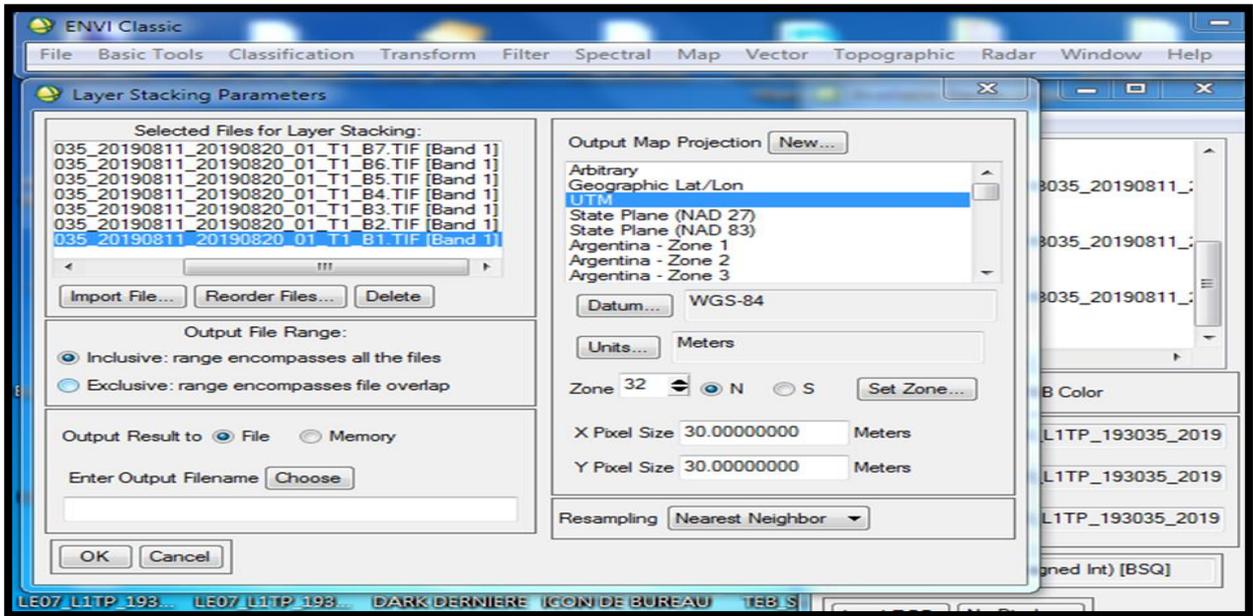


Figure 10.5. Créer layer stacking

On utilise layer stacking pour rassembler les bandes pour faciliter le traitement

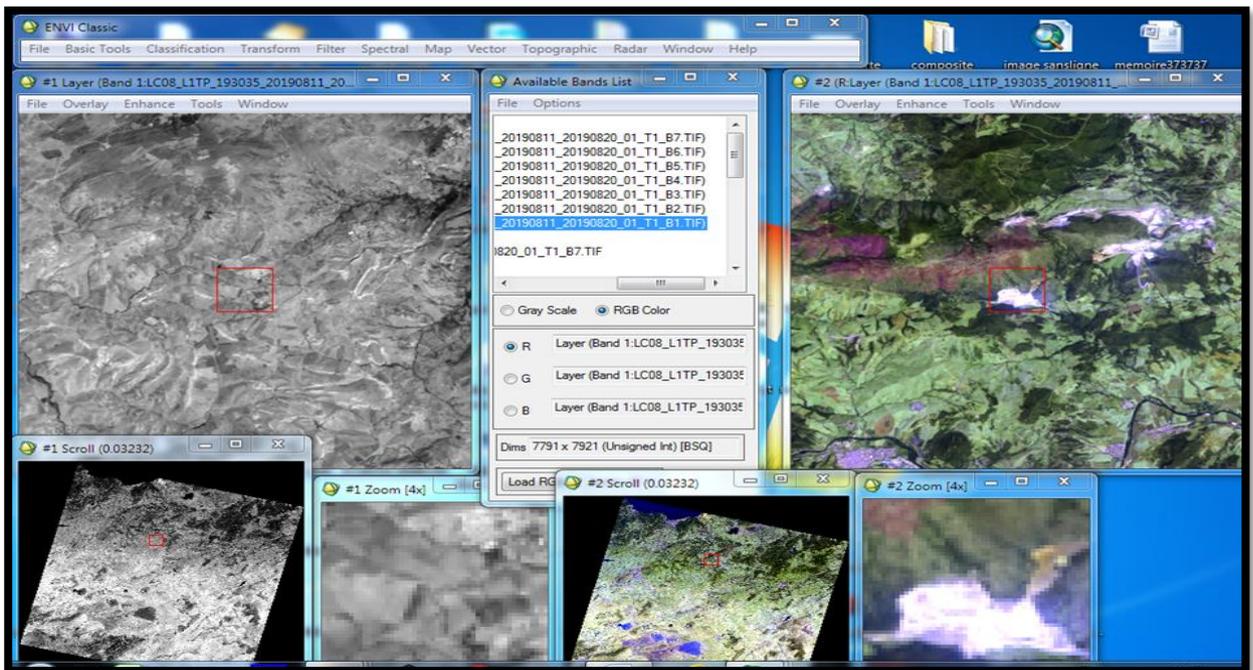


Figure 11.5.résultats et affichage du layer stacking en gris (D1) en RGB(D2)

5.5.2.1.1.3. DECOUPAGE DE L'IMAGE

L'image est assez grande ce qui nous a obligé à découper la zone d'étude à l'aide de Resize Data de bande classique d'ENVI en vérifiant avec CURSOR LOCATION

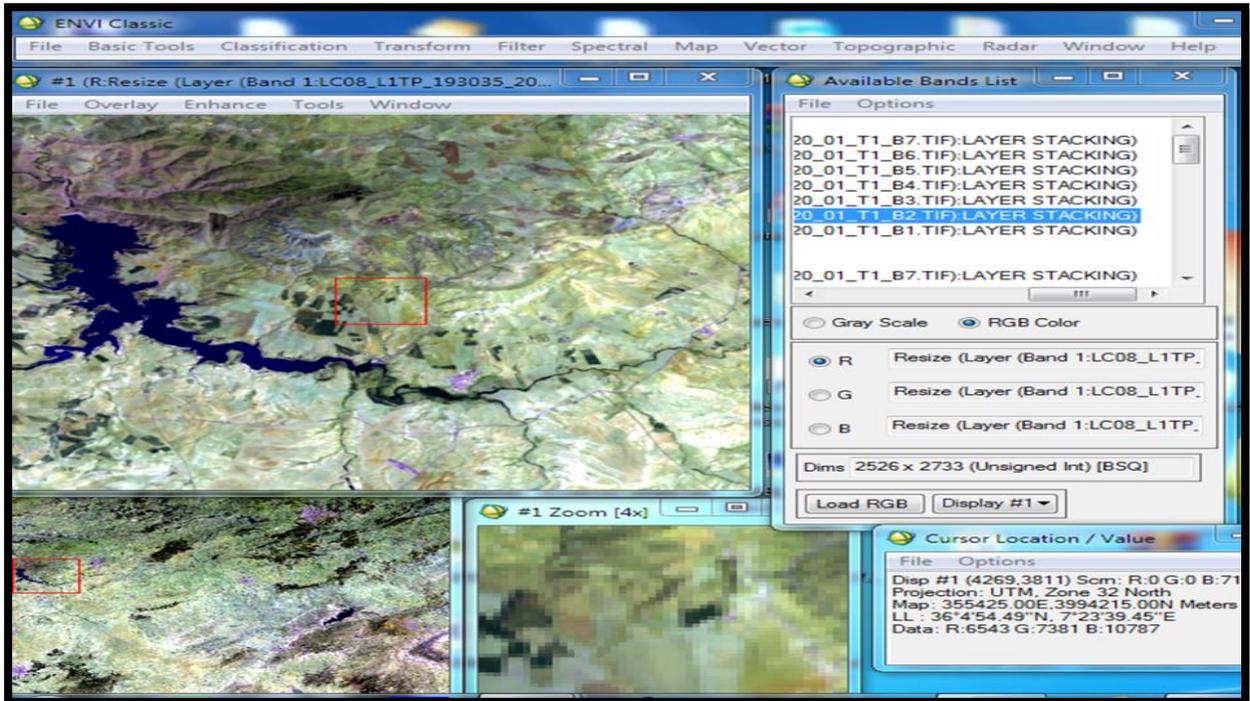


Figure 12.5. Découpage de l'image (redimensionner)

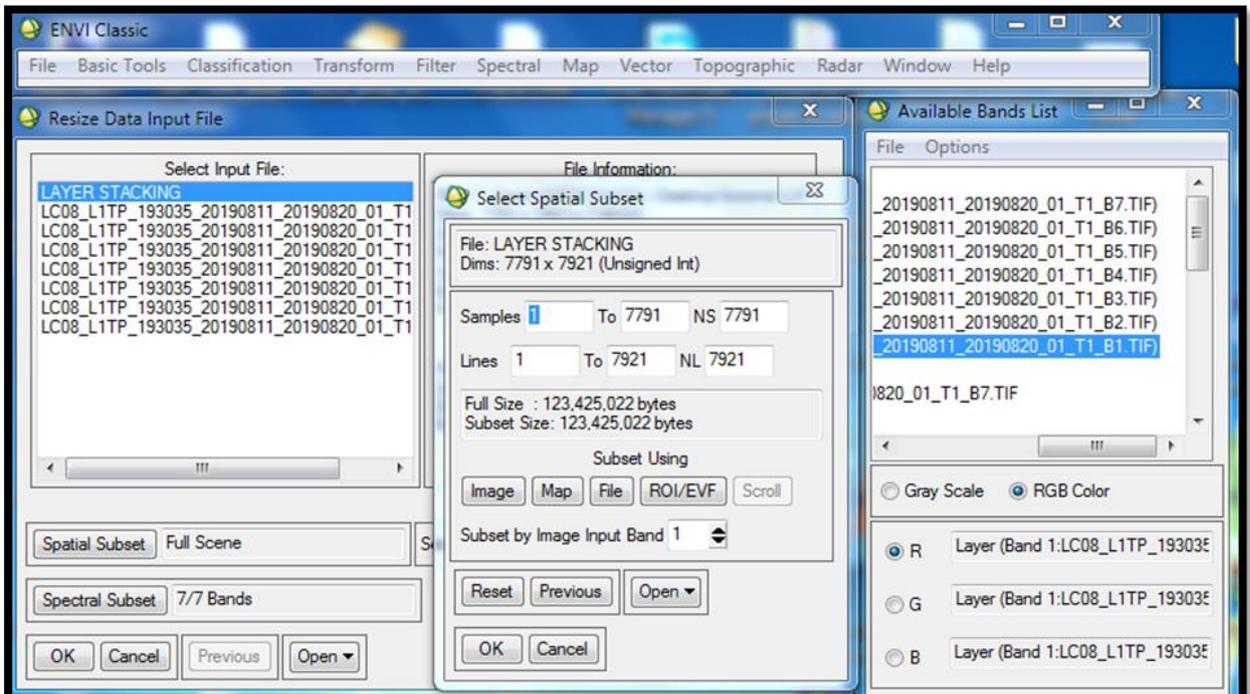


Figure 13.5. Région de Souk-Ahras après coupure de l'image en RGB

Et en vérifie notre découpage en faisant une projection de ENVI LOCATION sur Google earth le résultat positive est visible dans la capture ci-dessous

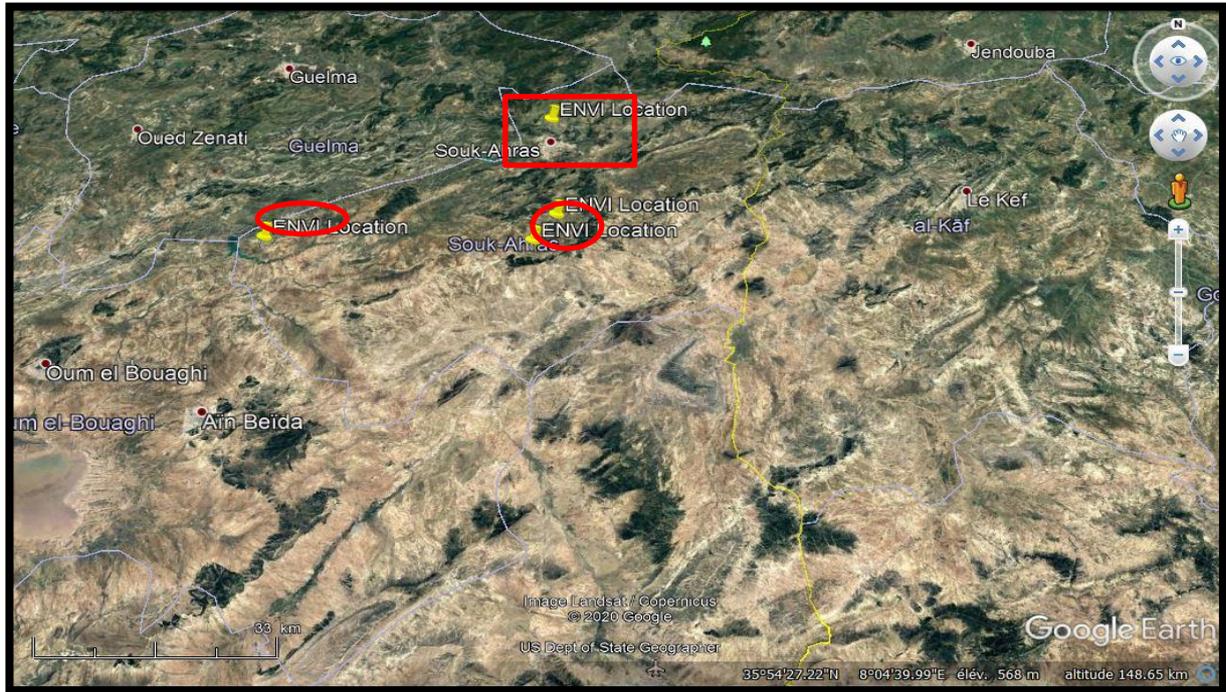


Figure 14.5. Projection de ENVI LOCATION sur Google earth

5.5.2.1.1.4. REALISER UNE CARTE

Parmi les options de Envi Classic ce qu'on peut réaliser un plan rapidement à partir d'une image satellite ce qu'on fait avec la carte de Souk-Ahras dans la capture suivante :

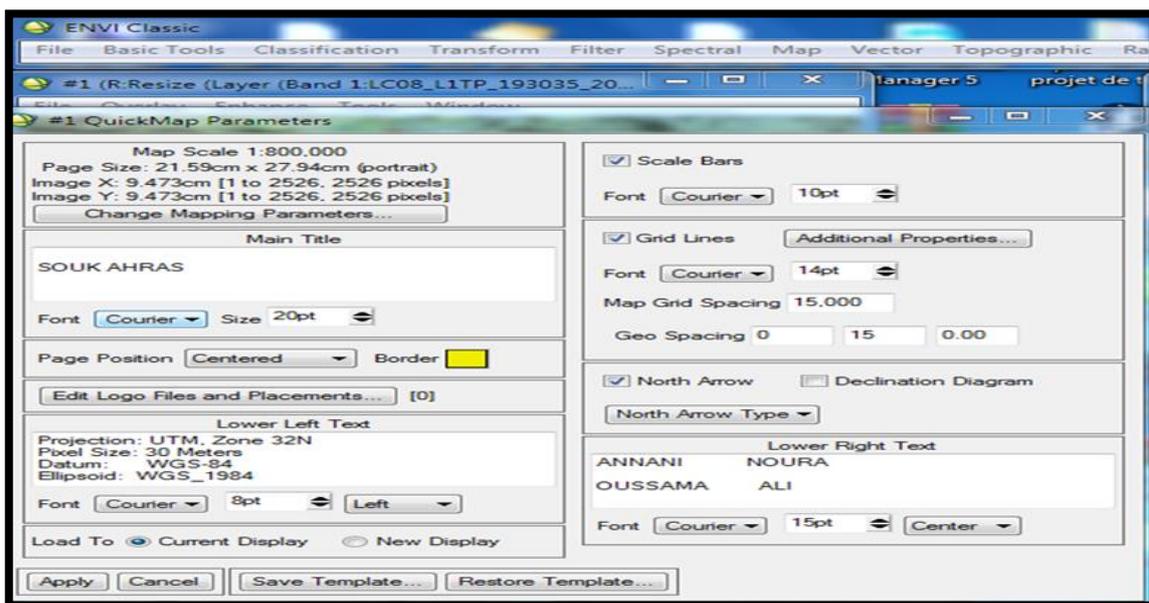


Figure 15.5. Créer QUICKMAP

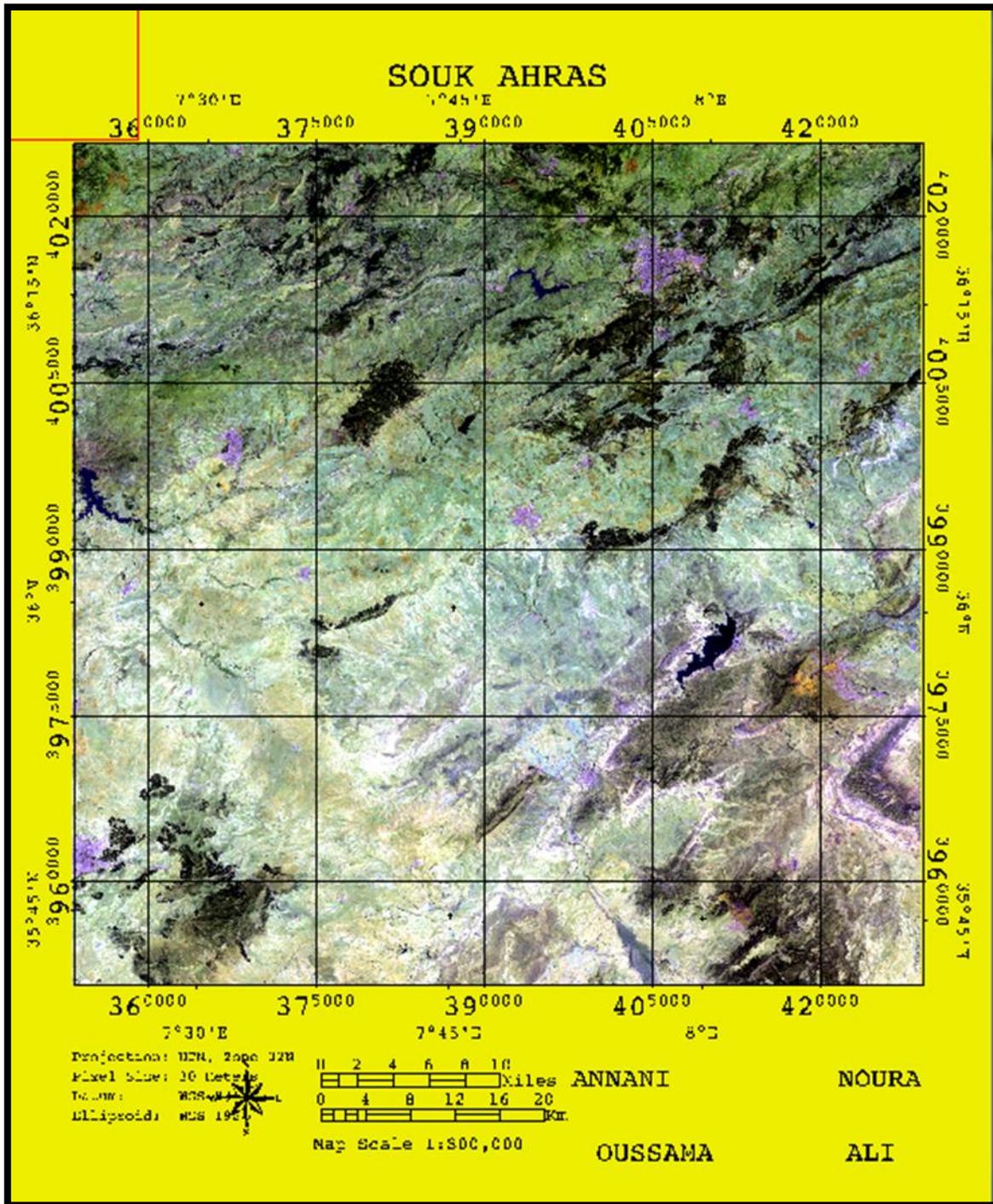


Figure 16.5. Carte de Souk-Ahras

Note : ce type de carte peut être utilisé pour améliorer le zoom au niveau des gris

5.5.2.1.1.5. PRE-TRAITEMENT

On appelle fonctions de pré-traitement les opérations qui sont normalement requises avant l'analyse principale et l'extraction de l'information.

