

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة ابن خلدون – تيارت –

Université Ibn Khaldoun – Tiaret –



Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Professionnel

Spécialité : Agriculture de Précision

Thème

**Apport de télédétection pour la cartographie de
l'humidité du sol**

Soutenu publiquement, le : 02-06-20223

Jury de soutenance :

Président : Pr Dellal Abdelkader

Examineur: Dr Safa Omar

Encadrant: Dr Kaddar Bachir

Présenté par :

Mebrouk siham lilia

Belahcene Oum el khier

Année universitaire 2022-2023



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



New Curricula in Precision Agriculture using GIS technologies and sensing data (CUPAGIS)

Erasmus +597962-1-2018-1-EE-EPPKA2-CBHE-JP



Remerciment

Avant tout nous adressons nos remerciements au Dieu, le tout

Puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience

Qu'il nous a donné durant cette année d'études et pour la

Réalisation de ce travail que nous espérons être utiles.

En premier lieu, Nos vifs remerciements s'adressent à Mr

KADDAR.B pour l'orientation, la confiance , la patience .

et Mr DELLAL d'avoir lieu accepté de présider le jury

Nous tenons à remercier Mr SAFA. Omar d'avoir accepté

D'examiner cette modeste contribution

Et de l'enrichir par ses propositions.

Nous adressons également nos remerciements à nos parents

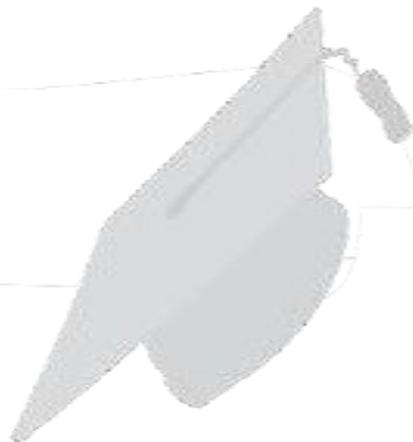
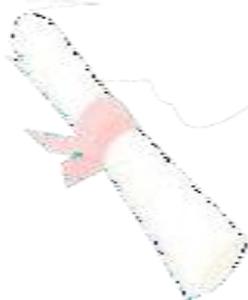
Pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous

Nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours

De la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes



Dédicace



Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots Qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la Gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance... Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes Chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, patience et soucis de Tendresse et d'affection pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

A ma chère mère, qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas en lieu.

Qu'elle trouve ici mon amour et mon affection.

A mon cher père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes très chères amies

À toutes les personnes qui m'ont aidé, soutenu et contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Siham Lilia.oum el khier

Liste des abréviations :

LANDSAT : land satellite Survey.

SIG : Le Système d'Information Géographique

SNAP : La Sentinel Application Platform

API : interfaces de programmation d'application

OT : Observation de la Terre

RGB : Rouge, Vert, Bleu

ESA : Agence spatiale européenne

NDMI : **Indice** normalise d'humidité

IB: Indice de Brillance

GNDVI : Indice de différence normalisée dans le vert

Indice SATVI : Indice *transformé de végétation*

MSAVI : Indice de végétation ajusté au sol modifié

SAVI : indice de végétation ajuste en fonction du sol

SAR :Synthetic Aperture Radar

NASA : National Aeronautic and Space Administration

RADAR : radio détection and ranging

Liste des tableaux :

Tableau n° 01 : Caractéristiques des bandes spectrales de Sentinel-2.....	28
Tableau n°2 : Coefficient relatif saisonnier de Musset.....	38
Tableau n° 03 : moyenne mensuelle des températures dans la zone d'étude.....	38

Liste des figures :

Figure01 : Processus de télédétection.....	16
Figure 02: image satellitaire multispectral et hyperspectral.....	18
Figure n°03 : représentation d'une image numérique.....	19
Figure n°04 : Histogramme Plat.....	21
Figure n°05: Exemples d'images en niveaux de gris : bandes 02 de Sentinel 2.....	22
Figure n°06: (a) image Sentinel 2 vrai couleurs.....	22
Figure.n°09 carte de situation de Tiaret	30
Figure n° :10 Carte géographique de la région sougueur.....	31
Figure n°11 : les précipitations moyennes mensuelles dans la zone d'étude.....	32
Figure n°12 : Pluviométrie saisonnière de la zone d'étude.....	32
Figure n°13 : le climagramme d'Emberger.....	35
Figure n°14 :Diagrammeombrothermique.....	36
Figure:15 Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-False Color Urban RGB.....	41
Figure 16: Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Agriculture RGB.....	42
Figure17: Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Healthy Vegetation RGB.....	43
Figure18: Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Land Water RGB.....	44
Figure19: Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Shortwave Infrared RGB.....	45
Figure 20 :Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Vegetation Analysis RGB.....	46
Figure 21: Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-Natural Colors RGB.....	47
Figure 21: Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-Natural Colors RGB.....	47
Figure n°22 : Carte NDMI.....	48
Figure n°23 : carte indice de Brillance.....	49
Figure n°24 : CarteGNDVI.....	50
Figure n°25 : carte SATVI.....	51
Figure n°26 : Carte MSAVI2	52
Figure n°27 : Carte SAVI	53
Figure28 : Carte NDMI.....	54
Figure29 : Carte IB1 et IB2.....	55
Figure 30 : Carte GNDVI.....	56
Figure 31 : Carte SATVI.....	57
Figure 32 : Carte MSAVI.....	58
Figure33 : Carte SAVI.....	59

Table de Matière :

Introduction générale

Chapitre I. Télédétection

1-Télédétection	16
1.1-Définition	16
1.1.2- PROCESSUS DE TELEDETECCION	16
1.1.2.1-Énergie ou éclairage (A).....	17
1.1.2.2-Rayonnement et Atmosphère (B)	17
1.1.2.3- Interaction avec la cible(C)	17
1.1.2.4-Enregistrement de l'énergie par le capteur (D).....	17
..	
1.1.2.5-Transmission, réception et traitement (E).....	17.
1.1.2.6- Interprétation et analyse (F).....	17
1.1.2.7-Application(G)	17
1.2-Objectif de la télédétection.....	17
1.3-Les applications de télédétection.....	17
1.4-Caractéristiques des images de télédétection	18
1.4.1- La résolution spectrale	18
1.4.2- Résolution spatiale.....	18
1.4.3- Résolution temporelle.....	18
2-Image satellitaire.....	18
3-Définition de l'image	19
4-Le prétraitement d'image	20
4.1-Traitement à base d'histogramme.....	20
..	
4.1.1-Expansion de dynamique	20

4.1.2-Égalisation d’histogramme.....	20
4.2-Réduction du bruit par filtrage	21
4.2.1-Filtres linéaires.....	21
4.2.1.1-Lissage (un filtre passe-bas).....	21
4.2.1.2-Filtre moyen.....	21
4.3.2-Les filtres non linéaires	21
4.3-Filtre médian	21
5-Images a niveaux de gris.....	22
6-Images en couleurs.....	22

Chapitre II. Matériels et méthodes

1. Matériels

Introduction

La configuration de l’ordinateur

1-Hardware.....	24
2-Software	24
3-Interface de logiciel SNAP	24
4-QGIS	25
5- Interface de logiciel QGIS.....	25
6-Donnees utilisées.....	26
6.1--Les principaux composants de la Sentinel Toolbox.....	26
6.2--Format de produit standard.....	26
6.3-Code source.....	26
6.4-Plateformes prises en charge.....	27
7-Présentation de la zone d’étude	29
7.1-Description de la région de Sougueur.....	29
7.2- <i>Caractérisation du milieu nature l’occupation des sols</i>	30
7.3.-Caractéristiques climatiques de la région d’étude	31
7.3.1-Précipitations moyennes mensuelles de la zone d’étude	31

7.3.2-Régimes pluviométriques saisonnier.....	32
7.3.4-Régimes saisonniers	32
7.3.5-Températures.....	33
7.3.6-Amplitudes thermiques	34
7.3.7-Indice de continentalité.....	34
7.3.8-Coefficient pluviométrique d’Emberger.....	34
7.4-Le climagramme d’Emberger.....	34
7.5-Diagramme ombrothermique.....	35

8-Méthodes :

8.1-Prétraitement des images.....	36
8.1.1-Mosaique d’images.....	36
8.1.2-correction atmosphérique.....	36
8.1.3-Resapling.....	36
8.1.4-Découpage d’image.....	36
8.2-Traitement	37
8.2.1-Composition colorée.....	37
8.2.2-Utilité des images de composition colorée	37
8.1-NDMI.....	38
8.2-Indice de brillance.....	38
8.3-Indice GNDVI.....	38
8.4-Indice SATVI.....	38
8.5-Indice MSAVI2.....	38
8.6-Indice SAVI.....	38

Chapitre III. Résultats et discussions

1-composition coloré	41
2- Les cartes des indices.....	48
2.1-Carte NDMI.....	49
2.2- Carte Indice de Brillance(IB)	50
2.3-Carte Indice GNDVI	51
2.4-Carte SATVI.....	52
2.5-Carte MSAVI2.....	53
2.6-Carte SAVI.....	54
3-Les carte des indices (Tiaretsud)	54
3.1-Carte NDMI	55
3.2-Carte IB	56
3.3-Carte GNDVI	57
3.4-Carte SATVI	58
3.5-Carte MSAVI	59

<i>3.6-Carte SAVI</i>	60
Conclusion	

Résumé :

L'humidité du sol joue un rôle crucial dans l'agriculture. Un bon équilibre d'humidité est essentiel pour assurer la croissance et le rendement des cultures

L'objectif de notre travail est développement une méthodologie pour cartographie humidité de sol a la région de Tiaret (SIDI ABED ,SOUGEUR) à l'aide de la télédétection et le système d'information géographique (SIG).

