

N°d'ordre :



**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Ben Ahmed d'Oran 2**

Faculté des Sciences de la Terre, et de l'univers

Département de Géologie

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER EN GEOLOGIE
Option : Magmatisme, Géodynamique et Transfer Lithosphérique
(MGTL)**

THEME

**La cartographie géologique de la structure annulaire
d'Anna
(Eglab, dorsale Réguibat orientale, Sud-Ouest
algérien)**

Présenté par : *M^r SADAoui Ishak*

Soutenu le :..... /10/2015 devant le jury :

Mr. SEDDIKI Abdelmadjid
Président

Maitre de conférence Univ.Oran2,

Mr. TABELIOUNA Mohamed
Encadreur

Maitre de conférence, Univ.Oran2,

Mr. KADDOUR.H.
Examineur

Maitre Assistant , C. Univ d'Ain Témouchent

Promotion 2015

DEDICACES

*A cœur vaillant rien d'impossible
A conscience tranquille tout est accessible
Quand il y a la soif d'apprendre
Tout vient à point à qui sait attendre
Quand il y a le souci de réaliser un dessein
Tout devient facile pour arriver à nos fins
Malgré les obstacles qui s'opposent
En dépit des difficultés qui s'interposent
Les études sont avant tout
Notre unique et seul atout
Ils représentent la lumière de notre existence
L'étoile brillante de notre réjouissance
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal
Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal
Espérant des lendemains épiques
Un avenir glorieux et magique
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri
Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys,
Nous prions dieu que cette soutenance
Fera signe de persévérance
Et que nous serions enchantés
Par notre travail honoré*

ISHAKO



Je dédie ce mémoire à ... ✍

A ma très chère mère lalla NASSIRA

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A la mémoire de mon Père lhaj Ahmed

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mon très cher frère MASTAFA et YAKOUB

Mon cher frère qui m'est le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

Mon ange gardien et mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A ma belle sœur DJOHAYNA

A ma belle sœur MOFIDA et son mari

À la mémoire de ma grand mère maternelle AICHA

A la mémoire de mon beau grand Père SIDI

Que dieu l'ait en sa sainte miséricorde

A ma belle grande mère yaya

Que dieu vous accorde santé et longue vie

*A tous les membres de la famille sadaoui et rahma, et la
famille khaddimi et la famille boulaifa petits et grands*

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection

A ma chère belle mère MALIKA et mon beau père

NOUR EDDINE

Vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille.

*En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte
pour vous.*

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de
réussite.*

A mes chères ami (e)s

*AYMEN. AYOUB. TAHA. FERHAT. LAZHAR. SAIDO. MOHAMED
.BAHRI. HAMO. YAKHEF. NABILA. MALOUKA. IMA. FOUZIA.
MABROUKA. ISSMAHAN. ASMA. BRAHIM. MASTAFA. KRIMO.
KHALED. NORI. HMIDA. MARWAN. AZIZ. HASSEN.*

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon
affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis
sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des
souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous
dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

Remerciements

Je remercie Allah miséricordieux de m'avoir donné le courage, la force, la patience et la confiance pour bien terminer et d'accomplir ce modeste travail de fin d'étude.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance au **Dr. TABELIOUNA.M**, mon encadreur, pour m'avoir proposé ce sujet, pour ses conseils et son aide tout au long de la préparation de mon mémoire de fin d'études.

Mes vifs remerciements vont également au **Mr. KADDOUR.H** d'avoir eu la gentillesse de répondre à mes questions et me fournir les explications nécessaires à la compréhension et à l'approfondissement de mes connaissances en imagerie satellitale et cartographie assistée par ordinateurs.

Je remercie **Mr. SEDDIKI**, Maitre de conférence Univ.Oran2, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury pour sa gentillesse et son accueil chaleureux et de bien vouloir juger ce travail

Au **Madame Gourine**, qui m'a fait l'honneur pour avoir acceptée d'examiner et de juger ce travail. Leurs remarques et critiques seront les bienvenues.et merci encore fois pour ses motivations et encouragements et c'est grâce à elle que j'ai pu finaliser ce travail.

Je remercie l'ensemble des enseignants du département des Sciences de la Terre de l'Université d'Oran2 qui ont contribué à ma formation.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

Résumé :

Résumé :

L'étude que nous avons effectuée nous a permis de tester l'utilisation de traitements d'images Landsat 8 OLI pour la cartographie de la structure annulaire d'Anna (EGLAB-SW ALGERIEN) qui est située en domaine désertique. Ces traitements ont été utilisés afin de voir s'ils permettent une discrimination des lithologies de la zone d'étude et pour la réalisation d'un schéma géologique. Les résultats obtenus ont été confrontés aux données de terrain, Les différentes approches pour accéder à ces valeurs, à partir de métadonnées de terrain et par modélisation, ont été abordées au cours de ce mémoire. Les études se sont cependant focalisées sur l'acquisition d'information par télédétection spatiale qui permet d'acquérir des informations à l'échelle globale à une fréquence temporelle élevée.

Abstract :

The study we conducted allowed us to test the use of image processing Landsat 8 OLI to map the ring structure of Anna (Eglab ALGERIAN-SW) which is located in a desert area. These treatments have been used to see if they permit discrimination of lithologies in the study area and for conducting a geological pattern. The results were compared with field data, the different approaches to access these values, from metadata field and modeling, were addressed during this brief. Studies have, however, focused on the acquisition of information by remote sensing allows to acquire information on a global scale with high temporal frequency.

Mots clé : Télédétection- image satellite- Carte-Structure annulaire d'Anna.

*Introduction
générale*

Le but de travail :

Le but étant de contribuer à la reconnaissance géologique dans les Eglab par l'évaluation de l'apport de la télédétection multispectrale à haute résolution et particulièrement l'utilisation des images Landsat 8 OLI dans la discrimination lithologique et linéamentaire au 1/200.000 ème dans la région par rapport aux résultats des études classiques (carte de Buffière et al.), (schéma géologique de Bouzara 2015) qui nous ont servi de référence pour ce travail.

INTRODUCTION

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

En effet, les principaux matériaux de la surface terrestre susceptibles de réfléchir la lumière solaire vers les satellites de télédétection sont l'eau et sa forme cristallisée, neige ou glace, la végétation, composée de matière cellulosique de pigments, enfin les roches et les sols, assemblages plus ou moins cohérents de minéraux.

Pour un éclairage donné (longueur d'onde, direction, irradiante). L'intensité de la réflexion au niveau du sol dépend donc, en premier lieu, de la composition chimique du matériau réflecteur. Le deuxième facteur essentiel qui contrôle cette réflexion est la morphologie de la surface, à l'échelle du relief, en général, mais aussi à l'échelle de la rugosité, c'est-à-dire de la micromorphologie de cette surface. Nous envisagerons ici l'influence de la micromorphologie et de la nature chimique d'une surface sur ce que l'on convient d'appeler "signature spectrale" d'objets minéraux présents à la superficie de la Terre, ceci pour des longueurs d'onde du domaine visible et infrarouge du spectre solaire.

Dans un tel contexte géographique, comme c'est le cas de notre zone d'étude : Anna, est située dans la partie occidentale du massif des Eglab (Sud Ouest Algérien), la région bénéficie de peu d'études géologiques. La seule cartographie géologique détaillée de la région a été réalisée par Buffiere, Fahy et Petey dans les années 60 (1965, sous la direction de la société d'études et de réalisations minières et industrielles ; SERMI). Cette cartographie manque de précision, il a fallu attendre les compagnes de cartographie des années 90 et 93 avec le travail de Moussine-Pouchkine pour la publication de nouvelles cartes des Eglab intégrant particulièrement les nouvelles subdivisions dans le bassin du Hank et pour la première fois une cartographie de la couverture paléozoïque. Néanmoins, les formations du

socle précambrien n'ont pas été détaillées. Même la dernière mise à jour de 2005 avec les travaux de Peucat demeure partielle ; n'incluant qu'une cartographie de socle sans celle de la couverture sédimentaire néoprotérozoïque et paléozoïque.

Le présent travail s'inscrit dans un axe de cartographie moderne utilisant les nouvelles techniques spatiales de cartographie dans le sud, notamment l'imagerie satellitale et l'utilisation SIG qui permettent d'individualiser et de croiser des informations géologiques variées. La region choisi est celle d'Anna située au SW du massif des Eglab et renfermant la quasi-totalité des formations.

***TELEDETECTION ET
CARTOGRAPHIE
GEOLOGIQUE***

Notions sur la télédétection

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

1. Définition de la télédétection :

Traduit de l'anglais « *remotesensing* », Télé signifie « à distance » et détection veut dire « découvrir » ou « déceler ». Le néologisme « *remotesensing* » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante : « Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

Ces techniques se différencient les unes des autres par le type de vecteur (avion, satellite ou navette spatiale), le mode d'acquisition (analogique ou numérique, actif ou passif), la résolution spatiale, la gamme spectrale utilisée et la surface observée (Lillsand et Kiefer, 1994).

Cette définition très vaste, la télédétection peut se pratiquer de la surface de la Terre vers l'atmosphère ou vers l'espace, comme de l'espace vers la Terre. Mais ce travail concerne plus précisément les techniques de la télédétection aérospatiale, qui a pour but l'étude de la surface de la Terre à partir des satellites, en utilisant les propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchi ou diffusé par les corps ou surfaces que l'on étudie. Une définition plus précise, et pour nous plus opérationnelle, de la télédétection est la suivante : « La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre, sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et

enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information.» (Site Web du Centre Canadien de Télédétection : <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>).

2. Principe de base de la télédétection

La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur. Ainsi, l'œil est un excellent dispositif de télédétection; il joue le rôle d'un vecteur qui estime la quantité et la nature d'énergie de la lumière visible réfléchie, produite par une source externe (soleil, projecteur, ..), et en déduit des informations à propos de notre environnement (cible). Le principe de base de la télédétection est analogue à celui de la vision de l'homme :

- ***La cible*** : étant la portion de la surface terrestre observée par le satellite, et dont la taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés ;
- ***La source d'énergie*** : l'élément qui "éclaire" la cible d'une onde électromagnétique (flux de photons).

Il s'agit généralement du soleil, ou de l'énergie solaire stockée et réémise par la cible (considérée - dans ce cas- comme source d'énergie) sous forme de chaleur (infrarouge thermique). Dans les deux cas, le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive. Toutefois, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite ; ce dernier émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, il devient lui-même source d'énergie, on parle alors de Télédétection active.

- ***Le vecteur*** : ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible, puis un émetteur renvoie l'image sur Terre vers des systèmes de collecte et analyse de données. Le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres.

Les étapes qui couvrent le processus de la télédétection et qui nouent les trois éléments fondamentaux -que sont la source d'énergie, le vecteur et la cible- sont les suivantes (figure 1):

- Le rayonnement provient d'une source d'énergie (1) ou d'illumination de la cible ;

- Il interagit avec l'atmosphère (durant son parcours « aller » et « retour » entre la source d'énergie et la cible) ;
- Une fois parvenue à la cible (2), l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. Les propriétés de cette dernière ainsi que la longueur d'onde du rayonnement réfléchi ou émis dans les diverses fréquences du spectre électromagnétique procurent à la cible une sorte d'« empreinte digitale » : sa signature spectrale ;
- l'énergie diffusée ou émise par la cible, est ensuite captée à distance par un capteur embarqué à bord d'un satellite (ou d'un avion) (3) et enregistrée sous format numérique ;
- Cette information enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception généralement située au sol où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques) ;
- L'image traitée est par la suite analysée (4) et interprétée (5) (interprétation visuelle et/ou numérique) pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible afin de mieux la comprendre, d'en découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

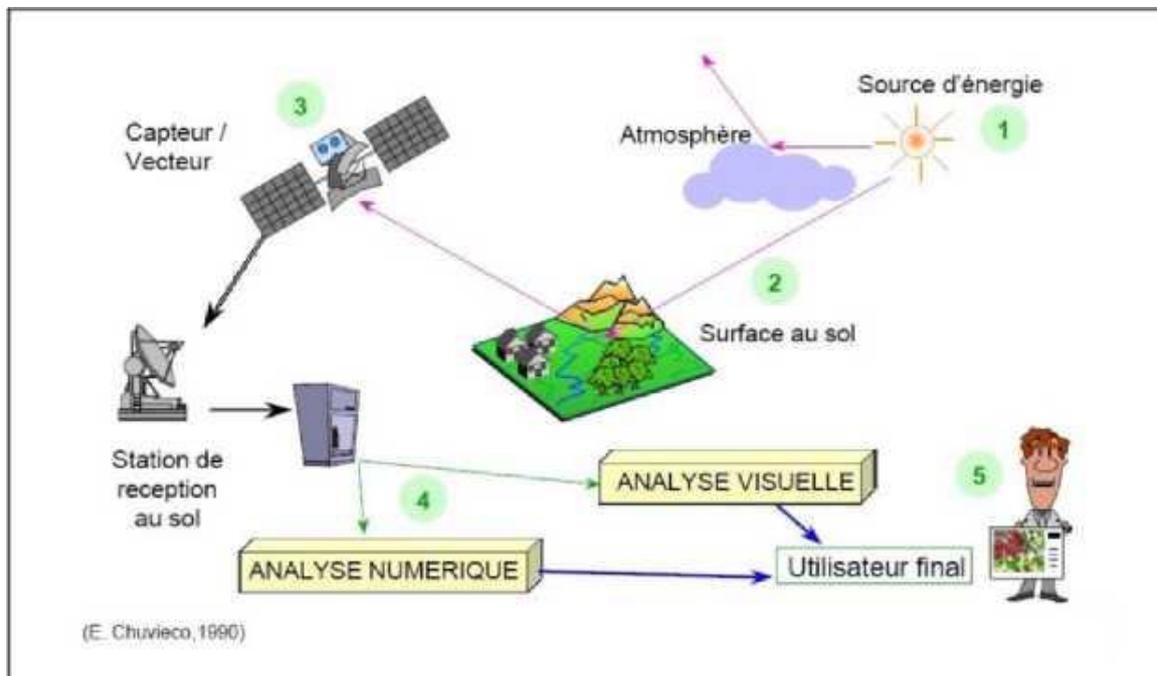


Figure 1 : le système de télédétection (E. Chuvico, 1990)

3. Éléments de physique du rayonnement (Bases physiques de la télédétection) :

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

3.1. Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, dont la forme qui nous est la plus familière est la lumière visible telle que la perçoit l'œil humain. Le rayonnement est reconnu par les physiciens comme un phénomène ondulatoire, en relation avec l'électricité et le magnétisme. Ainsi, une onde électromagnétique correspond à la vibration simultanée dans l'espace d'un champ électrique et d'un champ magnétique (figure 2). Elle se caractérise par:

- **Sa période T** : le temps au bout duquel le champ électrique ou magnétique effectue un cycle ;
- **Sa fréquence ν** : (en Hertz, ou dans le cas de la télédétection caractérisée par des fréquences très élevées, les mesures sont kHz, MHz ou GHz) : qui est le nombre d'oscillations par unité de temps ;
- **Sa longueur d'onde ou amplitude λ** : (m, μm) la distance entre deux crêtes consécutives ;
- **Sa vitesse de propagation dans le vide** : (vitesse de la lumière) de l'ordre de 300 000 km/s.

La physique moderne a montré que le rayonnement électromagnétique pouvait également être considéré comme un déplacement de particules élémentaires appelées photons transportant une quantité d'énergie par entités élémentaires ou quanta d'énergie pouvant être assimilés à des particules appelées photons.

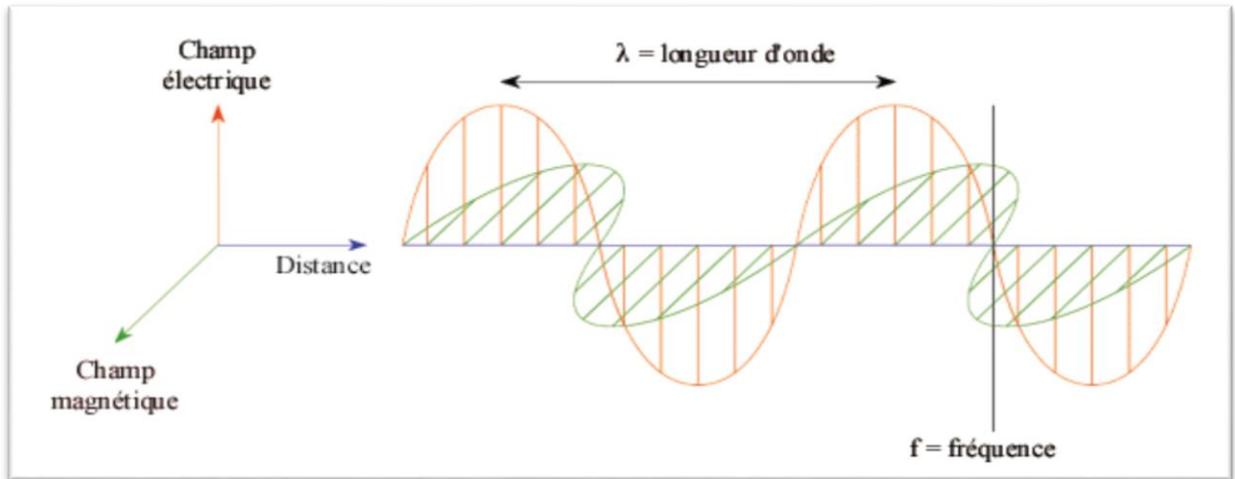


Figure 2: L'onde électromagnétique simple (monochromatique, plane)

3.2. Le spectre électromagnétique :

Le rayonnement électromagnétique existe pour une gamme très étendue de fréquences ou de longueurs d'onde (de 10^{-9}m à 10^5m), qui constitue le spectre électromagnétique (figure 3). Une partie très limitée de ce spectre, entre $0,390\ \mu\text{m}$ et $0,7\ \mu\text{m}$, constitue la lumière visible à laquelle est sensible l'œil humain.

le rayonnement ultraviolet, visible ou infrarouge est émis par les corps, objets ou surfaces en fonction de leur température : rayonnement solaire (U.V., visible et proche infrarouge), rayonnement terrestre (infrarouge thermique). -les rayonnements de très courte longueur d'onde (rayons gamma, rayons X) sont produits par les structurations des noyaux des atomes (radioactivité). -les rayonnements ; visible, infrarouge ou micro-onde peuvent être produits artificiellement par vibration ou rotation des molécules (fluorescence, lasers, four à micro-ondes). -les rayonnements de grande longueur d'onde sont produits par des oscillations électroniques (antennes).

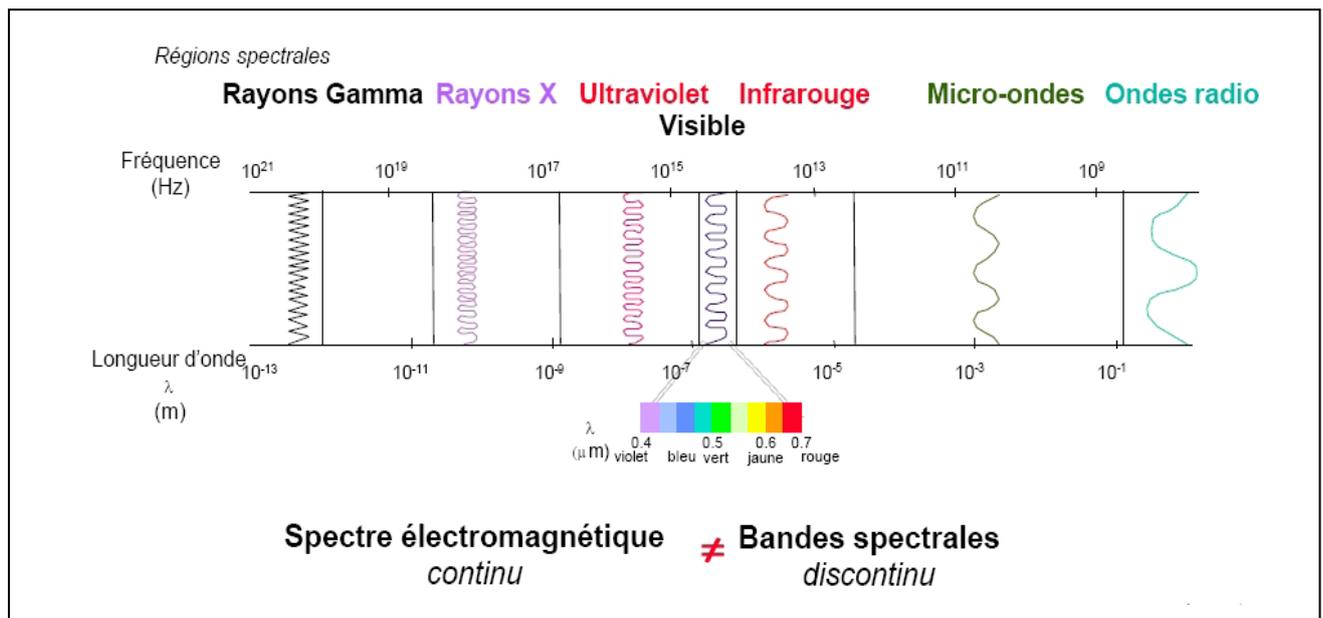


Figure 3: Spectre électromagnétique (Bonn et Rochon, 1996)

3.3. Le rayonnement et la matière.

Soumise à un rayonnement émis par une source extérieure, la matière absorbe une partie de ce rayonnement qui est transformé en chaleur, le reste est soit réfléchi, soit transmis à travers le corps.

- **Emission** : en fonction de sa température, un corps émet plus ou moins d'énergie, celle-ci est répartie sur des longueurs d'ondes qui dépendent aussi de sa température. La surface terrestre vers 15°C (288 K) émet un rayonnement infrarouge, le soleil (6000 K) dans le visible.
- **Transmission et absorption** : Lorsque le rayonnement traverse l'atmosphère, une partie de son énergie est absorbée par les gaz qui la constituent. (l'azote dans l'ultraviolet et l'infrarouge, l'eau dans l'infrarouge moyen et thermique, le CO2 dans le proche infrarouge,...etc.).
- **Réflexion** : les ondes qui atteignent une surface sont réfléchies. La réflexion spéculaire concerne les surfaces parfaitement lisses. La plupart des objets de la surface terrestre sont rugueux et la réflexion est dite diffuse. La fraction du rayonnement diffus renvoyé en direction de l'émetteur constitue le rayonnement rétrodiffusé.
- **Réflectance** : (figure 4) la proportion de la lumière réfléchie pour une longueur d'onde donnée se nomme réflectance (Réflectance = Energie réfléchie / Energie reçue).

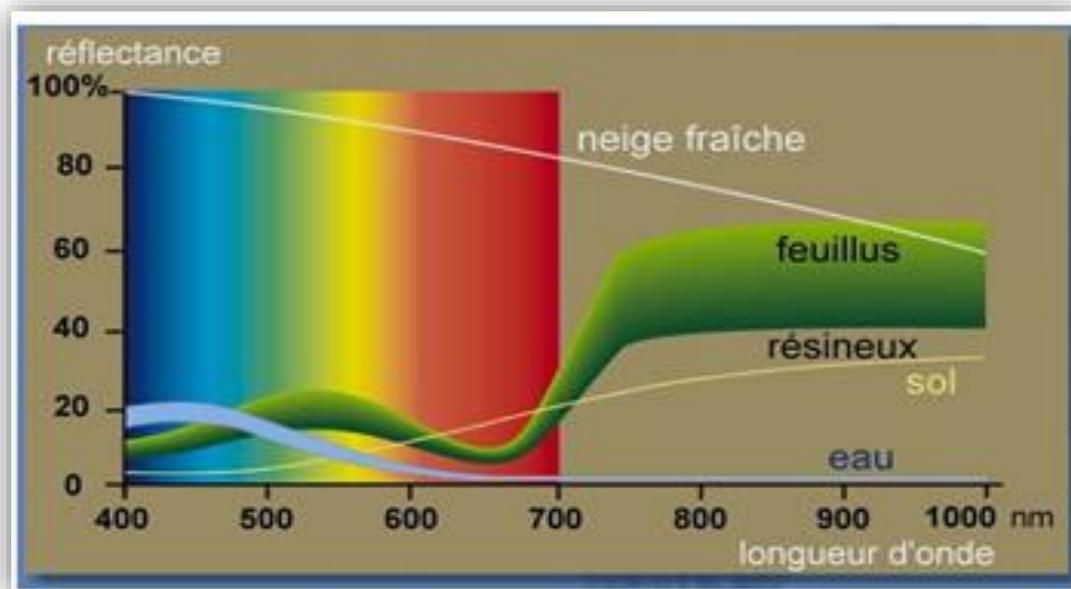


Figure 4 : Réflectance des différentes surfaces et leur caractérisation par les différents canaux des satellites.

(Exemples : les résineux sont moins réfléchants dans l'infrarouge, la réflectance d'un sol croît d'une manière quasi-linéaire avec les longueurs d'ondes, l'eau se caractérise par une très faible réflectance dans l'infrarouge et la blancheur de la neige s'explique par une très forte réflectance dans le visible)

3.4. La notion de "signature spectrale":

L'objet de la télédétection est de distinguer les types de surfaces à partir du rayonnement reçu par le capteur.

