

République Algérienne Démocratique Et Populaire Ministère De L'enseignement
Supérieur Et De La Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERSION



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers
Filière : Géologie
Spécialité : *Géologie des bassin sédimentaire*
THEME

Application de la télédétection pour la cartographie de la région de Collo

Présenté par:

✚ Kaddouri Haitem Salah Eddin

Président :	Pr. Bousalsal Boualam	Professeur	Univ. Ouargla
Encadreur :	Dr. Satouh Adel	M.C.A	Univ. Ouargla
Co-encadreur :	Mr. Bousmaha Mohammed	Doctorant	Univ. Ouargla
Examinatrice :	Pr. Belksier Med Salah	Professeur	Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu DIEU le tout puissant et miséricordieux qui nous à donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier vivement notre promoteur chargé du suivi notre travail : **Dr. Satouh Adel**, Pour leur encouragement, conseil et disponibilité.*

*Un grand merci aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail : **Pr. Bousalsal Boualam** qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance. **Pr. Belksier Med Salah** d'avoir accepté d'examiner ce travail*

Nous vifs remerciements aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier nos enseignants du département du science de la terre et l'univers. Nos amis et toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicace

Je dédie le fruit de ces nombreuses années d'étude à ceux qui ont sacrifié toute leur vie pour mon cher Père et ma chère Mère et pour mes chères sœurs et frères.

À tous mes camarades de classe et à tous mes amis et proches qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de ces années, je suis reconnaissant envers vous tous.

À mon superviseur qui m'a donné des conseils et m'a aidé à atteindre mes objectifs de recherche.

Et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir cet humble acte.

Je vous remercie tous sans vous, après Dieu, je ne serais pas devenu ce que je suis aujourd'hui.

Dieu merci.

Tableau de matière

<i>Remerciement</i>	1
Tableau de matière.....	2
Introduction.....	1
Chapitre I Généralités.....	2
I. Le cadre géographique.....	2
I.1.générale.....	2
I.2.locale.....	2
I.3. Le cadre Géologique.....	2
I.3.1. CADRE REGIONALE.....	2
I. 3. 2. Les zones internes.....	4
I.3. 3. le domaine des flyschs.....	4
I.3.4. Les zones externes.....	5
I. 3.5. Les formations post nappes.....	6
I.4. Géologie Locale.....	6
I.4. 1. INTRODUCTION.....	7
I.4. 2. LES GRANDES SÉRIES GÉOLOGIQUES DE LA PETITE KABYLIE.....	7
I.4. 2. 1. Les formations métamorphiques.....	8
I.4. 2. 2. Les formations sédimentaires.....	9
Chapitre II Matériels et Méthodes.....	13
II. Données et matériels utilisés.....	13
II.1. Data satellitaires.....	13
II.2. Données Géologiques.....	15
II.3. Logiciels Utilisée.....	16
II.4. Méthodologie.....	17
II.4.1. Prétraitements (logiciel ENVI)	18
• Layer stacking.....	18
•Subset	18
• Pan sharpin.....	19
II.4.2. Traitements (logiciel ENVI)	19
*Traitement d'amélioration.....	19

*Traitements thématiques.....	20
A) L'analyse en composantes principales(ACP).....	21
B) Band ratios.....	22
C) Les filtres directionnels.....	23
II.4.3. Extraction automatique des linéaments.....	24
II.4.4. Analyse lithologique et cartographie.....	25
II.4.4.1. Caractérisation visuelle (photo-interprétation géologique)	25
II.4.4.2. Caractérisation radiométrique (classification non supervisée)	25
II.4.5. Extraction automatique des unités lithologiques (classification supervisée)	26
II.4.5.1. Procédure de classification supervisée.....	26
A) Echantillonnage (sélection des ROI)	26
B) Analyse des échantillons.....	27
II.4.5.2. La Classification.....	28
II.4.5.3. Validation de la méthode.....	29
II.4.5.4. La vérité terrain.....	29
II.4.5.5. Matrice de confusion.....	29
II.4.5.6. Traitement post-classifications.....	29
Chapitre III Résultat et Discussion.....	31
III.1. Résultats du traitement des compositions colorées.....	31
III.1.1. Résultat de Composition colorée (7, 6,5) Landsat 08(OLI).....	31
III.1.2. Résultat de Composition colorée (7,6,4) Landsat 08 (OLI).....	32
III.1.3. Résultat composition colorée (4,3,2) Landsat 08 (OLI).....	33
III.2. Résultat de l'analyse en composantes principales.....	33
III.3. Résultat Band Ratios.....	34
III.4. Cartographie des linéaments.....	35
III.4.1. Résultats des traitements Filtrage.....	35
III.4.2. Résultats d'extraction des linéaments.....	36
III.4.3. Extraction automatique des linéaments.....	36
III.5. Cartographie lithologique.....	37

III.5.1. Résultats d'extraction automatique des unités lithologiques (classification non supervisée "Iso Data "K-means)	37
III.5.2. Résultats d'extraction automatique des unités lithologiques (classification supervisée).....	39
III.5.3. Matrices de confusion.....	41
III.5.4. Carte lithologique et Télé analytique finale de la région d'étude.....	44
CONCLUSION.....	45
BIBLIOGRAPHIE.....	47

Liste des figures

Figure 1 : Cadre géographique et général de la zone d'étude(Collo).....	2
Figure 2 : Carte géologique montrant les trois domaines paléogéographiques du Sud de l'Espagne et du Nord de l'Afrique et les différentes nappes allochtones, d'après Mahdjoub et al (1997) dans Abbassene et al (2016)	3
Figure 3 : Coupe Schématique Synthétique représentant les différentes unités des structurales des maghrébides au niveau de Grande Kabylie Glaçon (1973)	6
Figure 4 : (a) Les grands ensembles géologiques de la chaîne des Maghrébides ; (b) Les ensembles géologiques de la petite Kabylie d'après (Mahdjoub, 1991). UB : Unité Bougaroun ; UBF : Unité des Beni Ferguene ; USK : Unité de Socle Sens. Strict ; UIK : Unités infra kabyles ; (a) complexe de roches vertes volcano-detritiques de Texana (Sendouah-Tabellout) ; (b) Unités mauritaniennes ; GN : Nappes numidienne ; OMK : Oligo-Miocène-Kabyle ; δm : Granites miocènes.....	7
Figure 5 : Coupe synthétique et théorique de la Kabylie de Collo et d'El Millia. (D'après Bouillin, 1979 ; modifiée). SK : Socle Kabyle. CB : Socle du Cap Bougaroun associé aux péridotites. OMK : OligoMiocène Kabyle. OLST : Ollisostomes à blocs et oolistrolites de flyschs-maurétaniens et massylien. T : Lambeau de formations telliennes à position supra-Kabyle. MR : Fyschs maurétaniens. Mas : Flyschs massyliens. N : Numidien. B : Burdigalien Moyen-Supérieur post nappes. μ : microgranite. CB : granite du Cap Bougaroun. t : Trias en position de diapir à travers le socle Kabyle. Ach : Série maurétanienne épimétamorphique des Achaïches. 1 : massif du Cap Bougaroun. 2 : bordure Nord- Ouest du « bassin » de Collo. 3 : environ de Collo et bassin d'El Milia. 4 : fenêtre des Beni Toufout. 5 : massif du mouled Demamène. 6. chaînon d'El Karn. 7 : synclinal de l'Oued Rezel, au Sud-Ouest d'Ain Kachera. 8 : Trias du Djebel arbala et au environ de la mechtat Stalgneuf.....	8
Figure 6 : Scène LC08_L2SP_194034_20240205.....	13
Figure 7 : Carte géologique de région d'Collo 1/50 000(ANGCM, 2009)	16
Figure 8 : Organigramme représente la méthodologie de travaille	18
Figure 9 : Traitement de rehaussement d'image	19
Figure 10 : Traitement de L'analyse en composantes principales (ACP) d'image.....	21
Figure 11 : Les traitements des ratios réalisés	22

Figure 12 : Extraction automatique des éléments linéaire.....	24
Figure 13 : classification non supervisée iso data	25
Figure 14 : classification non supervisée K-Means	26
Figure 15 : Statistique des échantillons	27
Figure 16 : composition colorée (7,6,5) Landsat 08 (OLI)	31
Figure 17 : composition colorée (7,6,4) Landsat 08 (OLI).....	32
Figure 18 : composition colorée (4,3,2) Landsat 08 (OLI)	33
Figure 19 : analyse en composant principales (RGP) band (4,3,2).....	33
Figure 20 : Résultat Band Ratios (6/5), (7/4), (3/2).....	34
Figure 21 : Traitement d'image par filtres directionnels 45°et 90°(Band5).....	36
Figure 22 : Extraction automatique des linéaments	37
Figure 23 : classification non supervise (A)"Iso Data (B)"K-means	38
Figure 24 : Résultats d'extraction automatique des unités lithologiques	40
Figure 25 : Carte lithologique et télanalytique finale de la région d'étude.....	44

Liste des tableaux

Tableaux 01 : Landsat-8 Paramètres	14
Tableaux 02 : Les bandes spectrales de Landsat 8 et les bandes spectrales de TIRS de OLI présentent les caractéristiques suivantes.....	14
Tableaux 03 : Combinaisons de Bandes pour Landsat 08	15
Tableaux 04 : Matrice de corrélation de bandes LANDSAT8 OLI	20
Tableaux 05 : Calcul de Séparabilité ROI reporté de classe	28
Tableaux 06 : Confusion Matrix (classification Maximum Likelihood 10 classe)	42

Introduction

Introduction Générale

Interdiction :

La télédétection a des nombreuses applications dans la domine de géologie telles que cartographie des formations géologiques (roches, failles et fractures) exploration minérale. Télédétection est la science de l'acquisition à partir d'avions et de satellites, qui enregistrent l'interaction entre la matière et l'énergie électromagnétique (Sabins et al .1999). Un grand nombre de chercheurs du monde entier ont montré que les données multi spectrales sont un outil efficace pour l'exploration minérale, et détermination des caractéristiques structurelles dans une zone donnée à l'aide de signatures spectrales (Rowan et Mars 2003 ; Azizi et al. 2007 ; El Desouky et al. 2008 ; Moussaoui et al.2023).

La région de Collo fait partie du socle métamorphique de la petite Kabylie. Elle est située au Nord-est de l'Algérie willaya de Skikda. Cette zone est caractérisée par l'affleurements des terrains qui sont constitués de roches intrusives. Les roches sédimentaires et métamorphiques. Cette région a fait l'objet des nombreux travaux à cause de ca ressource minéral. Parmi ces travaux, celui d Boullin, J.-P., 1979 constitue le document de base de la région de Collo.

L'objectif principal est d'appliquer l'outil de la télédétection sur l'image satellitaires Landsat 08 OLI (L2SP_194034_2024 /02/05). Pour extraire des informations géologiques et structurales permettant une cartographie linéaments et lithologique de la région de Collo (Nord-est de l'Algérie). Le présent travail est divisé en trois chapitres comme suit :

CHAPITRE I : Généralités, Contextes géographique et géologique de Collo.

CHAPITRE II : Données et matériels utilisés, généralités sur le Landsat 8 Oli traitements sur les images satellitaires.

CHAPITRE III : Présentation et interprétation des résultats des différents traitements.

Conclusion générale : synthèse générale qui récapitule et analyse l'ensemble des résultats obtenus.

Généralités

I. Le cadre géographique

I.1.générale:

La Kabylie de Collo est située à l’est de Jijel et à l’ouest d’Annaba et Nord du Constantinois, Il vient au sud du Méditerranée. Elle fait partie de la wilaya de Skikda et se trouve à 500 km d’Alger.

I.2.locale:

Collo est un quartier de la ville de Skikda, Elle est bordée à l’est par la commune de Tamalous, A l’Ouest par la commune de Cheraia et au sud par la commune Ain Kachra Au Nord, la mer méditerranée constitue leur limite Septentrionale.

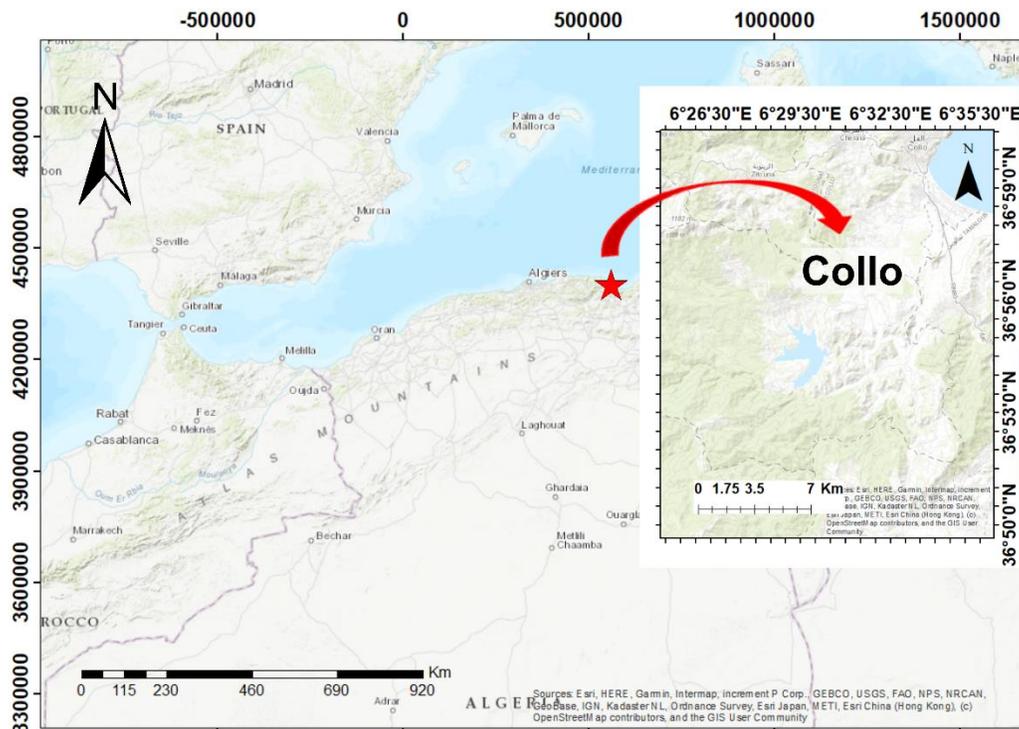


Figure.1 : Cadre géographique et général de la zone d’étude(Collo).

I.3. Le cadre Géologique :

I. 3.1. CADRE REGIONALE (LES GRANDES ENSEMBLES GEOLOGIQUES DE LA CHAINE DES MAGRHEBIDES) :

Le terme "Maghrébides" (Durand-Delga, 1971) est employé pour décrire une région de la Méditerranée occidentale qui a été affectée par l'orogénèse alpine, s'étendant de Gibraltar à la Calabre en passant par l'Afrique du Nord, dont le nord de l'Algérie. (Fig.2)

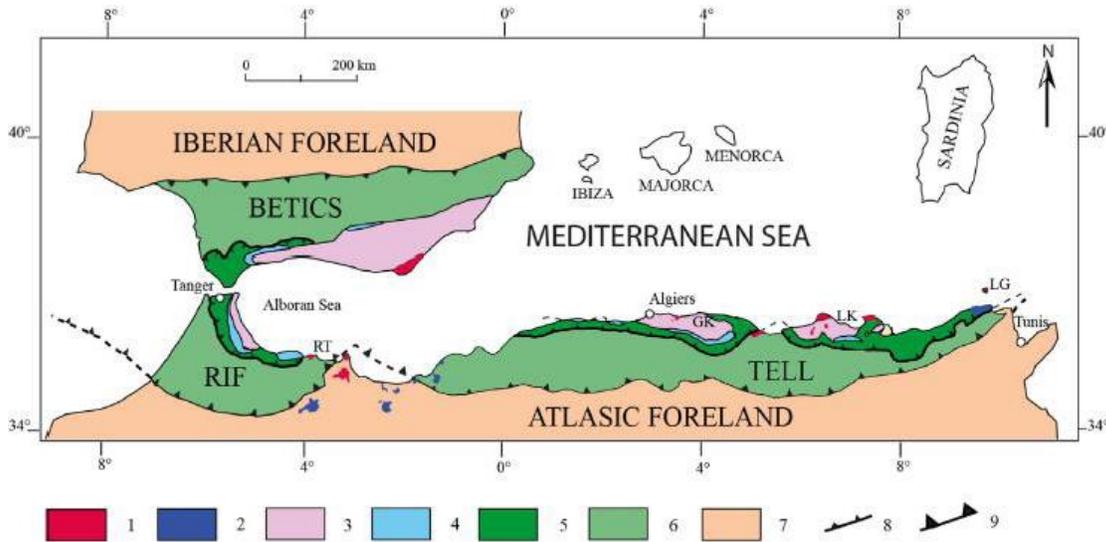


Figure.2. : Carte géologique montrant les trois domaines paléogéographiques du Sud de l'Espagne et du Nord de l'Afrique et les différentes nappes allochtones, d'après Mahdjoub et al (1997) dans Abbassene et al (2016).

1 Magmatisme calco-alcalin riche en K ; **2** Volcanisme alcaline ; **3-4-5** Zones internes de la chaîne alpine **3** Socle ; **4** Dorsale kabyle ; **5** Flyschs supra-kabyle ; **6-7** Zones externes de la chaîne alpine ; **6** Unités allochtones (flyschs infra-kabyle et les unités telliens) ; **7** Autochtone relatif ; **8** Front Tortonien ; **9** Front Langhien ; LK : Petite Kabylie ; GK : Grande Kabylie ; LG : l'île de la Galite ; RT : Ras Tarf.

