

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences
de la Terre et de l'Univers

Département des sciences de la terre et de l'Univers

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention
du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Option :

Géologie des Ensembles Sédimentaires

par :

Achek Hicham

Aidouni Nasr-eddine

Essai de cartographie géologique par la télédétection optique
de la région Hank (Sud-Ouest Algérien)

Soutenu le 05 Décembre 2014

Membre de jury :

Présidente de jury : HADJI F.

Encadreur : BENSEFIA K. E.

Co-Encadreur : BENRAMDANE H.

Examineur : BENADLA M.

Examineur : SOULIMANE C.

Maître Assistant (A) U.A.B. Tlemcen

Maître Assistant (A) U.A.B. Tlemcen

Maître Assistant (A) U.A.B. Tlemcen

Maître Assistant (A) U.A.B. Tlemcen

Maître Assistant (A) U.A.B. Tlemcen

Résumé

L'objectif de ce travail est de tester l'utilisation de traitements d'images Landsat 7 ETM+ pour l'identification lithologique et structurale dans la région du Hank. Les techniques de traitement utilisés (compositions colorées, analyse en composante principale classique, et sélective, rapports de bandes, Transformation RVB-ITS, classification et les filtres directionnels) ont permis une bonne discrimination lithologique des différentes formations ainsi que la réalisation de cartes linéamentaires. Les résultats obtenus ont été associés à un travail de bibliographie qui est indispensable dans toute étude basée sur la télédétection.

Enfin, une carte lithostructurale de la région d'étude a été établie sur la base des résultats obtenus.

Mots Clefs : Télédétection –Landsat 7 ETM+ - Linéaments - Hank -carte lithostructurale

Abstract

The main objective of this work is to test the use of Landsat 7 ETM+ imagery for lithological and structural identification in the Hank region. Different processing techniques were used (color composites, principal component analysis classic and selective, band ratios, Transformation RVB-ITS, classification, directional filters) and provide an excellent discrimination between the different lithological formations and helped us to establish lineaments mapping. The result has been confronted to the fieldwork and bibliography that are essential in any study based on remote sensing. Finally, a lithostructural map of the study area was established on the basis of the results obtained in this work.

Key words: Remote sensing - Landsat 7 ETM+ – Lineaments – Hank- lithostructural map

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à notre encadreur Mr BENSEFIA Kamar Eddine, et Co-encadreur Mr BENRAMDANE Hocine, pour nous avoir proposé ce sujet, pour ses conseils et son aides tout au long de la préparation de notre mémoire de fin d'études.

Nous tenons tout d'abord à remercier Madame HADJI .F, de présider ce jury de mémoire. Nous voudrions également remercier Mr BENADLA. M et SOULIMANE.C, d'avoir accepté d'être les examinateurs.

Nous remercions l'ensemble des enseignants du département des Sciences de la Terre de l'Université de Tlemcen qui ont contribué à notre formation.

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

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont supporté pendant toute cette période et à qui je dois ma réussite.

Mes frères.

Ma grande famille.

Mon binôme, pour les moments qu'on a partagé durant tout notre cycle universitaire, et sa famille.

Tous mes amis (es).

Hicham

Je dédie ce travail à mes très chers parents, à qui j'adresse tout mes remerciements pour leurs soutien et encouragements.

Mes frères et mes sœurs.

Ma grande famille.

Mon binôme et sa famille.

Tous mes amis (es).

Nasr-eddine

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE I : CADRE GEOLOGIE REGIONAL

I) .GENERALITES.....	02
A. Cadre géographique de la région du Sud-Ouest algérien.....	02
B. Historique des travaux.....	03
C. Contexte géologique régional.....	04
1. Présentation du Craton Ouest-africain.....	04
1.1. Géologie de la dorsale Reguibat.....	05
1.2. Le massif Yetti-Eglab (partie NE de la dorsale).....	07
1.2.1 .Socle précambrien.....	07
1.2.1.1. Domaine Yetti.....	08
1.2.1.2. Domaine Eglab.....	08
1.2.1.3. Aperçu structurale de la partie NE de la dorsale Reguibat.....	08
1.2.2. Couverture Néoprotérozoïque et Ceinture paléozoïque.....	09
1.3. Le HanK.....	10
II).CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	11
A.Géologie du secteur d'étude.....	11
1. Substratum.....	12
2. Couverture néoprotérozoïque.....	14
2.1. Lithostratigraphie.....	14
2.2. Structurale.....	21

CHAPITRE II : NOTIONS DE BASES SUR LA TELEDETECTION

I) NOTIONS DE BASES SUR LA TELEDETECTION.....	23
A. Définition.....	23
B. Principes de base de la télédétection.....	23
C. Processus de la télédétection.....	24
II) APPLICATION DE LA TELEDETECTION EN GEOLOGIE.....	25
A. Domaines d'applications de la télédétection en géologie.....	25
B. Les bases physiques de la télédétection.....	26
1. Le rayonnement électromagnétique.....	26
2. Le spectre électromagnétique.....	27
3. Signatures spectrales.....	28
C. Méthodes de traitement des données images.....	28

1. Traitements standard.....	29
1.1. Traitement d'amélioration du contraste.....	29
1.2. Traitement en composantes principales (A.C.P.).....	29
1.3. La composition colorée ou « Trichromie ».....	29
2. Traitements spécifiques.....	30
2.1. Les ratios (rapport entre canaux).....	30
2.2. Les filtrages numériques d'images.....	30
2.3. Les filtrages numériques d'images.....	31
2.4. Méthode transformation RVB-ITS.....	32
D. Le logiciel ENVI.....	33
1. Présentation du logiciel ENVI.....	33
2. Lancement d'ENVI.....	34
3. Ouverture d'une image sous ENVI.....	34
4. Affichage en niveaux de gris.....	36
4.5. Localisation des points.....	37
CHAPITRE III : APPLICATION	
I) LES DONNEES UTILISEES.....	38
A. données satellitaires.....	38
B. données géoscientifiques.....	38
II) OUTILS ET METHODE.....	39
A. Outils.....	39
B. Méthodes.....	39
III) TRAITEMENT DES IMAGES ET INTERPRETATION.....	40
A. Méthodes standards.....	40
1. Création d'une composition colorée.....	40
2. Analyse en composante principale (ACP) classique.....	43
B. Méthode spécifique.....	46
1. Analyse en Composante sélective.....	46
2. Les rapports de bandes ou bandes ratios.....	47
3. Transformation RVB-ITS.....	50
4. Classification.....	51
5. Filtrage spatial numérique.....	56
IV) CARTE LITHOSTRUCTURALE DE LA ZONE D'ETUDE.....	59
CHAPITRE IV : CONCLUSION GENERALE	
Conclusion générale.....	61

INTRODUCTION

La cartographie géologique est d'une importance extrême pour le géologue. Il est donc indispensable de maîtriser toutes les méthodologies et techniques modernes de confection de cartes géologiques. Ces dernières années, la cartographie assistée par ordinateur(CAO), la télédétection et le traitement d'images satellitaires se sont imposés comme les outils de cartographie géologique les plus rapides pour couvrir de très grands superficies, qui s'offrent aux géologues, particulièrement lorsqu'il s'agit de cartographie en zones arides et désertiques et où les affleurements sont souvent inaccessibles.

Dans un tel contexte géographique, comme c'est le cas de notre zone d'étude le **Hank**, formant la bordure Sud du massif précambrien des Eglab dans le Sud Ouest Algérien, cette région a bénéficié de peu d'études géologiques. La seule cartographie géologique détaillée de la région a été réalisée par Buffière, Fahy et Petey (1965), pour la Société d'Etudes et de Réalisations Minières et Industrielles; (SERMI). Cette cartographie manque de précision, il a fallu attendre les compagnes de cartographie des années 90 avec les travaux de l'équipe Moussine-Pouchkine (université de Montpellier, France) pour la publication d'une nouvelle carte synthèse intégrant de nouvelles subdivisions lithostratigraphie dans le Néoprotérozoïque du Hank de la couverture paléozoïque.

Le présent travail, essai pour la cartographie utilisant les nouvelles techniques modernes, notamment l'imagerie satellitale et la cartographie sous SIG. Le but est de contribuer à la cartographie géologique dans le Hank par l'apport de la télédétection multispectrale à haute résolution et particulièrement l'utilisation des images Landsat7 ETM+ dans la discrimination lithologique et linéamentaire au 1/200.000 ème dans la région par rapport aux résultats des études précédente classiques (carte de Buffière et al(1965). qui nous a servi de référence pour ce travail), et la mise en place d'une base de données sous système d'information géographique (SIG) permettant d'individualiser et de croiser des informations géologiques variées. Pour faire, la zone d'étude, située au sud du massif des Eglab ancien ou affleure des formations néoprotérozoïque, et donc présentant au mieux la géologie du Hank a été choisie.

L'objectif principal de ce travail est d'appliquer la télédétection à la région du Hank, et d'évaluer son apport par rapport aux résultats des études classiques antérieures de cartographie et de géologie •

I) GENERALITES

A. Cadre géographique de la région du Sud-Ouest algérien

Le Sud Ouest algérien est une vaste région désertique caractérisée par de grandes étendues plates, de rares reliefs montagneux, des Ergs et de larges sebkhas. Plusieurs ensembles géomorphologiques sont reconnus : la dépression de Tindouf à l'Ouest et le plateau de Draa au Nord ; la chaîne de l'Ougarta à l'Est et au Nord-Est; le massif des Eglab et les reliefs du Hank et dépression de Taoudenni vers le Sud et le Sud-Ouest (Fig1).

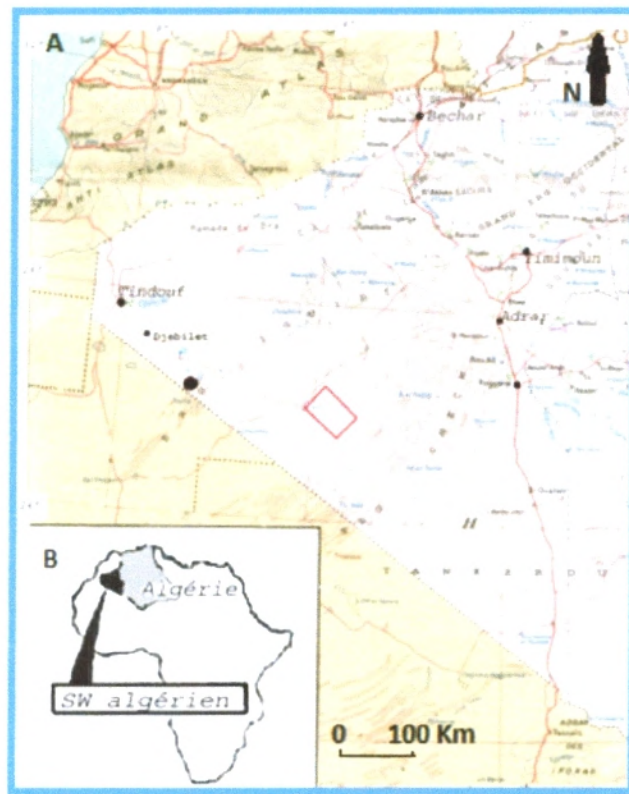


Figure1 : A : Les différents reliefs montagneux du Sud Ouest Algérien.

B : Situation générale du Sud Ouest Algérien ;

(in. Kentri et Fekih ; 2012).

Le carré rouge présenté la situation du secteur d'étude

B. Historique des travaux

Dès le début du 21^{ème} siècle, les chercheurs, naturalistes, explorateurs et géologues se sont intéressés au Sud-Ouest algérien et au massif Yetti-Eglab et ses bordures sédimentaires en particulier ; parmi les chercheurs ayant contribué à l'étude de la région, on cite :

-Entre 1923 et 1933, N. Menchikoff effectua les premiers travaux de recherche sur la dorsale Réguibat et apporta les premières données géologiques du Sahara occidental. En 1949, il introduisit le terme «pays cristallin Réguibat».

-A partir de 1941, P. Gevin s'intéressa au socle cristallin et ses bordures sédimentaires situés près de la frontière algéro-mauritanienne; notamment au flanc sud du synclinal Tindouf. En 1951, il décrit dans une courte note les principales formations cristallophylliennes du socle précambrien de la dorsale Reguibat (série de Chegga, série du Yetti, série de Guelb el Hadid).

-En 1958, il publia sous l'égide du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, la première carte géologique de la région « Tindouf-Eglab », à 1/500 000 accompagnée d'une notice explicative. Le même auteur en 1965, J. Buffière en collaboration avec l'équipe de la SERMI (Société d'Etude et de Réalisations Minières et Industrielles) et à l'issu des travaux de prospections réalisés, publia la carte géologique 1/500 000 de la région des Eglab et de la bordure nord du Yetti , en coupure spéciale, avec notice explicative.

-De 1971 à 1982, P. Sabaté et son équipe de l'Université d'Oran publièrent leurs travaux consacrés à la géologie de la zone de jointure Yetti-Eglab.

-Entre 1979 et 1993, l'ORGM (Office National de la Recherche Géologique et Minière) (ex SONAREM et EREM) et le Service Géologique de l'Algérie (SGA) lancèrent de nouvelles campagnes de terrains en collaboration avec les universitaires algériens et français. Les résultats obtenus ont fait l'objet de nombreuses publications, à titre d'exemple, le mémoire N° 8 édité par le SGA et consacré à la géologie du massif des Eglab et régions avoisinantes.

-En 1994, A. Ait kaci- et A.Moussine-Pouchkine présentent une nouvelle interprétation de la sédimentation glaciaire et post -glaciaire à la fin du Précambrien et Cambrien dans le Hank Nord-oriental (S.W de Tanezrouft).

-En 1996 J. Bertrand-Sarfati et A.Moussine-Pouchkine proposèrent une subdivision nouvelle dans la couverture néoprotérozoïque au Nord-Est du bassin de Taoudenni (Hank).

-En 2012 N. Imessaoudene utilisé la télédétection pour une nouvelle cartographie géologique dans la région de Teggeur et Tilemsi Ould Haida.

C. Cadre géologique régional

1. Présentation du Craton Ouest-africain

D'après Fabre (2005), le Craton Ouest-africain se présente comme un pays à rares reliefs, vallonné au Sud et au Nord mais plat en son centre, avec une surface de 450.000km².

Du point de vue géologique; le Craton Ouest-africain est représenté par deux larges bombements cristallophylliens d'âge Précambrien appelés :

- Dorsale Réguibat située au Nord et qui s'étend de la Mauritanie septentrionale jusqu'au Sud-Ouest algérien.

- Dorsale de Léo au Sud qui s'étend sur la Sierra Léon, Ghana, Burkina Faso et la Cote d'Ivoire.

-Deux petits affleurements de Kayes et Kénieba localisées près de la frontière Mali-Sénégal. Sont ouvertes en fenêtres d'érosion dans la couverture sédimentaire phanérozoïque du Taoudenni.

Ces deux bombements montrent des formations d'âge archéen, dans leurs parties occidentales et d'autres d'âge paléoproterozoïque dans leurs parties centrales et orientales (figure 2).

-Les terrains archéens ont été édifiés, déformés et métamorphisés pendant les cycles pré-Léonien (3500 Ma), Léonien (2900-3000 Ma) et Libérien (2700-2800 Ma). Les séries paléoproterozoïques sont représentées principalement par des ensembles volcano-sédimentaires à sédimentaires (Eburnien), (Bessoles, 1977) et des roches magmatiques. L'ensemble a été structuré et métamorphisé lors de l'orogénèse éburnéenne vers -2.0 Ga (Abouchami et al ; 1990. *in* Peucat et al ; 2005).

-Au centre, le Craton Ouest- africain est occupé par le bassin de Taoudenni avec une série sédimentaire plus au moins tabulaire d'âge néoproterozoïque à paléozoïque structurée en un large synclinal.

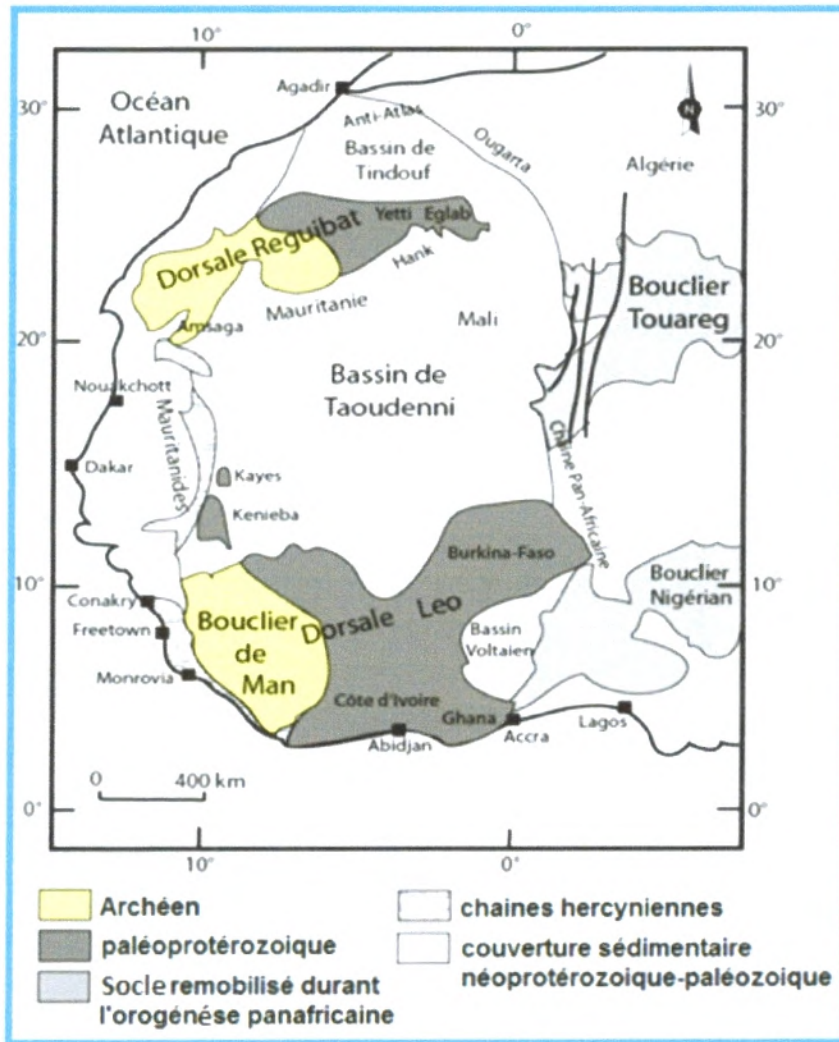


Figure 2: Principales unités structurales de l'Afrique occidentale (d'après Peucat et *al.* 2005, modifiée ; *in.* Fekih et *al.* 2011).

1.1. Géologie de la dorsale Reguibat

La Dorsale Reguibat, branche septentrionale du Craton Ouest-africain. Menchikoff (1949) désigna cette dorsale sous le nom de "pays cristallin Reguibat". Elle forme un axe cristallin orienté SW-NE séparant les dépressions de Tindouf au Nord, et de Taoudenni au Sud.

Elle s'étend sur plus de 1500 Km entre les méridiens 3° et 16° W d'une part ; et sur moins de 400 km de large entre les parallèles 20° et 27° Nord, d'autre part. Elle affleure pour l'essentiel en Mauritanie et se poursuit dans le Sud-ouest de l'Algérie.

-D'après Fabre(2005) la dorsale Réguibat subdivise en deux Provinces (figure 3) :

▪une province archéenne à l'Ouest reconnue dans l'Amsaga, le Tijirit, le Tassiat-l'Ouassat, le Ghallaman et les Sfairat (en Mauritanie).

•une province paleoproterozoïque au centre et au Nord-Est reconnue dans le Karet (Mauritanie), le Yetti et les Eglab (en Algérie).

La province archéenne est représentée par des formations métamorphiques et magmatiques et est structurée lors de deux orogénèses entre 3.50 et 2.73 Ga (Potrel *et al.*; 1998, *in* Benramdane, 2007).

La province protérozoïque inférieure est également représentée par des formations cristallophylliennes, magmatiques et volcano-sédimentaires où seule l'orogénèse éburnéenne est mise en évidence, elle est plus jeune datée 2,2 Ga à 2,0 Ga», (Vachette, 1964, Boher 1991 *et al.*; Peucat, 2005).

Les deux domaines d'âge paléoproterozoïque et à panneau-relique néoarchéen sont dominés par les séries "birimo-éburnéennes" (Abouchami *et al.* 1990) de nature volcano-sédimentaire et par des manifestations magmatiques abondantes. Ils sont structurés par l'orogénèse éburnéenne entre 2,12 et 2,07 Ga et recouvertes par des séries néoproterozoïques et phanérozoïques.

Cet ensemble cristallin nord-oriental de cette province forme le massif Yetti-Eglab en Algérie, (Buffière *et al.* 1965, Lasserre *et al.* 1970, Sabaté et Lomax, 1975, Peucat *et al.* 2005).

Ces formations précambriennes disparaissent au Nord sous les formations sédimentaires paléozoïques du synclinal de Tindouf et sous la vallée du Draa pour réapparaître dans l'Anti-Atlas. Au Sud, elles s'enfoncent sous les séries sédimentaires néoproterozoïques du Hank, qui nous intéresse en partie et qui sont, à leur tour surmontées en concordance par les premiers dépôts paléozoïques du synclinal de Taoudenni.

Structuralement, la dorsale Reguibat se subdivise en trois grandes parties (Bessoles, 1977).

-Partie occidentale : comprend la Tassiast, le Tijirit, l'Amsaga et le Tiris, affleurant au Sahara Occidental et en Mauritanie.

-Partie centrale : il y a l'Ouassat, le Zemmour, le Ghallaman et le Karet exclusivement en Mauritanie.

-Partie orientale : comprend le Yetti et les Eglab affleurant en Mauritanie et en Algérie (figure3).

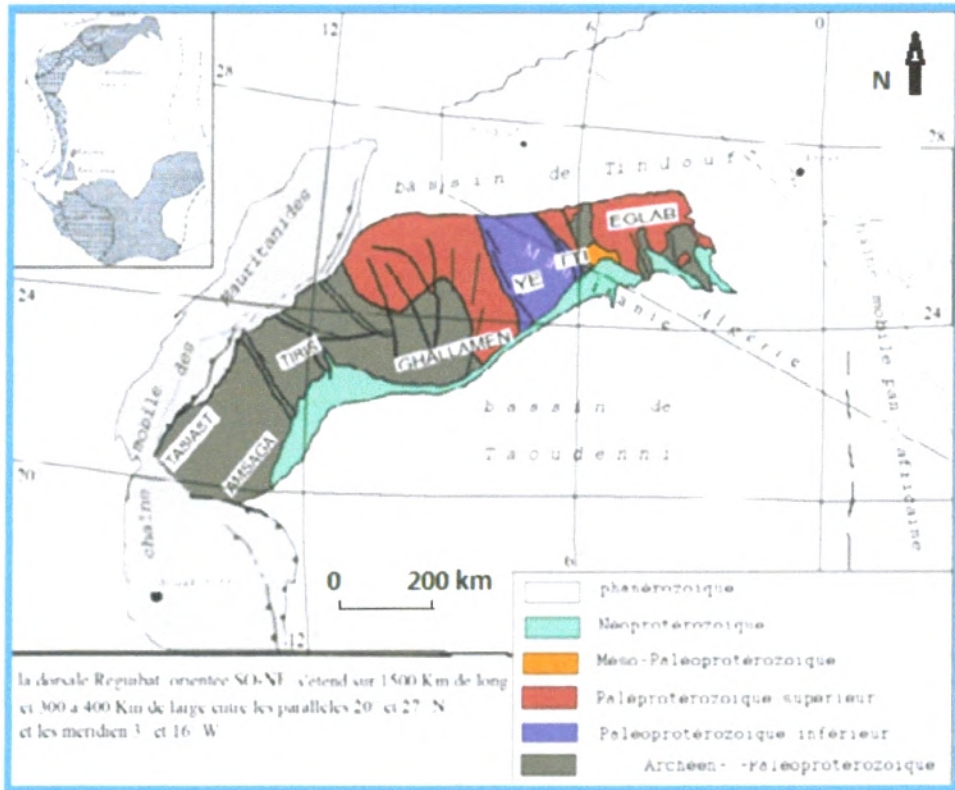


Figure 3 : schéma géologique de la dorsale Réguibat ; (*in.* Benramdan, 2007).

1.2. Le massif Yetti-Eglab (partie NE de la dorsale)

1.2.1. Socle précambrien

Dans le Sud-Ouest algérien, près de la frontière Algéro-Mauritanienne, s'étend le massif des Eglab orienté sensiblement Est-Ouest. Il est limité au Nord et au Sud par les parallèles 25° et 27°30' N, à l'Est et à l'Ouest par les méridiens 3° et 8° W. Au Nord, le massif est limité par les reliefs méridionaux du bassin de Tindouf ; à l'Est, il est ceinturé par les grands cordons dunaires de l'Erg Chech et de l'Erg Iguidi qui l'isolent du reste du Sahara. Au sud, s'étend les falaises du Hank qui amorcent le bassin de Taoudenni. A l'Ouest, le massif se prolonge en territoire Mauritanien connu sous le nom du pays de Karet et Ghallaman (partie centrale).