- Dans le domaine des grandes longueurs d'onde (infrarouge thermique et micro-ondes), les variations de l'émissivité permettent de caractériser les différents types de surfaces, et constituent donc la « signature » propre à chaque type (Surfaces d'eau et océan : $\approx 0,98$, Forêt : $\approx 0,90$, Surfaces minérales : $0,85$ à $0,95$).

- En télédétection visible et infrarouge proche, la « signature spectrale » des surfaces correspond aux variations de la réflexion spectrale.

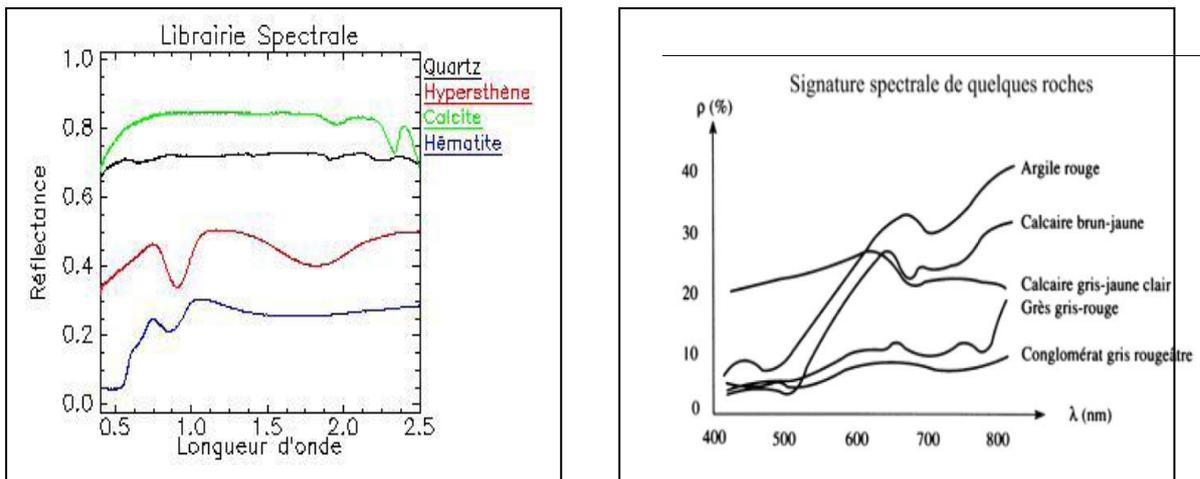


Figure 5: signature spectrale de quelques roches et minéraux (<http://ceos.cnes.fr:8100>).

3.5. Rayonnement électromagnétique et télédétection.

Les domaines du spectre électromagnétique utilisables en télédétection sont imposés par les sources de rayonnement, et la transparence de l'atmosphère. Les très courtes longueurs d'onde (ultraviolet, rayons X) par exemple ne sont pas utilisables, car l'atmosphère absorbe ou diffuse la quasi-totalité de ces rayonnements. En pratique, on peut distinguer trois grands types de télédétection. La figure 6 résume et schématise les systèmes de télédétection couramment employés.

Le domaine du spectre solaire : (le visible et le proche infrarouge, de 0,3 à 4 μm) Le soleil est l'unique source d'énergie, les effets de l'atmosphère sont limités, l'intensité des flux radiatifs est suffisante pour permettre une très bonne résolution spatiale, ce domaine est par excellence celui de la télédétection des espaces terrestres.

- **L'infrarouge thermique :** Au-delà de 3 μm , l'atmosphère n'autorise la transmission du rayonnement que dans un nombre restreint de fenêtres, dont les plus importantes se situent entre 3,5 et 3,9 μm d'une part, entre 10,5 et 12,5 μm d'autre part. Le rayonnement est émis par la surface elle-même. La télédétection infrarouge est surtout destinée à mesurer la température du sol, de l'océan, ou des nuages.
- **Les micro-ondes ou hyperfréquences :** Pour les ondes millimétriques ou centimétriques, la transparence de l'atmosphère est très grande ; même les nuages (sauf pendant les précipitations) n'atténuent que très faiblement le rayonnement.

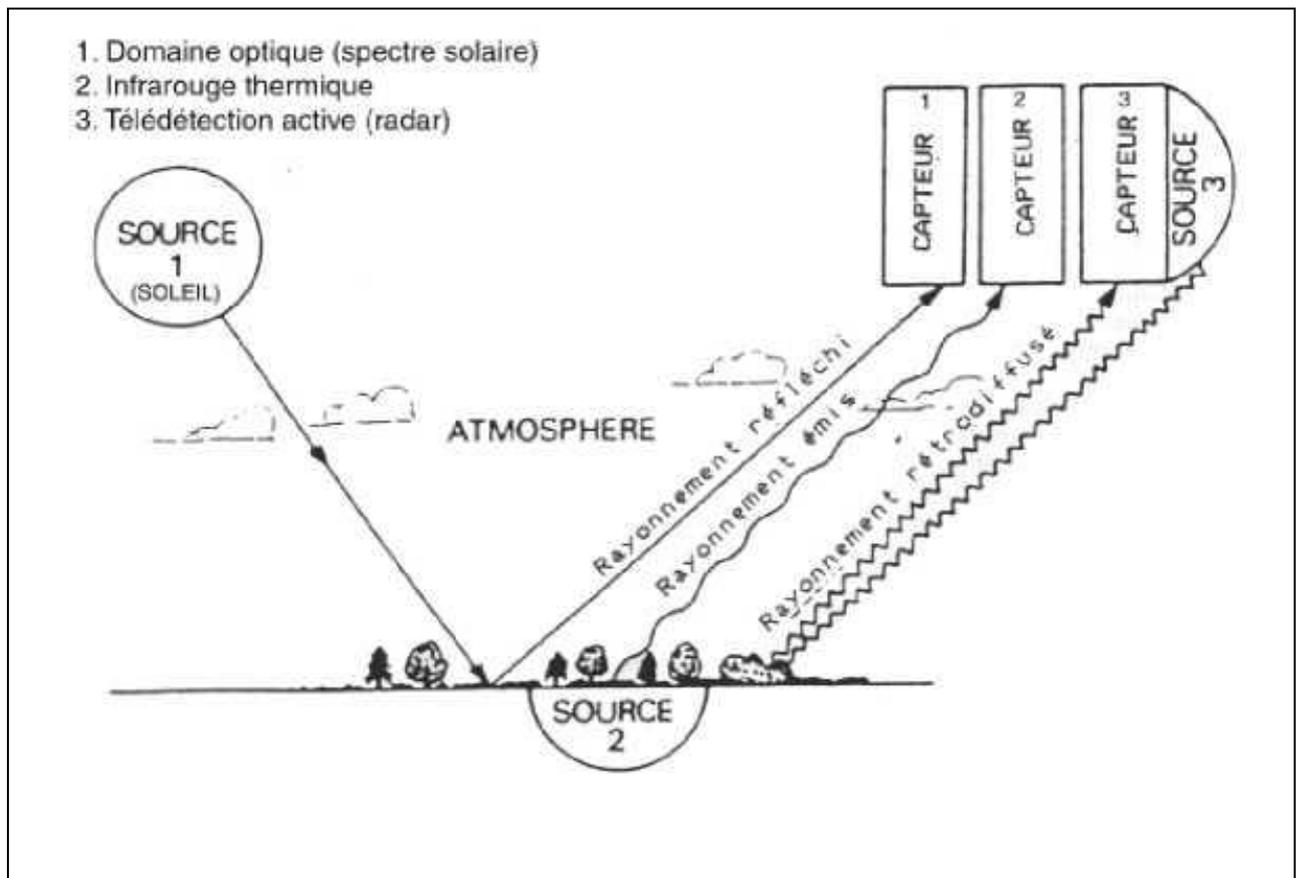


Figure 6: Utilisation du rayonnement électromagnétique en télédétection.

4. Les vecteurs

En fonction de la distance au sol on distingue différents types de vecteurs : ceux qui opèrent à quelques mètres du sol (grues, ou véhicules qui supportent des radiomètres ou appareils photographiques) ; ceux qui opèrent entre la dizaine de mètres et la dizaine de kilomètres (avions, hélicoptères et ballons); ceux qui opèrent entre la dizaine et la centaine de km (ballons stratosphériques) et ceux qui opèrent entre 200 km et 40 000 km (les satellites).

➤ **Les satellites d'observation de la terre :**

Selon les applications attendues, les satellites d'observation de la Terre occupent différentes orbites (figures 7,8) :

➤ **Orbite géostationnaire** (figure 7): Un satellite géostationnaire est placé sur une orbite équatoriale (l'angle entre le plan orbital et le plan équatorial, ou inclinaison, est nul) à 35

800 km d'altitude. Il tourne à la même vitesse angulaire que la Terre. Il apparaît immobile pour un observateur terrestre. Il ne peut observer qu'une partie de la Terre. Les satellites METEOSAT (France), GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites, USA), GMS (Japon) et INSAT (Inde) sont géostationnaires.

- **Orbite héliosynchrone**(figure 8): Les satellites ont une orbite quasi-circulaire polaire (inclinaison $\approx 90^\circ$) à une altitude située entre 700 et 900 km. Le plan orbital est théoriquement fixe, et la trace (projection de la trajectoire du satellite sur la surface terrestre) se décale d'un certain angle vers l'ouest du fait de la rotation de la terre. Ce sont des satellites à défilement qui peuvent observer la totalité de la surface terrestre. Le satellite français SPOT et le satellite américain LANDSAT circulent sur ce type d'orbite.
- **Orbite circulaire quelconque** : comme pour les satellites TIROS, NOAA et ERS-1.

Figure7: satellite géostationnaire

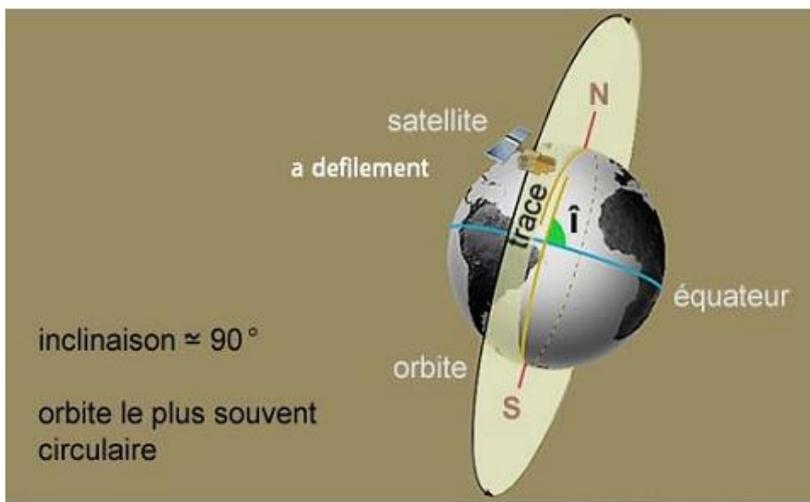
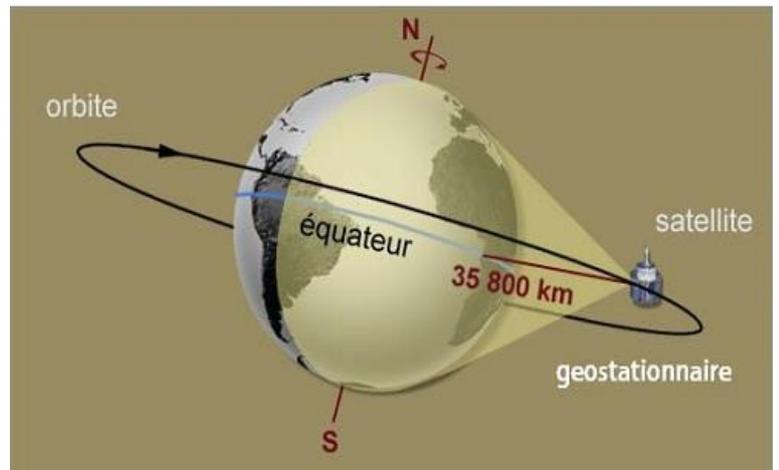


Figure 8: satellite à défilement

Nous nous limiterons à la description des caractéristiques de Landsat, car notre choix a porté sur les images satellitaires en provenance du satellite Landsat 8 OLI, du fait qu'elles sont une source d'informations géologiques importantes.

➤ *Caractéristiques LANDSAT, et Landsat 8 OLI :*

Le programme Earth Resources Technological Satellite (ERTS) utilisant les satellites ERTS-1 dont le nom a été transformé en LANDSAT (Land Satellite) est dû à la NASA, dans le but de réaliser des prises de vue multicanales de la surfaces terrestre.

Le premier satellite, Landsat 1 fut lancé en 1972 et suivit de 4 autres (Landsat 2 à 5). Les trois premiers constituent la première génération, équipée de deux systèmes d'acquisition : la caméra numérique RBV (Return BeamVidicom) et le capteur multispectral MSS (Multi Spectral Scanner). En 1982, le satellite Landsat 4 est le premier de la seconde génération, avec comme modification majeure : un passage d'un système d'acquisition de 4 à 7 canaux et une résolution de 30 m contre 80 auparavant, et la dernière génération avec Landsat 6, lancé le 5 Octobre 1993 et écrasé en mer lors du lancement, et Landsat 7 lancé avec succès le 15 Avril 1999. Tous deux équipés de nouveaux capteurs : le Thematic Mapper (TM) et l'EnhancedThematic Mapper Plus (ETM+).Les images TM sont beaucoup plus précises que les MSS grâce à leur résolution spatiale, spectrale et radiométrique, mais aussi au nombre de bandes plus élevé. L'instrument OLI de Landsat 8 dispose de 11 bandes de fréquences (tableau).

	Bandes	Longueur d'ondes (micromètres)	Résolution (mètres)
Landsat8 Opérationnel Imager Terrain (OLI) et Thermique Infrarouge Capteur (TIRS) Lancé Le 11 février 2013	Band 1 - aérosol côtière	0,43 à 0,45	30
	Band 2 - Bleu visible	0,45 à 0,51	30
	Band 3 - vert visible	0,53 à 0,59	30
	Band 4 - Rouge visible	De 0,64 à 0,67	30
	Bande 5 - proche infrarouge (NIR)	0,85 à 0,88	30
	Band 6- courte longueur d'onde infrarouge SWIR 1	1,57 à 1,65	30
	Band 7- courte longueur d'onde infrarouge SWIR 2	02/11 au 02/29	30
	Band 8 - panchromatique	0,50 à 0,68	15
	Band 9 - Cirrus	1,36 à 1,38	30
	Band 10 - infrarouge thermique, Long longueur d'onde infrarouge (TIRS) 1	10,60 à 11,19	100 * (30)
	Band 11 – infrarouge thermique, Long longueur d'onde infrarouge (TIRS) 2	11,50 à 12,51	100 * (30)

Tableau : les caractéristiques des capteurs landsat 8 OLI

I. Domaines d'application de la télédétection

La télédétection s'applique à toutes les disciplines qui nécessitent d'appréhender la répartition spatiale d'un phénomène, soit pour déterminer un état à un instant donné, soit pour suivre une évolution plus au moins rapide d'un phénomène (P .FOIN.1985).

Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer le suivi de l'évolution spatio-temporelle de la couverture nuageuse, mesurer la température, vapeur d'eau et précipitations...

En océanographie, et ressources marines, la télédétection offre l'avantage de permettre une analyse de la couleur de l'océan (estimation de la production biologique, turbidité), et une étude de la dynamique et caractéristiques des mers et océans (températures et altitude de surface, vagues et vents, turbidité des côtes, ..), elle permet également la surveillance des glaciers et des icebergs.

Les applications terrestres de la télédétection sont extrêmement variées. Elles vont de l'agriculture (rendements des cultures, réponses de la végétation à certaines contraintes environnementales, ..), foresterie (Cartographie forestière, estimation de certaines caractéristiques dendrométriques des peuplements forestiers, défoliation et état sanitaire, ...) et hydrologie (spatialisation de l'intensité des pluies, couverture végétale, ...), à l'urbanisme et l'aménagement (cartographie de l'occupation du sol, ...) , Cartographie régulière et thématique, Géologie (reconnaissance de la nature pétrographique des surfaces dépourvues de couverture végétale, suivre la dérive des continents, les anomalies thermiques liées aux zones tectoniques..), prospection minière, géomorphologie et structurale (identification des réseaux de failles et donc la détermination des orientations préférentielles de rupture) et risques naturels (dresser des "cartes des risques" pour certaines régions menacées par les cyclones, séismes, volcans, mouvements de terrains, sécheresse,..).

Les domaines d'applications de la télédétection sont présentés si dessous sous forme d'un tableau :

Agriculture, des Forêts et Range Ressources	L'utilisation des terres et de la cartographie	Géologie	Hydrologie	Ressources côtières	Surveillance de l'environnement
Discriminant types de végétation, cultures et bois	Terres classification utilisations	Cartographier principales caractéristiques géologiques	Déterminati on de l'eau les zones d'eau de surface et les limites	Les modèles de détermination et mesure de la turbidité	Déforestation surveillance
Mesure de la superficie des cultures et bois	Cartographie cartographie et mise à jour cartographie que	La révision des cartes géologiques	Cartographie des inondations et des caractéristiques de la plaine inondable	Changements de cartographie du littoral	Suivi de l'activité d'écoulement volcanique
la gestion des terres de l'agriculture de précision	Catégorisati on des capacités terrestres	Reconnaître et la classification de certains types de roches	Déterminer la zone étendue de la couverture de neige et de glace	Cartographier les bancs, les récifs et les zones peu profondes	Cartographie et surveillance de la pollution de l'eau
Surveillance des récoltes	Suivi de la croissance urbaine	Délimiter roches et des sols non	Mesurer les changements et l'étendue	Cartograph ie et la surveillanc	Déterminer les effets des catastrophes

agricoles et forestières		consolidés	de caractéristiques glaciaires	e des glaces de mer dans les voies de navigation	naturelles
Détermination de l'état de la préparation de la biomasse et de la santé	Aider la planification régionale	Cartographie des dépôts de surface volcaniques	Mesure des motifs de turbidité et de sédiments	Suivi de l'érosion des plages et des inondations	Évaluation de l'impact de la sécheresse
La détermination des conditions et des associations sol	les réseaux de transport de cartographie	Cartographier les reliefs géologiques	Délimiter les champs irrigués	Surveillance de la santé des récifs coralliens	Suivi des déversements de pétrole
Suivi désert fleurit	Cartographie des limites terre-eau	Identifier des indicateurs de ressources minérales et pétrolières	Suivi des stocks et de la santé sur le lac	Déterminer les modes de circulation côtières	L'herbe et les incendies de forêt évaluation et de suivi
Évaluation de l'habitat de la faune	Citant les voies de transmission de transport et d'énergie	La détermination des structures géologiques régionales	Estimation de la fonte des neiges ruissellement	La température de surface de la mer de mesure	Cartographie et de surveillance eutrophisation des lacs
Caractériser la gamme	Planification des sites	Produire des cartes	Caractériser les pluies	Suivi et gestion des	Suivi de la pollution par

végétation forestière	d'élimination des déchets solides, des centrales électriques et d'autres industries	géomorphologiques	tropicales	marées «rouges»	les déchets de la mine
Surveillance et de cartographie des infestations d'insectes	Cartographie et la gestion des plaines inondables	cratères d'impact de la cartographie	bassins versants de cartographie	Évaluation de la santé des récifs coralliens	Suivi des panaches de cendres volcaniques

Tableau 1. Quelque Domaine d'Application de la télédétection

➤ **Télédétection et cartographie géologique :**

Discipline cartographique en plein développement, la télédétection trouve ses meilleures applications en géomorphologie et en géologie. Ainsi, la cartographie géologique, qui cherche à identifier et décrire les différents types de roche dans une région donnée puis à la mise en carte des données géologiques recueillies sur le terrain, est passée de son aspect classique basé uniquement sur des missions de terrain et les photos aériennes, ce qui s'avère être un travail long et complexe ; à un nouvel aspect (images optimisées par l'application de tous les traitements numériques, fondée sur leur sélection en mode interactif, la numérisation..) facilitant la confection de telles cartes et la mise à jour des données cartographiques.

***UTILISATION DE
LA
TELEDETECTION
POUR LA
CARTOGRAPHIE
DE LA STRUCTURE
ANNULAIRE
D'ANNA (EGLAB-
SW ALGERIEN)***

II. Chapitre I : Présentation de la région d'étude

III.

I. Cadre géographique :

La structure circulaire Anna, est situé dans la partie occidentale du domaine d'Eglab, est comprise entre 6°4' Ouest et 26°58' Nord (Fig.10), elle est limitée à l'ouest par Erg Eguidi et à l'Est par Deleat Jnoun et par la région de Bled M'Dena en Nord et la série de Chegga en Sud.

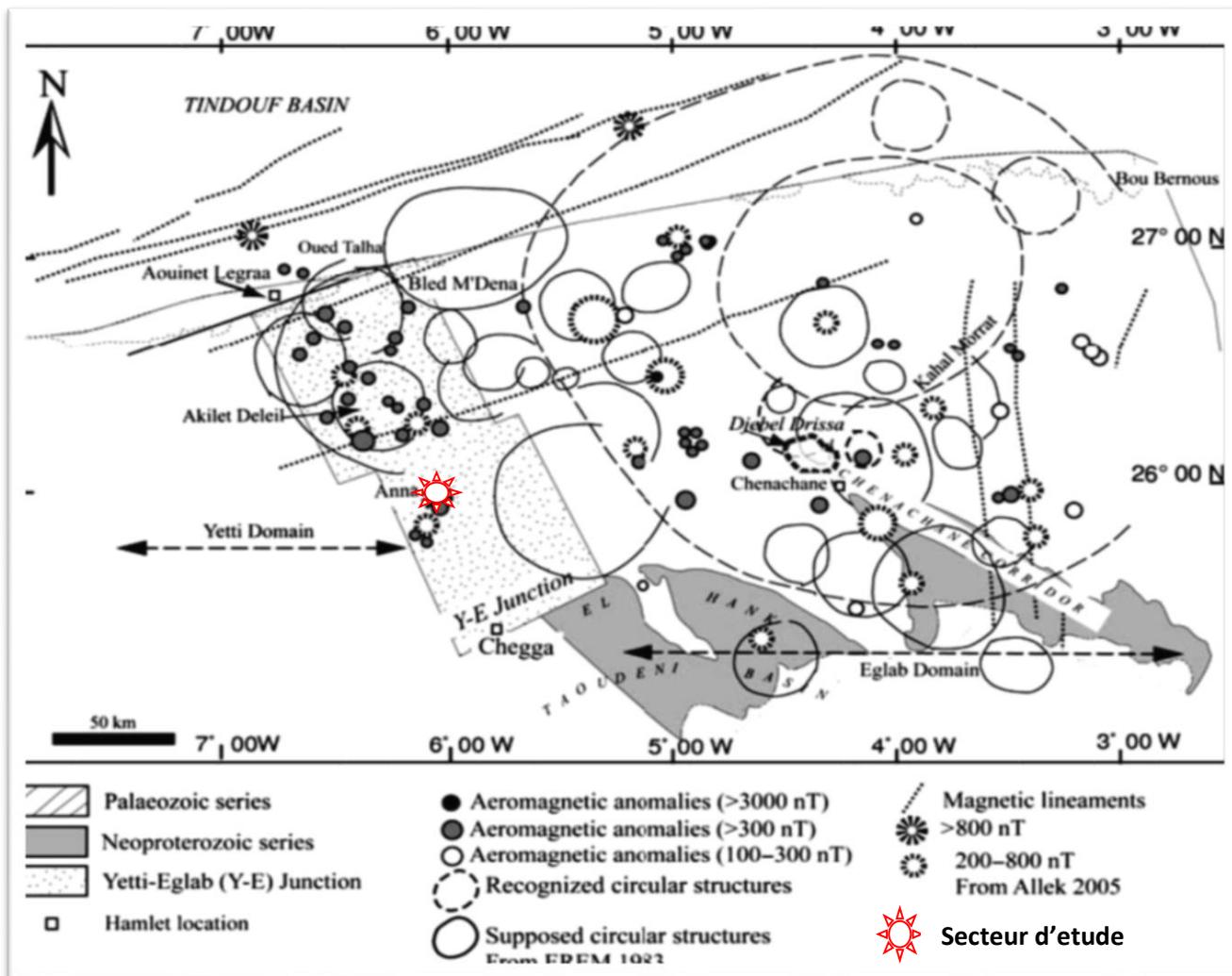


Figure 90: La carte schématique de la situation géographique de la structure d'Anna. (Kahoui et al 2008).