Pour atteindre notre objectif, nous avons utilisé deux logiciels SNAP pour visualiser et traiter et analyse les images satellitaires de sentinelle 02 et Qgis pour réaliser des cartes de différents indices.

Les deux logiciels utilisés facilitent beaucoup plus et avec une précision les résultats avec un gain du temps.

Mots clés : télédétection, TIARET, cartographie.

الملخص :

تلعب رطوبة التربة دورًا مهمًا في الزراعة. التوازن المناسب للرطوبة ضروري لنمو المحاصيل والمحصول الهدف من عملنا هو تطوير منهجية لرسم خرائط رطوبة التربة في منطقة تيارت (SIDI ABED) ، (SOUGEUR) باستخدام الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية (GIS). لتحقيق هدفنا، استخدمنا برنامجين SNAP لتصوير ومعالجة وتحليل صور القمر الصناعي لـ Sentinel 02 و Qgis لإنتاج خرائط لمؤشرات مختلفة. البرنامجان المستخدمان يسهلان النتائج أكثر بكثير وبدقة مع توفير الوقت.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد، تيارت، الخرائط

Abstract:

Soil moisture plays a crucial role in agriculture. Proper moisture balance is essential for crop growth and yield

The objective of our work is to develop a methodology for soil moisture mapping in the Tiaret region (SIDI ABED, SOUGEUR) using remote sensing and the geographic information system (GIS).

To achieve our objective, we used two software SNAP to visualize and process and analyze the satellite images of Sentinel 02 and Qgis to produce maps of different indices.

The two software used facilitate much more and with precision the results with a saving of time.

Keywords:remotesensing, TIARET, cartography.

Introduction

Générale

Introduction :

Les changements et des pressions anthropiques sur la surface terrestre et les ressources en eau ont entraîné une dégradation des structures du sol, des ressources en eau et de la composition atmosphérique. L'humidité du sol joue un rôle crucial dans de nombreux processus hydrologiques, agricoles et environnementaux. Par conséquent, il est nécessaire d'étudier la distribution spatio-temporelle de l'humidité du sol en utilisant différentes technologies. L'humidité du sol est également cruciale pour les activités agricoles car elle a un impact sur la quantité d'évapotranspiration et d'eau souterraine. Des conditions extrêmes d'humidité du sol avec une quantité d'humidité énorme ou rare peuvent entraîner des inondations. Ou indiquent des sécheresses, respectivement. La capacité de rétention d'eau du sol affecte également l'humidité disponible du sol d'une région donnée. De plus, le réchauffement climatique a un impact sur la fréquence et l'ampleur des épisodes de sécheresse qui, à leur tour, affectent la quantité d'humidité dans le sol en raison de la diminution des précipitations et de l'évapotranspiration. Cette diminution de l'humidité du sol a des effets négatifs importants sur la végétation, les ressources en eau et les bassins hydrographiques. Afin de bien comprendre ces impacts négatifs et de les minimiser.

La télédétection, en particulier à l'aide des satellites Sentinel-2, offre une opportunité précieuse pour surveiller et cartographier l'humidité du sol sur de vastes zones. Ces satellites fournissent des données optiques à haute résolution spatiale et temporelle, permettant ainsi une caractérisation détaillée de la surface terrestre. L'utilisation conjointe de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG), comme QGIS, permet d'exploiter pleinement ces données pour la cartographie de l'humidité du sol.

L'objectif principal de ce mémoire est de développer une méthodologie robuste pour la cartographie de l'humidité du sol en utilisant la télédétection avec les données du satellite Sentinel-2 et le logiciel QGIS. Cette recherche vise à collecter et prétraiter des données Sentinel-2 : Les images satellitaires Sentinel-2, avec leur résolution spatiale élevée, leur large couverture spectrale et leur fréquence de revisite régulière, offrent une source de données précieuse pour l'estimation de l'humidité du sol. Dans ce mémoire, nous collecterons et prétraiterons ces données pour les rendre appropriées à l'analyse de l'humidité du sol. À partir des données Sentinel-2 prétraitées, nous développerons des indices spécifiques qui exploitent les propriétés spectrales des sols en fonction de leur teneur en eau. Ces indices permettront d'estimer l'humidité du sol de manière quantitative et spatialement étendue. Le logiciel QGIS sera utilisé pour intégrer les données Sentinel-2, effectuer des analyses spatiales avancées et générer des cartes d'humidité du sol. Les fonctionnalités de QGIS, telles que l'interpolation spatiale, la création de cartes thématiques et l'analyse de tendances, permettront de représenter et d'explorer les variations d'humidité du sol à différentes échelles spatiales.

Ce mémoire est structuré en plusieurs chapitres. Le chapitre 1 introduit généralité sur la télédétection et les images satellitaires.

Chapitre I

Téledétection

Introduction

Ce chapitre présente les principes de la télédétection et du traitement d'images satellitaires. Il fournira également un aperçu des possibilités passionnantes offertes par ces technologies.

1-Télédétection :

1.1-Définition :

La télédétection est un ensemble de méthodes et de techniques intervenant dans une nouvelle stratégie de l'étude et du suivi des différents phénomènes naturels ayant une incidence directe sur l'homme et son environnement, la télédétection est en fait l'analyse spatiale d'un écosystème à partir de l'utilisation et l'interprétation de photographies aériennes et/ou imageries satellitaires dans le but étant d'établir un diagnostic précis et une évaluation de l'ampleur d'un phénomène naturel, de manière à orienter les diverses actions d'aménagement requises et entrant dans le cadre du développement durable des écosystèmes. (Bensaid A ; 2006).

1.1.2- PROCESSUS DE TELEDETECCION :

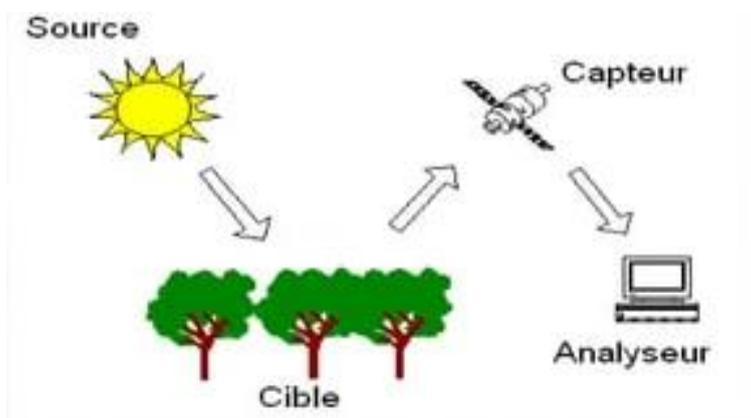


Figure01 : Processus de télédétection

Le de télédétection peut être résumé comme suit.

1.1.2.1-Énergie ou éclairage (A) :

Au point de départ du processus de télédétection, il doit y avoir une source d'énergie

1.1.2.2-Rayonnement et Atmosphère (B) :

Le rayonnement interagit avec l'atmosphère lorsqu'il se déplace entre la source

d'énergie et la cible. La deuxième interaction se produit dans le chemin entre la cible et le capteur. (Abdelaziz ,et all 2020)

1.1.2.3- 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.

1.1.2.4-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 pour être enfin enregistrée.

1.1.2.5-Transmission, réception et traitement (E):

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

1.1.2.6- Interprétation et analyse (F):

Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

1.1.2.7-Application(G) :

Lorsque l'on exploite l'imagerie satellitaire pour observer certaines caractéristiques ou certains événements particuliers, on peut parler d'applications du satellite (Smaine et all ,2004).

1.2-Objectif de la télédétection

La télédétection a pour objectif de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations(DarabidDet all ,2013).

1.3-les applications de télédétection :

Les applications incluent : la gestion forestière, l'aviation, l'agriculture, le génie civil, la géologie, l'architecture, le cadastre, les assurances, l'immobilier, l'aménagement, la gestion de l'environnement, l'archéologie, les services municipaux et sectoriels. (Rebbouh A ,2018).