Le premier schéma structural de l'Algérie du Nord (Alpine) a été proposé par Kieken (1962). Par la suite, Raoult (1974), Bouillin (1977) et Vila (1980) ont défini l'ensemble de ces structures formées par l'orogénèse alpine comme la superposition d'unités allochtones charriées sur l'autochtone présaharien (voir Fig. 3). Cette composition peut être divisée en trois ensembles structuraux comprenant les zones internes, le domaine des flyschs et les zones externes, recouvertes de matériaux mio-plio-quadernaires discordants.

I. 3. 2. Les zones internes :

Les massifs de socle en Algérie du Nord sont caractérisés par une couverture de terrains paléozoïques, comme l'a noté Bouillin (1986). Ces terrains comprennent les massifs littoraux cristallophylliens précambriens à carbonifères. Les massifs cristallins les plus importants, situés au Nord en Grande et petite Kabylie, sont recouverts d'une chaîne calcaire Méso-Cénozoïque écaillée, telle que la dorsale calcaire. D'autres massifs, comme celui d'Alger, présentent des controverses quant à leur âge, tandis que les massifs antémésozoïques de Chenoua sont également présents. Dans l'ensemble, ces structures montrent un important chevauchement vers le sud ; ce chevauchement peut atteindre jusqu'à 30 km en Petite Kabylie selon Bouillin (1977).

I. 3. 3. le domaine des flyschs :

Bouillin (1986) divise le domaine des flyschs en trois formations allochtones : les flyschs maurétaniens et les flyschs Massy liens, d'âge Crétacé inférieur au Paléogène, et les flyschs numidiens d'âge Oligo-Miocène. Il s'agit de formations de mer profonde, mises en place par des courants de turbidité.

a) Les flyschs Maurétaniens :

Ils sont relativement épais et se composent d'une série comprenant des radiolarites à la base. Au Maroc, dans le Rif central, ces radiolarites sont associées à des conglomérats à galets de dolérites et aux calcaires du Dogger (Andrieux, 1971). En Algérie, dans le massif de Chellata (Grande Kabylie), Gérald (1979) a observé un petit affleurement de radiolarites et de roches basiques à la base de ces flyschs. En Petite Kabylie, de vastes affleurements du substratum initial de ces flyschs apparaissent. Ils se trouvent à la frontière des nappes du socle interne (Durand Delga, 1997 ; Bouillin, 1978) ou dans des fenêtres qui traversent ces nappes (Bouillin, 1982). Les formations sont composées d'un ensemble pélito-calcaro-gréseux d'âge Néocomien et d'un ensemble pélito-gréseux en gros bancs d'âge Albien inférieur à moyen et Les séries maurétaniennes, allant du Vraconien au Lutétien, sont caractérisées par un ensemble argilo-calcaire contenant des débris de calcaire et de quartz. Le sommet de ces séries est constitué de niveaux conglomératiques datant du sénonien supérieur et du paléogène.

b) Les flyschs Massyliens :

Raoult (1969) a employé le terme "massylien" pour décrire les flyschs schisto-quartzeux d'Albo-Abtiens de Glangeaud (1932), qui comprennent des couches pélito-quartzitiques datant du Crétacé inférieur à la base, et des couches pélito-microbrichiques du Cénomaniens au Sénonien au sommet.

c) Les flyschs Numidiens :

Il s'agit du troisième type de flyschs, qui sont des flyschs gréseux pélitiques de l'Oligo-Miocène, datant de l'Oligocène supérieur au Burdigalien inférieur selon Lahondère et al. (1979). Avant la fin du Burdigalien, ces formations ont subi un décollement et un charriage vers le nord, comme décrit par Bouillin (1977) et Vila (1980).

I.3. 4. Les zones externes :

Elles montrent des variations significatives de la région du Maroc à la Sicile (Bouillin, 1986), ce qui complique les corrélations sur de si grandes distances. Ces formations, situées plus au Sud, sont des nappes allochtones et para-autochtones de flyschs comprenant des terrains datés du Crétacé à l'Éocène. Elles ont subi une importante tectonique tangentielle à la fin du Lutétien ou de l'Oligocène (Bouillin, 1977) et se chevauchent sur l'autochtone saharien. En Algérie, il s'agit des nappes telliennes qui s'alignent du Nord au Sud comme suit :

a) La zone ultra-tellienne :

(Durand Delga, 1969) est caractérisée par des faciès bathyaux clairs au Crétacé et à l'Éocène et une composante détritique au Sénonien et à l'Éocène à sa marge septentrionale.

b) La zone tellienne au sens strict :

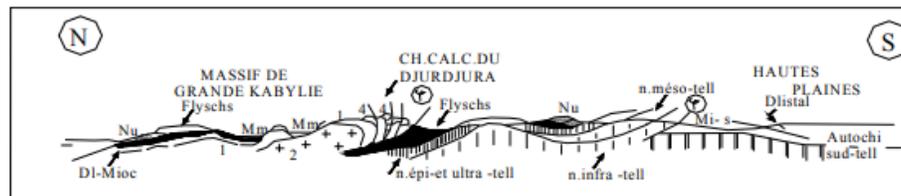
Regroupe l'essentiel des unités des Bibans, épi, méso et infra-telliennes décrites par Kieken (1962).

c) La zone péni-tellienne :

est caractérisée par des influences néritiques. Ces séries en étés confondues avec les formations de type plateforme réputée autochtone (Vila, 1980).

I. 3. 5. Les formations post nappes :

Ces formations du Mio-Plio-Quaternaire, comprenant des strates miocènes, pliocènes et quaternaires, recouvrent en discordance toutes les formations antérieures, y compris le Numidien et les olistotromes. Du fait de leur caractère post-orogénique, ces formations entretiennent une relation étroite avec le magmatisme néogène, où les corps ignés se sont formés dans les bassins d’effondrement post-nappes.



Légende:

Zones Internes

- Massifs Internes: 1: micaschistes paléozoïques ; 2: gneiss;
- 4: couverture mésozoïque ("Dorsale" calcaire;
- Ol, Mio: molasse de l'oligocène sup-miocène inf ("OMK").

Zones externes

- Flyschs mésozoïques-paléogènes (flyschs Kabyles).
- Flyschs oligocènes sup-miocène inf (flyschs numidiens).
- Nappes telliennes: nappes ultra et épi-telliennes, à sédiments déposés en bassins profonds: nappes méso-telliennes, nappes infra-telliennes

Autochtone

- Plateforme néritique.

- Q1: Front des zones internes ("chevauchement Kabyle"); Miocène inférieur.
- Q2: Front sud-tellien : Miocène supérieur.
- Mm: Miocène post-nappe.
- Mi-s: Miocène de l'avant fosse sud tellienne.

Figure. 3 : Coupe Schématique Synthétique représentant les différentes unités des structurales des maghrébides au niveau de Grande Kabylie Glaçon (1973).

I.4. Géologie Locale :

I.4.1. INTRODUCTION :

Le complexe magmatique tertiaire de la Kabylie de Collo affleure au sein d'un ensemble métamorphique et sédimentaire qui participe à la formation à cet édifice structural (Fig. 4). Ces unités sont bien intégrées dans le schéma géologique global des Maghrébides.

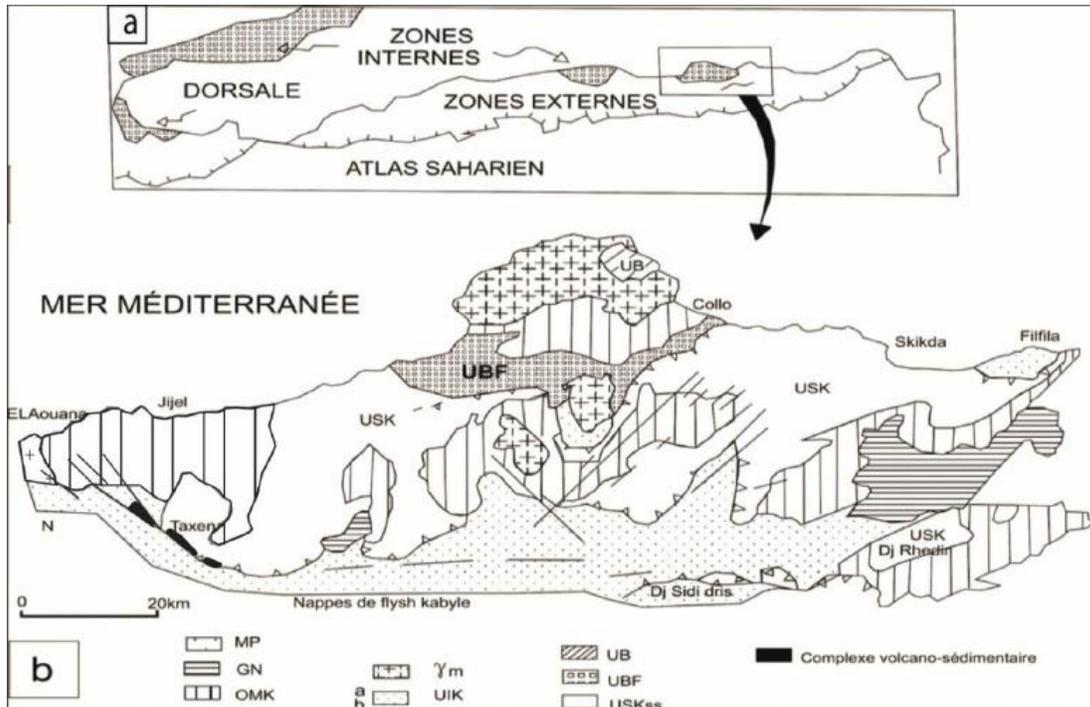


Figure. 4 : (a) Les grands ensembles géologiques de la chaîne des Maghrébides ; (b) Les ensembles géologiques de la petite Kabylie d'après (Mahdjoub, 1991). UB : Unité Bougaroun ; UBF : Unité des Beni Ferguene ; USK : Unité de Socle Sens. Strict ; UIK : Unités infra kabyles ; (a) complexe de roches vertes volcano-detritiques de Texana (Sendouah-Tabellout) ; (b) Unités mauritaniennes ; GN : Nappes numidiennes ; OMK : Oligo-Miocène-Kabyle ; δm : Granites miocènes.

I. 4.2. LES GRANDES SÉRIES GÉOLOGIQUES DE LA PETITE KABYLIE :

Les différentes formations de la petite Kabylie sont représentées sur la Figure 5.

I.4. 2. 1. Les formations métamorphiques :

Les affleurements du socle de la Petite Kabylie couvrent de vastes étendues dans la région d'étude. Ce socle est constitué d'une nappe étendue reposant sur des terrains mésozoïques et cénozoïques qui ont déjà fait l'objet de descriptions anciennes par des chercheurs tels que Roubault (1934), Durand Délga (1955), Mahdjoub et Merle (1990), et Mahdjoub et al. (1997). Actuellement, on considère que ce massif présente une structure compartimentée. Il est supposé que ce socle est découpé par une grande zone de blastomylonites et charrié vers le sud (sur une distance allant jusqu'à 30 km) sur les ensembles de flyschs. La Petite Kabylie, située dans le nord-est de l'Algérie, fait partie de la région plus vaste de la Kabylie.

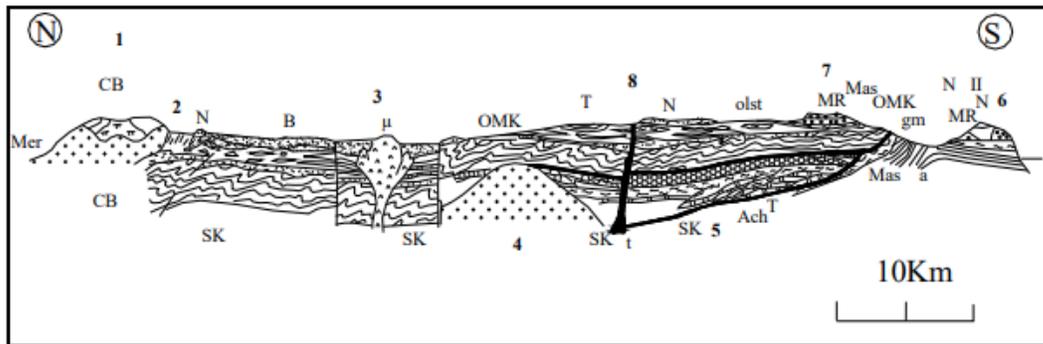


Figure. 5 : Coupe synthétique et théorique de la Kabylie de Collo et d'El Millia. (D'après Bouillin, 1979 ; modifiée). SK : Socle Kabyle. CB : Socle du Cap Bougaroun associé aux péridotites. OMK : OligoMiocène Kabyle. OLST : Ollisostomes à blocs et oollistolites de flyschs-maurétaniens et massylien. T : Lambeau de formations telliennes à position supra-Kabyle. MR : Fyschs maurétaniens. Mas : Flyschs massyliens. N : Numidien. B : Burdigalien Moyen-Superieur post nappes. μ : microgranite. CB : granite du Cap Bougaroun. t :Trias en position de diapir à travers le socle Kabyle. Ach : Série maurétanienne épimétamorphique des Achaïches. 1 : massif du Cap Bougaroun. 2 : bordure Nord- Ouest du « bassin » de Collo. 3 : environ de Collo et bassin d'El Milia.4 : fenêtre des Beni Toufout. 5 : massif du moul ed Demamène. 6. chaînon d'El Karn. 7 : synclinal de l'Oued Rezel, au Sud-Ouest d'Ain Kachera. 8 : Trias du Djebel arbala et au environ de la mechtat Stalgneuf.

Dans la région de l'étude, au Nord de la Kabylie de Collo, le massif de socle du Cap Bougaroun présente des péridotites connues depuis longtemps (Curie et Flamand, 1890). Ce massif de socle, situé au Nord-Ouest de Collo, est limité dans sa partie orientale par la presqu'île du Cap Bougaroun. Il est isolé du reste du socle Kabyle par les terrains sédimentaires du "bassin" de Collo (Bouillin et Kornprobst, 1974). À l'Ouest et au Nord, il est délimité par des granites et des microgranites miocènes. Il semble plus ou moins "flotter" sur des roches éruptives (Zegadi, 1967). Le socle du Cap Bougaroun est essentiellement composé de péridotites et de gneiss, avec quelques petits affleurements de roches calcaïques sous forme de lentilles dans les gneiss près de l'ancienne mine d'Ain Sedma, qui sont recoupées par des filons de pegmatite.

Le massif de socle affleure également au niveau de Beni Afeur (au sud de Jijel). Selon Durand-Delga (1951), ce socle se subdivise en deux ensembles principaux : le premier ensemble est principalement constitué de schistes satinés, de grès et de porphyroïdes œillés. Le deuxième ensemble, quant à lui, comprend des gneiss (fins et œillés), des intercalations de marbres localement puissantes et, parfois, des amphibolites.

I.4. 2. 2. Les formations sédimentaires :

A) La dorsale Kabyle :

Elle est également appelée la « chaîne calcaire » (Glangeaud, 1933). Elle constitue la couverture stratigraphique de la bordure méridionale du socle kabyle et est formée par des terrains d'âge Paléozoïque à Oligocène. Sur la transversale de Collo - El Milia, Bouillin (1979) a remarqué l'absence de cette unité, mais elle apparaît immédiatement à l'est de la transversale de Collo. Cette dorsale est subdivisée en trois sous-unités superposées (Raoult, 1974). Du nord vers le sud, ces séries peuvent être réparties dans trois zones déjà connues dans le Djurjura (Flandrin, 1952) et dans le Rif (Griffon, 1966 ; Raoult, 1966).

*Au nord, la dorsale interne montre un soubassement paléozoïque avec une série complète qui s'étend du Permo-Trias au Néocomien. Le Néocomien est directement surmonté par des calcaires biogéniques de l'Éocène inférieur à l'Éocène moyen, de caractère littoral.

*La série dite médiane est caractérisée par la permanence de dépôts marneux à microfaunes pélagiques, du Turonien au Lutétien inférieur. Elle comporte également des termes du Permo-Trias, du Lias et du Crétacé inférieur.

*Au sud, la dorsale externe présente un Crétacé supérieur et un Éocène inférieur détritiques et lacustres. À partir du Crétacé supérieur, il existe une coupure nette entre la dorsale et le flysch maurétaniens.

B) Les flyschs :

On Algérie on distingue deux types principaux de flyschs antépriaboniens : les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens (Gélard, 1969 ; Bouillin, 1979).

Les flyschs maurétaniens : sont classés par Bouillin (1979) en trois groupes :

-Le premier groupe, appelé groupe interne, affleure dans les régions de Sidi Rhiat, Sidi Ahmed et Ain Naceur sur le flanc est de Moul Demamène, au sud-est d'El Milia. Ce groupe est constitué de séries caractérisées par l'absence de la majeure partie du Jurassique, reposant sur un soubassement paléozoïque et permo-triasique. De plus, il présente des grès du Crétacé inférieur d'épaisseur relativement faible, ainsi que des lacunes et des discordances au Crétacé et au Paléocène-Éocène. Les séries de ce groupe pourraient correspondre à des dépôts situés sur un talus reliant la dorsale médiane au sillon des Flyschs.

- Le deuxième groupe, appelé groupe médian, affleure à El Karn (près du Djebel Aicha au nord-ouest de Tamalous). Il est constitué d'un flysch calcaire du Crétacé inférieur, suivi d'un flysch gréseux bien développé. Il est important de noter que la série des Achaïches fait partie de ce groupe de flyschs. Les séries de ce groupe semblent correspondre à la zone de remblayage maximale, située au pied même du talus.

- Le troisième groupe, appelé groupe externe, correspond à la série de Tamalous. Elle est relativement moins épaisse et présente une granulométrie plus fine pour ce qui concerne les termes du Sénonien et de l'Éocène. Ces flyschs semblent correspondre à une zone d'étalement, située assez loin du talus, et sont constitués de matériaux provenant du sud.