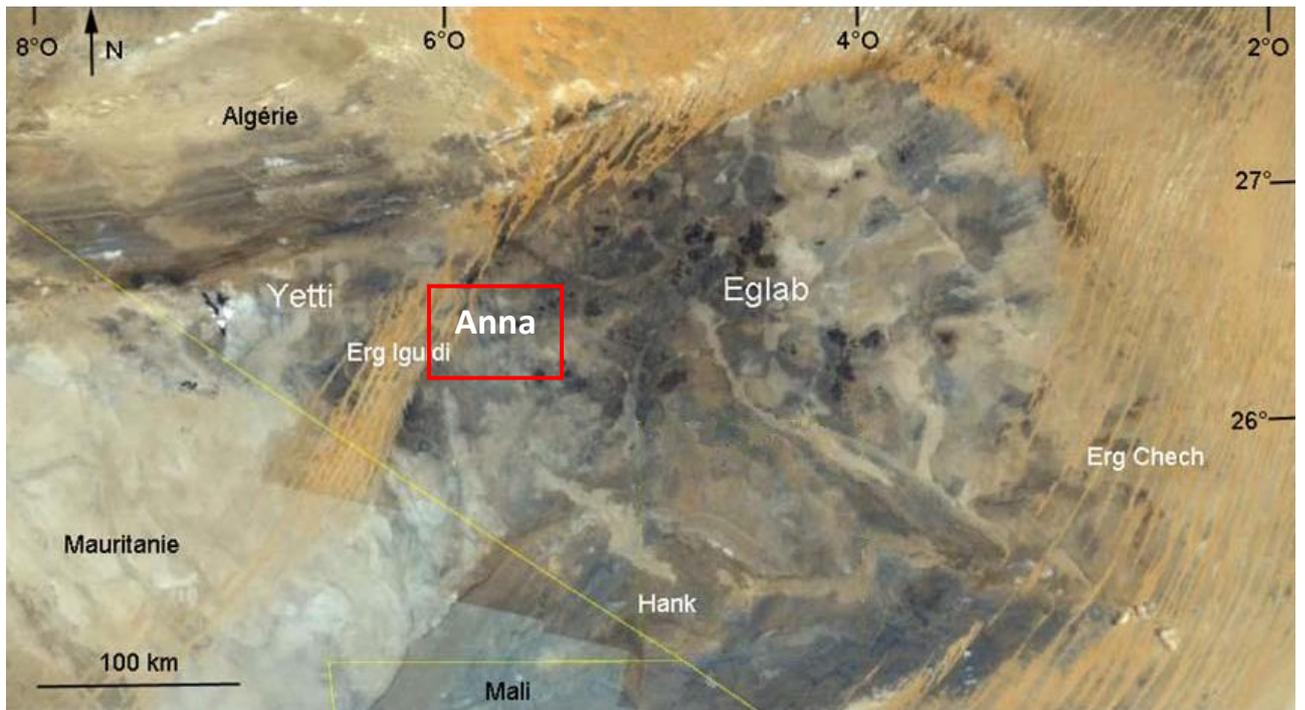


Photo satellite (Google Earth) montrant les différents domaines et limites du Massif Yetti-Eglab, ainsi que la situation géographique de la structure annulaire d'anna.

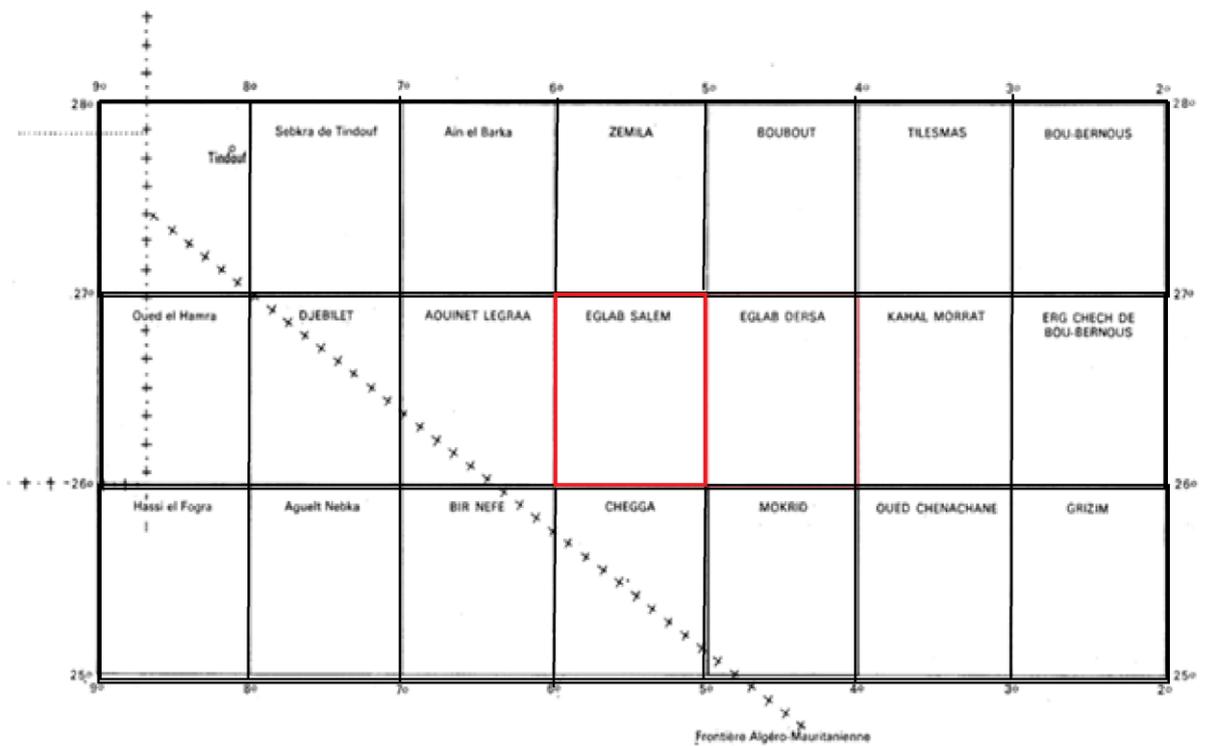


Figure : Assemblage des coupures de cartes topographiques et géologiques au 1/200.000 de la région du Massif Yetti-Eglab (d'après Buffière et al, 1965)

 Secteur d'étude

II. Cadre géologique :

La région étudiée appartient à la partie occidentale de la plateforme saharienne (Sud-Ouest algérien) et fait partie du domaine Eglab du bouclier Reguibat ; partie septentrionale du craton ouest-africain.

1. Aperçu sur la géologie de l'Algérie

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par l'accident sud-atlasique (Figure 10) :

1.1. Le Nord de l'Algérie : portant l'empreinte de la tectonique alpine et composé des ensembles structuro-sédimentaires suivants, du nord au sud :

- **la chaîne des Maghrébides :** Sur une coupe transversale N-S effectuée dans le Tell Algérien, il se dégage deux grands édifices structuraux : -Le Tell septentrional au Nord, qui caractérise les internides, lui-même constitué de trois grands ensembles géologiques, à savoir : le socle Kabyle à matériel cristallophyllien et terrains paléozoïques non métamorphisés, la dorsale Kabyle appelée également chaîne Liasique ou chaîne Calcaire (Glangeaud, 1933) écaillée et chevauchant vers le Sud les nappes de flyschs Mauritanien et Massinien ; -Le Tell méridional au Sud, caractérise les externides, constitué de nappes de charriage à matériel calcaro-marneux d'âge méso à cénozoïque, mises en place au Miocène inférieur ;
- **Au centre, le domaine des Hautes Plaines (Hauts Plateaux),** avant-pays alpin, à couverture sédimentaire méso-cénozoïque réduite reposant sur un socle paléozoïque affecté par l'orogénèse hercynienne ;
- **Au sud, l'Atlas saharien :** une chaîne de montagnes orientée NE-SW, née d'un long sillon subsidant pincé entre les hauts plateaux et la Plate-forme Saharienne, comblé, au Mésozoïque, par une puissante série sédimentaire (jusqu'à 9000m). Durant le Tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse.

1.2. La plate-forme saharienne, située au sud de l'Algérie alpine, se distingue de cette dernière par sa stabilisation depuis la fin de l'orogénèse panafricaine (depuis 550 Ma). Il faut noter par ailleurs, la déformation périphérique hercynienne au Nord du craton Ouest africain et l'apparition d'un volcanisme cénozoïque connu au niveau du Hoggar.

Elle comprend deux domaines bien distincts :

- **Le craton Ouest-africain** à l'Ouest, stable depuis 2 Ga (Bessoles, 1977), affleure dans la partie orientale de la dorsale Reguibat (massif Yetti-Eglab) ;
- **La chaîne panafricaine,** stable depuis 550 Ma, occupe les parties centrale et orientale du Sahara algérien, et montre une direction essentiellement méridienne ; sauf au Nord du craton où elle devient sub-latitudinale (N080°). Le socle de cette zone affleure dans le bouclier Touareg (Ouzegane et al., 2003) dont le plus important constituant est le

Hoggar, situé en Algérie. Le Hoggar est caractérisé par de grands cisaillements N-S d'échelle continentale, dont les accidents 4°50' et 8°30' qui le séparent en trois grands domaines qui sont de l'Ouest vers l'Est (Bertrand et Caby, 1978) : le Hoggar occidental (la Chaîne Pharusienne), le Hoggar Central Polycyclique provenant d'un socle prépanafricain réactivé et le Hoggar Oriental-Ténéré, stabilisé vers 725 Ma, développant sur sa marge occidentale une chaîne linéaire intracontinentale (chaîne de Tiririne).

- Les deux domaines (CWA et le panafricain) sont séparés par une zone de jonction (suture) qui est restée relativement mobile jusqu'à la fin du Paléozoïque (Ait Ouali et Nedjari, 2006) ; elle enfouie sous la couverture phanérozoïque, et supposée passer, en Algérie, par la chaîne d'Ougarta (figure 10). Cette dernière s'est érigée sur l'emplacement d'un ancien sillon subsident qui borde à l'Est la marge du Craton Ouest Africain (Menchikoff, 1949; Fabre, 1969). Elle a été affectée au cours de l'orogénèse hercynienne par des plissements de direction majeure NW-SE et E-W, engendrés par les grandes fractures du socle dont le jeu est essentiellement vertical (Donzeau, 1972).
- Sur le socle précambrien, repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. On distingue d'Ouest en Est (figure 10): les bassins de Tindouf et de Reggane, le bassin de Béchar, le bassin d'Ahnet-Timimoun, les bassins du Mouydir et de l'Aguemour-Oued Mya et la synéclyse d'Illizi-Ghadamès.

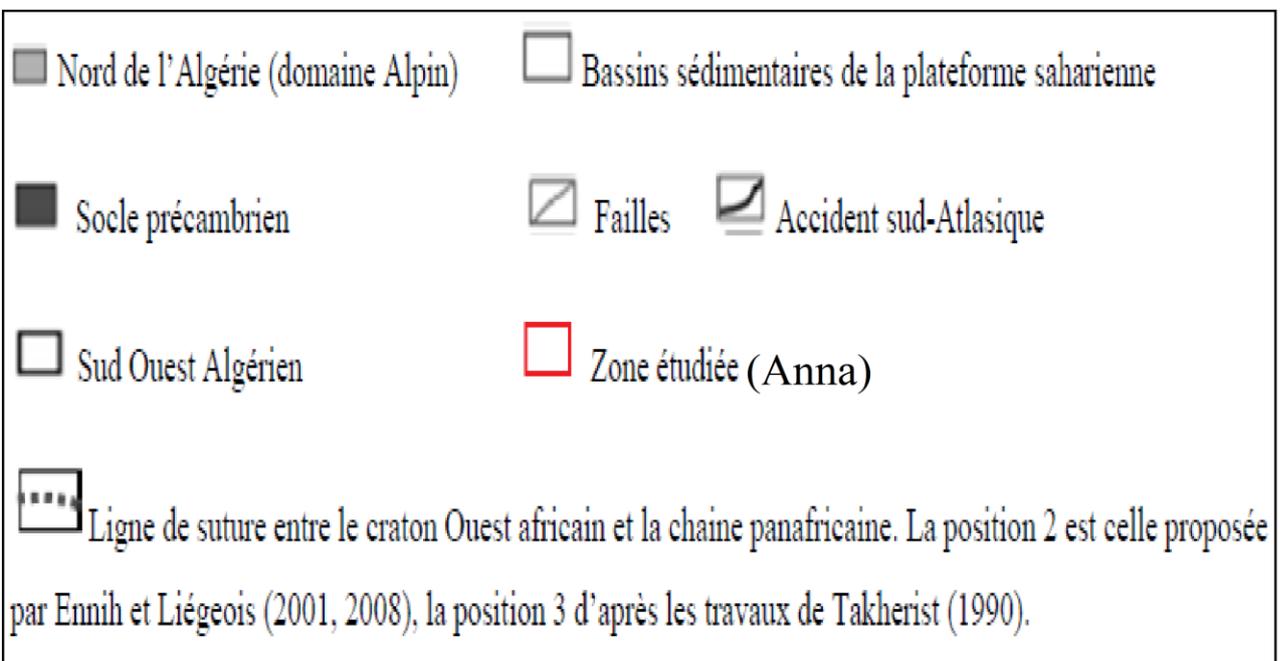
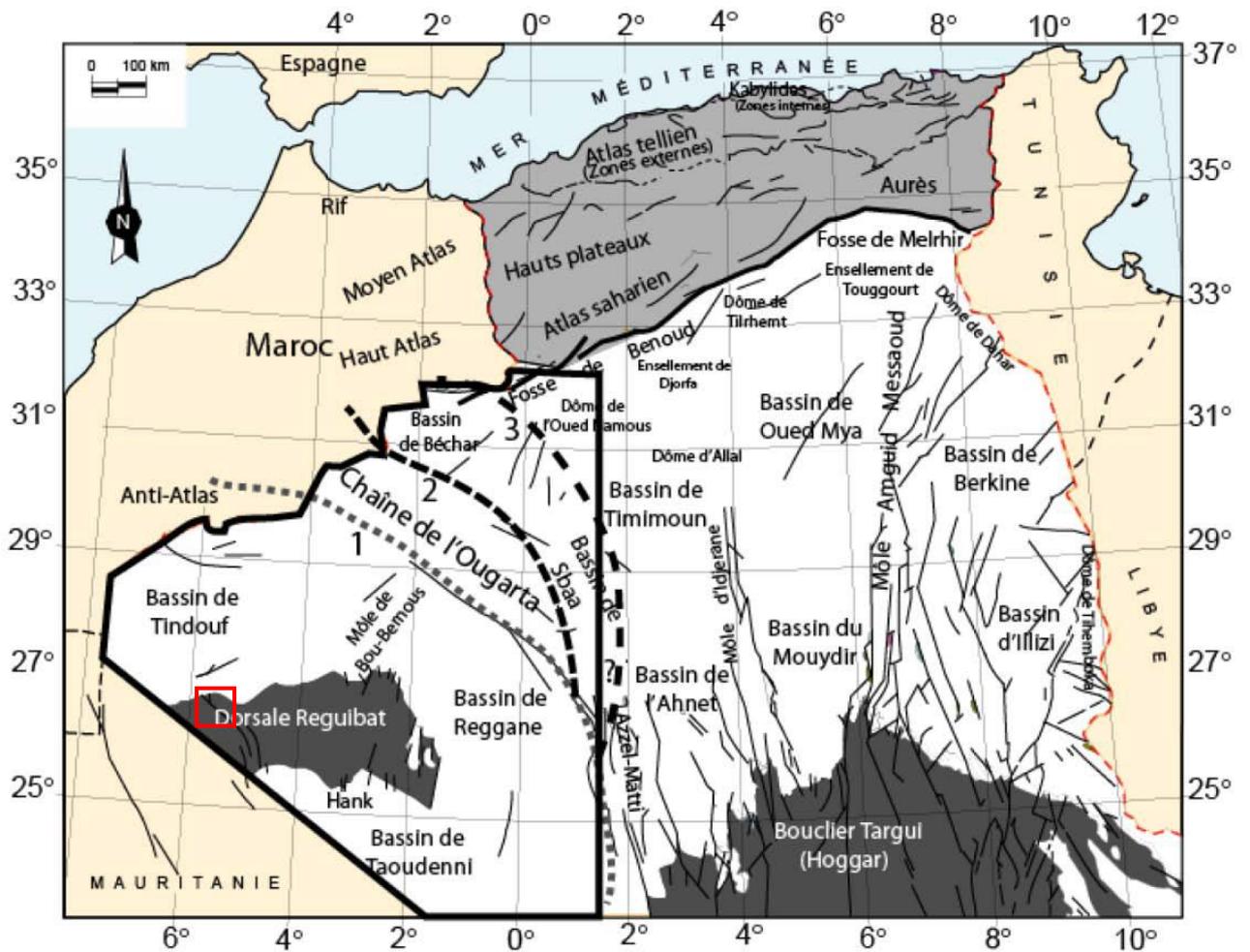


Figure 11 : Carte des principaux domaines géologiques de l'Algérie, et localisation de la zone d'étude [d'après WEC (Well Evaluation Conférence) Algérie 1995, modifiée]

2. Contexte géologique régional ; Aperçu sur la géologie du Sud-Ouest Algérien

2.1. Le craton Ouest africain (WAC):

L'Afrique de l'ouest est caractérisée, du point de vue géologique, par le craton Ouest-africain qui en occupe la partie majeure. C'est un immense craton d'environ 4.500.000 km² de surface, stabilisé vers deux milliards d'années, composé de deux boucliers d'âge Archéen (dans leurs parties occidentales) et Paléoprotérozoïque (éburnéen/ Birrimien) dans leurs parties centrales et orientales (Rocci et al, 1991); la dorsale Réguibat au Nord et la dorsale de Léo au Sud, séparés par les sédiments néoprotérozoïques à paléozoïques du bassin de Taoudenni (Figure 11). La croûte archéenne a été édiflée, déformée et métamorphisée pendant les cycles pré-Léonien (3500 Ma) (Potrel et al., 1996 ; Thiéblemont et al., 2001), Léonien (2900-3000 Ma) et Libérien (2700-2800 Ma) (Bessoles, 1977 ; Beckinsale et al., 1980 ; MacFarlane et al., 1981 ; Kouamelan, 1996 ; Thiéblemont et al., 2001). Les formations birrimiennes sont principalement représentées par des roches sédimentaires, des ensembles volcaniques (Bessoles, 1977) et des granites syn-cinématiques affectées vers 2,1 Ga par un événement thermo-tectonique majeur (orogénèse éburnéenne, Milési et al., 1989) associé à un épisode de formation de croûte continentale juvénile (Abouchami et al., 1990 ; Boher et al., 1992 ; Kouamelan et al., 1997 ; Doumbia et al., 1998 ; Egal et al., 2002). Les principaux affleurements du WAC apparaissent, au Nord, dans la dorsale Réguibat, à l'Ouest, dans les fenêtres de Kédougou-Kéniéba et Kayes à la frontière sénégal-malienne et au sud, par la dorsale de Léo qui couvre une large région qui va du Liberia au Ghana en passant par la Guinée, le Mali et la Côte d'Ivoire et le Burkina-Faso.

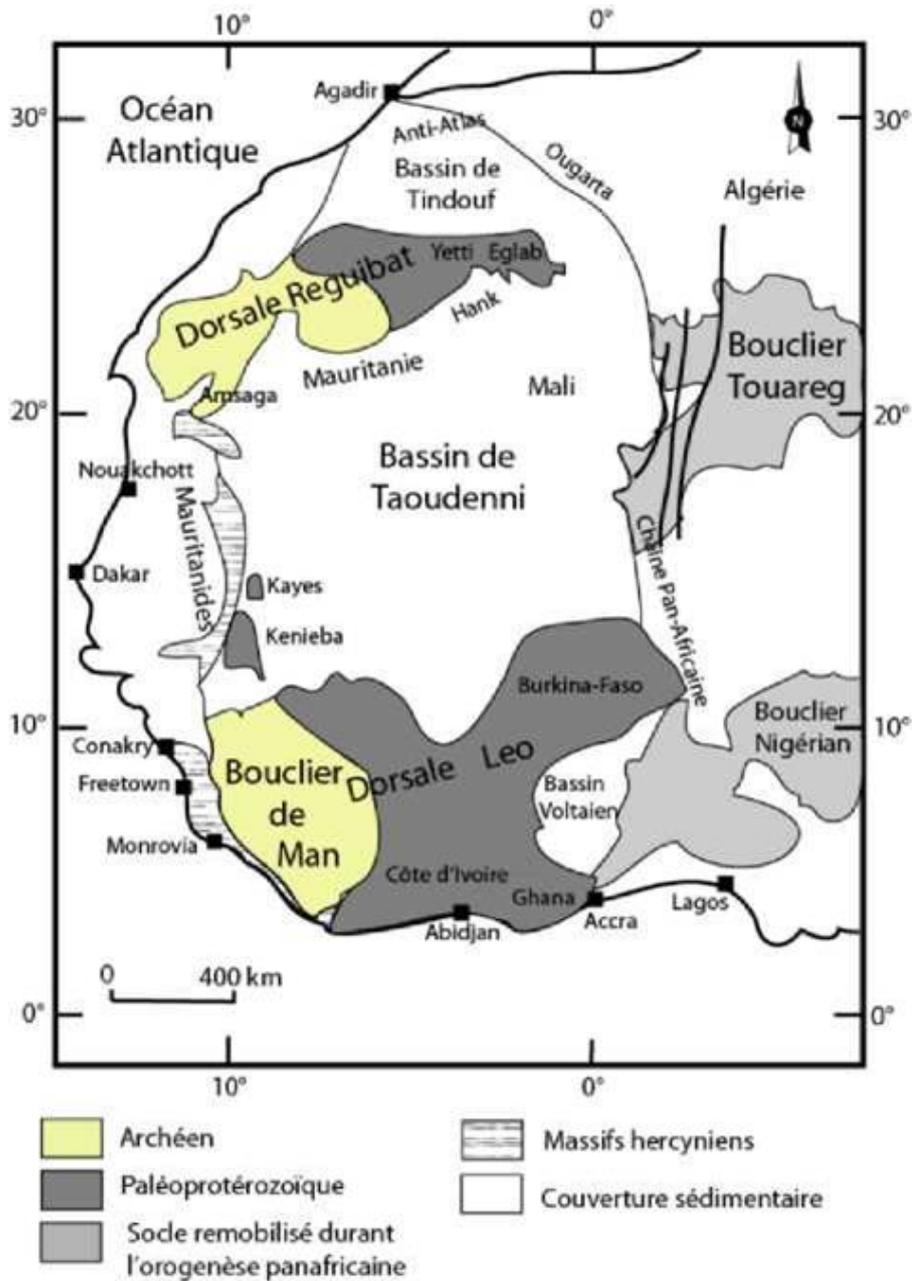


Figure 12: Principales unités structurales de l'Afrique occidentale (d'après Peucat et al., 2005, modifiée)

2.2. La dorsale Réguibat :

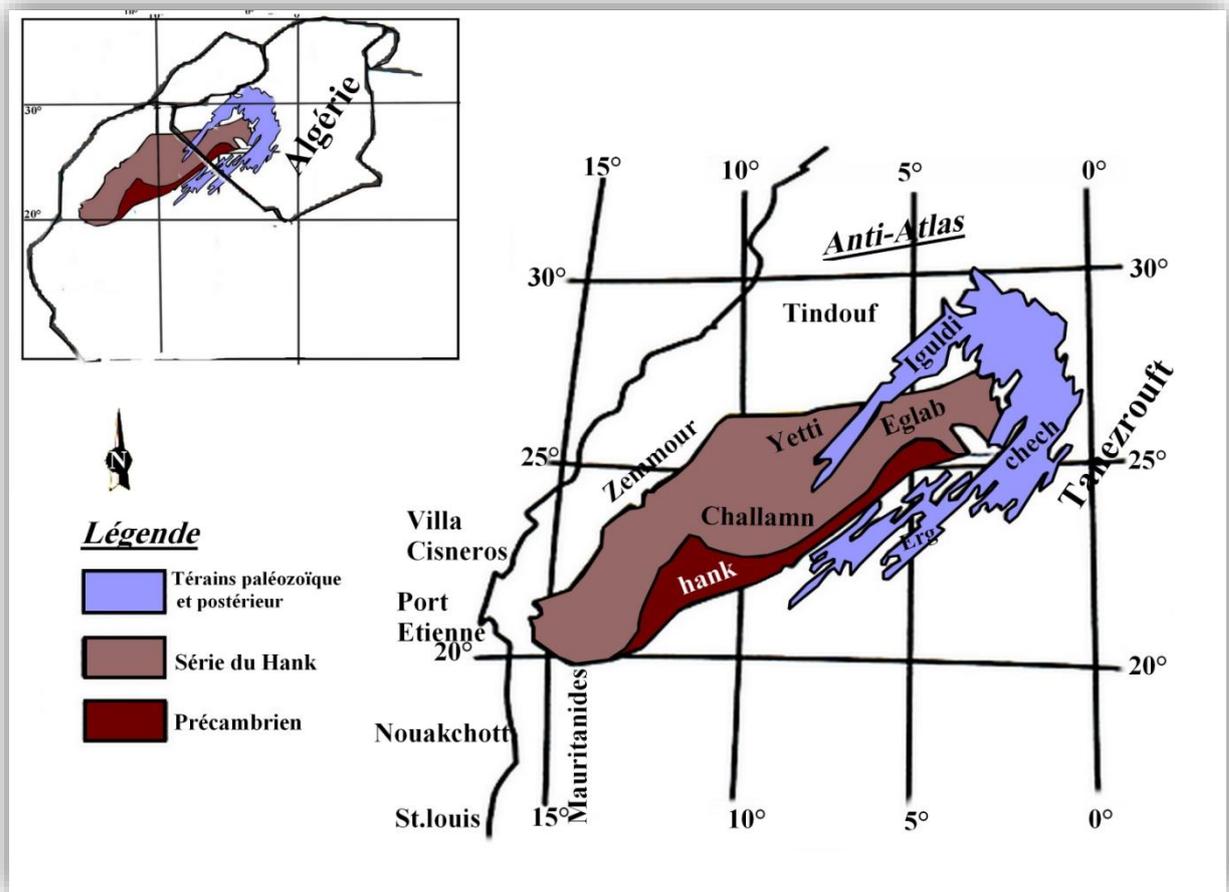


Figure. 13 : La situation géographique de la dorsale Réguibat (Sabaté et Lomax, 1975) (Modifiée).