Les opérations de pré-traitement se divisent en deux :

- Les corrections radiométriques comprennent entre autres, la correction des données à cause des irrégularités du capteur, des bruits dus au capteur ou à l'atmosphère, et de la conversion des données afin qu'elles puissent représenter précisément le rayonnement réfléchi ou émis mesuré par le capteur.
- Les corrections géométriques comprennent la correction pour les distorsions géométriques dues aux variations de la géométrie Terre-capteur, et la transformation des données en vraies coordonnées (par ex en latitude et longitude) sur la surface de la Terre

Les figures suivantes montrent respectivement la calibration radiométrique et dark subtraction :

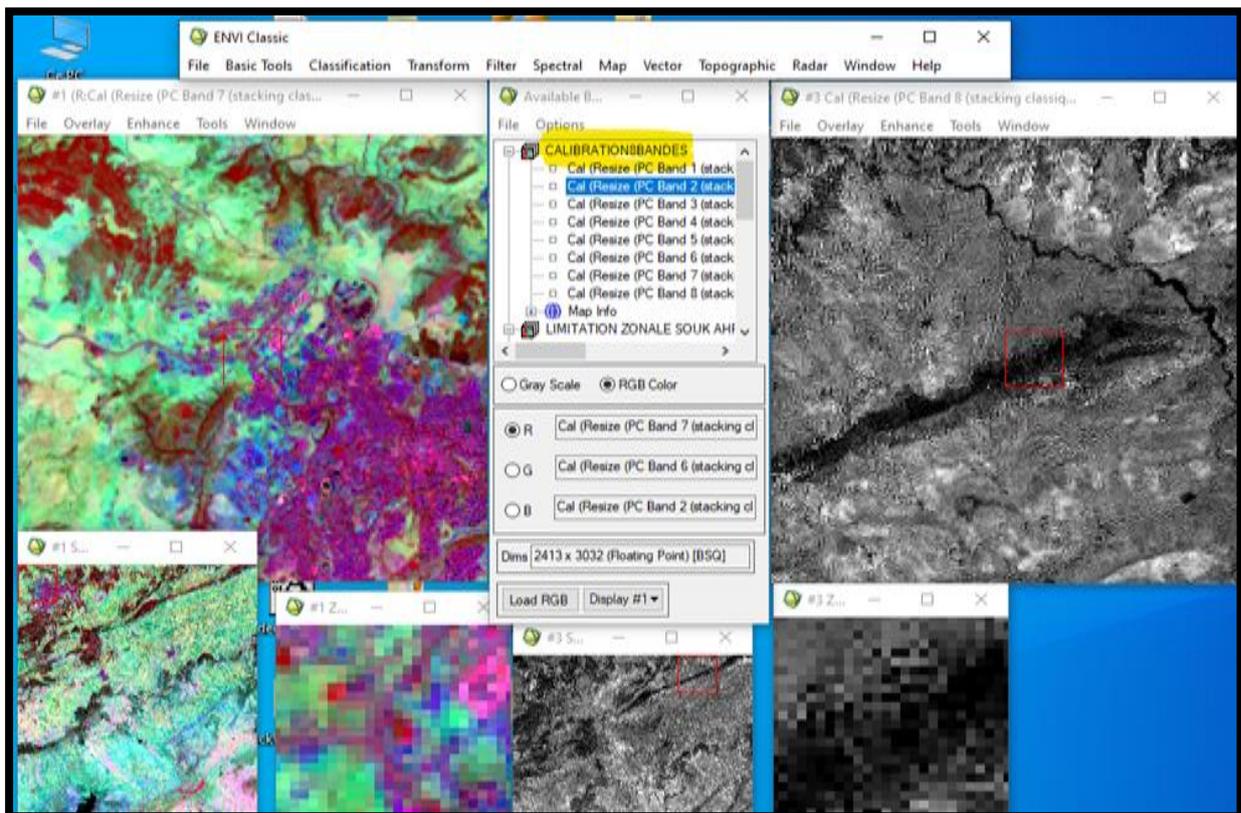


Figure 17.5. Calibration radiométrique

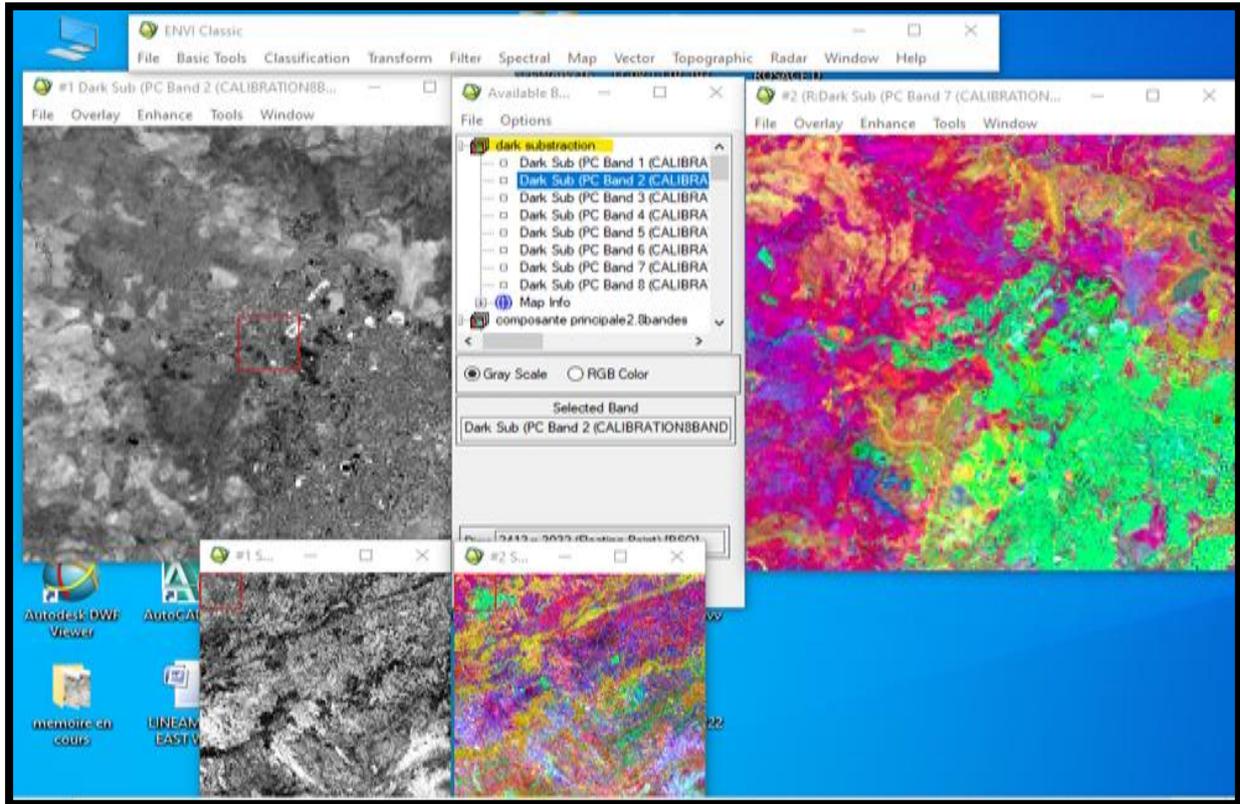


Figure 18.5. Dark subtraction

Les transformations d'images sont des opérations similaires à ceux de rehaussement de l'image. Cependant, alors que le rehaussement de l'image qui est normalement appliqué à une seule bande de données à la fois, la transformation de l'image combine le traitement des données de plusieurs bandes spectrales. Des opérations arithmétiques (c'est-à-dire addition, soustraction, multiplication, division) sont faites pour combiner et transformer les bandes originales en de "nouvelles" images qui montrent plus clairement certains éléments de la scène. Nous allons examiner certaines de ces opérations incluant les diverses méthodes de rapport de bande aussi appelé rapport spectral et un procédé appelé analyse des composantes principales qui est utilisée pour mieux représenter l'information en imagerie multi spectrale Ce qu'on fait dans la capture suivante (analyse de la composante principale)

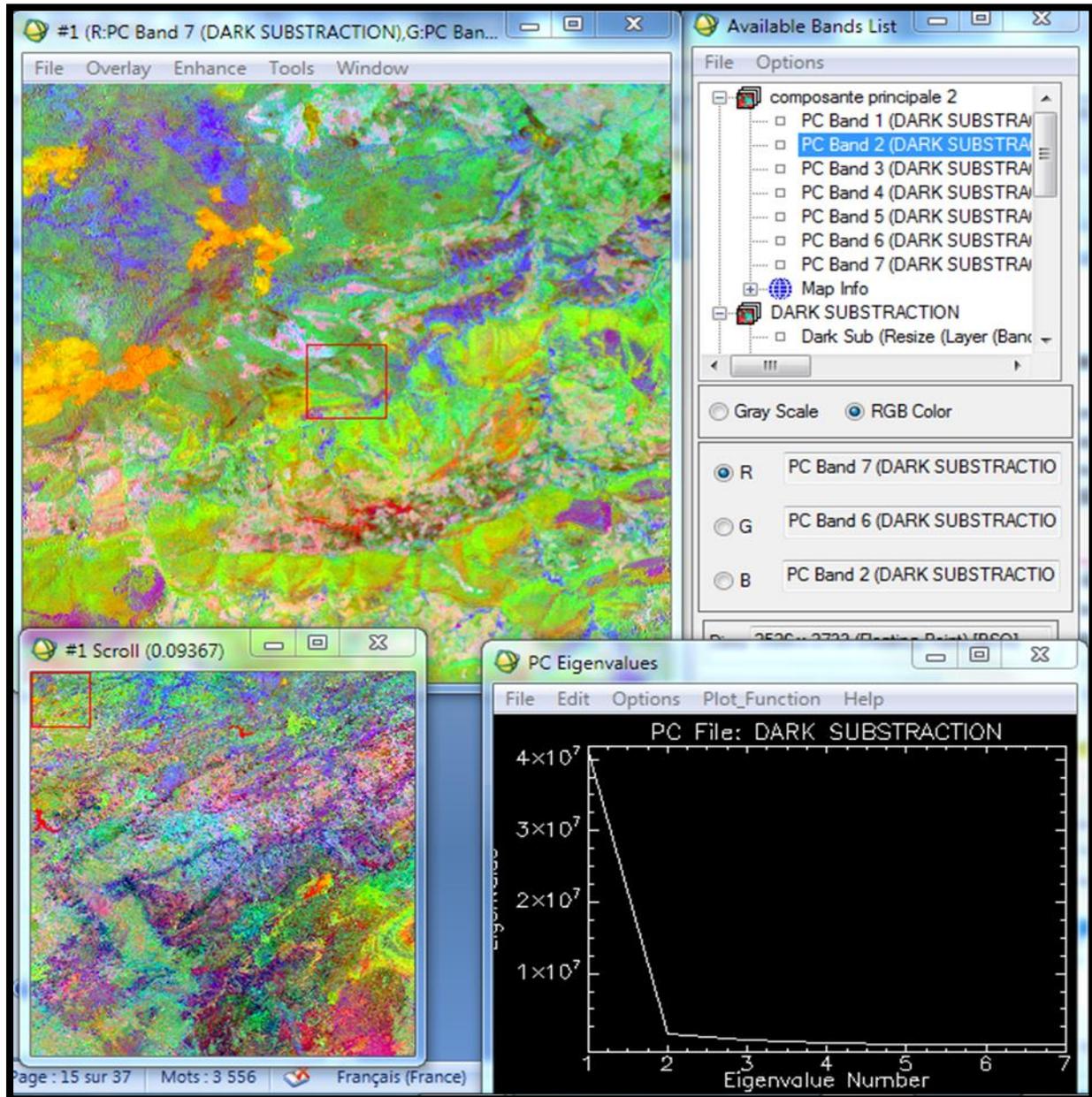


Figure 19.5. Analyse de la composante principale

5.5.2.1.1.6. REHAUSSEMENT DE L'IMAGE

Les fonctions de rehaussement ont pour but d'améliorer l'apparence de l'imagerie pour aider l'interprétation et l'analyse visuelles. Les fonctions de rehaussement permettent l'étirement des contrastes pour augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène, et le filtrage spatial pour rehausser (ou éliminer) les patrons spatiaux spécifiques sur une image.

Les filtres directionnels ou les filtres détectant les contours sont utilisés pour rehausser les caractéristiques linéaires d'une image comme les routes ou les limites des champs. Ces filtres peuvent aussi être conçus pour rehausser des caractéristiques ayant une certaine orientation dans l'image. Ces filtres ont de nombreuses applications en géologie pour la détection de structures géologiques linéaires

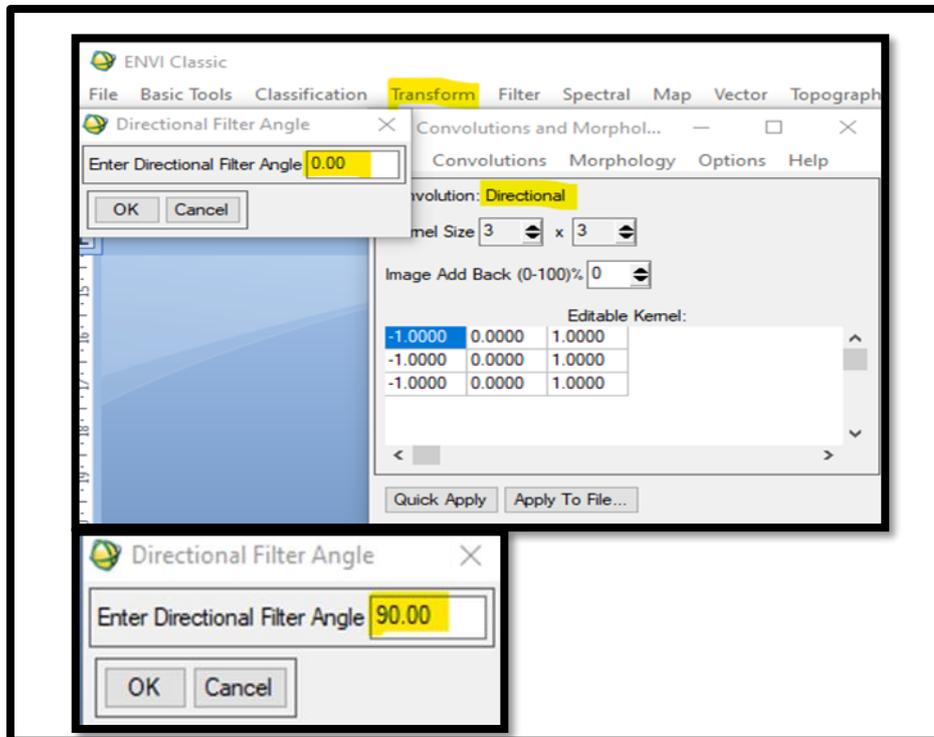


Figure 20.5. Filtre directionnels de 00 et 90 degré

On utilise ces filtres pour deux directions donc deux angles 00 (nord) et 90 (est) puisque après test on remarque que l'angle 180(sud) et l'angle 270 (ouest) ont donné respectivement les mêmes résultats que les résultats d'angles précédents.

La capture suivante montre les linéaments résultants de ces deux filtres sont visibles a l'œil nu que ça soit pour (RGB COLOR) ou a utilisé la composition 7.6.2 (la plus utilisée dans le domaine géologique) ou pour (gray scale) ou ont utilisé la bande8qui a une grande résolution avec une longueur de pixel de 15mètres.

Remarque les linéaments sont en rouge encerclés par le jaune dans les deux captures.

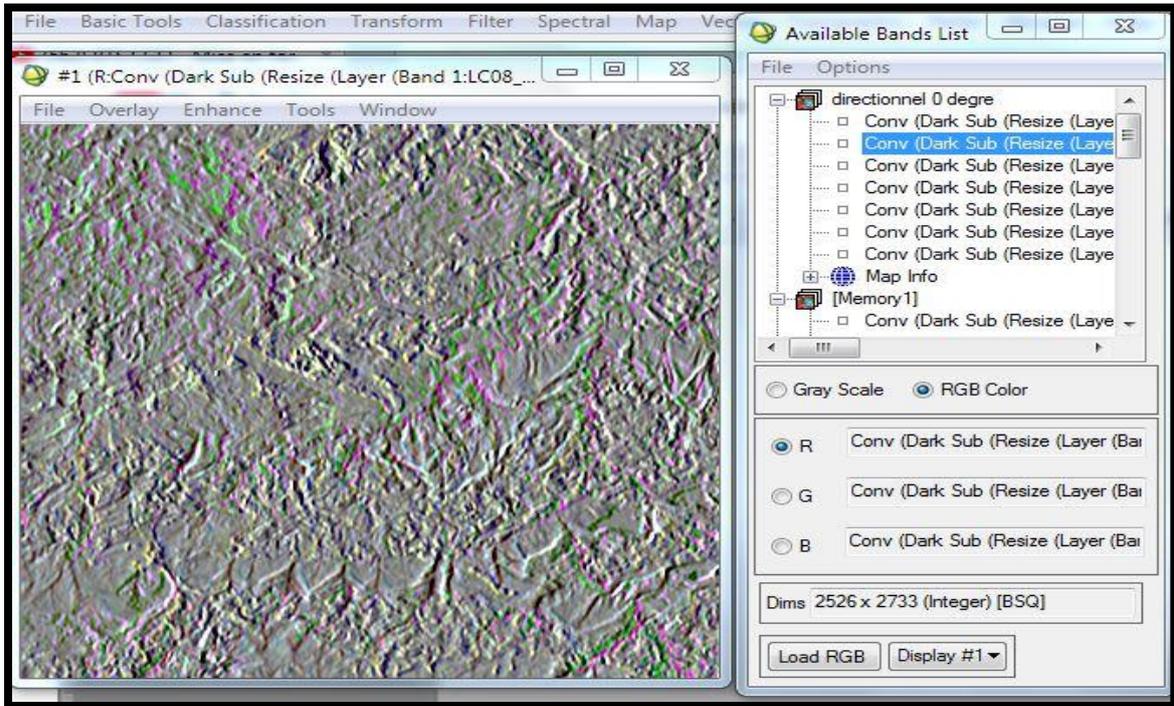


Figure 21.5. Filtre directionnel 00degré

On pense que vu la visibilité des linéaments a cette étape aucun autre traitement est nécessaire et on peut passer à l'étape de l'extraction automatique des linéaments.