1.4-Caractéristiques des images de télédétection :

Les images acquises par les techniques de télédétection sont représentées sous forme d'images numériques, caractérisées par des propriétés fondamentales : résolution spectrale, spatiale et temporelle

1.4.1- La résolution spectrale :

Définit la puissance et la capacité d'un capteur à discriminer le rayonnement émis ou réfléchi par des objets terrestres dans une gamme de longueurs d'onde. Chaque capteur utilise une fenêtre de longueur d'onde pour enregistrer la réponse spectrale des objets au sol. Chaque fenêtre correspond à une bande spectrale. Plus la résolution spectrale est fine, plus la bande spectrale du capteur est étroite. La résolution spectrale de certains

capteurs est indiquée.

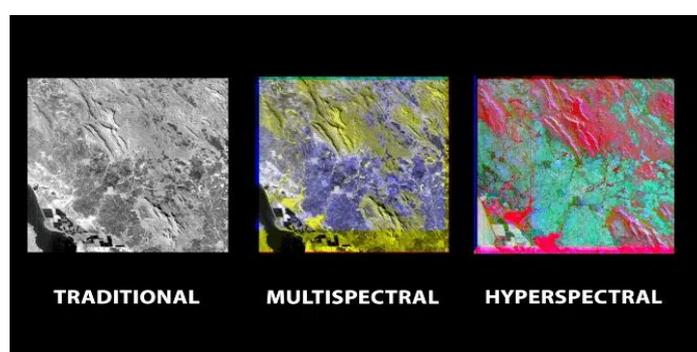


Figure 02: image satellitaire multispectral et hyperspectral (Rebbouh A ,2018)

1.4.2- Résolution spatiale

Une image de télédétection est une discrétisation de la surface terrestre composée de lignes et de colonnes de pixels, chaque pixel correspondant à la tâche fondamentale observée par le capteur. La taille au sol de cette mission définit la résolution spatiale de l'imagerie, qui va de 2,5 m pour Alsat 2, 10 m pour Sentinel 2, 30 m pour Landsat 8 à 250 m pour MODIS.image

1.4.3- Résolution temporelle

La résolution temporelle ou répétabilité est la période pendant laquelle un satellite effectue un cycle orbital pour observer exactement la même zone de la Terre. Elle peut varier de quelques jours à une dizaine de jours. Par exemple, Alsat 2A a une période de répétition de 3 jours, Sentinel a une période de revisite de 2 à 5 jours et Landsat 7 a une période de revisite d'environ 16 jours. À la résolution temporelle de certains satellites(FEKIR.Y ,2021).

2-Image satellitaire :

Les images satellites sont générées à partir de capteurs situés sur les satellites associés, à partir desquels la scène observée est caractérisée par un certain nombre de bandes, de 1 à 200, correspondant chacune à une longueur d'onde. Le capteur synthétise une image pour chaque bande, qui peut être représentée en niveaux de gris, avec une résolution de quelques mètres par pixel.

3-Définition de l'image :

L'image est définie comme une fonction bidimensionnelle $f(x,y)$. Où x et y sont les coordonnées spatiales et l'amplitude en chaque point (x,y) est l'intensité soit en niveaux de gris.

Une fois les points (x,y) et les amplitudes discrétisés, on appelle cela une image numérique . Dans ce dernier cas, la fonction f est représentée par le caractère I et le couple (x, y) par le couple (i, j) .

Les images numériques sont constituées de groupes de points appelés pixels. (Abréviation de PICTURE Élément). Les pixels sont à peu près rectangulaires, parfois carré. Leur taille peut être modifiée en ajustant l'écran ou la cartographie. Pixels En

tant qu'elle, elle représente le plus petit bloc de construction d'une image numérique. Tous ceux-ci. Les pixels sont contenus dans des tableaux bidimensionnels qui composent l'image. (Zerougui, et al 2016).



Image Original

Après égalisation

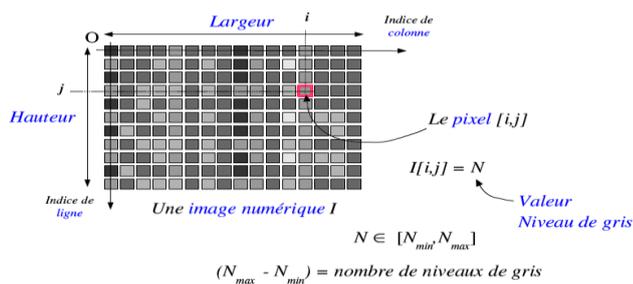


Figure n°03 : représentation d'une image numérique

4-Le prétraitement d'image :

La première étape du traitement consiste à améliorer la qualité de l'image en supprimant les imperfections dues à l'éclairage et au processus d'acquisition.

Le prétraitement utilise des opérations d'image telles que la modification d'histogramme et le filtrage (passe-bas, passe-haut et morphologie) pour corriger la luminosité, réduire le bruit et améliorer le contraste.

Les techniques de prétraitement les plus courantes que nous aborderons sont

- La modification d'histogramme.
- La réduction du bruit par filtrage.

4.1-Traitement à base d'histogramme

Nous décrivons ci-dessous quelques traitements analytiques effectués à partir de l'histogramme seul. Notez que certains de ces traitements sont généralement calculés au niveau du capteur, et souvent leur corrélation est étroitement liée aux conditions d'acquisition. (Antoine MANZANERA Cours TERI).

4.1.1-Expansion de dynamique :

Est une transformation affine des niveaux de gris des pixels afin que l'image soit représentée en

utilisant la plage dynamique complète.(Antoine MANZANERA CoursTERI).



Expansion de dynamique

Image d'origine

4.1.2-Égalisation d'histogramme :

L'égalisation d'histogramme est une transformation en niveaux de gris qui tente d'équilibrer au maximum la répartition des pixels sur la plage dynamique (idéalement on cherche à obtenir un histogramme plat. (Antoine MANZANERA CoursTERI).

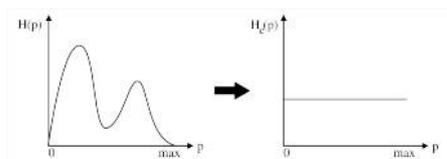


Figure n°04 : Histogramme Plat

4.2-Réduction du bruit par filtrage :

Pour limiter le bruit et mieux améliorer la qualité de l'image, des opérations de filtrage appliquées au niveau du pixel de l'image sont utilisées.

Un filtre est une matrice de dimension impaire qui remplace la valeur d'un pixel central par le résultat d'une opération effectuée sur des pixels voisins.(BENDJAAFER et all , 2009).

Il existe plusieurs types de filtres dans deux domaines :

- Filtre non linéaire.
- Filtre linéaire.

4.2.1-Filtres linéaires :

Un filtre linéaire convertissent un ensemble de données d'entrée en un ensemble de données de sortie via une convolution bidimensionnelle, qui est une opération mathématique. Ils sont utilisés pour supprimer le bruit des images. Chaque filtre a une taille $N \times N$ avec N impair.(Houassine.C ,2012)

4.2.1.1-Lissage (un filtre passe-bas) :

Un filtre passe-bas permet de préserver les informations basses fréquence dans une image tout en réduisant les informations haute fréquence. Lisse une image en calculant la moyenne des pixels voisins pour réduire la différence entre les valeurs des pixels. Les filtres passe-bas sont à la base de la plupart des méthodes de lissage(BENREZGANE et all, 2021)

4.2.1.2-Filtre moyen :

Il consiste à attribuer le niveau de gris moyen du pixel traité au pixel traité voisin. (AIMEUR et all , 2019).

Filtre passe-haut : Un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et atténue les basses fréquences (Mehdaouiet all ,2020).

4.3.2-Les filtres non linéaires :

Les filtres non linéaires remplacent les données d'entrée par des valeurs qui ne sont pas des combinaisons linéaires. Ce type de filtre est conçu pour couvrir les spots de faible intensité. Le filtre non linéaire le plus classique et plus utilisé est le filtre médian (Chikh.T ,2011).

4.3-Filtre médian :

Les filtres de moyenne ont tendance à brouiller l'image et l'information de contour, caractérisée par de fortes variations d'intensité, est ainsi perdue.

Pour réduire cet effet, au lieu de faire la moyenne sur un quartier, nous prenons la médiane de ce quartier. C'est le filtre médian.

C'est un filtre non linéaire. Élimine les bruits impulsifs les informations de contour sont conservées et peuvent être appliquées de manière itérative. Élimine les contours très fins. La bonne communauté peut limiter cet impact (ATTAF et all,2010).

5-Images à niveaux de gris :

Dans une image simple, chaque pixel peut prendre une valeur d'intensité lumineuse comprise entre 0 (noir) et 255 (blanc), ce qui correspond à un niveau de gris(Chikh.T ,2011).