La dorsale Réguibat (terme donnée par N. Menchikoff en 1949 qui signifie : pays cristallin de Reguibat), partie septentrionale du craton ouest-africain, est une vaste boutonnière allongée SW-NE, entre les méridiens 3° et 16° Ouest d'une part et les parallèles 20° et 27° Nord d'autre part et couvrant une zone de 1500 km de long sur 250 à 400 km de large. Elle affleure pour l'essentiel en Mauritanie (1200 km) jusqu'en Algérie où elle forme le massif du Yetti-Eglab (300 km). Au sud et au nord, elle s'ennoie sous la couverture sédimentaire des bassins de Taoudenni et de Tindouf respectivement. Comme son équivalent méridional (dorsale de Léo), la dorsale Réguibat est formée en grande partie de terrains catazonaux plissés et de granites anté 1600 Ma. Bessoles (1977) y distingue 2 ensembles où les âges varient entre 3,5 Ga et 1,6 Ga :

- un ensemble archéen (Précambrien D de Rocci, 1975) à l'Ouest et Sud-Ouest, en Mauritanie (l'Amsaga, le Tijirit, le Tasiast, le Tiris, l'Ouassat, le Ghallaman, le Sfiariat), formé par un socle granito-gneissique affecté par un métamorphisme catazonal d'âge

supérieur à 2,5 GA (Vachette, 1964 ; Potrel, 1994) ainsi que des ceintures de roches vertes et des quartzites ferrugineux (figure 12);

- un ensemble protérozoïque inférieur à moyen ou Birrimien (Précambrien C de Rocci, 1975), plus jeune que 2,5 GA (2,5 GA à 1,6 GA, Vachette, 1964 ; Boher 1991), relativement peu métamorphique, qui regroupe les régions de Karets, Yetti et Eglab, composé de ceintures volcano-sédimentaires à formations ferrifères et de granitoïdes extrêmement variés, séparées par deux cortèges d'intrusions de granitoïdes recoupés par un épisode plutonique alcalin (figure 12) ;

Un régime de subduction se serait installé au contact de cette croûte birrimienne et de l'Archéen s'achevant par un phénomène de collision le long de la bordure orientale des Sfariat et de Ghallaman marquant la limite entre les deux provinces.

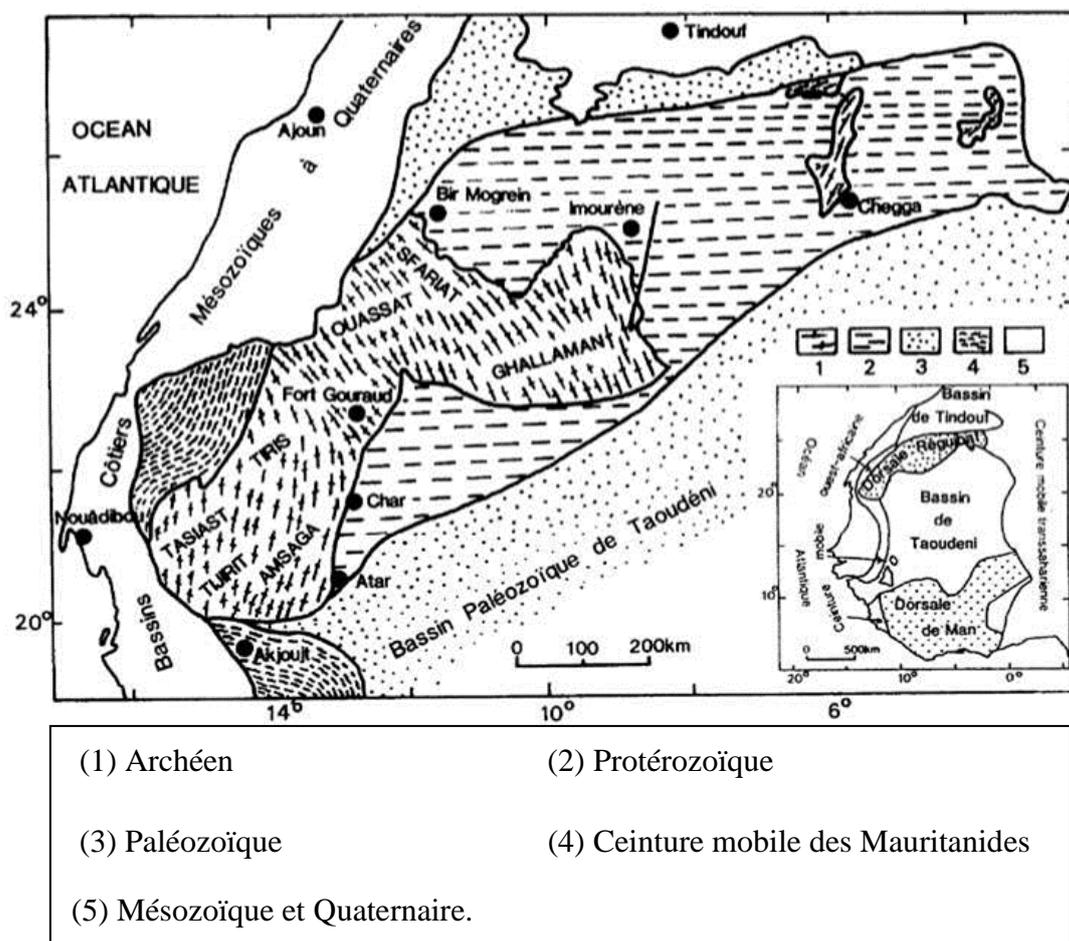


Figure 14: Unités lithostratigraphiques de la dorsale Réguibat (d'après Bessoles, 1977)

En Algérie, la partie Birrimienne (Eburnienne) est connue sous le nom du massif Yetti-Eglab (Buffière et al., 1965 ; Lasserre et al., 1970 ; Sabaté et Lomax, 1975 ; Bitam et Fabre, 1996 ; Peucat et al., 2005).

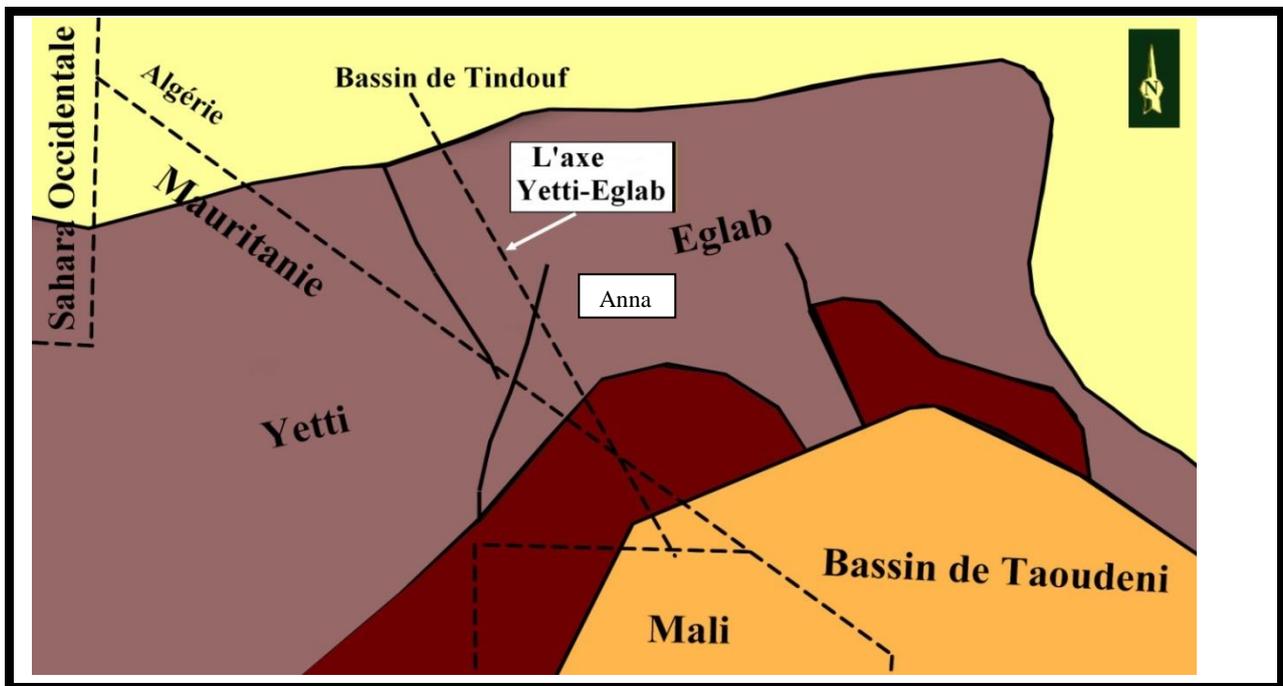


Figure. 15 : La partie Orientale de le dorsale Réguibat jointure Yetti-Eglab (In Tabeliouna 2009). (Modifiée)

2.3. Le massif Yetti-Eglab :

Le Massif Yetti-Eglab est scindé en deux ensembles de lithologies et de structures différentes : le domaine Yetti à l'Ouest et le domaine Eglab à l'Est, séparés par un contact tectonique affecté d'une schistosité intense (zone mylonitique) : la jointure Yetti-Eglab (Sabaté, 1973) qui a rattaché, vers 2 Ga et via un mouvement de subduction, ces deux terrains tectoniques initialement indépendants.

- **Le domaine Yetti**, large d'environ 150 km, est limité à l'Est et à l'Ouest par des zones broyées. Il est principalement représenté par les formations plissées et métamorphisées du Complexe Réguibat Inférieur (Système de Base Reguibat : SBR, incluant en plus du domaine Yetti, la partie des Eglabs formée par les série de Chegga et le groupe de Chenachane-Erg Chech) et recoupé par des plutons granitiques du Complexe Réguibat Supérieur (SSR). Deux régions séparées par un accident N.NW-S.SE sont distinguées : La zone Est, entre le massif des Eglab et la zone de fracture médiane, comprend des quartzites fins,

noirs, injectés de lentilles de quartz et un complexe rhyodacitique. La zone Ouest est essentiellement schisteuse. Elle comprend des phyllades injectés de lentilles de quartz, des micaschistes, des gneiss et des migmatites.

- **Le domaine Eglab**, auquel appartient notre zone d'étude (figure 15), est essentiellement (dans 2/3 de sa superficie) granitique (granites post-tectoniques d'Aftout) et volcanique felsique (Aftout et Eglab), non déformé et non métamorphisé, recouvert au sud par les formations sédimentaires du Hank, et reposant sur des formations volcano-sédimentaires plissées (Série de l'Oued Souss) et des formations métamorphiques plus anciennes (socle de 2,2 Ga) constituées par les séries de Chegga et des Groupes de Chenachane-Erg Chech.

On distingue, d'Ouest en Est :

- **la zone Ouest Chegga-Iguidi**, domaine des formations résiduelles du système de base Reguibat (SBR), comprend la série de Chegga (Gevin, 1951) redressée, fréquemment, à la verticale et fortement migmatisée, recoupée par les granites et les gabbro-diorites du cycle Aftout. Cette série recèle les seuls témoins d'Archéen du Massif Yetti-Eglab : des reliques d'orthogneiss et d'amphibolites datés à 2,7 Ga (Peucat et al., 2005);
- **la zone centrale Aftout-Eglab ou domaine du pluton Aftout**, appartient, selon Gevin (1951) et Buffière et al. (1965), au Système Supérieur Reguibat (SSR). Elle comprend la série de l'Oued Souss qui contient des unités volcaniques et volcano-sédimentaires de 2,09 Ga, plissées avant la mise en place des granites Aftout et désignées par le nom de séries d'Akilet Deilel (AD) à l'Ouest du massif des Eglab, et série de l'Oued Souss (OS) dans sa partie centrale et orientale.
- **la zone Est Chenachane-Erg Chech (partie Sud et Sud-Est des Eglab)**, où des termes du système de base réapparaissent au sein du pluton Aftout, a été subdivisée en trois ensembles lithologiques (Buffière et al, Caby, 1965): le group Tilemsi, le Groupe de Teggeur et le Groupe de Dra el Guerb.

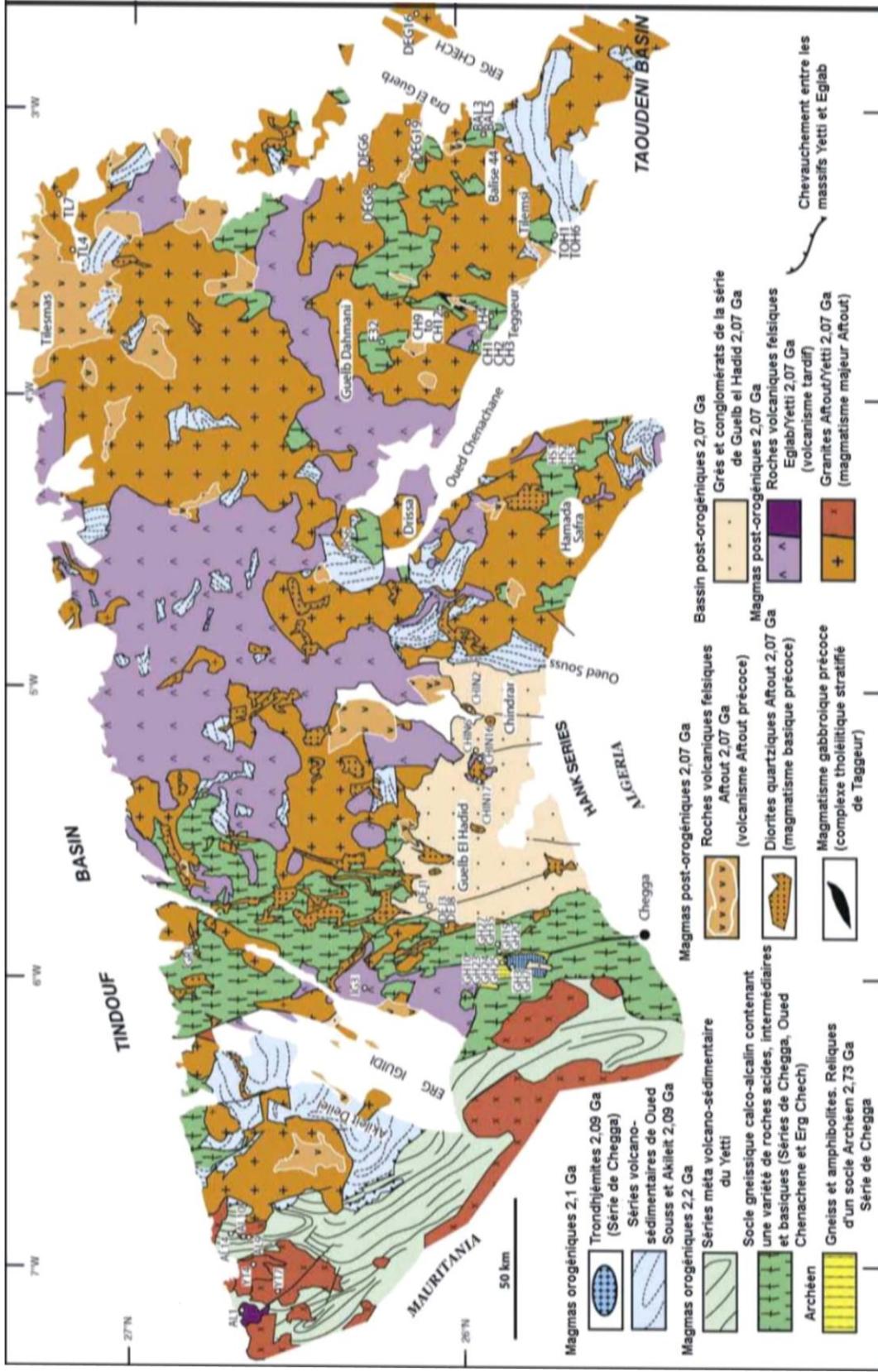


Figure 16: carte géologique du massif des Eglab et de la bordure Est du massif de Yetti (d'après Buffière et al, 1965, Lameyre et al, 1972, Peucat et al, 2005, modifiée).

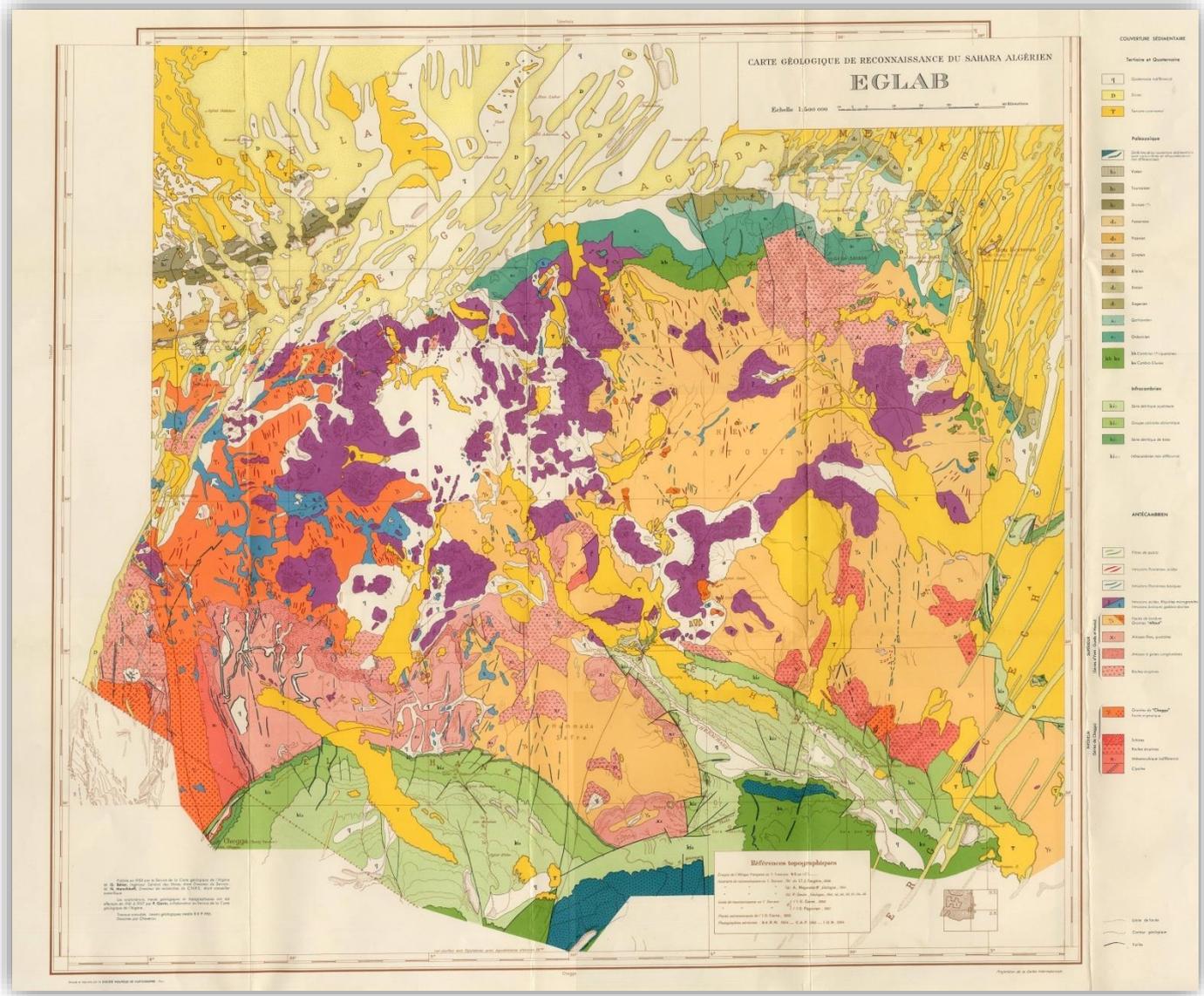


Figure 17: Carte géologique d'Eglab

2.4 Les bassins sédimentaires :

Le massif Yetti-Eglab, resté stable depuis sa cratonisation il y a 2 Ga, forme le substratum des principaux bassins sédimentaires du Sud-Ouest algérien. Il s'agit des bassins de Tindouf, de Reggane et du Hank (extension Nord du vaste bassin de Taoudenni), situés respectivement, au Nord, à l'Est et au Sud du massif (figure 10).

• Le bassin de Tindouf

Le bassin de Tindouf, limité au Sud par la dorsale Reguibat, au Nord par l'Anti-Atlas, à l'Est par la chaîne d'Ougarta et la dépression de Reggane et à l'Ouest par le bassin d'El Aioun et la chaîne des Mauritanides, est long de 800 km (dont 540 km en Algérie) et large de 200 à 250 km. L'évolution de ce bassin montre une grande différence entre sa partie Nord et Sud. Cette différence consiste en : l'âge des formations (plus anciennes au Nord), leurs épaisseurs (beaucoup plus profond au nord avec 8000 m de sédiments, qu'au sud avec 1500 m de sédiments en moyenne) et leurs structurations [le flanc Sud est une structure monoclinale avec un très faible pendage vers le Nord (1 à 3° en moyenne) et le flanc Nord fortement redressé contre l'Anti-Atlas marocain et plissé].

La couverture sédimentaire est composée essentiellement de formations paléozoïques, du Cambrien au Carbonifère supérieur (Gevin, 1960), qui affleurent sur les flancs Nord et Sud et sont recouvertes dans une grande partie du bassin par une mince couverture sédimentaire tertiaire (100 m d'épaisseur au maximum) qui forme la Hamada du Dra

Le bassin de Reggane

Situé au Nord-Est des Eglab (figure 10), il représente la continuité Est du bassin de Tindouf dont il est séparé par une zone haute appelée môle de Bou-Bernous. Il est en monoclinale à faible pendage NE (~ 1°) avec des noses et terrasses structurales et des failles sub-méridiennes (Aliev et al., 1971) du côté de la Dorsale, et plicatif et fortement redressé contre l'extrémité méridionale de la chaîne d'Ougarta dans sa partie orientale.

Sa puissante couverture sédimentaire (profondeur maximale de 6 km), essentiellement paléozoïque, n'est complète que sur le flanc oriental du bassin (Bled-el-Mass), du fait elle soit masquée, ailleurs, par les formations du Crétacé inférieur ("Continental Intercalaire") et par les recouvrements quaternaires du Tanezrouft et de l'Erg Chech.

Le bassin du Hank

Situé au Sud de la dorsale Reguibat, le bassin du Hank est une structure synclinale qui occupe la partie Nord-Est du vaste bassin de Taoudenni (Villeneuve, 2005) (figure 11). Dans la partie algérienne, le bassin est divisé en deux éléments structuraux séparés par un éperon du socle des Eglab (Hamada Safra) (Buffière et al., 1965 ; Wec Algérie, 2007) (figures 14 et 15): le bassin de Chegga à l'ouest ; un monoclinale à faible pendage vers le sud-Est (1 à 2°) affecté par une importante flexure (Dar Cheïr) menant les pendages à varier entre 50 et 80° et le bassin de Chenachene, à l'est de l'éperon, structuré en synclinal d'orientation NW-SE.

La couverture sédimentaire du bassin (2000 m au maximum), reposant en discordance majeure sur l'infratilitique supérieur et le socle Eburnéen des Eglab, a été subdivisée, dès les premiers travaux géologiques, en Algérie, en deux grands ensembles ; l'un attribué au Précambrien supérieur (Néoprotérozoïque), l'autre au Cambro-Ordovicien (Durozoy, 1960 ; Villemur, 1967 ; Zimmerman, 1960 ; Gevin, 1960), en partie masqués par les formations crétacées du Continental Intercalaire et quaternaires du Tanezrouft et de l'Erg Chech (figure 14).