Les flyschs massyliens :

Le Crétacé inférieur est constitué de roches péliito-quartziques caractérisées par la présence de microbrèches à ciment pélitique en couches de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres, tandis que le Cénomanién présente généralement des niveaux de phtanites. (Satuoh,2007).

C) Les séries telliennes :**- Les séries épi-telliennes :**

Au Lias, on trouve des dolomies suivies de calcaires à silex. Le Dogger-Malm présente des calcaires fins et des niveaux radiolaritiques minces. Le Néocomien est caractérisé par des marno-calcaires contenant des ammonites pyriteuses. L'Albo-Abtien est généralement de nature pélitique, tandis que le Cénomanién peut être discordant ou absent. Ces formations affleurent davantage au Sud du front du socle Kabyle, où elles constituent le prolongement oriental de la chaîne des Babors. Les niveaux inférieurs de cette série, soulevés par d'importantes failles tardives, forment des reliefs tels que Kef Sema, Dj Meid Aicha et Dj Sidi Marouf.

Plus au Nord, Bouillin (1979) décrit plusieurs séries telliennes telles que celles de Tissimiran et des Kefs, qui viennent s'ajouter à d'autres formations telliennes affleurant au Nord-Est d'El Milia.

Les séries ultra-telliennes :

Ces formations sont composées de roches marneuses depuis le Crétacé inférieur. Dans la zone d'étude, au pied Sud du Djebel Sidi Achour et au Sud du Djebel Zitouna, affleurent des formations datant du Crétacé supérieur qui présentent des caractéristiques intermédiaires entre les séries massyliennes et ultra-telliennes (Bouillin, 1979).

D) l'Oligo-Miocène Kabyle :

Cette formation détritique micacée constitue la couverture discordante du socle Kabyle. Sa base est conglomératique et d'âge Oligocène supérieur, tandis que son sommet, atteignant la base du Burdigalien, est formé de sélexite. Ces formations sont localisées dans la partie nord du bassin d'El Milia, à Chabet Guerbedj (dans le même secteur), et sur le flanc ouest du Dj.Aicha près de Tamalous. Les conglomérats sont particulièrement épais le long d'une zone allongée allant de la cuvette de Tamalous vers Souk el Metoub, ce qui pourrait indiquer le tracé d'une importante paléo-vallée antérieure à l'Oligocène (Bouillin, 1979).

E) La séries numidienne :

À la base, cette formation comprend des argiles varicolores, dont le sommet est daté de l'Oligocène supérieur en Grande Kabylie. Ensuite, on trouve des grès en gros bancs, avec des grains de quartz bien roulés, et enfin les formations supra-numidiennes (marne et silexite) qui atteignent la base du Burdigalien. (Satuoh,2007).

F) Les formations post-nappes :

Ces roches sont datées à leur base du Burdigalien supérieur. Elles se développent dans la région du socle Kabyle et se composent de deux cycles : le premier est marneux (à la base), situé au Nord-Ouest du bassin d'El Milia, tandis que le second est gréseux (au sommet) et transgresse le premier, localisé dans le secteur d'El Oulouj (bassin de Collo) (Satuoh,2007).

G) Les formations éruptives :

Les travaux de Roubault (1934) ont révélé dans la région de Collo (petite Kabylie) l'affleurement de deux masses de roches d'origine magmatique post-Burdigalienne : le premier est localisé au Cap Bougaroun (granite du Nord) et l'autre à Beni Toufout (granite du sud). Ces roches ignées comprennent des granites, des microgranites, des rhyolites et des roches basiques et ultrabasiques. D'après l'analyse des différentes cartes géologiques (Roubault, 1934 ; Bouillin et Kornoprost, 1974 ; Ouabadi et al., 1992), une évolution spatiale de mise en place de ces roches magmatiques (microgranites, granites à grains fins et granites à grains grossiers vers la région d'Oued Zhour) peut être observée dans la région depuis l'Est jusqu'à l'Ouest. Les roches encaissantes sont représentées par des gneiss, des micaschistes et des schistes du socle primaire, ainsi que par des argiles et des marnes de l'Éocène. Le Quaternaire est représenté par des alluvions.

Les roches basiques sont peu représentatives et de moindre extension. Les roches ultrabasiques se divisent en deux types. D'une part, celles localisées au voisinage du Cap Bougaroun, qui correspondent à des péridotites associées au gneiss à cordiérite et sillimanite. D'autre part, on trouve des époinnements qui affleurent à environ quinze kilomètres plus au sud-ouest, près du Mechta de Yaddène. Ces roches présentent certains caractères communs aux complexes stratifiés et aux séries ophiolitiques (Bouillin et Kornoprost, 1974).

Matériels
et
Méthodes

II. Données et matériels utilisés :

II.1. Data satellitaires :

Dans notre étude, nous avons utilisé les images capturées par les satellites LANDSAT 8 OLI Path 194 et Row 34. Ces images ont été prises le 5 février 2024 et couvrent l'intégralité de la région d'El Collo.

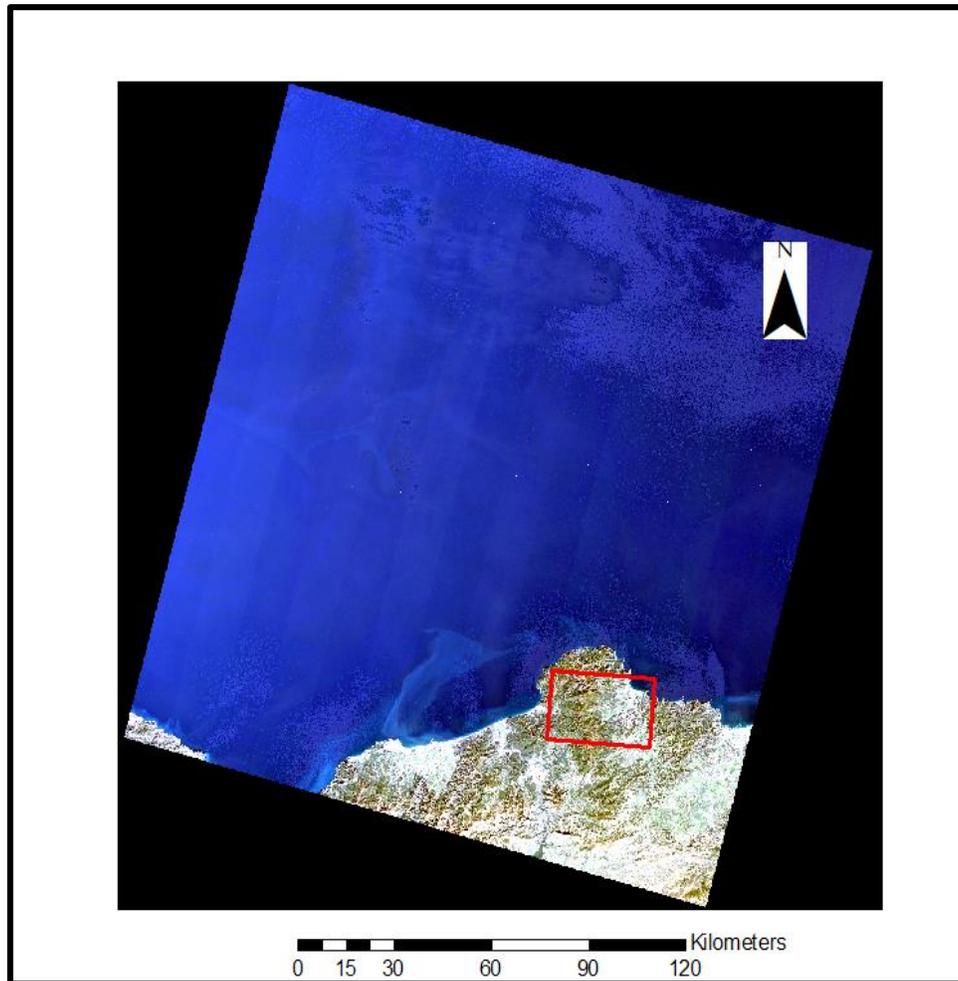


Figure.6 : Scène LC08_L2SP_194034_20240205

Le lancement du satellite LANDSAT 8 a eu lieu le 11 février 2013 à partir de la base aérienne de Vandenberg, en Californie. La charge utile de ce satellite comprend deux instruments scientifiques : l'imageur terrestre opérationnel (OLI) et le capteur infrarouge thermique (TIRS).

Tableau. 1: Landsat-8 Parameters:

Operateur	NASA (National Aeronautics and Space Administration), USGS (United States Geological Survey)
Date de lancement	11 Février 2013
Hauteur de l'orbite	705 km
Type d'orbite	Sun-synchronous near-polar
Periode d'orbite	99 minutes
Inclinaison	98.2
Résolution temporelle	16 days
Equatorial Crossing Time	10:00 a.m. +/- 15 minutes
Capteurs embarqués fournis sous TPM	Operational Land Imager (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS)

Ces deux capteurs offrent une couverture saisonnière de la masse continentale mondiale avec une résolution spatiale de 30 mètres (visible, proche infrarouge, proche infrarouge à ondes courtes); 100 mètres (thermique); et 15 mètres (panchromatique) (Tableau 2). Landsat 8 a été développé en collaboration entre la NASA et le United States Géological Survey (USGS).

Tableaux. 2 : Les bandes spectrales de Landsat 8 et les bandes spectrales de TIRS de OLI présentent les caractéristiques suivantes :

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution	Irradiance solaire
Bande 1 - Côtier/aérosol	0,433 – 0,453 μm	30m	2031W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)
Bande 2 – Bleu	0,450 – 0,515 μm	30m	1925 W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)
Bande 3 – Vert	0,525 – 0,600 μm	30m	1826 W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)
Bande 4 - Rouge	0,630 – 0,680 μm	30m	1574 W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 – 0,885 μm	30m	955 W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)
Bande 6 - Infrarouge à ondes courtes	1,560 – 1,660 μm	30m	42 W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)
Bande 7 - Infrarouge à ondes courtes	2,100 – 2,300 μm	30m	82.5 W/($\text{m}^2\mu\text{m}$)

Bande 8 - Panchromatique	0,500 – 0,680 µm	15m	1739 W/(m²µm)
Bande 9 - Cirrus	1,360 – 1,390 µm	30m	361 W/(m²µm)

Bande spectrale thermiques	Longueur d'onde	Résolution
Bande 10 - Infrarouge à grande	10,30 – 11,30 µm	100m
Bande 11 - Infrarouge à grande	11,50 – 12,50 µm	100m

Tableaux. 3 : Combinaisons de Bandes pour Landsat 08 :

Natural Color	4 3 2
False Color (urban)	7 6 4
Color Infrared (vegetation)	5 4 3
Agriculture	6 5 2
Atmospheric penetration	7 6 5
Healthy Vegetation	5 6 2
Land_Water	5 6 4
Natural With Atmospheric Removal	7 5 3
Shortwave Infrared	7 5 4
Vegetation analysis	6 5 4

II.2. Données Géologiques :

Les informations géologiques exploitées comprennent des données sur la lithostratigraphie et la structure, présentées sur une carte géologique à l'échelle 1/50,000 (ANGCM, 2009). Ces données sont complétées par des profils de formations rocheuses. L'analyse des cartes vise à faciliter les recherches en lithostratigraphie, à mieux appréhender l'évolution tectonique et géodynamique de la région.

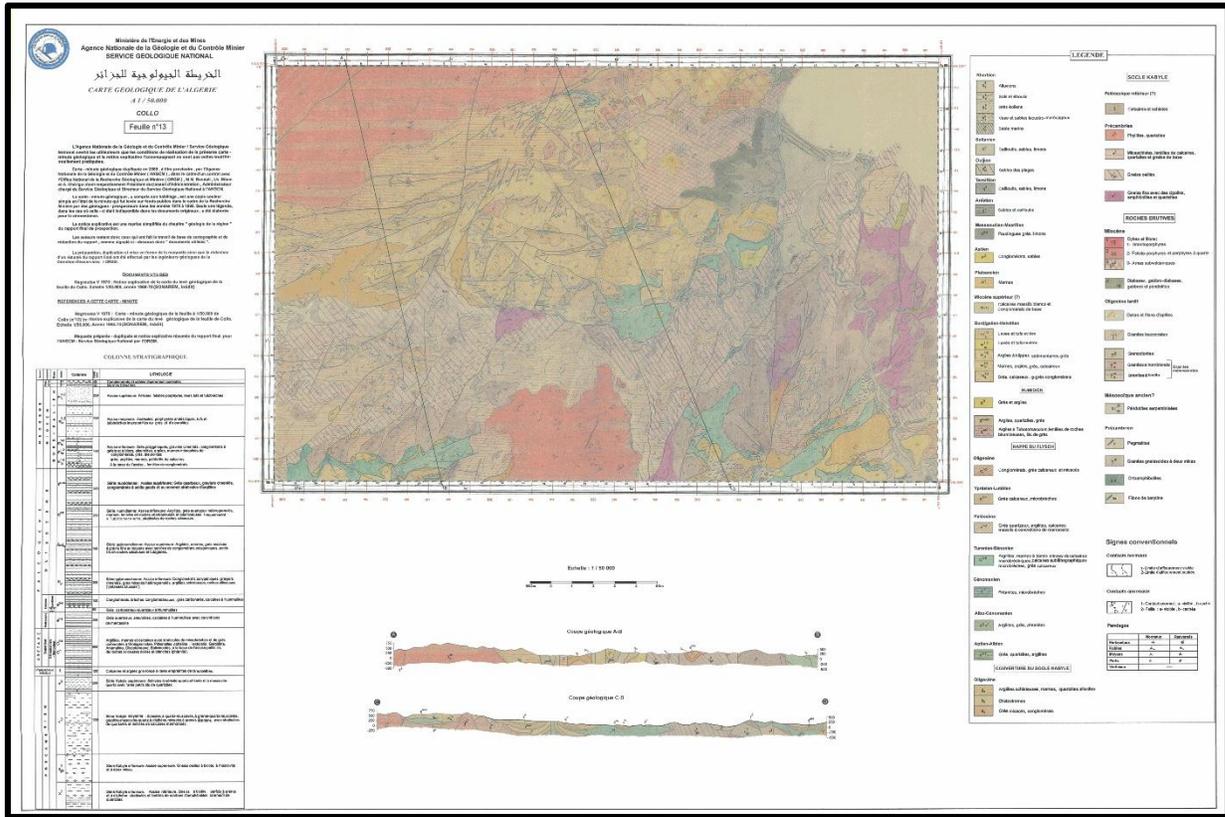


Figure. 7: Carte géologique de région d’Collo 1/50 000(ANGCM, 2009)

II.3. Logiciels Utilisée :

Pour les traitements des images satellitaires (Cartographie lithologique,), nous avons utilisé le logiciel ENVI4.7. Pour l’extraction automatique des linéaments, nous avons utilisé le logiciel Géomatica. Enfin, pour les traitements, nous avons utilisé le logiciel Arc Gis.

ENVI :

Ce logiciel commercial, développé en IDL (Interactive Data Language) par ITT Vision Solution Information, offre des fonctionnalités de programmation avancées. Il propose toutes les méthodes de traitement d’images satellitaires telles que la transformation des données, le filtrage, la classification, la correction géométrique, l’analyse spectrale, les outils radar, etc. ENVI permet une extraction rapide d’informations pertinentes à partir d’images géospatiales, ainsi que l’exploration de données, l’analyse, le partage

d'informations et de nombreuses transformations pour les SIG. L'importation/exportation de l'éditeur de liens facilite l'intégration des données avec d'autres logiciels SIG, CAO et DAO sous-jacents.

Géomatica :

PCI Géomatica est un logiciel de bureau qui offre des outils de télédétection et de photogrammétrie numérique, d'analyse géospatiales, de cartographie, de mosaïquage, et bien plus encore. Ce logiciel permet aux utilisateurs d'exploiter des images pour soutenir diverses applications telles que l'agriculture, la sécurité et le renseignement, la défense, l'industrie pétrolière et gazière.

Arc Gis :

Arc GIS est un système complet pour la collecte, l'organisation, la gestion, l'analyse, la communication et la diffusion d'informations géographiques, permettant de visualiser des statistiques géographiques à travers la construction de cartes en couches, telles que des données climatiques ou des flux commerciaux. Arc GIS se compose de plusieurs logiciels, dont ArcMap, ArcCatalog, ArcGIS Pro, ArcScène et ArcGlobe.

II.4. Méthodologie :

L'organigramme résume les étapes des traitements que nous avons faites sur les images pour faire une étude cartographique lithologie et linéament aire sur l'image satellitaire.