Figure n°05: Exemples d'images en niveaux de gris : bandes 02 de Sentinel 2(Chikh.T ,2011).

6-Images en compositioncouleurs :

La couleur est le résultat de l'interaction du faisceau lumineux avec l'objet Tout matériau : opaque, transparent, translucide, réfléchissant.

Selon les propriétés du matériau, la lumière peut "traverser" sans changement ou être altérée par absorption. La couleur est la donnée importante d'une image, elle change notre

perception Image. L'espace de représentation standard décompose l'image en trois plans
Couleurs : Rouge, Vert et Bleu - Rouge/Vert/Bleu
RVB anglais. La couleur finale est obtenue par la synthèse additive de ces trois couleurs
primaires(ATTAF et all,2010).



Figure n°06: (a) image Sentinel 2 vrai-couleurs.(ATTAF et all,2010).

Chapitre II

Matériels et méthodes

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons explorer différents aspects des logiciels et indices utilisés.

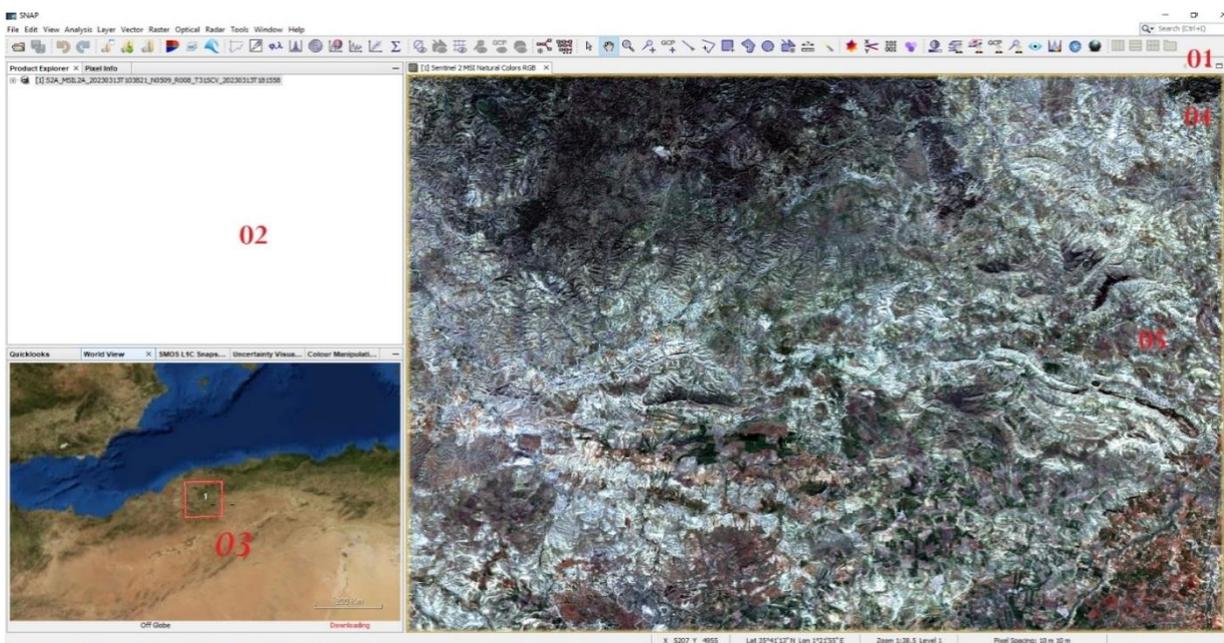
La configuration de l'ordinateur utilisé :

1-Hardware : on a utilisé un ordinateur de marque HP avec la configuration suivantes :

Windows 10 professionnel, processeur INTEL. Système d'exploitation 64 bits, processeur*64bits.

2-Software : pour faire un traitement d'image satellitaire on a utilisé logiciel SNAP La Sentinel Application Platform - ou SNAP - est un ensemble d'outils exécutables et d'interfaces de programmation d'application (API) qui ont été développés pour faciliter l'utilisation, la visualisation et le traitement d'une variété de données de télédétection. La fonctionnalité SNAP est accessible via la Sentinel Toolbox. Le but de la Sentinel Toolbox n'est pas de dupliquer les paquets commerciaux existants, mais de les compléter par des fonctions dédiées à la manipulation des produits de données satellitaires d'observation de la Terre (<http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>)

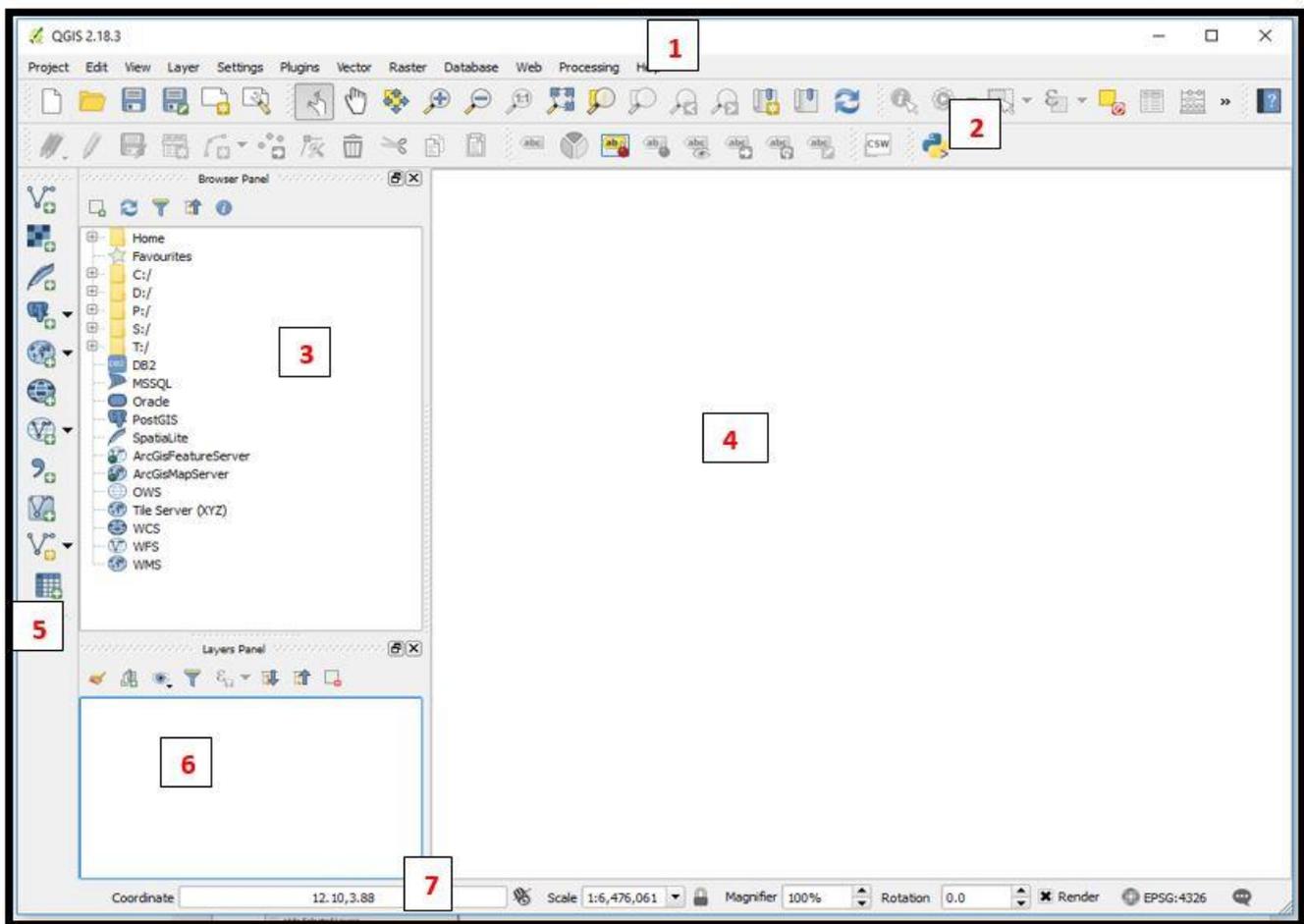
3-Interface de logiciel SNAP :



- 01 : Barre d'outils
- 02 : Explorateur de produits
- 03 : Fenêtre d'outil de navigation
- 04 : Bibliothèque de produits
- 05 : Vue images

4-QGIS 2.18.2: QGIS est un logiciel de systèmes d'informations Géographiques (SIG). Libre d'accès et gratuit, il représente un des logiciels cartographiques les plus performants du moment et constitue un choix intéressant pour nombre d'utilisateurs impliqués dans la gestion des ressources naturelles. Apparue dans les années 80, la cartographie informatisée permet d'acquérir et de manipuler des données à caractère géographique. Il est lancé en 2002. Un autre avantage du logiciel est sa compatibilité avec différentes plateformes (Windows, Mac OSX ou encore Linux) (Mehdaoui et al 2020).