La couverture sédimentaire néoprotérozoïque en Algérie a été comparée et parallélisée avec le Supergroupe 1 de l'Adrar de Mauritanie (entre 1000 et 640 Ma) (Clauer, 1976 ; Trompette, 1973 ; Deynoux, 1978 ; Clauer et Deynoux, 1987) recoupé en trois grands ensembles. Ainsi, la Série du Hank était divisé en un « ensemble gréseux inférieur »,

« un ensemble calcaire » à stromatolites et un « ensemble calcaréo-gréseux » (SERMI, 1965 ; Bertrand-Sarfati, 1972). Cependant, la découverte, lors des campagnes de cartographies de 1990 et 1993 en Algérie, de failles synsédimentaires à peu près N-S ayant affecté le craton (Dar el Cheikh vers 5°20 W et Chenachane de 4°-4°20 W), pendant les événements distensifs panafricains (800 Ma, Caby, 1987 ; Blanc et al, 1992), a permis de donner une autre idée de la chronologie des dépôts et la géodynamique du bassin, ce qui a entraîné un nouveau découpage de la série stratigraphique néoprotérozoïque (figure 15). On distingue quatre groupes qui sont séparés par des discordances majeures, pour la plupart, d'origine tectonique :

- Le Groupe de Douik, discontinu, regroupe les formations de Glebet el Atores et de Chegga, disparaît au niveau du cinquième méridien Ouest. Il est à dominance siliciclastique caractéristique d'un milieu marin très peu profond à continental.
- Le Groupe moyen plutôt carbonaté, est maintenant subdivisé en :
 - ❖ Groupe du Hank, qui occupe toute la bordure Nord du bassin intégrant les formations de grès de base, de Chenachane, de l'Oued Souss, de Mokrid, de Tilemsi et d'Oglet Betina. Il consiste en une succession de carbonates construits par des biostromes à stromatolites déposés dans un milieu marin épicontinental à profond, tronqués par des failles synsédimentaires qui permettent l'ouverture, vers 880 Ma, de bassins intracratoniques en demi-graben (Moussine-Pouchkine et Bertrand Sarfati, 1993) dans lesquelles se dépose le Groupe de Dar el Cheikh.
 - ❖ Groupe de Dar Cheikh : le premier remplissage des bassins précités (formations d'Oglet Betina) se fait avec des carbonates bréchiques à séismites (Bertrand-Sarfati et Moussine-Pouchkine, 1993). Désormais le craton se comporte comme une bordure de marge passive à sédimentation siliciclastique (formations de Oglet Damrane et de Teggeur).
 - ❖ Le groupe de Cheikhia : une succession de sédiments argileux-gréseux renfermant une faune de type Ediacara, déposés en même temps que les événements panafricains, et affleurant en deux grands synclinaux (synclinal de Hank-Oued Souss à l'Ouest et synclinal de Oued Chenachane à l'Est).

3- Contexte Géologique local :

Les coupures de cartes géologiques au 1/200.000 établies par MM J.M. Buffiere, J.C. Fahy et J. Petey (géologues à la société d'études et de réalisations minières et industrielles ; SERMI) en 1965, concernant la région des Eglab (régions de Chegga, et Oued Chenachane), nous ont été d'une aide précieuse dans les synthèses que nous avons faites sur la litho-stratigraphie, la structure, et l'histoire géodynamique de la zone d'étude.

I-Données utilisées :

Pour notre application nous avons utilisé les données suivantes :

- SRTM 1 seconde d'arc.
- image LANDSAT 8 OLI du 20 avril 2014
- schéma géologique de Bouzzara 2015.

1-Données issue du SRTM :

1.1-Définition de SRTM :

Shuttle Radar Topography Mission (**SRTM**) , fait référence à des fichiers [matriciels](#) et [vectoriels topographiques](#) fournis par deux agences américaines : la [NASA](#) et la [NGA](#) (ex-NIMA). Ces données altimétriques ont été recueillies au cours d'une mission de 11 jours en [février 2000](#) par la [navette spatiale Endeavour \(STS-99\)](#) à une altitude de 233 [km](#) en utilisant l'[interférométrie radar](#).

1.2-Les différentes résolutions du SRTM :

- SRTM 3 seconde d'arc c.àd 90 m sur l'équateur couverture mondiale.
- SRTM 1 seconde d'arc soit 30 m sur l'équateur couvre uniquement les [États-Unis d'Amérique](#) et ses dépendances.
- SRTM30 : résolution de 30 secondes d'arc (926 m à l'Équateur), couverture mondiale, sorte de *mise à jour* du format GTOPO30.

2-Téléchargement des données de landsat 8 OLI et date d'acquisition:

L'USGS a déployé une visionneuse de prototype qui permet un accès facile au plus de 3 millions scènes dans l'archive Landsat. Le LandsatLook est utilisé pour la recherche globale et le téléchargement de pleine résolution [des images des LandsatLook](#) , ainsi que l'accès au niveau d'un produit de données.

C'est une interface graphique pour plus d'une décennie de valeur de données Landsat, une ressource formidable pour quiconque s'intéresse à l'évolution de la surface de la Terre, naturelle ou d'origine humaine.

Le satellite Landsat 8 recueille approximativement 400 scènes par jour couvrant chacune 160 km². Ces scènes (images) peuvent être téléchargées gratuitement à partir du site Web USGS. « <http://earthexplorer.usgs.gov/> »

Pour notre cas nous avons pris la scène LC82000422014114LGN00 du 24 avril 2014 dont les métadonnées sont décrit ci-après et pour notre cas en va suivre une méthodologie de téléchargement :

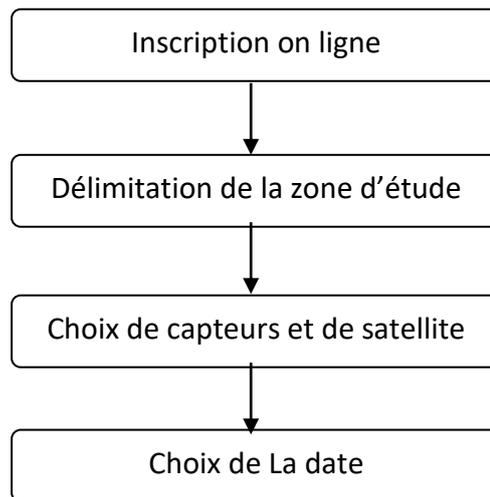


Figure 18: Les différentes étapes de téléchargements de scène USGS.

2.1-Méthodologie de téléchargement :

Inscription online en server Web USGS

Créer un compte utilisateur : Les images Landsat 8 peuvent être téléchargées à partir du site Web USGS. Il est nécessaire d'avoir un compte d'utilisateur pour accéder aux images disponibles. <Http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Nouvel utilisateur : Pour créer un compte utilisateur, activer la commande « Register » et suivre les indications.

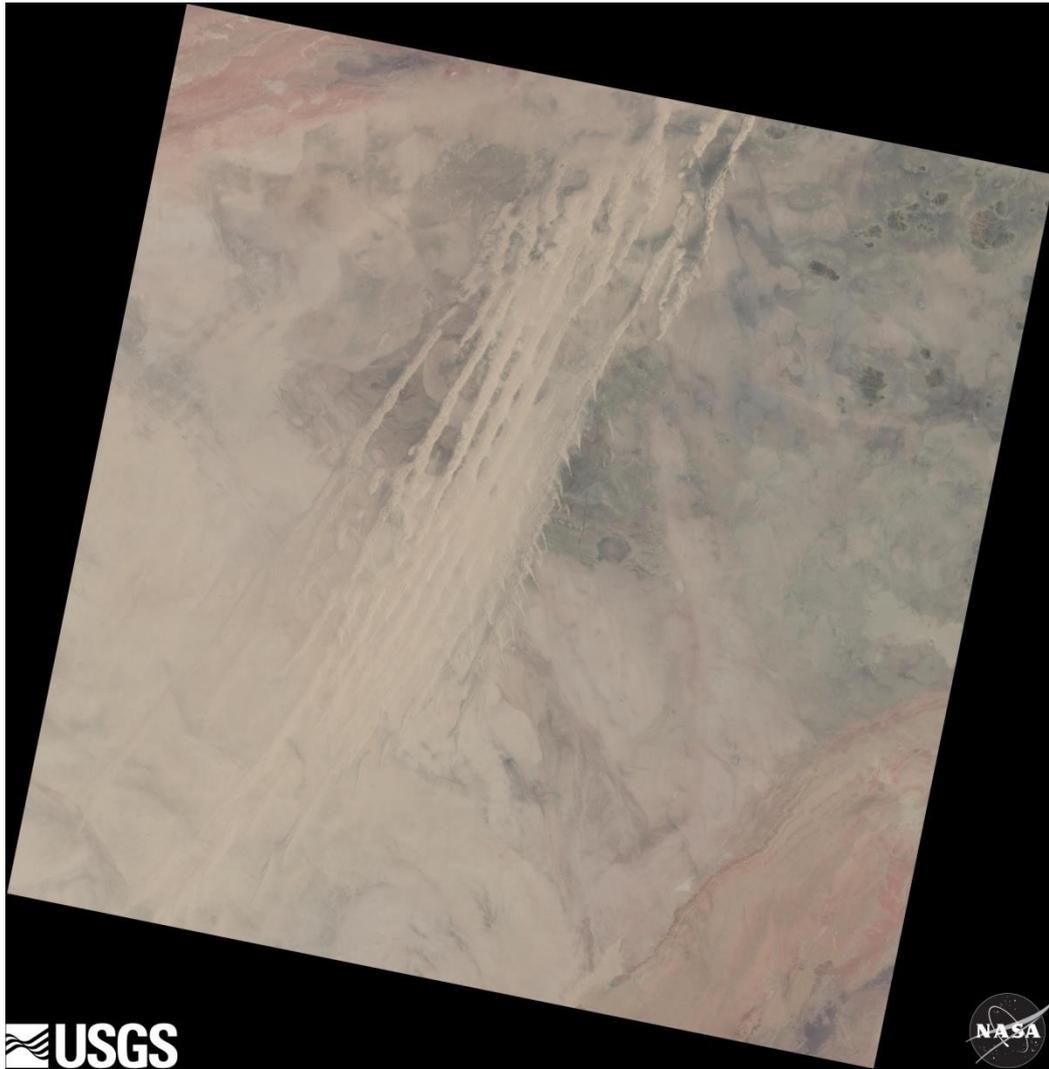


Figure 19 :image brut de landset 8 OLI aquiese le le 24/04/2014

2.2-Détermination de la zone de recherche :

La recherche d'images peut s'effectuer en utilisant différentes méthodes. Il est possible de pointer directement l'emplacement sur la carte, de spécifier des coordonnées, d'inscrire une adresse postale ou d'inscrire le numéro de passage du satellite.

L'image ci-dessous recherche les images disponibles pour une localisation précise en pointant directement le curseur sur la carte.

Quel que soit la méthode utilisée, il est important que la recherche soit effectuée pour continuer les étapes de téléchargement

Téléchargement des images : Lorsque la localisation est déterminée, la commande « Data Sets » dans l'onglet « Path/Row » doit être activée pour obtenir la liste de toutes les images disponibles. Il est possible d'affiner la recherche en spécifiant une plage de dates.

Les photos satellites utilisées dans ce travail proviennent du satellite Landsat 8 OLI Le choix de ces données est dicté par le fait qu'elles sont une source d'informations géologiques importantes et par le fait que ces images soient téléchargeables gratuitement sur le site de la NASA.

2.3-Image choisie pour le traitement spectrale :

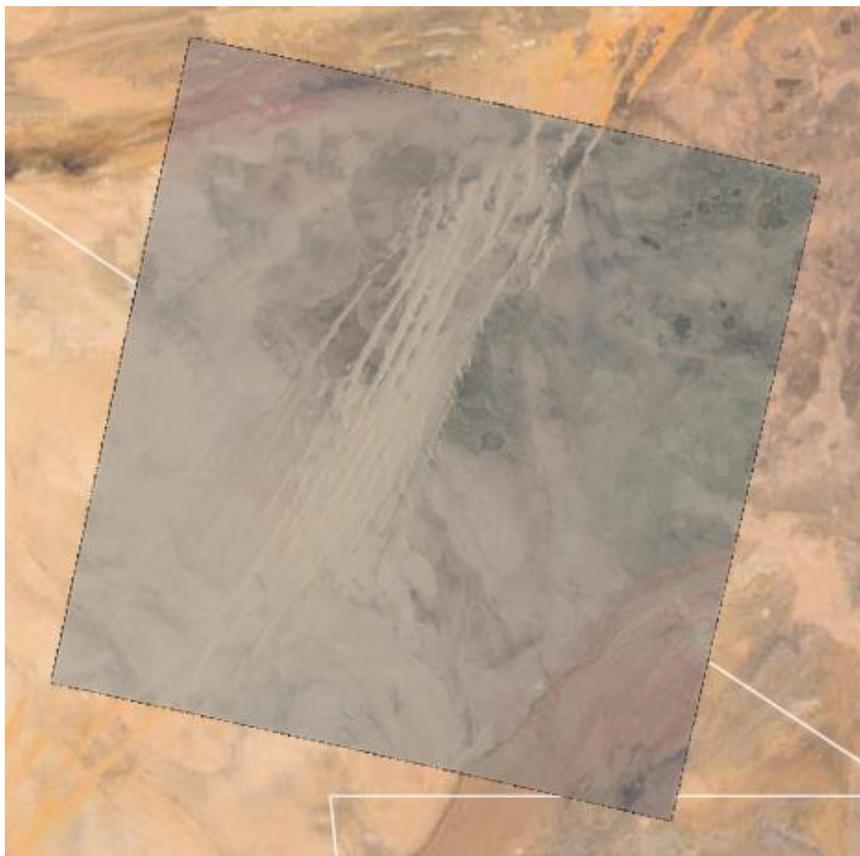


Figure 20: scène landsat LC82000422014114LGN00

LC81980362014324LGN00 est l'image LANDSAT 8 OLI prise sur du domaine Eglab du bouclier Reguibat ; partie septentrionale du craton ouest-africain. le 24/04/2014 ; dont le détails ci-après :

2.4-Métadonnées de la scène LC82000422014114LGN00:

Data Set Attribute	Attribute Value
Landsat Scene Identifier	LC82000422014114LGN00
WRS Path	200
WRS Row	042
Target WRS Path	200
Target WRS Row	042
Full or Partial Scene	FULL
Nadir/Off Nadir	NADIR
Data Category	NOMINAL
Bias Parameter File Name OLI	LO8BPF20140424103954_20140424111 654.01
Bias Parameter File Name TIRS	LT8BPF20140424103600_20140424111 747.01
Calibration Parameter File	L8CPF20140401_20140630.01
RLUT File Name	L8RLUT20130211_20431231v09.h5
Roll Angle	-.001
Station Identifier	LGN
Day/Night	DAY
Data Type Level 1	L1T

Data Set Attribute	Attribute Value
Sensor Identifier	OLI_TIRS
Date Acquired	2014/04/24
Start Time	2014:114:10:52:58.3847110
Stop Time	2014:114:10:53:30.1547080
Image Quality	9
Scene Cloud Cover	0
Sun Elevation	65.22515067
Sun Azimuth	117.18479154
Geometric RMSE Model X	5.771
Geometric RMSE Model Y	6.274
Browse Exists	Y
Processing Software Version	LPGS_2.3.0
Center Latitude	25°59'33.47"N
Center Longitude	6°15'27.97"W
NW Corner Lat	27°02'26.56"N
NW Corner Long	6°58'46.31"W
NE Corner Lat	26°40'02.68"N

Data Set Attribute	Attribute Value
<u>NE Corner Long</u>	5°06'38.52"W
<u>SE Corner Lat</u>	24°55'56.50"N
<u>SE Corner Long</u>	5°33'07.16"W
<u>SW Corner Lat</u>	25°18'24.26"N
<u>SW Corner Long</u>	7°23'35.34"W
<u>Center Latitude dec</u>	25.99263
<u>Center Longitude dec</u>	-6.25777
<u>NW Corner Lat dec</u>	27.04071
<u>NW Corner Long dec</u>	-6.97953
<u>NE Corner Lat dec</u>	26.66741
<u>NE Corner Long dec</u>	-5.1107

Tableau 3 : métadonnées d'image SRTM choisie

Puisque la scène couvre plus de 180 km², on procède par l'extraction de la zone d'étude, ceci facilitera la tâche de traitement informatique.

Voir le fichier attaché sur les métadonnées de la scène landsat 8 OLI que vous avez utilisés.

3-Modèle numérique de terrain :

Le SRTM fournit des produits sous format hgt et hdr, couvrant une région de 100x60 km (voir fig 21), malheureusement, la structure d'Anna se trouve dans la limite sud de la zone SRTM (N25W007) est géoréférencé en UTM wgs 84 ; ce qui nous oblige à ajouter la couverture (N26W007) soit 100x60 km, puis procéder à l'extraction de la zone d'étude.

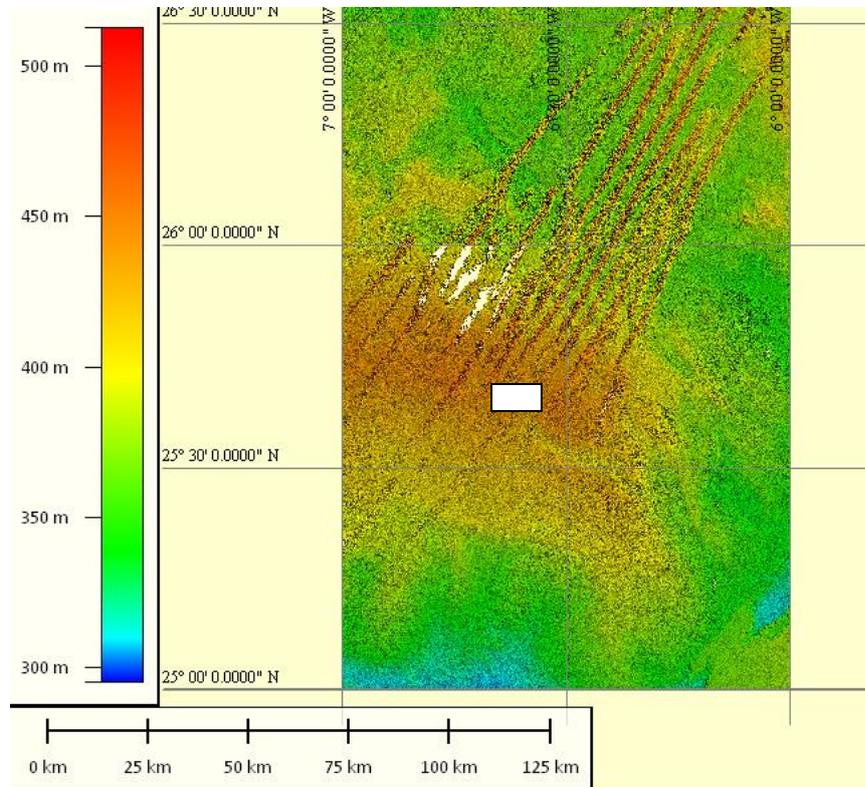
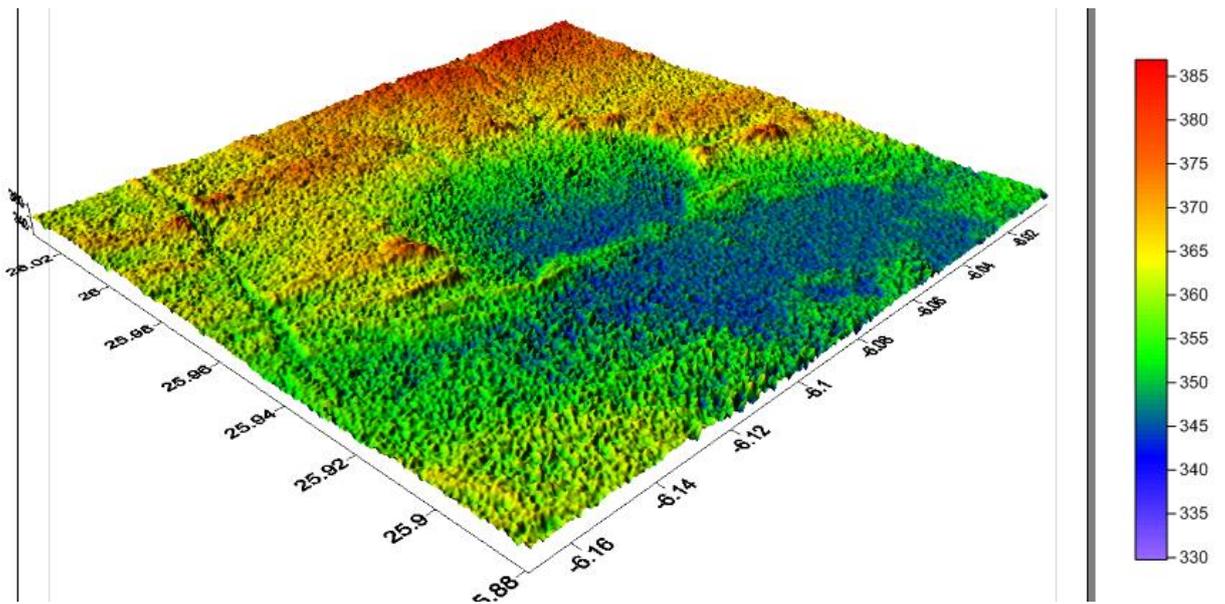


Figure 21 : (SRTM total de la région N25W007)

Le résultat obtenu nous aide à représenter une légende proportionnelle aux altitudes délimitées. Voir fig

Le relief est une caractéristique de base de la surface terrestre et un des principaux facteurs de son évolution. La topographie influence la migration et l'accumulation des substances. Déplacées par gravitation le long de la surface et dans le sol,. La topographie est un indicateur de notre structure annulaire géologiques, qui peuvent influencer les dépôts de minéraux, et peuvent affecter les caractéristiques du sol.



**Figure 22 : MNT de la region avec extractée depuis les deux fichier (N25W007)
et (N26W007)**

Par conséquence et à l'aide des logiciels utilitaires tell que Global mapper V 13.2 nous avons dérivé du MNT plusieurs cartes à savoir la carte de pente, carte d'altitude, carte de gradient aplatie,...etc.

Carte :

La principale façon d'accéder a des informations complémentaires pour une région donnée, ou de présenter les produits finaux de l'analyse de données de télédétection, est d'utiliser des cartes. Il s'agit par exemple de cartes topographiques pour l'information de relief. Nous exploiterons ce type de données principalement sous deux formes : sous la forme d'attribut numérique issu des cartes et susceptible d'être fusionné avec d'autres attributs issus des images satellitaires, ou bien pour la construction de jeux de références utilisés dans les étapes de paramétrage, d'apprentissage ou d'évaluation des méthodes proposées.

Carte d'altitude :

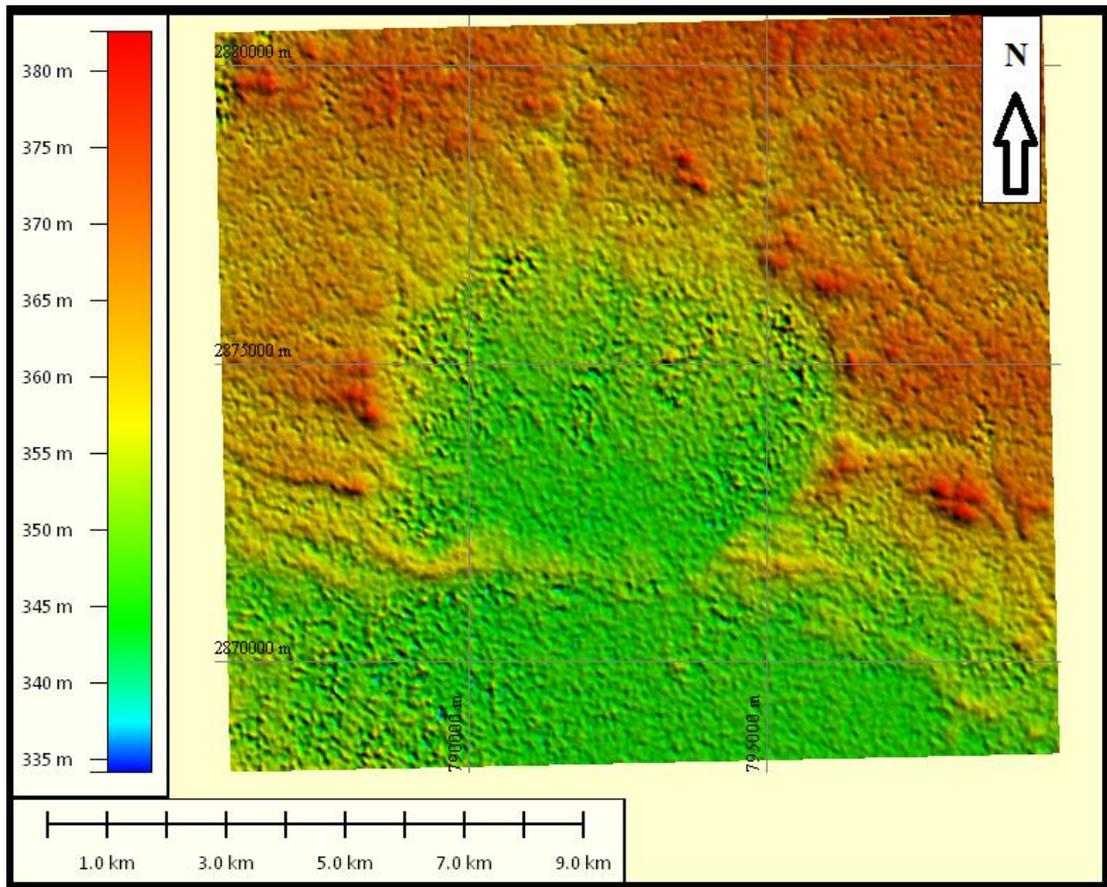


Figure 23 : Carte représentant les différentes altitudes de la structure annulaire d'Anna

On remarque que la partie nord de la structure annulaire d'Anna a une hauteur plus grande que dans la partie Sud. L'altitude dans cette structure balance approximativement entre 380 m et 345 m. Les hauteurs vont augmenter progressivement de Sud vers le Nord à travers le bord de l'Est et de l'Ouest jusqu'à 370 m.