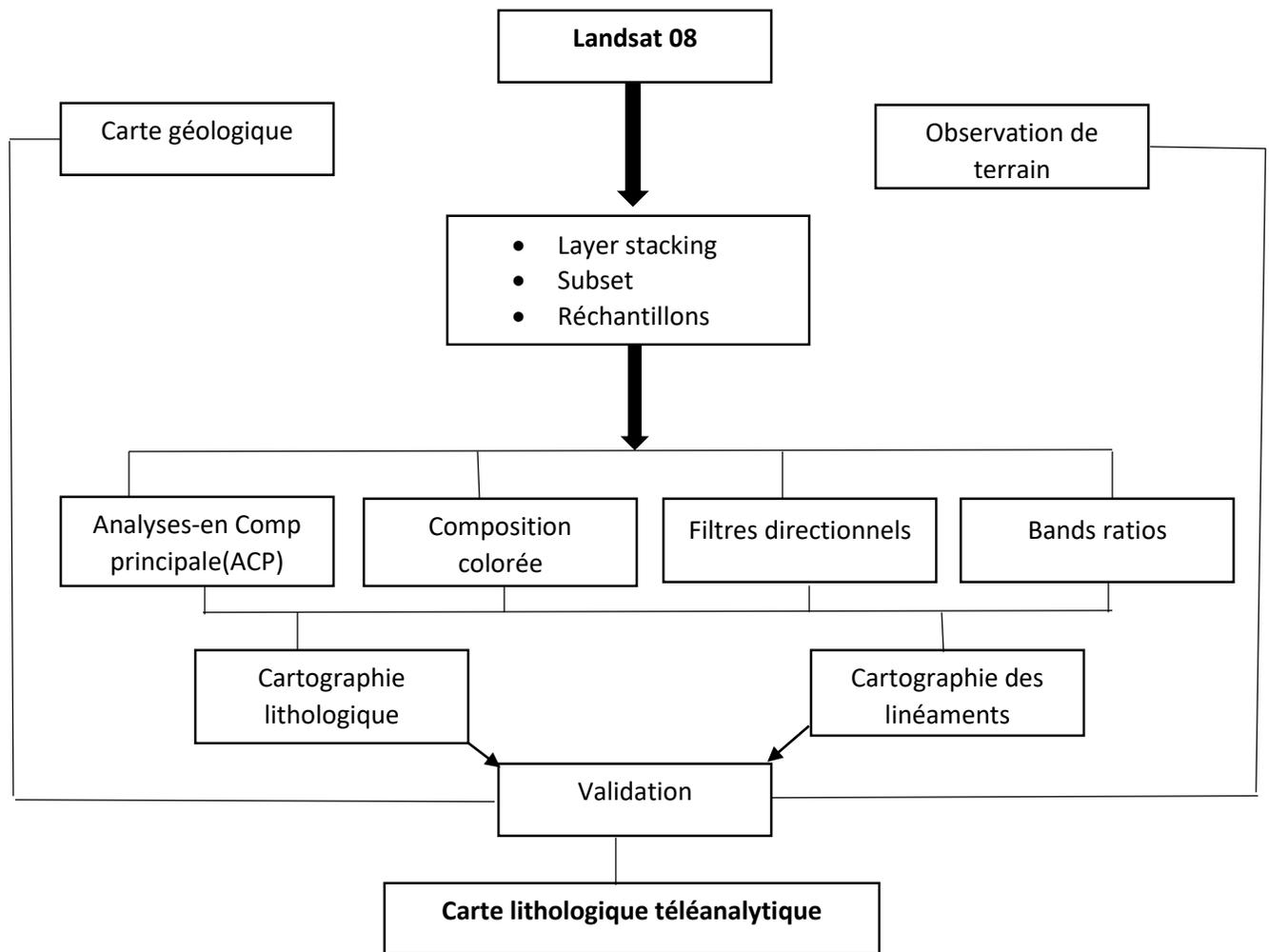


Figure.8 : Organigramme représente la méthodologie de travail

II.4.1. Prétraitements (logiciel ENVI) :

• Layer stacking :

Afin de simplifier les processus de traitement, nous avons regroupé les bandes dans un seul fichier.

•Subset :

Sélection et extraction de la zone d'étude dans l'image satellitaire pour concentrer et faciliter l'identification des différentes formations (unité lithologique, et linéaments) et également réduire le volume et la complexité des données.

- Réchantillons :

Les données sont des résolutions spatiales (30m). Avant de procéder à tout traitement, il faut faire un échantillonnage des images et les remettre à 15m.

II.4.2. Traitements (logiciel ENVI) :

Traitement d'amélioration ou du rehaussement :

Ce processus vise à accroître le contraste d'une image pour améliorer sa visualisation et faciliter son interprétation visuelle. Il existe plusieurs méthodes d'étirement disponibles. La zone d'étude se trouve dans une région montagneuse, ce qui a entraîné la présence d'ombres des montagnes sur la photo, afin de distinguer les différents faciès et structures. Pour ce faire, nous avons utilisé plusieurs méthodes d'étirement dans notre secteur.

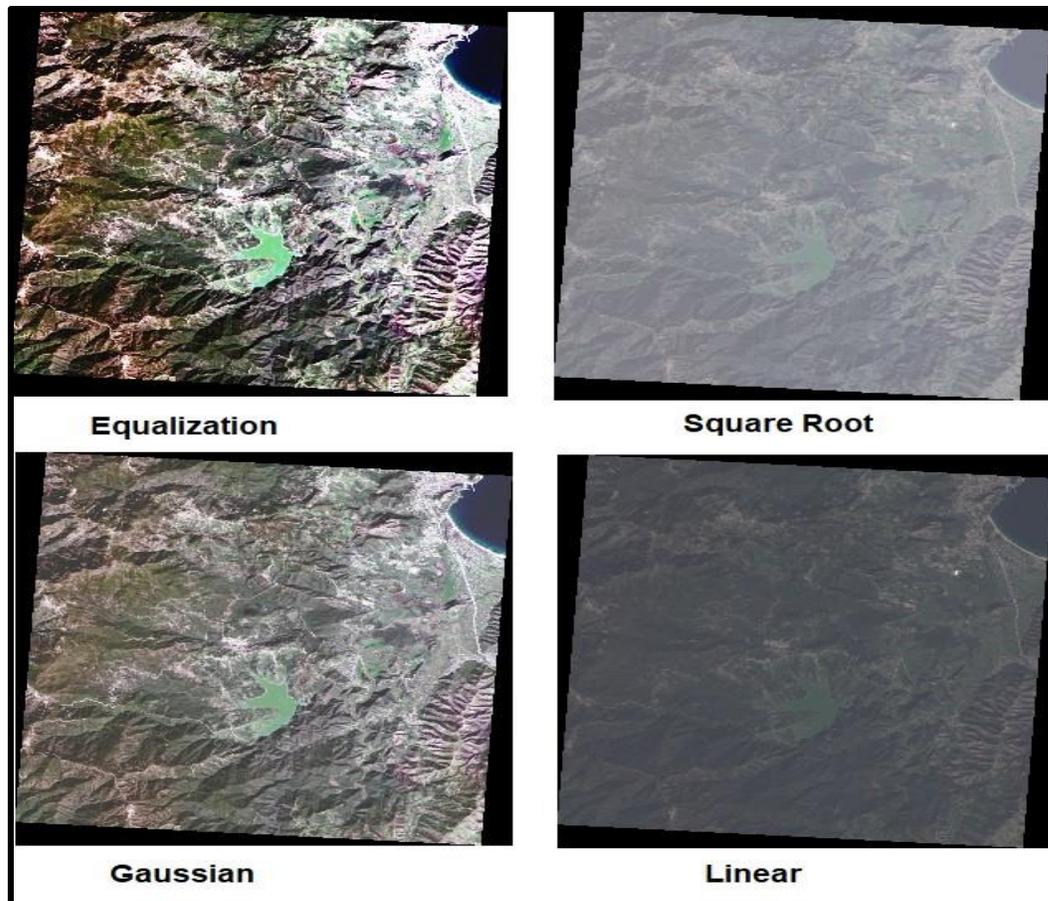


Figure.9 : Traitement de rehaussement d'image

Traitements thématiques :

La transformation d'image est une procédure similaire à l'amélioration d'image, mais elle se distingue par le fait qu'elle combine le traitement des données de plusieurs bandes spectrales, contrairement à l'amélioration d'image qui est généralement appliquée à une seule bande de données à la fois. Des opérations arithmétiques telles que l'addition, la soustraction, la multiplication et la division sont utilisées pour fusionner et convertir les bandes d'origine en une "nouvelle" image qui met en évidence certains éléments de la scène de manière plus claire. Nous allons examiner certaines de ces opérations, notamment diverses méthodes de rapport de bande (également appelées rapports spectraux) et un processus appelé analyse en composantes principales, qui est utilisé pour mieux représenter les informations dans les images multispectrales. En outre, nous étudierons les rapports IHS (Teinte Saturation Valeur), les filtrages et le rééchantillonnage, qui sont particulièrement intéressants car ils permettent de générer de nouvelles images en combinant différentes sources d'information afin de mettre en évidence certaines propriétés des données qui ne sont pas évidentes dans l'image originale (Hammad, 2016). Les filtrages, quant à eux, facilitent la détection des limites texturales, ce qui les rend utiles en cartographie linéamentaire.

Tableau 4. Matrice de corrélation de bandes LANDSAT8 OLI

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
Band 1	1.000000	0.999309	0.990842	0.984448	0.869545	0.917441	0.931745
Band 2	0.999309	1.000000	0.994088	0.988922	0.869259	0.923688	0.938622
Band 3	0.990842	0.994088	1.000000	0.994585	0.889835	0.945696	0.953947
Band 4	0.984448	0.988922	0.994585	1.000000	0.868287	0.955408	0.970956
Band 5	0.869545	0.869259	0.889835	0.868287	1.000000	0.914374	0.849422
Band 6	0.917441	0.923688	0.945696	0.955408	0.914374	1.000000	0.983252
Band 7	0.931745	0.938622	0.953947	0.970956	0.849422	0.983252	1.000000

A) L'analyse en composantes principales (ACP) :

L'analyse en composantes principales engendre de nouveaux canaux, permettant la création de compositions colorées qui se révèlent être d'excellents outils pour l'interprétation visuelle, accentuant le contraste entre les différents objets terrestres. Ces nouveaux canaux peuvent également être mélangés avec les canaux d'origine pour former des combinaisons de couleurs. Les résultats de ces combinaisons seront plus efficaces pour mettre en évidence les formations majeures. La première étape de l'ACP consiste à choisir combien de composants principaux conserver. Il n'existe pas de règle générale de décision, les utilisateurs sont libres de sélectionner les composants nécessaires en fonction des critères spécifiques de leur recherche. Les traitements d'analyse en composantes principales (ACP) de notre étude sont illustrés dans la figure 10.

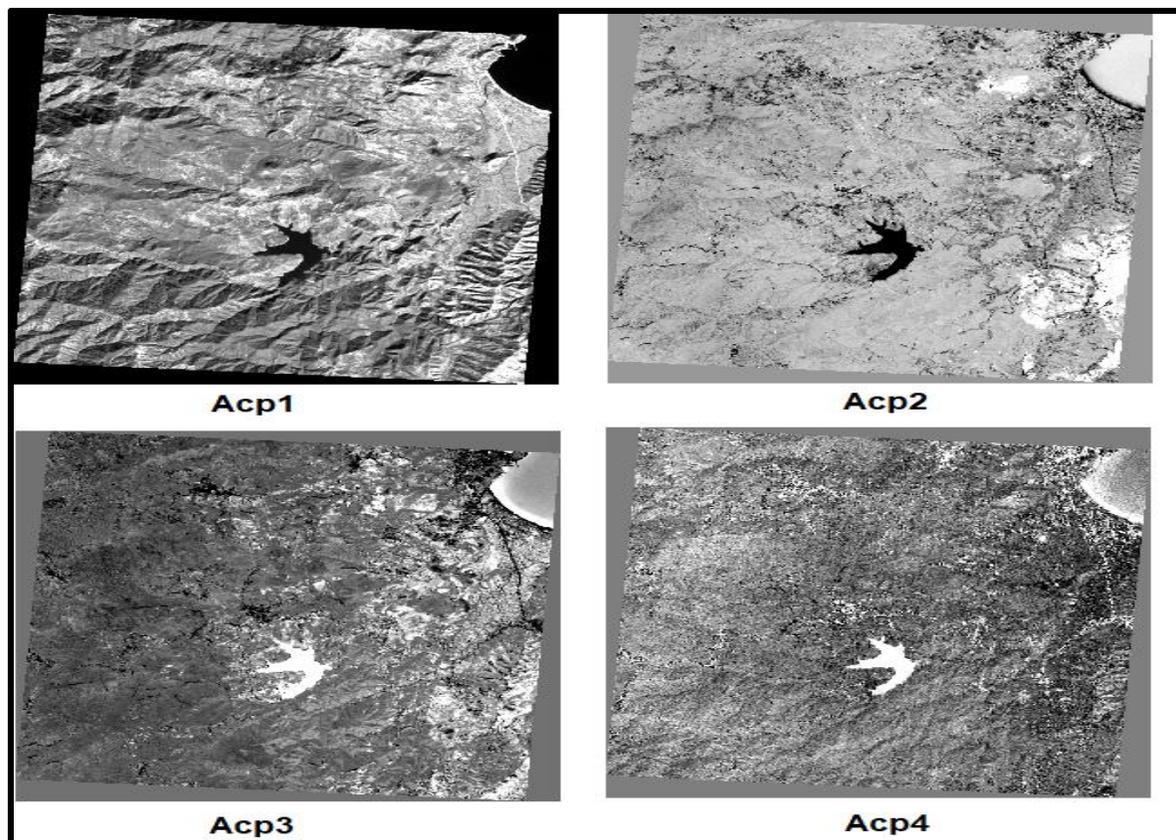


Figure.10 : Traitement de L'analyse en composantes principales (ACP) d'image.

B) Band ratios :

La technique de transformation d'image, connue sous le nom de ratio ou calcul des rapports spectraux, est couramment employée dans le but d'amplifier et de souligner les variations subtiles présentes dans les réponses spectrales des divers objets. Ce traitement multi-spectral met en lumière les différences entre les canaux tout en réduisant les variations d'éclairage des pixels, ce qui diminue les effets de la topographie. Ainsi, ces techniques sont largement utilisées pour atténuer les effets des reliefs, notamment les ombres (Hammad, 2016).

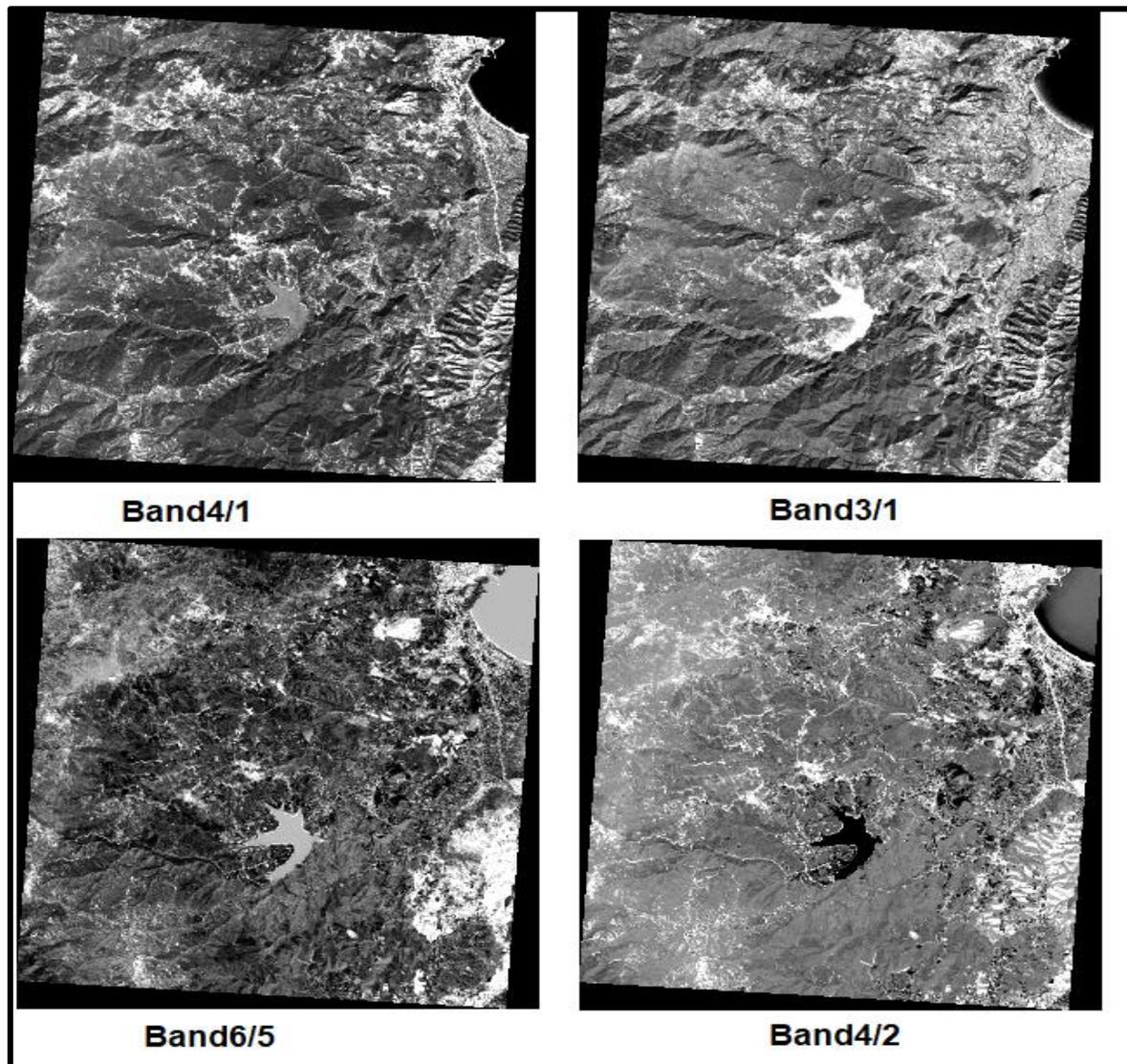
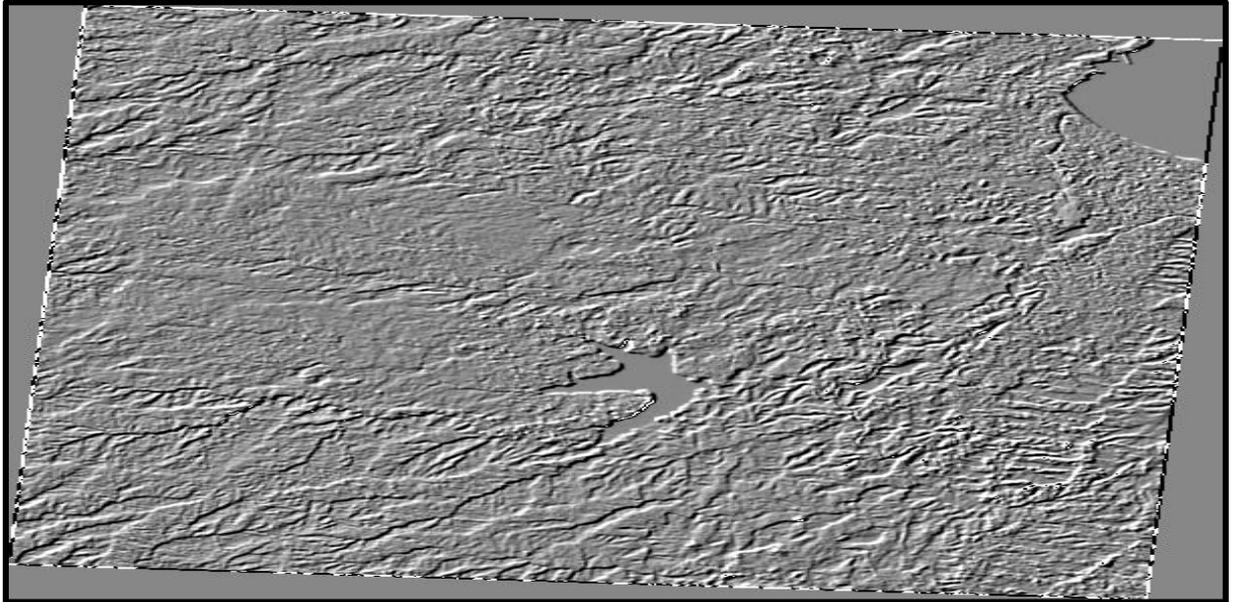