D'après les travaux de nos prédécesseurs (Buffière, 1965 ; Sabaté, 1973 ; Lefort et al, 2004; Peucat et al, 2005). Le massif Yetti-Eglab est formé de deux domaines géo-structuraux bien distincts séparés par une large zone de fractures orientées NNW-SSE. Il s'agit de:

- Le domaine Yetti à l'Ouest.
- Le domaine Eglab à l'Est.

1.2.1.1 .Domaine Yetti :

Le domaine Yetti situé à l'Ouest de l'Erg Iguidi qui forme une bande orientée NNW- SSE large environ 150km. Il est limité à l'Est et à l'Ouest par des zones tectoniques. Il est représenté par une série volcano-sédimentaire à quartzites, cinérites noirâtres «birimiennes» plissée et métamorphisées "série Yetti" et par des granites migmatitiques, granito-gneissiques, et des granitoïdes intrusifs (granite yetti) datés entre 2.2 à 2.07 Ga (in Fabre 2005 & Peucat *et al*, 2005).

1.2.1.2. Domaine Eglab :

Le domaine Eglab est situé à l'Est de l'Erg Iguidi et s'étend au de là de l'Erg chech (Est du méridien 2°W). Les massifs granitiques rougeâtres et les pitons volcaniques, à couleur sombre du magmatisme Aftout sont largement dominants par rapport aux zones d'affleurement des séries anciennes «birimo-éburnéennes»; ces dernières sont à faciès granito-gneissiques (série Chenachane- Erg chech et série Chagga) reconnues respectivement à l'Est et à l'Ouest et des faciès volcano-sédimentaires à détritiques d'âges relativement plus jeunes (série AkiletDeilel et série Oued souss et série Gelb Hadid). Les datations obtenues sur les différentes séries de ce domaine montrent des âges allant de 2.73 Ga âge d'une relique archéenne sus-citée, à 2.065 Ga pour l'ultime épisode magmatique Aftout (Peucat et al, 2005).

D'après les travaux de paléomagnétisme de Lefort *et al.* (2004), les deux domaines Yetti et Eglab étaient initialement séparés avant de se coller vers 2.09 Ga générant ainsi une collision continentale éburnéenne, et une histoire commune jusqu'à 2.065 Ga, date depuis laquelle, le massif yetti-Eglab est considéré stable (in Benramdane, 2007).

1.2.1.3 .Aperçu structurale de la partie NE de la dorsale Reguibat

D'après le schéma structural de la SERMI (1965) (figure 4), les deux domaines à lithologies et structures différentes d'âge paléoproterozoïque ont été structurés par l'orogénèse éburnéenne entre 2,2 et 2,07 Ga (*in*, Benramdane, 2007).

Ces domaines sont séparés par des accidents majeurs. La limite entre les deux domaines est marquée par une bande d'accidents majeurs orientés NNW-SSE à NW-SE et un alignement d'intrusions acides à basiques.

-Le domaine Eglab structuré en trois zones :

- zone Est (Chenachane - Erg Chech) avec des reliques du substratum granito-gneissique.
- zone Centrale (Aftout – Eglab) dominée par les granitoïdes et volcanites du pluton Aftout.
- zone Ouest (Chegga – Iguidi) où les séries anciennes du système de base sont de nouveau

dominantes.

-Le domaine Yetti à l'ouest du méridien $6^{\circ}30'W$ et « coincé » entre le domaine Eglab et le domaine Ghallamen-Karet est structuré en deux zones séparées par une bande de fractures orientée NNW-SSE passant près du méridien $7^{\circ}30'W$.

- zone E avec un complexe rhyodacites et granitoïdes.
- zone W schisto-cristalline à granitesporphyroïdes.

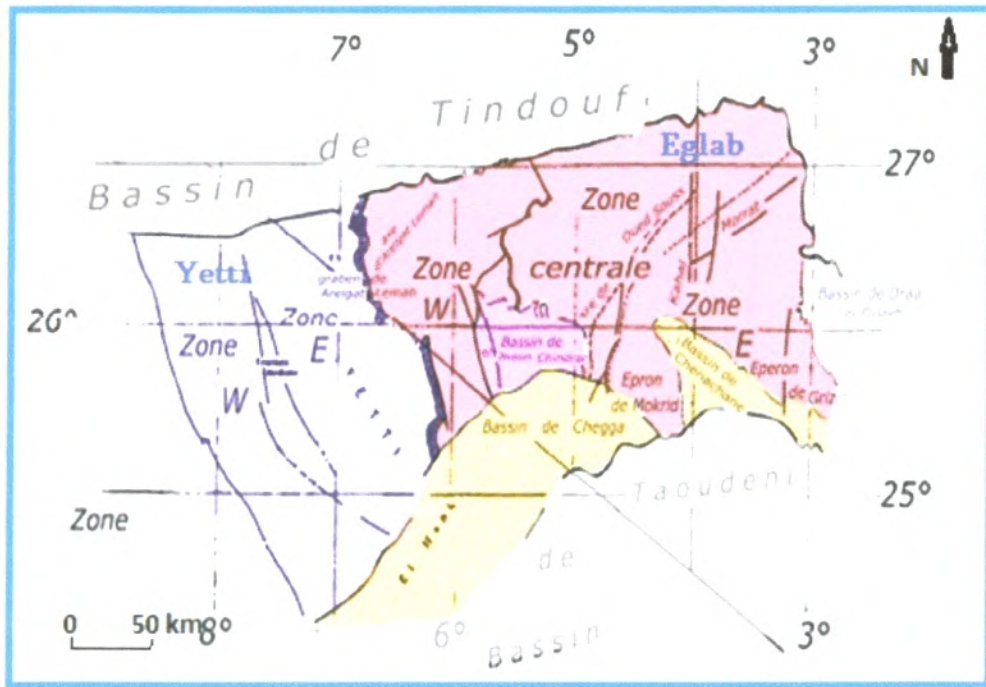


Figure 4 : Schéma structural de la partie orientale de la dorsale Reguibat (Yetti-Eglab) (SERMI,1965).

1.2.2 .Couverture Néoprotérozoïque et Ceinture paléozoïque

Le massif Yetti –Eglab, resté stable depuis sa cratonisation il y a 2 Ga et le retour de la mer au Néoprotérozoïque à permis le dépôt de sédiments dans les bassins de Taoudeni au S et de Tindouf au N.

-Bassin de Tindouf : il s'étend du méridien $2^{\circ}W$ passant près de Bou Bernous jusqu'au Zemmour à l'Ouest. L'âge des dépôts s'étale de l'Ordovicien terminal, à traces de la glaciation fini-ordovicienne jusqu'au Pennsylvanien (Carbonifère).

-Bassin de Taoudeni : il s'étend sur plus de 1700 Km d'Est en Ouest et se développe vers le Sud, jusqu'à la dorsale du Léo. La couverture néoprotérozoïque reconnue sur le flanc N est discordante sur socle ancien. La couverture sédimentaire paléozoïque est subconcordante sur le néoprotérozoïque; elle débute par des dépôts d'âge Eo-Cambrien (?) avec traces de

glaciation dans la Tillite inférieure (ou Eo-Cambrienne) et s'étale jusqu'au Crétacé inférieur.

1.3. Le Hank

C'est les premiers reliefs qui bordent au Sud le massif cristallin de l'Eglab et amorce le bassin de Taoudenni. Il est par Gevin (1960), comme un « tassili », ou « pays de côtes ». Il est subdivisé en deux ensembles : le coude du Hank à l'W près de Chhegga, et le Hank oriental à l'E.

-Le premier représente la crosse, recourbée vers le S, dessinant une très belle falaise orientée SW-NE qui se poursuit jusqu'au Mauritanie.

-Le deuxième ensemble constitue le Hank oriental de Chenachane jusqu'à sa rencontre avec l'Erg Chech. Qu'il disparaître sous Erg Chech, il est suivi sur 150 km en direction NW-SE.

-Dans le coude du Hank ce sont les oueds cohérents qui dominant, tel l'Oued Sous, tandis que dans le Hank oriental. Il y a une très grande part de drainage par l'Oued Chenachane, long d'environ 200 km, et dont le cours est presque toujours subséquent, l'oued principale à écoulement en direction SE (oued Chenachane). A l'E les oueds sont des directions N-S, il y a quelque Gara servent comme repères (photo satellitaire 1).

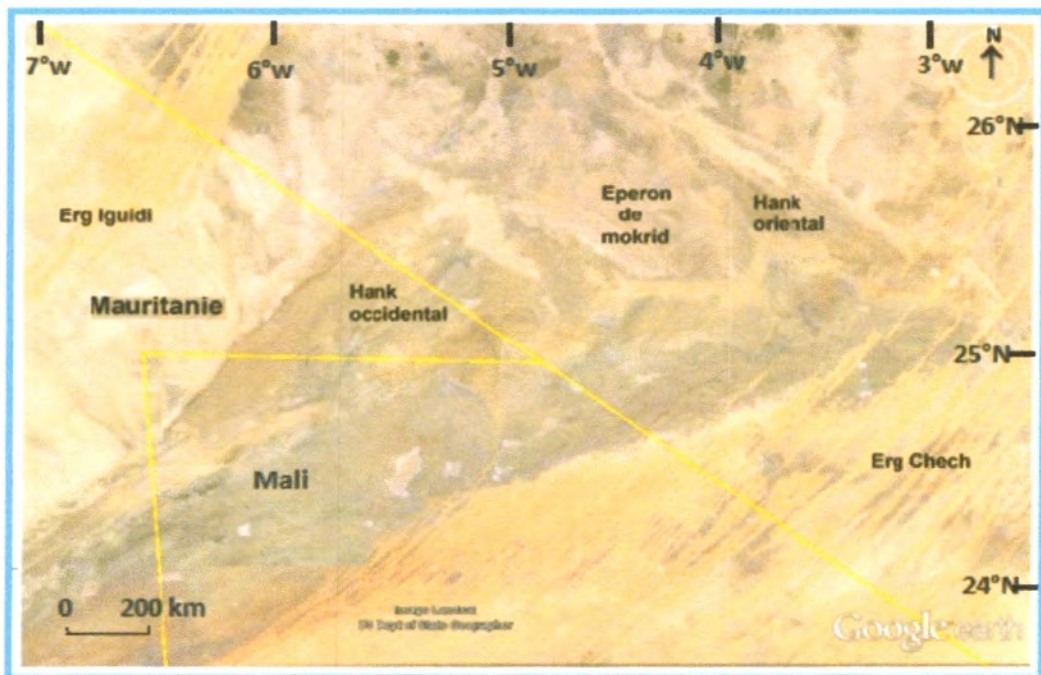


Photo satellitaire 1 : situation géographique de la région Hank (Google Earth).

II) Contexte géographique

Le Hank, bordure sédimentaire méridionale du massif Eglab limité au N par le socle, au S par le synclinal de Taoudenni, par l'éperon de Grizim à l'E et à l'W par l'éperon de Mokrid. Le secteur d'étude est situé entre les méridiens 3° et 4°W et les parallèles 25° et 26°N (photo satellitaire 2).



Photo 2 : situation géographique de la région Hank (Google Earth).

A- géologie du secteur d'étude

Dans le secteur d'étude, deux ensembles géologiques affleurent : le socle paléoprotérozoïque au N et la couverture sédimentaire au Sud, qui constitue le Hank, dont nous étudierons une partie (série du Néoprotérozoïque).

1-Substratum

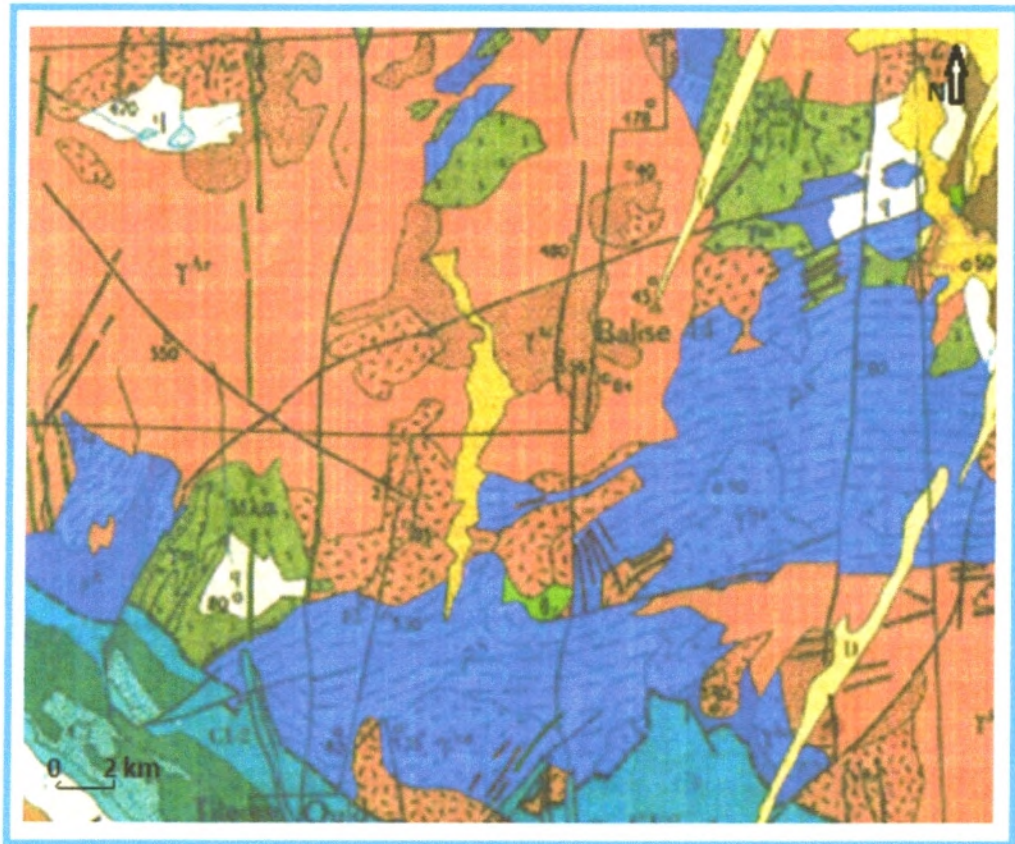
Le substratum c'est la série Chenachane_Erg Chech ($M\lambda\alpha + \gamma_M$) : représentée par des migmatites hétérogènes et granites migmatitiques ($M\lambda\alpha$ et γ_M , du Buffière et al ; 1965).

Vers le N des faciès orthogneissique et granite de Teggeur (γ^L , de Buffière et al ; 1965), constitués de :

-Gneiss gris, leptynites et schistes cristallins associés· visible à Teggeur, des roches basiques (gabbros, diorites à plagioclase) supposées les plus anciens du Paléoprotérozoïque (in. Ben Ramdane, 2007).

-A l'E des roches basiques à intermédiaires (θ_2), sont associées aux séries volcano-sédimentaires de l'Oued Souss et aux granitoïdes d'Haida (Buffière et al, 1965 ; et Sabaté & Lomax, 1975).

L'épisode ultime Aftout-Eglab est dominant. Il est représenté essentiellement par des granites (γ^{Ae}). Ils sont rouge et rose, granite magmatique (γ^{Ap}), (granite porphyroïde et granite à amphibole) accompagnée par des faciès de bordure et faciès à amphibole porphyroïdique. Ces granitoïdes sont associés des volcanites acide (rhyolite à dacite) avec brèches volcaniques (P^A , P^e) (figure 5).



Légende

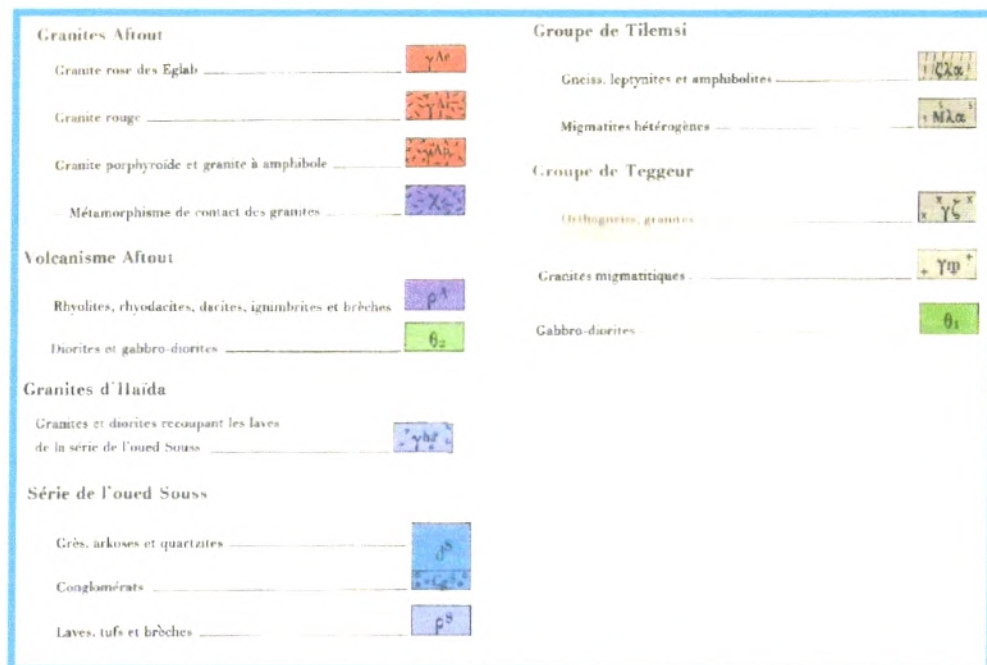


Figure 5 : extrait de la carte géologique 1/500.000 (SERMI 1965), en coupure spéciale.

2- Couverture néoprotérozoïque

2.1 –Lithostratigraphie

Entre la série de Guelb el Hadid (ou système supérieure Reguibat) à la base, et les grès Eo-cambrien du bassin de Taoudeni, au sommet.

●Gevin (1958) a mis en évidence une série de dépôts sédimentaires appelée Infra-cambrien organisé en trois termes qui sont successivement de bas au haut (figure 6) :

- Série détritique de base.
- Groupe calcareo-dolomitique.
- Série détritique supérieure.

●La SERMI (1965) conserva ce même découpage général et étudièrent les trois termes précités sous les noms de (figure 7) :

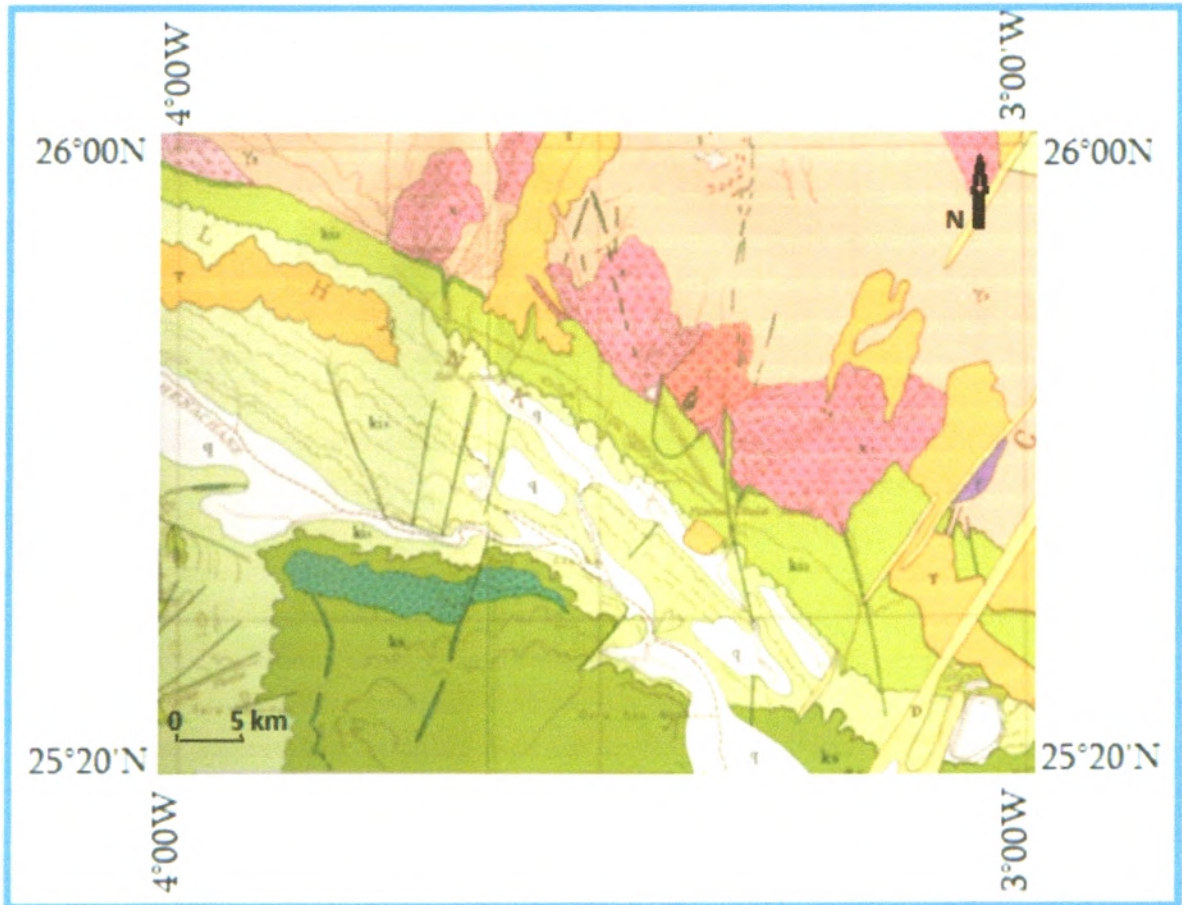
- Ensemble gréseux.
- Ensemble calcaire.
- Ensemble calcareo-gréseux.

●Moussine- Pouchkine et *al.* (1996) proposèrent un nouvel découpage en quatre groupes lithostratigraphiques successivement (figure 8):

- Groupe Douik.
- Groupe Hank.
- Groupe de Dar Cheikh.
- Groupe de Cheikhia.

Les auteurs	Gevin (1958)	SERMI (1965)	Moussin- Pouchkin et <i>al.</i> (1996)
Découpage lithostratigraphie	-Série détritique supérieure.	-Ensemble calcareo-gréseux.	-Groupe de Cheikhia.
	-Groupe calcareo-dolomitique.	-Ensemble calcaire.	-Groupe de Dar Cheikh. -Groupe Hank.
	-Série détritique de base.	-Ensemble gréseux.	-Groupe Douik.

Tableau1: équivalences des séries du Néoprotérozoïque du Hank Algérien.



Légende

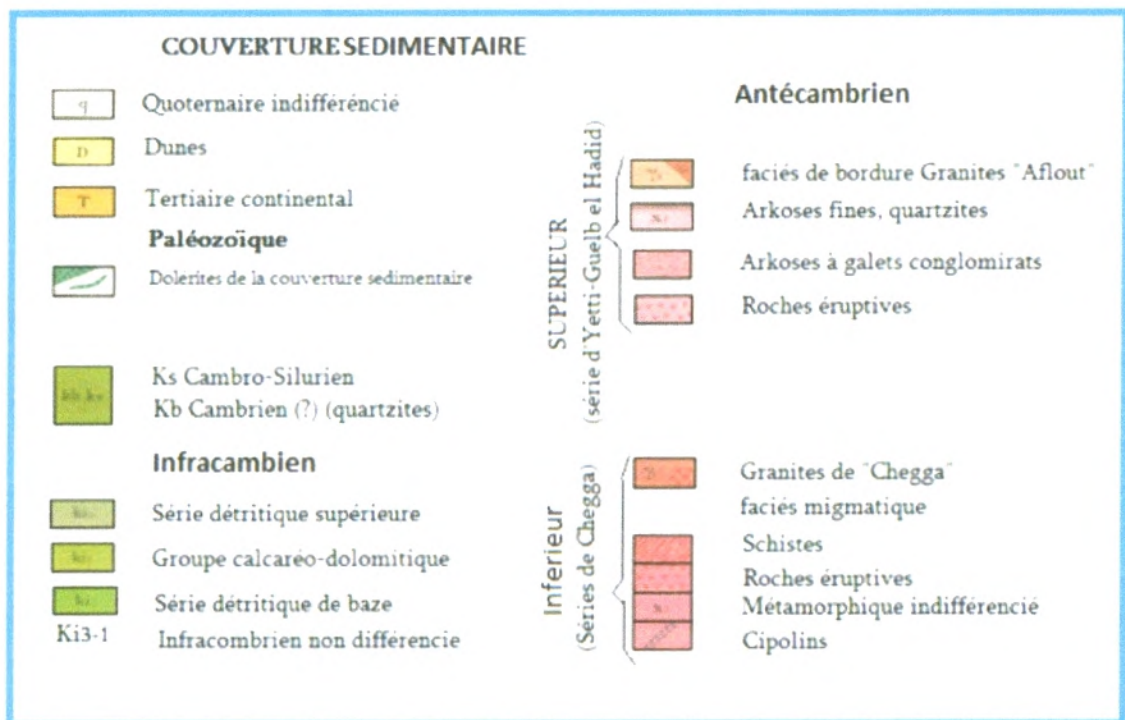


Figure 6: Carte géologique de la région d'étude (Hank)

(Extrait de la carte géologique au 1/500.00 ; Gevin, 1958).