Carte de pente :

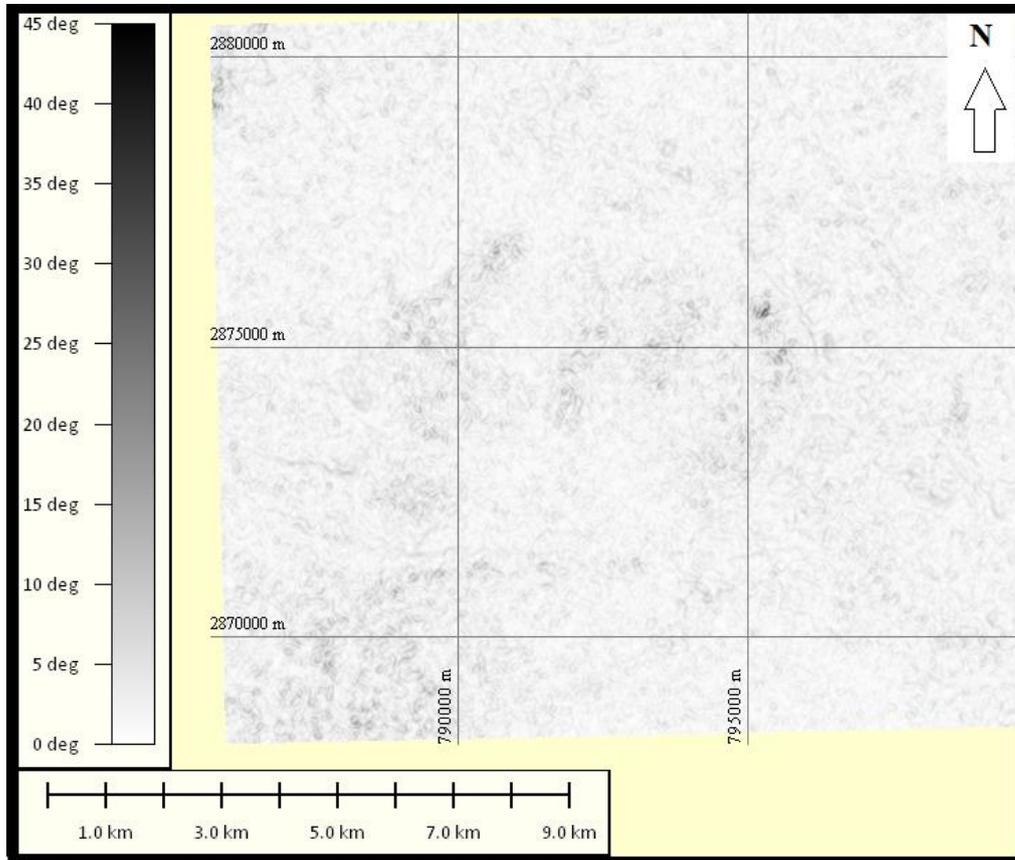


Figure 24: Carte représentant les différentes pentes dans la structure annulaire d'Anna

Les formations à la partie Nord, Est et Ouest du cratère présentent des faibles inclinaisons et peut aller jusqu'à 25° vers la zone externe. Au Sud-ouest, les formations présentent des inclinaisons moyennes à faible de 10° jusqu'à moins de 5° vers la zone méridionale de la structure (Fig.)

Carte d'exposition :

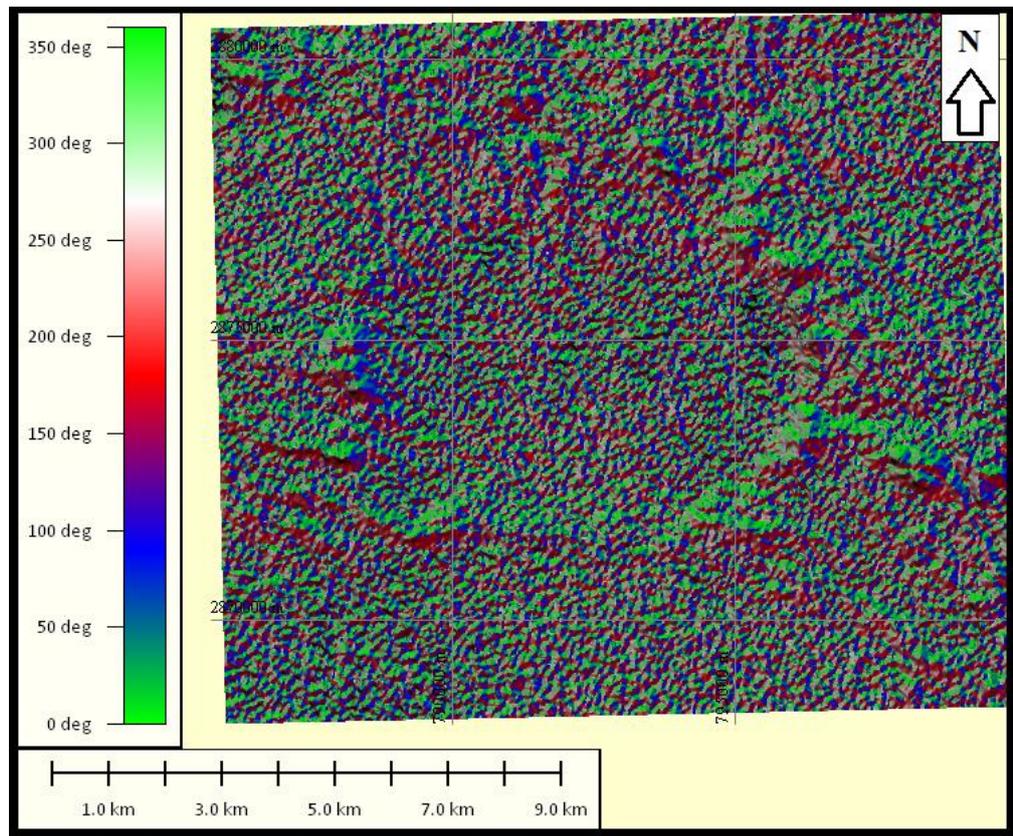


Figure 25 : Carte représentant l'éclairage par l'azimut solaire

Cette carte représente l'éclairage par l'azimut solaire pendant une année sur la zone d'étude, de cette carte on peut faire un extrait des zones d'ombre et les roches exposées ou partiellement exposées au rayonnement solaire pendant l'année entière.

Carte de gradient :

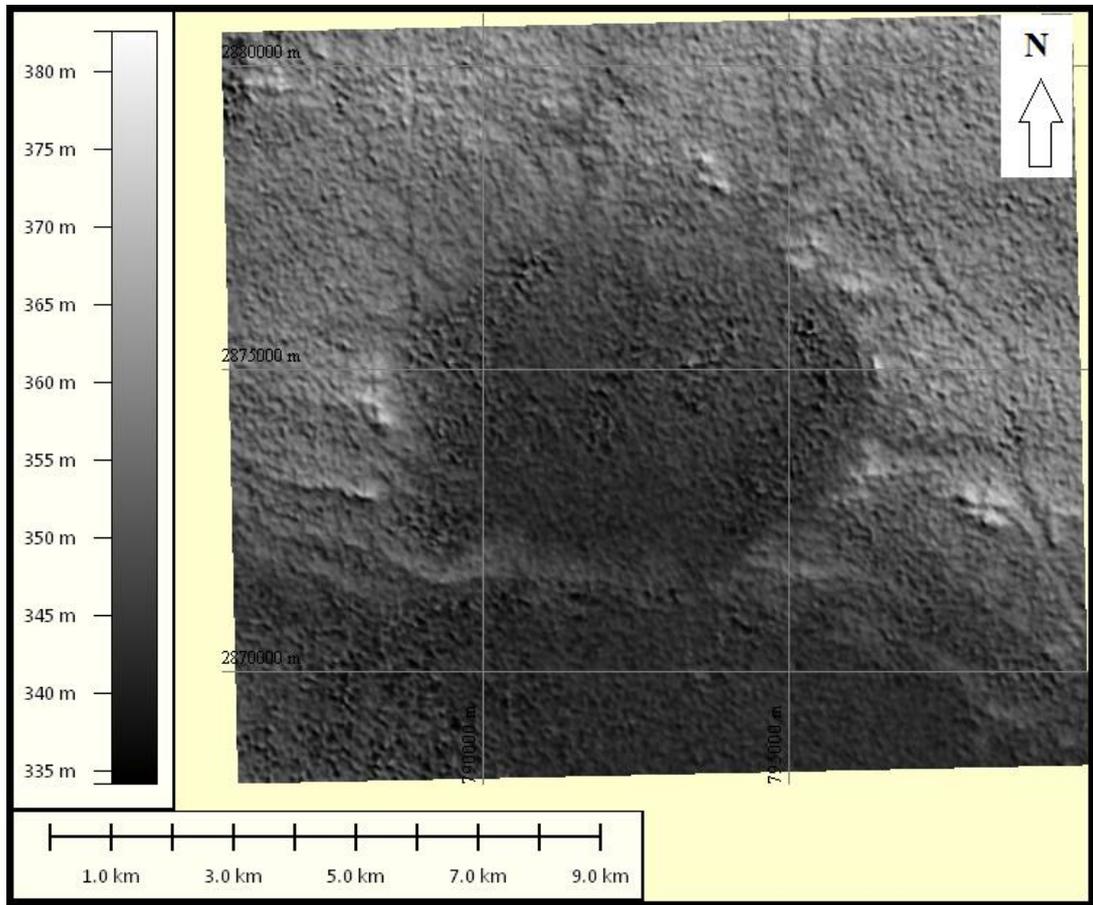


Figure 26 : Carte représentative de réseau hydrographique.

Par changement de filtre de visualisation on donne un gradient (noir - blanc) on peut facilement extraire une identification de réseau hydrographique et sa structure. Cette carte avec un effet d'ombrage nous permet d'exploiter quelques détails géométriques sur notre structure comme les chapeaux hydrographiques tout autour de la structure et un tracé géométrique linéaire sur le côté EST de la structure plus de 9 Km long, probablement une faille.

Carte de gradient aplatie :

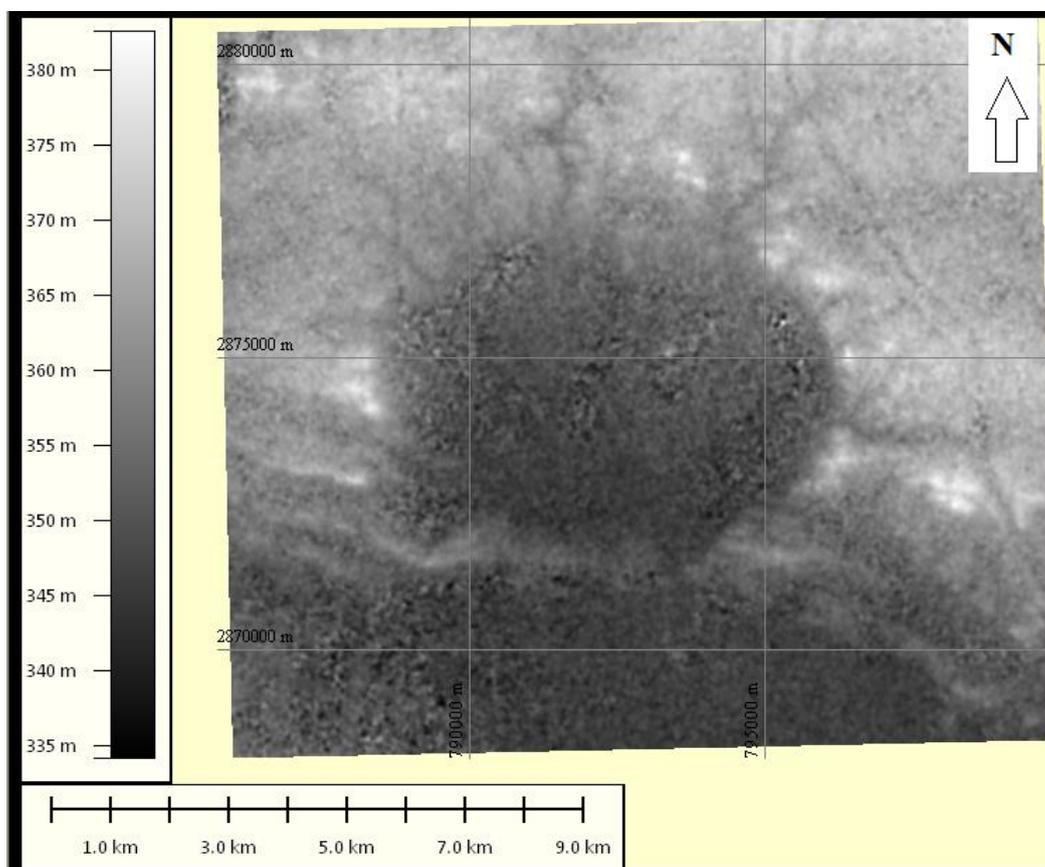


Figure 27 : carte représentative de la délimitation de la structure.

Sans effet d'ombrage la structure est bien détaillée vu qu'avec cette représentation les contours de la structure sont bien contestés au forme d'arc ou subcirculaire.

II-Le traitement de la scène Landsat 8 OLI de la zone d'étude a porté sur :

Correction géométrique et radiométrique

- Analyse en composantes principales (ACP)
- Transformation (ITS-RVB)

Ces traitements sont effectués à l'aide du logiciel ENVI (5 et 4.7)

1-Transformations d'images :

L'analyse en composantes principales (ACP) est une transformation orthogonale utilisée pour décarreler des données. Dans le nouveau système de coordonnées, les matrices de corrélation et de covariance sont diagonales. Les axes du nouveau système de coordonnées orthogonales sont définis par les vecteurs propres. Chaque canal associe à un vecteur propre peut être considéré comme une nouvelle "image" spectrale et chaque coordonnée d'un pixel comme la valeur de la "luminosité" dans cette "image".L'analyse en composantes principales peut être envisagée aussi dans le cas multi-temporel quand les coordonnées de l'espace original ne sont pas des bandes spectrales mais des images acquises à différentes dates. Nous constatons, qu'il y a une forte corrélation dans les zones stables et une faible corrélation dans les zones de changement. En fonction du type de changement, les zones variables seront mises en évidence différemment dans les composantes principales (CP) : les zones de changement abrupt dans les CP de "haute fréquence", tandis que les zones de changement progressif de la luminosité dans les CP de "basse fréquence". La dénomination "haute fréquence" et "basse fréquence" est choisie par analogie avec d'autres transformées orthogonales telles que la transformée de Fourier et la transformée cosinus. A notre connaissance ce type de transformations n'a été utilisé sur des données RSO multi-temporelles que pour des opérations de filtrage [Coltuc et al., 2000]. Ces travaux peuvent être étendus au problème de la détection de changements.

2-Les traitements applicables à plusieurs canaux :

Pour effectuer les traitements d'image, on prend le plus souvent trois canaux, car il est alors possible de les afficher en même temps. Ces trois canaux peuvent être trois bandes multi-spectrales d'une même scène, et nous pouvons voir en deux modes de visualisation :

Gray Scale (échelle de gris) et RGB (rouge, vert et bleu). L'image résultante de ce dernier mode d'affichage est dite composition colorée.

❖ *Le mode RGB:*

En codant les dix canaux de même résolution (30 m, Bandes 1, 2, 3, 4, 5 6 7 9 10 11) d'une image Landsat avec les trois couleurs fondamentales (rouge, vert et bleu), on peut élaborer 216 compositions colorées.

❖ *Choix des combinaisons de canaux :*

C'est en se basant sur ces modèles qu'on peut construire notre composition colorée et en particulier celle qu'on dénomme actuellement « infrarouge couleur » (IRC). Pour ce faire, on affecte le rouge au canal correspondant à la bande proche infrarouge variant, selon les capteurs, entre 750 et 1100 nm, le vert au canal correspondant à la bande comprise entre 600 et 700 nm, et le bleu au canal correspondant à la bande comprise entre 500 et 600 nm.

La première combinaison : une combinaison proche a la vision réelle.

■ bande 2 : bleu visible ■ bande 3 : vert visible ■ bande 4 :
rouge visible



Figure 28 : combinaison des bandes (b2, b3 et b4) de la structure annulaire d'Anna.

La deuxième combinaison :

- Bande2 : bleu visible
- Bande7 : courte longueur d'onde infrarouge
- Bande11 : infrarouge thermique, Long longueur d'onde

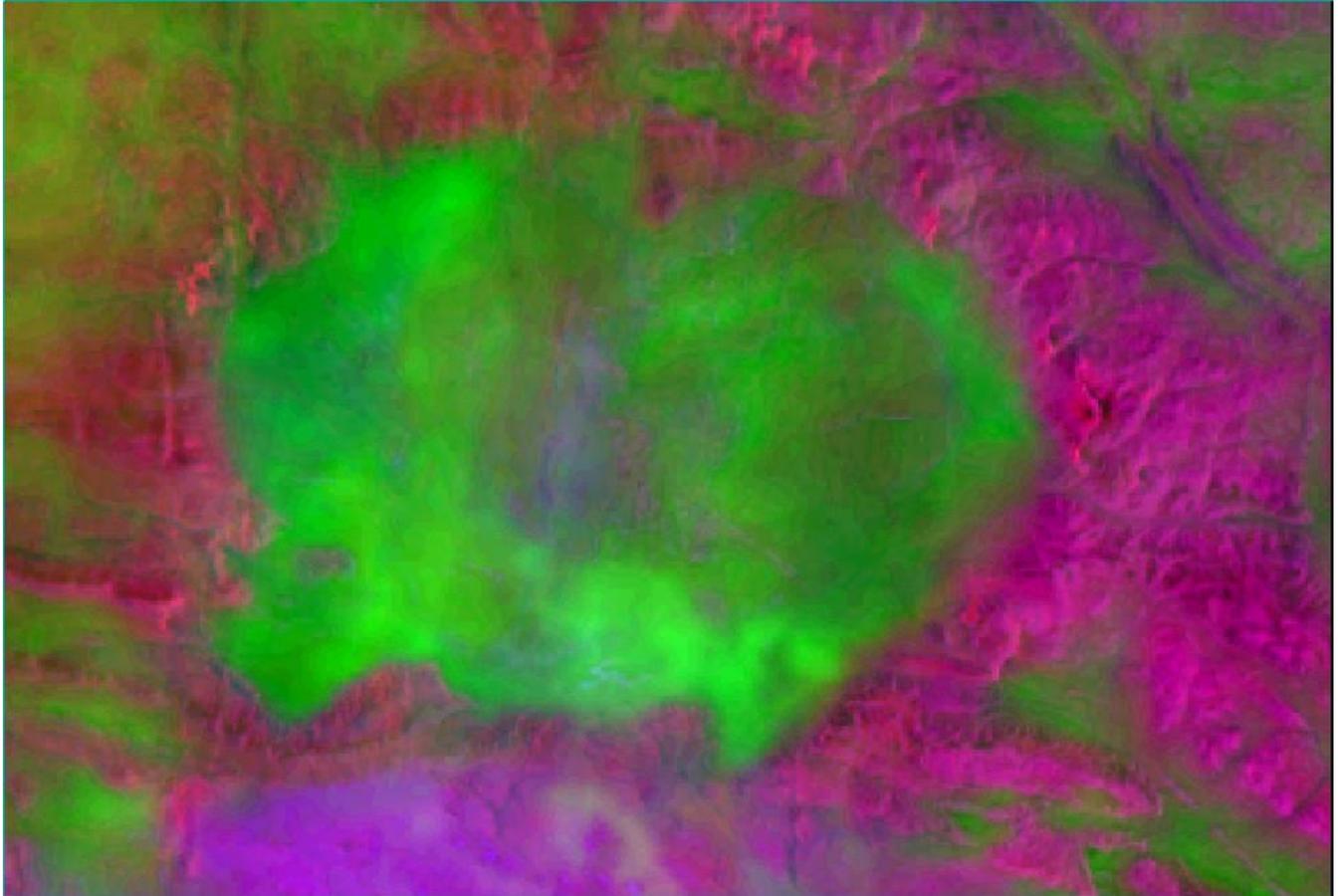


Figure 29 : combinaison des bandes (b2, b7 et b11) de la structure annulaire d'Anna.

Cette combinaison est souvent utilisée pour les applications en géologie comme par exemple pour établir les distinctions entre les différents types de roches.

3-Classification non-supervisée :

Sont un cas particulier d'algorithmes de classification non-supervisée basés sur la minimisation d'une fonction objectif. C'est aussi une méthode métrique, car le critère minimisé fait intervenir des distances séparant chaque point des prototypes des différentes classes. Par la suite, nous rappelons l'algorithme général de C-moyennes et son application à la classification d'images multi-composantes.

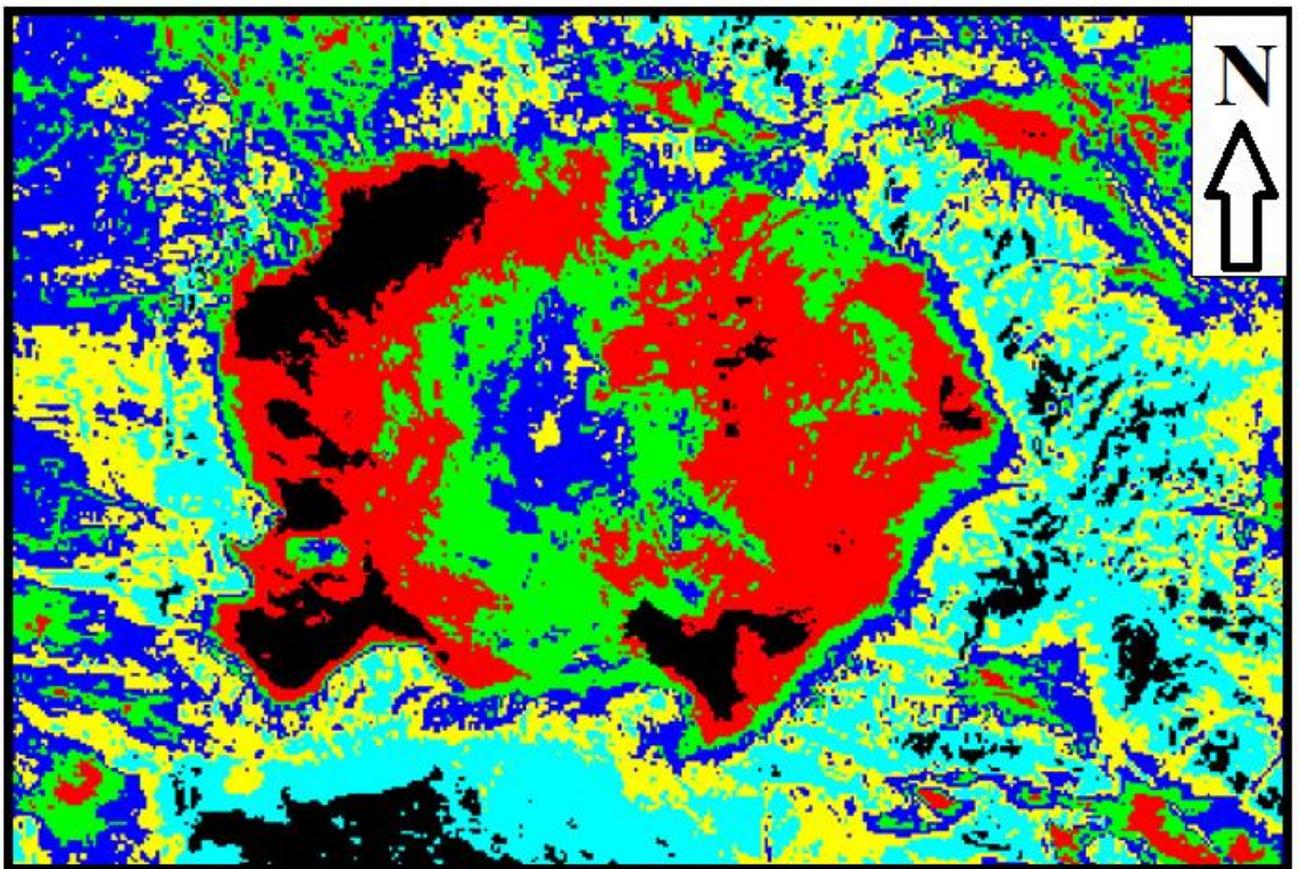


Figure 30 : Classification non supervisée de la structure annulaire d'Anna.

Classification supervisée :

Sont des méthodes linéaires dans un espace transformé (appelé feature space en anglais) de grande dimensionnalité qui est lié à l'espace d'entrée de façon non-linéaire.