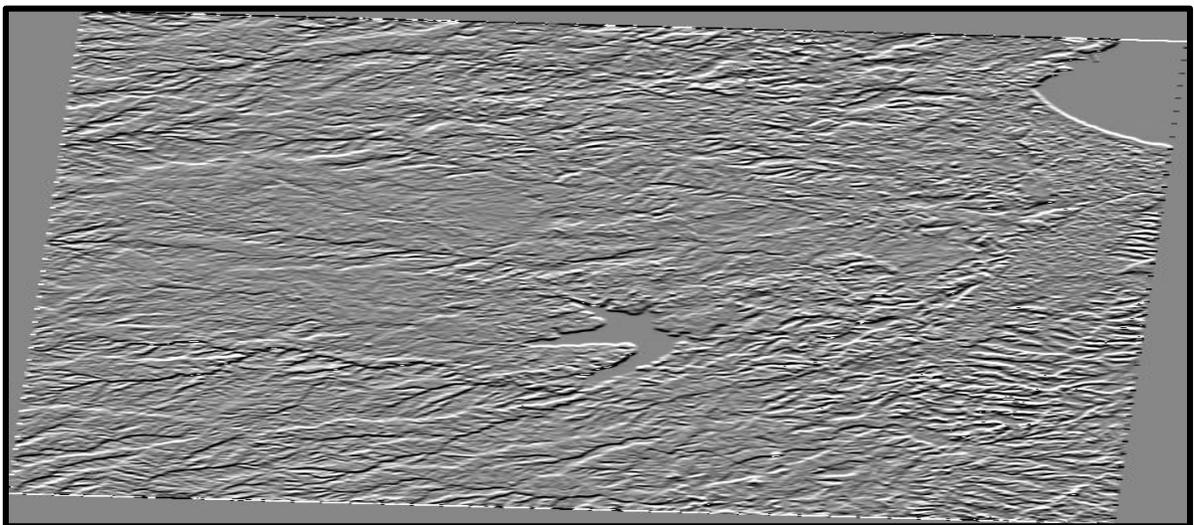
Figure.11 : Les traitements des ratios réalisés

C) Les filtres directionnels :

Des filtres directionnels sont utilisés pour améliorer la visibilité des réseaux linéaires dans les images satellite. Ces filtres accentuent la perception des linéaments en créant un effet d'ombre optique sur l'image. Le filtre facilite l'identification des linéaments dont l'orientation est perpendiculaire à la direction du filtre (Kacemi ali,2013).



Filtre directionnel sur 45° band 5



Filtre directionnel sur 90° band 5

II.4. 3.Extraction automatique des linéaments :

L'avènement de la reconnaissance automatique des caractéristiques a révolutionné l'étude cartographique des failles, l'exploration des ressources en eau et l'analyse de l'histoire tectonique et structurale dans des régions difficiles d'accès (Karnieli et al., 1996). Ces techniques reposent sur la détection de pixels adjacents présentant des changements brusques de niveaux de gris, exploitant des algorithmes dédiés. Diverses techniques de traitement d'image ont été développées et mises en œuvre pour identifier ces structures, en s'appuyant sur des images ou des modèles numériques de terrain (MNT). Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé le module LINE du logiciel Géomatica de PIC. Ce module permet d'extraire les éléments linéaires d'une image et de les enregistrer sous forme de polygones dans une couche vectorielle. Bien que ce module soit conçu pour extraire des caractéristiques d'images, il s'est avéré efficace pour identifier les failles géologiques.

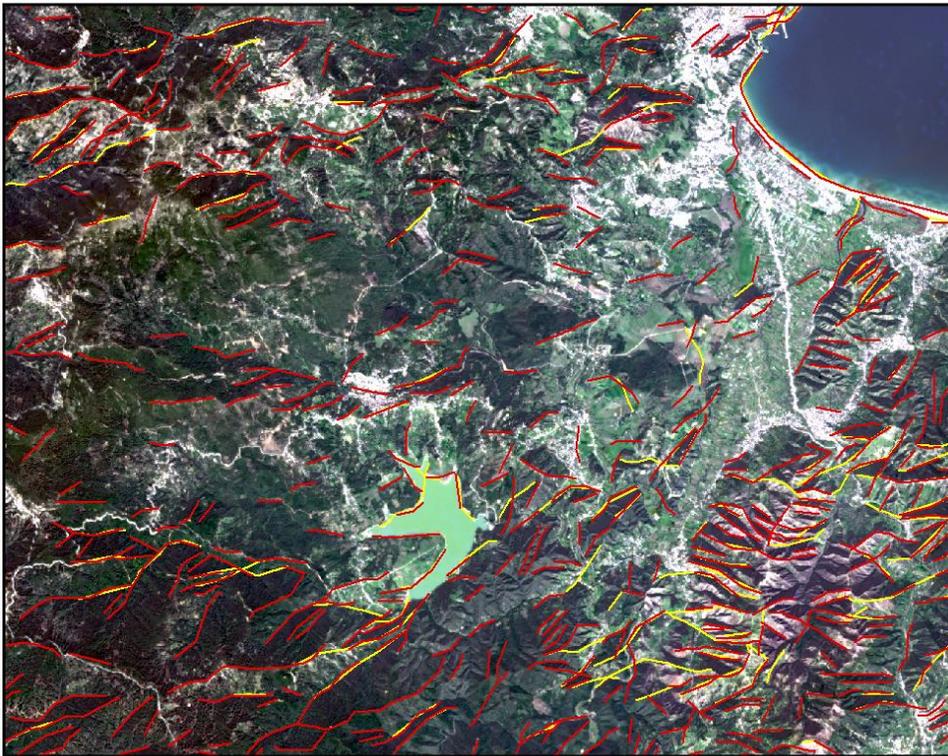


Figure.12 : Extraction automatique des éléments linéaire.

II.4.4. Analyse lithologique et cartographie :

II.4.4.1. Caractérisation visuelle (photo-interprétation géologique):

La photo-interprétation thématique est un concept qui implique l'analyse des photographies aériennes pour lire et interpréter les paysages. Cela permet d'identifier, délimiter et comparer les différentes morphologies présentes dans les images avec des structures géologiques connues (Scanvic, 1983)

II.4.4.2. Caractérisation radiométrique (classification non supervisée) :

Les classifications non supervisées sont des méthodes statistiques qui permettent d'analyser des données numériques en regroupant les pixels ayant des signatures spectrales similaires. Le choix des critères de regroupement des pixels peut être complexe et nécessite une traduction en normes numériques strictes, compatibles avec les procédures arithmétiques. Dans certains cas, il est possible de sélectionner le nombre de classes souhaité à la fin de la classification, en fonction de l'objectif recherché.

Différentes méthodes de classification, telles que K-means et Iso Data, sont disponibles. Dans notre étude, nous avons utilisé ces deux méthodes afin de déterminer celle offrant les meilleures performances dans la zone d'étude.

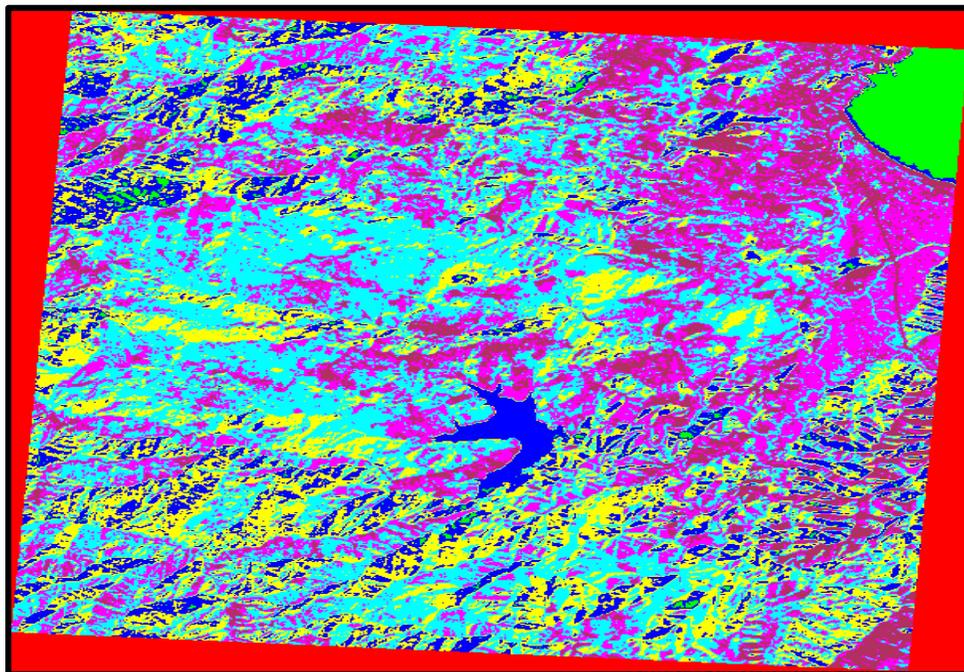


Figure.13 : classification non supervisée iso data

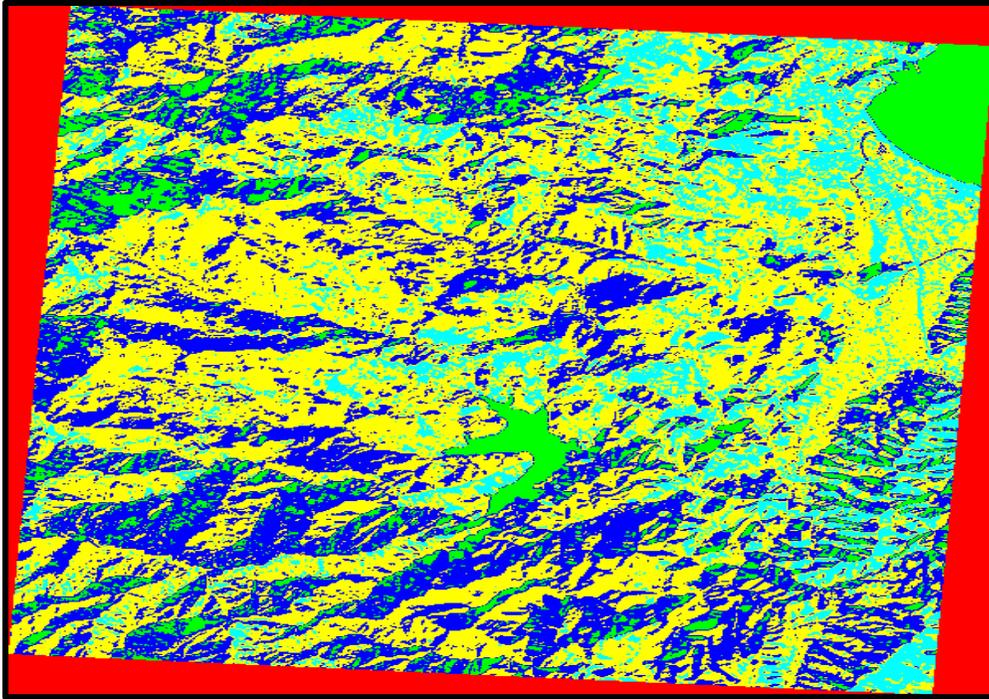


Figure.14 : classification non supervisée K-Means

II.4.5. Extraction automatique des unités lithologiques (classification supervisée) :

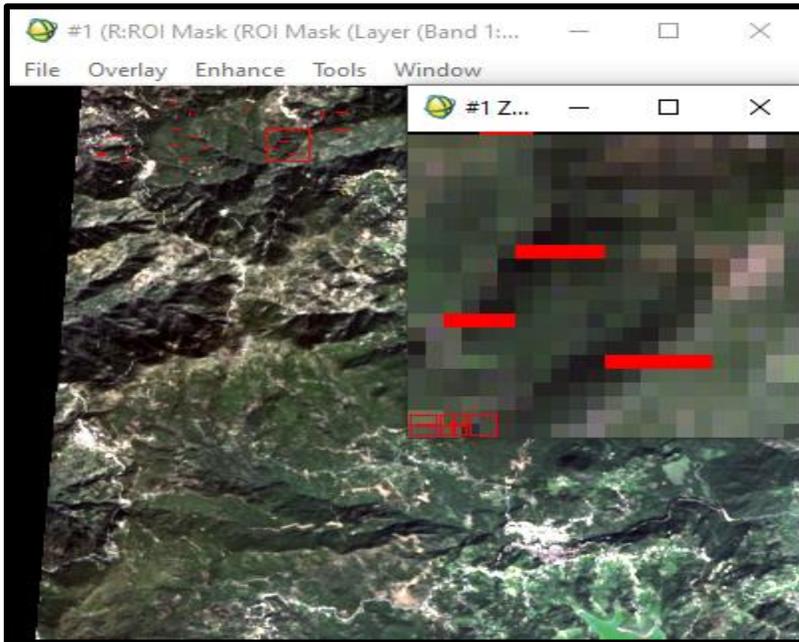
La classification supervisée s'appuie sur nos connaissances (carte géologique et données de terrain) pour délimiter les classes à l'intérieur d'une image à partir d'échantillons prélevés. Chaque échantillon sert de signature de pixel classifiée pour l'extraction automatisée des caractéristiques de surface. Chaque classe identifiée dans l'image correspond à une lithologie observée sur le terrain. Cependant, cette approche présente des défis tels que les contraintes de manipulation et la confusion de classe, découlant des limitations de précision des capteurs et de l'hétérogénéité spatiale. Le logiciel ENVI propose plusieurs méthodes, notamment le parallélépipède, la distance minimale, les Mahalanobis, le réseau neuronal, le maximum de vraisemblance, Neural Net et la machine vectorielle de support (SVM).

II.4.5.1. Procédure de classification supervisée :

A) Echantillonnage (sélection des ROI) :

L'échantillonnage (sélection du ROI) est une tâche très délicate basée sur les résultats de la classification supervisée et de la création de classes de pixels. Chaque classe de pixels correspond à une nature lithologique analysée et identifiée par l'étude d'échantillons prélevés sur le terrain. L'inconvénient majeur de ces méthodes est que seuls trois canaux

sont utilisés pour visualiser la composition de couleur essentielle requise pour la sélection de l'échantillon. Ainsi, il est crucial de choisir les meilleurs canaux pour la visualisation avant de procéder à l'échantillonnage. Pour des résultats optimaux, il est conseillé d'ouvrir une deuxième fenêtre avec une composition de couleur différente, ce qui aidera à créer des échantillons plus précis.



B) Analyse des échantillons :

Statistique des échantillons :

L'analyse statistique des échantillons nous permet d'obtenir des statistiques sur les réponses spectrales de notre échantillon, que nous pouvons valider par le processus de sélection d'échantillon (ROI).

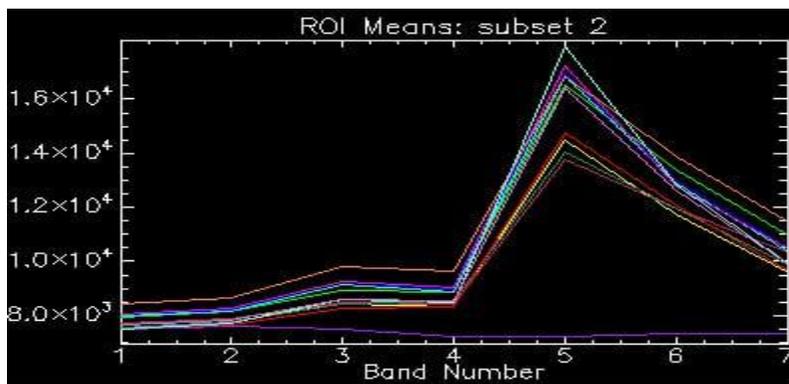


Figure.15 : Statistique des échantillons

Calcul de Séparabilité ROI :

La mesure de la séparabilité des ROI évalue la séparation spectrale entre les paires sélectionnées de ROI dans un fichier d'entrée. Deux mesures de la séparabilité sont calculées : la divergence transformée et la séparabilité de Jeffries-Matusita (Richards, 1999). La moyenne de ces mesures est ensuite calculée, ce qui donne une valeur allant de 0 à 2,0. Une valeur supérieure à 1,9 indique une forte différence statistique entre les paires de ROI sélectionnées, ce qui suggère qu'elles peuvent être bien distinguées. Cette mesure aide à déterminer si les ROI sélectionnées sont distinctes et adaptées à une classification précise.