Dans le secteur d'étude, la couverture Néoproterozoïque du Hank est correspondante au bassin de Chenachane. Dans ce bassin la couverture débute par l'ensemble calcaire.

L'ensemble gréseux inférieure (le groupe Douik de Moussine- pouchkine), n'affleure pas dans le secteur d'étude.

- **La SERMI** : à la lecture de la carte géologique de la SERMI (1/500.000), l'ensemble calcaire est transgressif sur le socle ; il est caractérisé par la présence des couches à stomatholite. Il est subdivisé en deux :

- ✕ L'ensemble supérieure étant transgressive sur la partie basale dans la partie orientale du HANK, la partie inférieure diminue régulièrement de puissance d'ouest en est, l'ensemble calcaire supérieure très réduit dans le bassin de Chenachane 42m.

- L'ensemble calcaire inférieur (CI), est représenté de bas en haut par :

- 1- les calcaires bleus inférieures (C₁₋₂) : cet ensemble débute par des grès ferrugineux d'une puissance de 2m à l'ouest diminué vers l'est ; au dessus viennent des calcaires bleus et dolomitiques. L'épaisseur avoisine 50m.

- 2- les calcaires à *collenia* et *conophyton géants* (C_{2b4}) : ce sont des calcaires gris par fois dolomitiques avec l'apparition des *conophytons* à la base, puis des bancs à *collenia* au sommet. La puissance est de 52m.

- L'ensemble calcaire supérieur (CS), il débute à la base par :

- 1- les grès ferrugineux moyens (C₇) : ces grès sont à ciment calcareo- argileux et une couleur verdâtre d'une puissance de 30m environ à l'est de chenachane. Ils sont transgressifs sur l'ensemble calcaire inférieur.

- 2- le calcaire bleu supérieur (C₈) : ils apparaissent seulement à l'est de la hamada central et à Teggeur, de puissance de 12m .Ils disparaissent entre Gour-Mokrid et chenachane, transgressés par des calcaréo-gréseux.

- 3- les calcschistes rubanés (C₉) : ils affleurent exclusivement dans la localité de Tilemsi Oueld Haida à l'extrémité du Teggeur, ce niveau est constitué par des calcschistes fins de puissance de 30m. Ils sont souvent masqués par les alluvions quaternaires.

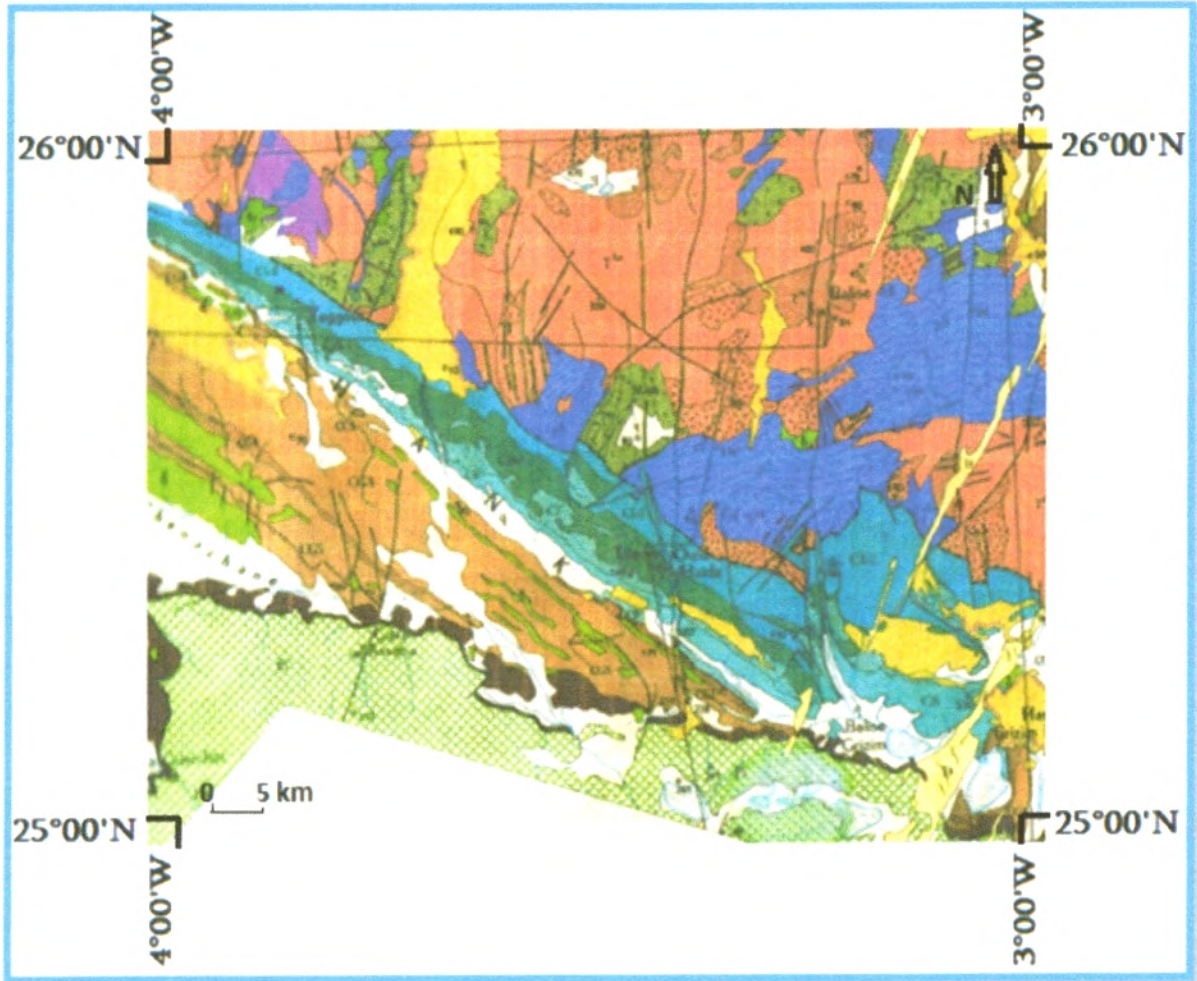
✕ L'ensemble calcareo-gréseux est transgressif sur l'ensemble calcaire, et il est recouvert au Sud par la formation tillitique inférieure, qui est transgressée à son tour, par le Prédévonien du bassin de Taoudeni, masquant progressivement la partie supérieure et moyenne de l'ensemble calcareo-gréseux en allant vers l'est, de part et d'autre de l'éperon de Mokrid. Cet ensemble comporte quatre niveaux sans aucune variation caractéristique de faciès ; il est visible seulement dans le bassin de Chenachane et dont la puissance totale est alors de 210m.

1- le grès de Karkoub 3 (CG1-CG2) : uniformément représentés ; ils recouvrent transgressivement l'ensemble calcaire. Ils recouvrent directement le niveau des calcaires bleu supérieure et les calcshistes rubanés (C8 et C9). Leur puissance est de 10m au chenachane et 22m près de Teggeur. Les calcaire rognonneux (CG2) sont peu visibles ou n'affleurent pas.

2- les grès roses et verts (CG3) : sont bien représentés dans le bassin de Chenachane. Leur puissance varie de 130 à 200m avec un maximum dans la région de Chenachane 140m. Leur sommet étant transgressé par les grès Prédévoniens du bassin de Taoudeni.

3- les grès à Karkoub 4 (CG4) : ils n'apparaissent bien dans la région de Chenachane. Ils sont partiellement transgressés par les grès Prédévoniens au Sud de Teggeur. Leur puissance maximal, situé dans la région de Chenachane est de 32m. Ils sont représentés par une alternance de grès quartzites à ciment carbonaté et de calcaires gréseux.

4- les grès en plaquettes inférieures (CG5) : ils apparaissent partiellement à Chenachane représentés par un banc de conglomérat, d'une puissance de 10m, visible sous les grès Prédévoniens.



Légende

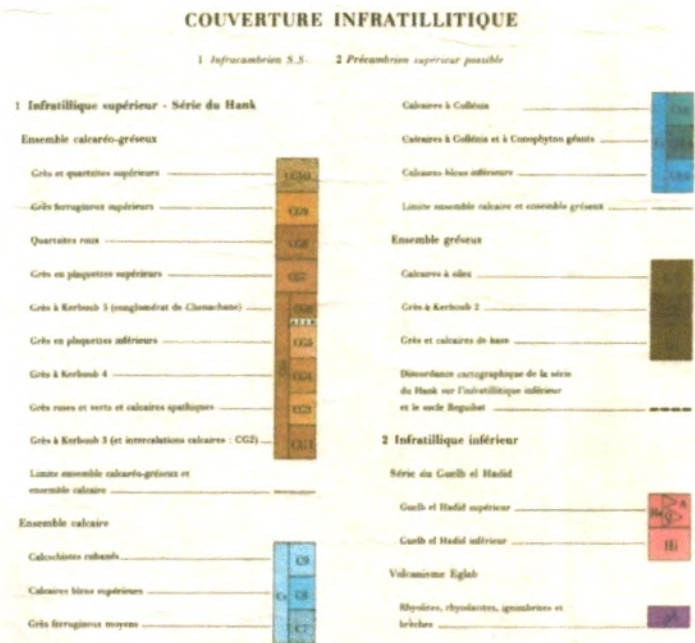


Figure 7: Carte géologique de la région d'étude (Hank)

(Extrait de la carte géologique au 1/500.000, de la SERMI, 1965).

● MOUSSINE- POUCHKINE à la lecture de la carte géologique trois groupes affleurent dans le secteur d'étude (Hank, Dar Cheikh et Cheikhia).

✳Groupe de Hank

1- formation de grès de base : ils ne sont décrits pas par l'auteur. À l'est de Chenachane, entre Draa el Guerb à Chenachane ce sont des arènes remaniées et des argiles puis des grès blancs, d'épaisseur métrique (10m) reposant sur le socle. Vers le haut, débute les calcaires à *conophyton* de la formation Chenachane.

2- formation de chenachane : les calcaires, sont décrits à la partie occidentale du secteur d'étude. Il existe deux ensemble superposés, le premier est formé d'une ou plusieurs paraséquence à *Conophyton* en autre forme (épaisseur de 50m) le second est un massif de 20-30m composé par un assemblage de *Conophyton*, *Jacutophyton* et *Biocalia*.

On signale que la formation Oued Sous n'a pas été décrite (absence de dépôt ou érosion).

3- formation de Mokrid : cette formation regroupe deux horizons séparés par une discontinuité l'épaisseur total est très faible, la première séquence apparaît seulement au Chenachane ; c'est un banc de *Conophyton* de 2 mètre ; la seconde séquence est plus étendue. De la région de Grizim jusqu' à Teggeur. Il s'agit d'un banc de 2 mètre de *Conophyton* reposant directement sur la formation Chenachane.

4- formation de Tilemsi : A la base de cette formation, un horizon stromatolithique est présent partout le fait que ces petites stromatolithes reposent sur des substrats divers souligne la discordance, surmonté par des colonnes de *Gymnosolen* emballées par du grès, recouvrant une poche de brèche à matrice de grès ferrugineux, dans l'Oued Tilemsi, au puit, et des cannelures depuis la formation de Tilemsi, sur la formation des marnes bleus jusqu'au sommet de la formation d'Oglat Betina. La limite supérieure de la formation est non érosive, probablement une surface indurée, sous-aquatique.

5- Formation d'Oglat Betina : il s'agit d'ensemble entièrement construit forment un biostrome très continue, les stromatolithes en colonnes du groupe *Inzeria*, forment des biohermes de 6 à 10m de diamètre. La limite supérieure de la formation est une surface qui apparaît peu érodée.

✳Groupe de Dar Cheikh

La formation de base, appelée formation de Dar Cheikh est absente dans le secteur d'étude. Le groupe est représenté par deux formations :

1- formation de Oglat Domrane : il s'agit d'une formation grès-silto-argileuse à glauconie formée par une succession de séquences silico clastiques progradantes, stratocroissantes et gronocroissantes, bien développée entre Chenachane et Grizim. Au dessus, un ensemble argileux riche en glauconie constitue un bon repère.

Formation de Dar Cheikh se termine par des calcaires en plaquettes. D'épaisseur de 10m.

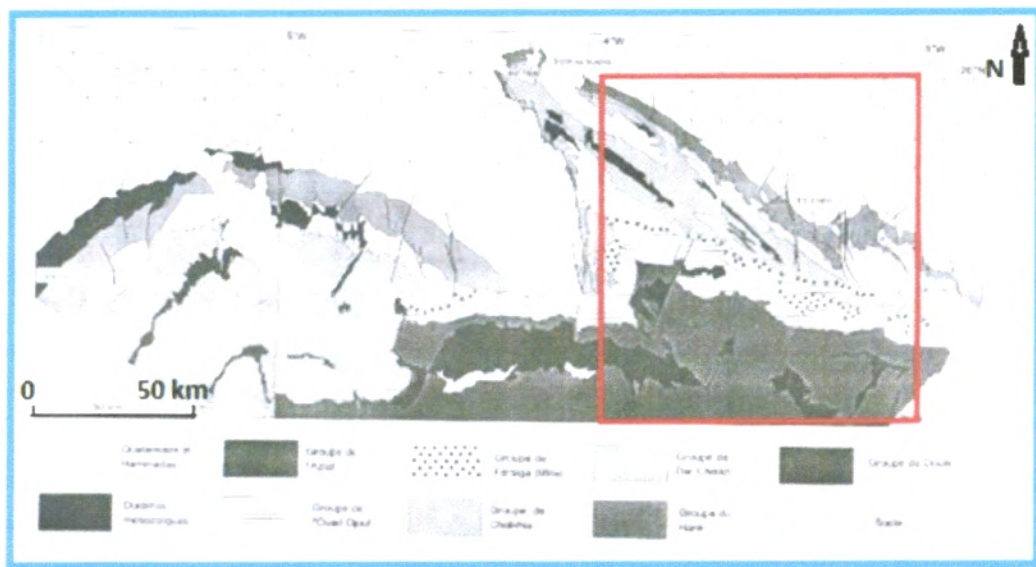
2- Formation de Teuggeur : ce sont partout des limites de calcaire détritique bleu,

l'épaisseur est de 30m de puissance à l'est de.

✕Groupe de Cheikhia

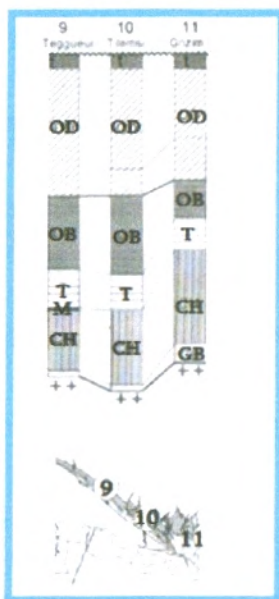
Les dépôts de ce groupe reposent en discordance angulaire sur la formation précédente, à une érosion des calcaires bleutés de la formation de Tegueur, sous-jacente. (Groupe Dar Cheikh).

Il est bien représenté dans le secteur d'étude Chenachane par des grès ferrugénisés puis de dépôt silico-clastique de types continentaux au deltaïques ; dans un bassin très subsident (épaisseur > à 100m), les pendages sont subhorizontaux. La faune de type *Ediacara*, récoltée dans ce dépôt permet de dater ce groupe entre 620 et 550 Ma (soit antécambrien).



La zone étudiée marquée par le carré rouge

Figure 8 : carte géologique simplifiée. (Bertrand Sarfati , 1996) .



- t-Tegueur
- OD-Oglat Damrane
- OB-Oglat et Betina
- T-Tilemsi
- M-Mokrid
- CH-Chenachane
- GB-Grés de Bas

Figure 9 : Coupes stratigraphiques des Groupes de Hank et de Dar Cheikh (Bertrand Sarfati et al ; 1996)

SERMI (1965)		Bertrand-Sarfati et al .1996	
L'ensemble calcareo-gréseux	CG5	G. Cheikhia	Cheikhia
	CG4		
	CG3		
	CG1-CG2		
L'ensemble calcaire	C9	G. Dar Cheikh	Teggeur
	C8		Oglat Damrane
	C7		
	C2-b4	G. Hank	Oglat et Betina
	C1-2		Tilemsi
			Mokrid
Chenachene			
			Grés deBase

Tableau2 : tableau comparatif des découpages lithostratigraphiques du Hank en Algérie.

2.2-Aperçu structural

En étudiant la figure de SERMI (1965), il est facile de décrire la structuration du HANK au sud du parallèle 26° N. Quatre bassins sédimentaires se sont individualisés et structurés au cours du Néoprotérozoïque (Chindrar El Djnoun, Chegga, Chenachane et Grizim) légèrement basculés vers le sud. Ces bassins sont relayés par des horsts du substratum (Eperons de Mokrid et de Grizim).

-Les bassins Chindrar et Chegga sont des vastes monoclinaux, plongeants vers le sud. Ils sont affectés par une flexure des couches d'axe NE-SW la flexure Dar Cheikh. Les pendages en générales très faibles (2° à 5°) atteignent 40° et localement 90°.

-Vers l'est le bassin de Chenachane à partir de l'éperon de Mokrid, la série a subi une tectonique cassante plus importante et trois sous zones s'individualisent.

1- Le synclinal de Chenachane d'axe NW-SE dont le flanc sud a été laminé par la faille de Gour Mokrid, constituant la crosse du Hank.

2- Le monoclinale de l'oued Chenachane affecté de nombreux décrochements N-S, particulièrement le long de son rebord oriental.

3- Le bord sud de l'éperon de Grizim est situé à l'est de la faille de Grizim. Vers l'est le bassin de Dra El Guerb à une série de petits bassins sédimentaires séparés par les cordons dunaires de l'erg chech et partiellement recouverts par la hamada. Ces bassins sont affectés de nombreuses fractures également méridiennes et constituent l'amorce dusynclinal du Dra El Guerb, orienté NW-SE, parallèlement au synclinal de Chenachane (figure10).

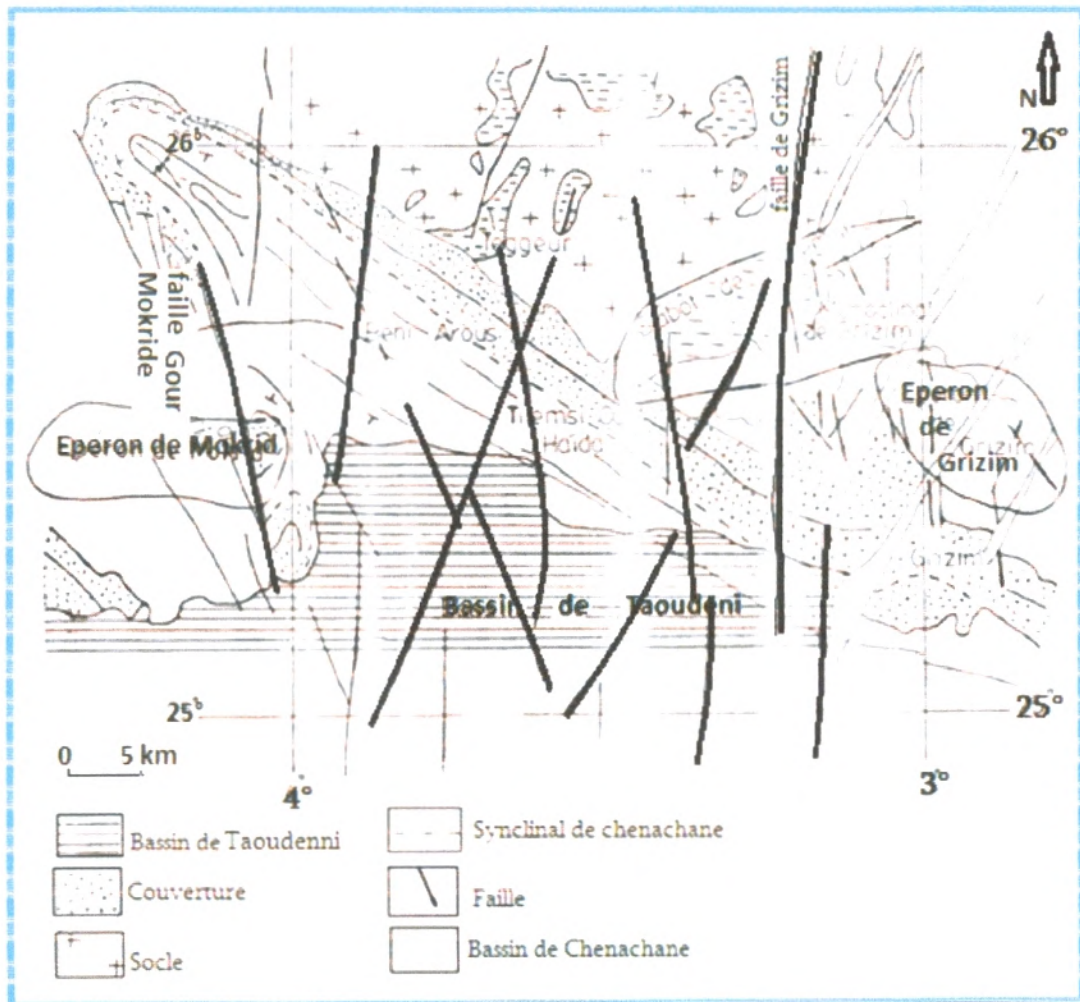


Figure10: Schéma structural simplifié de zone d'étude Tilemsi Ould Haida, d'après (E.R.E.M, 1983).

I) Notions de Bases sur la Télédétection

A. Définition :

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse et l'interprétation des images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Ainsi, l'acquisition des images permet d'obtenir des différentes informations sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci.

B. Principes de bases de la télédétection :

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur (figure 11).

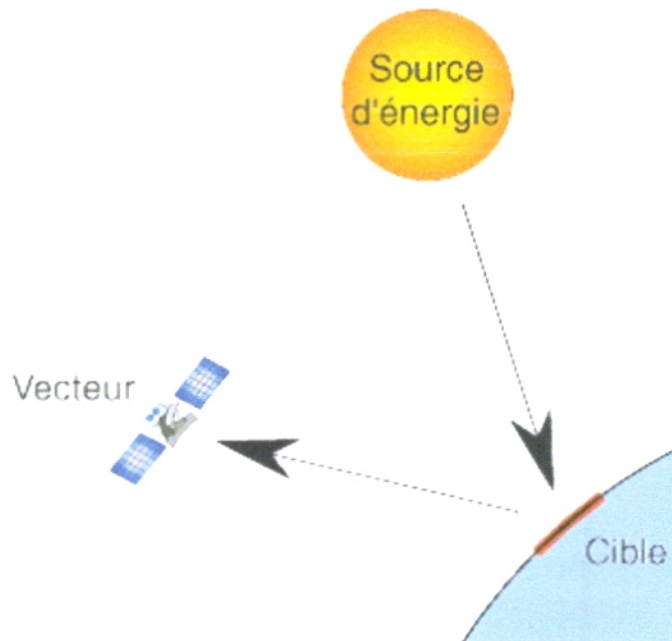


Figure 11 : Principe de base de la télédétection.

La cible est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.

La source d'énergie est l'élément qui "éclaire" la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons). Dans l'immense majorité des cas, la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie. Il est également possible de mesurer la chaleur qui se dégage à la surface de la cible (infrarouge thermique).

Le vecteur ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoie l'image sur Terre vers des stations de réception.

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

C. Processus de la télédétection :

Dans l'ensemble, le processus comporte sept étapes (figur12). Elles sont énumérées de la manière suivante:

-Source d'énergie ou d'illumination (A) : à l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

-Rayonnement et atmosphère (B) : durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

-Interaction avec la cible (C) : une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.

-Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) : une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

-Transmission, réception et traitement (E) : l'énergie enregistrée par le capteur est transmise souvent par des moyens électroniques à une station de réception. L'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

-Interprétation et analyse (F) : l'interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

-Application (G) : cette dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible (découvrir de nouveaux aspects ou résoudre un problème particulier) (Bourezg, A ; 2012).

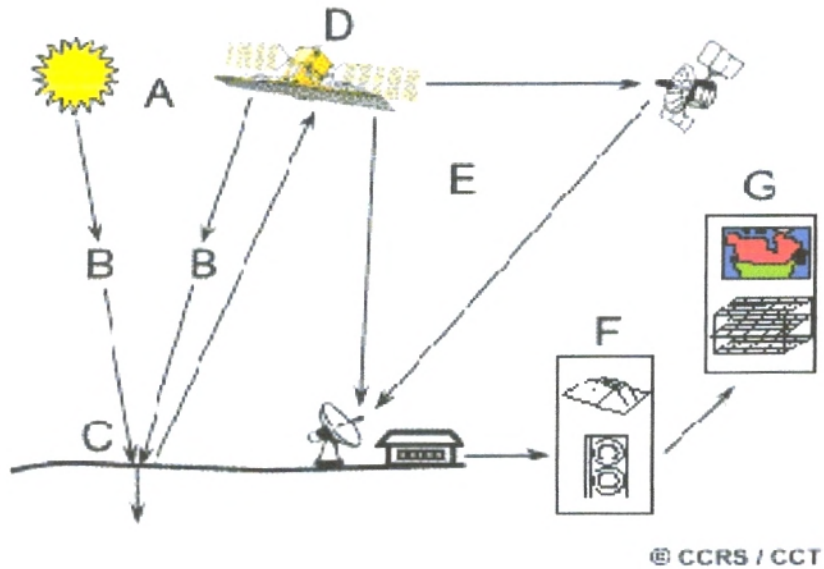


Figure 12 : Différentes étapes de la télédétection.