En pratique elle n'implique aucun calcul dans l'espace transformé. Par l'utilisation des noyaux, tous les calculs nécessaires sont exécutés directement dans l'espace d'entrée. Pour la classification, les SVM fonctionnent en trouvant un hyperplan de séparation optimal dans l'espace transformé. L'hyperplan sera choisie pour maximiser la marge, c'est-à-dire avoir la plus grande distance de l'hyperplan aux plus proches échantillons de deux classes séparées.

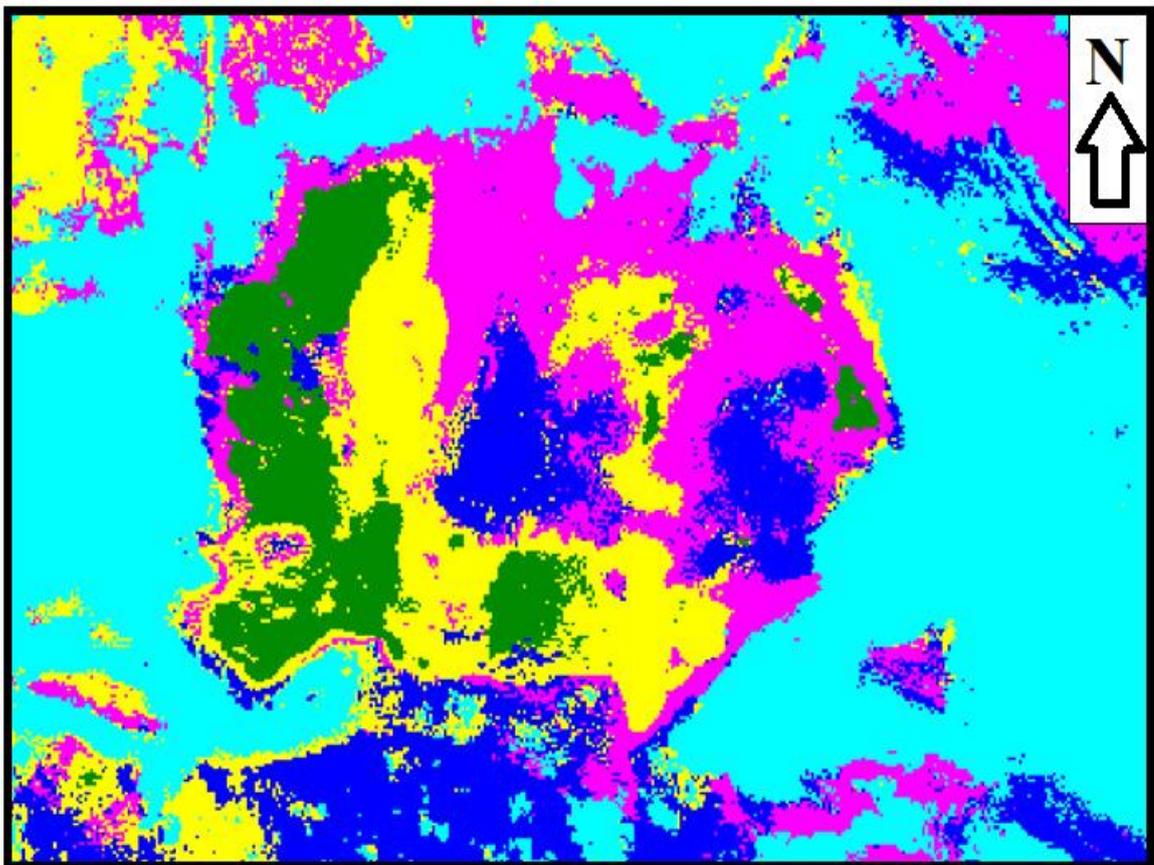


Figure 31 : Classification supervisée de la structure annulaire d'Anna.

III-Analyses et interprétation :

-avant de mettre les points sur toute analyses ou interprétions sur les déférentes carte et image ; nous soulignons les difficultés lors de telle réalisation :

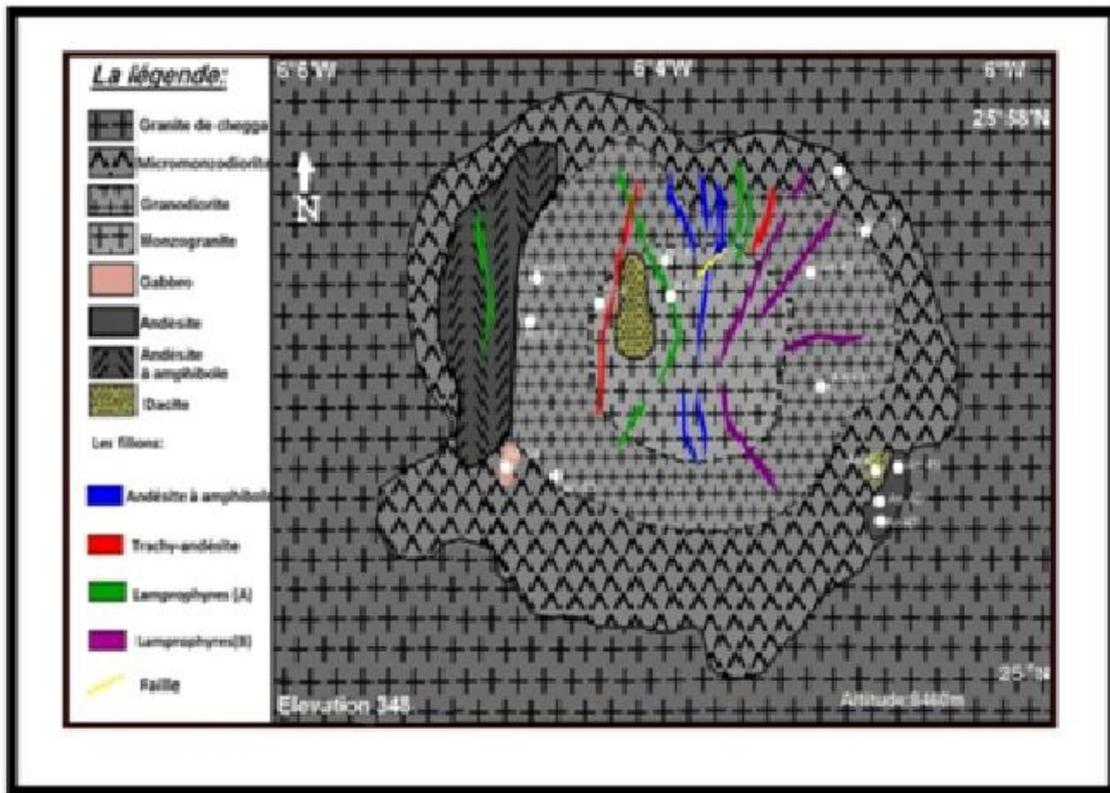


Figure 32 : Schéma géologique de la structure annulaire d'Anna (Bouzara, 2015)

1) le schéma géologique obtenu reste loin d'être exploité, comme était une carte proprement dite :

Vu qu'il est de pour vu de toute information relative à la projection cartographique utilisée ; chose indispensable pour une avec d'autres produits géoreferencés pour notre cas ; il s'agit de caler le schéma géologique avec l'image satellitaire traitée :

A savoir celle de la combinaison RGB (B2.B7.B11) et l'option supervisée et non supervisée

Afin de résoudre ces problèmes nous avons géoreferencé plutôt caler le schéma visuellement tout en prenant les formes géologiques en similitude la plus proche possible.

Néanmoins ; un décalage d'ordre métrique (centaine de mètres) reste appréciable sur certaines zones

2) deux images traitées ne sont pas concernées par notre analyse :

➤ La première image :

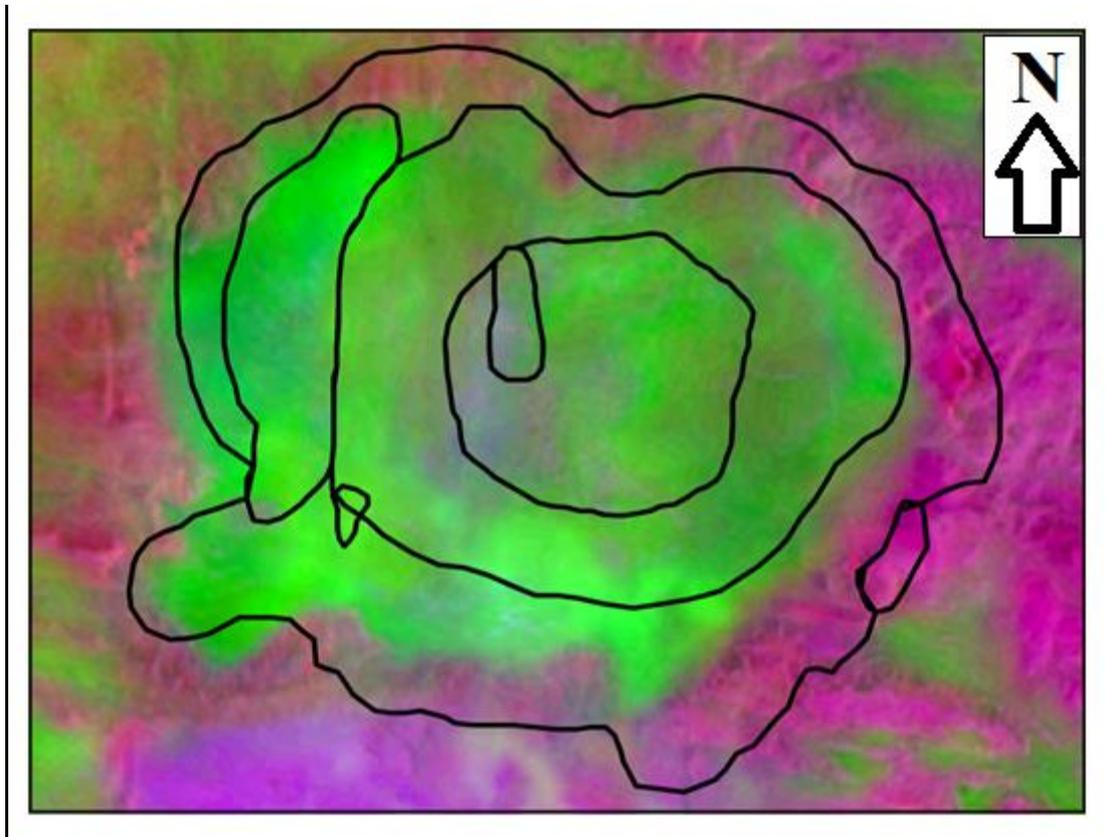


Figure 33 : la superposition du croquis sur la combinaison RGB (b2 , b7 et b11)

Pour l'image de la combinaison (fig :) on remarque certain pauvreté d'information par rapport notre facies recensees ;par contre celle est bien exploite pour une bonne delimitation grossiere de notre structure

➤ La desieme image :

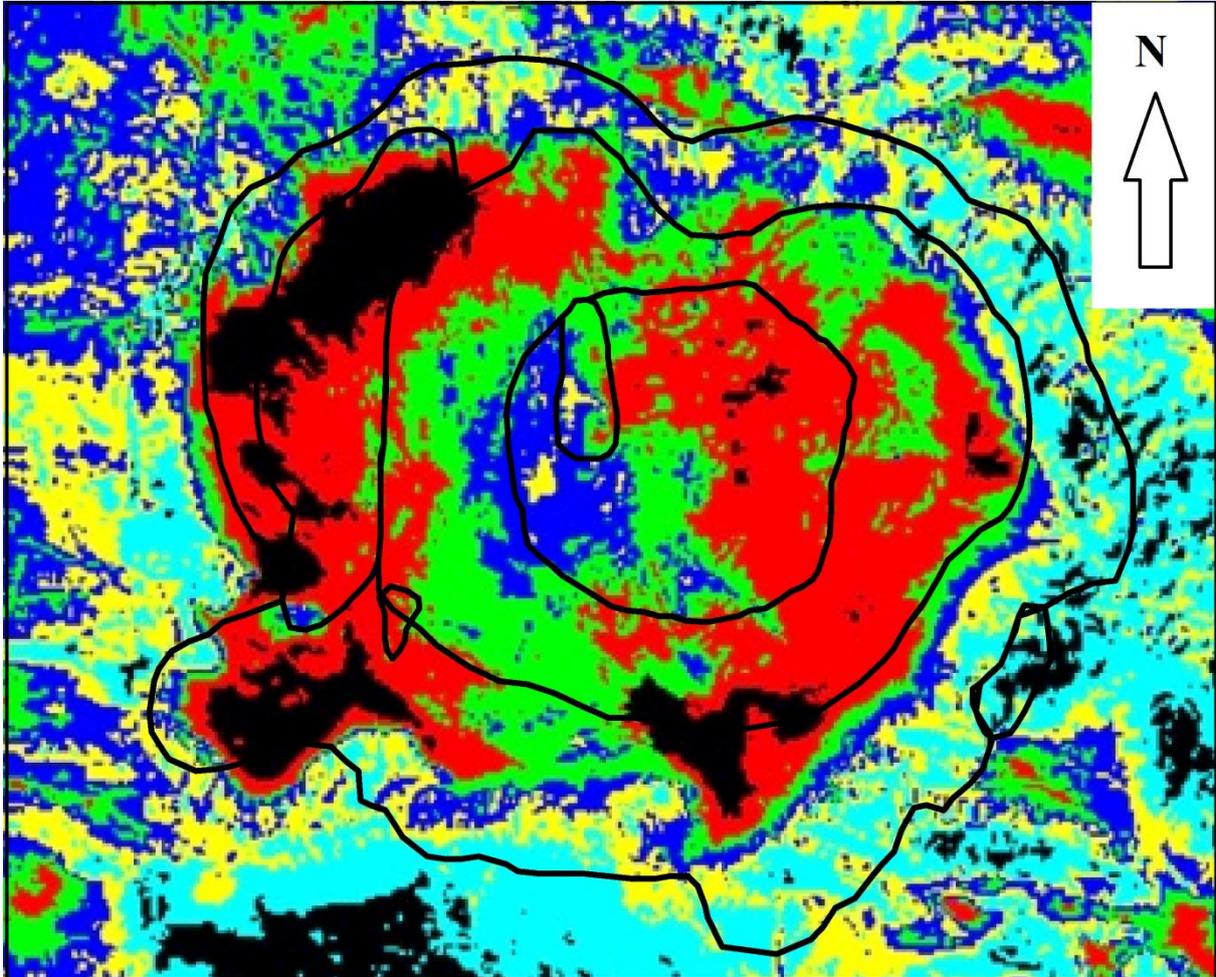


Figure 34 : la sepeposition du crokier sur l’image non sepepervise.

La(fig) resultente de la sepepersion du crokier sur la classification non sepepervise (automatique),elle present un taux de bruit eleve ;qui presente des petit groupement de pixil avec de distribution spatiale assez heterogene ;ce qui est loin detre un medele proche de la vrai distribution des faciese sur le terrain ;ceci peut etre explique par l’algoritme de la defilment de pixile utilise par le logiciel ENVI4.5

➤ **Troisième image :**

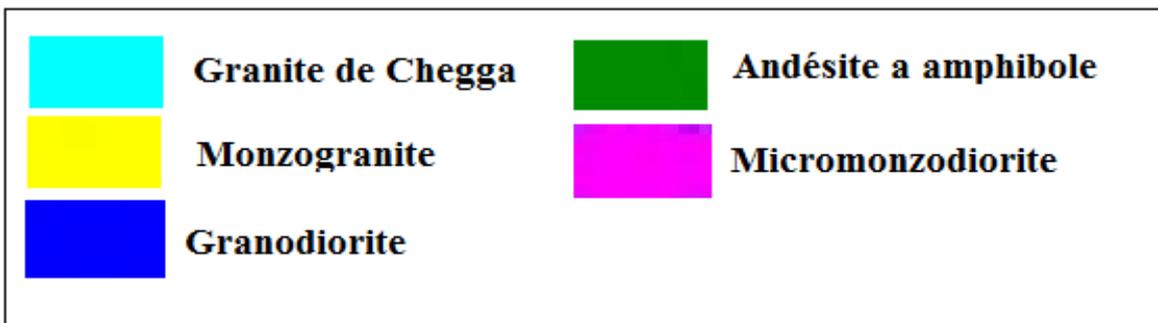
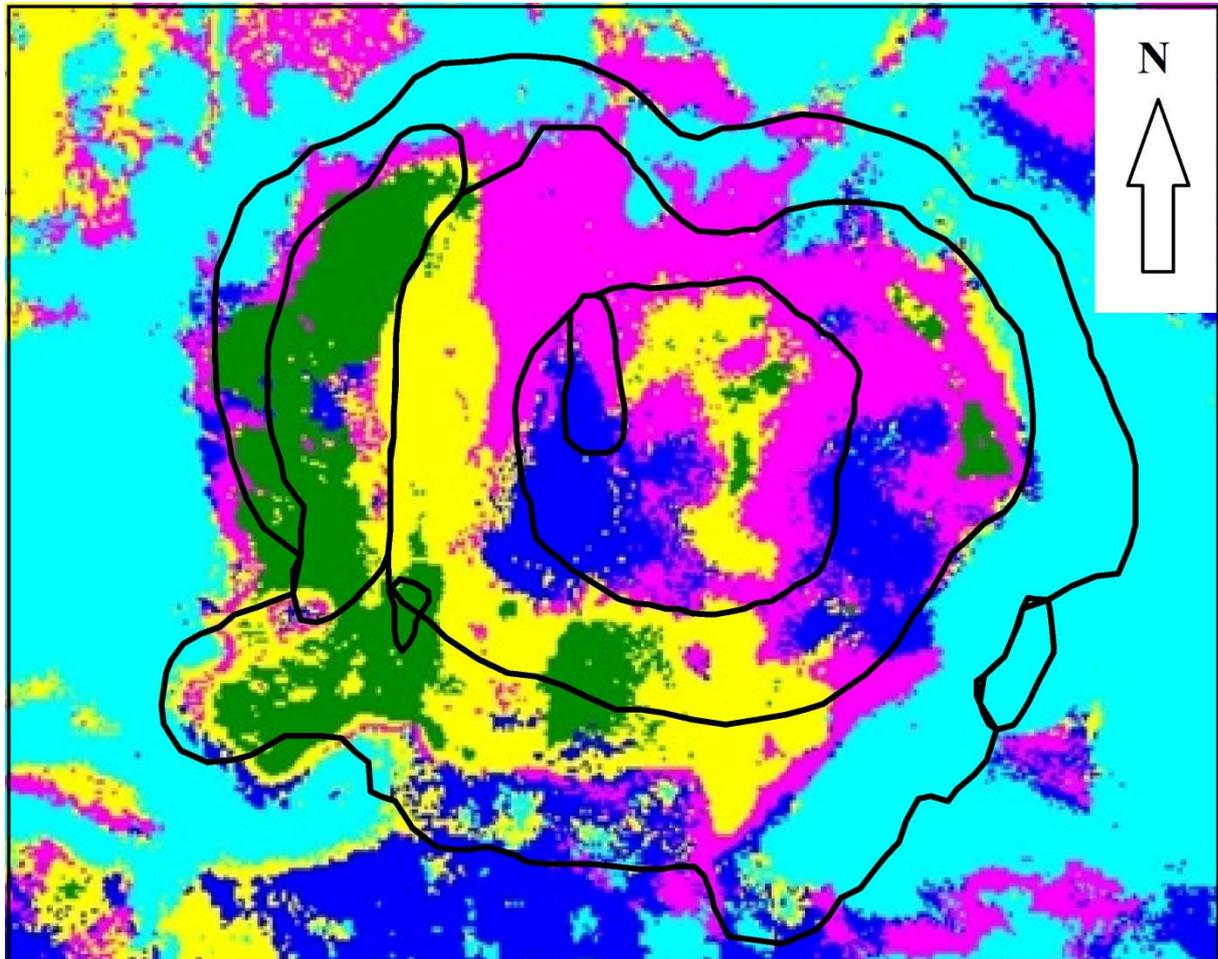


Figure 35 : la superposition du croquis sur l'image aéroportée.

la superposition du croquis sur l'image aéroportée La projection cartographique représente une certaine similitude. Le tableau ci-dessous analyse les différents faciès par rapport au croquis du schéma géologique.(Bouzzara 2015).

Couleur	Faciès	Description (%)
Bleu ciel	Granite de chegga	Plus de 90 % inclus dans le crokie.
Vert	Andésite a amphibole	Plus de 20% de la couleur n'est pas incluse dans les limites du crokie
Rose	Micromonzodiorite	Cette couleur est majoritairement incluse dans les limites du crokie
Bleu foncé	Granodiorite	50% se détache des limites du crokie
Jaune	Monzogranite	Un peu moins de 20% de cette couleur n'est pas incluse dans les limites du crokie.

Tablau 4 : descriptif des couleurs de la CSV par rapport aux limites du Crokie du schéma géologique de Bouzzara 2015.

1-Méthode utilisée pour la Création de nouvelle crokie :

pour arriver à la création de schéma géologique de notre structure annulaire d'anna, nous somme passé par trois étapes successives qui sont cité ci-dessous :

Première étape : vectorisation de l'image supervisée :

Nous avons choisie l'image supervisée pour vectorisé le nouveaux crokie ; cette image supervisée a été classé notre structure annulaire en couleurs en cinq faciès fondamentaux La méthode de classification est supervisée en deux étapes :

1. Apprentissage : recherche du classifieur : qui sépare l'espace en deux régions (pas forcément connexes) `a partir d'un ensemble de donnée d'apprentissage.

2. Generalisation : application du classifieur `a l'ensemble des donnees.

Un probleme peut apparaitre comme un probleme d'optimisation, c'est-`a-dire comment trouver la meilleure fronti`ere de decision sans tomber dans les cas de sur- ou sousapprentissage

2-Principe des CSV :

Nous rappelons très brièvement les principes de CSV :

- Recherche d'un classifieur `a valeurs réelles
- Transformation non-linéaire de l'espace d'entrée avec l'objectif de rendre les données séparables dans l'espace transforme ;

– Choix d'un séparateur linéaire (dans l'espace transformé) optimal, c'est-à-dire un hyperplan qui classe correctement les données et se trouve le plus loin possible de tous les points d'apprentissage.

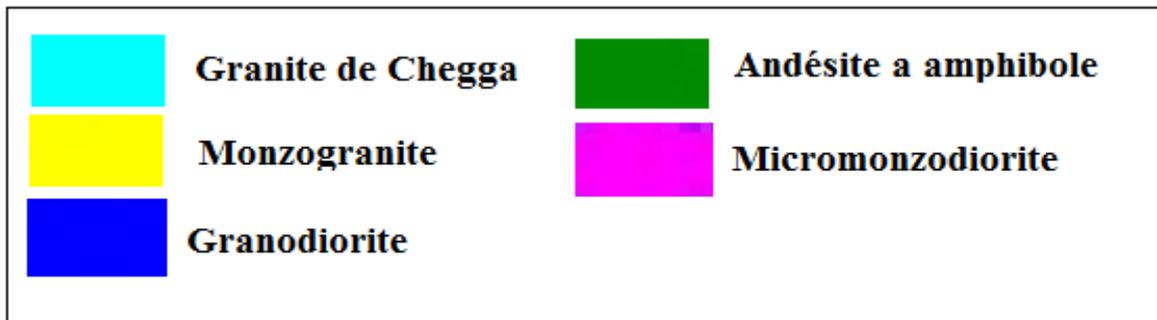
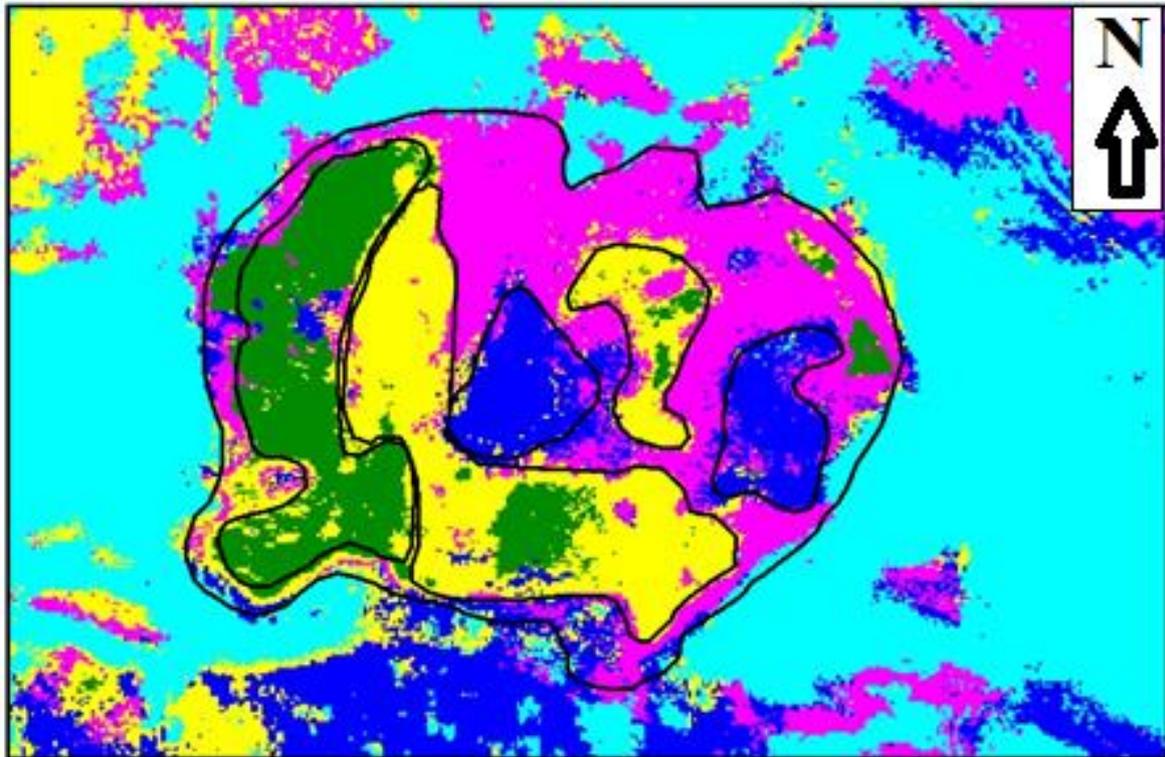


Figure 36 : vectorisation et délimitation des multi-facies sur la classification supervisée.