5-Interface de logiciel QGIS :



1=Barre de menus ; 2=Barres d'outils; 3 = Panneau du navigateur; 4=Toile cartographique; 5=Barre d'outils latérale; 6=Liste des couches; 7 Barre d'état.

6-Données utilisées :

6.1-Les principaux composants de la Sentinel Toolbox sont :

Application de bureau intuitive utilisée pour la visualisation, l'analyse et le traitement des données d'OT.

Ensemble de processeurs de données scientifiques fonctionnant soit à partir de la ligne de commande soit invoqués par l'application de bureau.

L'outil de ligne de commande gpt (outil de traitement graphique) est utilisé pour exécuter des graphiques de traitement composés de nœuds opérateurs développés à l'aide du SNAP (voir l'API Java ci-dessous).

Un convertisseur de données d'outil pconvert qui permet à un utilisateur de convertir des produits de données brutes en images standard BEAM-DIMAP, GeoTIFF, HDF-5 ou RGB.

Une API Java™ qui fournit des composants prêts à l'emploi pour le développement d'applications de télédétection et des points de connexion pour les nouveaux modules SNAP. En plus d'un certain nombre de points d'expansion tels que le lecteur produit et les auteurs, l'API SNAP inclut le cadre de traitement graphique qui est utilisé pour créer rapidement des processeurs de données matricielles. La plateforme Rich Client est utilisée pour développer des applications graphiques riches basées sur SNAP.

6.2-Format de produit standard

L'application Sentinel Toolbox et les processeurs de données scientifiques utilisent un format d'entrée/sortie de données simple, ce qui facilite l'importation de données dans d'autres applications d'imagerie. Le format est appelé DIMAP et a été développé par SPOT-Image, France. Le logiciel SNAP utilise un profil DIMAP spécial appelé BEAM-DIMAP, qui présente les caractéristiques suivantes :

- ✚ Un seul en-tête de produit (XML) contenant les métadonnées du produit
- ✚ Un répertoire de données associé contenant des images compatibles ENVI pour chaque bande.

Chaque image du répertoire est composée d'un fichier d'en-tête (texte ASCII) et d'un fichier de données d'image (binaire plat).

6.3-Code source

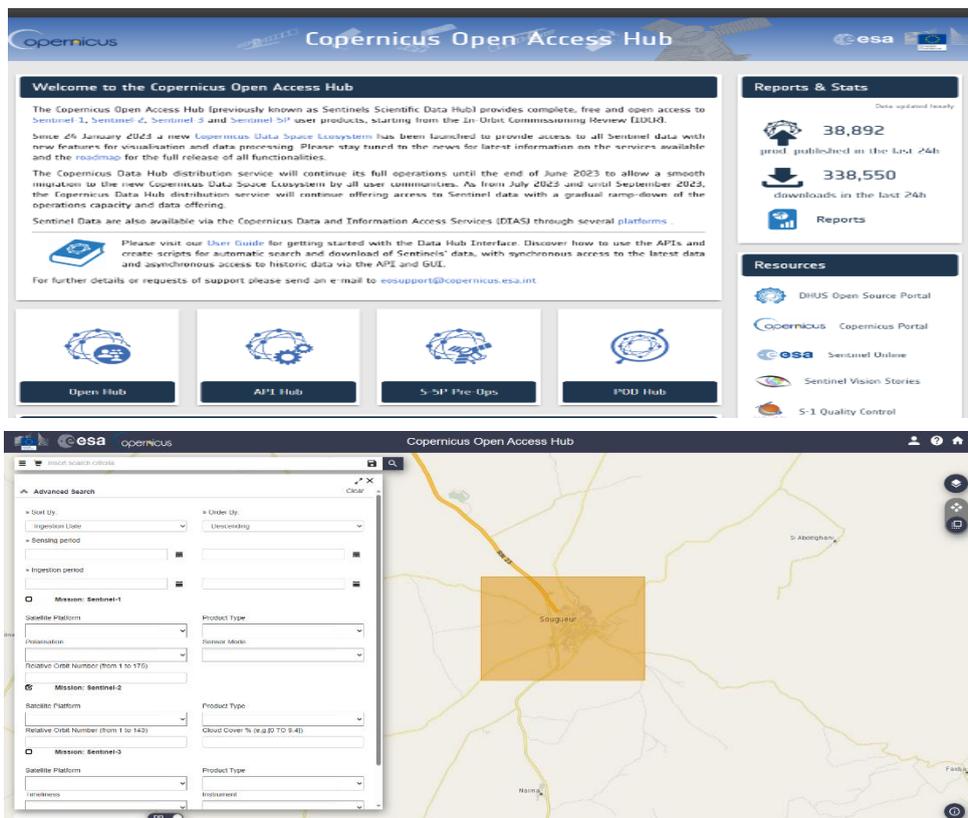
Le logiciel SNAP complet a été développé sous licence publique GNU et est livré avec le code source complet (Java™). Le code source est disponible sur GitHub <https://github.com/senbox-org>

6.4-Plateformes prises en charge

SNAP est programmé en Java™ pur pour permettre une portabilité maximale. Le logiciel SNAP a été testé avec succès sous MS Windows™ XP , Vista, 7,8,10 et Mac OS X ainsi que sous les systèmes d'exploitation Linux et Solaris..

Pour télécharger des données Sentinel 02

Les données Sentinel 2 sont accessibles librement pour tous les utilisateurs via la plateforme de distribution des produits Sentinel du programme Copernicus, tous les **05 jours**. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access> La plateforme met à disposition les archives des acquisitions Sentinel 02 (1et 3). Cette archive étant tournante, les acquisitions les plus anciennes ne sont en général pas disponibles en ligne mais sur demande. [Open Access Hub \(copernicus.eu\)](#)



Autres plateformes d'accès aux données Sentinel 02 :

La plateforme PEPS du CNES <https://peps.cnes.fr> qui est un miroir de la plateforme Copernicus de l'ESA.

La plateforme code-de, de l'agence spatiale allemande (DLR), <https://code-de.org>, qui est un miroir de la plateforme Copernicus de l'ESA.

La plateforme Vertex de l'Alaska Satellite Facility (NASA), <https://search.asf.alaska.edu/>, qui présente l'avantage de mettre à disposition l'intégralité de l'archive Sentinel 1 depuis 2014, ainsi que de donner accès à d'autres sources d'archives SAR.

L'Agence spatiale européenne (ESA) est responsable du développement des deux satellites (Sentinel 2a et 2b), des instruments et du segment sol qui produit les images.

Le CNES diffuse les données de Copernicus au grand public et organise des campagnes pour que de futures applications puissent exploiter efficacement les données de Sentinel 2.

Tous les 5 jours, des images gratuites sont ainsi disponibles dans 13 bandes spectrales. La résolution des images varie de 10 à 60 m selon les bandes spectrales allant du visible au moyen infra-rouge.

Ces images viennent compléter les autres acquisitions déjà en place avec les anciennes constellations de satellites publiques et privées (Landsat, Deimos...) et enrichir ainsi aussi bien les fréquences d'acquisition que les résolutions et longueurs d'ondes disponibles.

C'est l'augmentation de ces fréquences d'acquisition, ainsi que la baisse des coûts qui ont permis une accélération des services utilisant les images satellites ces dernières (Abdelaziz, 2020)

Table 01 : Caractéristiques des bandes spectrales de Sentinel-2 (Souilem.F ;2021)

Résolution spatiale	Numéro de la bande	Satellite sentinel 2A		Satelite Sentinel 2B	
		Longueur d'onde (nm)	Largeur de bande (nm)	Longueur d'onde (nm)	Largeur de bande (nm)
10m	2	496.6	98	492.1	98
	3	560.0	45	559	46
	4	664.5	38	665	39
	8	835.5	145	833	133
20m	5	703.9	19	703.8	20
	6	740.2	18	739.1	18
	7	782.5	28	779.7	32
	8a	864.8	33	864	141
	11	1613.7	143	1610.4	238
	12	2202.4	242	2185.7	45
60m	1	443.9	27	442.3	45
	9	945.0	26	743.2	27
	10	1373.5	75	1376.9	76

7-Présentation de la zone d'étude :

Située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest du pays, Sa superficie est 20.200 km² ; la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces semi-arides au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord. La wilaya de Tiaret fait partie de la région des hauts plateaux ouest et elle est limitée (Figure .N°07) :

- Au Nord : par la wilaya de Tissemsilt et Relizane
- Au Sud : par la wilaya de Laghouat et El Bayadh
- A l'Est : par la wilaya de Djelfa
- A l'Ouest : par la wilaya de Saida
- Et au Nord ouest : par la wilaya de Mascara

la commune de Tiaret est limité par les communes de Dahmouni et Oued Lili au Nord, de Guertoufa et Tagdempt à l'Ouest, Ain Bouchekif a l'Est et de Mellakou au Sud (SIBACHIR et all ,2019).

