

MAST - Pro - 236 / 01

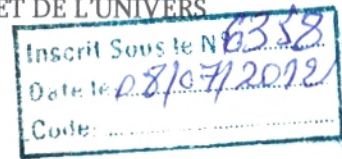
N° d'ordre : 08/DSTU/2012

MEMOIRE

Présenté

à

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



Pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER ACADEMIQUE

Spécialité

Géo-Ressources

par

Oumarou Mahamadou GARBA



Apport de la télédétection à l'étude de la fracturation. Exemple : Les Monts de Tlemcen (S.S).

Soutenu le 04 juillet 2012 devant les membres du jury :

Fatiha HADJI, Maître- Assistant (A), Univ. Tlemcen.
Kamar Eddine BENSEFIA, Maître- Assistant (A), Univ. Tlemcen.
Idriss HADDOUCHE, Maître de Conférences (A), Univ. Tlemcen.
Mustapha BENCHOUK, Maître- Assistant (A), Univ. Tlemcen.
Abdelkader BOUCIF, Maître- Assistant (A), Univ. Tlemcen.

Président
Encadreur
Co-Encadreur
Examineur
Examineur



Dédicaces

A

Mes très chers parents

A

Mes frères Midjitaba, Hassan, Mahaman Lawan et Habib

A

Mon très chers ami, Hassan Issaka alias Koffi

A

Une personne que j'éprouve énormément du respect et de l'estime

Melle Bekouch Ikram

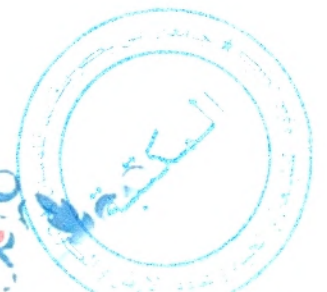
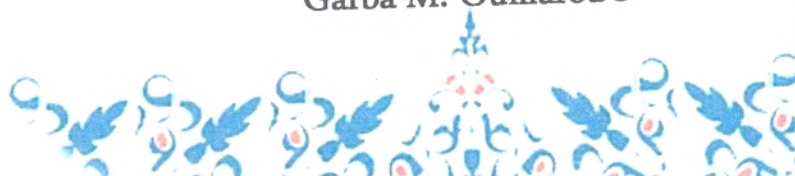
A

Mes amis Aboubacar, Abdelkader, Soumaila , Kanta ,et Soul

Et enfin

A tous mes amis et connaissance dont je pas pu citer leur dans ce bout de
feuille.

Garba M. Oumarou®



Remerciements

Tout d'abord, louange à Allah le tout puissant, le tout miséricordieux qui m'a donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail, qui est le fruit de mes cinq dernières années d'étude, et pour tous ses bienfaits.

J'adresse nos sincères remerciements à mon promoteur et superviseur Mr Kamar Eddine Benséfia qui n'a ménagé aucun effort tout au long de ce travail. Sa sagesse, son entière disponibilité, ses conseils précieux, ses encouragements, sa patience et son enseignement m'ont été d'une importance capitale au cours apprentissage, ainsi qu'à mon co-promoteur Mr Haddouche Idriss pour l'aide qu'il n'a cessé d'apporter pour la bonne réalisation de ce projet. Ceci est l'expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont à mes chers parents, mes frères Sofo, Hassan, Habib et Midjitaba pour leur soutien de tout genre, leur confiance et pour m'avoir permis de suivre cette formation.

J'exprime également toute notre gratitude au corps professoral du département des Sciences de la terre et de l'Univers de l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen pour les connaissances qu'ils nous ont inculquées tout le long de notre cursus universitaire

Ma reconnaissance pour mes amis Abdelkader, Aboubacar, Ikram, Kanta Souleymane, Soumaila, vous êtes les meilleurs. A mon très chers ami Hassan Issaka dit Koffi que Dieu te béni.

Merci également Mlle, Fatiha HADJI, pour ses précieux conseils et son soutien de de tout genre.

Je ne puisse omettre d'exprimer toute ma gratitude à Mr Maroc pour sa disponibilité, son soutien et son abnégation pour la bonne réalisation de ce projet de fin d'étude.

Enfin, je remercie tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce travail



TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS

Résumé

Abstract

CHAPITRE I. GENERALITES

Page

I. OBJECTIF.....	2
II. OUTILS ET METHODES.....	2
A. Outils	2
B. Méthode.....	2
III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE.....	2
A. Contexte géographique.....	2
B. Contexte géologique.....	2
1. Lithostratigraphie.....	3
2. Tectonique.....	7

CHAPITRE II. NOTIONS SUR LA TELEDETECTION ET LA PHOTO-INTERPRETATION

I. GÉNÉRALITÉS SUR LA TÉLÉDÉTECTION.....	10
A. Définition de la télédétection.....	10
B. Principes de base de la télédétection.....	10
C. Les bases physiques de la télédétection.....	11
1. Le rayonnement électromagnétique.....	11
2. Le spectre électromagnétique	12
D. Signatures spectrales	13
E. Les caractéristiques du capteur Landsat 7 ETM+	13
II. PRINCIPE DE LA PHOTO-INTERPRÉTATION.....	14
A. La signature spectrale.....	14
B. La morphologie.....	14
C. la texture et la structure.....	15
III. Télédétection et géologie.....	15

CHAPITRE III, DONNEES UTILISEES ET METHODES DE TRAITEMENTS

I. DONNÉES UTILISEES.....	17
A. Données satellitaires.....	17
B. Données géoscientifiques.....	18
II. Outils et méthodes.....	18
A. Méthodes standards.....	19



1. Traitement d'amélioration du contraste.....	19
2. Composition colorée en fausse couleur.....	20
3. L'analyse en composante principale classique	21
B. Méthodes spécifiques.....	22
1. L'analyse en composante principale sélective.....	22
2. Les rapports des bandes.....	24
3. Les filtres spatiaux.....	25
4. Les traitements morphologiques.....	28

CHAPITRE IV, ANALYSE GLOBALE DE LA FRACTURATION

I. ANALYSE GLOBALE DE LA FRACTURATION.....	31
II. RESULTATS.....	32
A. La direction moyenne NE-SW.....	34
B. La direction moyenne E-W.....	35
C. La direction moyenne NW-SE.....	36
D. La direction moyenne N- S.....	37
III. Conclusion et discussions.....	38
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	41

AVANT-PROPOS

AVANT-PROPOS

Je ne puisse imaginer pouvoir achever ce travail sans l'aide des personnalités à qui je dois toute ma gratitude pour n'avoir ménagé aucun effort pour rendre ce travail possible. Aujourd'hui, c'est un honneur pour moi d'adresser tous mes Remerciements à :

Madame, Fatiha HADJI, Maitre-Assistant -A- pour ses conseils et pour avoir bien voulu accepté de Présider ce jury ;

Monsieur, Kamar Eddine BENSEFIA, Maitre-Assistant -A- pour sa patience et les sacrifices qu'il a faits pour la bonne réalisation de ce travail. Vos instructions sont précieuses pour moi.

Monsieur, Idriss HADDOUCHE , Maitre de conférences -A- pour m'avoir accompagné durant tout ce temps.

Monsieur, Mustapha BENCHOUK Maitre-Assistant -A- qui a bien voulu examiner ce travail.

Monsieur Abdelkader BOUCI Maitre-Assistant -B- pour avoir porté son attention à ce travail.

ABSTRACT



Abstract

The structural cartography constitutes an important shutter of the programs of prospection for minerals, hydrogeological or even oil. Accordingly, we detected using the structural images LANDSAT 7 ETM+, directions in the Mounts of Tlemcen (S.S), identified the preferential directions qualitatively and quantitatively by the methods of photo interpretation and statistics.

We adopted such a simple step which consists in treating the satellite images in composition coloured, the filtering of the images according to the directions $\alpha=00^\circ$ and $\beta=135^\circ$ and analyzes it in principal component to extract a maximum of information.

This study enabled us to detect 253 fracturings (Dykes, faults and folds), of which major the part are directed in direction NE-SW known as atlasic direction ranging between $N30^\circ$ and $N70^\circ$ representing more than 37.94% of the whole of the features recognized in the sector. This direction is assisted by the direction characteristic of the Tellian Atlas $N90^\circ$ and $N110^\circ$. A third direction less important than the two precedents is the North-South direction whose whole of the feature hardly exceeds the 19% of feature detected in the sector.

Keys word: LANDSAT 7 ETM+ - Mounts of Tlemcen (S.S) - Filtering - Analysis in principal component - Fracturings.

RESUME

Résumé

La cartographie structurale constitue un volet important des programmes de prospection minière, hydrogéologique ou même pétrolière. Dans cette optique, nous avons détecté à l'aide des images LANDSAT 7 ETM+, les directions structurales dans les Monts de Tlemcen (*S.S*), identifié les directions préférentielles qualitativement et quantitativement par les méthodes de photo interprétation et de statistique.

Nous avons adopté une démarche aussi simple qui consiste à traiter les images satellitaires en composition colorée, le filtrage des images suivant les directions $\alpha=00^\circ$ et $\beta=135^\circ$ et l'analyse en composante principale pour extraire un maximum d'information.

Cette étude nous a permis de déceler 253 fracturations, dont la majeure partie sont orientées dans la direction NE-SW dite direction atlasique comprise entre le $N30^\circ$ et $N70^\circ$ représentant plus de 37.94 % de l'ensemble des linéaments reconnus dans le secteur. Cette direction est secondée par la direction caractéristique de l'atlas tellien $N90^\circ$ et $N110^\circ$. Une troisième direction moins importante que les deux précédents est la direction Nord-Sud dont l'ensemble du linéament ne dépasse guère les 19% de linéament décelés dans le secteur.

Mots Clés : LANDSAT 7 ETM+ - Monts des Tlemcen (*S.S*) - Filtrage - Analyse en composante principale - Fracturations.

CHAPITRE I,

GENERALITES

I. OBJECTIF

L'objectif central de cette étude est de montrer d'une part, le potentiel de l'utilisation de l'outil géomatique en l'occurrence, la télédétection et du système d'information géographique (SIG) en sciences de la terre. D'autre part, de réaliser une extraction manuelle et automatique des linéaments géologiques dans la parties Est des monts de Tlemcen.

II. OUTILS ET METHODES

A. Outils

Pour notre étude ils seraient mis à contribution les outils de traitements des images satellitaires à savoir les logiciels :

- ENVI 4.5, pour l'essentielle des traitements des images satellitaires de notre étude.
- MapInfo 7.8, pour le géoréférencement des cartes et la création des fichiers d'échanges entre les deux logiciels, mais aussi la vectorisation des objets terrestres.
- SPO (2003), pour le calcul de la direction des fractures.
- Stereonet, pour la réalisation de la rosace directionnelle.

B. Méthode

L'approche méthodologique que nous aborderons dans ce travail consiste à créer un masque de la région d'étude, ensuite effectuer des traitements numériques sur des images satellitaires LANDSAT7 ETM+.

Les résultats seront par la suite confrontés et comparés aux travaux antérieurs pour être confirmé ou infirmé.

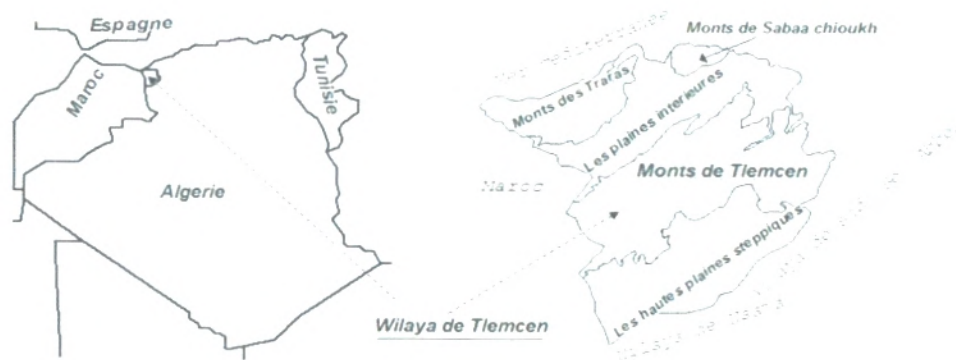
III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

A. Contexte géographique

Les Monts de Tlemcen du nom de chef-lieu de la willaya faits partie des structures géologiques issues de la tectogenèse cénozoïque dans la meseta oranaise (BENEST 1985). Ils sont limités :

- A l'Ouest par le horst de Rhar Roubane,
- A l'Est par les Monts de Daïa,
- Au Nord par le bassin miocène de la Tafna,
- Au Sud par les hautes plaines oranaises.





**Figure n°1 : Situation géographique des Monts de Tlemcen.
(D'après BENSOUULA et al., 2012).**

Le climat de la région s'apparente à celui de toute la région méditerranéenne de l'Afrique du Nord, il est caractérisé par un été chaud et sec et un hiver froid à pluviométrie irrégulière. La température moyenne annuelle est d'environ 15.5°C [DEKKICHE A; 1998].

Le réseau hydrographique est très développé. Il doit son importance au bassin versant de la Tafna et son principal oued (du même nom) et ses affluents et sur lesquels ont été édifiés les différents barrages (Béni Bahdel, Meffrouch, Hammam Bouhrara, Sidi Abdelli, Sikkak), [MOHAMED B. Y 2009].

Le paysage est de type montagnoux, avec un versant Nord présentant un relief accidenté dont la topographie a tendance à s'abaisser d'Ouest en Est. Les bassins versants des monts de Tlemcen dominent des plaines dont le paysage, plus homogène, est caractérisé par une faible pente, inférieure à 5%, où s'insèrent des cuvettes comme celles de Dayet El Ferd et El Mekahil. Le relief est composé d'un ensemble de collines et de cuvettes présentant des entailles provoquées par le réseau hydrique (BOUANANI A. 2000).

B. Contexte géologique

La structure actuelle de l'Algérie du Nord est liée aux mouvements hercyniens et alpins qui ont permis l'individualisation de plusieurs domaines (FERAH Z.T. 1996).

On distingue du Nord au Sud :

- Le domaine tellien,
- Le domaine tello-rifain,
- Le domaine atlasique,
- Le domaine saharien.

1. Lithostratigraphie

D'après les travaux de BENEST M., 1985, les Monts de Tlemcen sont caractérisés principalement par l'affleurement des terrains d'âge Jurassique et Crétacé.

1.1. Le Jurassique

1.1.1 Les argiles de Saïda

Elles correspondent à des dépôts argileux et marneux, parfois schisteux à passées gréseuses. La formation peut atteindre 300 m jusqu'à 500 m est attribuée au Callovo-Oxfordien, elle offre parfois une transition assez progressive aux grès de Boumediene.