Tableau .5 : Calcul de Séparabilité ROI reporte de classe

```

ROI Separability Report
File
Queterner [Maroon] 66 points: (2.00000000 2.00000000)
Granodiorites [Sea Green] 56 points: (2.00000000 2.00000000)
Olistostromes [Coral] 35 points: (2.00000000 2.00000000)
Eau (la mer) [Blue] 44 points: (2.00000000 2.00000000)
Granite à biotite [Red] 56 points: (2.00000000 2.00000000)
Argile à Klip sédimentair [Purple] 25 points: (2.00000000 2.00000000)
Ams supvolcanique [Purple3] 26 points: (2.00000000 2.00000000)

Argiltes schisteuses [Magenta] 53 points:
Gneiss Oeillés [Yellow] 58 points: (1.99857637 1.99999877)
Argiltes ,marnes [Cyan] 59 points: (2.00000000 2.00000000)
Queterner [Maroon] 66 points: (2.00000000 2.00000000)
Granodiorites [Sea Green] 56 points: (1.99662265 2.00000000)
Olistostromes [Coral] 35 points: (1.92723332 1.99924413)
Eau (la mer) [Blue] 44 points: (2.00000000 2.00000000)
Granite à biotite [Red] 56 points: (1.89555901 2.00000000)
Argile à Klip sédimentair [Purple] 25 points: (1.99999999 2.00000000)
Ams supvolcanique [Purple3] 26 points: (1.99998493 2.00000000)

Queterner [Maroon] 66 points:
Gneiss Oeillés [Yellow] 58 points: (1.99997538 2.00000000)
Argiltes ,marnes [Cyan] 59 points: (2.00000000 2.00000000)
Argiltes schisteuses [Magenta] 53 points: (2.00000000 2.00000000)
Granodiorites [Sea Green] 56 points: (1.96905629 1.99993908)
Olistostromes [Coral] 35 points: (1.99999278 2.00000000)
Eau (la mer) [Blue] 44 points: (1.99999975 2.00000000)
Granite à biotite [Red] 56 points: (1.99909520 2.00000000)
Argile à Klip sédimentair [Purple] 25 points: (1.96530865 1.99999828)
Ams supvolcanique [Purple3] 26 points: (1.94700444 1.99999961)

Granodiorites [Sea Green] 56 points:
Gneiss Oeillés [Yellow] 58 points: (1.99114811 2.00000000)
Argiltes ,marnes [Cyan] 59 points: (2.00000000 2.00000000)
Argiltes schisteuses [Magenta] 53 points: (1.99662265 2.00000000)
Queterner [Maroon] 66 points: (1.96905629 1.99993908)

```

II.4.5.2. La Classification :

Une fois l'étape ROI terminée, nous passons à la classification supervisée, qui est l'un des principaux objectifs de l'étude. Pour cela, nous avons adopté une approche adaptée aux caractéristiques géomorphologiques de notre région. Cette approche est fiable et donne des résultats significatifs. Nous utilisons la technologie SVM (Support Vector

Machine), qui fonctionne sur le principe de séparation des hyperplans pour maximiser la marge entre les classes. La mise en œuvre de cette méthodologie est simplifiée par les logiciels ENVI.

II.4.5.3. Validation de la méthode :

Pour valider notre notation et l'exactitude des résultats, deux méthodes de base ont été utilisées :

II.4.5.4. La vérité terrain :

Cette étape de validation permet d'évaluer la qualité des classifications supervisées en les confrontant à des données de référence provenant du terrain, telles qu'une carte géologique à l'échelle 1/50 000.

II.4.5.5. Matrice de confusion :

Le concept de matrice de confusion implique de comparer les résultats de la classification supervisée avec les informations de terrain pour évaluer avec précision la qualité de la classification et garantir si le système a correctement classé les différentes classes d'échantillons. La matrice de confusion permet de calculer plusieurs indicateurs de précision (à la fois locaux et globaux), parmi lesquels les plus importants comprennent :

La Précision Globale (OA), également appelée précision globale, qui représente le taux moyen de pixels correctement classés. Le paramètre Kappa, qui est le rapport entre le nombre total de pixels correctement classés et le nombre total de pixels dans la matrice de confusion.

II.4.5.6. Traitement post-classifications :

Ce sont les dernières étapes du processus de classification supervisé. Sa tâche consiste à améliorer la qualité visuelle de la classification obtenue en supprimant les pixels isolés et dispersés, ce qui donne une carte homogène ressemblant beaucoup à la carte réelle de la région.

Analyse majoritaire et minoritaire :

Le concept d'analyse majoritaire ou minoritaire implique l'utilisation d'un filtre (ou noyau) de taille variable, comme par exemple un filtre 3x3. Le filtre est déplacé ligne par ligne et

colonne par colonne sur toute l'image classée. Dans le cas d'une analyse majoritaire, le pixel central du filtre sera attribué à la classe (majoritaire) la plus représentée au sein du filtre. A l'inverse, en analyse minoritaire, le pixel central sera attribué à la classe la moins représentée au sein du filtre.

Elimination des pixels isolés :

L'application de filtres morphologiques peut révéler des pixels isolés d'une classe au sein d'une autre. Ce processus permet d'éliminer les pixels isolés, en s'appuyant sur l'examen des pixels adjacents. Les pixels supprimés deviennent noirs (image assombrie). Par la suite, vous pouvez utiliser la fonction de lissage d'image précédente (suppression des pixels noirs). Après application de traitements post-notation, la qualité des classifications s'est considérablement améliorée.

Homogénéisation des classes :

Le contenu de la classe est homogénéisé par l'application de filtres morphologiques : un processus de dilatation suivi d'un processus d'érosion utilisant des tailles de filtres de 3x3 et 5x5.

Résultat
et
Discussion

III.1. Résultats du traitement des compositions colorées :

Pour réaliser la cartographie lithologique par classification supervisée, plusieurs étapes sont nécessaires. L'analyse photo-interprétative ainsi que l'utilisation de compositions colorées multiples des images brutes sont essentielles. Elles permettent une différenciation et une reconnaissance efficaces des différentes unités lithologiques.

Après avoir effectué une analyse statistique, notamment une matrice de corrélation, les compositions colorées des bandes brutes sélectionnées révèlent les variations spectrales entre les diverses unités lithologiques. En comparant ces résultats avec la carte géologique, nous avons pu identifier aisément les principaux ensembles lithologiques tels que les Granite à biotite, les Gneiss ocellés et les formation Quaternaire.

Les figures présentées ci-dessous illustrent les observations principales tirées des différentes compositions colorées choisies lors de cette étude.

III.1.1. Résultat de Composition colorée (7,6,5) Landsat 08 (OLI) :

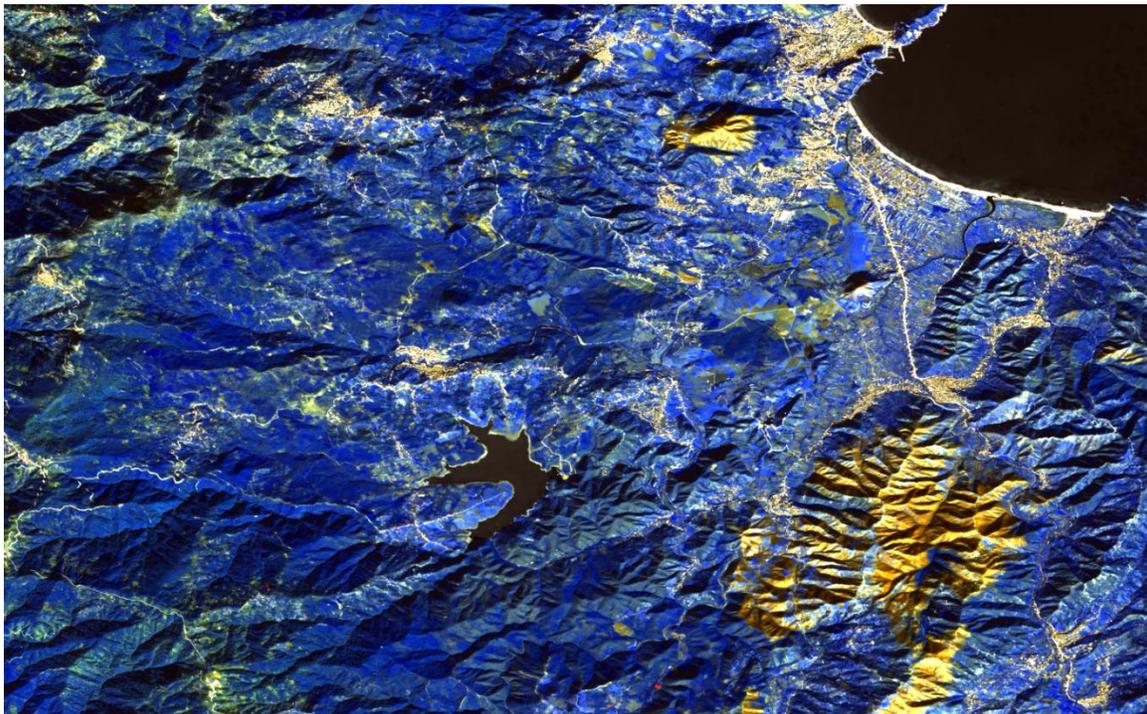


Figure.16 : composition colorée (7,6,5) Landsat 08 (OLI)

Interprétation :

Cette image est produite à partir d'une composition colorée, avec la bande 7 dans le canal rouge, la bande 6 dans le canal vert et la bande 5 dans le canal bleu. Cela permet de distinguer certains faciès, comme ceux du Quaternaire, représentés par des teintes bleu clair, granodiorites apparait en teinte jaune foncée autres faciès sont difficiles à identifier.

III.1.2. Résultat composition colorée (7,6,4) Landsat 08 (OLI) :

Figure.17 : composition colorée (7,6,4) Landsat 08 (OLI)

Interprétation :

La composition colorée Bandes 7, 6, 4, RGB permet d'observer un changement des teintes : le Quaternaire apparaît dans une teinte vert clair, le Granit à biotite observé dans une teinte vert foncé, les granodiorites avec une teinte orange. Aussi, dans cette composition RGB, la végétation et les eaux apparaissent nettement dans des teintes de couleur réelle. Le changement des teintes dans cette composition est dû aux propriétés spectrales de ces roches.

III.1.3. Résultat de Composition colorée (4, 3,2) Landsat 08(OLI) :

Figure.18 : composition colorée 4-3-2 Landsat 08 (OLI)

Interprétation :

La composition colorée (4,3,2) en RGB qui correspond au couleur Natural a été retenue en raison de son excellente qualité des différentes unités lithologiques décrites et les différences très nettes qui permettent de reconnaître les principaux faciès comme les Argilites, marnes à bancs minces de calcaires du Turonien –Sénonien les formations des Quaternaire, Granite à biotite, et les Granodiorites qui sont représentés par de teint rouge.

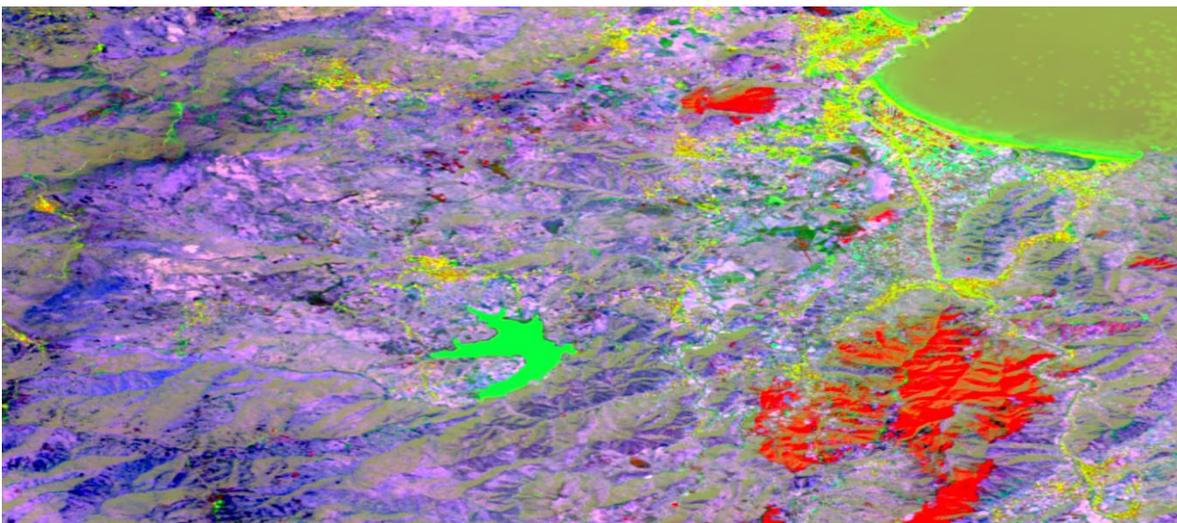
III.2. Résultat de l'analyse en composantes principales :

Figure.19 : analyses-en composent principales (RGP) band (4,3,2)

Interprétation :

Parmi les 7 bandes Landsat-8, les composantes de couleur RGB dérivées des CP4, CP3 et CP2 se sont révélées les plus performantes pour l'interprétation géologique, surpassant les bandes ACP brutes. Ces composantes ont été combinées pour créer une image optimisée présentant une combinaison de couleurs distinctes qui permet de différencier efficacement les différentes unités lithologiques.

Les oligocènes tardifs représentée par Granodiorites apparait par une teinte rouge clair les formation Quaternaire qui corresponde en général (sable, grés, cailloutis, limons, alluvions) représentée par teinte violet clair par rapporte au végétation qui apportant par un teint violet foncée, aussi on observe un teinte vert claire qui représente les Argilites, marnes à bancs minces de calcaires du Turonien –Sénonien, les granit à biotite apparent en teint qui grés.

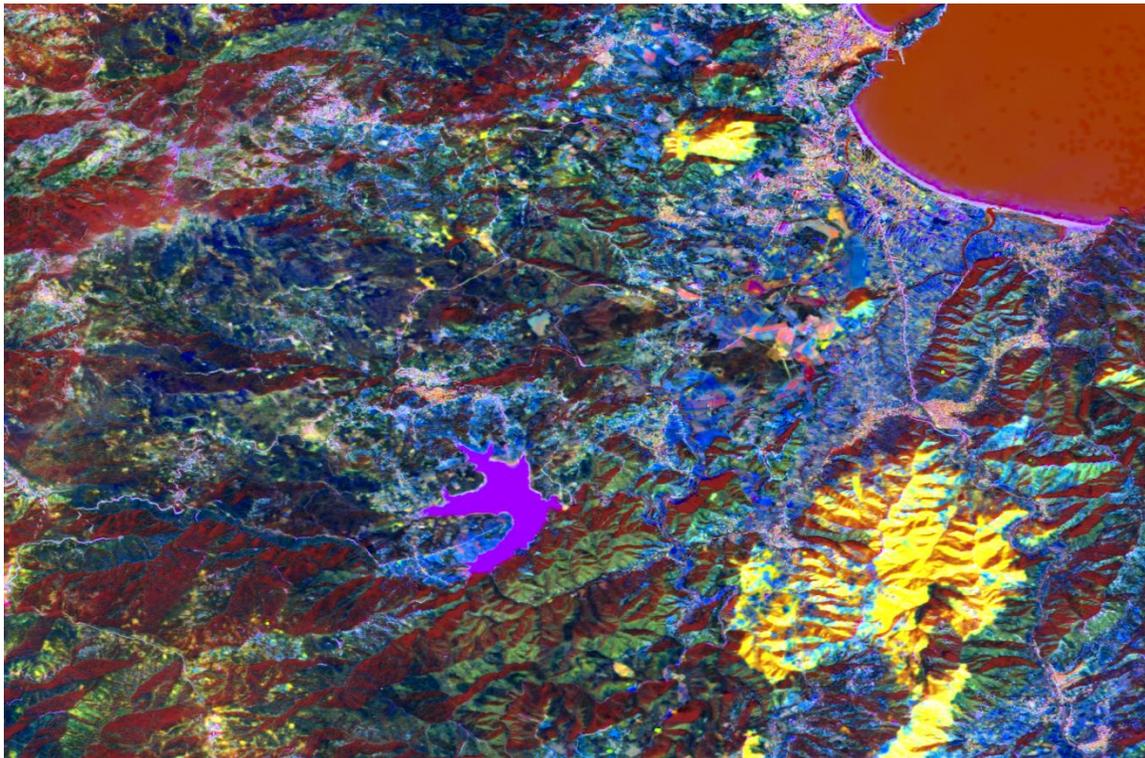
III.3. Résultat Band Ratios :