II) Application de la Télédétection en Géologie :

A. Domaines d'applications de la télédétection en géologie :

Les applications de la télédétection en géologie sont multiples. Elles sont résumées dans la figure ci-après (Figure 13).

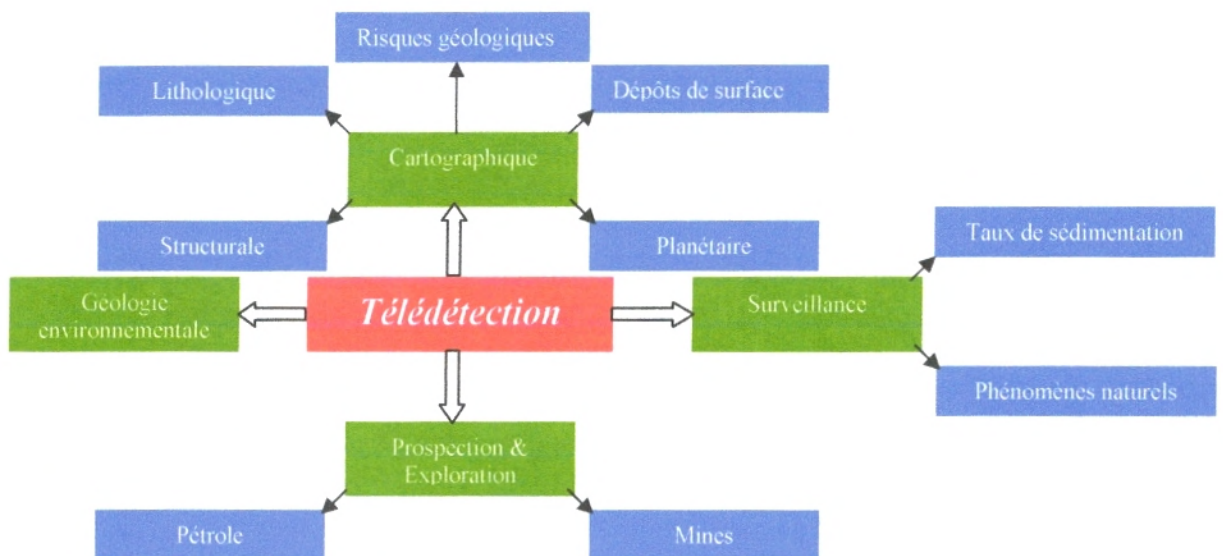


Figure 13: Principaux domaines d'applications de la télédétection en géologie, d'après (Djilali Taibi, 2009).

Les applications de la télédétection en géologie sont variées soit pour la cartographie, et prospection....

La cartographie : les traitements standards et spécifiques des données satellitaires pourvoit une assistance précieuse pour la cartographie géologique.

-Cartes lithologiques (Ahmed Zine Dine SAAD et al, 2011. Jaouade El Qayrdy et al.J-Patrice Jondra et al, 2006. Lazhar Guergoure 2009. Nicolas et al, 2005. Rania Boukheir et al. R.Roy et al, 2007. Simon et al, 2001).

-Cartes linéaments (Celin Ceansiet Gronyes et al, 2003. Culan SARP et al. V.Scronin et al).

-Cartes structurales (Madjide Mansour et al, 2005. Mamy Herisoa Rabarimanana et al, 2003. Lazhar Guergoure, 2009).

-Les risques géologiques et les dépôts de surface (Jocelyn Chanussot et al, 1999. Phan Trong Trinh et al, 2007), (Jouaquin Munoz Sabater et al, 2007).

L'exploration minière et pétrolière : L'exploitation des données optiques de la télédétection a autorisé de la multiplication des cartes lithostratigraphies qui ont été utilisée pour déterminer et identifier les sites favorables aux assemblages des minières (Hamzaoui. A, 2005), et même dans la prospection de pétrole (El Idrissi et al; 1999).

B. Les bases physiques de la télédétection :

1. Le rayonnement électromagnétique (Soudani K., 2005) :

Selon la théorie corpusculaire de la lumière, le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires et se déplaçant à la vitesse de la lumière (300 000 km/s dans le vide). Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur et sa fréquence (figure 14).

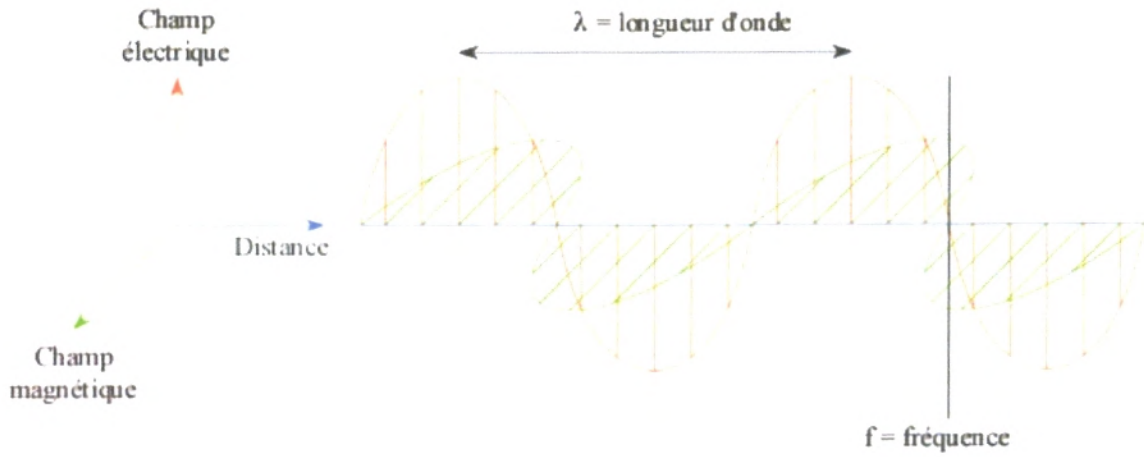


Figure 14 : Représentation de l'onde électromagnétique.

2. Le spectre électromagnétique :

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'ondes est appelé « spectre électromagnétique » (figure 15).

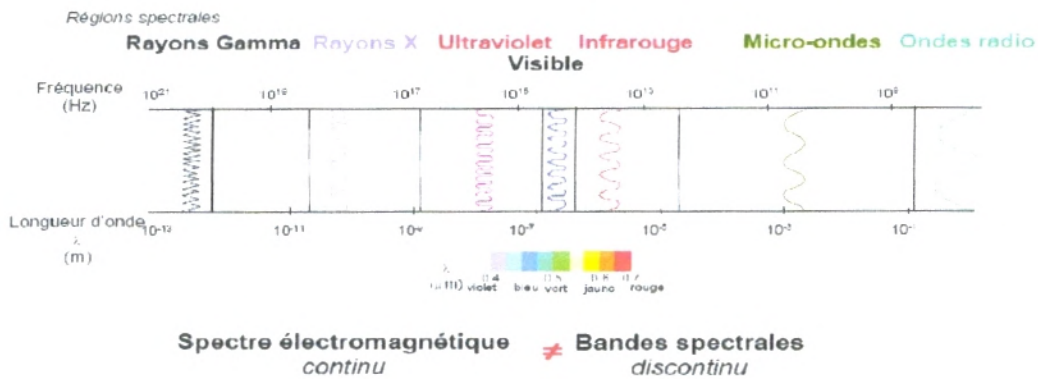


Figure 15 : Détails des domaines spectraux

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

3. Signatures spectrales :

En mesurant l'énergie réfléchié ou émise par la cible avec une variété de longueurs d'onde, nous pouvons construire la signature spectrale pour un objet. Les signatures spectrales sont donc la réponse radiométrique des objets dans une succession de longueurs d'ondes. Elles sont représentées par des courbes figurant la réflectance en ordonnées et la longueur d'onde en abscisse.

La structure des minéraux est telle qu'il existe de nombreuses bandes d'absorptions dues aux transitions électroniques et aux vibrations moléculaires (figure 16) (Delacourt C.).

La réflectance des roches dépend de leur composition physico-chimique mais également de leur degré d'altération. La signature spectrale d'une roche n'est donc pas uniquement une combinaison des signatures spectrales des minéraux qui la compose (figure 17) (Delacourt C.).

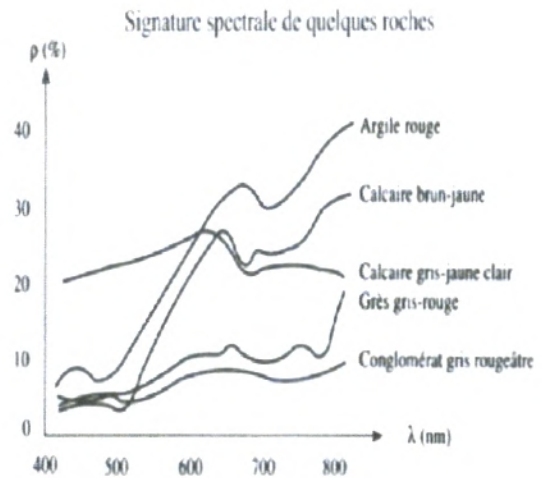
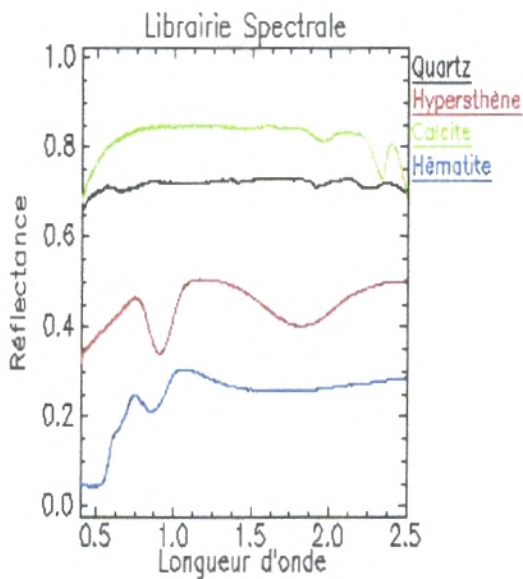


Figure 16 : Signatures spectrales de quelques minéraux. **Figure 17 :** Signatures spectrales de quelques roches.

C. Méthodes de traitement des données images :

Les différentes méthodes pour le traitement des données images consistent à rendre les données plus aisées pour l'interprétation. Une phase dite de « prétraitement » est entreprise d'abord pour améliorer la qualité géométrique. Ensuite, les images ainsi

corrigées subissent des traitements numériques et seront interprétées selon l'objectif recherché. En général, les traitements employés sont de deux types :

- les traitements d'amélioration appelés « standard » : ils sont applicables presque à toute image.

- les traitements spécifiques : ils sont destinés à faire ressortir l'information géologique ou un groupe de détail géologique (Laghouag, M.Y ; 2011).

1. Traitements standard :

1.1. Traitement d'amélioration du contraste :

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

1.2. Traitement en composantes principales (A.C.P.) :

Les images satellitaires sont très riches en information. Dès lors, le traitement en composantes principales permet la compression de cette information dans des néo-canaux qui généralement se complètent. Ainsi, la première composante (F1) contient le maximum d'informations (90%). Elle permet la caractérisation de certains phénomènes géologiques en outre le réseau des linéaments. Par ailleurs, les composantes (F2 et F3) sont utilisées dans ce type de traitement pour faire sortir les grands traits géomorphologiques de la région considérée.

1.3. La composition colorée ou « Trichromie » :

La composition colorée est un traitement utile qui est largement adopté par les géologues. Elle consiste à superposer des images des différents canaux ou des bandes en attribuant des couleurs additives (rouge, verte et bleue) ou soustractive (cyan, jaune magenta) à chacun des canaux. Ceci permettra d'obtenir un document coloré qui sera interprété par la suite.

RGB	Description
321	Image en couleur naturelle
432	Combinaison standard en fausses couleurs. La végétation apparaît en rouge
453	La limite entre terre/eau est très nette. bon pour l'étude des sols et de la végétation
742	Combinaison souvent utilisée en géologie. Le sable, le sol et les minéraux montrent une multitude de couleurs. Bon pour étudier les régions désertiques
753	Combinaison souvent utilisée en géologie. le sable, le sol et les minéraux montrent une multitude de couleurs
541	Combinaison souvent utilisée en agronomie. La végétation apparaît en vert clair.
754	Très utiles en géologie. Fournit la meilleure pénétration dans l'atmosphère. La végétation apparaît en bleu
731	Combinaison bonne en géologie. Les roches apparaissent dans une multitude de couleurs

Tableau3 : Différentes combinaisons utilisées en fausses couleurs et leurs utilités.

2. Traitements spécifiques

2.1. Analyse en Composante principale sélective :

Les bandes ETM+ 1, 2 et 3 du spectre visible sont utilisées comme un groupe car elles sont fortement corrélées. Les bandes 5 et 7 du spectre moyen infrarouge peuvent constituer un second groupe et enfin, la bande 4 du spectre proche infrarouge demeure seule. Donc, trois zones spectrales distinctes peuvent après l'utilisation de la composition colorée montrer des détails d'ordre lithologiques et structuraux absents dans l'ACP classique.

2.2. Les ratios (rapport entre canaux) :

Il s'agit des opérations entre les différents canaux qui consistent à diviser une image dans un canal par la même image dans un autre canal. La commodité dans ce type de traitement réside dans le fait que certains détails importants non décelables ou visibles dans les canaux bruts des données images peuvent alors apparaître dans le ratio de l'image résultat.

D'autre part, les images ratios sont aussi utilisées comme première étape à d'autres traitements comme le renforcement ou l'élimination des effets topographiques.

Enfin, il est à noter que le choix des canaux dépendra de la nature de l'objet qu'on veut mettre en évidence, car certains objets répondent positivement dans l'un ou l'autre canal car les matériaux de l'écorce terrestre sont hétérogènes.

Rapport	Description
5/7	Bonne discrimination pour les roches qui riches en Al-OH
3/1	Bonne discrimination pour les roches ayant subies une altération hydrothermale et pour les oxydes de fer.
1/2, 2/1	Bonne discrimination pour les roches riches en oxydes de fer
3/1, 3/2	Bonne discrimination de la végétation et l'eau
4/1, 4/2	Bonne discrimination de la végétation et l'eau
3/4	Utilisé pour étudier les terres andes et les régions urbaines
7/5	Bonne discrimination des argiles
5/4	Bonne discrimination des oxydes de fer

Tableau4: Exemples des RB utilisés dans le traitement.

2.3. Les filtrages numériques d'images :

Les filtres passe-haut se sont des traitements très utiles en géologie structurale car ils permettent de caractériser les directions, en l'occurrence celles des linéaments structuraux par la rupture radiométrique. En réalité, il existe différents types de filtres, nous citons à titre d'exemple celui de Sobel (unidirectionnel: les valeurs nulles correspondent à la direction des linéaments) (Tableau 5) et celui du Laplacien. Ce dernier permet de rehausser les contours dans toutes les directions. L'analyse structurale faite par ces filtrages mathématiques a pour objectif de mettre en évidence les orientations des fractures.

Classe de direction											
Nord-Ouest/Sud-Est			Nord-Est/Sud-Ouest			Nord-Sud			Est-Ouest		
0	-1	-2	2	1	0	1	0	-1	1	2	1
-1	0	1	1	0	-1	2	0	-2	0	0	0
-2	1	0	0	-1	-2	1	0	-1	-1	-2	-1

Tableau 5 : Différents filtres directionnels de SOBEL.

2.4. Méthode transformation RVB-ITS:

Il s'agit de la conversion des couleurs rouge, verte et bleue (R.V.B) en intensité, teinte et saturation (I.T.S) (figure 18). Ce traitement permet de générer des couleurs qui se rapprochent des couleurs naturelles. Cette conversion présente un autre avantage qui réside dans l'utilisation d'un quatrième canal en remplaçant le canal de l'intensité.

Les trois canaux de l'intensité, teinte et saturation par rapport aux couleurs rouge, verte et bleue sont représentés par les équations arithmétiques du Tableau 5.

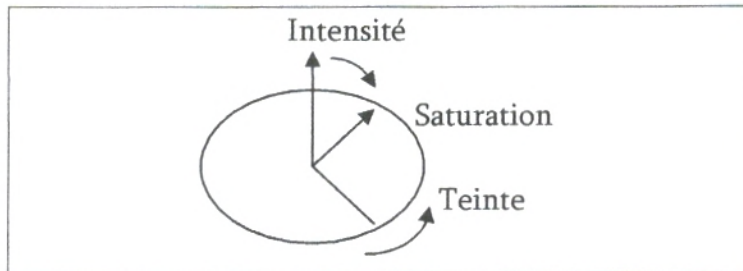


Figure 18: Représentation du système I.T.S.

(Axe I : valeur V, Axe H : fréquence dominante su spectre, Axe S : fraction de la radiation).

Système I.T.S	Equation arithmétique
Intensité	$I=R+B+V$
Teinte	$H= (V-B)/ (I-3B)/I$
Saturation	$S= (I-3B)/I$

Tableau 6 : Calcul de l'intensité, de la teinte et de la saturation par les équations arithmétiques.

(I : intensité, R : rouge, B : bleue, V : verte, H : teinte, S : saturation).

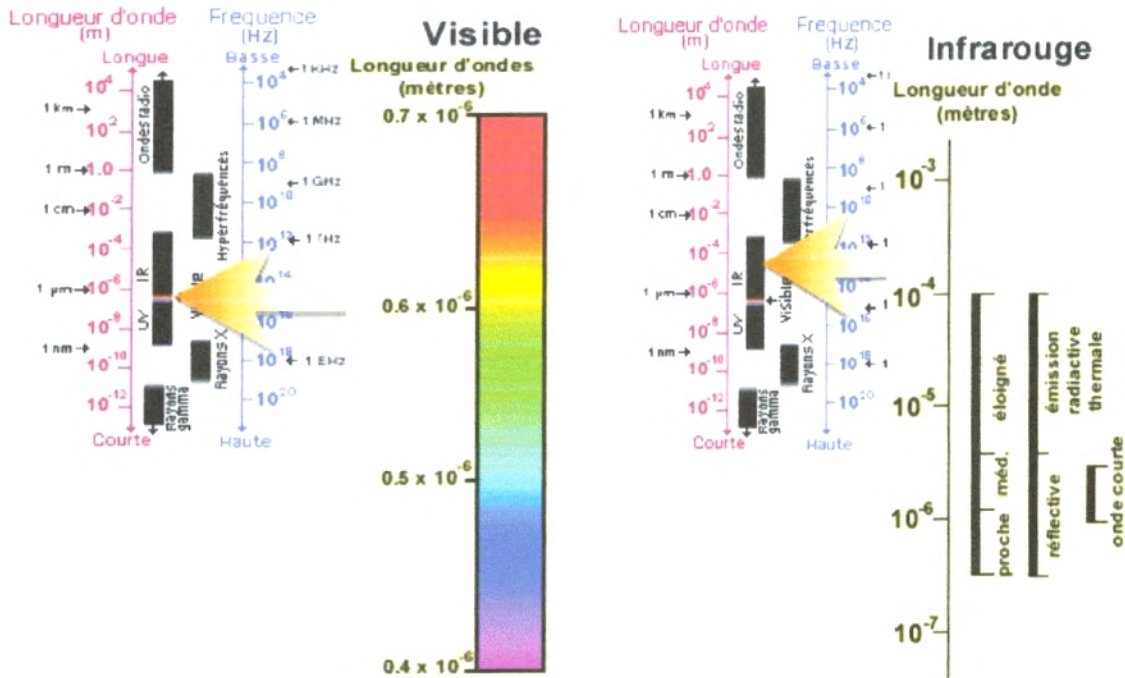


Figure 19 : Spectre Electromagnétique.

2.5. Classification :

Elle consiste en une reconnaissance automatique des réflectances. L'algorithme utilisé pour classer l'image va effectuer des regroupements de pixels en fonction de leurs similitudes. Il est ainsi possible d'identifier automatiquement les différents thèmes d'une image. Les classifications sont divisées en deux catégories : les classifications non supervisées, c'est à dire complètement automatisées (très rapide mais elle ne représente pas toujours la réalité), et les classifications supervisées où l'utilisateur définit un certain nombre de paramètres d'ordre spatiaux ou thématiques en entrée (moins rapide mais représente à 90% la réalité du terrain).

D. Le logiciel ENVI :

1. Présentation du logiciel ENVI :

C'est un logiciel commercial complet de visualisation et de traitements d'images issues de la télédétection. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de démixage radiométrique, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. D'autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles.

2. Lancement d'ENVI :

Démarrer / Programmes /ENVI 4.5 (figure 20)

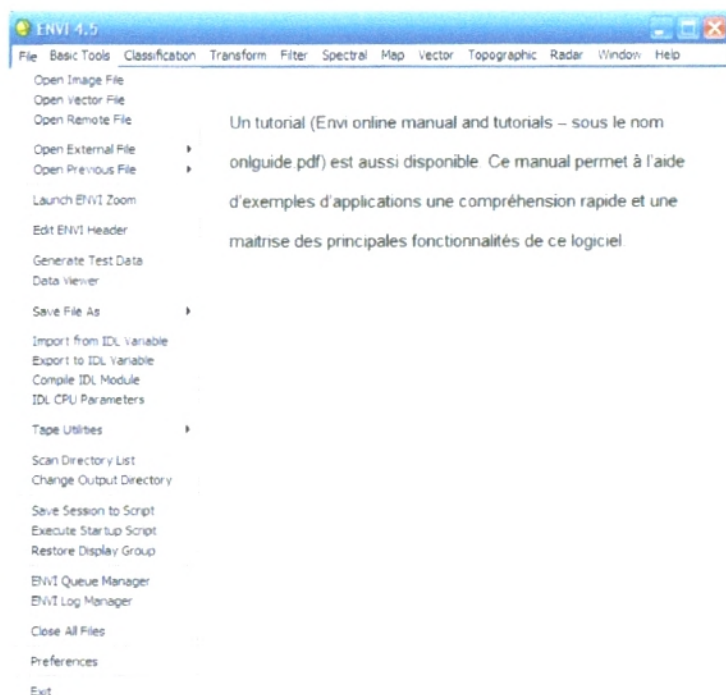


Figure 20 : Fenêtre principale du logiciel ENVI.

3. Ouverture d'une image sous ENVI :

File /Open image file (figure 21)

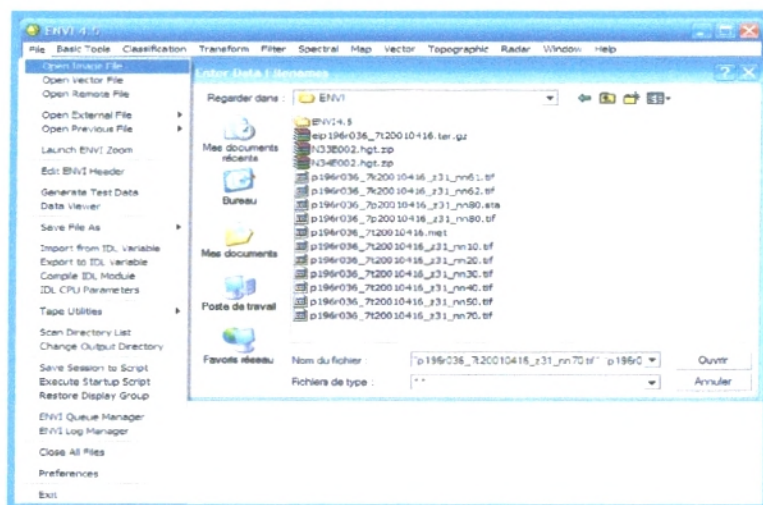


Figure21 : Ouverture d'une image sous ENVI.

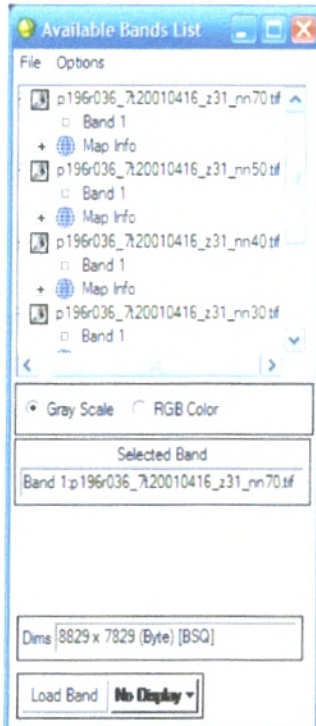


Figure 22 : Les deux modes de visualisation des images sous ENVI.