1.1.2 Les grès de Boumediene

D'âge Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur, il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse, avec des passées argileuses masquées le plus souvent, par des éboulis ou la végétation. Ces grès à ciment calcaire, se présentent en bancs assez durs, dont les épaisseurs sont variables pouvant atteindre 500 m. Les grès de Boumediene sont particulièrement développés dans les forêts de Zarifet et d'Hafir au SW de Terny et au niveau des cascades d'El Ourit au Sud du bassin d'oued Sikkak

1.1.3. Les calcaires de Zarifet

Il s'agit de bancs calcaires séparés par de minces intercalations de calcaires marneux écailleux, parfois quelque peu fossilifères, marquant presque partout la base très nette du Kimméridgien et reposent directement en concordance sur les grès de Boumediene formant les falaises des environs de Tlemcen. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 25 m au col de Zarifet.

1.1.4. Dolomies de Tlemcen

D'âge Kimméridgien moyen-Kimméridgien supérieur, il s'agit de dolomies cristallines grises, avec de nombreuses cavités remplies de calcite. Elles affleurent autour d'Aïn Fezza, dans la forêt de Zarifet, au Nord de Tlemcen, dans les djebels Teffatisset, Aïn El Hout et sur le plateau de Terny; Elles peuvent être surmontées par les calcaires de Stah épargnés par la dolomitisation. Cette formation peut atteindre 200 m aux environs de Tlemcen à El Ourit et on la rencontre dans tous les sous-bassins étudiés.

1.1.5. Marno-calcaires de Raouraï

Ce sont des marnes grises, blanchâtres en surface, intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires marneux durs; cette formation est limitée à sa base par les lits calcaires de Stah et au sommet par les calcaires de Lato, ou les premières assises des dolomies de Terny. Elle affleure particulièrement sur le plateau de Terny, dans le djebel Lato et à l'Est de Ain Fezza.

1.1.6. Calcaires de Lato

Ce sont des calcaires massifs en bancs épais, leur épaisseur est d'environ 50 m au djebel Lato.

1.1.7. Dolomies de Terny

Elles correspondent à des dolomies parfois vacuolaires avec de nombreuses stratifications obliques et un aspect très massif, qui permet de bien les distinguer des dolomies de Tlemcen. Elles sont développées au niveau du plateau des Azails, de Terny et près du barrage Meffrouch, leur épaisseur est de l'ordre de 100 m dans le plateau de Terny. Elles sont bien représentées au niveau des bassins de l'oued Sebdou, Isser et Sikkak.

Ces trois formations précédentes sont attribuées au Tithonique inférieur.

1.1.8. Marno-calcaires de Hariga

D'âge Tithonique moyen, il s'agit d'une alternance de marnes et de Calcaires. Elles sont bien exposées au djebel Hariga avec une épaisseur de 165 m dans le bassin du Sebdou, ainsi qu'au Bled El Gliia dans le bassin de L'Isser qui vont jusqu'à 270 m.

1.1.9. Marno-calcaires d'Ouled Mimoun

L'âge de cette formation est le tithonique supérieur, cette formation renferme les couches de passage du Jurassique au Crétacé, elle est limitée à sa base par les "grès de Merchich", dans le secteur de Merchich, sur le rebord sud du plateau de Terny. Elle affleure nettement dans le secteur d'Ouled Mimoun, ainsi qu'au niveau de la bordure nord du fossé de Sebdou.

1.2. Crétacé

Représenté par la série du Crétacé inférieur, on y distingue du bas vers le haut :
Les argiles de Lamoricière (Ouled Mimoune) d'âge Berriasien-Valanginien :

C'est une formation argilo-gréseuse, nettement calcaire au sommet. Elle affleure au niveau de Hassi Zerga dans le bassin de Sebdu.

1.2.1. Grès de Berthelot (Hauterivien)

Caractérisés par une récurrence des argiles d'épaisseur variable. La base est riche en stratifications obliques, marquée par des bancs de dolomies pulvérulentes. C'est une formation argilo-gréseuse, nettement calcaire au sommet. Elle affleure au niveau de Hassi Zerga dans le bassin de Sebdu.

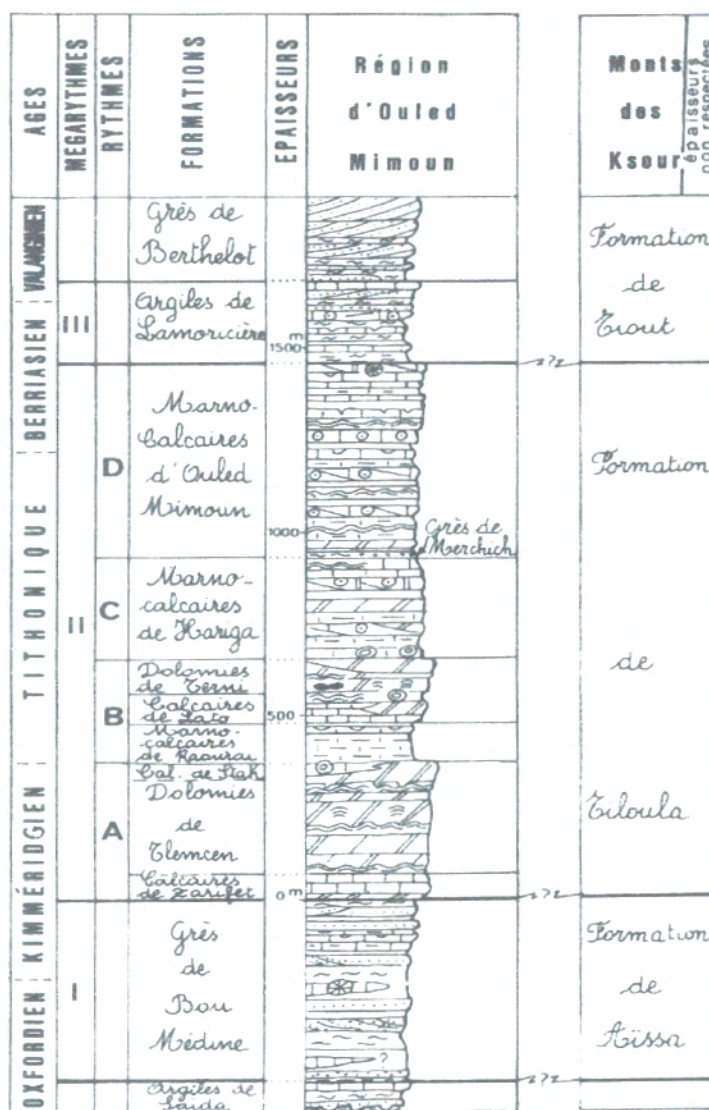


Figure n°2: Log lithostratigraphique des monts de Tlemcen. (D'après BENEST, 1985).

1.3. Le tertiaire

Il est représenté par des dépôts essentiellement marins (BENEST M. 1985). Les formations miocènes se développent presque uniquement sur le versant Nord des monts de Tlemcen. L'helvétien prédomine avec d'immense affleurement de marnes grises ouverte devenant noir par altération. Au sein de cette série s'intercalent de nombreux bancs gréseux, plus fréquents au sommet.

1.4. Le quaternaire

Il n'est représenté que par des formations continentales qu'il est difficile de dater avec précision (COLLIGNON, 1986).

CARTE GEOLOGIQUE DE LA WILAYA DE TLEMCCEN
(extrait de la carte géologique de l'Algérie - Oran Nord au 1/500 000-)

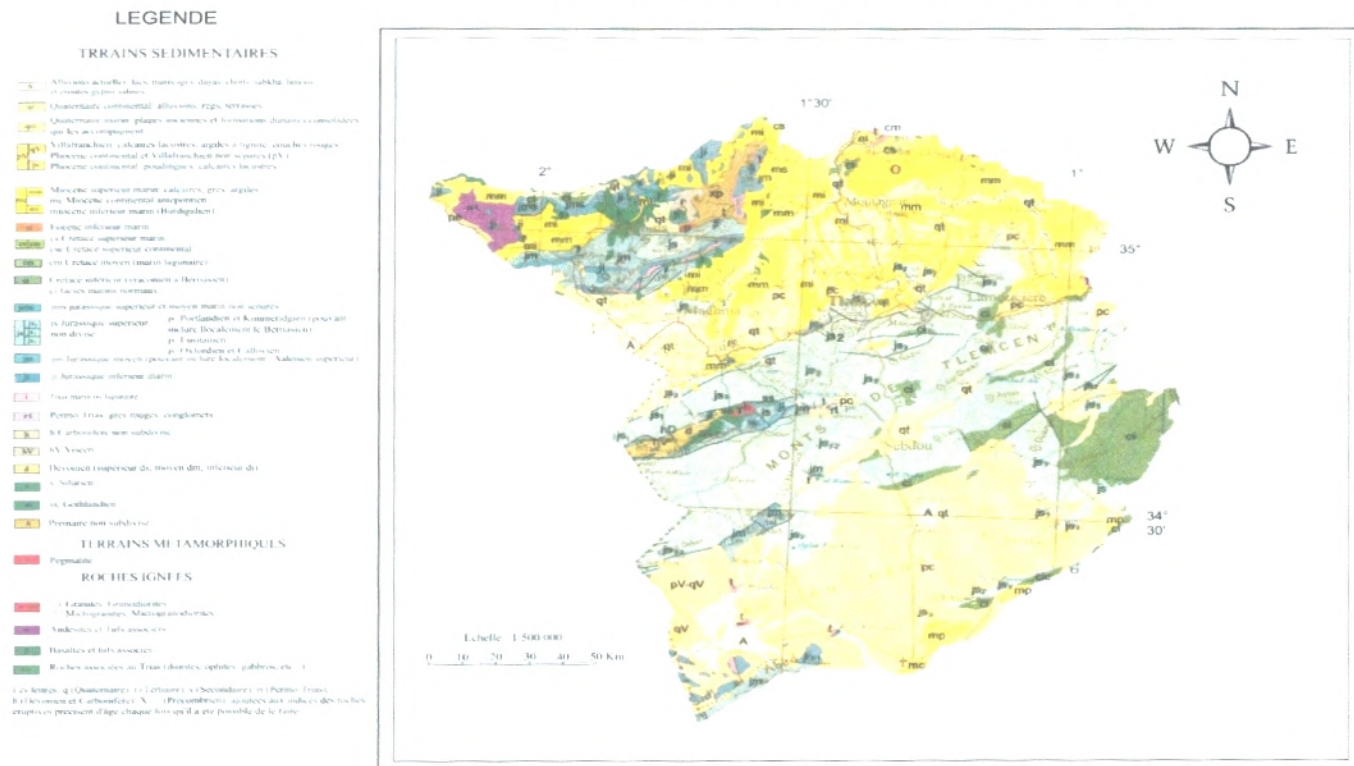


Figure n°3: Carte géologique de la wilaya de Tlemcen.(Extrait de la carte géologique de l'Algérie-Oran au 1/500 000)

2. Tectonique

Les monts de Tlemcen sont issus principalement de la tectogenèse cénozoïque. Ce domaine est marqué par un réseau de fractures longitudinales, SW-NE à WSW-ENE

(direction tellienne la plus fréquente), mais également obliques avec des failles transversales N -S à NNE-SSW (BENSALAH et al. 1999).

Les principaux accidents (d'héritage probablement hercynien) sont impliqués dans la différenciation de grabens, de horst et de structures subtabulaires correspondant à des plateaux karstiques parfois étendus. Mais à cette tectonique surtout distensive (et cassante) s'ajoute une tectonique compressive ayant entraîné un net raccourcissement de la couverture dans les zones les plus instables ou les moins résistantes aux contraintes tangentielles (de direction moyenne N -S). Il en résulte une série de plis bien marqués indiquant un double déversement comme dans les chaînes intracratoniques. On observe localement des torsions, et surtout des chevauchements (soit vers le NW, soit plus rarement vers le SE), notamment au passage d'accidents subméridiens dont le jeu (ou le rejeu) décrochant est principalement sénestre (BENEST 1999).

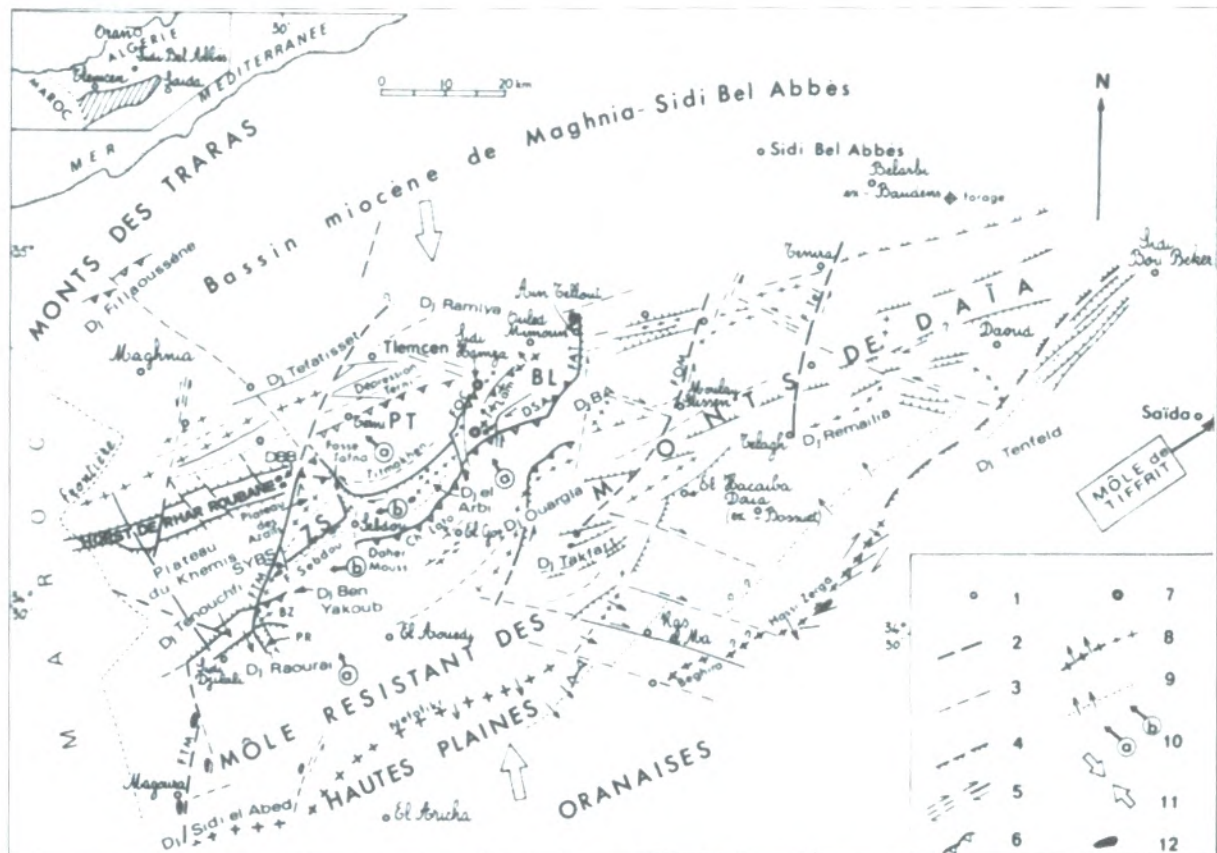


Figure n°4: Schéma structural des monts de Tlemcen et de Daïa.
(D'après BENEST 1985).