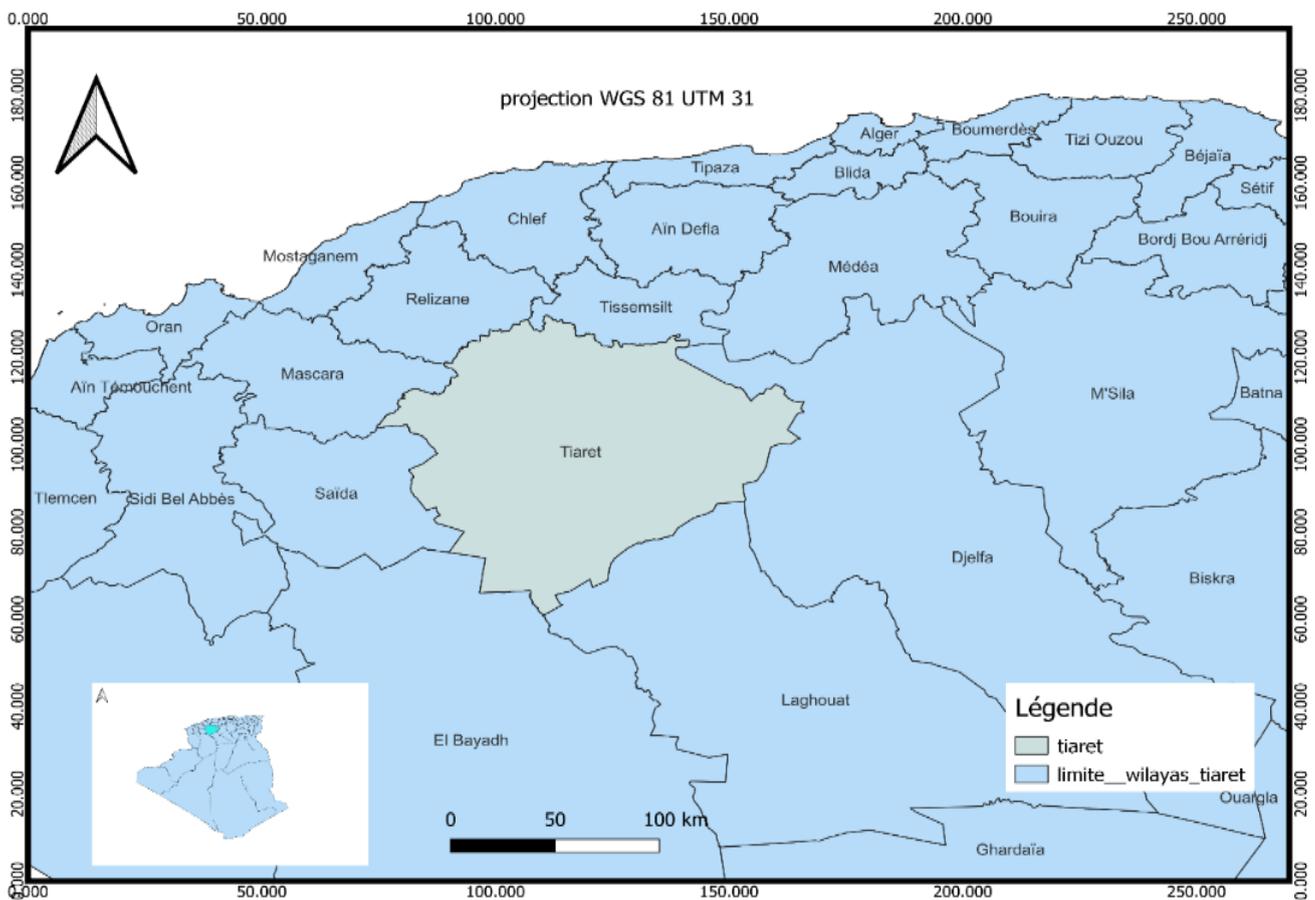


Figure.n°07 carte de situation de Tiaret

7.2- Caractérisation du milieu nature l'occupation des sols

La daïra de Sougueur s'étend sur une superficie de 325405 ha, soit environ 16% de la superficie de la wilaya de Tiaret. La vocation de Sougueur est essentiellement céréalière et en second lieu pastorale. Son altitude varie entre 1020 et 1200 mètres et son climat est aride à semi aride avec des gelées printanières, des écarts de température accrus et une pluviométrie entre 300 et 400 mm/an (à l'exception de la commune de Feidja avec 100 mm/an). Les sols sont peu profonds, très calciques sur croûte calcaire dure avec une très faible rétention hydrique. Malgré le faible taux de pente, les sols de la région sud steppique sont sensibles à l'érosion éolienne et aux ruissellements que les labours tendent à favoriser rendant les sols découverts et pulvérulents.

Le réseau hydrique est composé de plusieurs oueds répartis sur le territoire de Sougueur. Celui-ci est traversé dans sa partie nord et nord-est par les oueds Sougueur, Malellaz et El Farh qui sont des bras de l'oued Bouchekif, lui-même bras de Nahr Ouassel ; l'écoulement de ces oueds se fait en direction sud nord. Au sud-est, l'oued Boussalem a un écoulement sud-ouest et nord-est. Enfin la zone ouest est traversée par l'oued Aoun Branis avec un écoulement sud-est et nord-ouest en aboutissant à oued Mina qui constitue la limite territoriale entre la commune de Sougueur et celle de Mellakou. Le régime d'écoulement de ces oueds est temporaire puisqu'il

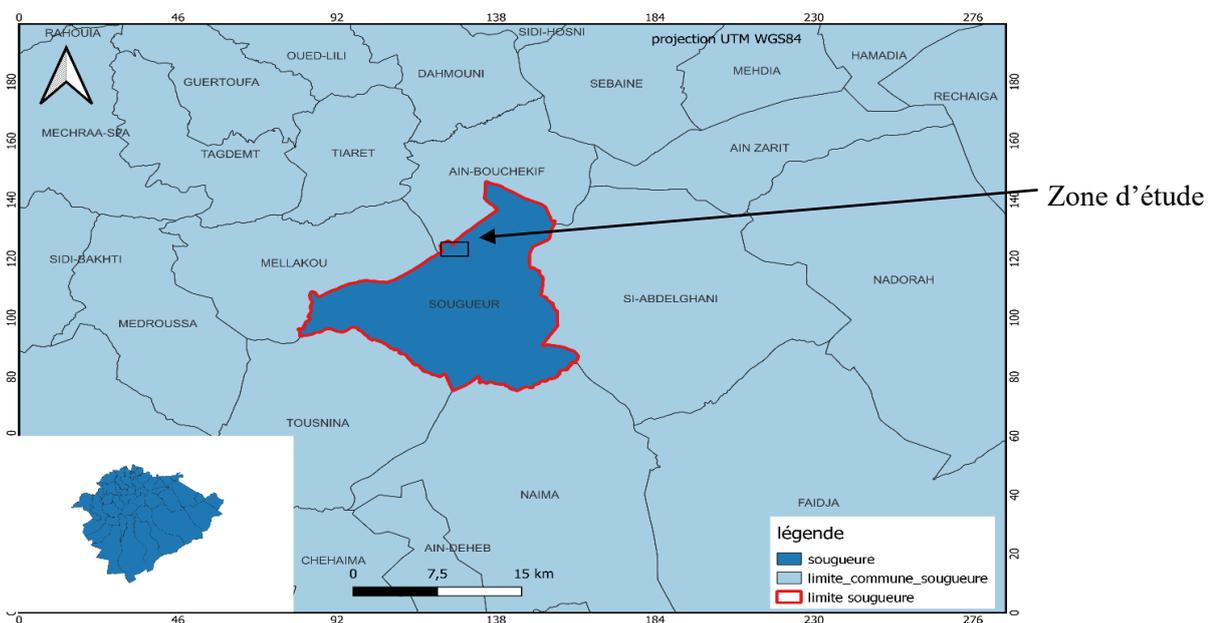


Figure n° :8 Carte géographique de la région sougueur

7.3- Caractéristiques climatiques de la région d'étude : (engineeringclima.com)

7.3.1- Précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude :

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées à Sougueur sont de 430 mm/an au cours de la période 1991-2021.