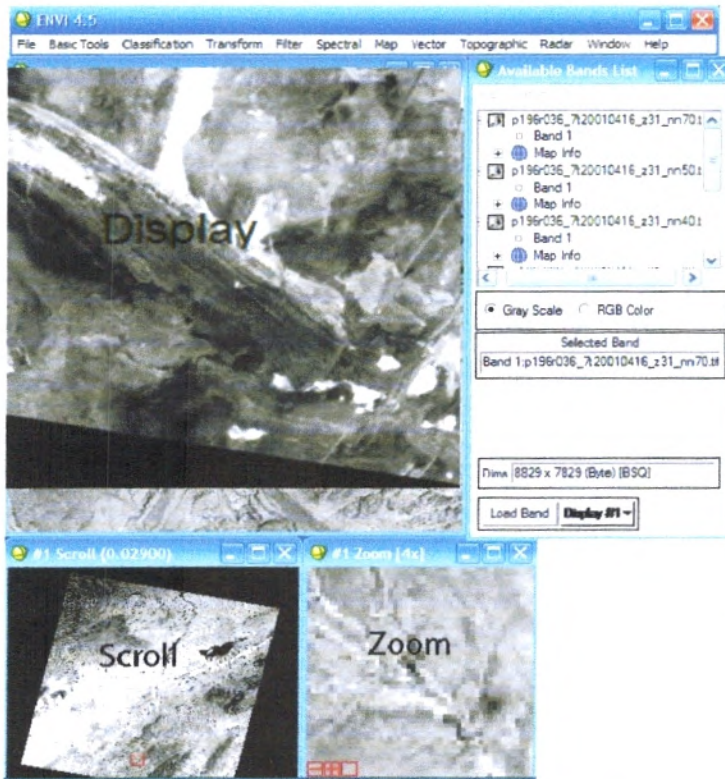
La boîte de dialogue Available Bands List affiche le nombre des couches que constituent l'extrait de l'image Landsat. Ici, on a donc six couches, nommées bande 1, bande 2, bande 3, bande 4, bande 5 et bande 7.

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

Bandes de fréquence de l'instrument ETM+	Bandes spectrales	Résolution spatiale	Longueur d'onde
Bande 1	Bleu (visible)	30m	0.45-0.5 um
Bande 2	Vert (visible)	30m	0.52-0.6 um
Bande 3	Rouge (visible)	30m	0.63-0.69 um
Bande 4	IR proche	3m	0.75-0.9 um
Bande 5	IR moyen	30m	1.5-1.7 um
Bande 6/1	IR Thermique/lointain	60m	10.4-12.5 um
Bande 6:2		120m	
Bande 7	IR moyaeen	30m	2.08-2.35 um
Bande 8	Panchromatique (vert-rouge-IR)	15m	520-900 nm

Tableau7 : Les caractères des bandes landsat 7ETN+.

4. Affichage en niveaux de gris



On clique sur la bande 7 et on choisi le mode d'affichage Gray Scale – puis on clique sur le bouton Load Band.

Trois fenêtres sont disponibles : la fenêtre principale Display 1, le Scroll et le Zoom. Le carré rouge sur la fenêtre Scroll permet de délimiter la zone géographique qui s'affichera sur la fenêtre Display. Ces fenêtres peuvent être agrandies ou réduites à l'aide de la souris (Figure 23).

Figure 23 : Les trois fenêtres principales qui apparaissent à l'ouverture d'une image sous ENVI.

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

De la même manière que pour la bande 7, on visualise les autres bandes en cliquant sur le bouton Display de la boîte de dialogue Available bands list puis new display (nouvelle fenêtre) (figure 24).

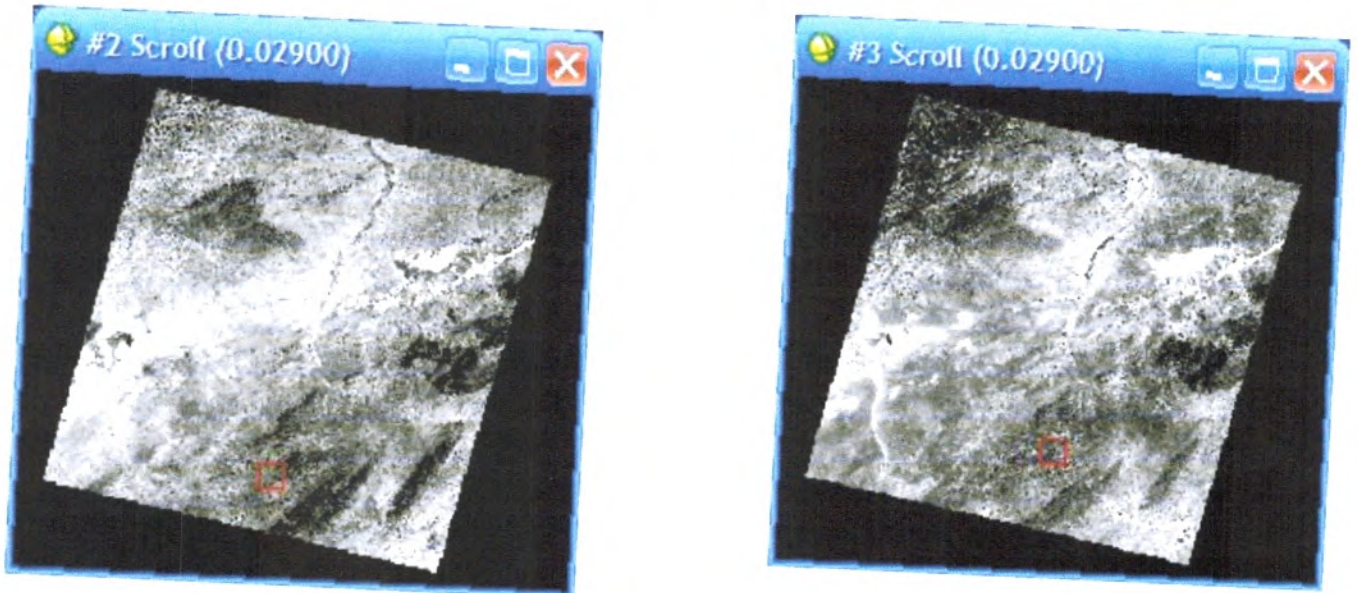


Figure 24 : Visualisation de deux autres bandes en niveau de gris (les trois fenêtres apparaissent en même temps sur l'écran).

5. localisation des points :

Des informations sur la localisation de chaque point sur la carte sont disponibles en cliquant sur Cursor Location/Value (figure 25).

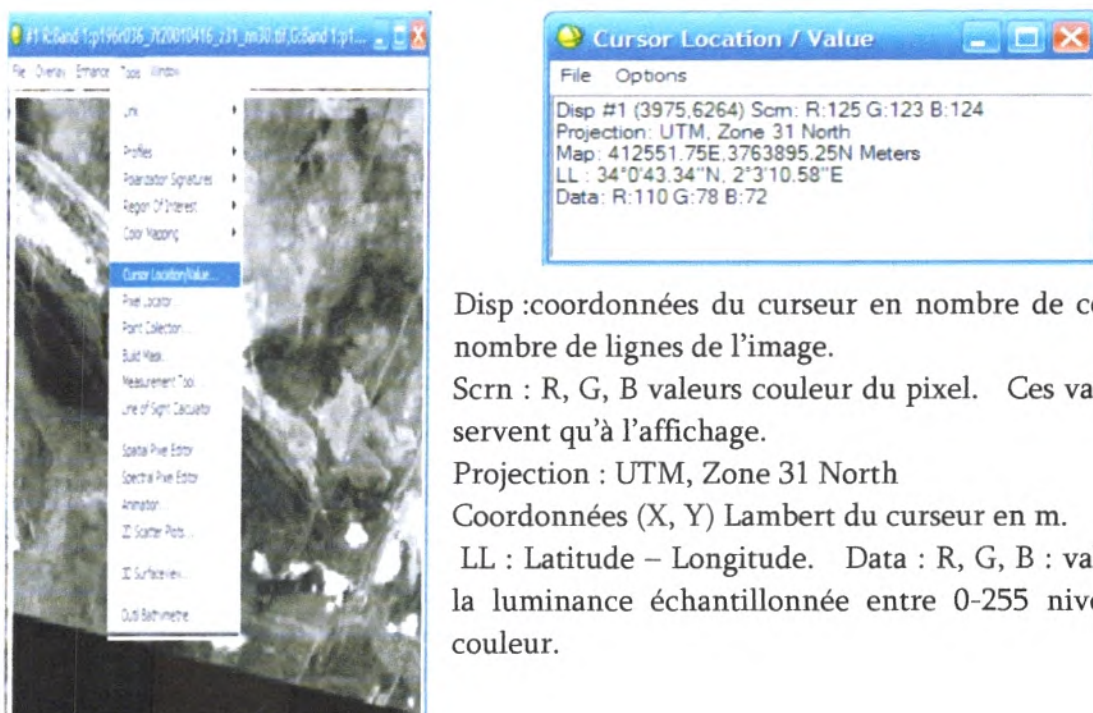


Figure 25 : Visualisation des informations sur la localisation des points de l'image (Laghouag, M.Y ; 2011).

I) DONNEES UTILISEES

A. donnés satellitaires :

Nous avons utilisé pour notre étude la scène Landsat 7 ETM+ Path 198 et Row 42 qui couvre la zone d'étude (fichier elp198r042_7t20010416). (Figure 26). La scène est composée d'une bande panchromatique (résolution à 15 m) et de 6 bandes multispectrales à 30 m et une bande à 120 m.

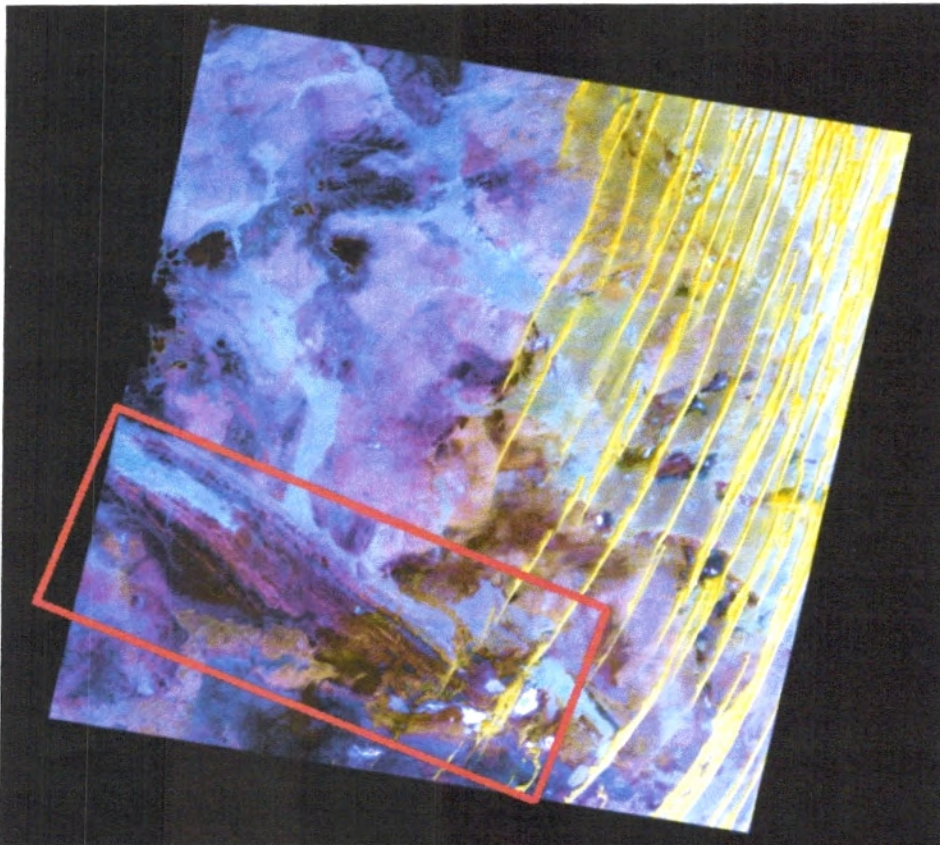


Figure 26: Landsat 7 ETM+, couvrant la zone d'étude (région du Hank) (Path 198 et Ro42), (Le rectangle rouge indique la zone d'étude).

B. Données géoscientifiques :

Se sont des données sous forme cartographique est comporte une carte topographique de Tilemsi Ould Haida 1/200 000, et extrait de la carte géologique de la SERMI 1/500 000.

II) OUTILS ET METHODE

A. Outils

Les outils utilisés dans ce travail sont les logiciels : ENVI 4.5 MapInfo 7.8.

-Nous avons d'abord utilisés le logiciel ENVI 4.5 pour effectués les traitements suivants : compositions colorés (CC), l'analyse composantes principale (ACP) classique et sélective, rapport des bandes (RB), transformations RVB-ITS, filtre directionnel, et classification.

-Après nous avons utilisés le logiciel MapInfo pour calé les images traités , sur le fond topographique, pour tracer les limites des formations lithologiques, et pour extraire une carte lithostructurale.

B. Méthodes

L'organigramme suivant montre la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail :

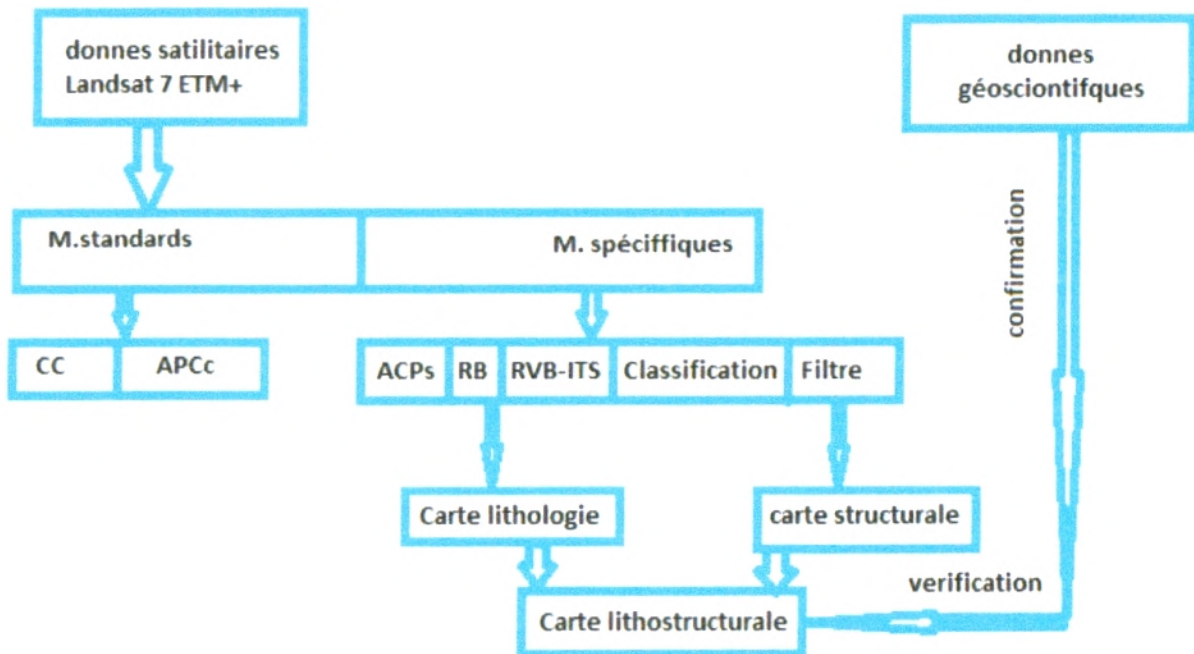


Figure 27: Organigramme de la méthodologie de traitement d'images satellitaires et cartographie.

III) TRAITEMENT DES IMAGES

Le but de cette partie est de tester les différents traitements appliqués à l'image Landsat 7 ETM+ de notre zone d'étude. Ces traitements comprennent les compositions colorées, l'analyse en composantes principales (ACP), classique et sélective, les rapports de bandes, les Transformations RVB-ITS, les classifications. Les résultats sont à chaque fois confrontés à la carte géologique (SERMI 1/500.000) (la partie qui concerne notre zone d'étude, figure 7). Cette interprétation fera référence aux différentes formations et découpages lithostratigraphiques adoptées pour la région.

A. Méthodes standards :

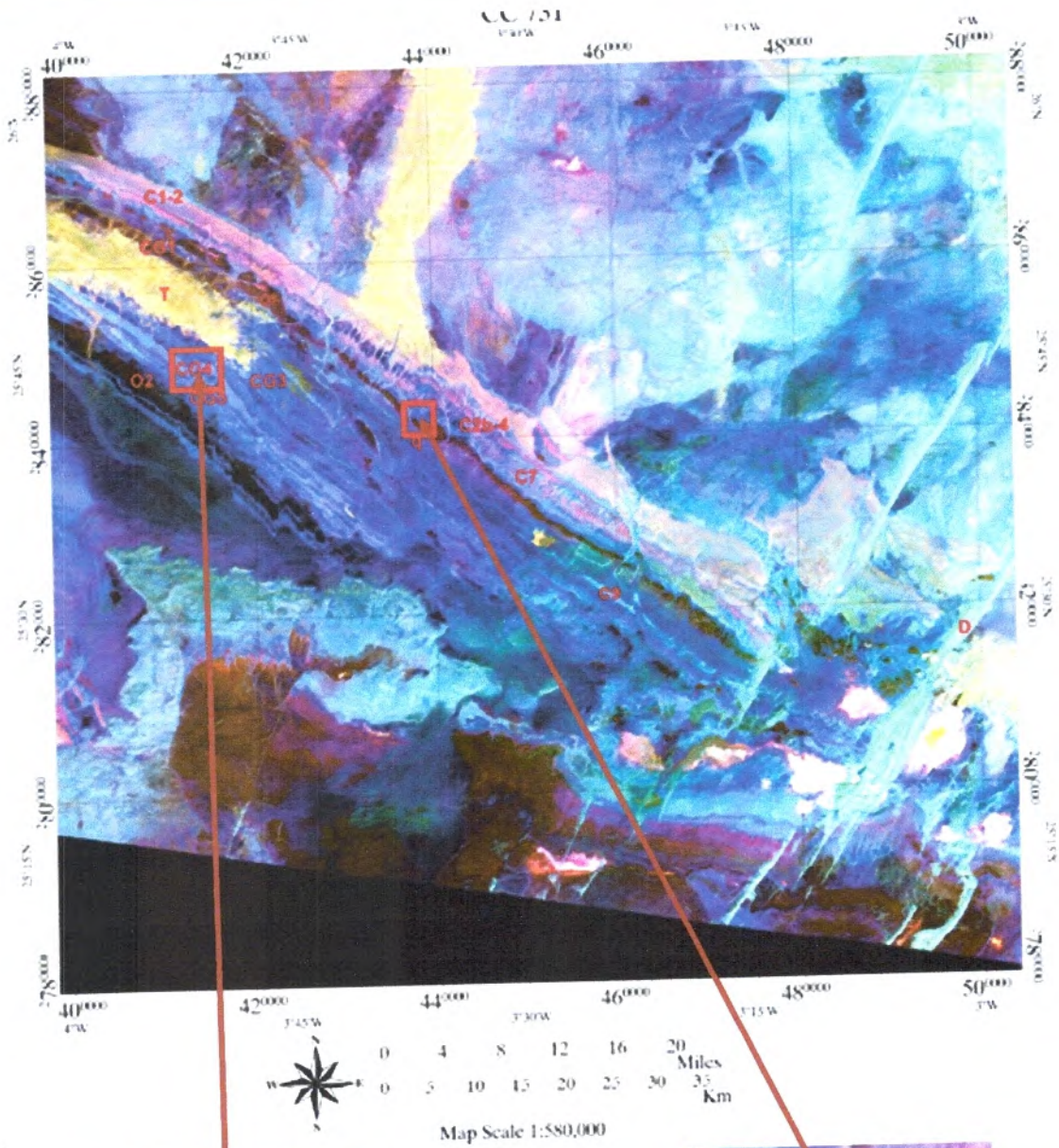
1. Compositions colorées :

La première image traitée est en couleurs naturelles ou vraies couleurs (123) (figure 28). On peut la construire, en affectant le rouge à la bande 1, le vert à la bande 2, et enfin le bleu à la bande 3. Elle est utilisée habituellement comme première image pour l'analyse et comme image de fond pour les utilisateurs "non-experts".

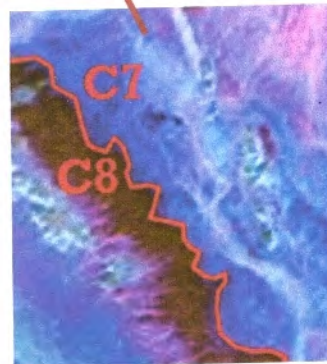
L'image (731 RGB) de notre zone d'étude est de très bonne qualité. Elle permet une bonne discrimination entre les formations du groupe calcaire qui est subdivisé en deux groupes, le groupe inférieure apparaît en rose claire et en gris bleu. Par contre le groupe supérieur formé par des grés ferrugineux moyens (c7) apparaît en rose foncé et en Bordeaux. Le groupe calcaréo gréseux [gré de Karkoub 3 (CG1-CG2) et les grés (CG3) et les grés à Karkoub 4 (CG4) et les grés (CG5)] apparaissent en alternance du bleu vers le violet. Enfin les roches basiques à intermédiaire qui apparaissent en vert militaire, et les hamadas sont représentées en jaune.

La deuxième image présentée est la composition colorée des canaux 742 (le rouge, le vert et le bleu sont affectés respectivement aux bandes 7, 4, 2) (figure 29). Cette combinaison est souvent utilisée pour les applications en géologie, le sable, le sol et les minéraux montrent une multitude de couleurs. Elle est bonne pour étudier les régions désertiques.

Les traitements réalisés sur cette image (742) donnent les mêmes résultats, sauf les hamadas qui apparaissent en blanc.



Limite entre les grès à Karkoub 4 et les grès en plaquettes inférieur



Limite entre les grès ferrugineux moyens et le calcaire bleu supérieur

Figure 28: Composition colorée RVB 731

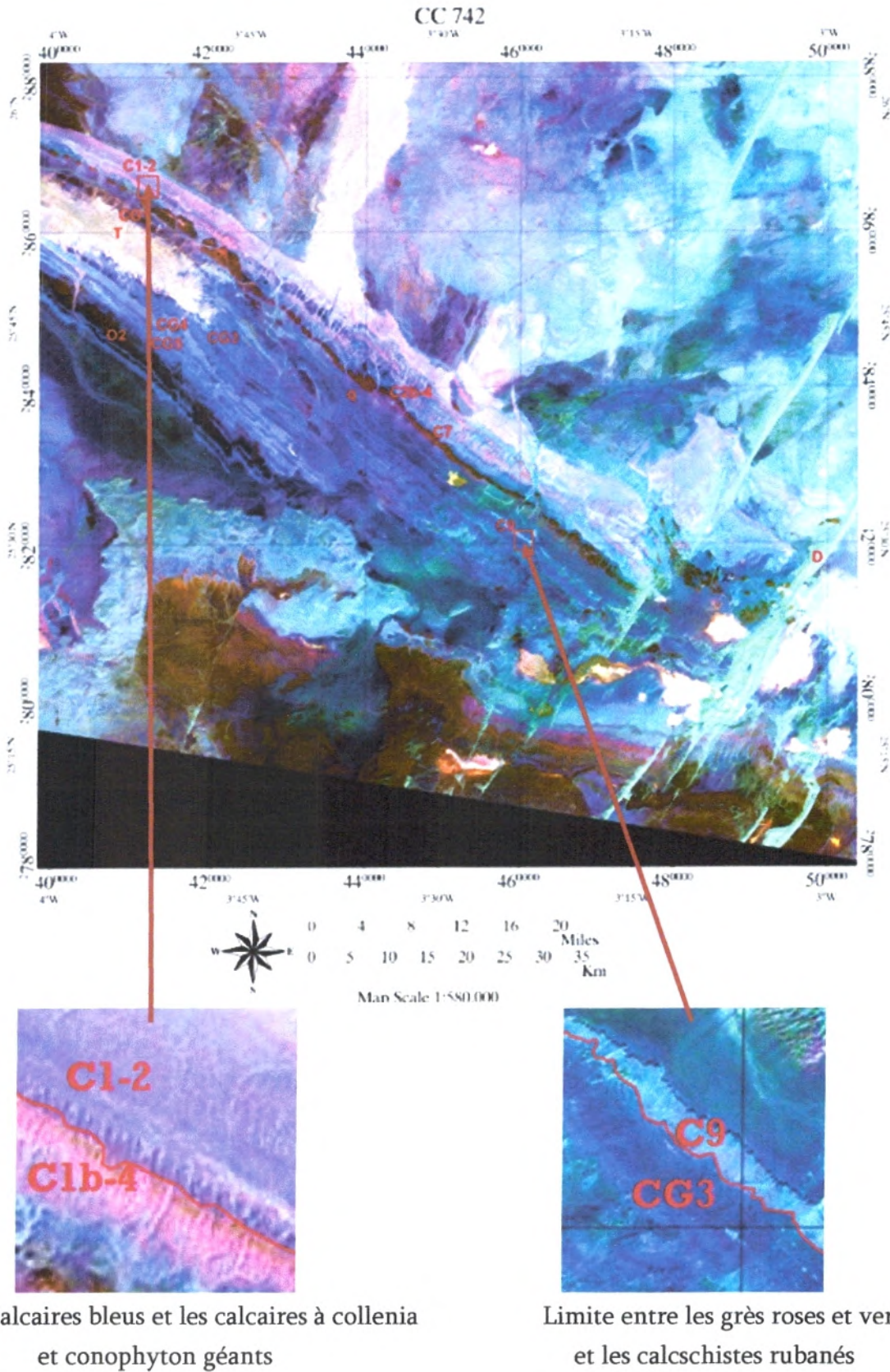


Figure 29: Composition colorée RVB 742

2. Analyse en composante principale (ACP) classique :

Pour l'ACP classique, le choix du nombre de composantes principales (CP) à conserver constitue l'étape la plus importante. Aucune règle générale de décision n'étant définie, l'utilisateur est libre de conserver les composantes souhaitées en fonction de critères propres à son étude. Vu leur bonne qualité, et le fait qu'elles contiennent souvent plus de 90% de l'information contenue dans les six bandes initiales, nous avons décidé d'utiliser les trois premières composantes (CP1, CP2 et CP3) (figure 30 et 31).