Légende :

- | | |
|---|--|
| 1. -Localité | 7. Klippe |
| 2. Faille majeure | 8. Anticlinal ; les flèches indiquant la vergence |
| 3. Faille mineure | 9. Synclinal |
| 4. Faille normale ayant joué verticalement | 10. Sens des principaux chevauchements ou déplacements (a= 1 ^{er} temps et b=2 nd temps) |
| 5. Sens de décrochement (le dernier en général) | 11. Direction moyenne de compression |
| 6. Faille inverse ou chevauchante | |

CHAPITRE II,

NOTIONS SUR LA TÉLÉDÉTECTION ET LA
PHOTOINTERPRÉTATION



I. GÉNÉRALITÉS SUR LA TÉLÉDÉTECTION

1. Définition de la télédétection

« La télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, d'observer et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...), etc. (SOUDANI K., 2005).

2. Principes de base de la télédétection

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur (Fig.5).

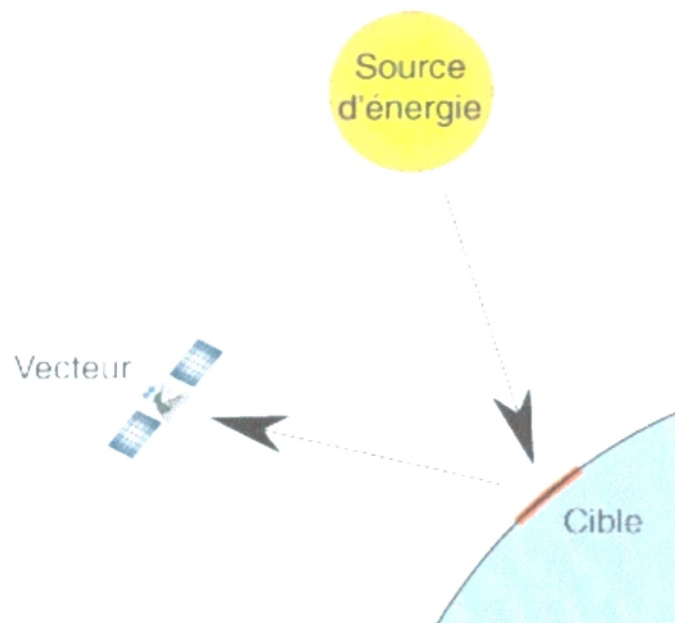


Figure n°5: Principe de base de la télédétection

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** est l'élément qui "éclaire" la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons). Dans l'immense majorité des cas, la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie. Il est également possible de mesurer la chaleur qui se dégage à la surface de la cible (infrarouge thermique), auquel cas c'est la cible qui est source d'énergie (bien qu'il s'agisse d'énergie solaire stockée et réémise).
- **Le vecteur** ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoie l'image sur Terre vers des stations de réception.

Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de **télédétection passive** et lorsque le satellite émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, on parle de **télédétection active**.

3. Les bases physiques de la télédétection

A. Le rayonnement électromagnétique (SOUDANI K., 2005).

Selon la théorie corpusculaire de la lumière, le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires et se déplaçant à la vitesse de la lumière (300 000 km/s dans le vide). Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur et sa fréquence (fig. 6).

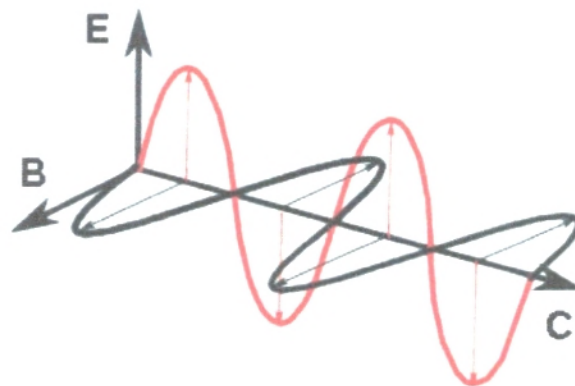


Figure n° 6: Onde électromagnétique. (D'après Stéphane J.2008)

B. Le spectre électromagnétique

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio).

L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'ondes est appelé « spectre électromagnétique » (Fig. 7).

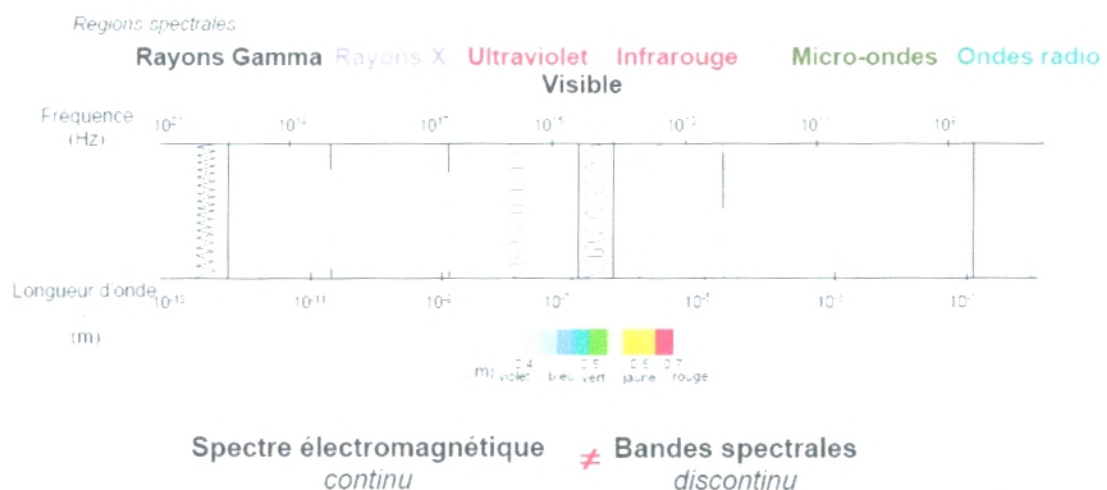


Figure n°7: Détails des domaines spectraux. (D'après Stéphane J.2008)

La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique. En télédétection, les capteurs des instruments embarqués sur les satellites et avions mesurent la quantité de REM renvoyée par une portion d'espace terrestre, les capteurs embarqués sur les satellites peuvent enregistrer les ultraviolets (rare), le visible, le

proche-infrarouge, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, l'infrarouge lointain et les hyperfréquences.

C. Signatures spectrales

En mesurant l'énergie réfléchié ou émise par la cible avec une variété de longueurs d'onde, nous pouvons construire la signature spectrale pour un objet. Les signatures spectrales sont donc la réponse radiométrique des objets dans une succession de longueurs d'ondes. Elles sont représentées par des courbes figurant la réflectance en ordonnées et la longueur d'onde en abscisse. La structure des minéraux est telle qu'il existe de nombreuses bandes d'absorptions dues aux transitions électroniques et aux vibrations moléculaires (Fig. 8) (DELACOURT C.). La réflectance des roches dépend de leur composition physico-chimique mais également de leur degré d'altération. La signature spectrale d'une roche n'est donc pas uniquement une combinaison des signatures spectrales des minéraux qui la compose (DELACOURT C.).

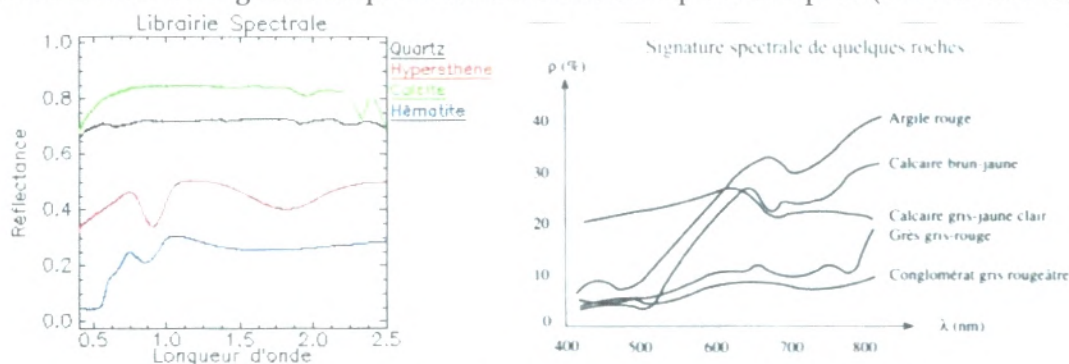


Figure n°8: Signatures spectrales de quelques minéraux et roches.
(D'après la librairie spectrale de l'USGS)

4. Les caractéristiques du capteur Landsat 7 ETM+ (Gomez C., 2004)

Le satellite Landsat 7 est le, dernier de sa famille, il possède à son bord le capteur multi-spectral ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>). Ce capteur enregistre la réflectance de la surface terrestre dans sept bandes spectrales (Tab. 1): quatre dans le Visible et Proche Infrarouge, deux dans l'Infrarouge Moyen, une dans l'Infrarouge Thermique et une bande en mode panchromatique (l'image panchromatique est obtenue à partir de données acquises dans une seule bande spectrale, correspondant à la partie visible du spectre à l'exception du bleu, la bande couvre la région du spectre comprise entre 0,52 et 0,90 μm). Ces bandes spectrales peuvent être utilisées pour la discrimination lithologique et structurale.

La limite de résolution spatiale du capteur TM est de 30 m pour toutes les bandes, sauf l'infrarouge thermique qui est de 120 m. Toutes les bandes sont enregistrées sur une étendue de 256 valeurs numériques (8 octets). Le tableau suivant nous donne les caractéristiques des différentes bandes de fréquence du capteur ETM+.

Bandes de fréquence de l'instrument ETM+	Bandes spectrales	Résolution spatiale	Longueur d'onde
Bande 1	Bleu (visible)	30m	0,45-0,5 μm
Bande 2	Vert (visible)	30m	0,52-0,6 μm
Bande 3	Rouge (visible)	30m	0,63-0,69 μm
Bande 4	IR proche	30m	0,75-0,9 μm
Bande 5	IR moyen	30m	1,5-1,7 μm
Bande 6/1	IR Thermique/lointain	60m	10,4-12,5 μm
Bande 6/2		120m	
Bande 7	IR moyen	30m	2,08-2,35 μm
Bande 8	Panchromatique (vert-rouge-IR)	15m	520-900 nm

Tableau n°1: Les caractères des bandes Landsat 7 ETM+. (D'après GOMEZ, 2004)

II. PRINCIPE DE LA PHOTO-INTERPRÉTATION

La reconnaissance ou photo-interprétation consiste en une lecture de l'image satellitaire et permet d'analyser le paysage de la région d'étude pour en ressortir les principales unités géologiques (délimitation lithologique en se basant sur la signature spectrale) ainsi que le réseau de la fracturation qui les accompagne. La caractérisation de ces formations géologiques et les réseaux de fractures est conditionnée par trois critères fondamentaux de la photo-interprétation qui sont :

1. La signature spectrale

Elle est fonction de la qualité de la lumière réfléchiée par un objet ainsi que son caractère radiométrique. Il est à noter que deux objets ou faciès différents peuvent avoir la même signature spectrale et la réciproque est vraie. D'où la contribution des autres critères est plus qu'indispensable ;

2. La morphologie

Elle est la caractéristique géométrique englobant la forme des objets, leur mode d'affleurement et leur taille. Il est utile de préciser que l'analyse des formes des objets est une aide précieuse au géologue-téledétecteur quant à sa photo-interprétation ;

3. la texture et la structure

Ces deux caractéristiques définissent le mode d'arrangement des teintes : homogénéité, granulométrie, etc... La texture (contrôle des propriétés de la surface colorée d'un objet.) est souvent un caractère ou un paramètre important de différenciation des objets. Ainsi une texture définie pour une petite échelle, devient une structure à une plus grande échelle.

III. Télédétection et géologie

La télédétection est une technique indirecte de prospection. Elle diffère de la géophysique parce qu'elle donne, à priori, uniquement une image de la surface ou, de la très proche surface. Cependant, même si sa place en prospection est encore modeste, elle constitue un outil largement utilisé en phase de reconnaissance ; son utilisation offrant « la possibilité de prendre le recul nécessaire et d'interroger ainsi autrement la nature » (SCANVIC, 1986).

L'évolution de la géologie structurale bénéficie largement du développement de la télédétection et de la mise en place progressive d'une méthodologie appropriée. Aux cartes de linéaments, supports stratégiques appréciés mais aussi critiques, succèdent progressivement des synthèses régionales où la complémentarité des approches terrain-espace est mise en valeur ; peu à peu on apprend à mettre en œuvre de façon logique, la télédétection dans la suite de démarches et procédures utilisées par le géologue structuraliste. L'utilisation de senseurs de plus en plus sophistiqués, a révolutionné l'application de cette technique d'approche en géologie de par leurs résolutions spatiale et spectrale de plus en plus fines.

La figure n° 4 résume les applications de la télédétection en géologie.