La figure montre que la pluviométrie diminue brusquement. Les mois les plus pluvieux sont les cinq mois janvier, février, mars, avril mai et novembre (44, 42, 50,51, 44, 43mm) par contre les mois qui enregistrent la faible quantité de pluie, c'est bien les mois de juin, juillet et août (18, 11, 16mm) (Osborne, 2004)

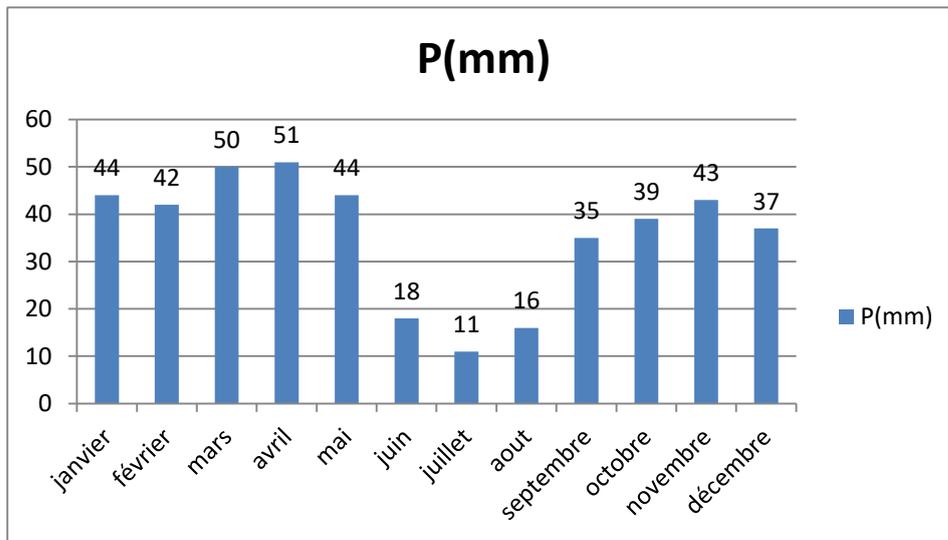


Figure n°09 : les précipitations moyennes mensuelles dans la zone d'étude

7.3.2-Régimes pluviométriques saisonnier

On constate que la station reçoit le maximum de pluies en Printemps, avec un total de 145mm. Le deuxième maximum en Hiver avec un total de 123mm, suivi de l'Automne avec un total de 117mm. L'été, saison la plus sèche, ne reçoit que 45mm. Il apparaît alors que le régime pluviométrique saisonnier de la station comme montré dans la figure n°12.

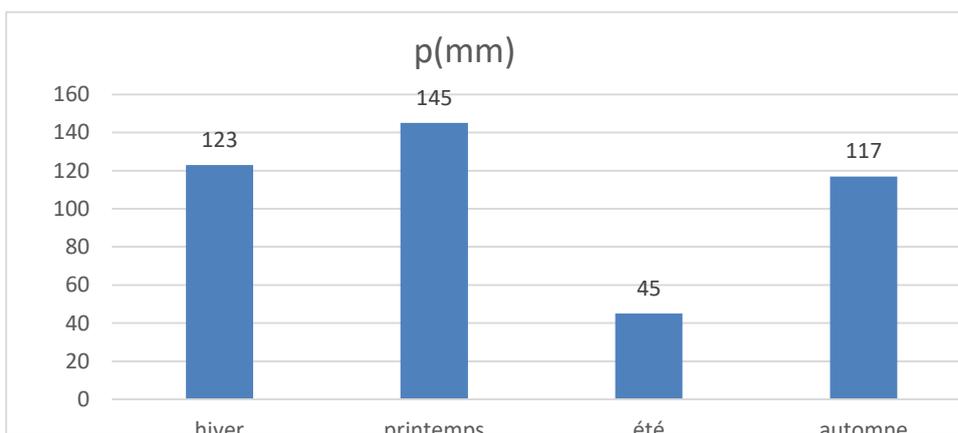


Figure n°10 : Pluviométrie saisonnière de la zone d'étude

7.3.4-Régimes saisonniers :

Définie la méthode consiste à un aménagement des saisonnier par ordre décroissant de pluviosité, ce qui permet de définir un indicatif saisonnier de chaque station. Cette répartition saisonnière est particulièrement importante pour le développement des annuelles dont le rôle est souvent prédominant dans la physionomie de la végétation.

$$Crs = Ps * 4 / Pa$$

- **Ps : précipitations saisonnières**
- **Pa : précipitations annuelles**
- **Crs : Coefficient relatif saisonnier de Musset**

Selon Corre (63) si les pluies d'automne et de printemps sont suffisantes, elles seront florissantes, si par contre la quantité tombée pendant ces deux saisons est faible, leur extension sera médiocre.

Tableau n°2 : Coefficient relatif saisonnier de Musset

saison	hiver	printemps	été	automne
p (mm)	123	145	45	117
Crs	1,14	1,35	0,42	1,09

7.3.5-Températures

La température est le second facteur constitutif du climat influant sur le développement de la végétation. Les températures moyennes annuelles ont une influence considérable sur l'aridité du climat. Ce sont les températures extrêmes plus que les moyennes qui ont une influence sur la végétation, sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée.

Tableau n°03 : moyenne mensuelle des températures dans la zone d'étude

mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	septembre	octobre	novembre	décembre
T°C moy	5,7	6,5	9,8	13	17,3	22,7	26,8	26,2	21,1	16,7	9,9	6,8
T°C min	2,1	2,4	4,9	7,4	11,2	15,9	19,7	19,7	15,8	12	6,2	3,3
T°C max	10,5	11,5	15,3	19	23,5	29,5	33,9	33	27,2	22,3	14,5	11,3

7.3.6-Amplitudes thermiques

L'amplitude thermique extrême moyenne M-m est très importante en climatologie. Elle exprime le degré de continentalité d'une station et donne une idée sur l'évapotranspiration. Elle se définit comme étant la différence entre les températures moyennes maximales et minimales (mois le plus chaud, mois le plus froid). Sa valeur permet de renseigner sur l'éloignement de la mer.

7.3.7-Indice de continentalité

En effet, plus l'amplitude est élevée, plus la continentalité s'accroît il y a quatre types de climats peuvent être calculés à partir de M-m.

M-m ≤ 15°C Climat insulaire

15 < M-m < 25°C Climat littoral

25 < M-m < 35°C Climat semi-continental

M-m > 35°C Climat continental

La zone d'étude subit des températures maximales et minimales respectivement de 33,9°C et 2,1°C. Partant de la classification, l'amplitude thermique des moyennes extrêmes est 31,8°C, ce qui correspond au climat de type semi-continental.

7.3.8-Coefficient pluviométrique d'Emberger

C'est un quotient pluviométrique qui permet de définir les types de bioclimats méditerranéens. Il prend en compte les précipitations (P) et les températures (T). Pour le paramètre température, on remarque l'existence de deux extrêmes thermiques qui peuvent être caractérisés par la moyenne des minima thermique du mois le plus froid (m) et la moyenne des maxima thermique du mois le plus chaud (M). Il détermine l'aridité d'une station donnée. Il s'exprime par la Formule suivante :

$$Q_2 = 2000P / M^2 - m^2$$

- P : moyenne des précipitations annuelles (mm)
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (K = t°C + 273,2).
- m : moyenne des minima du mois le plus froid (K = t°C + 273,2).

Le coefficient pluviométrique d'Emberger est de 46,44 ; ce qui nous permet de dire que la zone d'étude se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride moyen.

7.4-Le climagramme d'Emberger

Ces valeurs (Q_2 et m) peuvent être organisées en un graphique orthonormé, où l'indice Q_2 caractérisant le degré d'humidité global du climat est en ordonnées et m en abscisse. Schématiquement, il est possible de définir pour des valeurs de m égales à zéro six bioclimats. Ces valeurs $Q_2=46,44$ et $m=2,1^\circ\text{C}$, place la zone d'étude dans semi-aride à hiver frais.