L'image de l'ACP (CP1, CP2 et CP3) RVB de notre zone d'étude permet également une très bonne discrimination lithologique entre les formations du groupe calcaire (qui est subdivisé en deux groupes, groupe inférieure (C_{1,2}) et (C_{2b4}) qui apparaissent en rose claire et en vert claire. Le groupe supérieure (c7) apparaît en vert foncé et le (C8) en noir. Le groupe calcaréo gréseux [qui affleurent en (CG1-CG2), (CG3), (CG4) et (CG5)] apparaissent en alternance du vert foncé au vert clair). Enfin les roches magmatiques apparaissent en vert militaire très foncé, les hamadas sont représentées en violet (Figure 32).

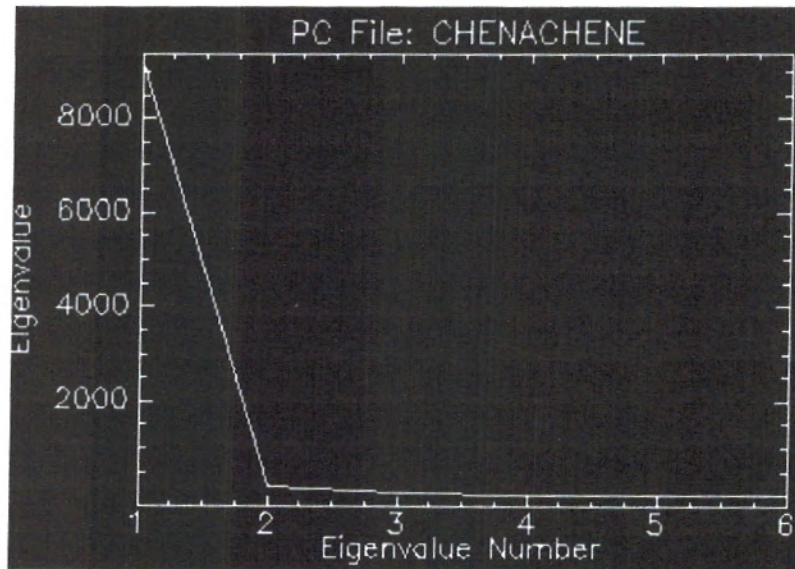


Figure 30: plot d'ACP classique

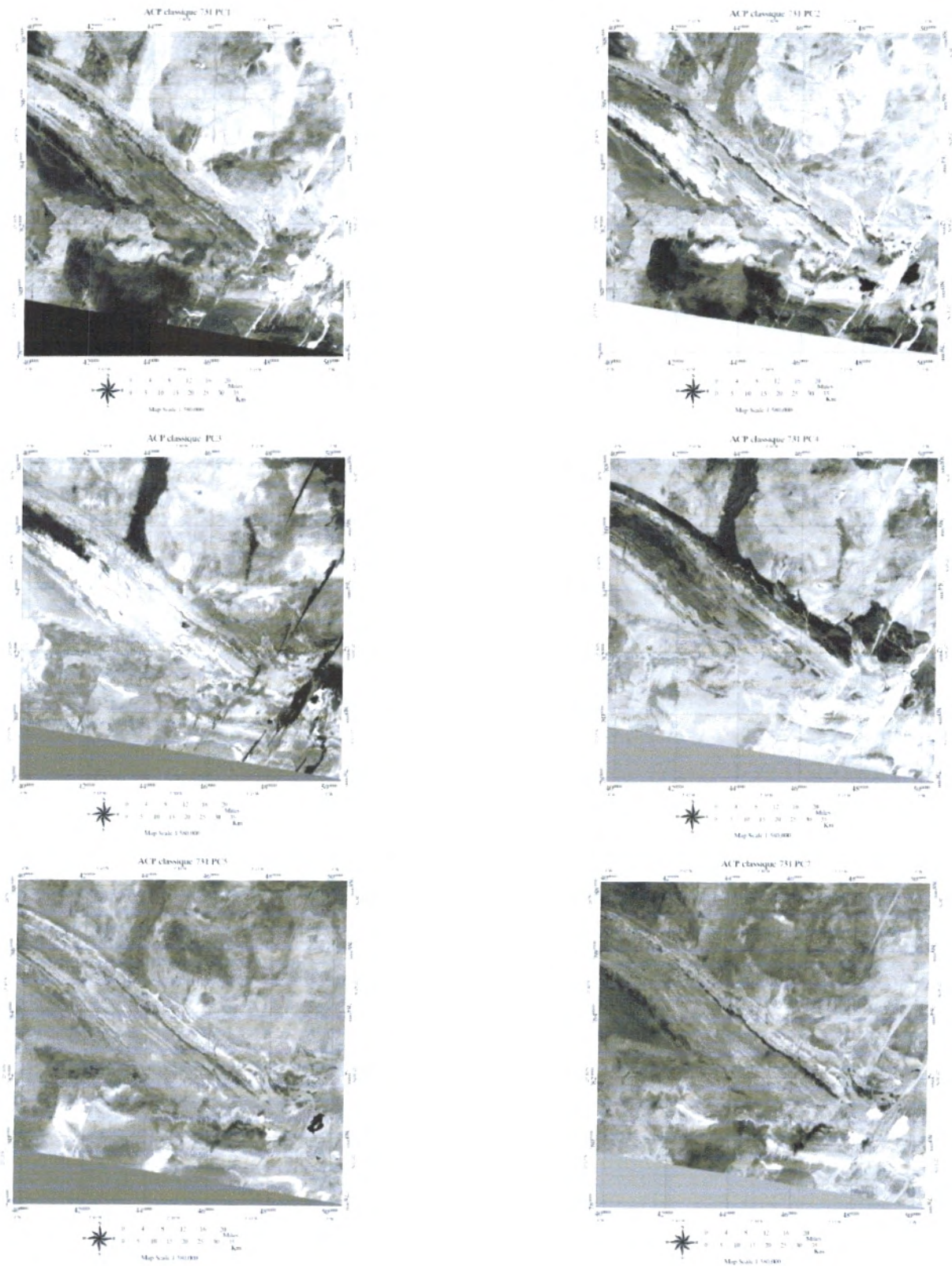
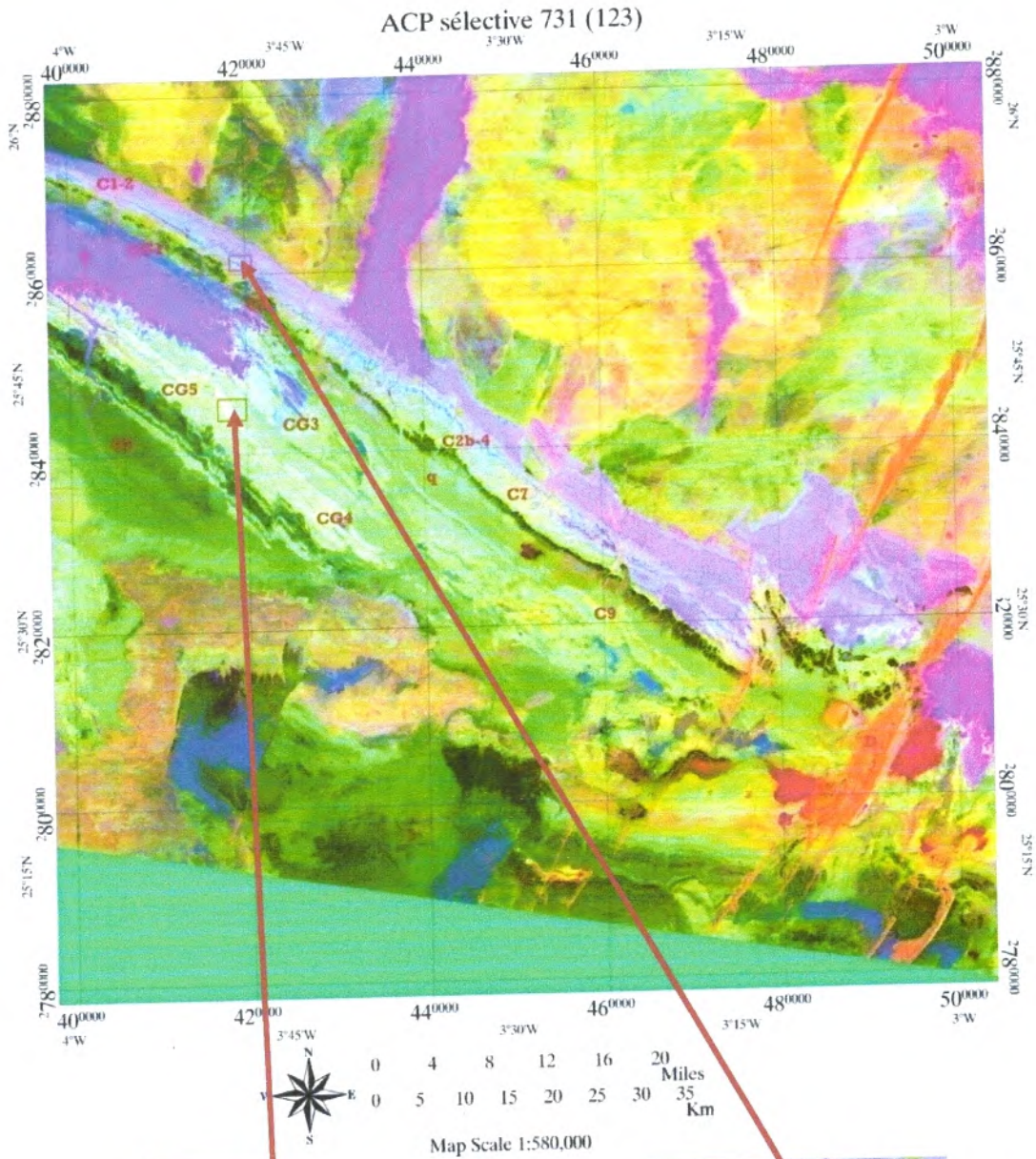
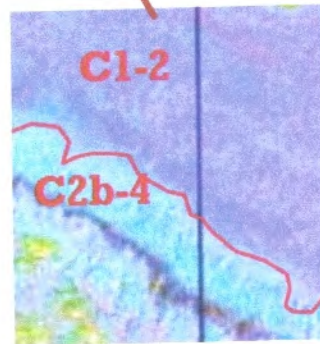


Figure 31 : Analyse en composante principale (ACP)



Limite entre les grès roses et verts
les grès à Karkoub



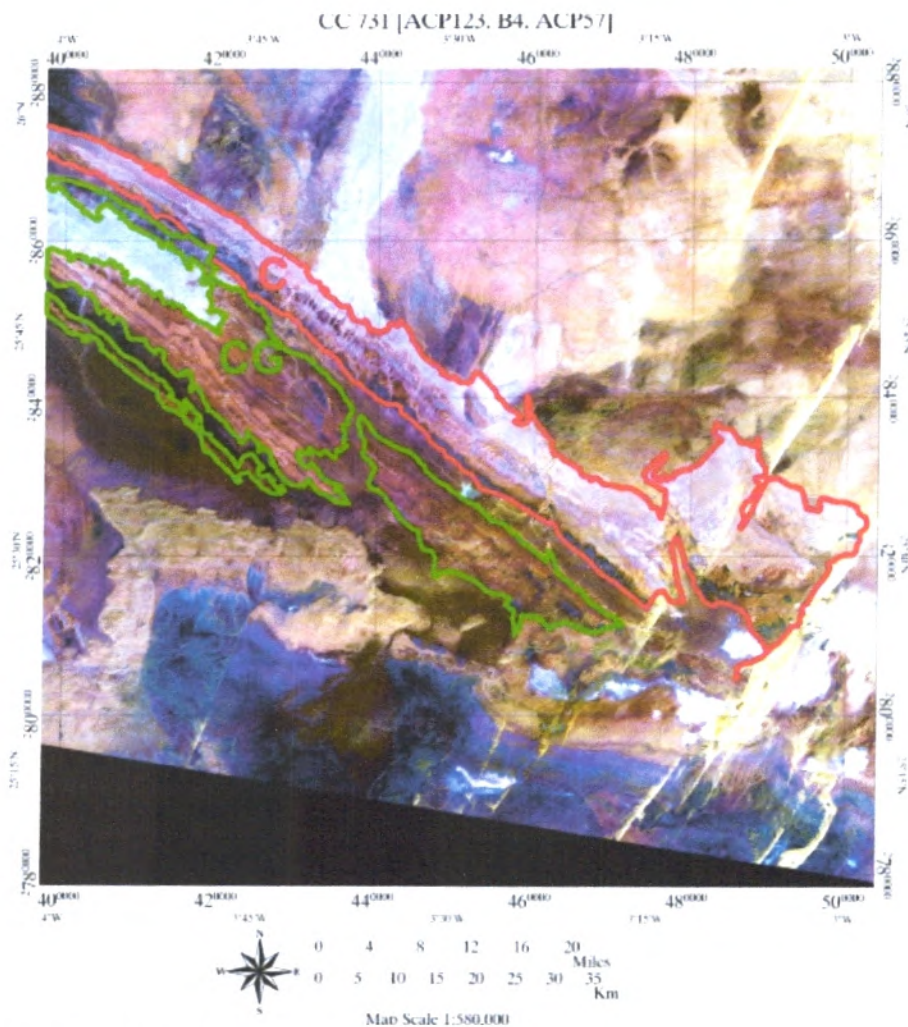
limite entre les calcaires bleus et les
calcaires a collenia et conophyton géants

Figure 32 : Analyse en Composante principale classique [CC (CP1, CP2, CP3)].

B. Méthodes spécifiques :

1. Analyse en Composante sélective :

On peut construire une composition colorée de l'ACP sélective, en affectant le rouge au canal rouge (bande 1) (ACP1 (123)), le vert au canal vert (bande 2) (B4), et le bleu au canal bleu (bande 3) (ACP1 (57)). Elle permet également une très bonne discrimination lithologique entre les formations du groupe calcaire inférieure qui apparaît en mauve claire à blanc et (C₂b4) qui apparaissent en mauve claire. Le groupe supérieure qui affleure en (c7) qui apparaît en marron clair et en bleu nuit) Le groupe calcaréo apparaît en marron de très foncé au foncé). Enfin les roches basiques apparaissent en vert militaire très foncé, enfin les hamadas sont représentées en blanc (Figure 33).



C : ensemble calcaire

CG : ensemble calcaréo-gréseux

Figure 33: Analyse en Composante sélective (ACP1(123), B4, ACP1 (57)).

2. Les rapports de bandes ou bandes ratios :

En pratique, trois rapports de bandes sont utilisés pour obtenir une image en RVB. Parmi les différentes combinaisons possibles qu'on a trouvées dans la littérature et qui donnent des bons résultats, nous présentons ici, celles qui ont donnés les meilleurs résultats. Il s'agit de la composition : [5/3 3/1 et 7/5] (figure 34) et [5/7 4/5 et 1/3] (figure 35).

L'image 5/3 3/1 et 7/5 RVB de notre zone d'étude permet une très bonne discrimination lithologique entre les formations du groupe calcaire [groupe inférieure (C_{1,2}) et (C_{2b4}) qui apparaissent au vert olive et en mauve. Le groupe supérieur qui affleure en grés ferrugineux moyens (c7) qui apparait en violet claire et les calcaires supérieurs (C8) apparaissent en blanc]. Le groupe calcaréo gréseux apparait en alternance du violet de foncé au claire).Et les roches basiques à intermédiaires apparaissent en blanc et bleu, les hamadas sont représentes en vert.

L'autre rapport du band 5/7 4/5 et 1/3 permet une discrimination lithologique entre les formations du groupe calcaire [subdivisé en deux groupes, groupe inférieure qui affleure en calcaires bleu (C_{1,2}) et apparait en marron claire et les calcaires a collenia et conophyton géants (C_{2b4}) apparait en mauve claire. Le groupe supérieure (c7) apparait en bleu claire et (C8) apparait en vert très foncé].Le groupe calcaréo gréseux (qui affleurent en gré de Karkoub 3 (CG1-CG2) et les grés roses et verts (CG3) et les grés à Karkoub 4 (CG4) et les grés en plaquettes inférieures (CG5) apparaissent en alternance du bleu de foncé au bleu ciel).Et les hamadas sont représentés en jaune foncé, enfin les roches basiques apparaissent en vert militaire.

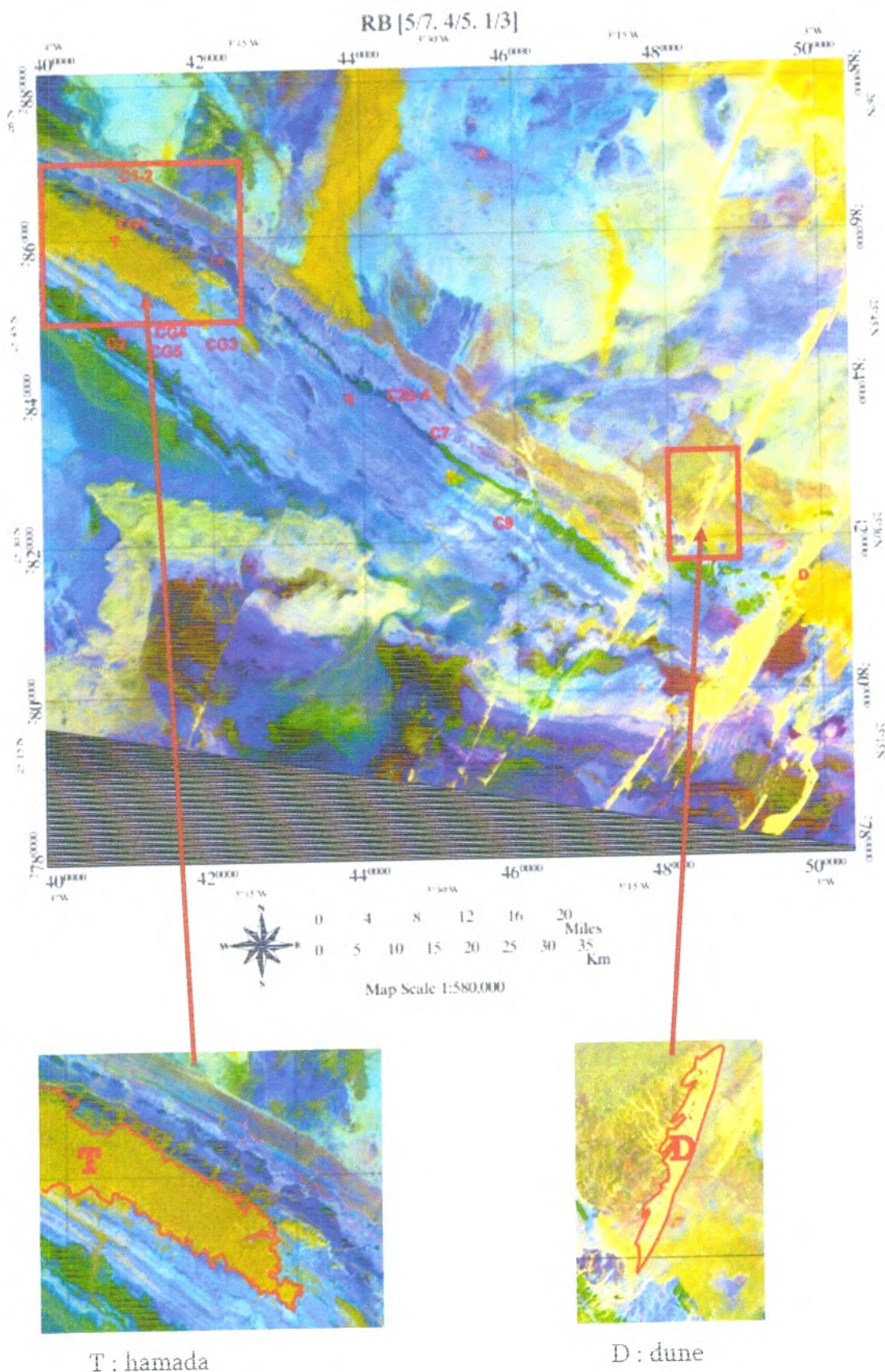


Figure 35 : Les rapports de bandes ou bandes ratios (5/7,4/5,1/3).

3. Transformation RVB-ITS :

La transformation RVB-ITS permet une discrimination lithologique entre les formations du groupe calcaire [groupe inférieure qui affleure en calcaire (C1-2) et qui apparait en rose foncé et les calcaires (C2b4) apparaissent en mauve claire. Le groupe supérieure qui affleure en grès (c7) qui apparait en mauve et le calcaire (C8) qui apparait en vert pistache]. Le groupe calcaréo gréseux [(CG1-CG2), (CG3), (CG4) et les grès en plaquettes inférieures (CG5)] apparaissent en alternance du mauve clair au mauve foncé). Les roches basiques à intermédiaires apparait en vert à des tâches noir, les hamadas sont représentés en bleu (Figure 36).

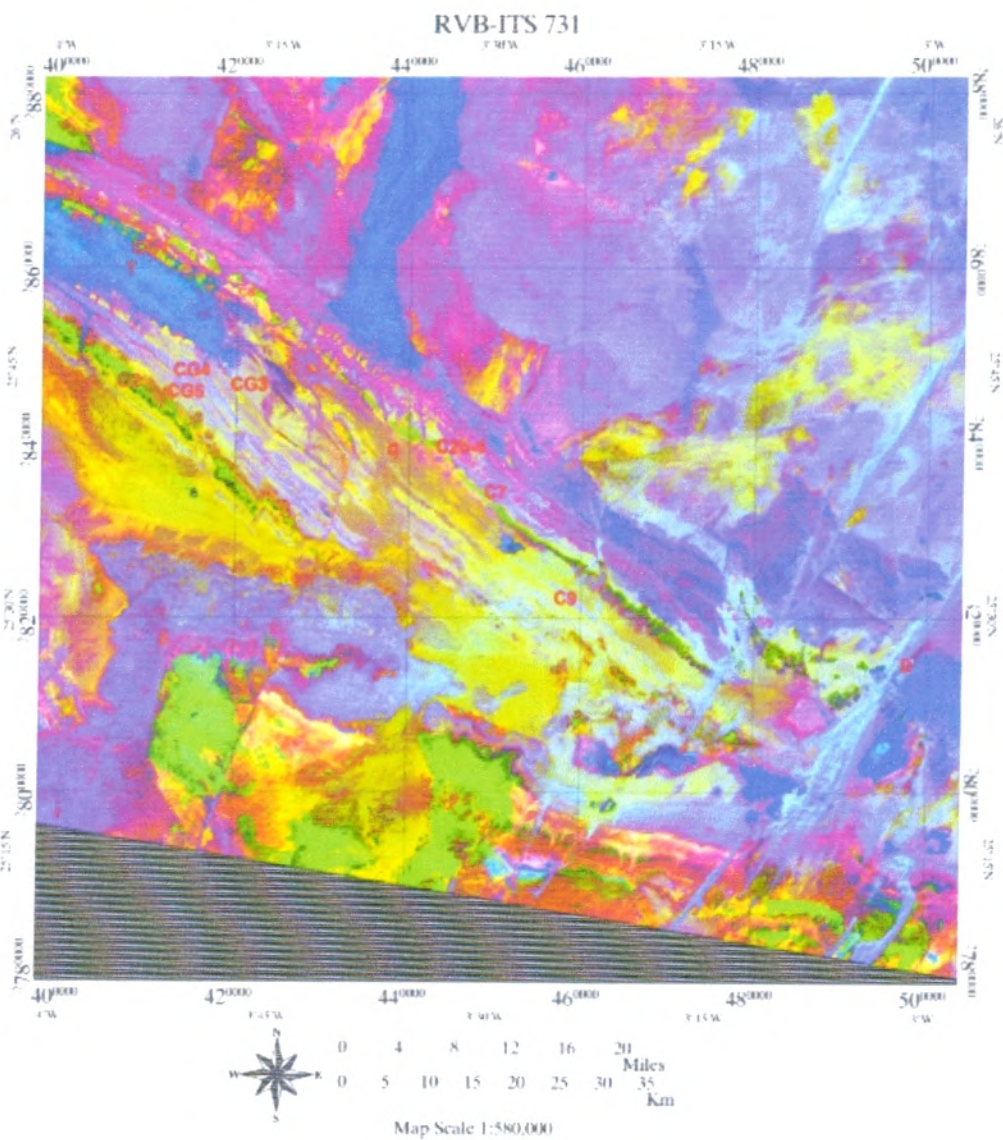


Figure 36 : Transformation RVB-ITS.