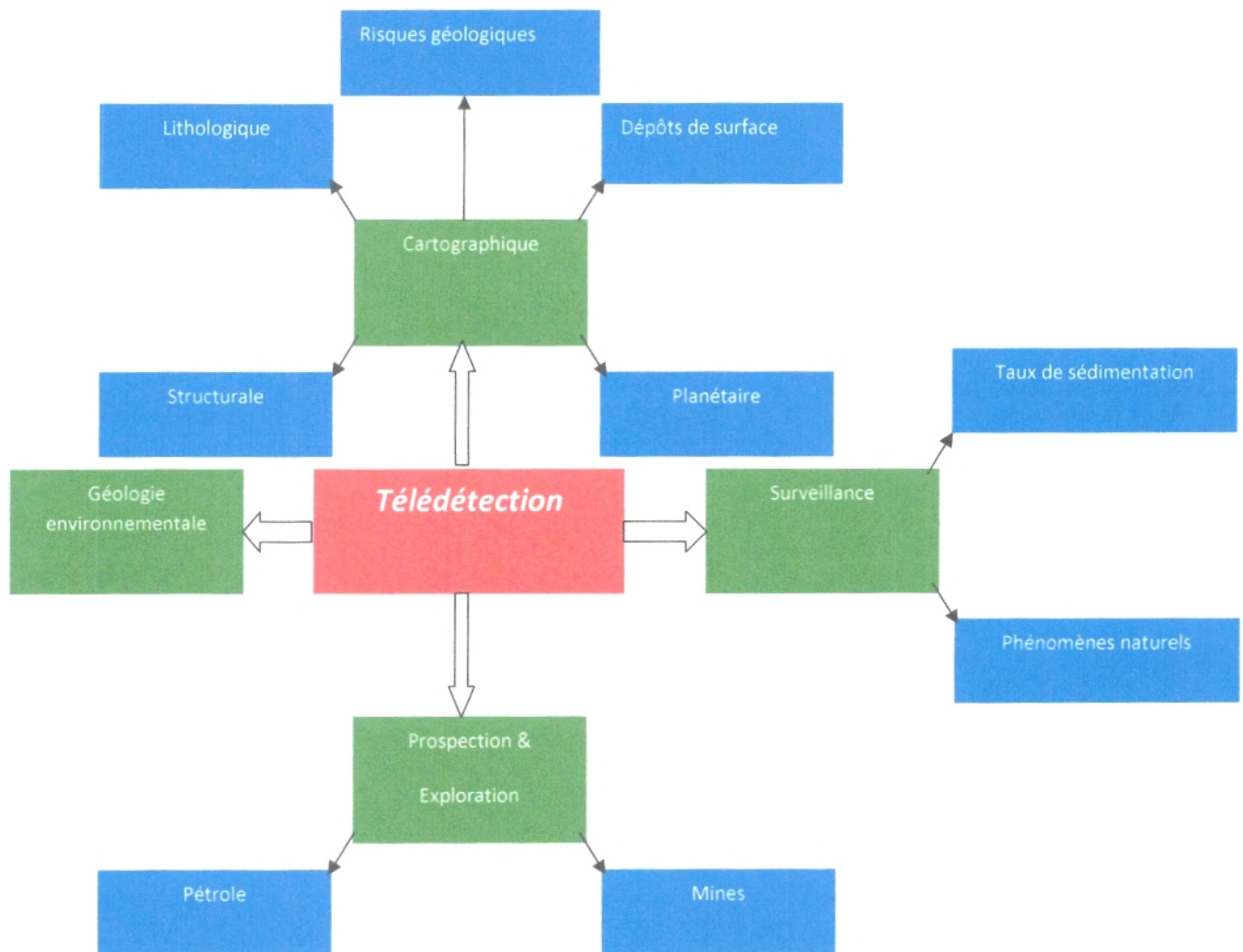


Figure n° 9 : Principaux domaines d'applications de la télédétection en géologie.

CHAPITRE III,

DONNÉES UTILISÉES ET MÉTHODES DE
TRAITEMENTS

I. DONNÉES UTILISÉES

A. Données satellitaires

L'image satellitaire utilisée pour la réalisation de ce travail est une portion de la scène Landsat 7 ETM+ (Path : 198 ; Row : 36) acquise le 19/05/2002. Cette image a été choisie du fait de ces caractéristiques spectrales et spatiales permettant une bonne cartographie structurale à petite échelle. Il s'agit des bandes ETM+1 (bleu), ETM+2 (vert) ETM+3 (rouge), ETM+4 (proche infrarouge), ETM+5 (infrarouge moyen), ETM+7 (infrarouge lointain) toutes avec des pixels carrés de 30 m et la bande ETM+6 (infrarouge thermique) des pixels de 60 m. (Fig. 10).

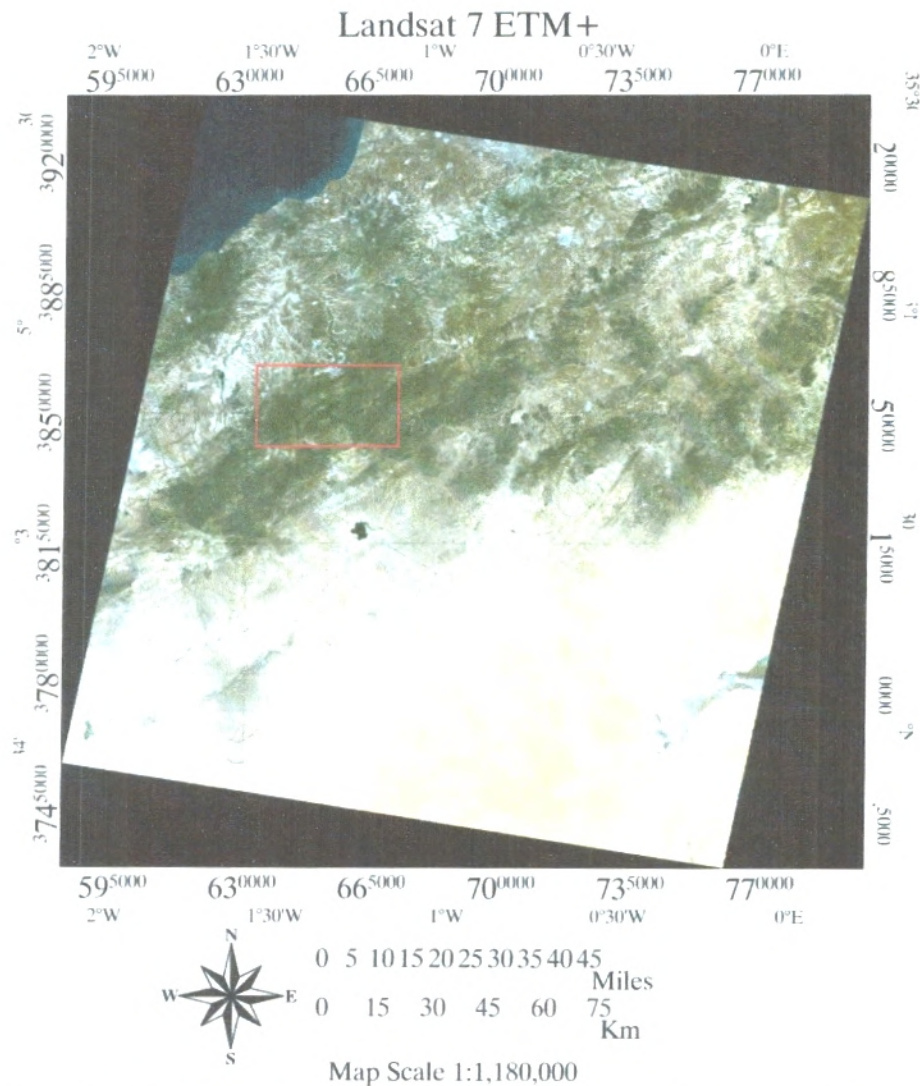


Figure n°10: Landsat ETM+7, canaux 3,2 et 1 en RVB couvrant les Monts de Tlemcen, (Le rectangle rouge indique la région d'étude).

B. Données géoscientifiques

Ces données sont du type cartographiques et comporte les cartes structurales établie au 1/200 000 de BENEST (1985) et d'AUCLAIRE et BIEHLER (1967). D'autre part, un extrait de la carte géologique de l'Algérie-Oran de la wilaya de Tlemcen établie au 1/500 000 a également été utilisée.

II. OUTILS ET MÉTHODES

En ce qui concerne le traitement d'image, nous avons opté à une méthodologie rationnelle que nous décrivons dans ce qui suit :

- Nous avons d'abord traité les images satellitaires en utilisant le logiciel ENVI 4.5. Les traitements utilisés sont les filtres directionnels, les compositions colorées, l'analyse en composantes principales (ACP), la morphologie mathématique, et les rapports de bandes.

- Nous avons ensuite appliqué les filtres directionnels sur les images traitées par l'ACP (les trois premières bandes de l'ACP) pour obtenir les cartes linéamentaires.

- Les images traitées par les filtres directionnels sont utilisées pour tracer les linéaments dans le MapInfo 7.8. Nous allons nous servir des données géoscientifiques en l'occurrence les cartes et schémas structuraux pour compléter notre étude. Les images traitées par les compositions colorées, l'analyse en composantes principales (ACP) et les rapports de bandes seront utilisées pour la réalisation d'une carte de fracturation de la zone étudiée.

- Les cartes obtenues sont ensuite introduites dans SPO (2003) pour obtenir le nombre et les directions des linéaments. Ces données seront ensuite utilisées pour tracer les rosaces de direction à l'aide du logiciel Stereonet.

La méthodologie est résumée dans l'organigramme suivant :

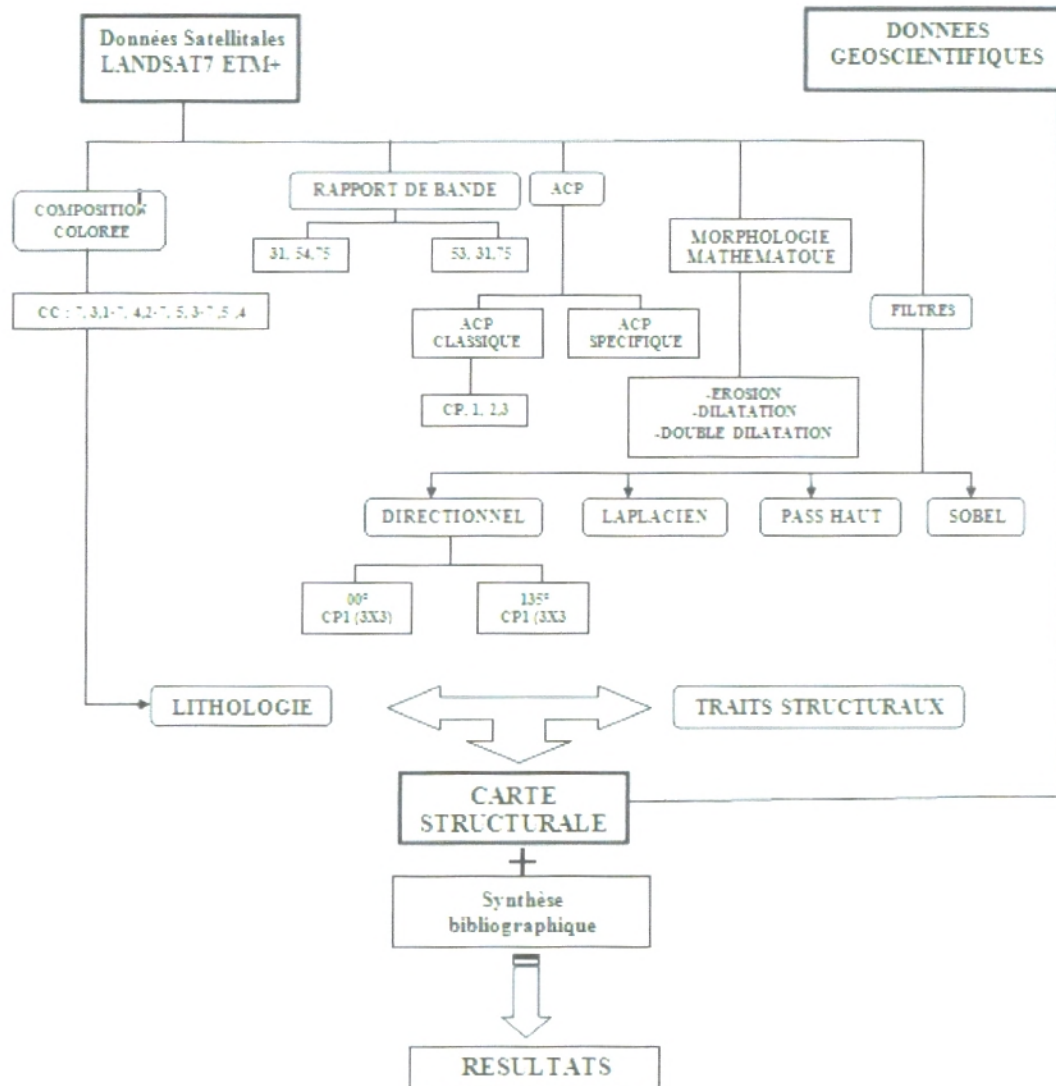


Figure n°11 : Organigramme de la méthodologie de traitement d'images satellitaires.

III. MÉTHODES DE TRAITEMENTS

A. Méthodes standards

1. Traitement d'amélioration du contraste

Une image digitale Thematic Mapper ou autre est codée sur un octet et devrait théoriquement contenir 256 nuances de niveau de gris, allant de 0 (noir) à 255 (blanc). Toutefois, dans les images satellitaires, l'histogramme des niveaux de gris est le plus souvent étroit et les images sont alors peu contractées. Dans cette optique, l'opération dite « stretching » consiste à étaler cette répartition entre 0 et 255 ce qui

permet de redistribuer les tons de gris préalablement choisis entre deux seuils. L'image ainsi obtenue est complètement modifiée, mais mieux lisible.

2. Composition colorée en fausse couleur

Nous avons d'abord procédé à l'élaboration d'un masque de la zone d'étude. Les traitements qui vont suivre seront effectués sur ce masque.

D'autre part, l'affichage en fausses couleurs consiste à attribuer des couleurs fictives aux bandes spectrales. L'image résultante est dite composition colorée et se compose de trois plans de couleur rouge, vert et bleu. On a attribué la couleur rouge à la bande spectrale proche infrarouge, la couleur verte à la bande rouge et la couleur bleue à la bande verte. (Fig. 12).

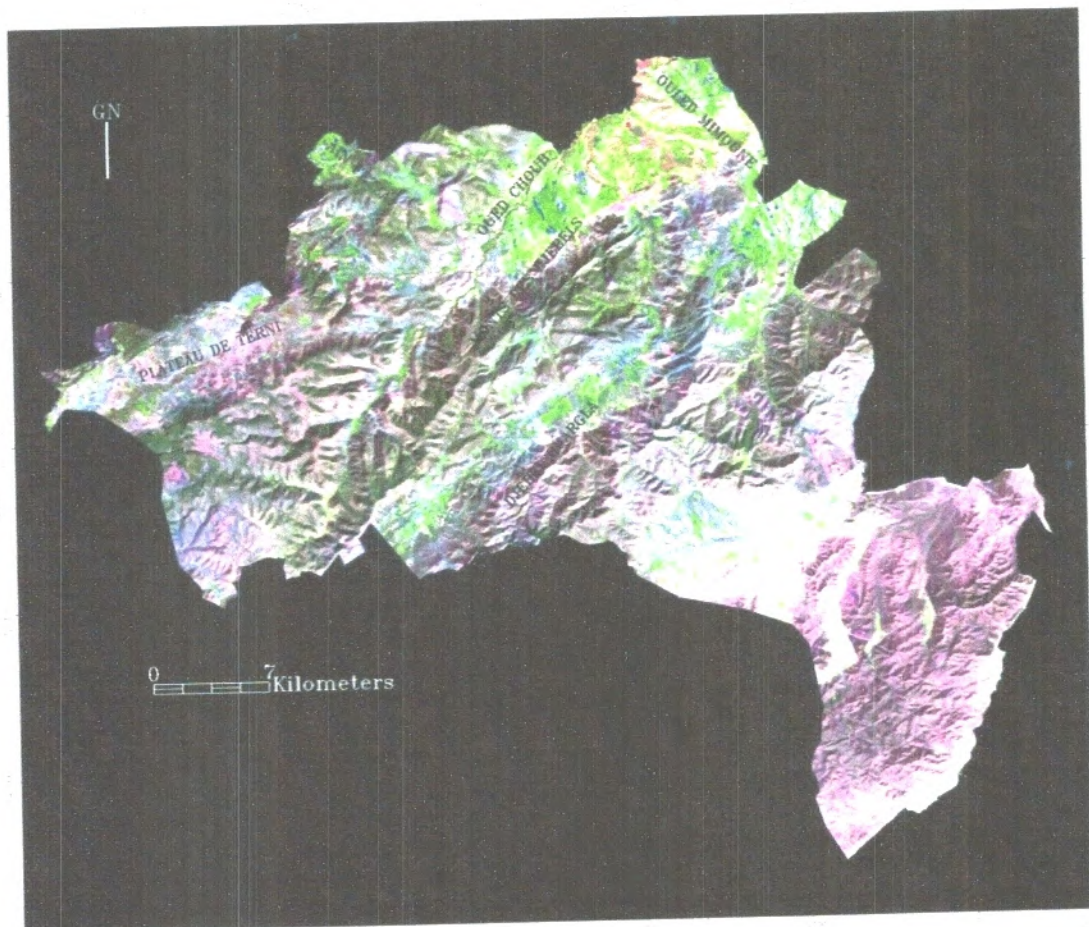


Figure n°12: Composition colorée ETM+ 731 de la zone d'étude.