5.5.2.1.2. LE LOGICIEL GEOMATICA

Pci Géomatica focus est l'un des logiciels les plus interactifs sur le marché aujourd'hui pour travailler avec des données spatiales. Une force majeure de Focus est sa capacité à facilement voir et naviguer dans vos bases de données. Lorsque vous travaillez avec Focus, l'arborescence Google Maps affiche les zones, les couches et les segments affichés dans la zone de visualisation. Calques et segments apparaissant dans les cartes Focus Les arbres sont stockés dans la mémoire de votre système. Vous pouvez afficher ou masquer les éléments dans Maps en cliquant sur la case à cocher à gauche de l'élément souhaité. Vous pouvez également changer la priorité d'une couche en la faisant glisser vers le haut ou vers le bas dans l'arborescence Maps.

Le but est de faire visualisation des données aussi efficace que possible. Dans notre travail, nous avons utilisé Géomatica PCI pour tracer les linéaments à partir des cartes qui ont subi un traitement par filtrage directionnels Ces cartes linéamentaires seront ensuite traitées par le SIG et le rockworks

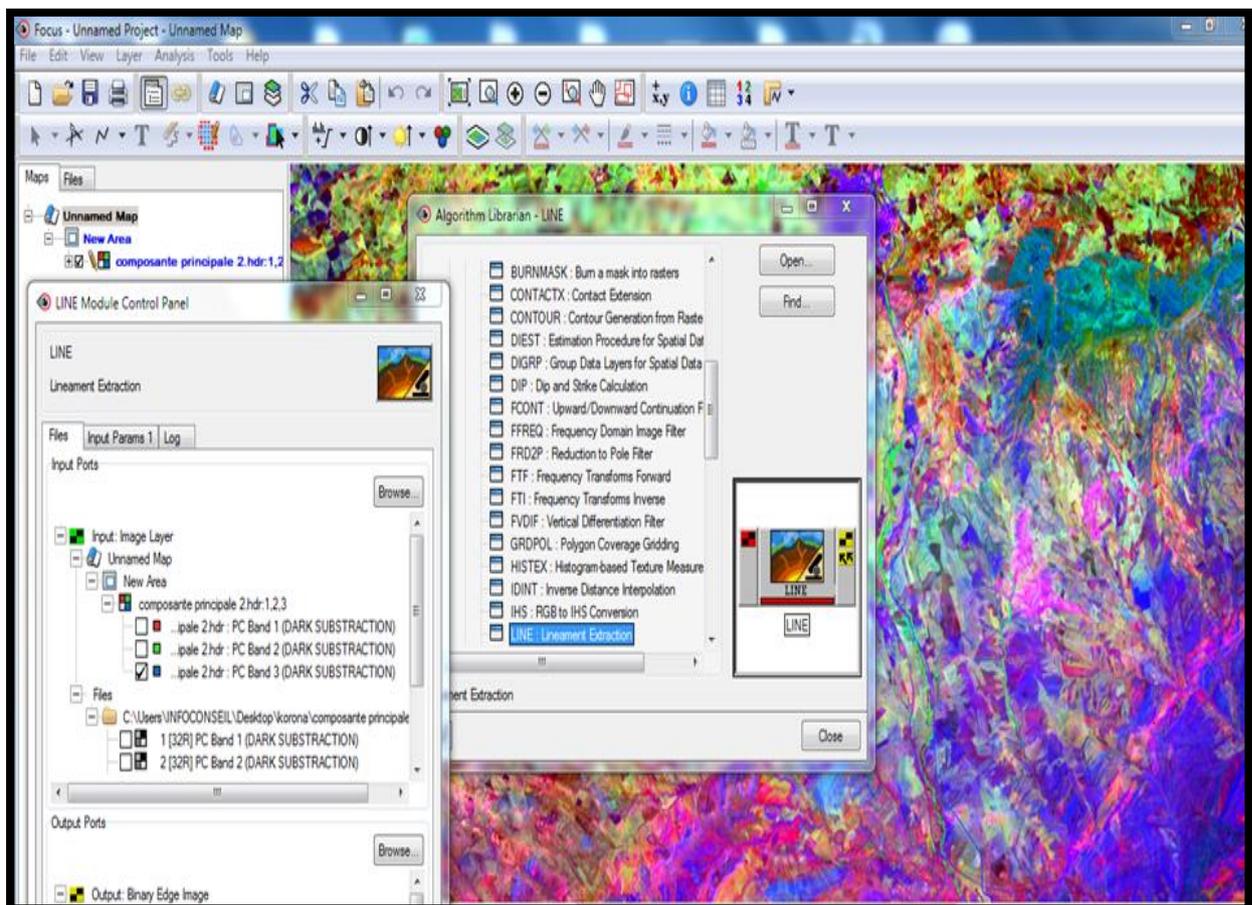


Figure 22.5. Extraction automatique par géomatica

On applique notre extraction sur la bande BLEU numéro 3

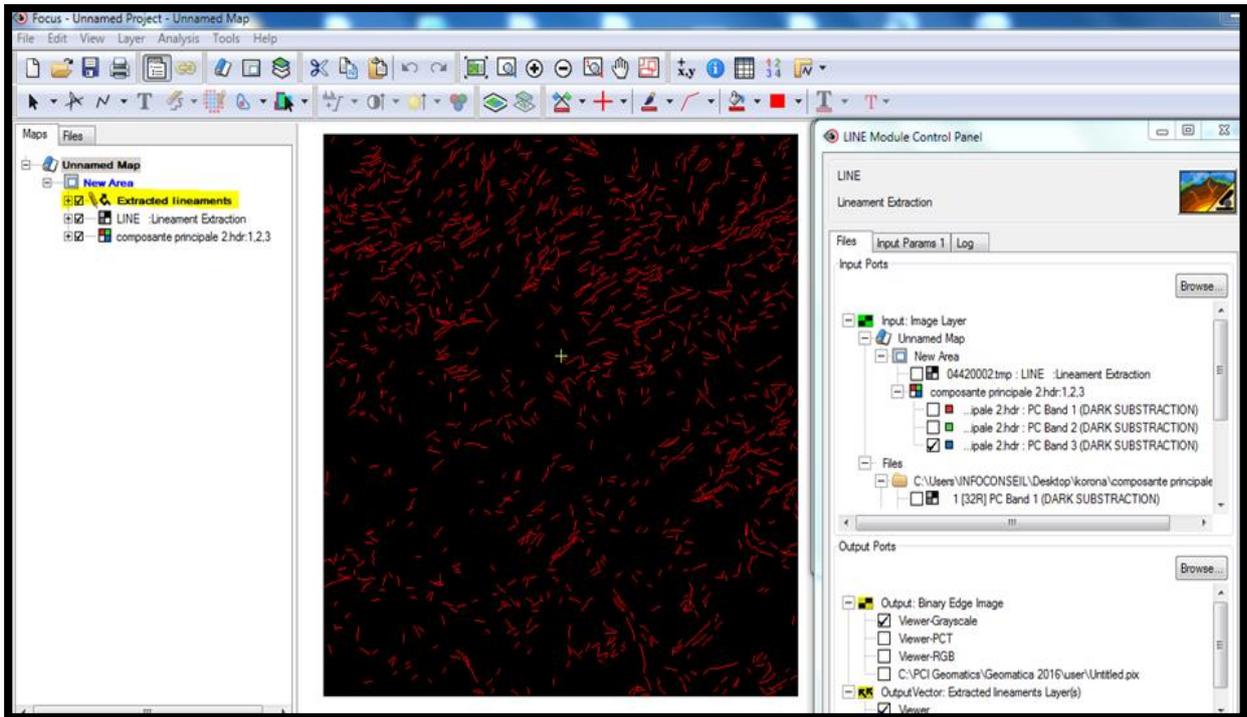


Figure 23.5. Résultat de l'extraction sur la bande 3

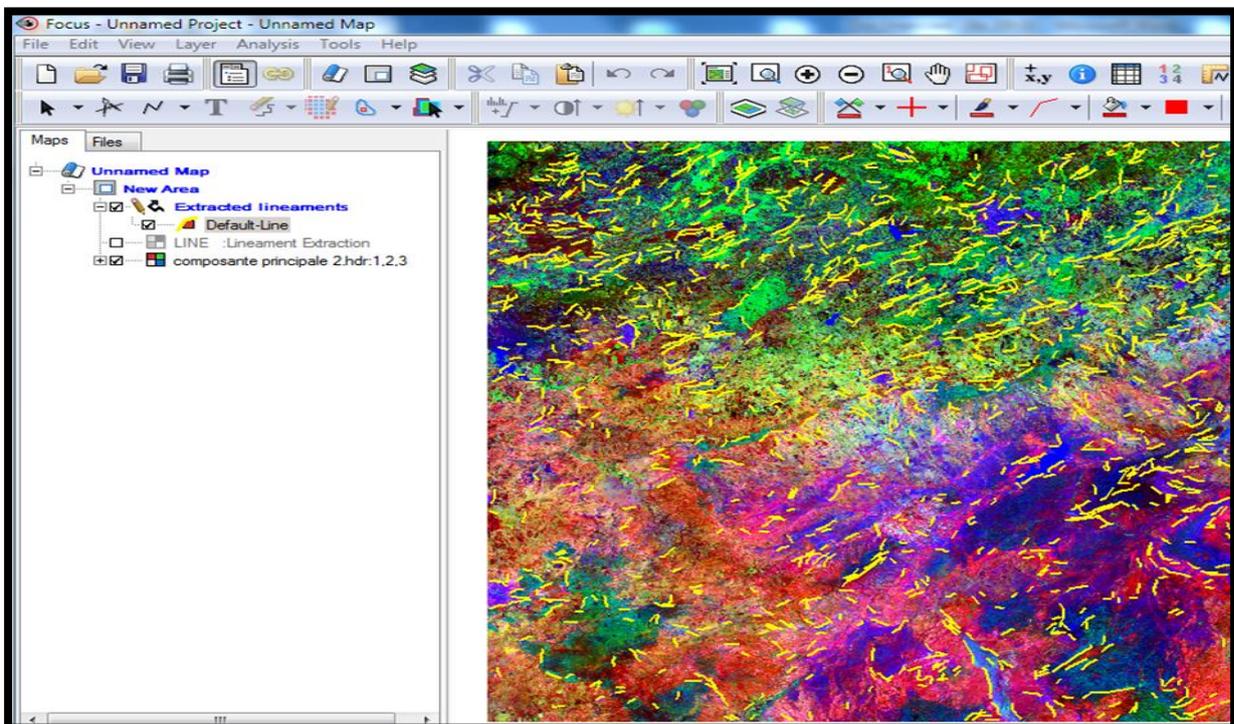


Figure 24.5. Répartition des linéaments après changement de couleur

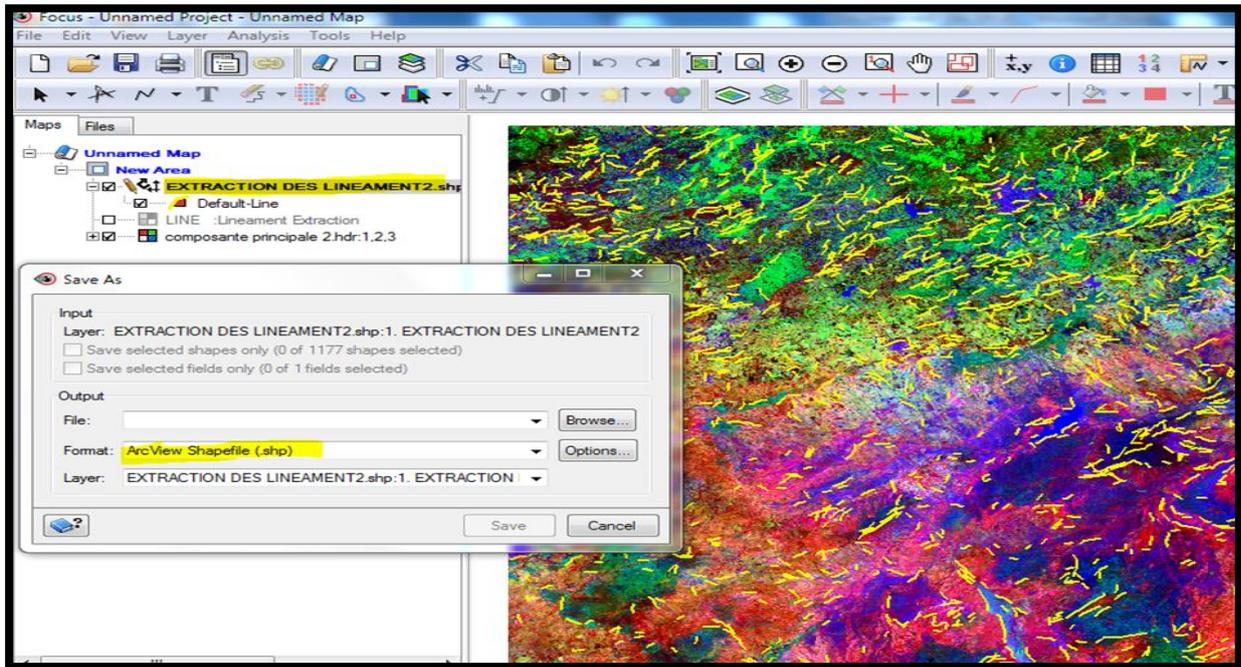


Figure 25.5. Enregistrement du fichier sous forme de Shape file

L'extraction sur les filtres a été rejeté vu le nombre très élevé des linéaments qui englobe en plus des linéaments géologiques les routes et les limites des terrains.....etc. ce qui va influencer négativement sur notre travail comme le montre la capture des linéaments extraits après filtrage