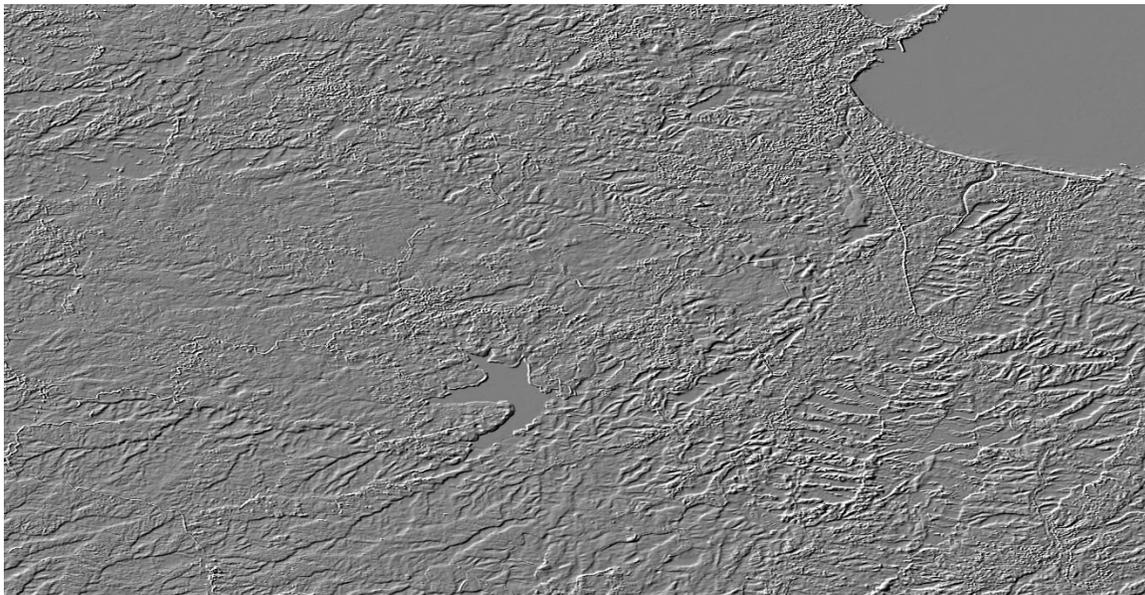
Figure.20 : Résultat Band Ratios (6/5), (7/4), (3/2)

Interprétation :

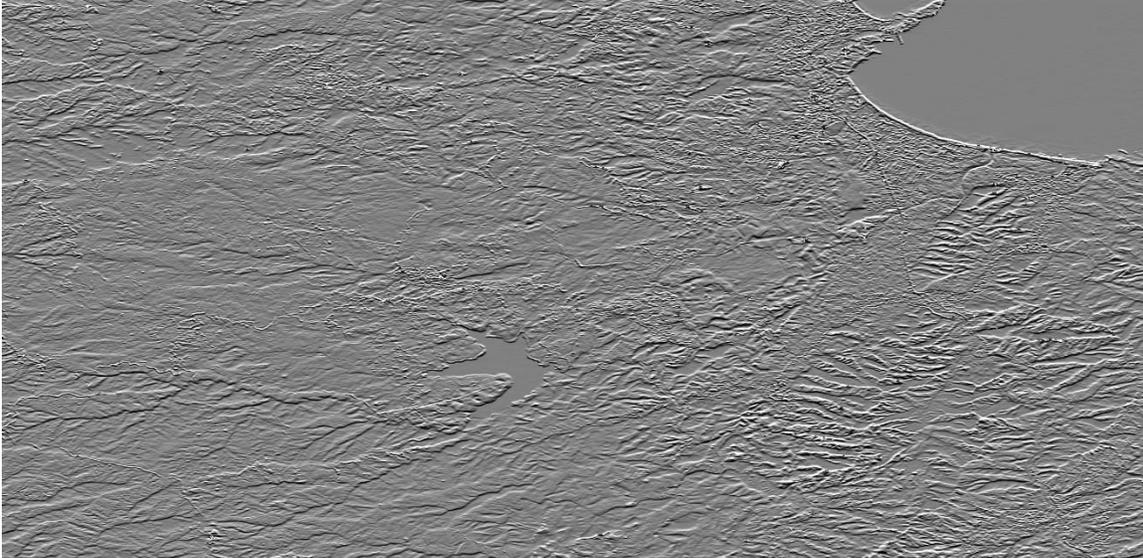
Pour une excellente détermination des différentes formations nous avons utilisé le rapport de bande pour améliorer les différences spectrales entre les bandes. En comparant les bandes spectrales, il est possible de créer une image riche en informations. Dans cette étude, nous avons sélectionné les rapports de bande (6/5), (7/4), (3/2). Qui permet de minimiser l'apparence du l'effets des végétations, et de faire ressortir les différences de types de roches.

III.4. Cartographie des linéaments :**III.4.1. Résultats des traitements Filtrage :**

Pour notre étude, nous avons utilisé plusieurs filtres directionnels dans les orientations suivantes (0, 45, 60, 90, 135 degrés) dans le canaux Band 5 (Courba, et al.2023) afin de mettre en évidence les contours des formations géologiques et des éléments structuraux influençant la région. Nous avons sélectionné les filtres les plus adaptés où ces éléments sont clairement visibles.



Filtre directionnel 45°



Filtre directionnel 90°

Figure.21 : Traitement d'image par filtres directionnels 45° et 90° (Band5)

Interprétation :

Le résultat de l'application de filtre directionnel dans les deux directions (90°, 45°) a été révéler l'apparence deux type d'élément linéaire majeure et secondaire dans des directions (Nord-ouest, Sud-est) et (Nord-est, Sud-ouest)

III.4.2. Résultats d'extraction des linéaments :

III.4.3. Extraction automatique des linéaments :

Dans le cadre de notre étude, nous avons exploité le module LINE de Géomatica, développé par PCI. Pour extraction les éléments linéaire (surtaux les Failles) en utilisant un filtre directionnel 90°.

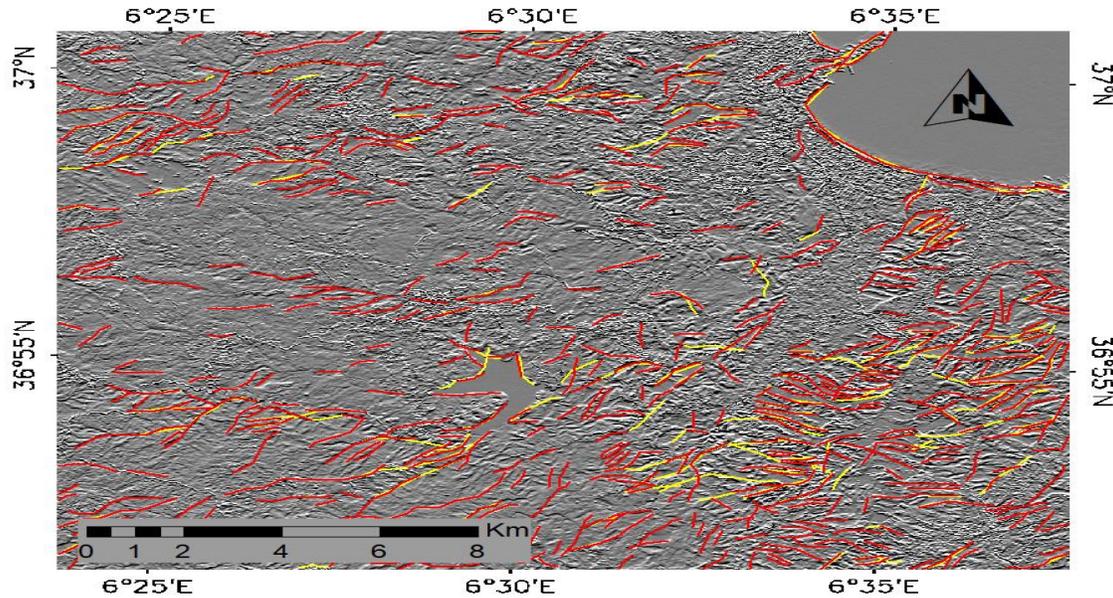


Figure.22 : Extraction automatique des linéaments

Interprétation :

La résultat d'extraction automatique des linéaments montré que .il existe deux type

- Linéaments de couleur rouge Qui sont de grand taille dans deux direction. La majorité (Nord-est /Sud-ouest) les autre (Nord-ouest/Sud-est).
- Linéaments de couleur jaune Qui sont de petite taille la majorité dans la direction (Nord-est /Sud-ouest).

III.5. Cartographie lithologique :

III.5.1. Résulta d'extraction automatique des unités lithologiques (classification non supervisé "Iso Data "K-means) :

D'abord L'examen des images de composition colorée nous a permis de choisir un certain nombre de au moins cinq classes pour le choix de Iso data et au plus huit classes pour le choix de K-means.

- Pour une meilleure interprétation des résultats, il serait important de présenter trois documents :

1. L'image en composition colorée.
2. La carte géologique de la région d'étude.

3. L'image classée.

En superposant ces documents et en utilisant l'outil Tools - Link Displays, il est possible d'établir une correspondance précise entre les couleurs et les classes, permettant ainsi une analyse plus approfondie des résultats de la classification.

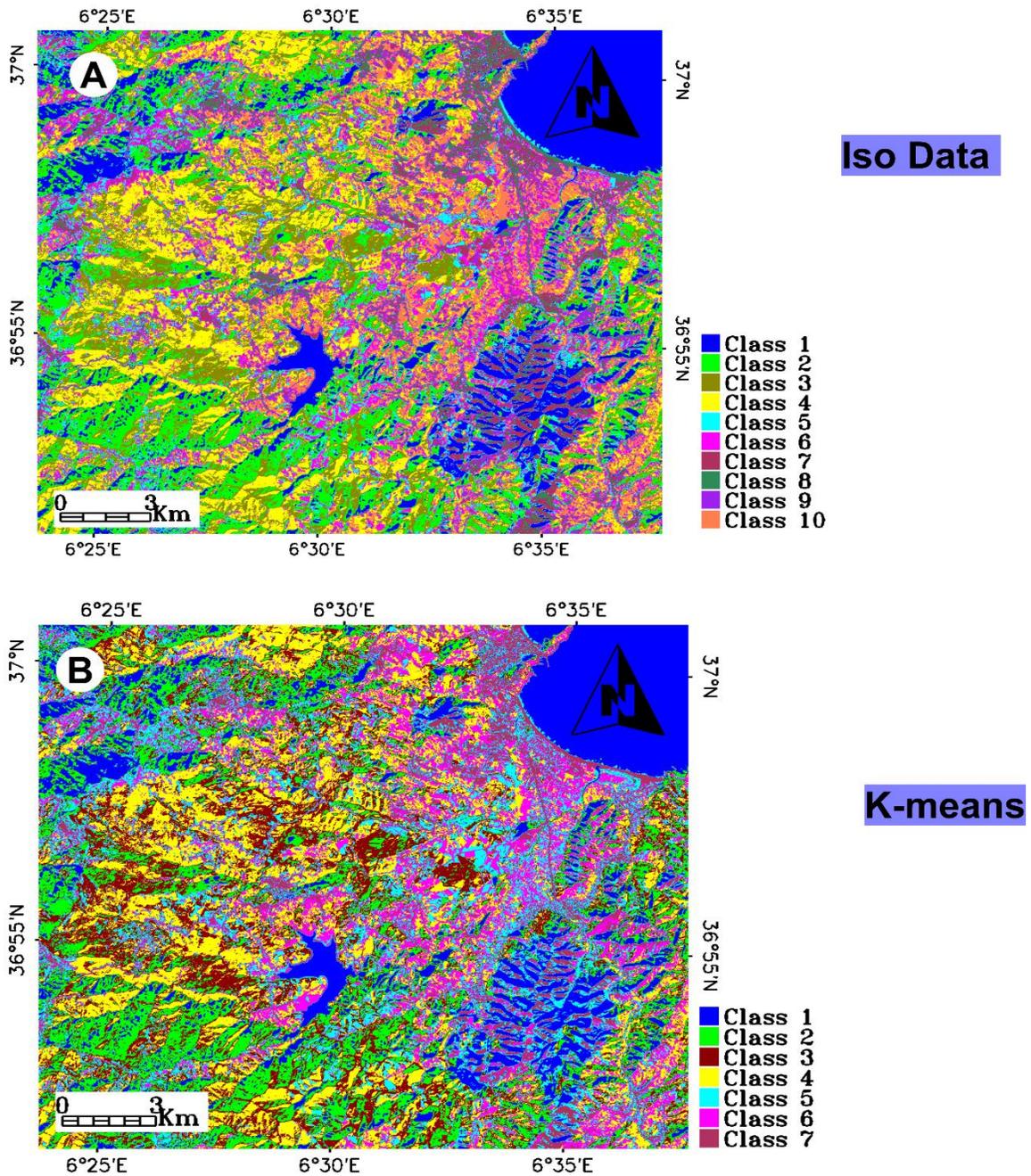


Figure.23 : classification non supervisée (A)"Iso Data (B)"K-means

Interprétation :

La classification non supervisée des données a permis d'obtenir 10 classes (iso-data) et 7 classes (K-means). L'identification de certaines classes était facile, comme les Granodiorites les formation Quaternaire certain formation regroupé dans la même classe comme les formation d'Age Numidien (Grés et les Argiles) et les formation d'Age Oligocène (les Argilites schisteuses, les marnes, les Quartzites et les Silexites) tandis que d'autres accuse de la végétation nécessitaient une analyse plus approfondie. De même, les formations du Quaternaire (sable, Grés, cailloutis, limons, Alluvions) ont été réparties en plusieurs classes dont la signification thématique n'est pas toujours claire. Pour affiner l'interprétation des résultats et identifier précisément les formations géologiques représentées par chaque classe, il s'est avéré nécessaire de recourir à la carte géologique de la région.

III.5.2. Résultats d'extraction automatique des unités lithologiques (classification supervisé) :

En vue d'optimiser l'extraction automatique des unités lithologiques, nous avons opté pour la méthode de la "support Vector machine " (SVM).

La méthode SVM a plusieurs avantages, comme une bonne capacité à généraliser les données, une résistance aux valeurs aberrantes et une grande flexibilité grâce à l'utilisation de noyaux. Une caractéristique spéciale du SVM est qu'il peut traiter des données non linéairement séparables en utilisant une technique appelée "noyau". Les noyaux permettent de projeter les données dans un espace de plus grande dimension où elles deviennent linéairement séparables.

A travers les autres traitements et la répétitions des processus des Echantillonnage (sélection des ROI) aussi les statistique (graphe et la confisons de Séparabilité ROI) nous avons choisis 10 classe

Après la classification supervisée par la méthode de la support Vector machine (SVM) et pour valider notre résultat nous avons calculer la Matrice de confisons qui donne un résultats acceptable $K = 0,7813$.

A la fin et pour améliorer la qualité de la carte (le résultat de classification supervisée par SVM méthode) nous avons fait un post classification à la suite premier Elimination des pixels isolés, deuxième Homogénéisation des classes et finalement Analyse majoritaire et minoritaire.

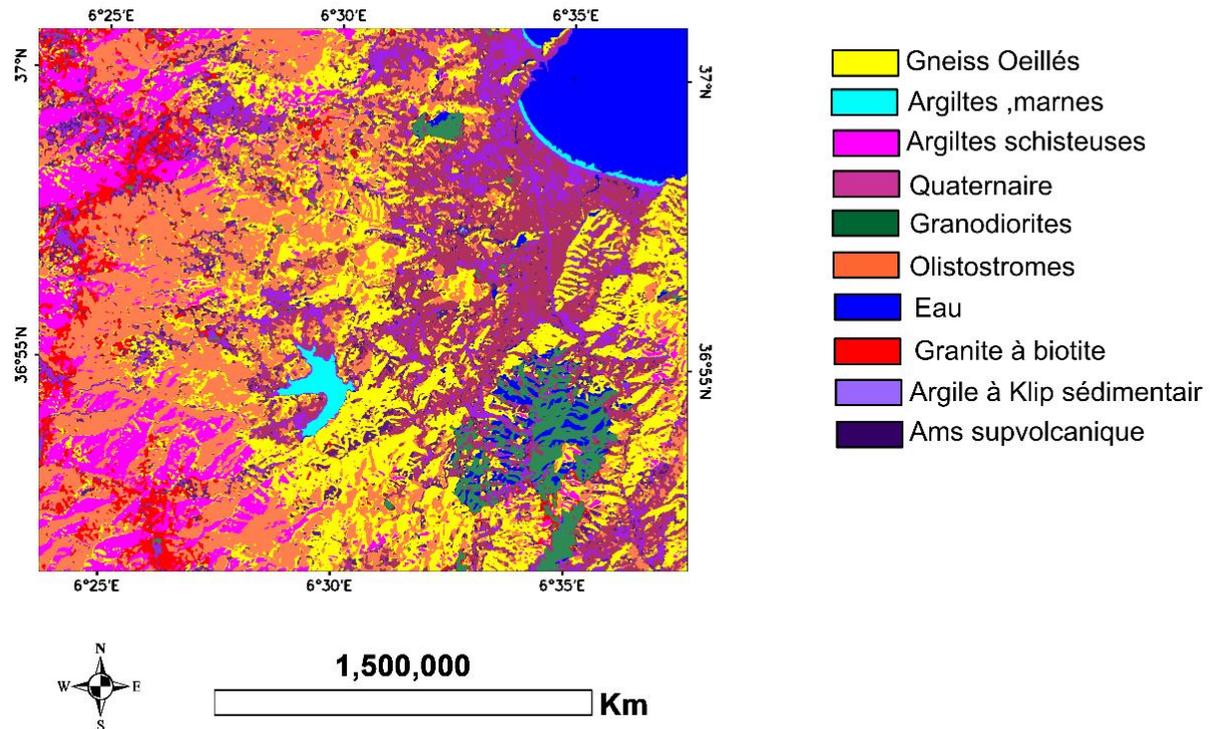


Figure.24 : Résultats d'extraction automatique des unités lithologiques

Interprétation :

En raison des nombreuses confusions observées entre les différentes classes, il a nécessaire de répéter plusieurs fois le processus Echantillonnage (sélection des ROI) et de classification. Certaine classe a été supprimé en raison de la confusion comme la classe de Micaschistes, lentilles de calcaire quartzites et gneiss de base confusion avec la classe de Granite a biotite aussi la confusion entre les classe d'Age Numidien et d'Age Oligocène à cause presque compose les mêmes types de roches donc nous avons choisis une seule classe pour les deux âges qui Olistostromes.

En générale la classification elle donné un résultat acceptable, Elle a reconnu toutes les classe qui nous Avon sélectionner mais il excite des fois dans la reparution des classes dans la carte.

III.5.3. Matrices de confusion :

Notre étude montre un coefficient Kappa 0,7813, ce qui signifie que la classification que nous avons effectuée est acceptable aussi la forte adéquation entre la nouvelle carte que nous avons créée et les carte qui déjà exister montre que les résultats sont très pertinents.