3. L'analyse en composante principale classique

L'analyse en composante principale (ACP) permet de réduire l'information contenue dans plusieurs bandes, hautement corrélées en un nombre restreint de composantes (Coulibaly, 1996). Parfois l'information comprise dans 5 ou 6 bandes est réduite par cette analyse en seulement 3 composantes (Fig.13).

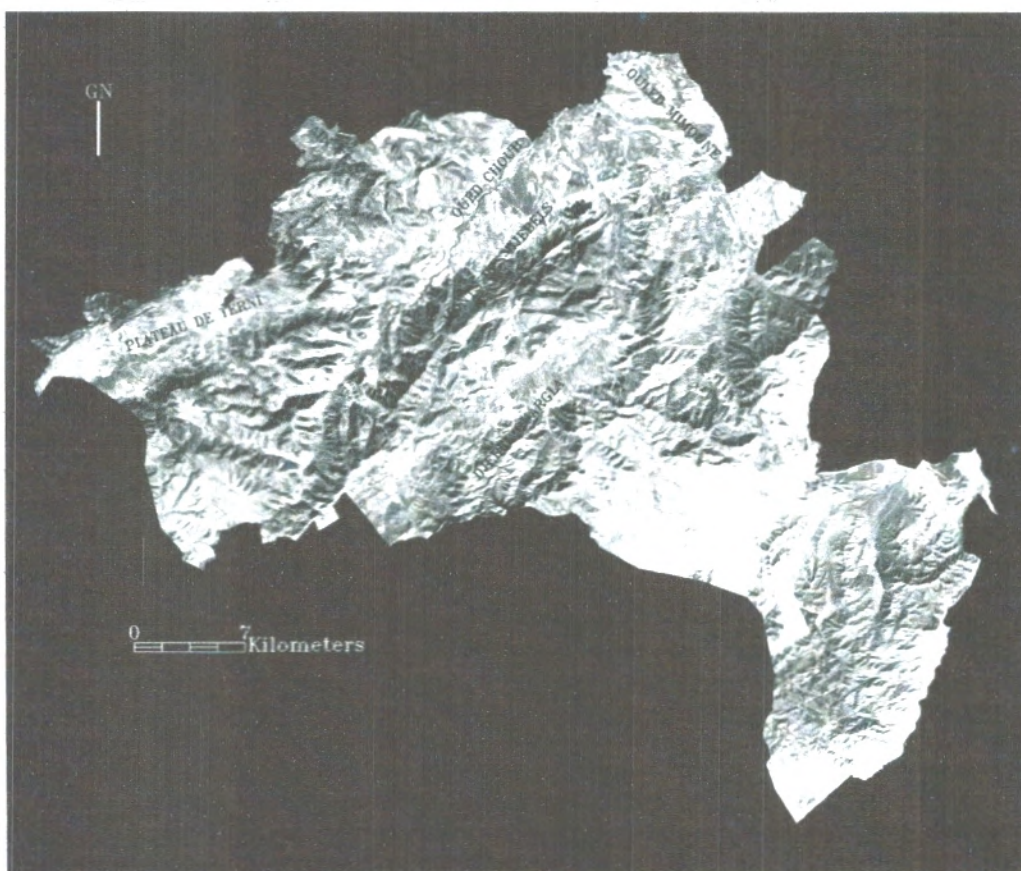


Figure n°13: Composante principale 1 (CP1).

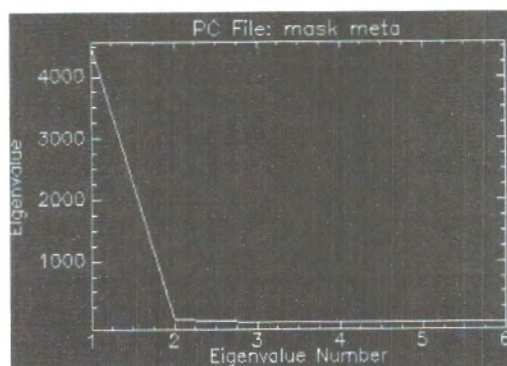


Figure n°14: Analyse en composante principale des six bandes Landsat 7 ETM+ de la zone d'étude.

En effet, les canaux permettent de créer des compositions colorées qui constitue un excellent produit d'interprétation visuelle, augmentant ainsi le contraste entre les divers objets au sol. Vu leur bonne qualité, nous avons décidé d'utiliser les trois premières Composantes (CP1, CP2, CP3) (Fig.15).

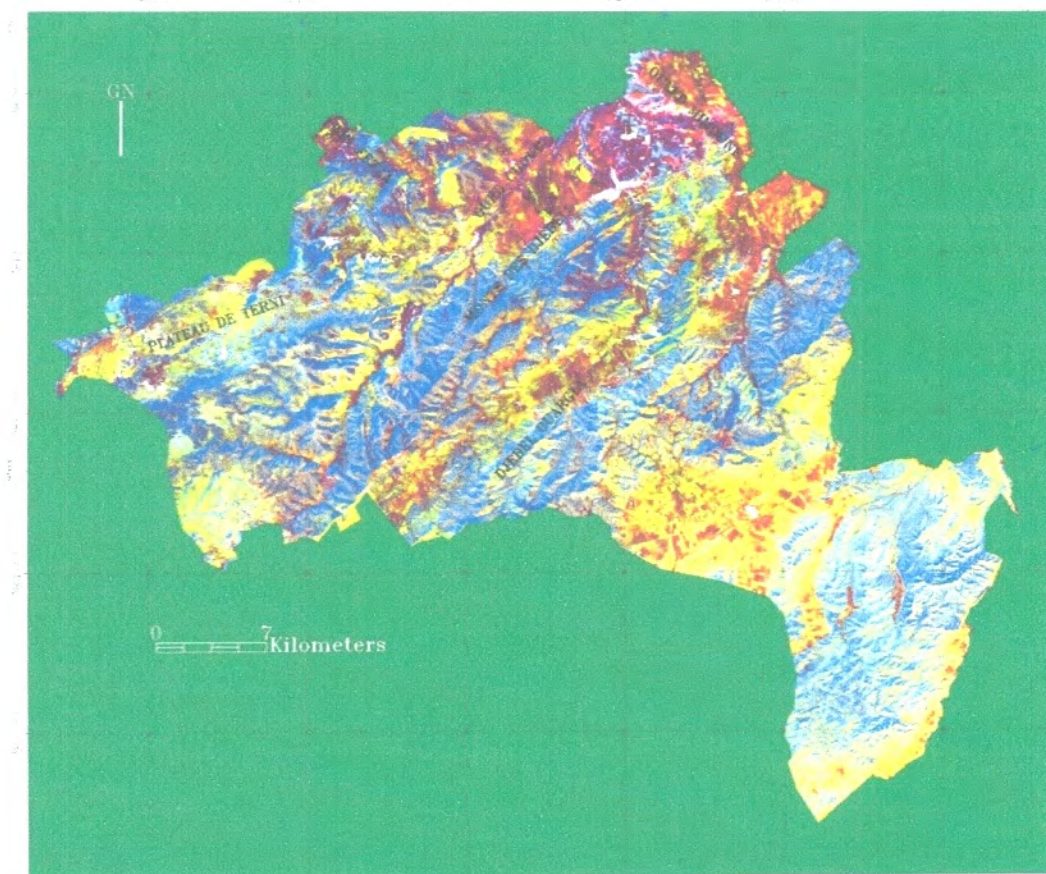


Figure n°15: Composition colorée de la composante principale 123 (CP1,CP2,CP3).

B. Méthodes spécifiques

1. L'analyse en composante principale sélective

Avec l'analyse en composantes principales classique, l'utilisateur est confronté à deux problèmes essentiels :

- les informations qui n'ont pas été cartographiées dans les trois premières composantes peuvent avoir un intérêt significatif dépendant du degré de corrélation et de contraste spectral existant entre les six bandes de ETM+ de Landsat (CHAVEZ, 1984 et WILLIAMS, 1983) ;

- une composition colorée réalisée à partir de trois des six composantes peut être difficile à interpréter visuellement (Williams, 1983).

L'analyse des images ETM+ indique, en général, que les bandes ETM+1,2,3 (bandes visibles) peuvent être utilisées comme un groupe parce que fortement corrélées et les bandes ETM+ 5,7 (bandes du moyen infrarouge) peuvent constituer un second groupe. La bande 4 de ETM+ (bande du proche infrarouge) demeure seule. On relève donc trois zones spectrales distinctes et c'est pour cette raison que, dans cette présente étude, le choix s'est porté sur l'application de l'ACP sélective qui peut contribuer à minimiser les deux problèmes soulevés ci-dessus comme le préconise Chavez (1984).

Une première ACP a été réalisée avec les bandes ETM+ 1, 2,3 dans le visible et on obtient trois composantes : composantes 1, 2 et 3 (CP1123, CP2123 et CP3123).

En utilisant seulement deux images en entrée, les informations communes aux deux bandes seront cartographiées dans la première composante et les informations spécifiques à chaque bande seront regroupées dans la deuxième composante (WILLIAMS, 1983). Cinq analyses en composantes principales ont été effectuées :

- ETM+2 et ETM+4 (visible et proche infrarouge);
- ETM+2 et ETM+7 (visible et moyen infrarouge);
- ETM+4 et ETM+7 (proche infrarouge et moyen infrarouge) ;
- ETM+1 et ETM+2 (visible, bleu et vert) ;
- ETM+5 et ETM+7 (les deux dans le moyen infrarouge).

Plusieurs compositions colorées ont été réalisées avec les différentes composantes 2 de l'ACP sélective. Une première composée couleur est réalisée avec la première composante des ACP123 et ACP1 57 et la bande ETM+4 dans l'ordre d'affichage suivant : CP1123 / ETM+4 /CP157. Ensuite, une série de compositions colorées a été réalisée en remplaçant la bande ETM+4 et la première composante de l'ACP123 et ACP57 par les deuxièmes composantes des ACP réalisées avec les paires de bandes pour tirer profit des informations différentes qui sont regroupées dans les deuxièmes composantes de ces différentes ACP sélectives.



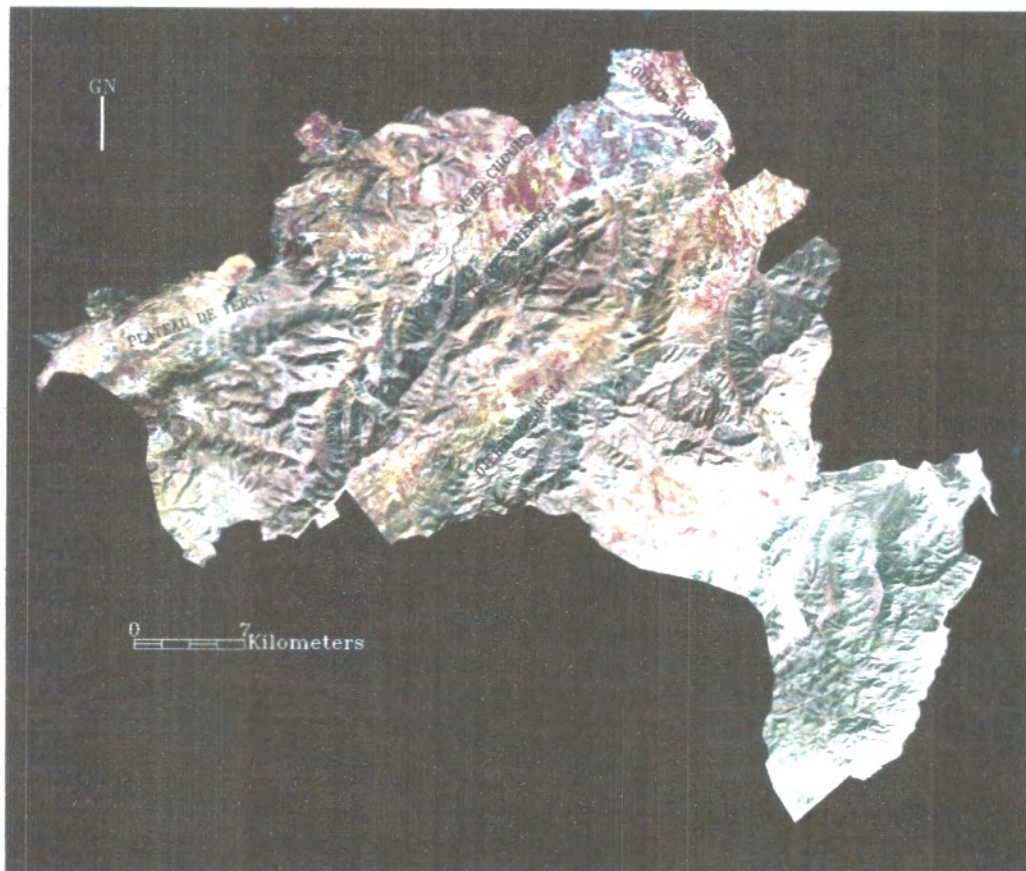


Figure n°16: Composition colorée de (CP1(1,2,3),ETM+4et CP15,7).

2. Les rapports des bandes

Cette analyse est basée sur la notion de réflectance, c'est le rapport entre la quantité d'énergie réfléchie par un objet et la quantité d'énergie reçue par le capteur. Cette méthode permet de réduire les effets de la topographie et d'augmenter le contraste entre les surfaces minérales, en pratique il s'agit de définir les bandes (paire) qui entrent dans le calcul des rapports et les introduire dans l'ENVI.

Trois rapports de bandes sont utilisés pour obtenir une image en RVB. Parmi les différentes combinaisons possibles qu'on a trouvées dans la littérature et qui donnent de bons résultats, nous présentons ici celle qui a donné le meilleur résultat. Il s'agit de la composition : 5/3 4/2 et 3/1.