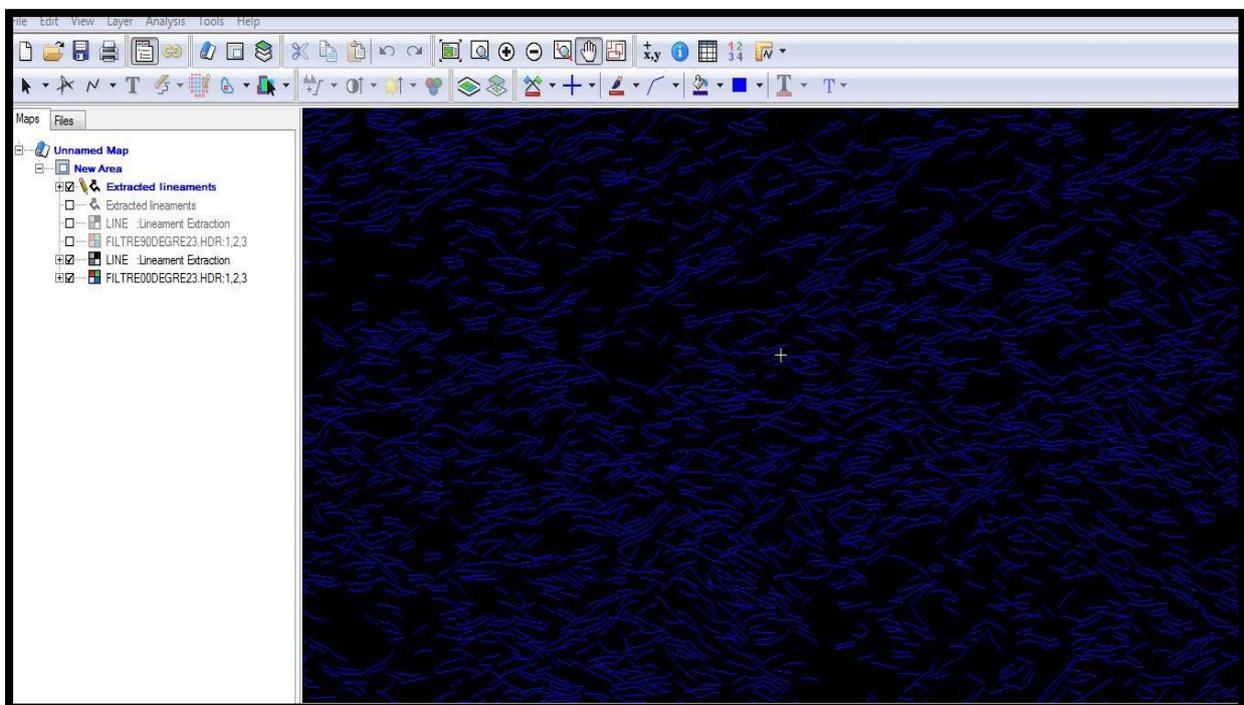


Figure 26.5.extraction linéaments 90 degré

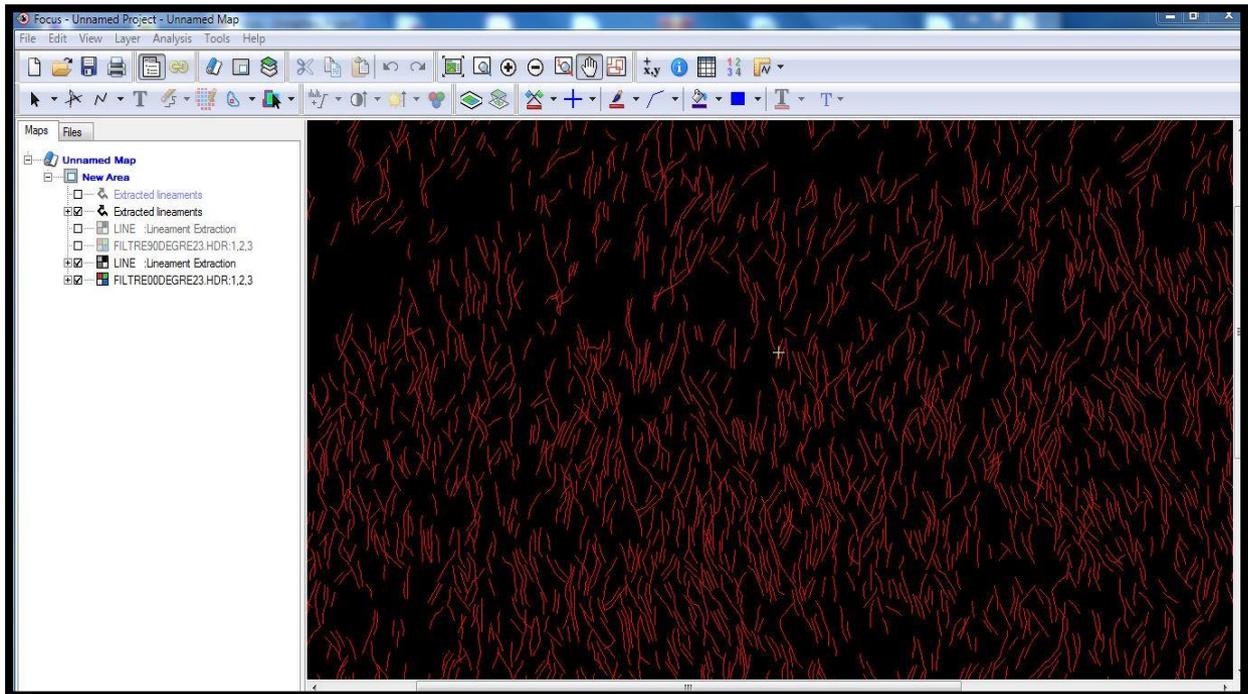


Figure 27.5. Extraction linéaments 00 degré

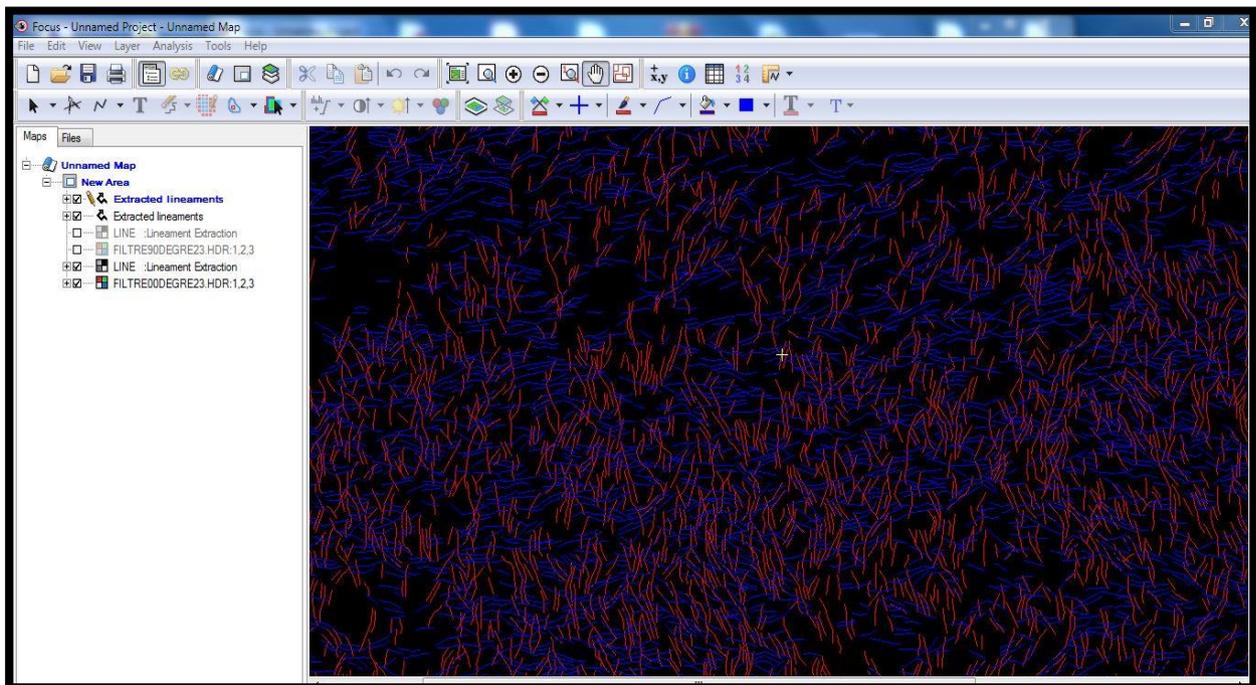


Figure 28.5. Extraction linéaments NS et EO

5.5.2.1.3. LE LOGICIEL ARC GIS

Arc GIS est le nom donné à un ensemble d'applications SIG, commercialisé par la société ESRI. Le BET utilisera plus spécifiquement l'application SIG bureautique Arc GIS Desktop, qui comprend principalement trois applications :

1. ArcCatalog, pour la gestion, la documentation et la navigation dans les bases de données (spatiales ou non).
2. ArcMap, pour afficher, cartographier, éditer, interroger et analyser des données géographiques.
3. ArcToolbox, pour les opérations de conversion (de projection, de format) et de géo traitement, En utilisant conjointement ces applications et ces interfaces, vous pouvez effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus sophistiquée, y compris la cartographie, l'analyse géographique, la gestion des données, la visualisation et le géo-traitement.

1. FENETRE CATALOGUE (ARC CATALOG)

ArcMap, ArcGlobe et ArcScene comprennent une fenêtre Catalogue utilisée pour classer et gérer différents types d'informations géographiques sous forme d'ensembles logiques : données, cartes et résultats de vos projets SIG actuels avec lesquels vous travaillez dans ArcGIS, par exemple. La fenêtre Catalogue fournit une arborescence des dossiers et géodatabases. Les dossiers permettent de classer vos documents et fichiers ArcGIS, les géodatabases de classer vos jeux de données SIG

2. LES MODES D'AFFICHAGE DANS ARCMAP

ArcMap affiche le contenu des cartes dans l'un des deux modes d'affichage disponibles

- Mode Données
- Mode Mise en page

Chaque mode vous permet d'afficher une carte et d'interagir avec elle de manière spécifique. En mode Données ArcMap, la carte correspond au bloc de données. En mode Données, le bloc de données actif est présenté comme une fenêtre géographique dans laquelle les couches de la carte sont affichées et utilisées. Dans un bloc de données, vous travaillez avec les informations SIG présentées à travers les couches de la carte à l'aide de coordonnées géographiques (monde réel). Il s'agit généralement de mesures au sol, exprimées en unités, tels que les pieds ou les mètres, ou de mesures de longitude et de latitude (telles que les degrés décimaux). Le mode Données masque tous les éléments cartographiques de mise en page (titres, flèches du Nord et barres d'échelle) et vous permet de vous concentrer sur le contenu d'un bloc de données distinct pour, notamment, modifier ou analyser ces informations.

3. ARCTOOLBOX

ArcToolbox est une boîte à outils permettant d'accéder et d'organiser un ensemble d'outils de géo traitement, de modèles et de scripts. C'est une interface graphique des commandes «ARC». Elle permet d'effectuer des opérations de calculs, de conversions, de croisements et de transferts de format et aussi de projection via un assistant. Ainsi que les traitements sur les données, outils et interface de modélisation de traitements. Ce module est disponible sous ArcCatalog et sous ArcMap en l'activant à l'aide de l'icône dans la barre des tâches.

Dans notre projet on va utiliser ce logiciel pour la carte des linéaments et la densité des linéaments et pour convertir le fichier sous forme DBS OU DXF pour l'exploiter dans qui suit avec un autre logiciel comme c'est expliqué dans les captures qui suivent

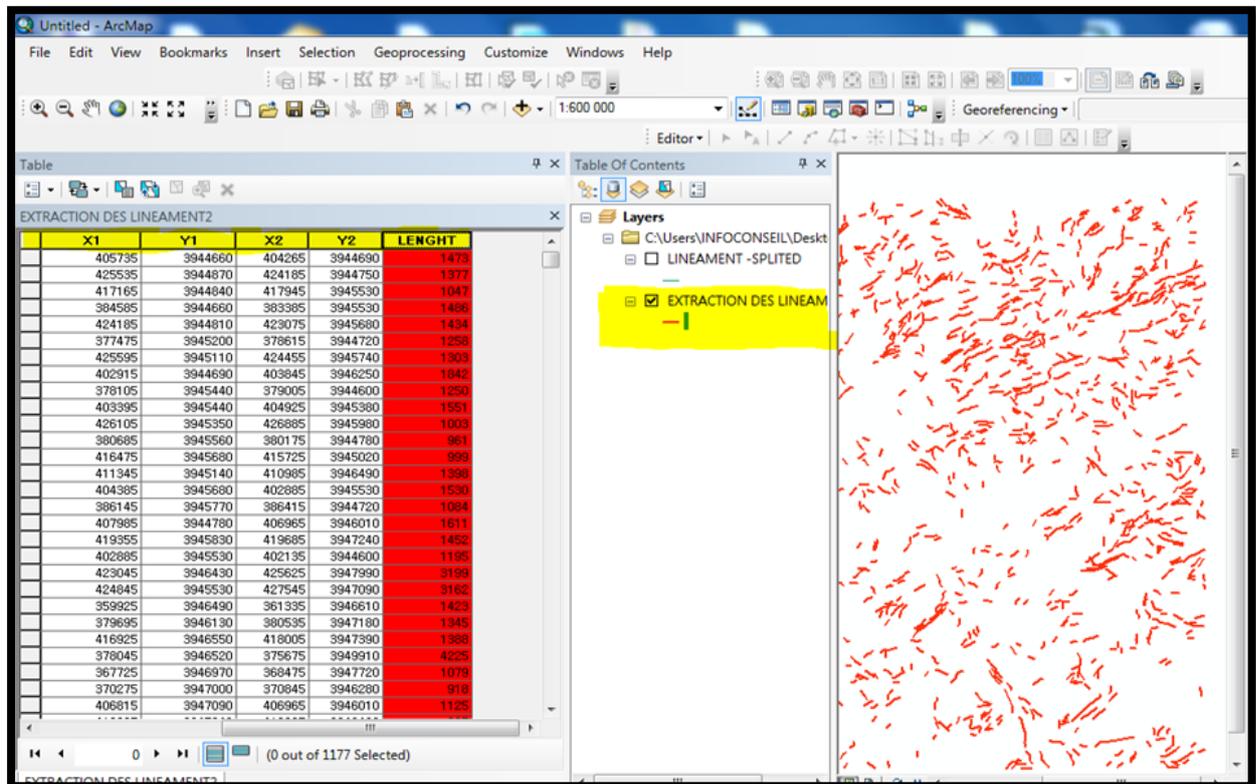


Figure 29.5. Calcul des coordonnées et des longueurs après l'importation des linéaments

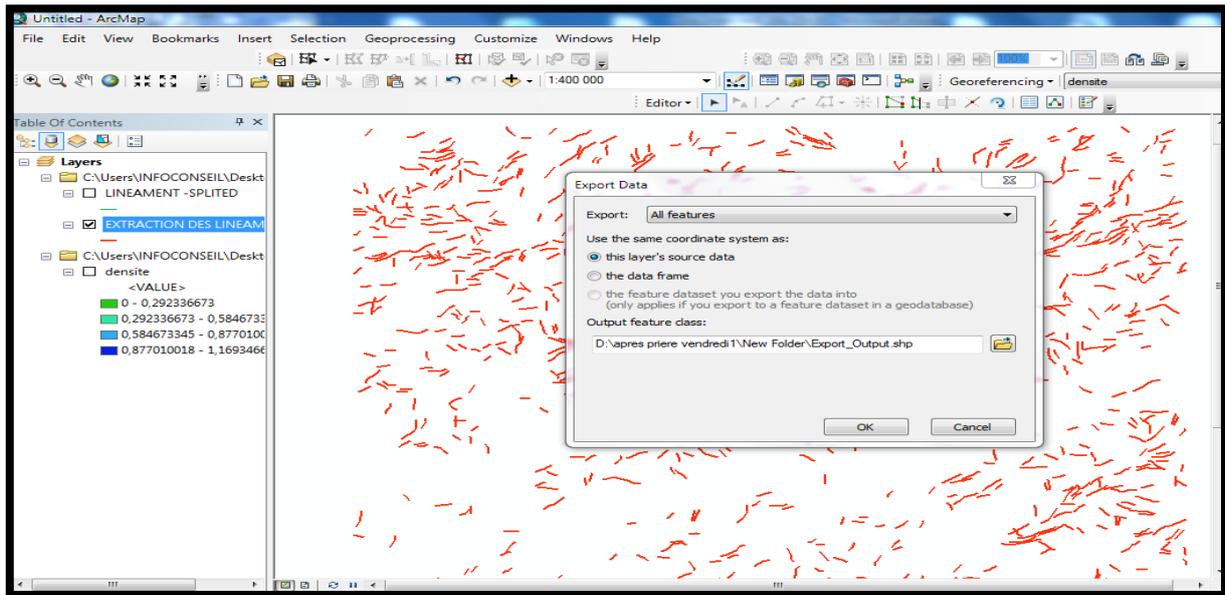


Figure 30.5. Exportation du fichier avec data

On passe maintenant la carte des linéaments qu'on peut réaliser avec arc gis aussi comme le montre les captures au-dessous sans oublier d'attribuer le système de projection aux couches il faut calculer les longueurs et les coordonnées des linéaments de la couche dans le tableau d'attributions comme vous pouvez le voir dans la capture ci-dessus