4. Classification :

La classification ISODATA permet également une très bonne identification lithologique entre les formations du groupe calcaire (subdivisé en deux groupes, groupe inférieure affleure en (C_{1,2}) et (C_{2b4}) apparaissent en bleu claire. Le groupe supérieure affleure en (c7) vision en jaune et le (C8) apparait bleu) Le groupe calcaréo gréseux apparait en alternance de bleu claire et jaune). Enfin les roches basiques apparaissent en vert à des pâtés rouges, les hamadas sont représentées en rose (Figure 37).

La classification K-MEANS permet une bonne séparation lithologique entre les formations du groupe calcaire inférieure (C_{1,2}) et (C_{2b4}) apparaissent en jaune. Le groupe supérieur (c7) et (C8) apparaissent en bleu. Le groupe calcaréo gréseux [(CG1-CG2), (CG3), (CG4) et (CG5)] apparaissent en alternance de bleu et jaune. Les roches basiques sont apparais en vert à des taches rouges, les hamadas sont représentes en bleu très claire (Figure 38).

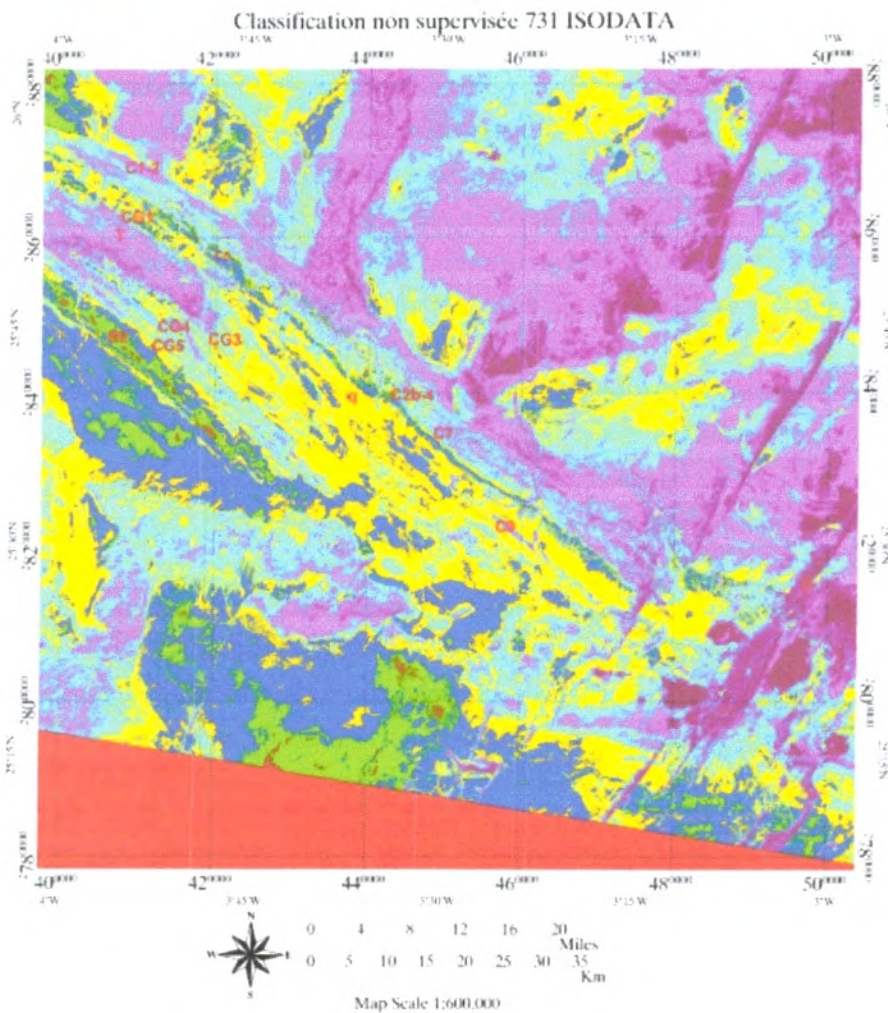


Figure 37 : Classification non supervisée 731 ISODATA.

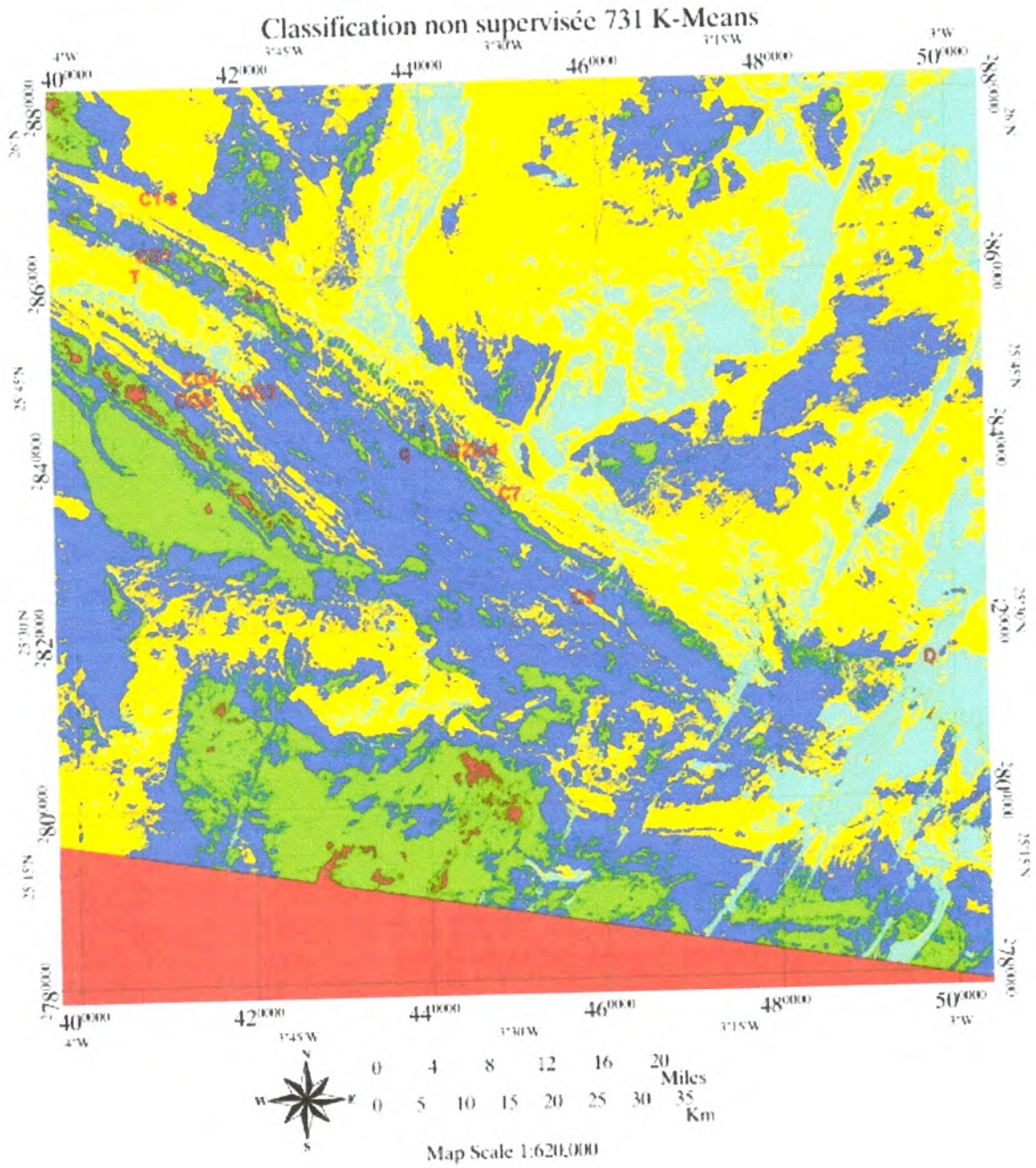


Figure 38 : Classification non supervisée 731 K-MEANS.

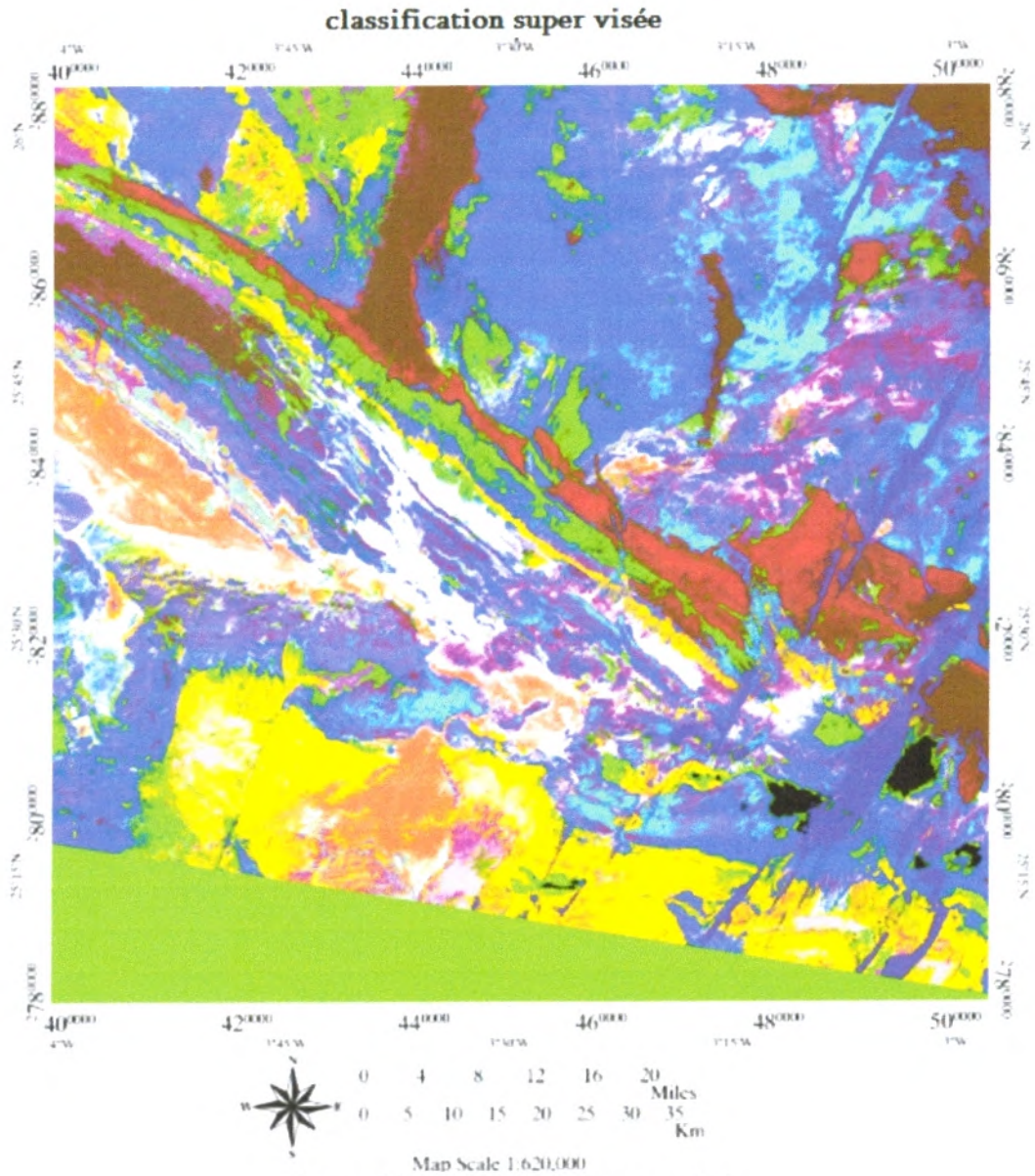


Figure 39 : classification supervisée.

Conclusion :

Les traitements en compositions colorées (731 et 742), ACP (CP1, CP2 et CP3), Analyse en Composante sélective, rapport de bandes (5/3 3/1 7/5) (5.7, 4.5, 1.3), Transformation RVB-ITS et Classification nous permis une très bonne discrimination des lithologies identifiés dans notre zone d'étude. Les différentes formations peuvent être clairement individualisées et les barres repères peuvent être discernées sur les différentes images.

Un résumé des résultats obtenus dans cette partie est donné dans le tableau 8.

Lithologies et type de traitements (RVB)	CC 731 et 742	ACP123	CC [ACP123 B4 ACP57]	RB [5/3.3/1.7/5]
C1-2	Rose claire	Rose claire	Mauve claire à blanc	Vert olive
C2b4	Bleu	Vert claire	Mauve claire	Mauve
C7	Rose foncé	Noir	Bleu nuit	Blanc
C8	Bordeaux	Vert foncé	Marron	Violet claire
CG1-2	Alternance de bleu et violet	Alternance du vert	Alternance du marron	Alternance de violet du foncé à claire
CG3				
CG4				
CG5				
Hamada	Jaune	Violet	Blanc	Vert
θ_2	Vert militaire	Vert militaire foncé	Vert foncé	Blanche bleu

Lithologies et type de traitements (RVB)	RB [5/7.4/5.1/3]	RVB-ITS	Classification K-MEANS	Classification ISODATA
C1-2	Marron claire	Rose foncé	Jaune	Bleu
C2b4	Mauve claire	Mauve claire		
C7	Vert très foncé	Mauve	Bleu	Jaune
C8	Bleu claire	Vert pistache		Bleu
CG1-2	Alternance de bleu du foncé à bleu ciel	Alternance de mauve du foncé à claire	Alternance du bleu et jaune	Alternance du bleu claire et jaune
CG3				
CG4				
CG5				
Hamada	Jaune foncé	Bleu	Bleu très claire	Rose
θ_2	Vert militaire	Vert a des tache noir	Vert à des taches rouges	Vert à des taches rouges

Tableau 8 : caractéristiques des images satellitaires (en RVB) de différents couleurs et types de lithologie (ou formation) dans la zone d'étude.

5. Filtrage spatial numérique :

Les filtres directionnels sont des filtres spatiaux détectant les contours et sont utilisés pour rehausser les caractéristiques linéaires d'une image. Ces filtres ont de nombreuses applications en géologie pour la détection de structures géologiques linéaires.

L'objectif de l'application des filtres est de trouver la meilleure façon pour identifier les linéaments correspondant à des discontinuités lithologiques ou structurales dans les images. Les filtres directionnels améliorent la perception des linéaments en provoquant un effet optique d'ombre portée sur l'image.

Le rehaussement a été effectué dans de nombreuses directions dont nous avons retenues $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ et 135° à cause du fort contraste obtenu dans les images (figure 40). Ces filtres ont été appliqués aux résultats CC 731 et CC 742. En théorie, les filtres permettent de mieux discerner les linéaments dont les directions sont perpendiculaires à la direction du filtre.

Les directions retenues pour l'établissement des cartes linéamentaires ont été $\alpha = 0^\circ$ et $\alpha = 135^\circ$ (les deux autres directions donnent le même résultat à quelques différences près).

Le traitement par filtres directionnels nous ont permis d'obtenir une carte linéamentaire ($\alpha = 0^\circ$) (figures 41) où l'on a pu déterminer plusieurs linéaments à des directions NE-SW, NW-SE, NEE-SWW, et N-S, pour la carte de linéament (filtre 00°).

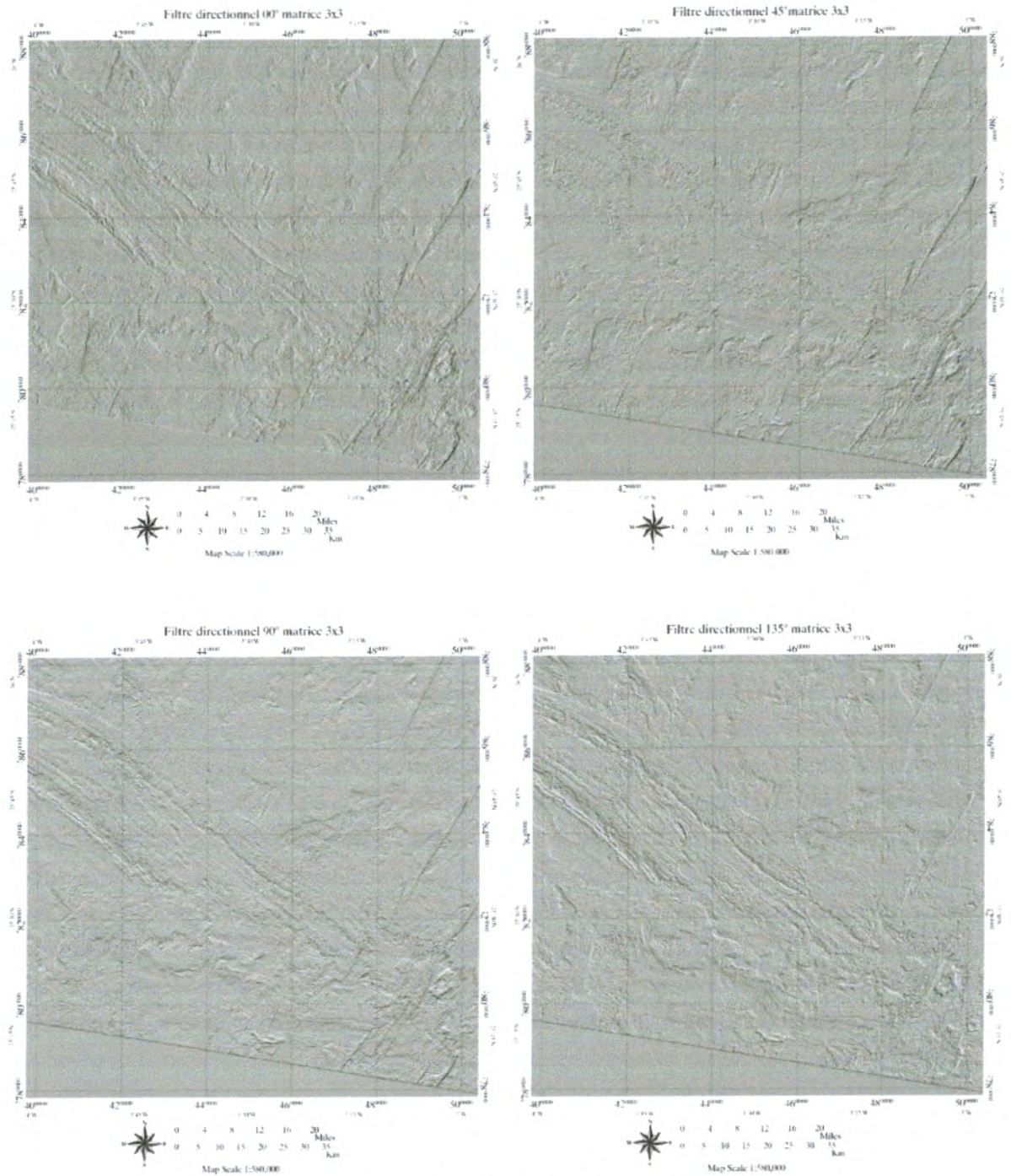


Figure 40 : filtre directionnel

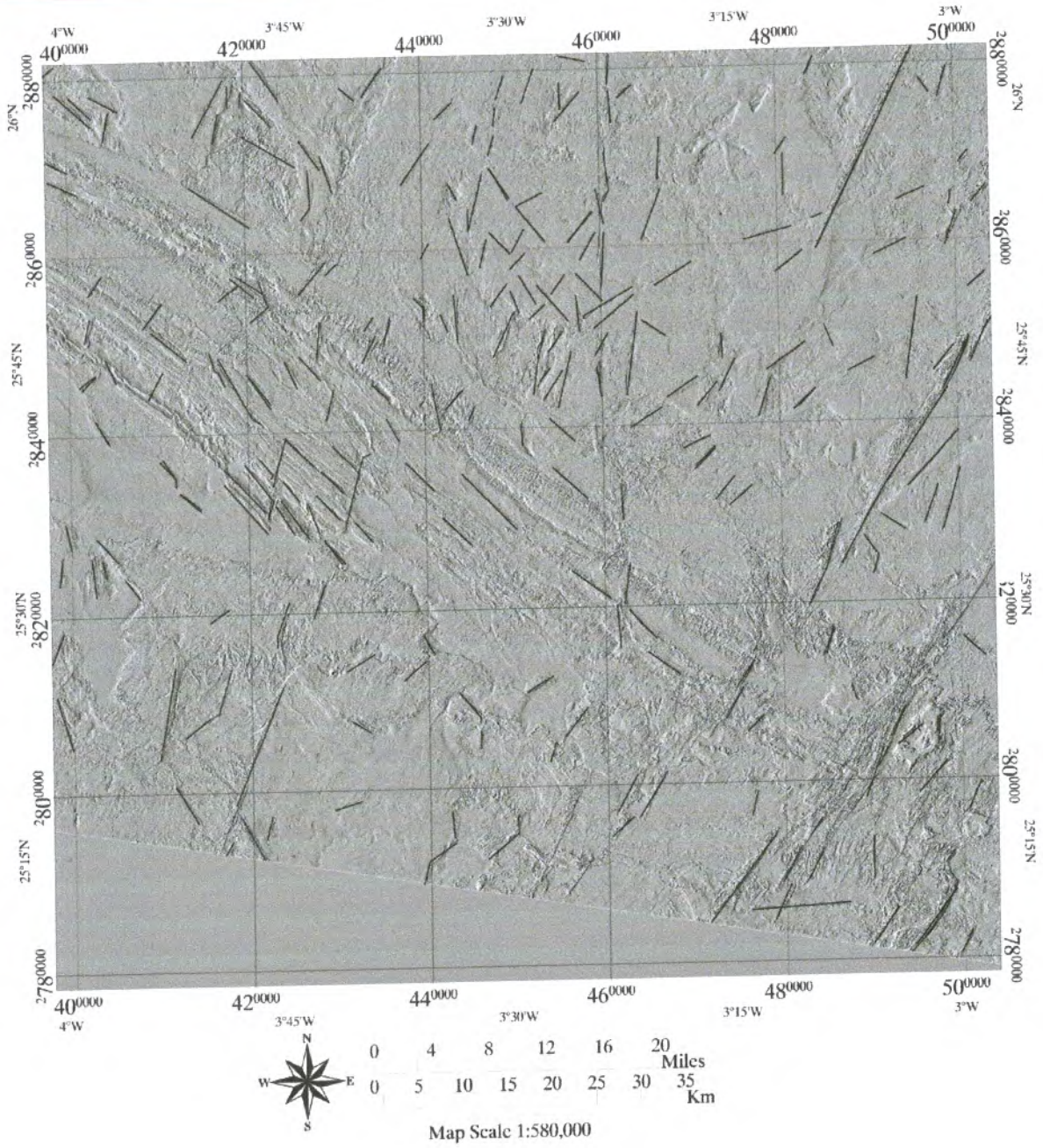
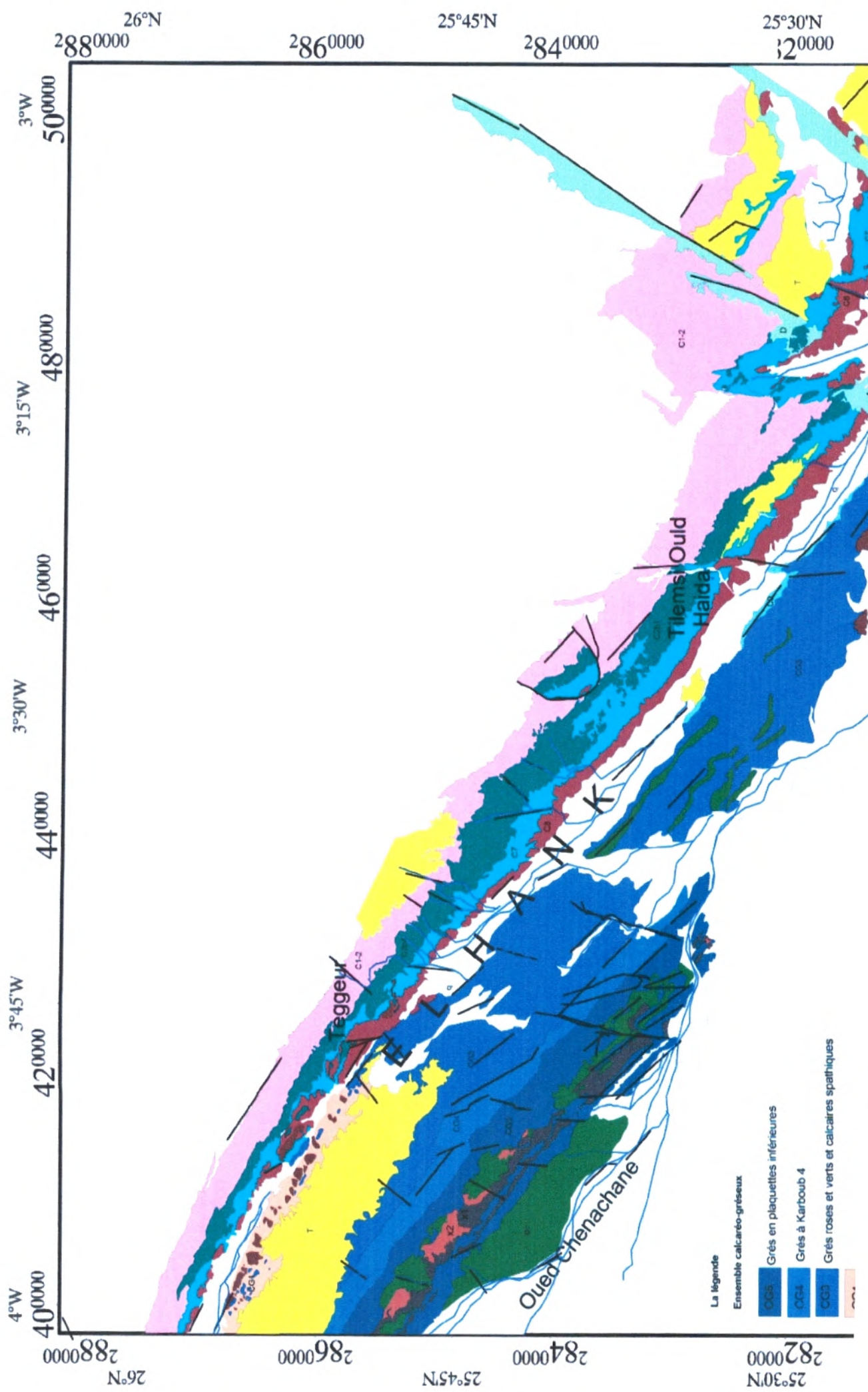