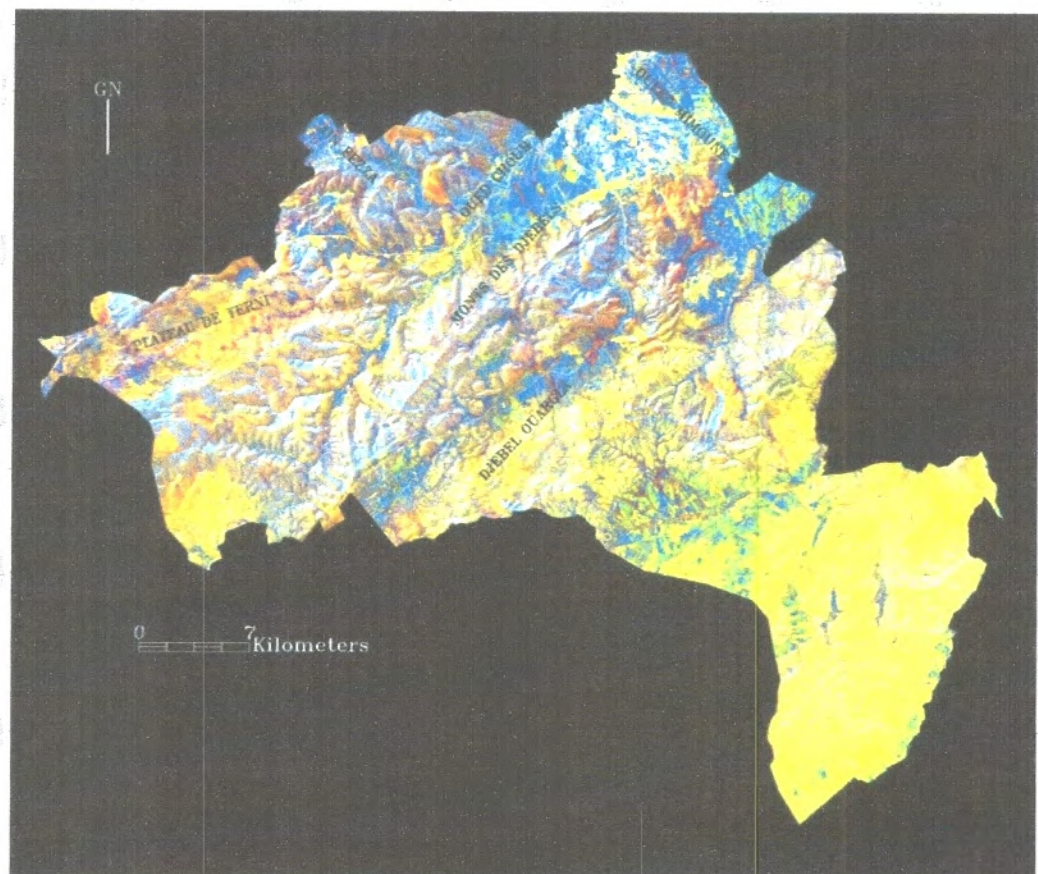


Figure n°17: Composition colorée du ratio (5/3 ,4/2,3/1).

3. Les filtres spatiaux

Les filtres directionnels sont des filtres spatiaux détectant les contours et sont utilisés pour rehausser les caractéristiques linéaires d'une image. Ces filtres ont de nombreuses applications en géologie pour la détection de structures géologiques linéaires. L'objectif de l'application des filtres est de trouver la meilleure façon pour identifier les linéaments correspondant à des discontinuités lithologiques ou structurales dans les images. Les filtres directionnels améliorent la perception des linéaments en provoquant un effet optique d'ombre portée sur l'image. Le rehaussement a été effectué dans de nombreuses directions dont nous avons retenues $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ et 135° à cause du fort contraste obtenu dans les images. Ces filtres ont été appliqués aux résultats de l'ACP1. En théorie, les filtres permettent de mieux discerner les linéaments dont les directions sont perpendiculaires à la direction du filtre. Les directions retenues pour l'établissement des cartes linéamentaires ont été $\alpha =$

0° et $\alpha = 135^\circ$ (les deux autres directions donnent le même résultat à quelques différences près).

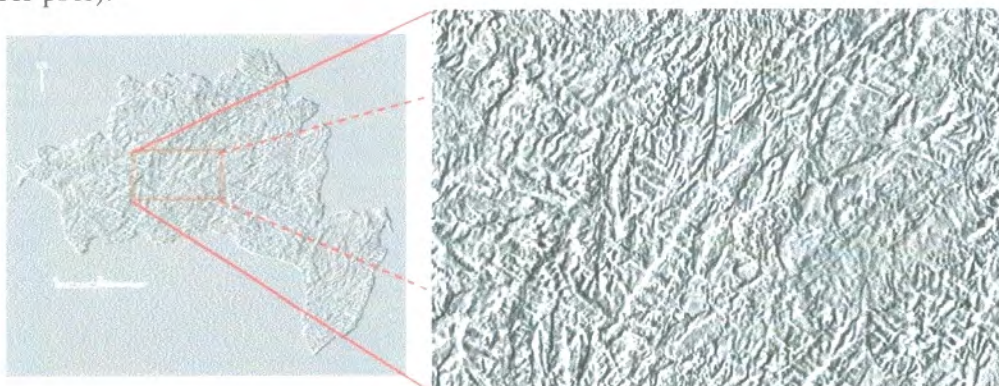


Figure n°18: Filtre directionnel 00° à matrice 3X3.

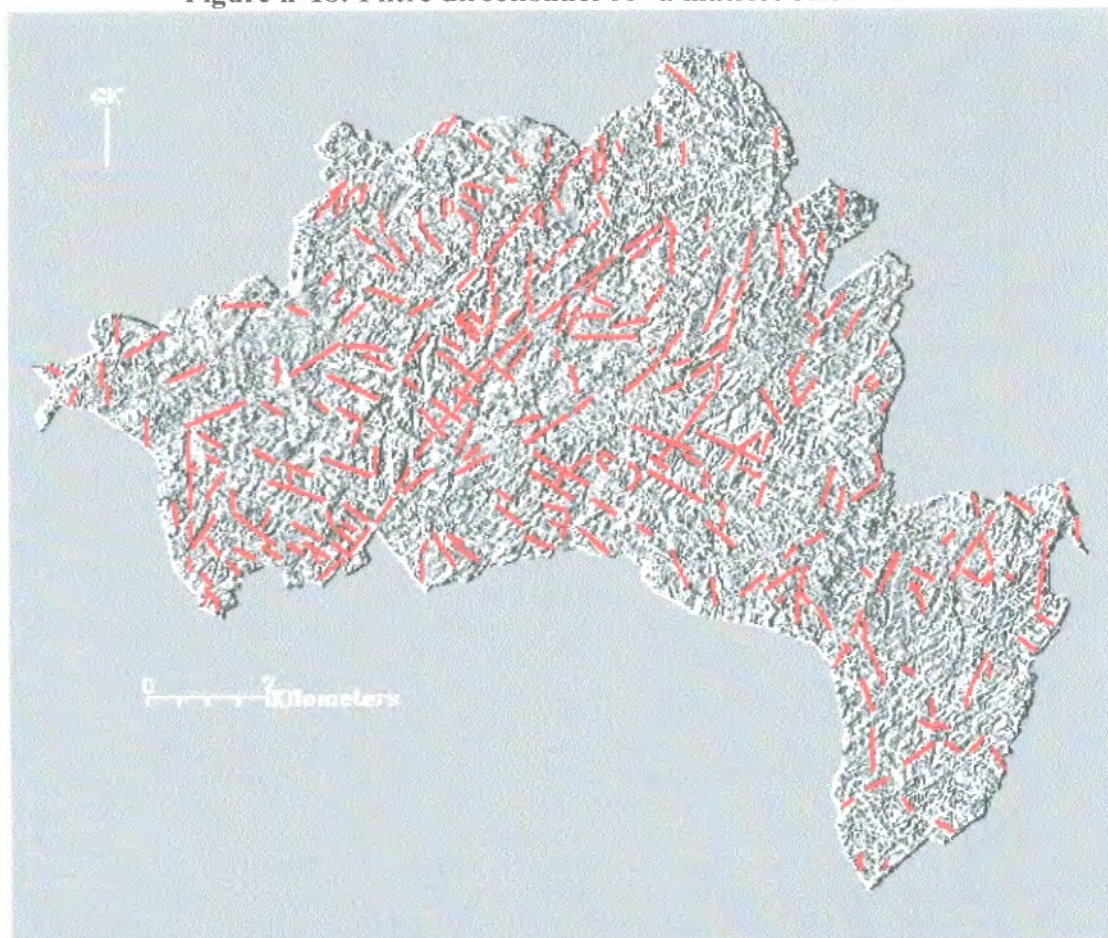


Figure n° 19 : Linéaments selon le Filtre Directionnel 00° à matrice 3X3

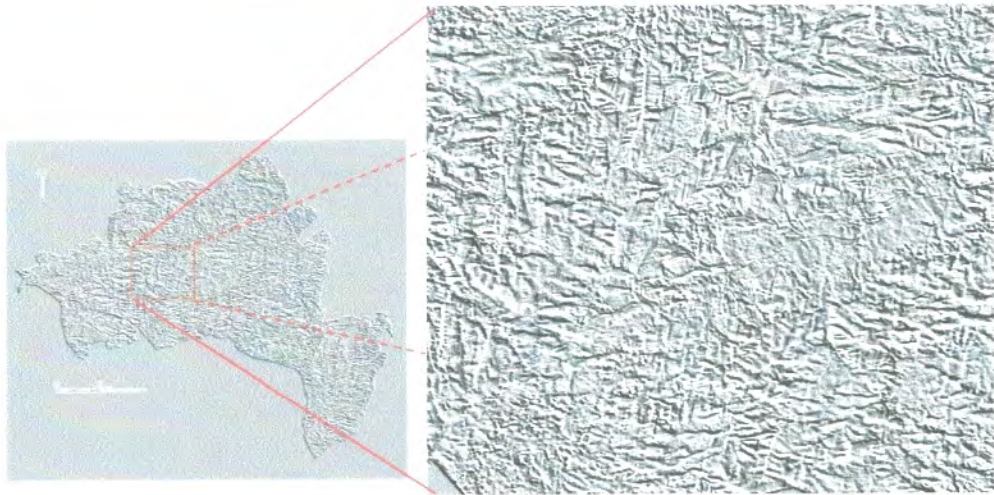


Figure n°20: Filtre directionnel 135° matrice 3X3.



Figure n° 21 : Linéaments selon le filtre directionnel 135° à matrice 3X3

4. Les traitements morphologiques

Les méthodes d'extraction des linéaments reposent généralement sur des approches s'inspirant généralement des techniques de photo-interprétation, des méthodes semi-automatiques recourant aux techniques de seuillage et d'utilisation de divers indices, tandis que la morphologie mathématique permet une extraction automatique.

Cette opération est réalisée sur les masques (images binarisées) des filtres directionnels en appliquant des opérateurs de morphologie mathématique conduisant à une extraction automatique des morphostructures. En effet, la dilatation permet de connecter par coalescence les discontinuités-images et rend l'image plus claire (Fig. 18), alors que l'érosion rétrécit les objets en les séparant tout en rendant l'image plus sombre (Fig. 19). La double dilatation accentue l'extension des structures claires et définit mieux les discontinuités à cartographier (Fig. 22).

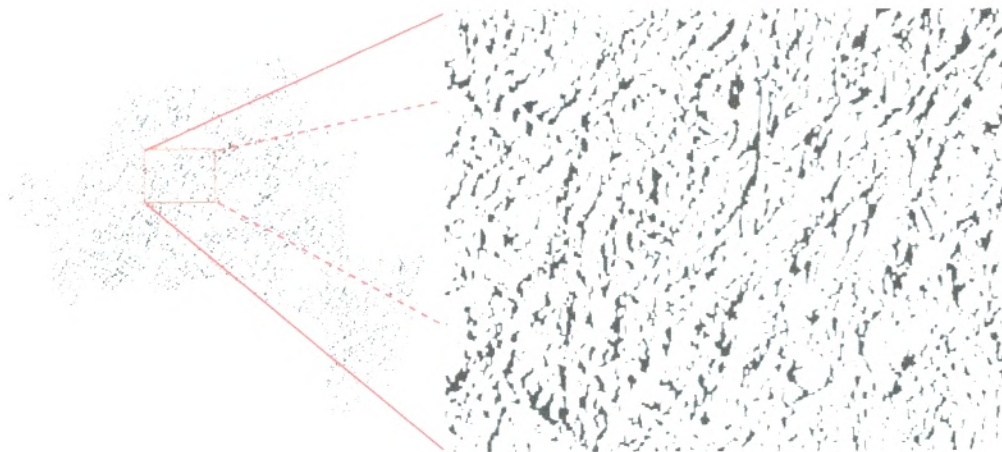


Figure n°22: Filtre morphostructural (dilatation).

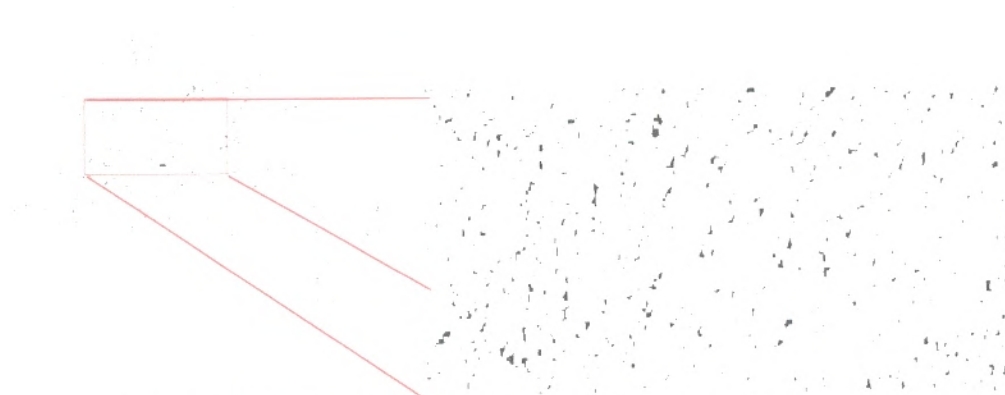


Figure n°23 : Filtre morphostructural (double dilatation)

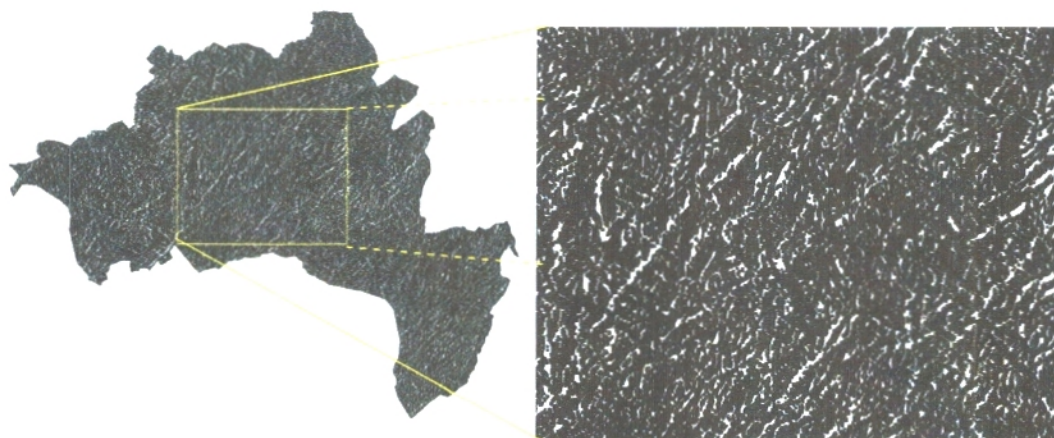


Figure : n°24 : Filtres morphostructural (érosion).