Figure 31.5. Projection de world imagery

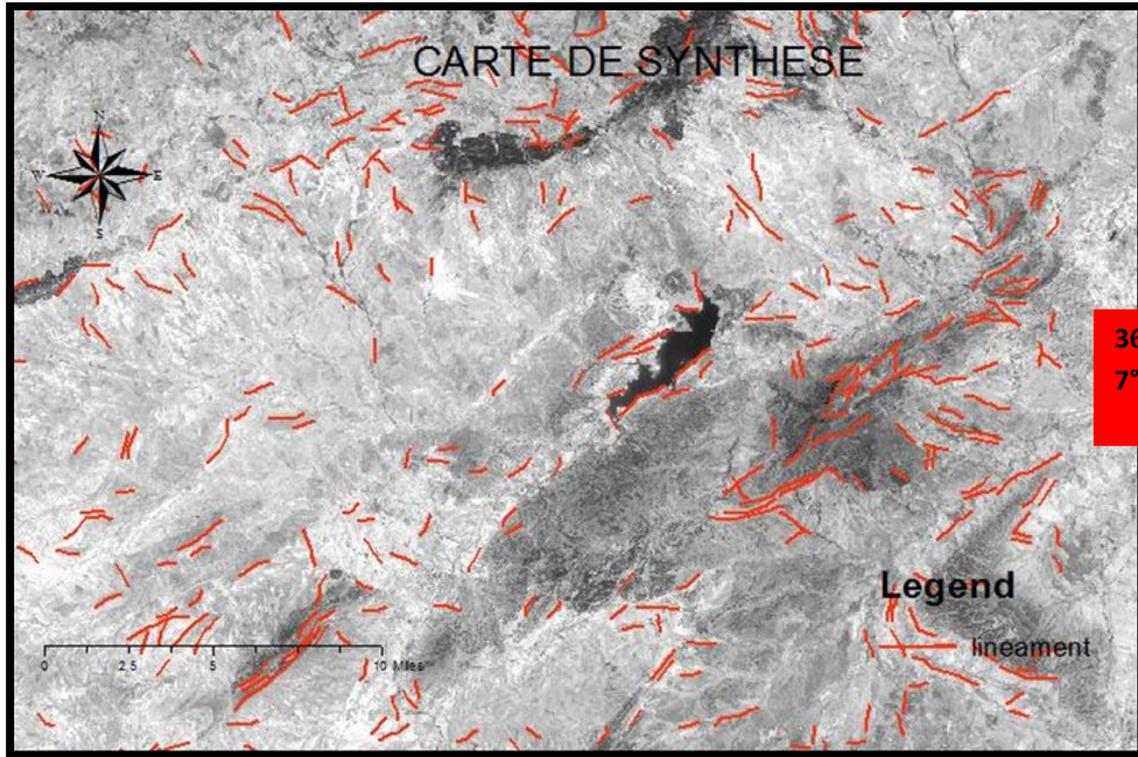


Figure 32.5. Carte de synthèse

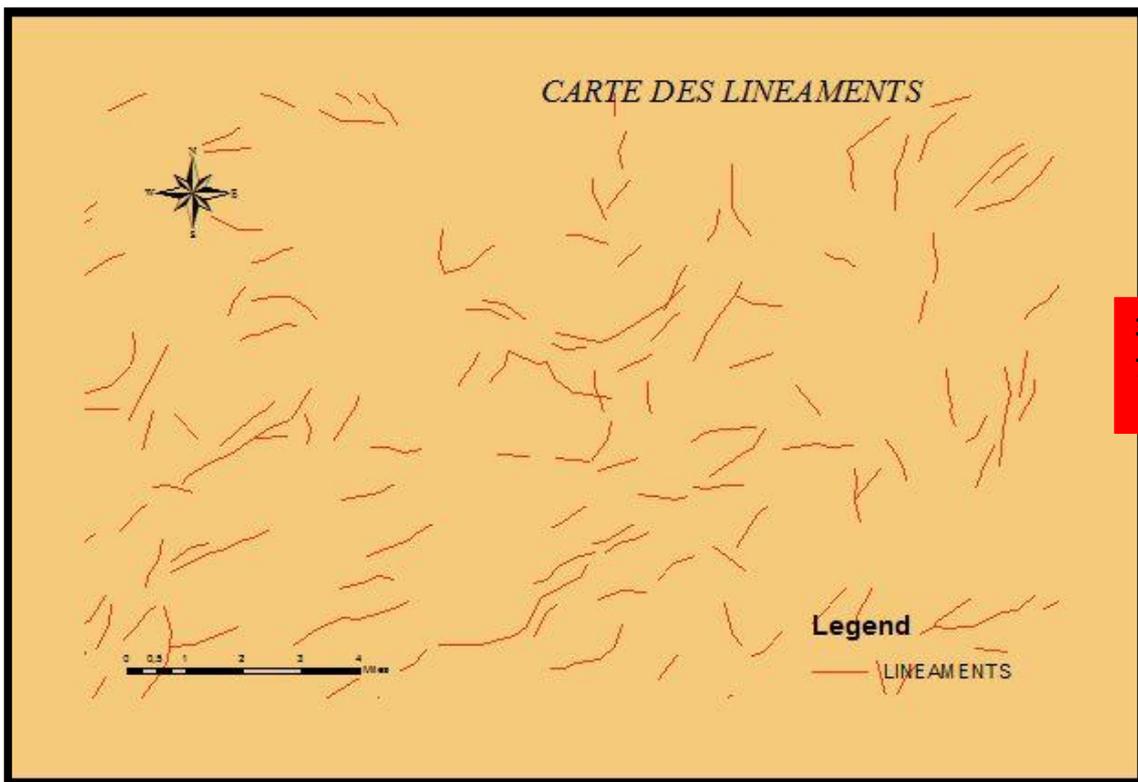


Figure 33.5. Carte des linéaments

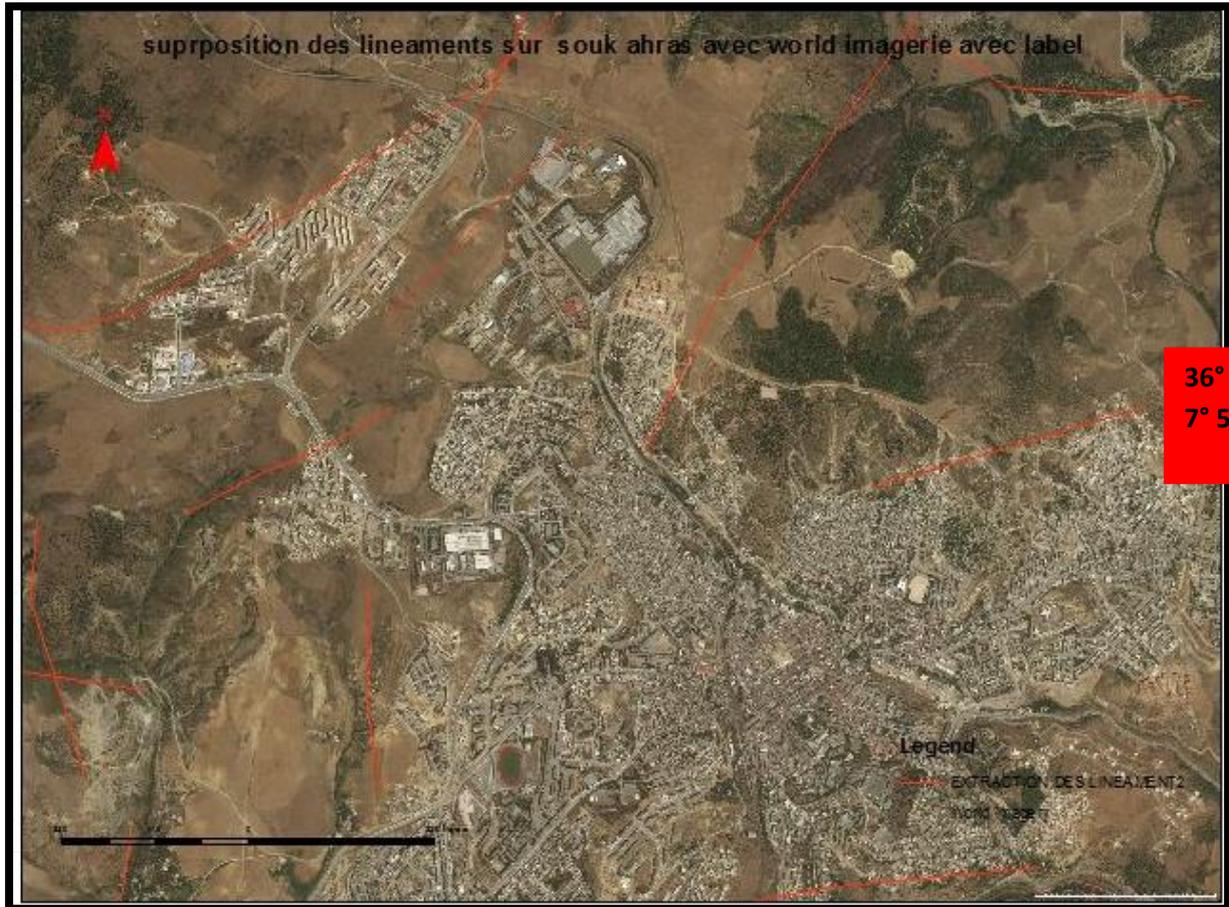


Figure 34.5. Superposition des linéaments sur la région avec world imagerie avec label

5.5.2.1.4. LE LOGICIEL ROCKWORKS

Rockworks est une application de gestion, d'analyse et d'affichage de données géologiques de pointe de Rockware. Maintenant dans la version 16 Rockworks a évolué pendant plus de 25 ans dans une application qui peut être utilisée pour presque n'importe quel projet géologique (pétrole, gaz, pétrochimique, exploration, exploitation minière, carrière), géo-environnemental ou géotechnique. Il peut également être utilisé dans d'autres disciplines telles que l'archéologie.

Rock Works est la norme dans les industries pétrolière, environnementale, géotechnique et minière pour la visualisation des données de surface et souterraines, avec des outils populaires tels que des cartes, des journaux, des coupes transversales, des diagrammes de clôture, des modèles solides et des calculs de volume.

RockWorks offre de nombreuses options pour analyser vos données de surface et de subsurface et accepte de nombreux types de données différents, tels que la stratigraphie, la lithologie, la géochimie de fond de trou / géophysique / mesures géotechniques, les intervalles de couleur, les fractures et les données de l'aquifère.

Dans notre travail, nous avons utilisé le Rockworks pour réaliser la rosace des directions.

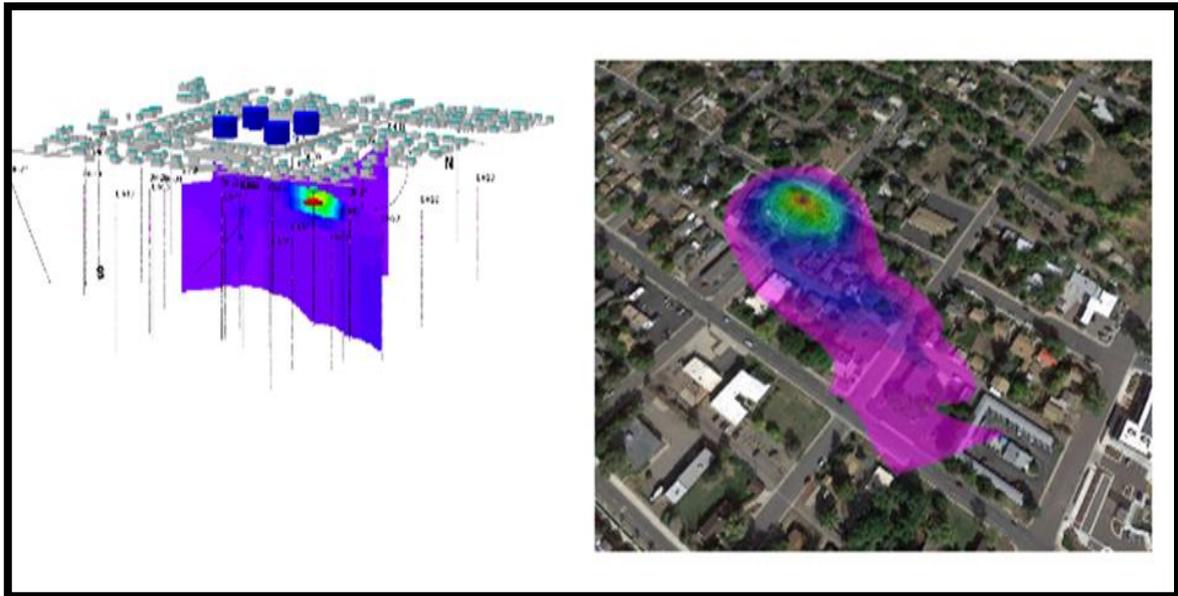


Figure 35.5. definition de rockworks

Affichez la sortie graphique de RockWorks dans ses fenêtres de visualisation / édition 2D et 3D intégrées, ou exportez-les vers CAD, Google Earth et d'autres programmes SIG. Utilisez le module ReportWorks pour créer des mises en page pour les rapports et les affiches.

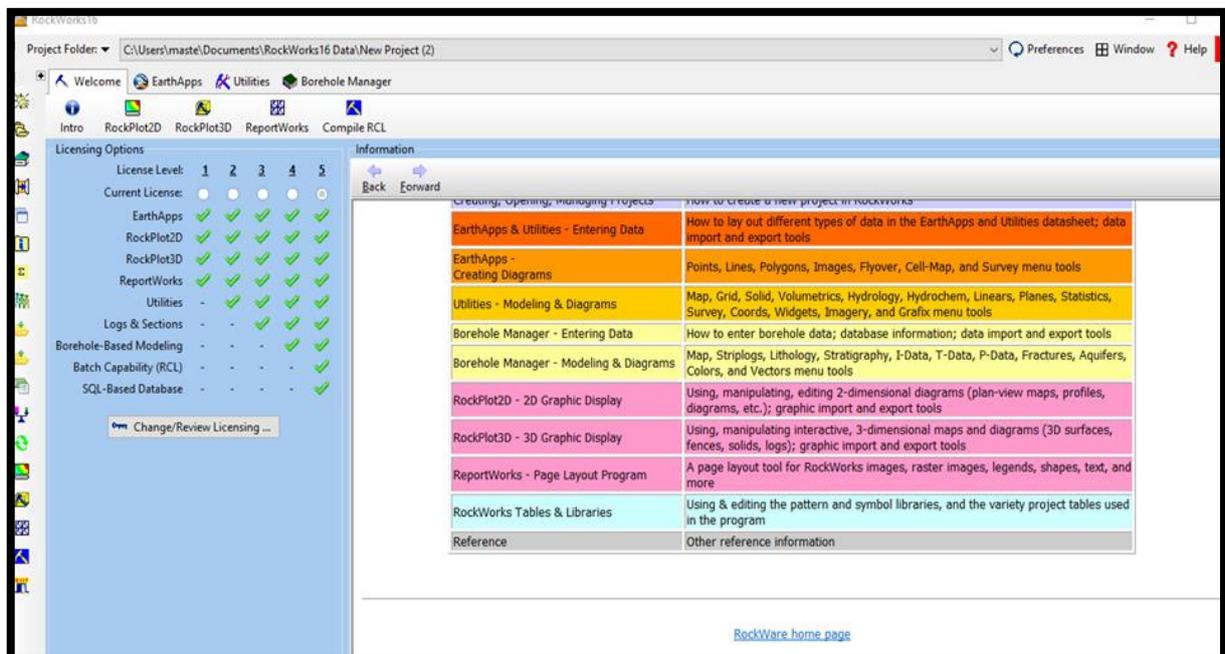


Figure 36.5. Interface de rock Works

On va utiliser ce logiciel pour extraire des rosaces directionnelles pour nous aider à analyser et à interpréter.