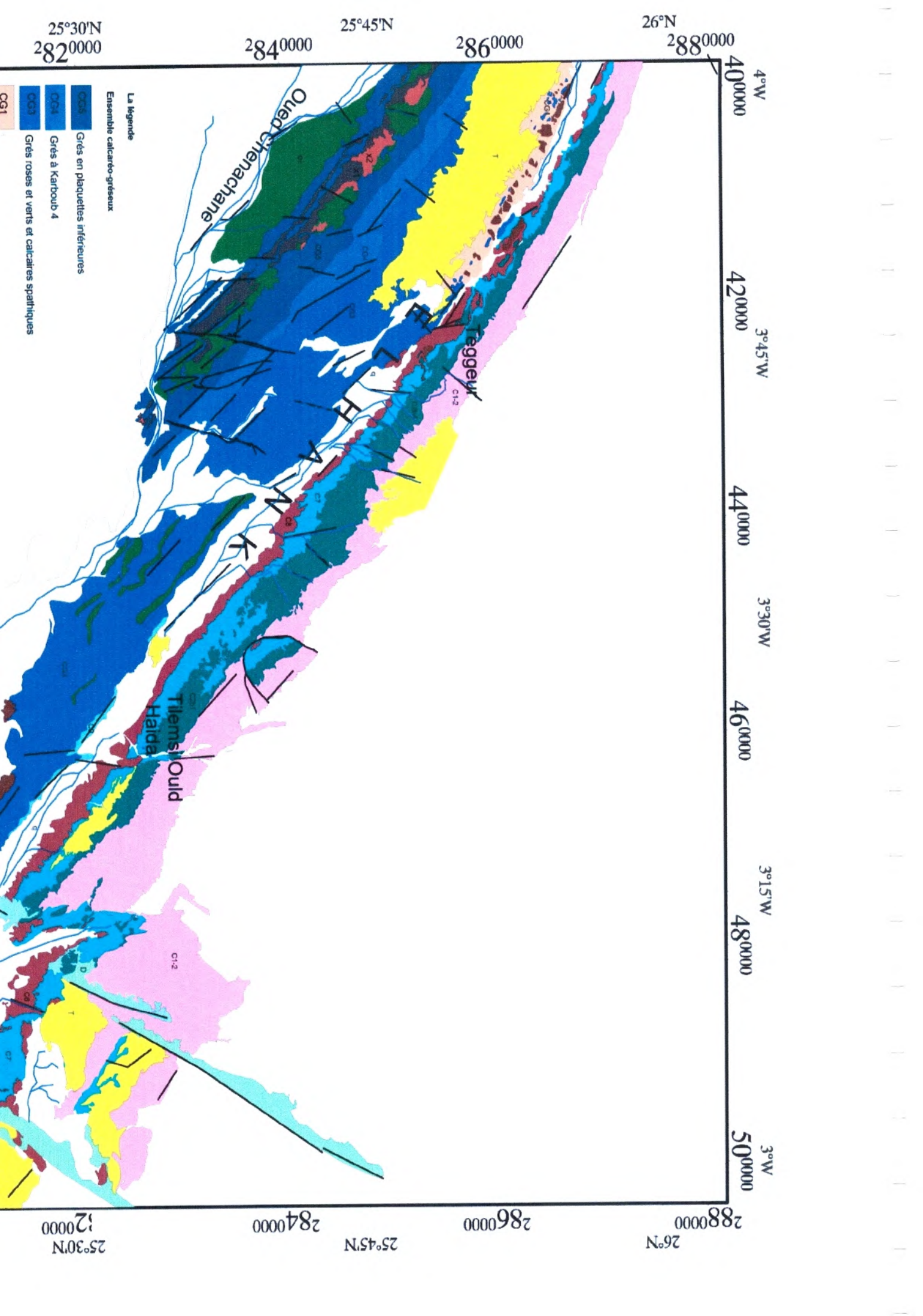
Figure 41: Carte linéaire (filtre 00°)

IV) CARTE LITHOSTRUCTURALE DE LA ZONE D'ETUDE

Les différents traitements que nous avons effectués ont abouti à la confection de la carte lithostructurale de notre zone d'étude (figure 42). Cette carte a été obtenue à partir des images traitées et en comparaison avec la carte géologique au 1/500.000 de la région d'étude (figure 7), ce qui a abouti à la confection d'une carte lithologique. Cette carte précise et apporte des compléments à la carte géologique existante. Notons que la carte a été réalisée avec le logiciel Mapinfo.

A partir de cette carte on a déduit des nouvelles formations (O_2 , X_1 , X_2) et limite (entre le gré de Karkoub 3 [CG1 et CG2], les calcschistes rubanés C9 et les grés roses et verts CG3) et un taux de 10% des fractures de direction N.S, NNE-SSW et WNW-ESE, après les traitements, la méthode standard de CC et les RB sont les résultats qui sont donnés une nette observation entre les limites des couches.





25°30'N
2820000

25°45'N

2840000

2860000

26°N

2880000

40000
4°W

42000
3°45'W

44000
3°30'W

46000
3°15'W

48000
3°W

50000

La légende

Ensemble calcaire-gréseux

CG2 Grès en plaquettes inférieures

CG3 Grès à Karboub 4

CG4 Grès roses et verts et calcaires spathiques

CG1

Oued Chenachane

Teggeur

Tlemsi Ould Haïda

25°30'N
2820000

2840000

2860000

26°N

2880000

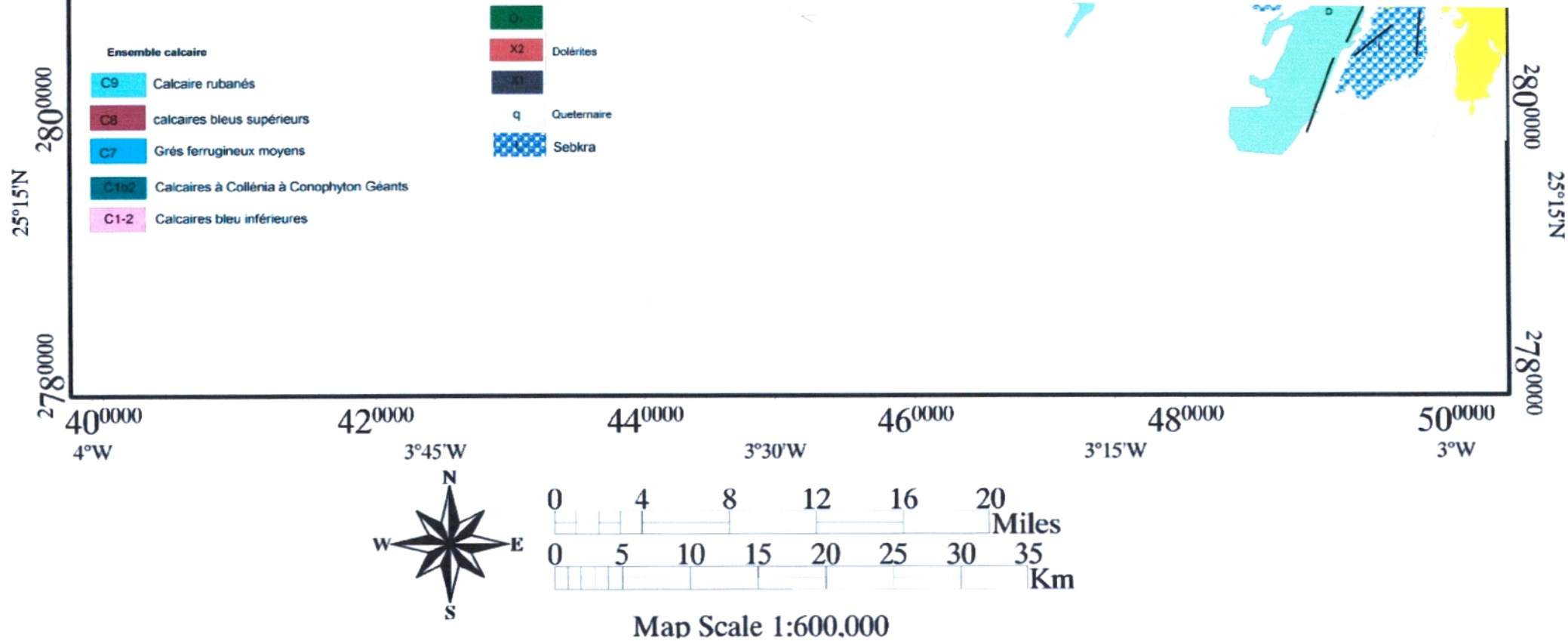


Figure 42 : Carte lithostructurale de la zone d'étude

CONCLUSION GENERALE

L'étude que nous avons effectuée nous a permis de tester l'utilisation de traitements d'images Landsat 7 ETM + pour la cartographie de la région Hank qui est située en domaine aride. Ces traitements ont été utilisés afin de voir s'ils permettent une discrimination des lithologies de la zone d'étude et pour la réalisation de cartes linéamentaires. Les résultats obtenus ont été confrontés aux données bibliographiques.

Les méthodes standards (CC, ACP classique) et méthodes spécifiques (ACP sélectives, les rapports de bandes (5/3 4/5 et 1/3) et (5/3 3/1 et 7/5), transformation RVB-ITS), classification et filtre ont permis une bonne discrimination lithologique entre les formations de la région.

Par ailleurs le filtre directionnel (00°) nous ont permis de tracer une carte linéamentaire où l'on a répertorié plusieurs linéaments sur la carte.

Enfin les résultats de cette cartographie lithologique et linéamentaire au 1/200 000ème, réalisée à partir de la superposition des différentes images issues des traitements, ont été confrontés à la carte géologique de SERMI, (1965). Cela nous a permis d'apporter des informations nouvelles (nouvelles formations α_2 , α_1 α_2) et différentes de celles déjà connues et de suggérer quelques corrections.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abouchami W., Bohr M., Michard. A et Albarède F. (1990). A major 2, 1 Ga event of Mafic magmatism in West Africa: an early stage of crustal accretion; *J. Geophys. Res.*, 95, 17605-17629.

Ahmed Zine Eddine, S, Mohamed, Z; (2011). Apport de la télédétection a l'étude de la fracturation dans les monts des traras (Oranie nord-occidentale, Algérie).

Ait-Kaci-Ahmed, A. et Moussine-Pouchkine, A., (1994). Les formations cambriennes de Fersiga (Sud-ouest du Tanezrouft) : nouvelle interprétation de la sédimentation glaciaire et post glaciaire sur le craton ouest africain. *Bulletin du service géologique de l'Algérie* Vol.5, n°1, p. 3-21, 9 fig., 1Pl. Phot.

Amri, K., Mahdjoub, Y., Guergour, L., (2009). Apport des images Landsat 7 ETM+ pour la discrimination lithologique et l'étude structurale de la région d'Afara Héouine, Tahifet, Hoggar central. Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF, Alger, Novembre 2009.

Azzouni- Sekkal A. & Sabaté P. (1976). Existence de stocks gabbroïques déficitaires en Silice près de la jointure Yetti-Eglab (Sahara Occidental algérien), *Bull. Soc. d'Hist. Nat d'Afr. Au Nord*, t. 3 et 4, 193-202.

Babarimanana, M.H., Raharison, L.J.R., Chorowicz, J., (2003). Cartographie des Lavaka par télédétection: analyse des facteurs et gestion des espaces ruraux à Madagascar, *télédétection*, Vol.3, n°2-3-4, P.105-130.

Benramdane, H. (2007). Contribution à l'étude géologique et géochimique de la zone de jointure Yetti-Eglab, (Sud-Ouest Algérie). Mémoire pour diplôme de magister. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Algérie, 104P.

Bertrand-Sarfati, J. Et Moussine-Pouchkine, A. (1992). Formation et comblement d'une dépression intraplateforme engendrée par la croissance d'un biostrome stromatolitique. Protérozoïque supérieur, Sahara algérien. *CR. Acad. Sc. Paris*. 315, 837-843.

Bertrand-Sarfati, J., Moussine-Pouchkine, A. et Amard, B. (1993). Rapport de mission. Office National de la géologie, Alger. 15P.

Bertrand-Sarfati, J., Moussine-Pouchkine, A., Ait-Kaci-Ahmed, A., (1996). Subdivisions stratigraphiques nouvelles dans la couverture Néoprotérozoïque au Nord-Est du bassin de Taoudenni (Algérie). L. Bitam et J. Fabre (Eds.), *Géodynamique du craton ouest africain*

central et oriental : héritage et évolution post-panafricains. Mémoires du Service Géologique de l'Algérie 8, 63-90.

Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique, le craton Ouest Africain; mémoire de bureau de recherche géologique et minière, 88, 404P.

Bourezg, A. (2012). Apport de la télédétection à l'étude de la fracturation. Exemple: la couverture sédimentaire des monts de Rhar rouban (Algérie nord occidental).

Buffière J.M, Fahy J.C. Petey J. (1965). Notice explicative de la carte géologique au 1/500.000 de la région des Eglab et de la bordure Nord du Yetti. Société d'étude et de la réalisation minière et industrielle, paris-VIII, 38P.

David, G., Pinault, M.M., Quod, J.P., Nicet, J.B., Pinault, M.D., Thomassia, A., Batti, H. (2008). Cartographie et télédétection satellitaire appliquée aux littoraux de la région d'Andavadoaka pour la mise en place d'aires marines protégées.

Delacourt C., Télédétection et Rayonnement Electromagnétique. Cours en Ligne, Université de Brest.

El Idrissi, A ; (1999). Recherche par télédétection géologique de sites potentiels d'hydrocarbures dans l'Anti-Atlas Marocain. Mémoire de maitrise en science de la terre, Université du Québec à Chicoutimi, 183p.

El Qayedy, J, Taj-Eddine, K, Bonn, F, Chikhaoui, M, Witam, O, (2006). Caractérisation lithologique du haut Atlas Marocain à l'aide des données d'Aster et des mesures spectrales de terrain, télédétection, Vol.6, n°2, P.153-175.

EREM (1983) : Rapport final du groupe Eglab sur les travaux de reconnaissance et de prospection régionale; *inédit*.

Fabre, J. (2005). Géologie du Sahara occidental et central. Musée royal de l'Afrique centrale-Belgique. Tervuren Africain géoscience collection vol. 108, 572P.

Gevin ; (1958). Notice explicative des cartes au 1/500.000 Eglab -Tindouf; Serv. Carte Géol. Algérie; 28.

Gevin, P ; (1960). Etudes et reconnaissances géologiques sur l'axe cristallin Yetti-Eglab et ses bordures sédimentaires. Service de la Carte Géologique de l'Algérie, 328 p.

Guergour, L., Amri, K., (2009). Contribution des images Landsat 7 ETM+ à la cartographie géologique et structurale du bassin de Tin Séririne. (Tassilis Oua-N-Ahaggar, Hoggar). Algérie. Journées d'Animation Scientifique (**JAS09**) de l'AUF Alger Novembre 2009.

Imessaoudene, N, (2012). Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du massif des Eglab et de sa bordure sédimentaire (Sud-Ouest Algérien). Mémoire pour diplôme d'ingénieur d'état, UFAS, 60P.

Kentri, T et Fekih, N ; (2012). Contribution a l'étude des roches intermédiaires a basiques du plutonisme Aftout, region de Bled M'dena, massif des Eglab-SW Algerien-

Laghoug, M.Y., (2011). Apport de la télédétection (images Landsat 7 ETM+) pour la cartographie géologique de la région d'Aflou (Atlas Saharien). Mémoire pour diplôme d'ingénieur d'état, UFAS, 86p.

Lasserre M; Lameyre J.et Buffière J.M. (1970). Données géochronologiques sur l'axe précambien Yetti-Eglab en Algerie et en Mauritanie du Nord ; *Bull BRGM, 2° sér ; Sec.IV, n°2, pp. 5-13*

Lazhar, M., Amri, K.(2009). Contribution des images Landsat 7 ETM+ à la cartographie géologique et structurale du bassin de Tin Séririne. (Tassilis Oua-N-Ahaggar. Hoggar). Algérie. Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF Alger Novembre 2009.

Lefrt J.P ; Aifa T. et Bourrouilh R. (2004). Evidences paléomagnétiques et paléontologiques en faveur d'une position antipodale du craton Ouest-Africain et de la chaine du Nord : consécances paléomagnétiques ; *C. R. Géosciences, 336, pp. 159-165.*

Hamzaoui, A ; (2005). Télédétection multispectrale et hyperspectrale appliquée à la recherche minière.

N. Menchikoff, (1949). Quelques traits de l'histoire géologique du sahara occidental, *Ann.HEBERT et HAUG, Paris 1949, t.VII.*

Peucat J.J. , Capdevila R., Drareni A., Mahdjoub Y., & Kahoui M. (2005). The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Eburnean orogenic belt: petrology, geochemistry and geochronology; *Prec. Research 136, 309-352.*

SERMI (1965). Etude géologique de la partie orientale de la dorsale Réguibat. Rapport fin de mission, inédit.

SERMI (1965). La carte géologique de Mokrid. Feuille NG 30 VIII (region des Eglab).1/200.000.

Soudani K. (2005). Télédétection : Initiation à ENVI. Cours en ligne. Faculté des sciences d'Orsy-Université Paris sud XI.

Liste des figures

Figure 1 : A: Différents reliefs montagneux du Sud Ouest Algérien B : Situation générale du Sud Ouest Algérien.....	02
Figure 2 : Principales unités structurales de l’Afrique occidental	05
Figure 3 : schéma géologique de la dorsale Réguibat	06
Figure 4 : Schéma structural de la partie orientale de la dorsale Reguibat.....	09
Figure 5 : extrait de la carte géologique 1/500.000	13
Figure 6 : Carte géologique de la region d’étude (Hank)	15
Figure 7 : Carte géologique de la region d’étude (Hank)	18
Figure 8 : Carte géologique simplifiée.	20
Figure 9 : Coupe stratigraphie des groupes de Hank et de Dar Cheikh.	20
Figure 10 : Schéma structural simplifié de zone d’étude Tilemsi Ould Haida,	22
Figure 11 : Principe de base de la télédétection.....	23
Figure 12 : Différentes étapes de la télédétection.....	25
Figure 13 : Principaux domaines d’applications de la télédétection en géologie.....	25
Figure 14 : Représentation de l’onde électromagnétique.....	27
Figure 15 : Détails des domaines spectraux.....	27
Figure 16 : Signatures spectrales de quelques minéraux.....	28
Figure 17 : Signatures spectrales de quelques roches.....	28
Figure 18 : Représentation du système I.T.S.....	32
Figure 19 : Spectre Electromagnétique.....	33
Figure 20 : Fenêtre principale du logiciel ENVI.....	34
Figure 21 : Ouverture d’une image sous ENVI.....	34
Figure 22 : Les deux modes de visualisation des images sous ENVI.....	35
Figure 23 : Les trois fenêtres principales qui apparaissent à l’ouverture d’une image sous ENVI.....	36
Figure 24 : Visualisation de deux autres bandes en niveau de gris (les trois fenêtres apparaissent en même temps sur l’écran).....	37
Figure 25 : Visualisation des informations sur la localisation des points de l’image.....	37
Figure 26 : Landsat ETM+7, couvrant la zone d’étude (région du Hank) (Path 198 et Row 42), (Le rectangle rouge indique la zone d’étude).....	38
Figure 27 : Organigramme de la méthodologie de traitement d’images satellitaires et cartographie.....	39
Figure 28 : Composition colorée RVB 731.....	41
Figure 29 : Composition colorée RVB 742.....	41
Figure 30 : plot d’ACP classique.....	43
Figure 31 : Analyse en composante principale (ACP).....	44
Figure 32 : Analyse en Composante principale classique.....	45

Figure 33 : Analyse en Composante sélective.....	46
Figure 34 : Les rapports de bandes ou bandes ratios (5/3, 3/1, 7/5).....	48
Figure 35 : Les rapports de bandes ou bandes ratios (5/7, 4/5, 1/3).....	49
Figure 36 : Transformation RVB-ITS.....	50
Figure 37 : Classification non supervisée 731 ISODATA.....	51
Figure 38 : Classification non supervisée 731 K-MEANS.....	52
Figure 39 : classification super visée.....	53
Figure 40 : filtre directionnel.....	57
Figure 41 : Carte linéamentaire (filtre 00°).....	58
Figure 42 : carte lithosructurale de la zone d'étude.....	60

Liste de photo

Photo satellitaire1 : situation géographique de la région Hank (Google Earth)..... **10**

Photo satellitaire 2 : situation géographique de la région d'étude (Hank) (Google Earth)..**11**

Liste des tableaux

Tableau 1 : équivalences des séries du Néoprotérozoïque du Hank Algérien.....	14
Tableau 2 : tableau comparatif des découpages lithostratigraphique du Hank en Algérie.....	21
Tableau 3 : Différentes combinaisons utilisées en fausses couleurs et leurs utilités.....	30
Tableau 4 : Exemples des RB utilisés dans le traitement.....	31
Tableau 5 : Différents filtres directionnels de SOBEL.....	31
Tableau 6 : Calcule de l'intensité, de la teinte et de la saturation par les équations arithmétiques.....	32
Tableau 7 : Les caractères des bandes landsat 7ETN+.....	35
Tableau 8 : caractéristiques des images satellitaires (en RVB) de différents couleurs et types de lithologie (ou formation) dans la zone d'étude.....	55

Mémoire De Fin D'étude

Option

Geologie des ensembles sédimentaire

Essai de cartographie géologique par la télédétection optique de la région

Hank (Sud –Ouest Algérien)

Nom d'auteur : ACHEK Hicham et AIDOUNI Nasr-eddine

Etablissement : Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen

RESUME :

L'objectif de ce travail est de tester l'utilisation de traitements d'images Landsat 7 ETM + pour l'identification lithologique et structurale dans la région du Hank. Les techniques de traitement utilisés (compositions colorées, analyse en composante principale classique, et sélective, rapports de bandes, Transformation RVB-ITS, classification et les filtres directionnels) ont permis une bonne discrimination lithologique des différentes formations ainsi que la réalisation de cartes linéamentaires. Les résultats obtenus ont été associés à un travail de bibliographie qui est indispensable dans toute étude basée sur la télédétection.

Enfin, une carte lithostructurale de la région d'étude a été établie sur la base des résultats obtenus.

Mots Clefs : Télédétection –Landsat 7 ETM+ - Linéaments - Hank -carte lithostructurale

ABSTRACT :

The main objective of this work is to test the use of Landsat 7 ETM+ imagery for lithological and structural identification in the Hank region. Different processing techniques were used (color composites, principal component analysis classic and selective, band ratios, Transformation RVB-ITS, classification, directional filters) and provide an excellent discrimination between the different lithological formations and helped us to establish lineaments mapping. The result has been confronted to the fieldwork and bibliography that are essential in any study based on remote sensing. Finally, a lithostructural map of the study area was established on the basis of the results obtained in this work.

Key words: Remote sensing - Landsat 7 ETM+ – Lineaments – Hank- lithostructural map