CHAPITRE IV,

ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS
DE TLEMCEN (S.S.)

I. ANALYSE GLOBALE DE LA FRACTURATION

Les traitements numériques de l'image satellitaire Landsat7 ETM+, permettent de caractériser le réseau linéaire de la zone d'étude (Fig. 25). L'analyse de ce réseau nous a permis de mettre en évidence l'existence de 253 linéaments représentant les fracturations du secteur d'étude (Tab.2). Les linéaments structuraux sont interprétés soit directement, lorsqu'il s'agit de failles évidentes, soit indirectement lorsqu'il s'agit de ruptures radiométriques dans une direction (changement brutal de tonalité).

Les mesures de direction des fractures ont été effectuées à l'aide du logiciel SPO, il prend en considération l'organisation préférentielle de forme et permet de compter et calculer les longueurs et les directions des linéaments, (opération qui prend quelques secondes pour des cartes qui peuvent comporter plusieurs centaines voire des milliers de linéaments).

Dans un premier temps nous nous sommes attachés à traiter et à analyser les mesures obtenues selon une démarche statistique qui a consisté d'abord à regrouper les mesures de direction obtenues en classes espacées par pas de 20° pour essayer d'en déduire les directions préférentielles de la fracturation dans la région d'étude.

Nous comparerons ensuite l'interprétation des résultats statistiques obtenus avec les travaux de terrain à l'échelle locale et régionale (BENEST, 1985 et AUCLAIRE et BEIHLER, 1967).



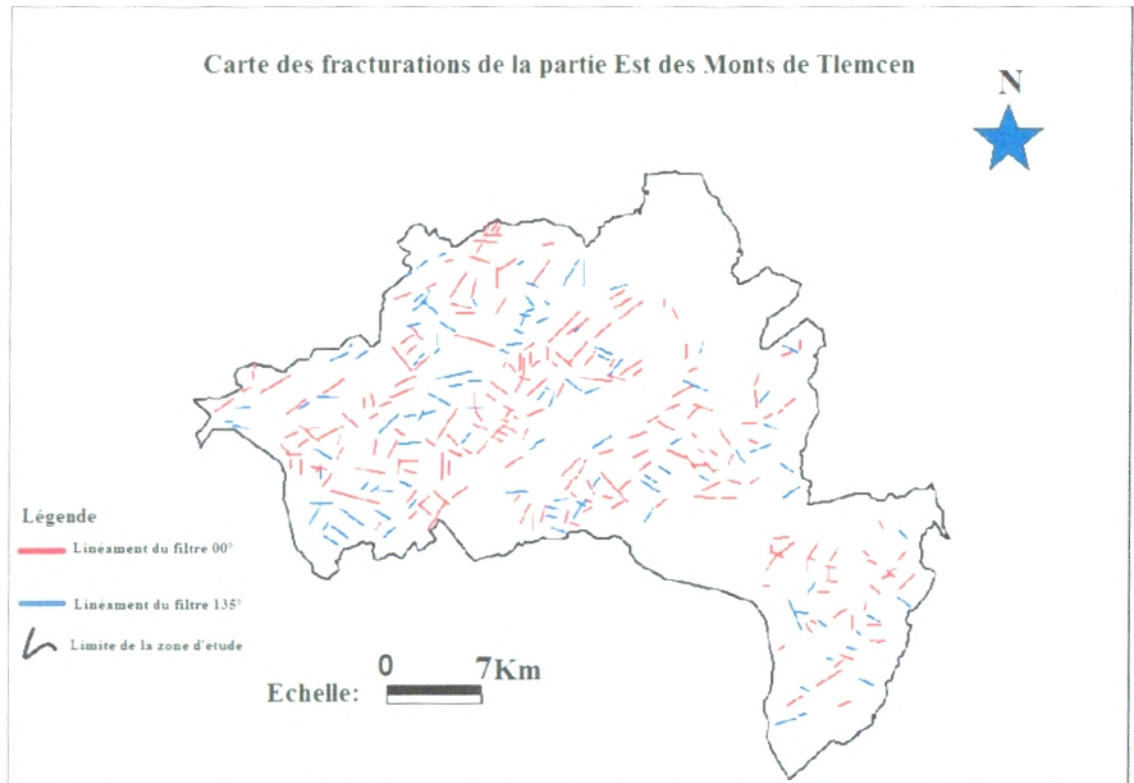


Figure n° 25 : Carte de fracturation finale de la zone d'étude.

II. RESULTATS

Notre étude révèle l'existence de 253 fractures d'extensions variables. Les mesures peuvent être regroupées en dix classes, espacées par pas de 20°, et correspondant aux directions moyennes N 00°, N 20°, N 40°, N 60°, N 80°, N 100°, N 120°, N 140° et N160° et N180° (Tab.2). L'analyse statistique montre que certaines classes sont faiblement représentées et correspondent aux directions moyennes N00°, N20°, N140°, N 160° et N 180°. Leurs proportions respectives ne dépassent guère les 19% de l'ensemble des fractures mesurées. Les autres directions moyennes comprises entre N40°, N60°, N100°, N120° et N140° sont, en revanche, plus largement représentées dans la zone d'étude.



ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS DE TLEMCCEN (S.S.)

Classes de directions	Direction moyenne	Nombre de linéaments par direction moyenne	Proportions (%)
A : N350 - N10	N00°	4	1.58%
B : N10 - N30	N20°	21	8.30%
C : N30 - N50	N40°	35	13.86%
D : N50 - N70	N60°	61	24.11%
E : N70 - N90	N80°	27	10.67%
F : N90 - N110	N100°	32	12.64%
G : N110 - N130	N120°	38	15.01%
H : N130 - N150	N140°	17	6.71%
I : N150 - N170	N160°	7	2.76%
J : N 150 - N 190	N180°	16	6.32%
	TOTAL	253	100%

Tableau n° 2: Récapitulatif des mesures statistiques de la direction moyenne des linéaments au niveau des Monts de Tlemccen (S.S.).

La rosace de distribution directionnelle, établie pour l'ensemble des linéaments de la région d'étude, montre également que les fractures les plus fréquentes sont globalement orientées entre les directions moyennes N40° et N60° (Fig.26). Ceci peut suggérer que les directions préférentielles de la fracturation du secteur d'étude seraient ainsi comprises dans cet intervalle d'orientations moyennes.

On peut ainsi facilement y reconnaître trois directions dominantes correspondant aux orientations moyennes NE-SW, E-W et NW-SE. La première comprend alors toutes les directions de fractures moyennes comprises entre N30° et N70°, la seconde regroupe celles orientées entre N70° et N110° et enfin la troisième concerne les directions oscillants entre N110° et N150°. A elles seules, ces trois

ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS DE TLEMCCEN (S.S.)

directions privilégiées représentent respectivement 37.94 %, 23.32 % et 21,73 % de l'ensemble des fractures du secteur d'étude.

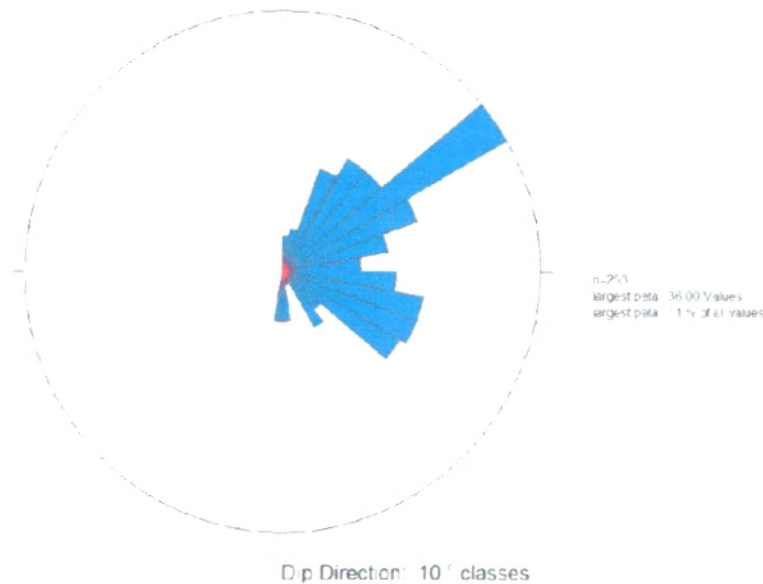


Figure n°26: Rosace de distribution des linéaments dans la partie Est des monts de Tlemccen (Nombre total des mesures : 253 ; classes espacées par pas de 20°).

III. DISCUSSION

D'après l'analyse globale des fracturations, on décèle trois directions privilégiées moyennes au niveau de la partie Est des monts de Tlemccen. Ce sont les directions NE-SW, E-W et SE-NW.

A. La direction moyenne NE-SW

Ce réseau de failles est le plus important quantitativement dans la région d'étude. Il regroupe 96 mesures de fractures dont les directions sont comprises entre N30° et N70° (Tab. 3). Elles représentent 37.94% de l'ensemble des linéaments reconnus dans le secteur. Ces failles affectent, de façon relativement homogène, tout le secteur d'étude.

Statistiquement, plus de 36% de ces failles sont orientées entre N30° et N50° alors que celles de directions comprises entre N50° et N70° en représente plus de 63% (Tab.3). A l'échelle de l'Oranie, cette direction moyenne NE-SW est définie comme une direction atlasique caractéristique de la chaîne tellienne (BENEST, 1995 ;

ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS DE TLEMCCEN (S.S.)

AUCLAIRE et BEIHLER, 1967). Ce réseau des fractures longitudinales constitue la direction Tellienne la plus fréquente.

Mesures de direction	classe de direction	nombre de mesures dans chaque classe	direction moyenne	proportion (%)
N35-N30-N32-N45-N49-N36 N45-N48-N37-N36-N47-N39-N34- N32-N45-N38-N32-N47-N49-N36- N38-N30-N45-N33-N40-N44-N35- N41-N45-N45-N49-N39-N41	N30 –N50	35	NE-SW	36.46%
N65-N52-N60-N58-N66-N50-N59- N56-N64-N51-N56-N59-N50-N58- N60-65-N56-N68-N68-N60-N61- N56-N68-N67-N52-N56-N56-N58- N57-N50-N59-N60-N59-N66-N58- N64-N56-N54-N65-N64-N67-N50- N51-N50-63-N55-N56-N57-N59- N52-N50-N52-N50-N58-N59-N68	N50-N70	61	NE-SW	63.54%
	Total	96		100%

Tableau n°3 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction NE-SW.

B. La direction moyenne E-W

Cette direction préférentielle moyenne comprend 59 mesures de failles identifiées sur l'image satellitaire. Elle regroupe toutes les fractures de directions comprise entre N70° et N110° et représentant près de 25 % du nombre total des linéaments reconnus dans la région (Tab. 4). Ces failles apparaissent surtout dans les parties septentrionale et méridionale du secteur d'étude.

Selon cette direction privilégiée moyenne E-W, les failles orientées entre N90° et N110° forment 58% des mesures alors que celles dirigées entre N70° et N90° n'en représentent qu'environ 42 % (Tab.4)

ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS DE TLEMCCEN (S.S.)

Par ailleurs, la direction de fractures E-W est également considérée comme une caractéristique de l'orogénèse tellienne. (BENEST, 1985 ; AUCLAIRE et BEIHLER, 1967).

Mesures de direction	Classe de direction	Nombre de mesures dans chaque classe	Direction moyenne	Proportion (%)
N86-N76-N81-N72-N72-N70-N72-N84-N78-N79-N83-N72-N76-N70-N72-N84-N70-N82-N72-N85-N77-N83-N83-N73-N74-N72-N75-N86	N70 –N90	27	E-W	41.81%
N90-N105-N107-N90-N109-N105-N109-N97-N90-N108-N104-N105-N109-N106-N109-N97-N96-N98-N94-N690-N103-N98-N108-N108-N99-N91-N90-N90-N90-N92-N103-N107-N107-N109	N90-N110	32	E-W	58.18%
	Total	59		100%

Tableau n° 4 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction E-W.

C. La direction moyenne NW-SE

Selon cette direction privilégiée, 55 fractures ont été mesurées sur l'image satellitaire. Elles sont orientées entre N110° et N150° et représentent un peu plus de 20% des failles reconnues dans le secteur d'étude (Tab. 5). Ce réseau de fractures apparaît dans toute l'image et semble le plus souvent se conjuguer aux deux autres directions E-W et NE-SW. Cette famille d'accidents à N120° est caractéristique de la meseta oranaise.

ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS DE TLEMCCEN (S.S.)

Mesures de direction	Classe de direction	Nombre de mesures dans chaque classe	Direction moyenne	Proportion (%)
N117-N123-N113-N112-N128-N123-N119-N115-N119-N115-N120-N122-N119-N122-N116-N118-N119-N122-N112-N125-N127-N119-N115-N119-N111-N119-N125-N123-N110-N123-N122-N118-N127-N110-N128-N121-N112-N128	N110 -N130	38	NW-SE	69.09%
N148-N160-N146-N162-N142-N145-N142-N148-N138-N146-N130-N146-N130-N130-N140-N142-N156	N130-N150	17	NW-SE	30.90%
	Total	55		99.9%

Tableau n°5 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction NW-SE.

D. La direction moyenne N- S

Selon cette direction privilégiée, 48 fractures ont été mesurées sur l'image satellitaire. Elles sont orientées d'une part entre N30° et N350° et représentent 09,88% des failles reconnues dans le secteur d'étude (Tab. 6). D'autre part, une autre famille de direction comprise entre N 150° et N 190° de 09,09% représentent cette direction. D'après les travaux antérieurs, cette direction affecte les terrains les plus récents dans la région et se conjugue aussi aux autres directions. Ces failles et fractures transversales constituent avec les fractures obliques NE-SW et NW-SE, les accidents issus de la tectogenèse alpine.

ANALYSE DE LA FRACTURATION DES MONTS DE TLEMGEN (S.S.)