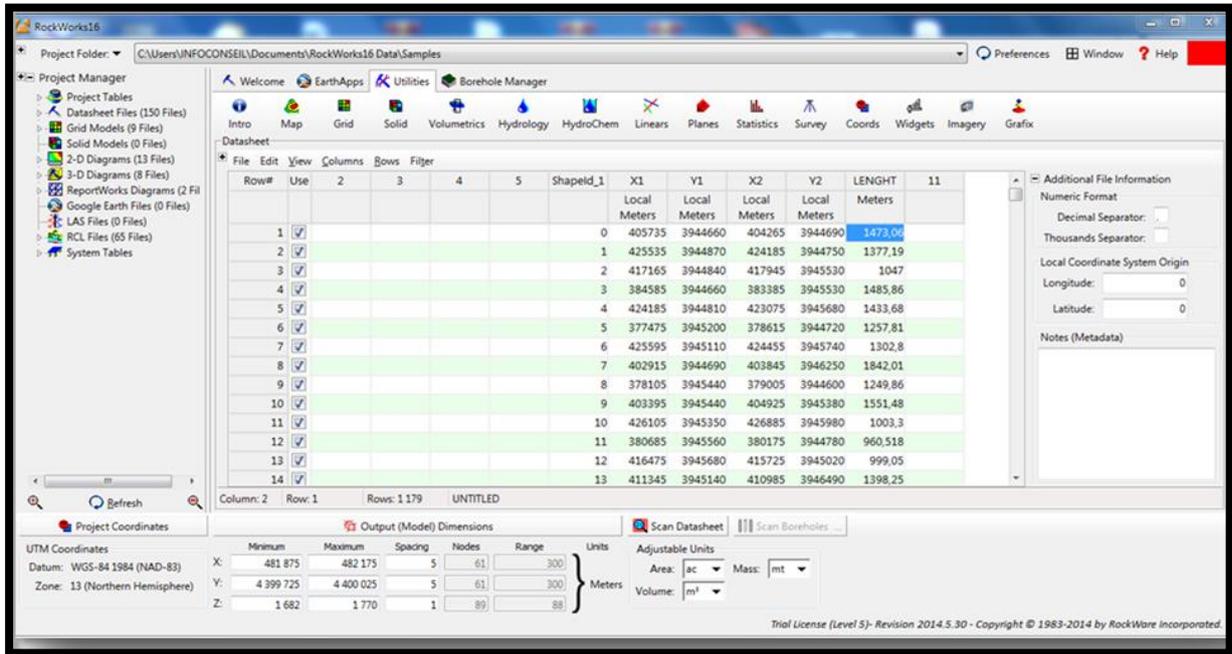


Figure 37.5. Importation des données d'arcmap

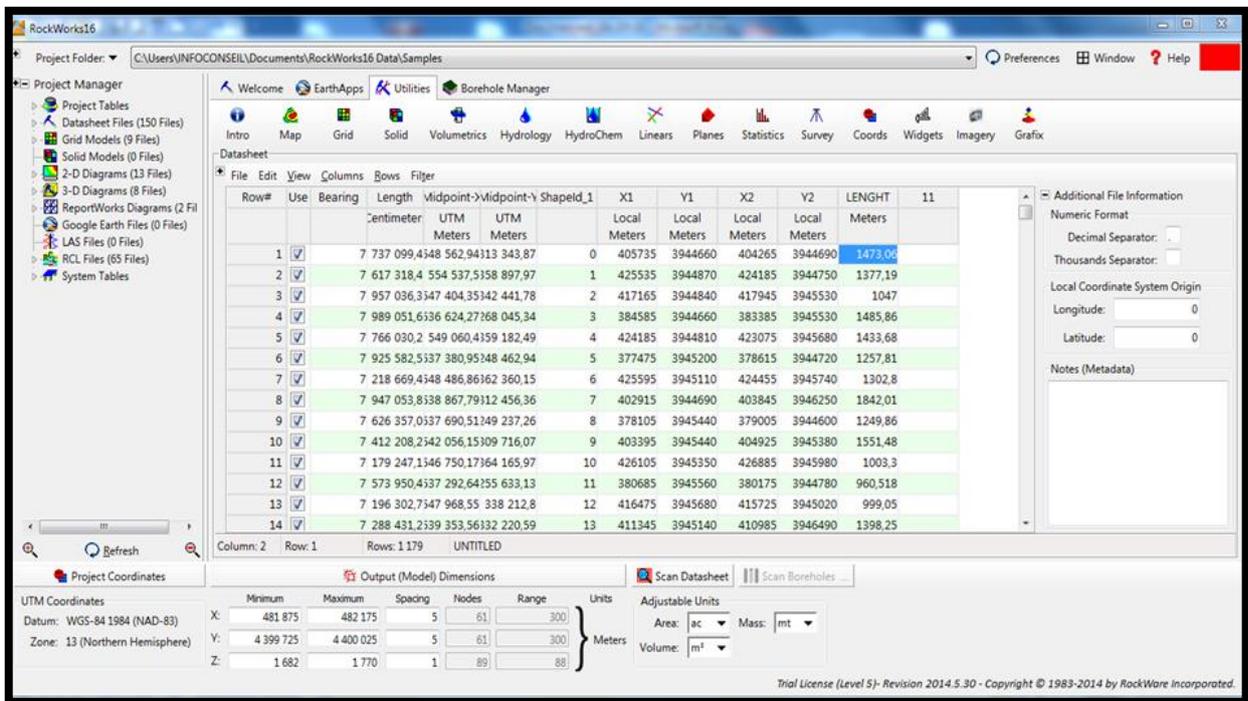


Figure 38.5. Ajout automatique d'information par rock Works

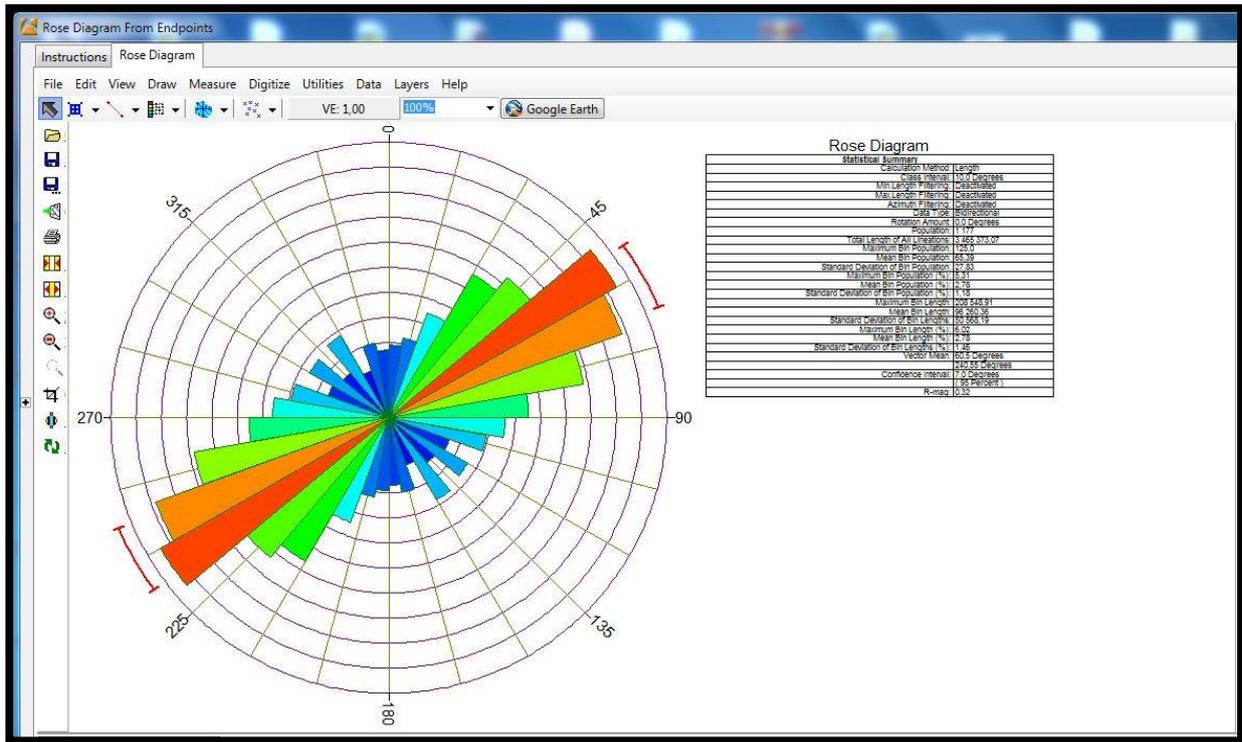


Figure 39.5. Rosace Endpoints

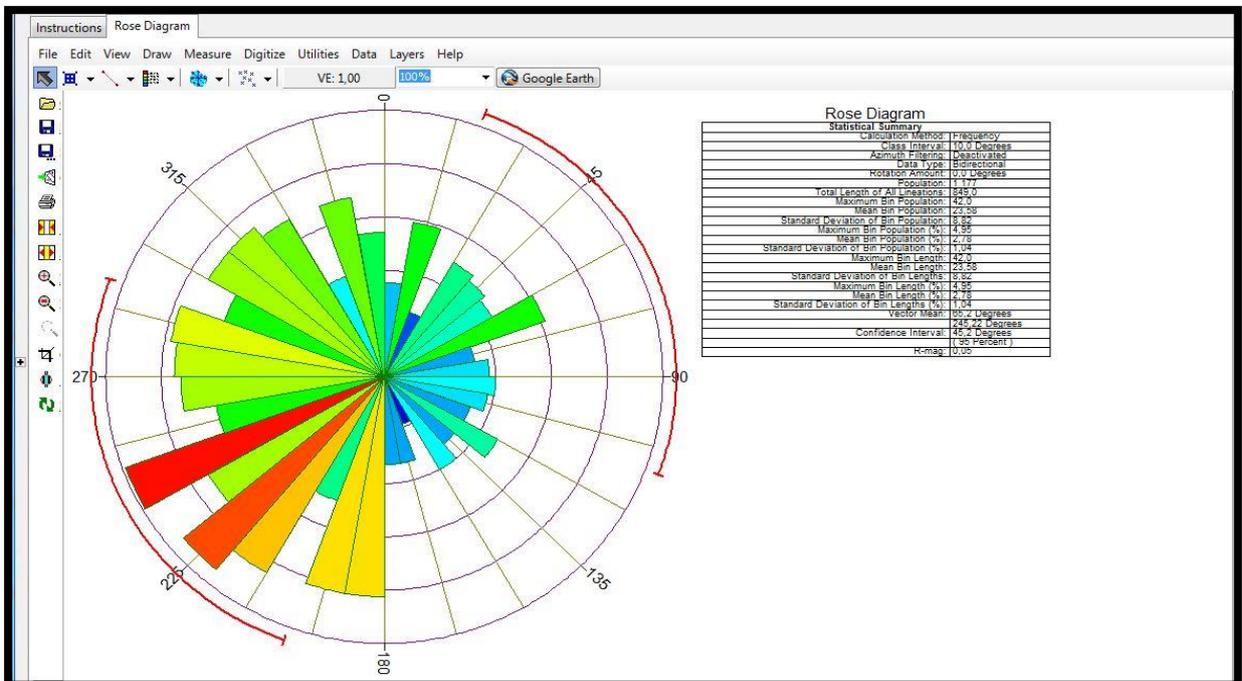


Figure 40.5. Rosace d'après les longueurs

5.5.2.2. METHODE 2 : BANDE 8 PANACHROMIQUE 15 m (GRAYSCALE)

Extraction des linéament a partie de la bande 8 panachromique (qui ne demande aucun traitement par ENVI et qui a une résolution de 15 c'est à dire plus grande que la composition colorée 7,6,2 qu'on utilise et qui d'ailleurs la plus utilisé pour les recherches géologiques. Puisque nous avons déjà expliqué la méthodologie de travail auparavant, nous allons contenter d'insérer le résultat de travail sous forme des captures écrans.

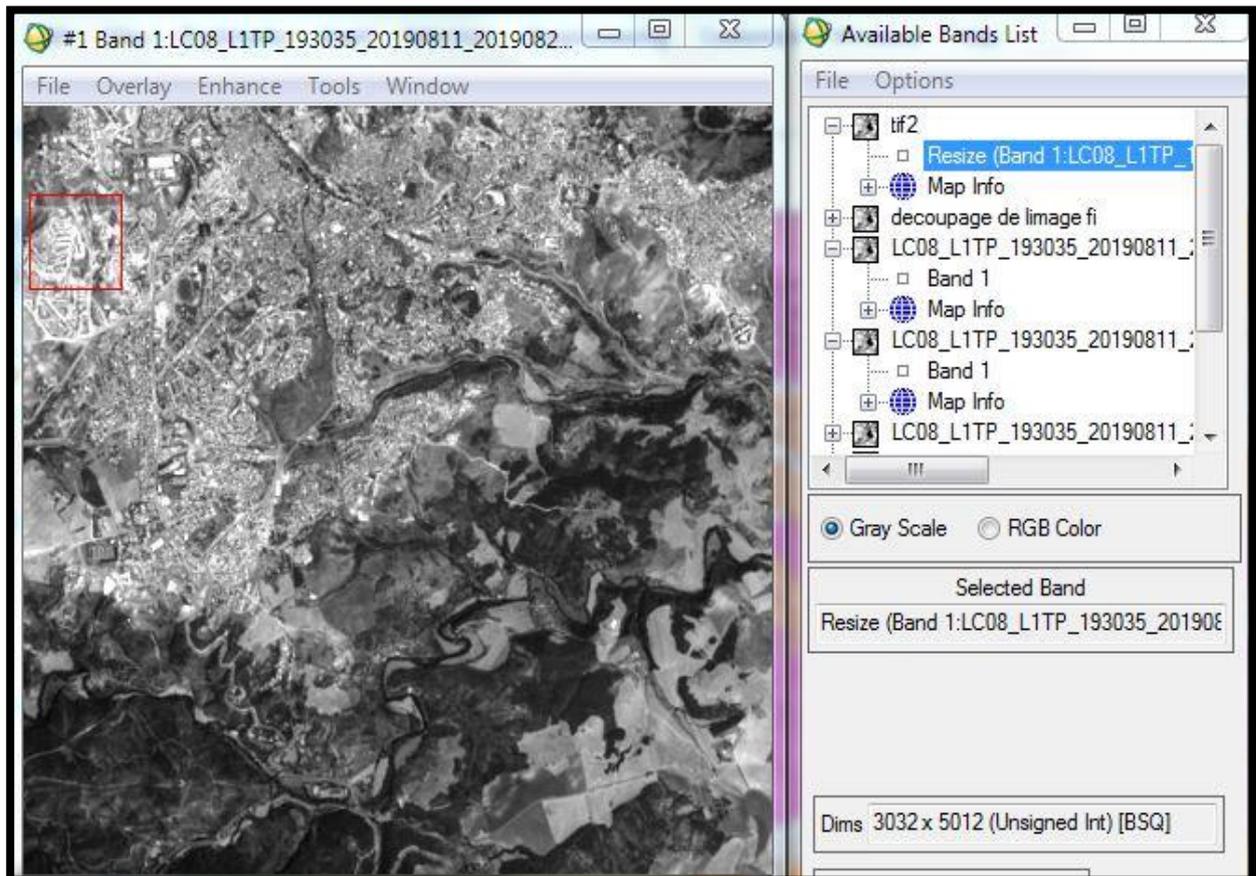


Figure 41.5. Découpage de la zone à partir de le bande 8 uniquement (résolution 15 m)

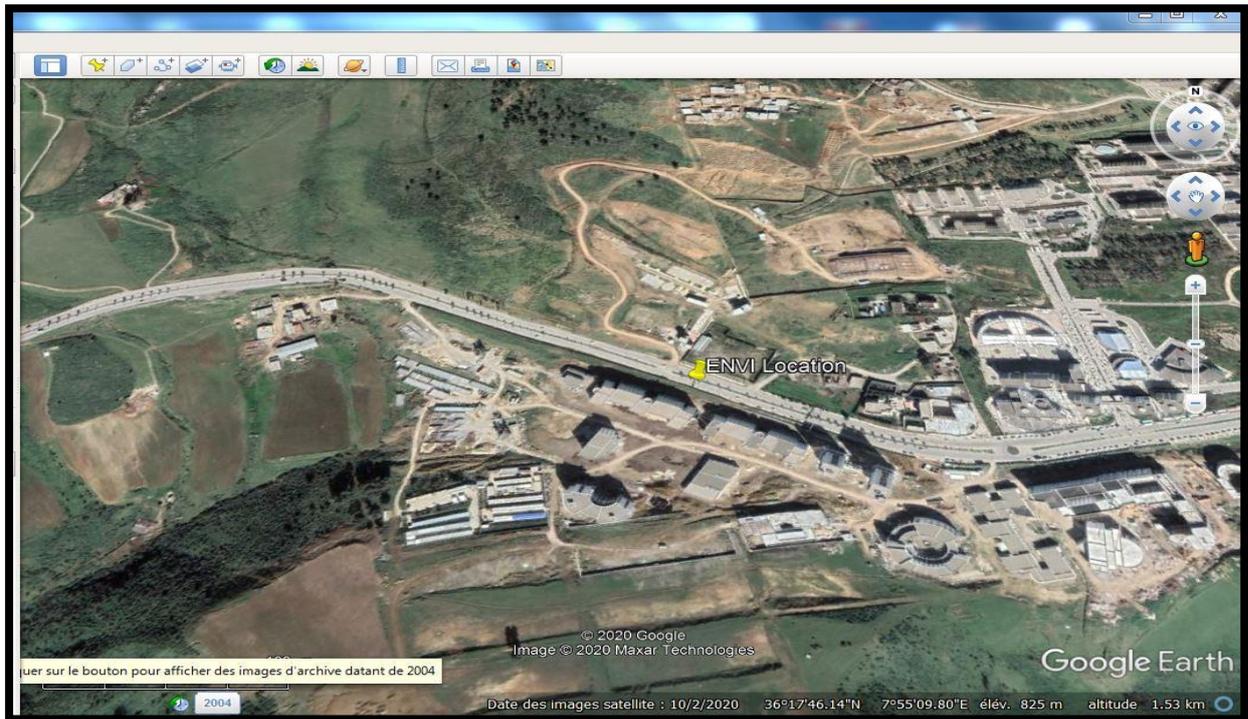


Figure 42.5. Vérification de découpage avec Google earth

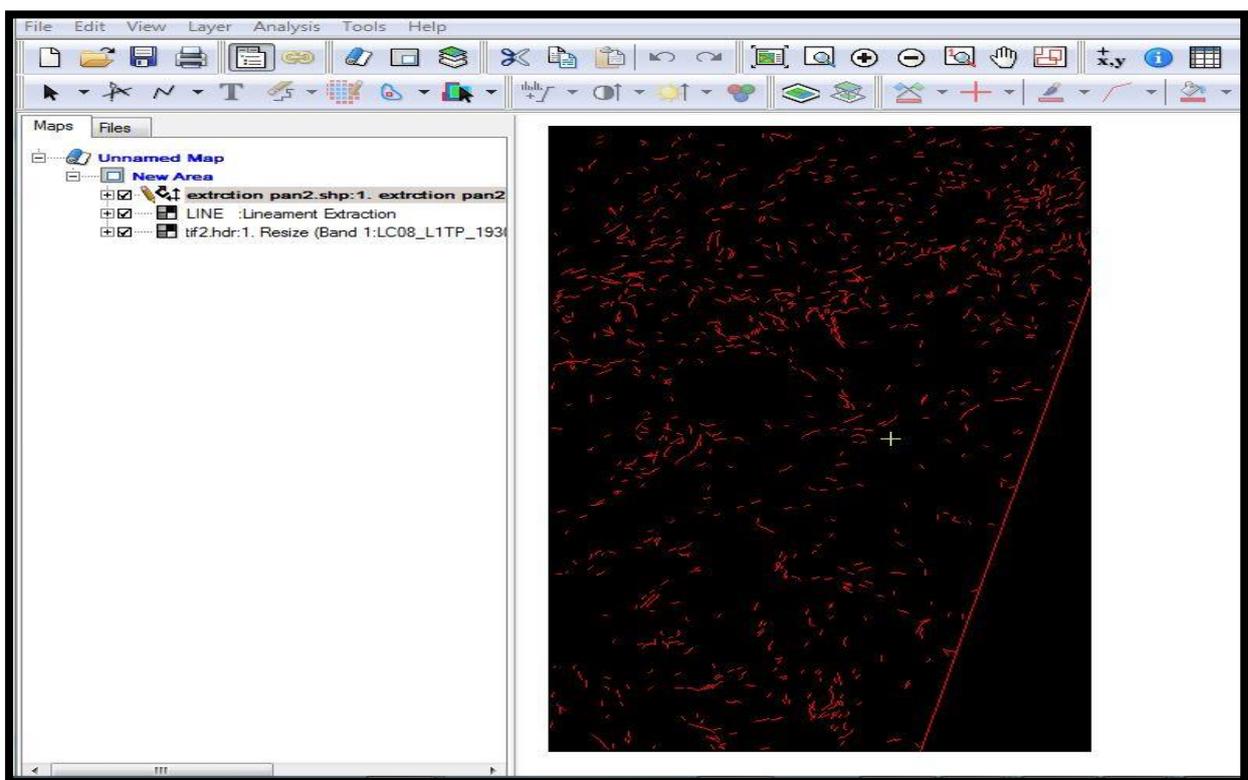


Figure 43.5. Extraction des linéaments à partir 8 de 15m de résolution

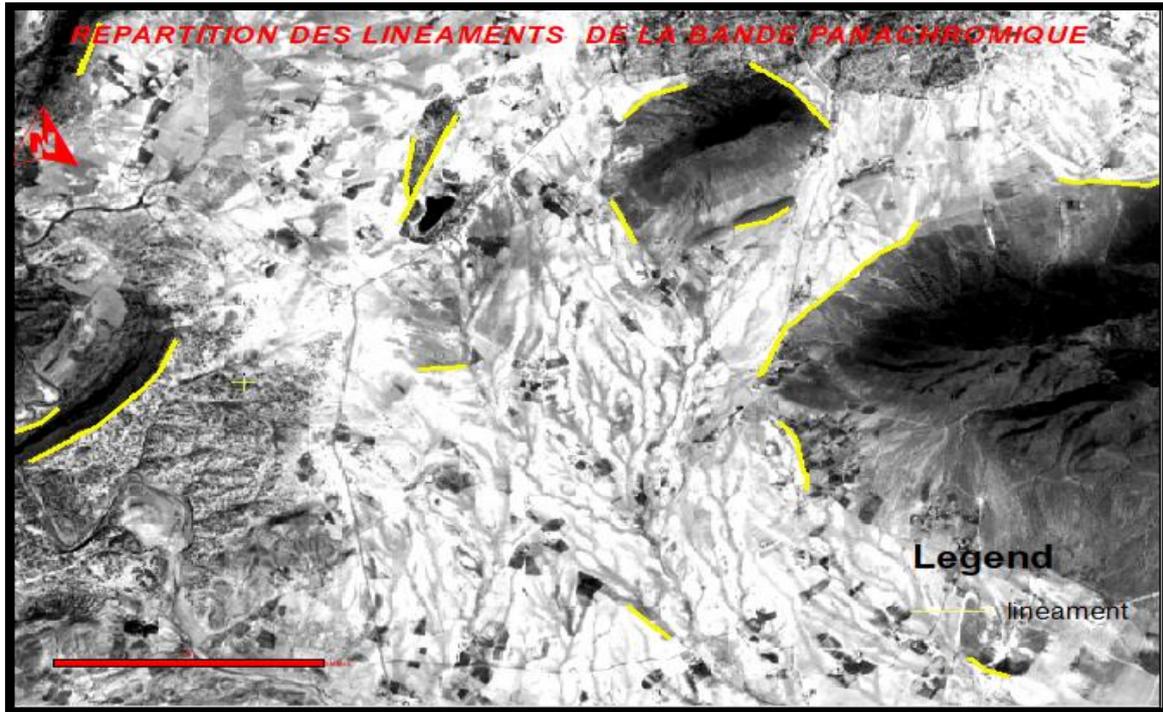


Figure 44.5. Linéament sur bande panachromique 8

Alors qu'on auparavant les linéaments sur la composition colorée RGB comme c'est indiqué sur la figure suivante