Deuxième étape : extraction du croquis à partir de l'image supervisée.

À travers de multiples étapes effectuées sur le logiciel ENVI, le nouveau croquis qui a été extrait de l'image précédente est totalement déformé par rapport au croquis de schéma géologique de Bouzarah.2015

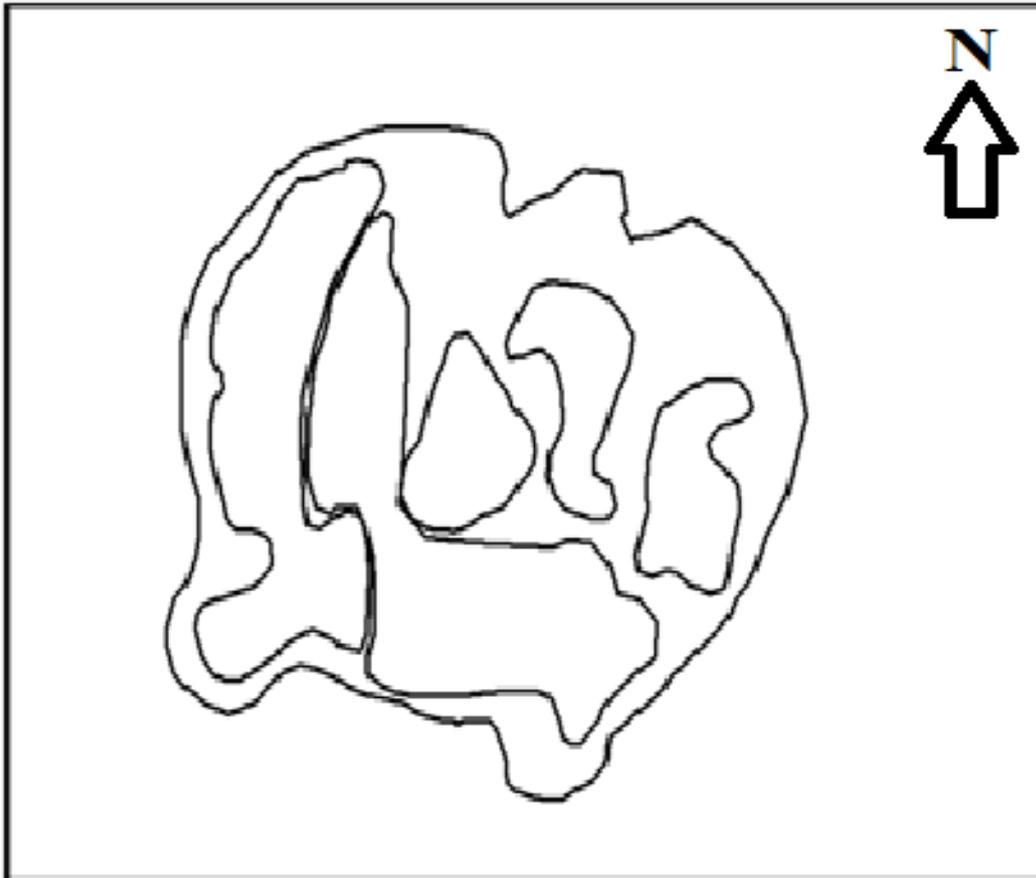


Figure 37 : nouveau croquis extrais de la classification supervisé

Troisième étape : schéma géologique

Dans cette étape nous avons intégré les différents signes des faciès qui caractérisent notre structure annulaire ; avec une localisation plus précise que les schémas précédemment établie.

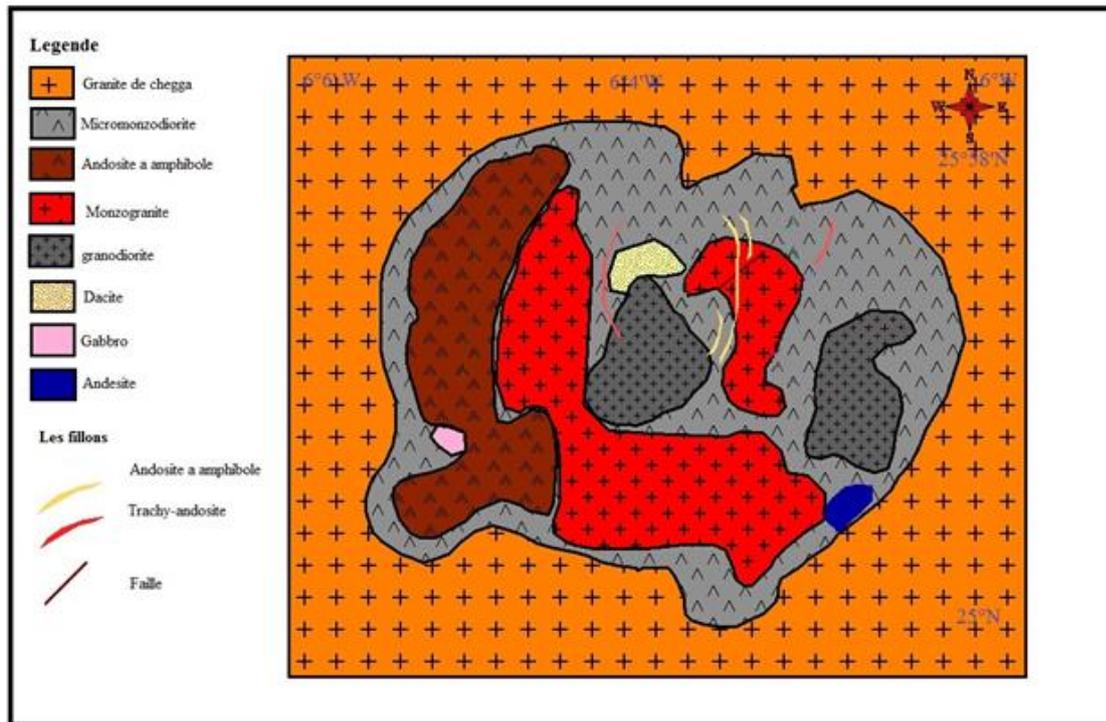


Figure 38 : schéma géologique établie grace a la classification supervisé

L'image de notre zone d'étude permet également une très bonne discrimination lithologique entre les formations.

3-Description du schéma géologique :

La structure établie à partir du schéma géologique montre plusieurs formations qui sont comme suite de la plus dominante à la moins dominante :

- Le granite de chegga ; qui entoure toute la structure annulaire.
- Micromonzodiorite : c'est la formation la plus dominante de notre structure, et c'est cette dernière qui confie a notre structure sa forme annulaire.
- L'andésite à amphibole: c'est une formation remarquable a l'extrême Ouest de la structure.

- Le Monzogranite : elle est aussi importante que l'andésite à amphibole, elle est constituée de deux paquets situés au centre de la structure.
- Le granodiorite : c'est une formation moins importante que les deux précédentes, elle est divisée en deux parties, l'une au centre et l'autre à l'extrême Est séparée par la formation du Monzogranite.
- Dacite : il présente un petit affleurement au Nord de la structure et il est au contact de la formation de Granodiorite.
- L'Andésite : une formation mineure située à l'extrême Sud Est de la structure annulaire.
- Le Gabbro : c'est un affleurement tout aussi petit que la Dacite, il est situé au Sud Ouest de la structure, cette formation est presque entièrement entourée par la formation des Andésites à amphibole.

Le schéma montre un cortège filonien :

- Andésite à amphibole.
- Trachy-andésite.

On remarque aussi, la présence d'une faille NE-SW recoupant la formation Monzogranite.

Conclusion générale :

Dans le cadre de notre travail sur la région de Eglab SW Algérien, la télédétection et en particulier les images Landsat 8 OLI se sont révélées très efficaces quant à la reconnaissance géologique dans cette partie du massif des Eglab (Sud Ouest Algérien). En effet, les différentes méthodes de traitements numériques appliquées telles que les compositions colorées b3, b2, et b1 RGB, b2,b7,et b11 RGB, et l'analyse en composantes principales ACP ont montré que la discrimination lithologique des différentes formations dans la structure annulaire d'Anna est possible. Les résultats montrent que la nature des lithologies d'Anna peut ressortir d'une façon très claire, et les traitements tels que la superposition permettent une assez bonne cartographie linéamentaire.

Les résultats de cette cartographie lithologique et linéamentaire au schéma géologique, réalisée à partir de la superposition des différentes images issues des traitements, ont été confrontés au schéma géologique de (Bouzzara 2015) (figures 16 et 39) et nous ont permis même d'apporter des informations nouvelles et différentes de celles déjà connues et de suggérer quelques corrections à la description schématique de la structure géologique préexistante.

Les néo-données révélées par l'image de la classification superviser ont montré clairement les limites de la méthode auparavant utilisé, puisque les nouvelles données (l'image de la classification superviser) apportées conteste partiellement les limites déjà établie par Bouzzara en 2015 du schéma géologique de la structure annulaire d'Anna, dans le quel on trouve :

- Les limites du faciès des Andésite à amphibole établie dans le nouveau schéma est plus dévergent que l'ancien.
- Et les limites du faciès des Monzogranite n'est finalement pas circulaire comme décrite dans l'ancien schéma géologique.
- Et puis il y a le faciès des granodiorite qui n'est pas circulaire au centre de la structure annulaire d'Anna comme il est mentionné dans le schéma précédent.

Liste des acronymes

- **GOES** : Geostationary Operational Environmental Satellites.
- **LANDSAT** : Land satellite.
- **ERS**: Earth Resources Satellite.
- **SPOT** : Système Probatoire d'Observation de la Terre.
- **OLI** : Opérationnel Imager Terrain.
- **ERTS** : Earth Ressources Technological Satellite.
- **RBV** : Return Beam Vidicom.
- **NASA** : the National Aeronautics and Space Administration
- **MSS** : Multi Spectral Scanner.
- **TM** : Thematic Mapper.
- **TIRS** : Thermique Infrarouge Capteur.
- **CWA** : Craton ouest africain.
- **SBR** : Système de Base Reguibat.
- **SSR** : système supérieur Reguibat.
- **SRTM** : Shuttle Radar Topography Mission.
- **USGS** : Unated Stated Geological Survey.
- **UTM** : Universal Transverse Mercator.
- **MNT** : model numérique de terrain.
- **ACP** : Analyse en composantes principales.
- **ENVI** :
- **RGB** : rouge, vert, bleu.
- **CSV** : classification supervisé.
- **CSNV** : classification non supervisé.

Liste des figures

Figure 10 : le système de télédétection (E. Chuvico, 1990).....	8
Figure 11: L'onde électromagnétique simple (monochromatique, plane).....	10
Figure 12: Spectre électromagnétique (Bonn et Rochon, 1996).....	11
Figure 13 : Réflectance des différentes surfaces et leur caractérisation par les différents canaux Des satellites.....	12
Figure 14: signature spectrale de quelques roches et minéraux (http://ceos.cnes.fr:8100).....	13
Figure 15: Utilisation du rayonnement électromagnétique en télédétection.....	14
Figure16: satellite géostationnaire.....	15
Figure 17: satellite à défilement.....	15
Figure 180: La carte schématique de la situation géographique de la structure d'Anna. (Kahoui et al 2008).....	23
Figure : Assemblage des coupures de cartes topographiques et géologiques au 1/200.000 de la région du Massif Yetti-Eglab (d'aprèsBuffière et al, 1965).....	24
Figure 11 : Carte des principaux domaines géologiques de l'Algérie, et localisation de la zone d'étude [d'après WEC (Well Evaluation Conférence) Algérie 1995, modifiée]...	27
Figure 12: Principales unités structurales de l'Afrique occidentale (d'après Peucat et al., 2005, modifiée).....	29
Figure. 13 : La situation géographique de la dorsale Réguibat (Sabaté et Lomax, 1975) (Modifiée).....	30
Figure 14: Unités lithostratigraphiques de la dorsale Réguibat (d'après Bessoles, 1977).....	31
Figure. 15 : La partie Orientale de le dorsale Réguibat jointure Yetti-Eglab (In Tabeliouna	

2009). (Modifiée).....	32
Figure 16: carte géologique du massif des Eglab et de la bordure Est du massif de Yetti (d'après Buffière et al, 1965, Lameyre et al, 1972, Peucat et al, 2005, modifiée).	34
Figure 17: Carte géologique d'Eglab.....	35
Figure 18: Les différentes étapes de téléchargements de scène USGS.....	41
Figure 19 : Image brut de landset 8 OLI acquise le le 24/04/2014.....	42
Figure 20: scène landsat LC82000422014114LGN00.....	43
Figure 21 : (SRTM total de la region N25W007).....	47
Figure 22 : MNT de la region avec extraquée depuis les deux fichier (N25W007) et (N26W007).....	48
Figure 23 : Carte représentant les différentes altitudes du la structure annulaire d'Anna.....	49
Figure 24: Carte représentant les différentes pentes dans la structure annulaire d'Anna.....	50
Figure 25 : Carte représentant l'éclairage par l'azimut solaire.....	51
Figure 26 : Carte représentative de réseau hydrographique.....	52
Figure 27 : Carte représentative de la délimitation de la structure.....	53
Figure 28 : Combinaison des bandes (b2,b3 et b4) de la structure annulaire d'Anna.....	56
Figure 29 : Combinaison des bandes (b2, b7 et b11) de la structure annulaire d'Anna.....	57
Figure 30 : Classification non supervisée de la structure annulaire d'Anna.....	58
Figure 31 : Classification supervisé de la structure annulaire d'Anna.....	59
Figure 32 : Schéma géologique de la structure annulaire d'Anna (Bouzara, 2015).....	60
Figure 33 : la superposition du crokier sur la combinaison RGB (b2 , b7 et b11).....	61
Figure 34 : la superposition du crokier sur l'image non supervise.....	62
Figure 35 : la superposition du crokier sur l'image supervise.....	63
Figure 36 : Vectorisation et délimitation des multi-facies sur la classification supervisée....	65
Figure 37 : Nouveau crokie extrais de la classification supervisé.....	66
Figure 38 : Schéma géologique établie grace a la classification supervisé.....	67

Liste des références :

AZZOUNI-Sekkal .A (1976). Les stocks plutoniques basiques de la jointure « Yetti-Eglab ». Thèse Doct. 3^{ème} cycle Univ.Algerie, PP.99.

BAUDIN.T(1993). Rapport de la mission de terrain dans les Eglab et le Yetti .Mém.Serv.Géol.Algérie, n°08, pp. 53-60, 199.

BEKHADA F (2014) Etude pétrographie des faciès magmatique de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

BEKHADA F (2014) Etude pétrographie des faciès magmatique de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

BEKHADA F., NBENASLA N (2013) Etude géochimique des complexes volcanites de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

BEKHADA F., NBENASLA N (2013) Etude géochimique des complexes volcanites de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

BESSELES.B(1977). Géologie de l'Afrique : le craton ouest africain .B.R.G.M, n°88 ,402 Bull.Dir.Fed. et soc.A.O.F.n°17 ,P ;308

BIG N°3. Initiation à la télédétection. Bulletin de l'Information Géographique appliquée aux activités de Recherche-Développement.

BUFFIERE.J.M. FATHY.J.C et PETEY J (1965a). Carte géologique au 1/500000e de la région des Eglab et du bordure nord de Yetti. Organisme technique mise en valeur des recharges du sous-sol saharien .Paris.

DAHANE M. (2006). Etude de la fracturation de la région nord de la feuille Aouinet Bel-Egraa par imagerie satellitale (ALSAT 1) (Echelle 1/200000e).

DELACOURT C., Télédétection et Rayonnement ElectroMagnétique. Cours en Ligne, Université de Brest.

DJERAFI, T., 2005.Générateur de rampe de fréquence ultra linéaire pour un système de positionnement local basé sur le principe de radar à ondes continues modulée en fréquence, 184p., Mémoire de maitrise, École Polytechnique de Montréal, Département du génie électrique.

FABRE, J., (2005). Géologie du Sahara occidental et central. Musée royal de l’Afrique central. Belgique. Tervuren African Géoscience collection vol.108, 572 p.
geochemistry and geochronology. Precamb. Res. 136, pp.309-352.

KAHOUI M. (1988) –Etude d’un complexe granitique différencié etde sa couverture volcanique. Indices métallogéniques. Cas du Diebel Drissa (massif des Eglab algérien).Thèse Doct. Univ. Nancy 1,258 p.

KAHOUI M.,DRARENI A., FABRE J., PEUCAT J.J. et KADDOUP M.(1996)–Age éburnéen du complexe annulaire alcalin du Djebel Drissa (Est de la dorsale Réguibat,Algérie). Mémoire du Service Géologique de l’Algérie, n°8, pp.53-60.

LASSERE .M, LAMEYER.J et BUFFIERE .J.M (1970).Données géochronologique sur l’axe précambrien Yetti-Eglab en Algérie et en Mauritanie du Nord. Bull. BRGM, 2ème série, IV 2, pp.5-13.

MENCHKOFF A. (1949).Quelque trais de l’histoire géologique du Sahara occidentale. Annales, Hébert et Haug, 7, livre Jubilé, Ch. Jacob.303-325.

O.R.G.M (ex E.R.E.M) (1984).Rapport du groupe Eglab sur la structure circulaire de Bled M’Dena (feuille Aouinet Bel Egraa)(inédit).

O.R.G.M (ex E.R.E.M)(1983).Rapport finale de groupe Eglab sur les travaux de reconnaissance et de prospection régionale (inédit).

PEUCAT J.J., CAPDEVILLA R., IJRARENI A., MAHJOUB Y. et KAHOUI M. 2005 : The Eglab massif in the West African craton (Algeria), an original segment of the Ebunean orogenic belt :petrology,

PEUCAT, J.J., CAPDEVILA, R., DRARENI, A., MAHDJOUR, Y., KAHOUI, M., (2005). The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), and original segment of the Ebernean orogenic belt: petrology, geochemistry and geochronology. Precambrian Reserch 136 (2005) 309- 352.

BOUZARA IBRAHIM, (2015) Mémoire de master, thème: Pétrographie des faciès magmatiques de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguiatorientale, SW Algérien) ; p 60

SABATE (1979)-Les volcanites Eglab :données radiométriques de la dernière expression magmatique calco-alcaline du cycle orogénique Eglab (Sahara occidentale), revue de géologie dynamique et géographie physique vol.21, fasc.5.P.326-329, Paris.

SABATE P(1973). La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne de pays Réguiat (Sahara occidental algérien).C.R. Acad. SCI, Paris (D), 276, pp.2237-2240.

SONATRACH ET SCHLUMBERGER (2007). La géologie pétrolière de l'Algérie. In : WEC Algérie 2007, pp.2-93.

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

SOUDANI K. (2005). TD Télédétection : Initiation à ENVI. Cours en ligne. Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI.

TABELIOUNA M (2009) : étude pétrographique, géochimique, de roches magmatiques de la structure annulaire de Bled M'Dena, (Eglab occidental, dorsale Réguibat, SW algérien), Thèse .Doct .Univ. Oran. 203 p.50 fig ., 24 tabl .,(inédit).

TABELIOUNA M ., KOLLI O., ZERKA M. et BENDOUKHA R (2008) : les clinopyroxénites et les gabbros associés d'un complexe magmatique annulaire(Sud de Gara Djebilet, Eglab, dorsal Réguibat, SW algérien). Bulletin du Service Géologique Nationale. Vol. 19,n°3, pp.245-265.

TABELIOUNA M 2008 : les clinopyroxénites et les gabbros associés d'un complexe magmatique annulaire Sud de Gara Djebilet, Eglab, dorsal Réguibat, SW algérien. Bull, servi, géolo, nationale. Vol. 19°3, pp.245-265.

TABELIOUNA M., KOLLI O., ZERKA M. et BENDOUKHA R : le cortège magmatique de la structure annulaire de Bled M'dena (Eglab, dorsal Réguibat, SW algérien), journée d'étude sur la géologie Algérienne : état actuelle de la recherche géologique en Algérie, Oran, décembre 2003.

TABELIOUNA M., KOLLI O., ZERKA M. et BENDOUKHA R : les clinopyroxénites de la structure annulaire de Gara Djebilet, Eglab, dorsale Réguibat, Bulltin de la société de la géologie Algérienne

WEC Algeria (2007). Petroleum Geology of Algeria. Algeria Well Evaluation Conference, 2007.

WEZEL F.C., (1970). Numidian Flysch — an Oligocene – Early Miocene continental rise deposit off African platform. Nature 228 (5268), 275–276.

Canadian Ice Service, Environment Canada, “Ice Codes and Symbols”

Canadian Ice Service, Environment Canada, “IceTermininology”

Canadian Ice Service, Environment Canada, “Yearly Arctic Ice Atlas”

Liste des sites d'internet :

http://perso-sdt.univ-brest.fr/~delacour/COURS/M2-10.1/Cours1_Teldet_REM/index.html

<http://www.cis.ec.gc.ca/>

<http://www.cis.ec.gc.ca/about/code.html>

<http://www.cis.ec.gc.ca/about/term.html>

http://www.cnes.fr/automne_modules_files/standard/public/p7774_9f5e71f0025c698de2ef82085d1c0e20big_3.pdf

http://www.es.e.u-psud.fr/bases/upresa/pages/soudani/fichiers/doc_cours_teledec.pdf

http://www.es.e.u-psud.fr/bases/upresa/pages/soudani/fichiers/td1_teledec.pdf

<http://earthexplorer.usgs.gov>

Liste des tableaux

Tableau 1: les caractéristiques des capteurs landsat 8 OLI	17
Tableau 2. Quelque Domaine d'Application de la télédétection.....	20
Tableau 3: métadonnées d'image SRTM choisie.....	46
Tableau 4 : descriptif des couleurs de la CSV par rapport aux limites du Croquis du schéma géologique de Bouzzara 2015.....	64

TABLE DES MATIERES

Introduction

Générale.....	3
----------------------	----------

Première partie : télédétection et cartographie géologique

I. Notions sur la télédétection.....	6
1. Définition de la télédétection.....	6
2. Principe de base de la télédétection.....	7
3. Éléments de physique du rayonnement (bases physiques de la télédétection).....	9
3.1. Le rayonnement électromagnétique.....	9
3.2. Le spectre électromagnétique.....	10
3.3. Le rayonnement et la matière.....	11
3.4. La notion de signature spectrale.....	12
3.5. Rayonnement électromagnétique et télédétection.....	13
4. Les vecteurs.....	14
II. Domaines d'application de la télédétection.....	18

Deuxième partie : utilisation de la télédétection pour la cartographie de la région d'ANNA (Eglab-SW Algérien)

Chapitre I. Présentation de la région d'étude

I. Cadre géographique.....	2
3	
II. Cadre géologique.....	2
5	
1. Aperçu sur la géologie de l'Algérie.....	25
1.1. Le Nord de l'Algérie.....	25
1.2. La plate-forme saharienne.....	25
2. Contexte géologique régional ; Aperçu sur la géologie du Sud-ouest Algérien.....	28
2.1. Le craton Ouest africain (WAC)	28
2.2. La dorsale Reguibat.....	30
2.3. Le massif Yetti-Eglab.....	32
2.4. Les bassins sédimentaires.....	36
3. Contexte Géologique local.....	38

Chapitre II. Approche et méthode

I. Données utilisées.....	
40	
1. Données issues de SRTM	40

1.1. Définition de SRTM	40
1.2. Les différentes résolutions de SRTM	40
2. Téléchargement des données Landsat 8 OLI et date d'acquisition	40
2.1. Méthodologie de téléchargement	41
2.2. Détermination de la zone de la recherche	42
2.3. Image choisi pour traitement de spectral	43
2.4. Métadonnées de la scène LC82000422014114LGN00	44
3. Modèle Numérique de Terrain	46
II. Le traitement de la scène Landsat OLI de la zone d'étude	53
1. Transformation des images	53
2. Le traitement applicable a plusieurs canaux	54
3. Classification non supervisée	58
4. Classification supervisée	59
III. Analyses e t interprétations	60
1 Méthodes utilisés pour la création de nouvelle crockie	64
2 Principe de classification supervisée	64

3 Description du Schéma géologique.....	67
--------------------------------------------	----

Conclusion Général	69
------------------------------------	----