Mesures de direction	Classe de direction	Nombre de mesures dans chaque classe	Direction moyenne	Proportion (%)
N4-N01-N00-N3	N350 - N10	04	N-S	8.33%
N25-N26-N22-N17-N14-N15-N23-N26-N26-N13-N26-N26-N29-N14-N15-N23-N26--N21-N22-N13-N25	N10 - N30	21	N-S	43.75%
N160-N151-N161-N150-N152-N150-N160	N150 -N170	07	N-S	14.58%
N180-N180-N180-N178-N180-N173-N170-N177-N180-N180-N178-N171-N180-N178-172-178	N 170-N190	16	N-S	33.33%
	Total	48		99.9%

Tableau n° 6 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction N-S.

5. Conclusion et discussions

La présente étude révèle que les directions majeurs des fracturations sont (N40°, N60°, N100°, N120° et N140°) regroupées en trois classe de proportion respective 37.94 %, 23.32 % et 21,73 %, ce qui confirme les travaux antérieurs d'AUCLAIRE et BEIHLER (1967) puis BENEST (1985). Auparavant décrites comme la direction Tellienne la plus fréquente (BENEST. 1999) ce réseau de fractures longitudinales, SW-NE, mais également obliques avec des failles transversales N-S à NE-SW constituent les principaux accidents probablement d'héritage hercynien dans le secteur d'étude. D'après BENEST (1999), ceci est le fait de la jonction d'une tectonique distensive (cassante) et compressive qui a affecté la région et ayant entraîné un net raccourcissement de la couverture dans les zones les plus instables ou les moins résistantes aux contraintes tangentielles (de direction moyenne N-S). Il en résulte une série de plis bien marqués indiquant un double déversement comme dans les chaînes intracratoniques. Ces accidents sont impliqués dans la différenciation de grabens, de horst et de structures subtabulaires correspondant à des plateaux karstiques parfois étendus. Cependant les directions mineurs des fracturations sont (N00°, N20°, N140°,

CONCLUSION GENERALE

PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE

Le traitement des images satellites Landsat7 ETM d'une part et l'analyse statistique de la carte finale de fracturation des images traitées, d'autre part, nous ont permis de mettre en évidence les méthodes de télédétection appliquées pour la cartographie structurale. En effet, les méthodes de l'analyse en composante principale sélective (CP1_(1,2,3),ETM+4et CP1_{5,7}), les rapports de bandes (5/3 ,4/2,3/1) et les filtres directionnels ont données de très bonne résultats.

L'analyse statistique des structures linéamentaires, montre que ces derniers, s'orientent préférentiellement suivant trois directions avec comme direction dominante, la direction atlasique caractéristique de la chaîne tellienne. BENEST parle de la direction Tellienne la plus fréquente. Ces structures forment un réseau des fractures longitudinales et transversales mais aussi obliques formant ainsi un bâti structural susceptible de contenir un gisement. Cependant ce résultat reste hypothétique jusqu'à ce qu'une mission terrain soit conduite afin d'infirmier ou de les confirmer.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

AUCLAIR D., BIEHLER J. (1967). Etude géologique des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saida, *publ. Serv. Géol. Alg. Bull.34*.

BELABED M. et A. MOUMEN (2007)- 'Etude géologique et géochimique des carbonates de M'dig (Nord-Est des Monts de Tlemcen).*Mém. Ingéniorat d'Etat, Univ. Tlemcen*(Algérie) 38p.

BENEST M. (1985)- Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé' *fasc.1* pp 35-48

BENEST M. (1985)- Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé' *fasc.2* pp 437-448

BENEST M., BENSALAH M., BOUABDELLAH H., OURDAS T. (1999). La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avant pays Tellien d'Algérie occidentale): Stratigraphie, paléoenvironnements, dynamique sédimentaire et tectogenèse alpine. *Bulletin du service géologique de l'Algérie, vol.10, n°2*.

BENSAFI I. et SIDHOUM.(2011)- Apport de la télédétection pour l'exploration en zones arides(Exemple : Axe ADRAR-REGGANE, (Sahara Sud-Occidentale), *Mém. de Master, Univ. Tlemcen (Algérie)*.53p

BENSAOULA F., DERNI I., ADJIM M., (2012)- Trente années de prospection et de mobilisation des ressources en eau souterraine, par forage dans la Willaya de Tlemcen, *Larhyss journal, n°04*, pp 7-15

BENSAOULA F., BENSALAH M. et ADJIM M. (2005)- ' Les forages récents dans les aquifères karstiques des Monts de Tlemcen' Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, *In Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005*, pp.7-15

BENSAOULA F., ADJIM M., BENSALAH M. (2005)-' Les forages récents dans les aquifères karstiques des monts de Tlemcen', *Larhyss journal, n°04*, pp 7-15

BENSAOULA F., ADJIM M., BENSALAH M. (2007).L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eau de la population de Tlemcen, *Larhyss journal, n°6*, pp.57-64.

BONN F. et ROCHON G. (1992), 'Précis de Télédétection, Principes et Méthodes' *Ed. UREF/AUPELF Québec(Canada)* 485p

BONN F. (1996)-Précis de Télédétection, Applications thématiques.vol.n°2 Ed. UREF/AUPELF Québec(Canada) 670p

BOUANANI A. (2000)- Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). *Thèse Doct. D'Etat, Univ. Tlemcen (Algérie)*, 250p.

BOUILLOT R. (2006)-Cours des traitements numériques de l'image, Ed. Dunod Paris (France), 236p.

CALOZ R. et COLLET C. (2001)-Traitements numériques d'images de Télédétection. Vol.N°3. Ed. UREF/AUPELF Québec(Canada), 386p.

CAMPBELL J. (1996)-Introduction to remote sensing. Ed. Taylor & Francis (Londres) 622p.

CHAVEZ P.S (1984)-Image basic atmospheric correction revisited and improved phogrammetric engineering and remote sensing. Vol. 62 N° 6 1999p

CHORWCZ J. et DEROIN JP(2010) - La télédétection et la cartographie géomorphologique et géologique' Ed. scientifique GB (France), 141p.

COULIBALY I. (1996)- Interprétation structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : Cas des sous provinces d'Abitibi et d'Opatika (Quebec). *Mém. de Maîtrise des sciences en télédétection. Dépt Géol. Tel. Univ Sherbrooks (Canada)* 106p.

DESTUYNDER P. (2006)- 'Analyse des traitements numériques, Ed. Hermès-Lavoisier Paris (France), 210p.

DRURY S.A (1998)-'Image of Earth: Guide to remote sensing. Ed. Oxford Science Publication, Oxford, Londres (Royaume-Unis), 203p.

EGAN W.G (2004)-'Optical remote sensing : Science and technology', Ed. Dekker New York(USA), 507p.

FERAH Z.T. (1996)-Etude et suivi d'un forage hydraulique dans la région de Tlemcen : Forage Benzerdjeb TIL -01 'Mém. d'ingéniorat d'Etat, Univ. Tlemcen (Algérie) 121p.

FOUCAULT A., RAOULT J.F. (2005) - Dictionnaire de géologie 6ème Ed., Paris,(France) 380 p.

GERARD (M-C), (2010)-Traitement des données de télédétection Environnement et ressources naturelles. Ed. Dunod Paris (France), 555p

GERARD (M-C), (1999)-Traitement des données de télédétection'. *Ed. Dunod Paris (France)*, 530p

GIBSON (P.J) et POWER(C .H) (2000)-Introductory Remote Sensing: Digital Processing And Application. *Ed. Routledge Londres (Angleterre)* 250p

HADDOUCHE I., (2009) -La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie: le cas de la région de Naâma. *Thèse Doctorat, Univ. Tlemcen*, 259 p.

HADDOUCHE I., BENHAMOUDA F. & DJILI K., (2001) - Synthesis pedological landscape mapping using remote sensing: Case of Ghassoul (El-Bayadh, Algeria). *Communication, International Conférence, COST 623 " Soil Erosion and Global Change " Strasbourg (France)* du 20 au 22 septembre 2001.

HADDOUCHE I., (1998) - Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection. Cas de la région de Ghassoul (Algérie). *Thèse de Magister, INAlger*, 138 p.

KALDHI A., (2005)- 'Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida" *Thèse Doct. D'Etat, Univ. Oran (Algérie)* 239p

LAGHOUG M.Y (2011)-' Apport de la télédétection (images Landsat 7 ETM+) pour la cartographie géologique de la région d'Aflou (Atlas saharien), *Mém. d'Ingéniorat d'Etat, Univ. Boumerdez(Algérie)*

LILLESAND T. et KIFFER R. (1994)' Remote sensing and image Interpretation. *Ed. Willey J. Londres (Royaume-Unis)*, 732p.

MAROK A. (1996)-Stratigraphie, sédimentologie et interprétations géodynamiques du Lias-Début du Dogger : Exemple de sédimentation carbonatée de la plate-forme en Oranie (Monts de Sidi El Abed, hautes plaines, Algérie occidentale), *Docum.Lab.Lyon, n°141, 199p.*, pp 23-28

MESBAH C., (1999).- Amélioration de l'analyse géologique par génération d'images optimisées, issues de données satellitales et géomorphologiques : cas de la région de Ain Sefra (structure anticlinale de djebel Boulherfad) et des monts de Béchar, *Thèse de Magister, CNTS/Arzew*, 188 p.

MOHAMED H. (2009)- Potentiel minier des Monts de Traras et de Tlemcen. *Mém. d'Ingéniorat d'Etat, Univ. Tlemcen(Algérie)* pp8-15

PROVENCHER L. et DUBOIS JM. ; (2007)-Précis de télédétection, Méthodes de photo-interprétation et d'interprétation d'image' vol. 4 *Ed. UREF/AUPELF Québec(Canada)* 506p

ROBBIN M. (1995)-La télédétection: Des satellites aux systèmes d'information géographiques. *Ed. Nathan Paris (France)* 318p.

SCANVIC J Y., (1983).- Utilisation de la télédétection dans les sciences de la Terre. *Ed. BRGM. n° 7, 158 p.*

SCANVIC J Y., PION J.C., (1993). – application en géologie de la télédétection. *Ed. BRGM. France, 36p.*

SOUDANI K. (2005)- Introduction général à la télédétection. *Cours en ligne Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI.*

STEINBERG J. (2003)- 'Cartographie, Système d'Information Géographique et Télédétection'. *Ed. Armand Colin, pp 95-110*

VALORGE C. et al. (2004)- Télédétection et traitements d'image optiques, *Ed. Centre National d'Etudes Spatiales CNES Toulouse (France), 215p*

WILLIAM J. (1983) - GIS processing and geocoded satellite data. *Ed. Chichester Praxis 327P*

Liste des acronymes

ACP.....	Analyse en composante Principale
CC	Composition Colorée
RVB.....	Rouge, Vert, Bleu
R/B	Rapport de Bande ou Ratios
ETM	(Enhanced Thematic Mapper)
UREF.....	Universités des Réseaux d'Expression Française
AUPELF.....	Alliance des Universités Pour l'Expression en Langue Française
USGS.....	United States Geological Survey (USGS).
CNS	Centre National d'Etude spatial
S.S.....	Sense Strict



LISTES DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Page

Figure n°1- Situation géographique des Monts de Tlemcen.....	3
Figure n°2- Log lithostratigraphique des monts de Tlemcen.....	6
Figure n°3- Extrait de la carte géologique de l'Algérie-Oran.....	7
Figure n°4- Schéma structural des monts de Tlemcen et de Daïa.....	8
Figure n°5- Principe de base de la télédétection.....	10
Figure n°6- Onde électromagnétique.....	11
Figure n°7- Détails des domaines spectraux.....	12
Figure n°8- Signatures spectrales de quelques minéraux et roches.....	13
Figure n°9- Principaux domaines d'applications de la télédétection en géologie.....	15
Figure n°10- LandsatETM+7, canaux 3,2 et 1 en RVB couvrant les Monts de Tlemcen.	17
Figure n°11- Organigramme de la méthodologie de traitement d'images satellitales.....	19
Figure n°12- Composition colorée ETM+ 731 de la zone d'étude.....	20
Figure n°13- Composante principale 1 (CP1).....	21
Figure n°14- Analyse en composante principale des six bandes Landsat 7 ETM+.....	21
Figure n°15- Composition colorée de la composante principale 123 (CP1,CP2,CP3.....	22
Figure n°16- Composition colorée de (CP1(1,2,3),ETM+4et CP15,7).....	24
Figure n°17- Composition colorée du ratio (5/3 ,4/2,3/1).....	25
Figure n°18- Filtre directionnel 00° à matrice 3X3.....	26
Figure n°19- Linéaments selon le Filtre Directionnel 00° à matrice 3X3.....	26
Figure n°20- Filtre directionnel 135° matrice 3X3.....	27
Figure n°21- Linéaments selon le filtre directionnel 135° à matrice 3X3.....	27
Figure n°22- Filtre morphostructural (dilatation).....	28
Figure n°23- Filtre morphostructural (double dilatation).....	28
Figure n°24- Filtres morphostructural (érosion).....	29
Figure n°25- Carte de fracturation finale de la zone d'étude.....	32
Figure n°26- Rosace de distribution des linéaments dans les monts de Tlemcen.....	34

Liste des tableaux

Tableau n°1: Les caractères des bandes Landsat 7 ETM+.....	14
Tableau n° 2: Récapitulatif des mesures statistiques de la direction moyenne des linéaments des Monts de Tlemcen (S.S.)	33
Tableau. 3 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction NE-SW.....	35
Tableau n° 4 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction E-W.....	36
Tableau n°5 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction NW-SE.....	37
Tableau n°5 : Récapitulatif des mesures statistiques de la direction N-S.....	38



MEMOIRE DE MASTER

Type de Master : Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Sciences de la Terre

Spécialité : Géo-Ressources

Titre du mémoire : Apport de la télédétection à l'étude de la fracturation.

Exemple : Les Monts de Tlemcen (S.S).

Auteur : GARBA Mahamadou Oumarou

Résumé

La cartographie structurale constitue un volet important des programmes de prospection minière, hydrogéologique ou même pétrolière. Dans cette optique, nous avons détecté à l'aide des images LANDSAT 7 ETM+, les directions structurales dans les Monts de Tlemcen (S.S), identifié les directions préférentielles qualitativement et quantitativement par les méthodes de photo interprétation et de statistique.

Nous avons adopté une démarche aussi simple qui consiste à traiter les images satellitaires en composition colorée, le filtrage des images suivant les directions $\alpha=00^\circ$ et $\beta=135^\circ$ et l'analyse en composante principale pour extraire un maximum d'information.

Cette étude nous a permis de déceler 253 fracturations (failles et plis), dont la majeure partie sont orientées dans la direction NE-SW dite direction atlasique comprise entre le $N30^\circ$ et $N70^\circ$ représentant plus de 37.94 % de l'ensemble des linéaments reconnus dans le secteur. Cette direction est secondée par la direction caractéristique de l'atlas tellien $N90^\circ$ et $N110^\circ$. Une troisième direction moins importante que les deux précédents est la direction Nord-Sud dont l'ensemble du linéament ne dépasse guère les 19% de linéament décelés dans le secteur.

Mots Clés : LANDSAT 7 ETM+ - Monts des Tlemcen (S.S) – Filtrage – Analyse en composante principale – Fracturations.