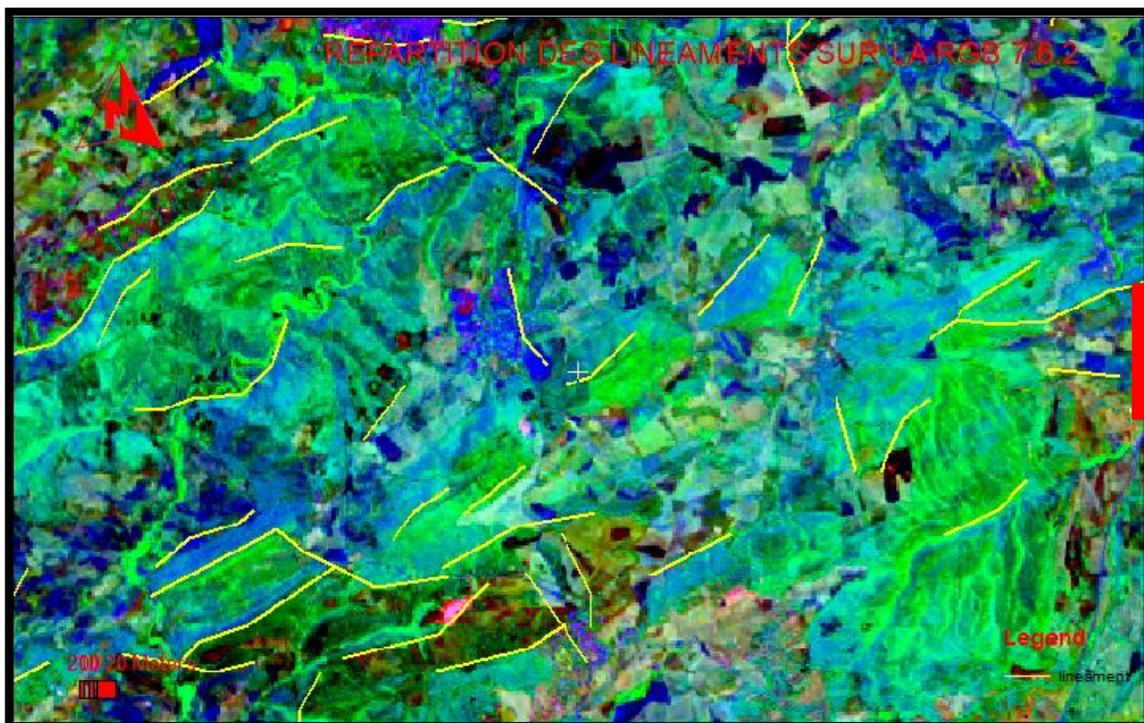


Figure 45.5. Linéament sur composition RGB

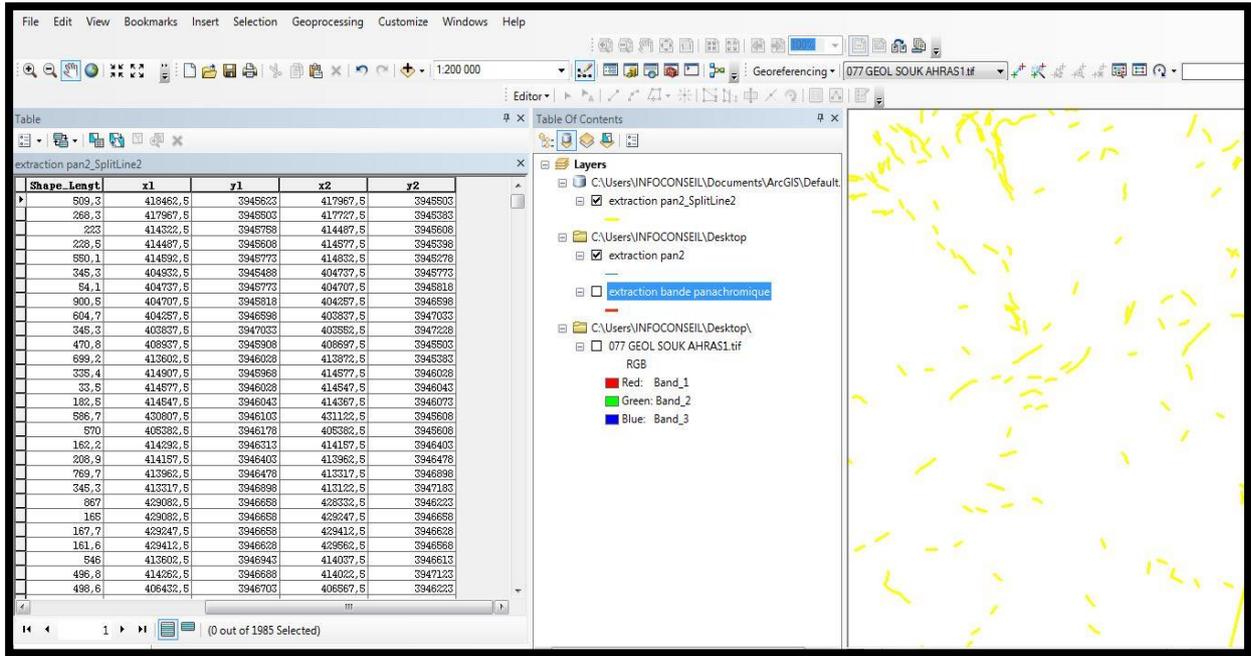


Figure 46.5. Attribution des coordonnées des linéaments par Arc map

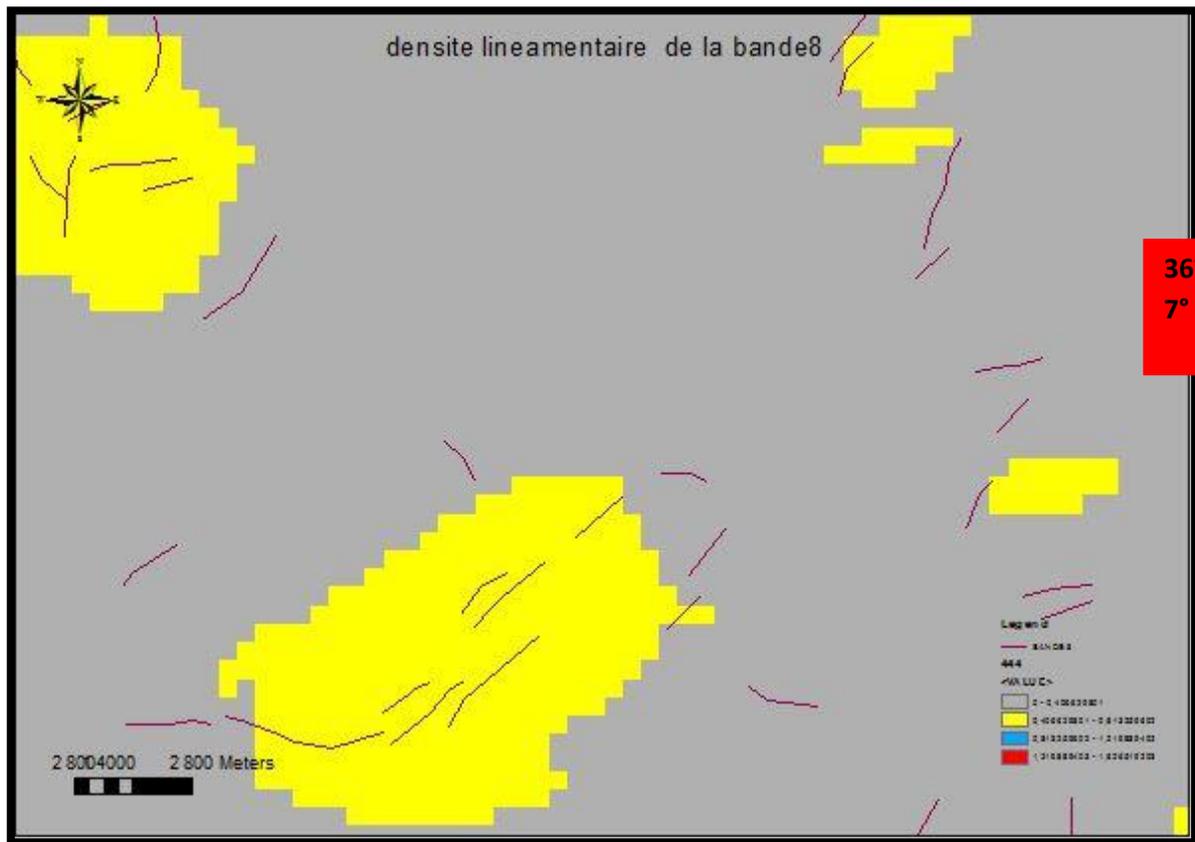


Figure 47.5. Densité lineamentaire de la bande8

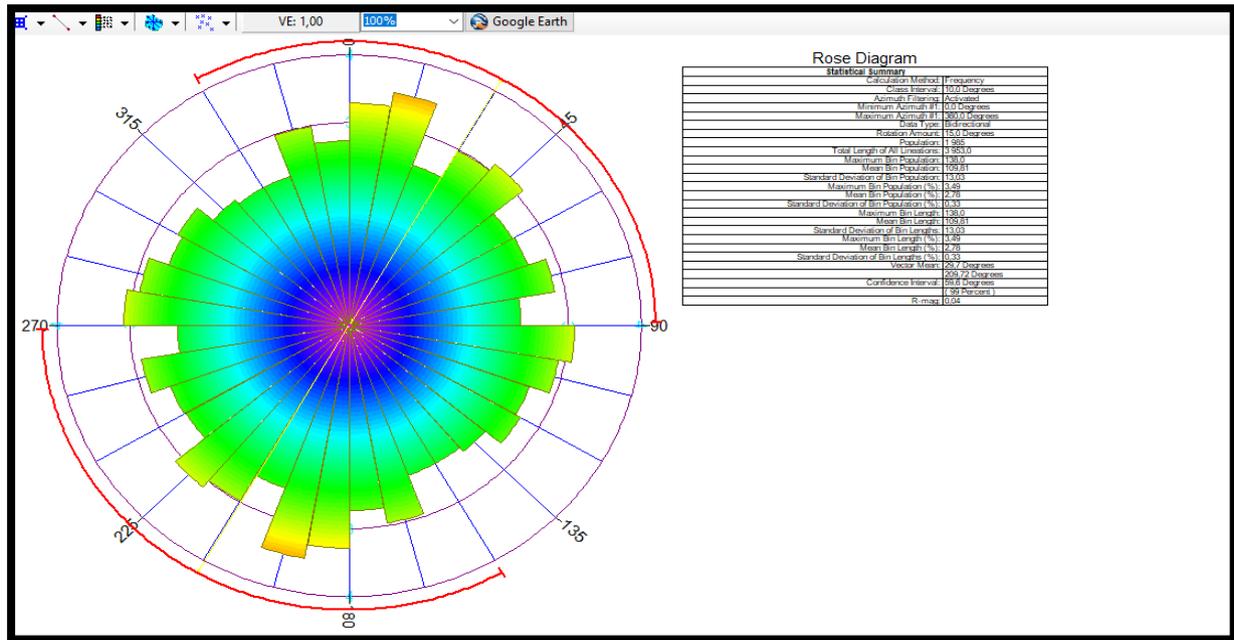


Figure 48.5. Rosace de la bande 8(des longueurs)

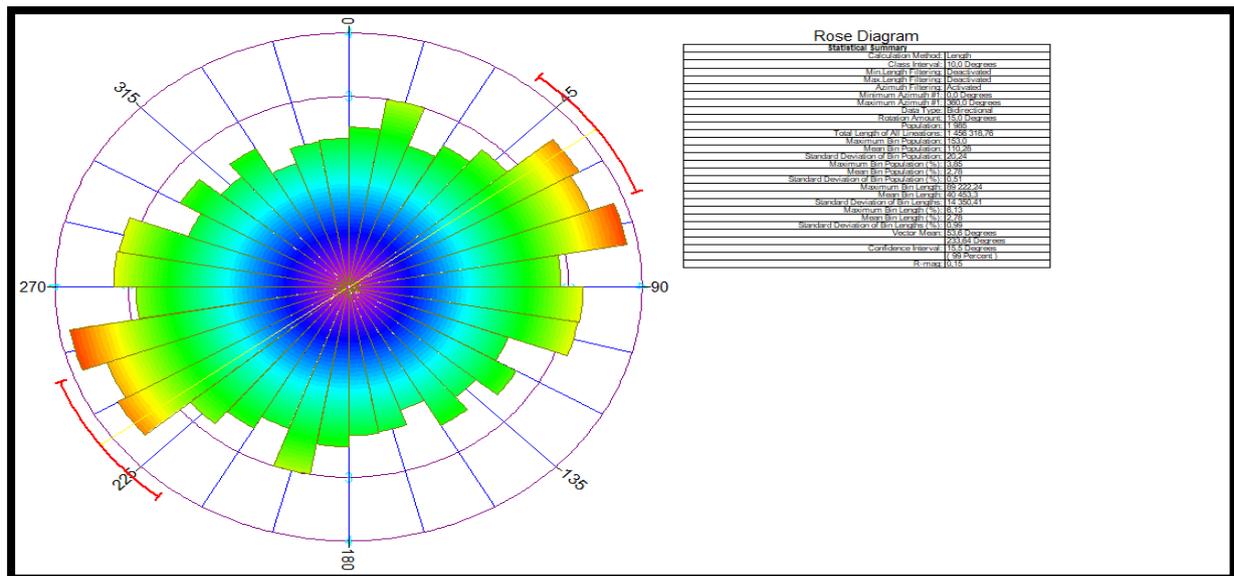


Figure 49.5. Rosace de la bande 8 (endopoint)

5.6. CONCLUSION

à part le nombres des linéaments extraits par GEOMATICA a partie de la bande panachromique (15m) et leurs répartitions qui un peu plus dense que les linéaments extraits de la composition colorée 7.6.2 ce qui nous amène à dire que les différent les traitement des images satellitaires peut augmenter la résolution de ces images et répondra ceux qui ne croit pas à l'extraction avec une résolution de 30m.

CHAPITRE 6

RESULTAT ET DISCUSSION

6.1. INTRODUCTION

L'objectif principal de cette étude est d'interpréter une carte de linéaments de la région de Souk-Ahras extraite par des méthodes de traitement et d'analyse d'image Landsat-TM.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- adapter et utiliser des techniques d'extraction des structures linéaires dans une région à couverture végétale dense et à relief peu marqué.
- développer la méthodologie de confrontation de données multi sources dans un système.
- d'information géographique à partir des technologies existantes.
- produire une carte de linéaments de la région .
- étudier les caractéristiques spatiales des linéaments à partir d'une image satellitaire.

6.2. INTERPRETATION DES LINEAMENTS

En observant la carte lineamentaire élaborée par le logiciel arc map on remarque que la répartition des linéaments est presque homogène dans les huit sens connus à savoir N-NE –E-SE-S-SO-O-NS.

Et toujours d'après le tableau d'attribution d'arc map le nombre total est 1177 et leurs longueurs total est 1757,78km et une déviation standard de 0.64image satellitaire.

On remarque que la plus grande de linéament est 5,84 km alors que la moins longue est 0.9 km.

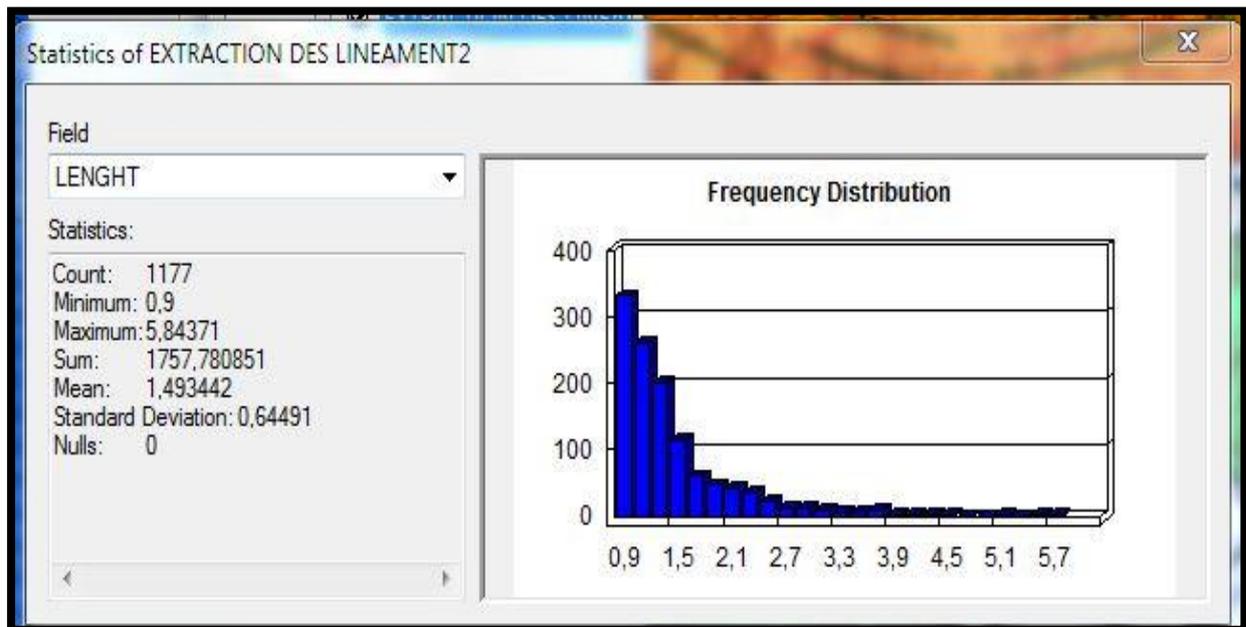


Figure 1.6. Statistique des linéaments par arc map

Alors que la carte de densité lineamentaire met en évidence, trois groupes avec des grandes densités, la plus grande au NE tandis que les deux autres au SW.

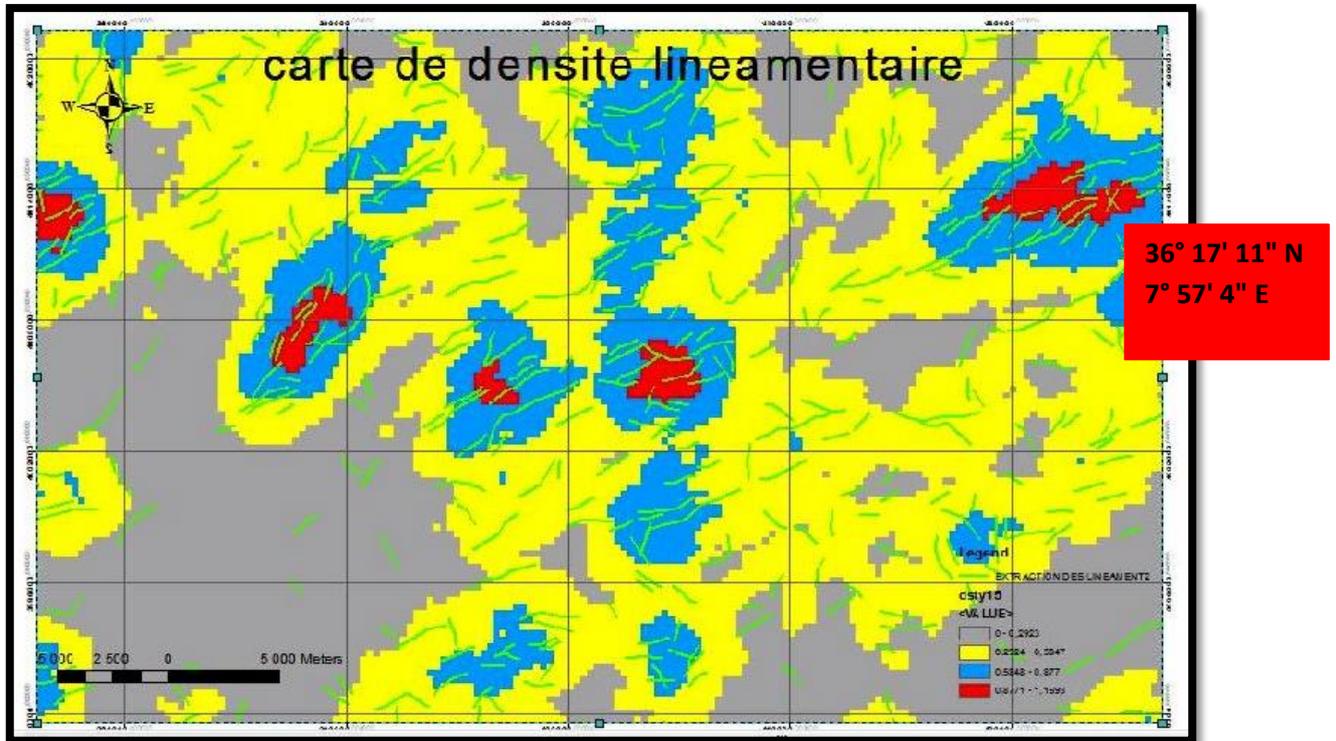


Figure 2.6. Répartition de la densité lineamentaire

La visualisation de la rosace directionnelle montre une dominance de linéaments NE 45-60 degré par rapport aux autres orientations alors que les plus longs sont de direction SO.

Les accidents de direction NE-SW sont les plus fréquents et les plus longs, ils semblent correspondre aux discontinuités structurales majeures entre les différentes unités morpho structurales du secteur d'étude. Cette direction est suivie par les directions presque dans tous les sens.