Tableaux. 6 : Confusion Matrix (classification Maximum Likelihood 10 classe)

Overall Accuracy = (385/478) 80.5439%

Kappa Coefficient = 0.7813

Ground Truth (Pixels)

Class	Gneiss ,O	Argiltes ,M	Argiltes ,sh	Quaternaire	Granodiorites	Olistostromes	Eau	Granite(b)	Argile (K,S)	Amas(sup v)	Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gneiss Oeillé	51	0	0	0	0	2	0	0	0	11	64
Argiltes ,marne	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	59
Argiltes shisteuse	0	0	45	0	0	5	0	22	0	0	72
Quaternaire	1	0	0	59	0	0	0	1	4	2	67
Granodiorites	0	0	0	6	51	0	0	0	0	4	61
Olistostromes	2	0	5	0	0	25	0	4	0	1	37
Eau	0	0	0	0	4	0	44	0	0	0	48
Granite à biotite	2	0	3	0	1	1	0	29	3	0	39
Argile à Klippes sédimentaire	0	0	0	1	0	0	0	0	17	3	21
Amas supvolcanique	2	0	0	0	0	2	0	0	1	5	10
Total	58	59	53	66	56	35	44	56	25	26	478

Ground Truth (Percent)

Class	Gneiss ,O	Argiltes ,M	Argiltes ,sh	Quaternaire	Granodiorites	Olistostromes	Eau	Granite(b)	Argile (K,S)	Amas(sup v)	Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gneiss Oeillé	87.93	0	0	0	0	5.71	0	0	0	42.31	13.39
Argiltes ,marne	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	12.34
Argiltes shisteuse	0	0	84.91	0	0	14.29	0	39	0	0	15.06
Quaternaire	1.72	0	0	89.39	0	0	0	1.79	16	7.69	14.02
Granodiorites	0	0	0	9.09	91.07	0	0	0	0	15.38	12.76
Olistostromes	3.45	0	9.43	0	0	71.43	0	7.14	0	3.85	7.74
Eau	0	0	0	0	7.14	0	100	0	0	0	10.04
Granite à biotite	3.45	0	5.66	0	1.79	2.86	0	51.79	12	0	8.16
Argile à Klippes sédimentaire	0	0	0	1.52	0	0	0	0	68	11.54	4.39
Amas supvolcanique	3.45	0	0	0	0	5.71	0	0	4	19.23	2.09
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

III.5.4. Carte lithologique et Télé analytique finale de la région d'étude :

Le résultat final de notre étude carte Télé analytique regroupe les résultats de la cartographie lithologie (classification supervisa) et la résultats d'extraction automatique des élément linéaire.

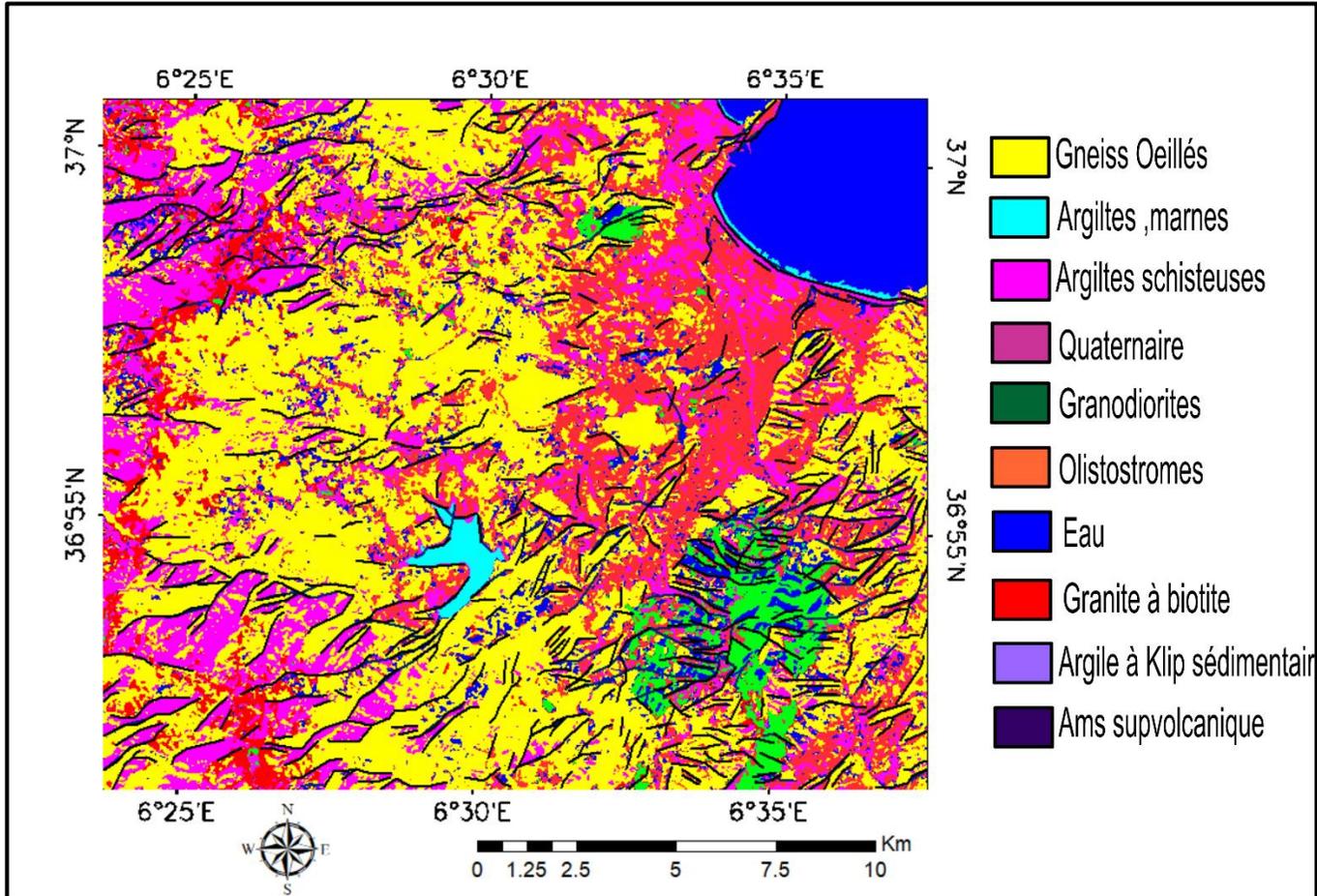


Figure. 25 : Carte lithologique et télanalytique finale de la région d'étude.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

La présente étude a été réalisée dans la région de Collo, dans le nord-est de l'Algérie basée sur des données de télédétection acquises à partir des images Landsat-8 OLI. Dans ce projet, les données provenant de l'image satellite Landsat 08 OLI ont été exploitées pour faire une cartographie de la région de Collo. Diverses méthodes ont été mises en œuvre, comprenant notamment l'Analyse en Composantes Principales (ACP), le Rapport de Bande (RB) et la Composition des Couleurs (CC).

L'utilisation de l'Analyse en Composantes Principales a facilité la diminution de la complexité des données et la mise en lumière des variations spectrales prédominantes dans l'image. Le rapport entre les bandes a été exploité pour mettre en évidence les variations de réflectance entre diverses caractéristiques géologiques.

La composition des couleurs a été employée afin de rendre les informations géologiques plus accessibles et compréhensibles visuellement. En fusionnant ces diverses techniques, nous avons réalisé une classification supervisée en utilisant l'algorithme du SVM (Support Vector Machine). Cette méthode est reconnue pour sa capacité à gérer des données complexes et à produire des résultats robustes.

En résumé, notre recherche illustre l'efficacité de la télédétection dans la cartographie géologique, notamment dans des zones géologiquement complexes telles que celle de Collo. Les résultats obtenus enrichissent notre compréhension des formations et des structures géologiques régionales, ce qui pourrait influencer significativement la gestion des ressources naturelles et les décisions en géologie.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE :

Abbassene, F. (2016). Contraintes chronologiques et petro-géochimiques du magmatisme sur l'évolution pré- et post-collisionnelle de la marge algérienne : secteur de la Petite Kabylie. Thèse de doctorat. USTHB Alger/UBO Brest, 244p.

Andrieux, J., 1971. Etude des relations entre la tectonique de compression et les nappes de glissement dans le tronçon de la chaîne alpine. *Notes et mémoires, Ser, Géol, Maroc*, 155 -235.

Azizi H, Rsaouli AA, Babaei K (2007). Using SWIR bands from ASTER for discrimination of hydrothermal altered minerals in the Northwest of Iran (SE- Sanandaj City): a key for exploration of copper and gold mineralisation. *Res J Appl Sci* 2(96):763–768.

Bouillin, J-P. (1977). Géologie alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia. Thèse Doctorat d'Etat, Univ Paris VI, France, 511p.

Bouillin, J.-P., 1982. Mise en évidence d'importantes tangentielles au sein du socle de Petite Kabylie (Algérie). *Compte Rendus de. L'Académie des Sciences., Paris, II*, 294 p.

Bouillin, J.-P., 1986. Le « bassin maghrébin » une ancienne limite entre L'Europe et L'Afrique à l'Ouest des Alpes. *Bulletin de la société Géologique de France*, 8, t.II., 547-558.

Bouillin, J.-P., Kornoprost, J., 1974. Associations ultrabasiques de petite Kabylie : péridotite de type Alpin et complexe stratifié ; comparaison avec les zones internes béticorifaines. *Bulletin de la société Géologique de France*, (7), XVI, 183-194, Paris.

Bouillin, J.-P., 1979. La transversale de Collo et d'El Millia (Petite Kabylie) : une région –clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie. *Mémoire, Société, Géologique, France, (Nouvelle série)*, 57,135, 84 p.

Courba, S., Youssef, H., Jamal, A., Abdessalam, O., Larbi, B., Assia, I., ... & Ahmed, B. D. M. (2023). Litho-structural and hydrothermal alteration mapping for mineral prospection in the Maider basin of Morocco based on remote sensing and field investigations. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 31, 100980.

Curie, J., Flamand, G.B.M., 1890. Roches éruptives. IN : Explication de la carte géologique de l'Algérie par Pomel. *Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie, Alger*.

Durand-Delga, M., 1951. L'âge du métamorphisme général du massif de la Petite Kabylie (Algérie). *Compte rendu de l'Académie des Sciences.*, 236, 1371 p. Paris

Bibliographie

Durand-Delga, M., 1969. Mise au point sur la structure Nord –Est de la Berbèrie. *Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie, (nouvelle série), no39*, 89-131.

Durand-Delga., 1971. Les unités à Mésozoïque métamorphique d'El-Milia à Tèxana (Algérie) et leur cadre structural. *Bulletin de la Société Géologique de France, (7), XIII, 328-337, Paris.*

El Desouky HA, Muchez P, Dewaele S, Boutwood A, Tyler R (2008). Postorogenic origin of the stratiform Cumineralization at Lufukwe, Luflian Foreland, Democratic Republic of Congo. *Econ Geol* 103:555–582

Flandrin. J., 1952. La chaîne du Djurjura. XIX^e congrès géologique interne, Alger. Monographie régionale, no 19, 332 p.

Glangeaud, L., 1932. Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. (*Thèse,Paris*)., *Bulletin, Services des cartes géologiques de l'Algérie, (2), no8*, 590p, Alger.

Glangeaud, L., 1933. Unités paléogéographiques et structurales de l'Atlas méditerranéen (Algérie, Maroc, Tunisie). *Actes, Soc, Linn. Bordeaux*, 85, p1- 48.

Glaçon, J., 1973. Les Gites minéraux liés au magmatisme tertiaire en algérie du nord .- Collo. Sc.Int. Ragiuin. Ed. Maçon et Co. Paris.

Griffon, J-C., 1966. La dorsale calcaire au Sud de Tétouan. *Note et mémoire du service géologique du Maroc*, no 184, p149-243.

Gérald, J.-P., 1969. Le Flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata : le flysch maurétanien(Grande Kabylie). *Bulletin de la société géologique de la France, (7), XI*, p676-686.

Gérald, J.-P., 1979. Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie (un segment des zones internes de L'orogène littoral maghrébin). *Thèse, Science., Mémoire, Géologique, Université,Dijon*, 58 -335.

Hammad,Nabila .,2016. “ Cartographie Géologique et Analyse Linéamentaire de la Région d'Elkseibat (Sahara Du Sud-Ouest) à Partir Des Image Satiliter . Incidence Sur L'Exploration Minière”.

Kacemi a Talbi .et Bensalah M.er .,(2013).structure synsédimentaire transverse en compression au passage Lias-Dogger (secteur dee zerga *Monts ;Atlas Saharien Algrie).*Bull.Serv.Géol.Nat.Vol,24,n11*,pp.27-39.

Kieken, M., 1962. Les Traits essentiels de la géologie algérienne. *Livre mémoire, Pr Paul Fallot, Mémoire, h, s, Société, Géologique, France, t 1.*, 545-614 p.

Bibliographie

- Mahjoub, Y., Choukroune, P., Kienast, J.R., 1997.** Kinematics of a complex Alpine segment: superimposed tectonic and metamorphic events in the petite Kabylie massif (northern Algeria). *Bulletin de la société géologique de France*, (8), p649-661.
- Mahjoub, Y., Merle, O., 1990.** Cinématique des déformations tertiaires dans le massif de Petite Kabylie (Algérie Orientale). *Bulletin de la société géologique de France*, **8** (4), 629 -634.
- Mahjoub, Y., 1991.** Cinématique des déformations et évolution P,T anté-alpines et alpines en Petite Kabylie (Algérie Orientale). Un model d'évolution du domaine tellien interne. *Thèse doctorat. Université des Sciences., Université (USTHB), Alger*, 193 p.
- Moussaoui, K., Benali, H., Kermani, S., & Labdaoui, B. (2023).** Detection of hydrothermal alteration and structural characteristics of Miocene volcanic rocks using remote sensing in the M'sirda region (northwestern Algeria). *Applied Geomatics*, 15(1), 189-207.
- Raoult, J.-F., 1969b.** Nouvelles données sur les flyschs au nord du Kef Sidi Dris et dans la zone du Col des Oliviers (Nord Constantinois, Algérie). *Bulletin de la Société géologique, France.*, (7), *XI*, 516– 543.
- Raoult, J.-F., 1966a.** Sur l'allochtonie de la chaîne calcaire dans le Djebel de Sidi Dris (Nord Constantinois, Algérie). *Compte rendu du Sommet de la Société géologique de France.*, p178.
- Raoult, J.-F., 1974.** Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). (*Thèse, Paris*), *Mémoire, Société, géologique, France., Nouvelle, Série, LIII*, No121, 163p.
- Roubault, M., 1934.** La Kabylie de Collo. Etude géologique. *Thèse D'état. Paris. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie*, (2), No 10, 272 p.
- Rowan LC, Mars JC (2003).** Lithologic mapping in the mountain pass, California area using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data. *Remote Sens Environ* 84:350–366.
- Sabins, F. F. (1999).** Remote sensing for mineral exploration. *Ore geology reviews*, 14(3-4), 157-183
- Satouh, A. (2007).** Pétrogéochimie et minéralisations des roches magmatiques de la région de collo (NE-algérien) (Doctoral dissertation, Annaba).
- Ouabadi, A., Capdevila, R., Fourcade., 1992.** Le granite à biotite et cordiérite du Cap Bougaroun (Algérie). Un analogue alpin des granites de type S de la ceinture de Lachlan (Australie). *Compte rendu de l'Académie des sciences, Paris*, 314, *Série II.*, 1187-1194.
- Vila, J.-M., 1980.** La chaîne alpine de L'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. *Thèse de Doctorat, Paris VI*, 663.
- Zegadi, A., (1967).** Interprétation des cartes des isasonales du champ magnétique terrestre total des régions de Annaba et de Skikda. *Université d'Alger, Ecole nationale poly technique. Projet de fin d'étude.*

Résumé :

Notre recherche a examiné l'utilisation de la télédétection multispectrale avec Landsat 8 OLI pour identifier différents types de pierres dans la région de Collo Nord de l'Algérie. Nous avons utilisé des techniques telles que l'Analyse en Composantes Principales (ACP), le Rapport de Gamme (BR) et la Composition des Couleurs (CC) pour améliorer les images satellite et cartographier les différentes unités de pierre et de roche. Les résultats de la classification supervisée (SVM) ont montré que les données satellite Landsat 8 OLI offrent le meilleur traitement pour les images à haute résolution, avec un coefficient kappa de 0,78 pour la zone d'étude.

المخلص:

ركزت دراستنا على تقنيات الاستشعار عن بعد متعدد الأطياف، Landsat 8 OLI إلى تمييز مختلف الوحدات الحجرية في منطقة القل شمال الجزائر. لذلك، تحليل المكونات الرئيسية (PCA)، نسبة النطاق (BR) وتكوين اللون (CC) وهي طرق معتمدة على نطاق واسع لتحسين الصور، إذ تتم على الصور الساتلية لرسم الخرائط الحجرية والصخور النوعية.

أعطت نتائج التصنيف الخاضع للإشراف (svm) لمنطقة الدراسة أن بيانات القمر الصناعي Landsat08 OLI ؛ يعطي أفضل معالجة لصور الاقمار الصناعية عالية الدقة بمعامل كبا قدره $k=0.78$.

Abstract:

Our research examined the use of multispectral remote sensing with Landsat 8 OLI to identify different types of stones in the Collo Nord region of Algeria. We used techniques such as Principal Component Analysis (PCA), Range Ratio (BR) and Color Composition (CC) to improve satellite images and map the different stone and rock units. The results of the supervised classification (SVM) showed that the Landsat 8 OLI satellite data offer the best processing for high resolution images, with a kappa coefficient of 0.78 for the study area.