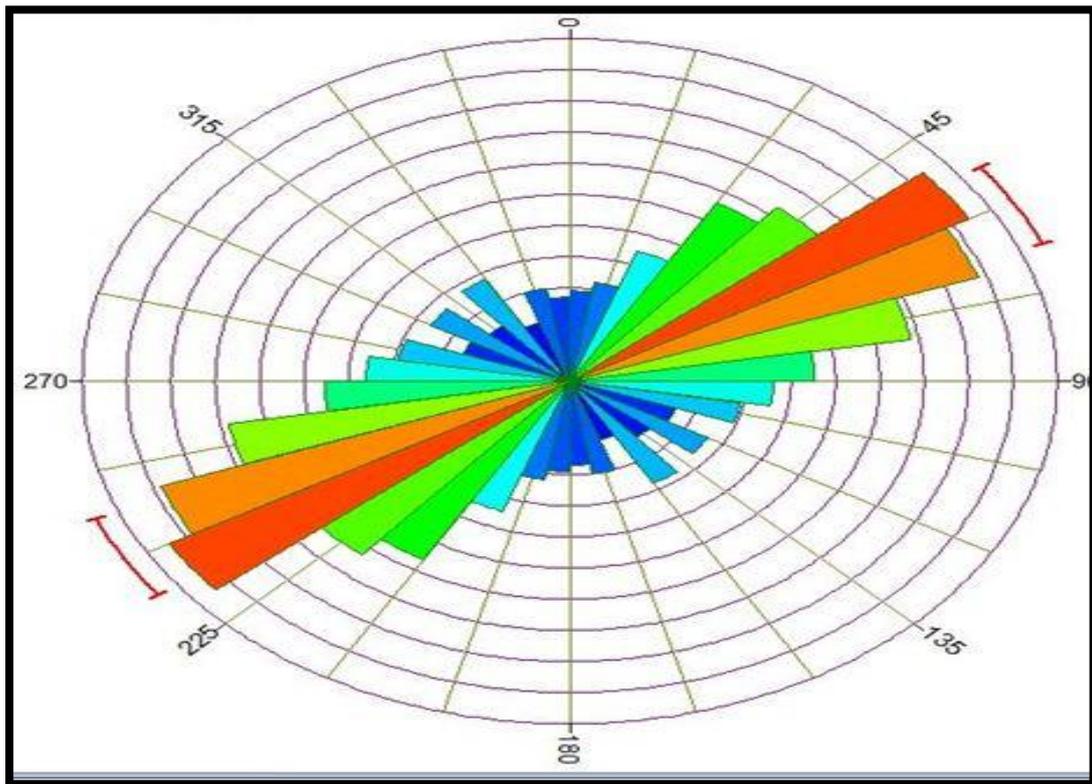


Figure 3.6. Représentation des directions des linéaments à l'aide de la rosace

La répartition directionnelle des linéaments tectonique apparaît polymodale (, en effet, elle nous révèle une fracturation dans toutes les directions, soit les N-S, E-W, NE-SW et les NW-SE.

La rosace directionnelle fait ressortir que les classes de directions N45-N60 constituent les directions majeures de la trame linéamentaire. Les directions secondaires sont par ordre décroissant.

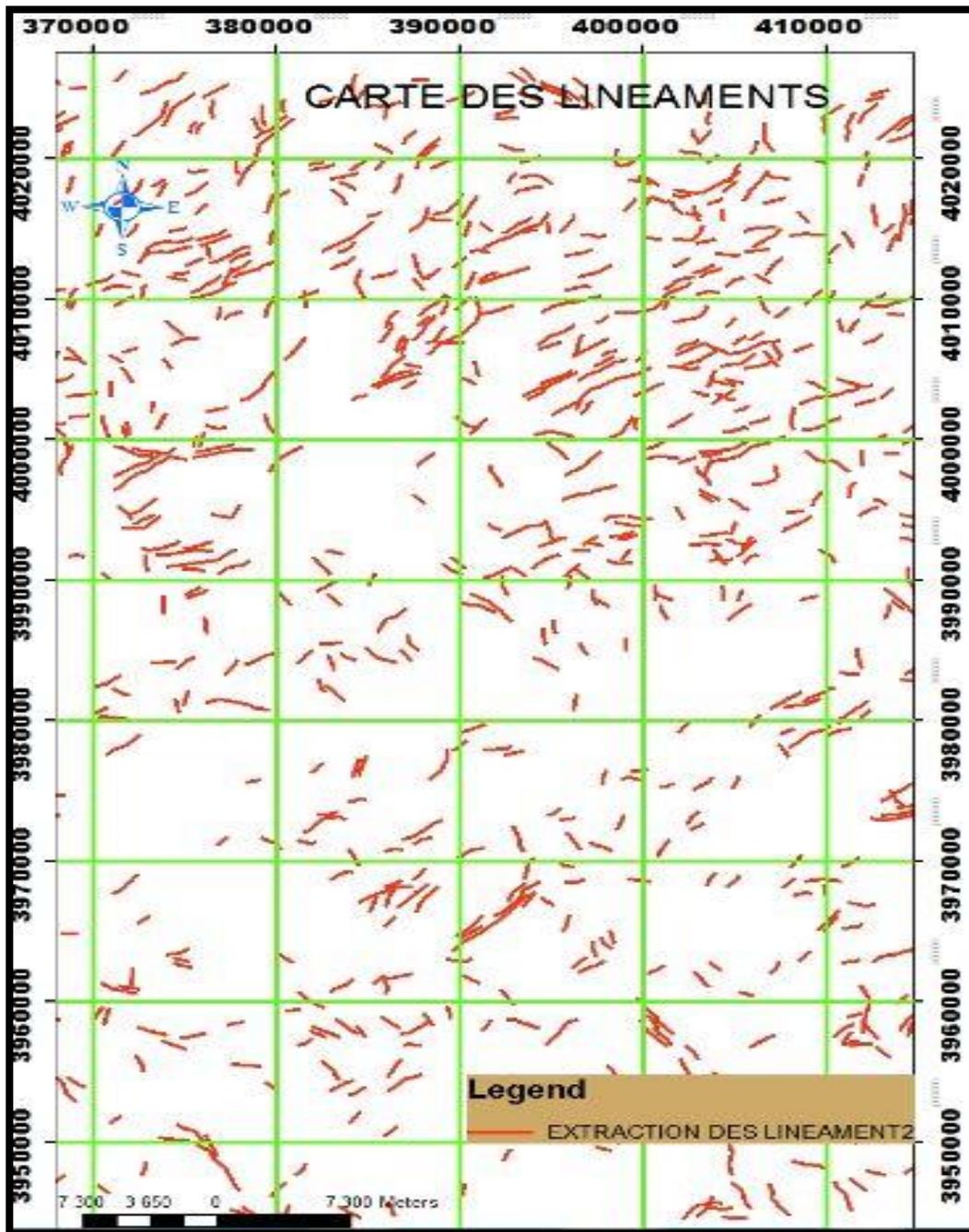


Figure 4.6. Carte des linéaments

La Répartition des linéaments sur la carte de Souk-Ahras montre aussi une densité de linéaments presque homogène sauf quelques endroits qui semblent être sensiblement moins denses.

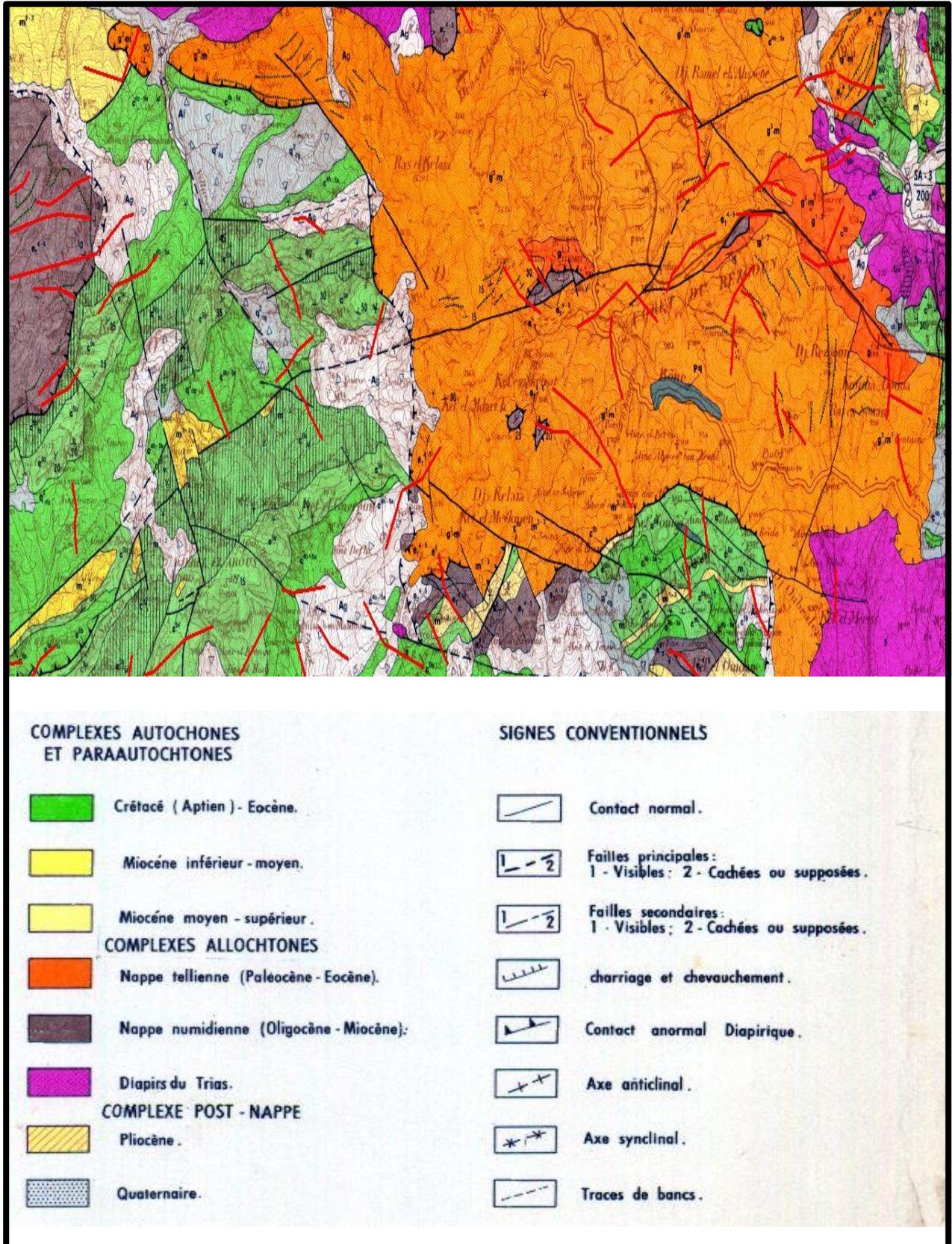


Figure 5.6. Superposition des linéaments sur la carte géologique De Souk-Ahras

Nous sommes contente de superposer la carte des linéaments la carte géologique de Souk-Ahras 1/50000. Notre carte est trop chargée ce qui rend notre interprétation difficile on remarque que les directions NE-SO sont les plus exprimées et coïncident avec les glissements et les fracturations NS et NW-SW due au mobilisation tectonique de toute la région d'étude.

Chose qui nous montre que les déformations sur la carte géologique ont presque les mêmes Orientation que les linéaments à plusieurs endroits alors que le nombre des linéaments est plus élevés que les failles ou glissement La superposition de cette dernière avec les données des images satellitaires du domaine étudié permet d'identifier un certain nombre de linéaments correspondant à des failles cartographiées.

Ces linéaments issus de l'image sont souvent parfaitement superposés ou légèrement décalés par rapport aux éléments structuraux du terrain ou encore dans le prolongement de ces derniers.

Étant donné la précision de l'image satellite, le décalage entre les linéaments satellitaires et géologiques peut s'expliquer d'une part par le géocodage et le ré-échantillonnage qui provoque l'imprécision dans l'image.

6.3. CONCLUSION

Deux hypothèses principales sont sous-jacentes de ce projet :

1 - l'étude du comportement spatial des failles (longueurs, orientations, densités) à partir d'une image satellite nous informe sur leur origine, leur signification géologique, structurale et leur incidence sur la minéralisation.

2 - les techniques de la télédétection améliorent la localisation des structures géologiques et Permettent la cartographie des linéaments de façon raffinée et précise.

CONCLUSION GENERALE

La région d'étude faite partie des Monts de Haute Medjerda et fait partie de la chaîne des maghrébides, cette dernière est prise entre la plaque Arabo-africaine au sud, et la plaque Euro-asiatique au Nord.

Le domaine externe appelé aussi le domaine tellien, est constitué par un ensemble des nappes à vergence sud, escarpées dans des terrains sédimentaires spécialement marneux et calcaires, du crétacé et paléogènes.

Les nappes de flysch en position chevauchantes sur les unités telliennes. Le substratum stratigraphique de ces dépôts profonds n'affleure que très localement et comporte des roches basiques et ultrabasiques du jurassiques. Ces flyschs se sont déposés dans un bassin de nature partiellement océanique (le bassin maghrébin).

Le domaine interne comporte :

- a) Les massifs de socle métamorphique panafricain et hercynien.
- b) Les terrains cambriens, à carbonifère modérément métamorphisés, leur couverture mésozoïque et tertiaire formant la Dorsale calcaire.

Donc on est en présence d'un terrain géomorphologique complexe avec une tectonique poussée, ce genre de site classé comme une zone très dangereuse et qui est susceptible d'atteindre des glissements de terrain et divers déformations géologiques importantes

Compte tenu de l'immensité de la région, et son' inaccessibilité de quelques parties et la verdure de son terrain et de sa végétation, Nous avons essayé d'expérimenter

L'utilisation de la technologie de télédétection et des images satellitaires pour extraire certaines distorsions et lignes géologiques qui nous renseigneraient sur les glissements et nous montreraient certains incidents géologiques qui ne sont pas visibles, comme les failles.

Nous avons travaillé sur une satellite LANDSAT 8 ETM prise en mois de juin (sans nuages) pour essayer d'extraire le maximum de linéaments et ca de deux manières différentes l'une sur la composition colorée de 03 bandes, de 30 mètres de résolution pour chacune (7.6.2) la plus utilisée en geologie qu'on doit rehausser par les méthodes de traitement nécessaires et l'autre sur la seule bande panachromique 8 de 15 mètres qui ne demande pas de traitement.

L'extraction des linéaments était très positive pour les deux méthodes avec une légères avance au profit de la bande 8 de point de vue nombre et quelques différences d'orientation peut être du a un décalage d'échelle ou à d'autres cause.

On aussi superposé la carte lineamentaire sur la géologique 1/50000 après l'avoir georeferencié par Arc map, qui a montré que les orientations des failles ou autres déformations ont presque

les mêmes directions dans quelques endroits (ici aussi le problème de décalage d'échelle ou la couverture végétale peuvent gêner l'interprétation).

Enfin on peut dire que le traitement des images satellitaires à l'aide des différents logiciels de traitement existants peut augmenter la résolution des images comme nous avons vu (bande8 de 15m non traitée et composition colorée de 30m avec traitement). Et dans un avenir très proche, la télédétection sera un outil très efficace dans le domaine de la recherche géologique et de l'extraction de cartes géotechniques en un temps record et avec un minimum de charges matérielles.

BIBLIOGRAPHIE

- Antoine Denis (2013)**: travaux pratique de télédétection spatiale 1.84p
- **Benabid Ibtissem (2016)**: Contribution of multi-temporal remote sensing images in the characterization of unstable slopes: A case study of Souk Ahras area (N.E Algeria).. Mémoire de Master en géologie de l'ingénieur et géotechnique, université de Tébessa. 135 p.
- **Brakni Salah eddine et Ayeb Hachem(2017)** : Geolocalisation des glissements de terrain de la wilaya de souk ahras par images satellitaires master université de tebessa.84p
- **Coulibaly Lacina (1996)**: interprétation structurales des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas de sous provinces d'abitibi et de d'opatica .université de SHERBOOK.pour l'obtention de de grade de maitrise.117p
- Djaba Hichem (2010)** : ressources en eau et perspectives de gestion intégrée dans la bassin versant de Medjerda (Souk-Ahras, nord-est d'Algérie). Pour l'obtention du magister .université d'Annaba.155p
- **Derdjini Hamza (2017)** : cartographie des changement de l'occupation du sol dans la plaine de la mitidja a partir des images landsat,ecole nationale superieure d'hydraulique mémoire de master. 78 p
- Google Maps (2009)**: TerraMetrics, Cnes/Spot Image, GeoEye, Données cartographiques © 2009 Europa Technologies.
- Gueraidia Nour El Houda (2018)**: caractérisation géomorphologique et structurale de quelques glissements de terrain dans la région de souk ahras : Apport des outils d'imagerie et de la télédétection. Mémoire de Master en géologie de l'ingénieur et géotechnique, université de Tébessa. 95 p.
- Gueraidia Saida, Mokadem Bouthaina (2017)**: La gestion du risque de mouvements de terrain liés aux cavités souterraines dans la région de Chéria (N.E Algérie) : étude par la photo-interprétation et les méthodes géophysiques. Mémoire de Master en géologie de l'ingénieur et géotechnique, université de Tébessa. 115
- Hammad Nabila (2016)** : cartographie géologique et analyse lineamentaire de la region de souk ahras. Obtention do doctorat. 179p
- Hicham Si Mhamdi (2016)**: Utilisation de la teledetection dans la cartographie automatique des linéaments géologiques granitoide de tichka haut atlas. 140p
- Hattassa Abdrrahmane et Karimi FatmaZohra(2016)** : Etude des lineaments a partir des donnees de la photogeologie et de teledetection ; des structures souiga-Mélah, secteur de Mekhalis atlas saharien occidentale-Algérie. master université e Tlemcen.216p

- Korlti Mohamed(2013)** : travaux pratique de télédétection (traitement d'images satellitaires) Tunisie.215p
- Laghout Mohamed Yacine (2011)**: Apport de la télédétection (images Land sat7 ETM) pour la cartographie de la region d'Aflou (atlas saharien),université ferhat Abbas Sétif. 98p
- **M.A.Niang et M.Bernier** : apport de l'imagerie radar multi polarisée parimétrique a la classification et a la cartographie du drainage des sols du bassin versant BRAS-D'HENRI
- Slimen S , Noamen R , (2016)**. Automatic extraction of lineaments from Landsat Etm+ images and their structural interpretation: Case Study in Nefza region (North West of Tunisia). Journal of Research in Environmental and Earth Sciences 04 (2016) 139-145
- Vila JM (1980)** : La chaîne alpine de l'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse de Doctorat- es-sciences, Université Pierre et Marie curie, Paris VI .
- Zargouni, F. Trimolière P. (1981)**. Déformation tectonique postérieure au dépôt de la série du Ségui (Plio-Villafrachien) dans l'Atlas méridional tunisien. Résumé du premier Congrès. Nat. Sc. Terre, Tunis, 59 p.
- Zargouni, F. (1985)**. Tectonique de l'Atlas méridional de Tunisie, évolution géométrique et cinématique des structures en zone de cisaillement. Thèse Doc. Etat, Université Louis Pasteur. Strasbourg. Edit. Mem. INRS.T.5, Vol. 3, 302 p.