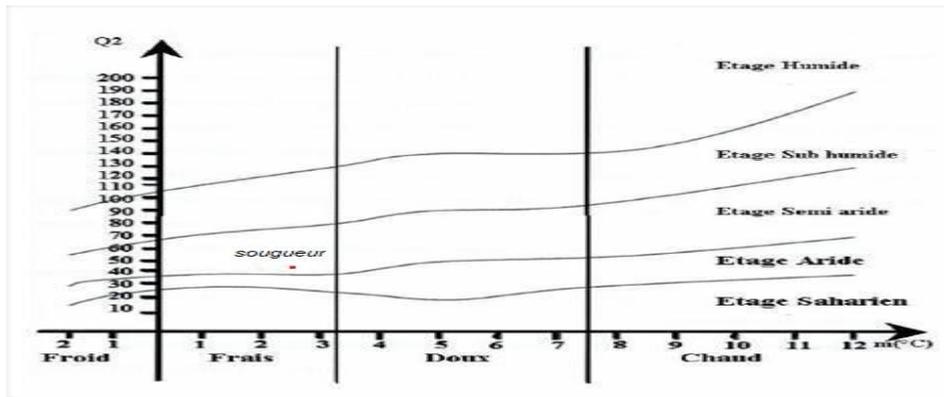


Figure n°11: le climagramme d'Emberger

7.5-Diagramme ombrothermique

Périodes sèches et humides de la zone d'étude sont déterminées à travers le diagramme ombrothermique établi à partir des données de précipitations et de températures. La durée de la période sèche, s'étale sur six mois (mai à octobre), ce qui confirme l'appartenance de la zone d'étude à une région sous influence semi-aride (figure n°12)

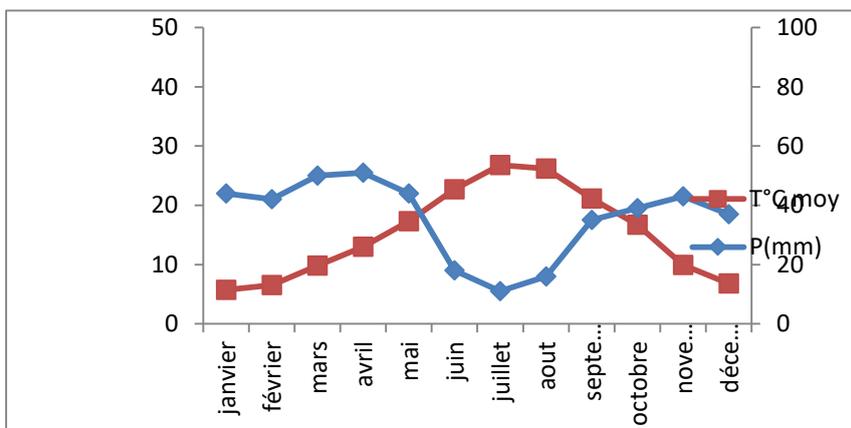


Figure n°12 : Diagramme ombrothermique

8-Méthode :

8.1-Prétraitement des images :

7.1.1-Mosaïque d'images :

Parmi les traitements utiles en télédétection, nous pouvons citer l'opération appelée mosaïque d'images. Deux ou plusieurs images acquises par le même capteur sont juxtaposées et assemblées afin d'obtenir une nouvelle image qui couvre un étendu vaste du territoire qui ne peut être couvert par une seule image (**[FEKIR Y ; 2021]**)

8.1.2-Correction atmosphérique :

L'image Sentinel-2 téléchargée est de niveau de degré de processus 1C. Ce degré indique que l'image est géométriquement, radiométriquement corrigée, elle est aussi ortho-rectifiée résultant de l'utilisation d'un modèle d'élévation numérique (DEM) pour projeter l'image en géométrie cartographique (ESA, 2016). Une correction atmosphérique est jugée indispensable avant tous types de traitements de l'image. Elle consiste à soustraire les effets de l'absorption gazeuse et la diffusion des signaux par les aérosols dans l'atmosphère. Cette opération a été effectuée sous le logiciel SNAP en téléchargeant l'extension SEN2COR. L'image ainsi obtenue prend un degré de processus 2A indiquant que l'image est atmosphériquement corrigée(**ESA, 2015**)

8.1.3-Resampling :

Les bandes de l'image Sentinel-2 sont formées par des résolutions différentes : 10 m, 20 m et 60 m (cf. figure 1). Pour pouvoir l'utiliser, les bandes de basse résolution ont été affinées au niveau de celles de haute résolution. Le module de SNAP « resampling » a permis d'effectuer cette tâche. Les bandes de 20 m de résolution ont été ainsi divisées en 4 pixels de 10 m et les bandes de 60 m divisées en 9 pixels de 10 m. Le résultat a donné une image affutée formée de 13 bandes de 10 m de résolution(**Ratsimandresy R ,2018**)

8.1.4-Découpage de l'image (Subset) (Optionnel) :

Si l'ensemble de l'image ne nous intéresse pas, il est possible de la découper afin de gagner en temps de traitement et en stockage(**COPENICUS,Grain 1600**).

8.2-Traitement :

Les méthodes standards englobent les traitements réalisés sur une image en prenant en compte toutes les informations (les bandes spectrales) pour pouvoir ressortir des différences.

8.2.1-Composition colorée

Pour créer une composition colorée, il suffit d'affecter aux couleurs primaires trois bandes de l'image satellite. Les compositions sont donc faites en fonction de l'information que l'on désire tirer.

Il existe deux types de compositions colorées dites en couleurs vraies et en fausses couleurs ; la première donne une image en couleur tel que les yeux voient et la seconde donne une image en couleurs fictives ; des couleurs sont mises en avant pour représenter des entités déterminées.

8.2.2 Utilité des images de composition colorée :

Les images de composition colorée sont utilisées pour la gestion des terres agricoles, y compris la cartographie des cultures, la détection des maladies et des stress dans les cultures, la surveillance de la croissance des plantes, l'estimation des rendements, l'optimisation de l'irrigation et de la fertilisation, etc. Elles aident les agriculteurs à prendre des décisions éclairées pour améliorer la productivité et la durabilité des systèmes agricoles (CHEREL J.P. 2010)

8- Description des différents indices utilisés dans l'étude :

L'indice existant pour détecter, l'humidité de sol :

8.1-NDMI (Normalized Difference Moisture Index) : permettant d'utiliser À l'origine, faire sortir l'humidité de la végétation était définie comme ceci.

Cet indice est couramment utilisé pour évaluer le niveau d'humidité du feuillage de la végétation. Par extension, il peut mettre en évidence des mélanges d'eau et de végétation ou de végétation immergée dans un même pixel. Plus la teneur en eau de la végétation est élevée, plus sa réflectance dans le MIR est faible et plus son NDMI est élevé (XU H; 2006).

Applications sentinel -2 : $NDMI = (B08 - B11) / (B08 + B11)$ (GAO B.-C., 1996).

8.2-Indice de Brilliance (IB) :

(anglais Index Brightness) Il permet de faire clairement la distinction entre les surfaces végétalisées et les sols nus. (univ-paris1.fr) Sa formule est la suivante :

$$IB = ((red * red) + (green * green)) / 2$$

8.3-Indice GNDVI :

L'indice de différence normalisée dans le vert (GNDVI) est un indice qui est davantage lié à la biomasse et au rendement qu'à la teneur en chlorophylle (Osborne et al., 2004)

Sa formule est la suivante :

$$(PIR - V) / (PIR + V)$$

R : Réflectance dans le proche infrarouge; V: Réflectance dans le vert.

8.4-Indice SATVI : Indice transformé de végétation ajusté pour le sol **TSAVI** est basé sur la détermination préalable de la droite des sols à partir des bandes spectrales du capteur. Il utilise

la pente a et l'ordonnée à l'origine b de la droite, plutôt que les valeurs arbitraires fixées pour l'indice SAVI.[32].

$$SATVI = ((b11 - b4) / (b11 + b4 + 0.5)) * (1 + 0.5) - b12 / 2.$$

8.5-Indice MSAVI2 L'indice de végétation ajusté au sol modifié: en anglais (Modified soil Adjusted vegetation Index)

le paramètre L n'est plus une constante, mais il est ajusté automatiquement aux conditions locales. L'expression de l'indice MSAVI2 est la même que celle de l'indice SAVI. La différence concerne le facteur L qui dépend à la fois de la droite des sols, du NDVI et de l'indice de végétation par différence pondérée] (Baret et al, 1989)

$$MSAVI2 = (1/2) * (2 * (IR_factor * near_IR + 1) - \sqrt{(2 * IR_factor * near_IR + 1) * (2 * IR_factor * near_IR + 1) - 8 * (IR_factor * near_IR - red_factor * red)}).$$

8.6-Indice SAVI (Soil Adjusted Vegetation) :

Dans la littérature, l'indice SAVI est défini avec un facteur correctif L . Le SAVI correspond à la pente d'une droite qui joint un point de végétation et un point origine appartenant à la droite (1:1) et ayant une position fonction du facteur L .

- Lorsque L tend vers l'infinie le SAVI équivaut au DVI.
- A l'inverse, pour un L nul, le SAVI équivaut au NDVI.

$$SAVI = ((1 + L) * (NIR - RED)) / (NIR + RED + L)$$

NIR : réflectance dans la bande proche-infrarouge ;

RED : réflectance dans la bande rouge ;

L : facteur correctif déterminé théoriquement pour chaque type de sol

Le facteur correctif L dépend en réalité de la densité du feuillage ($LAI = \text{Leaf Area Index}$) et le meilleur ajustement dépendra du fait que l'utilisateur veuille analyser des faibles densités de végétation ($L=1$), végétations intermédiaires ($L=0,5$), végétations denses ($L=0,25$). Néanmoins, affirme dans son étude que pour un $L=0,5$, le SAVI réduit de manière conséquente les variations induites par le sol et améliore la linéarité entre *index et LAI en comparaison aux NDVI et PVI (Huete)*

Chapitre III

Résultats et discussion

1.composition coloré :

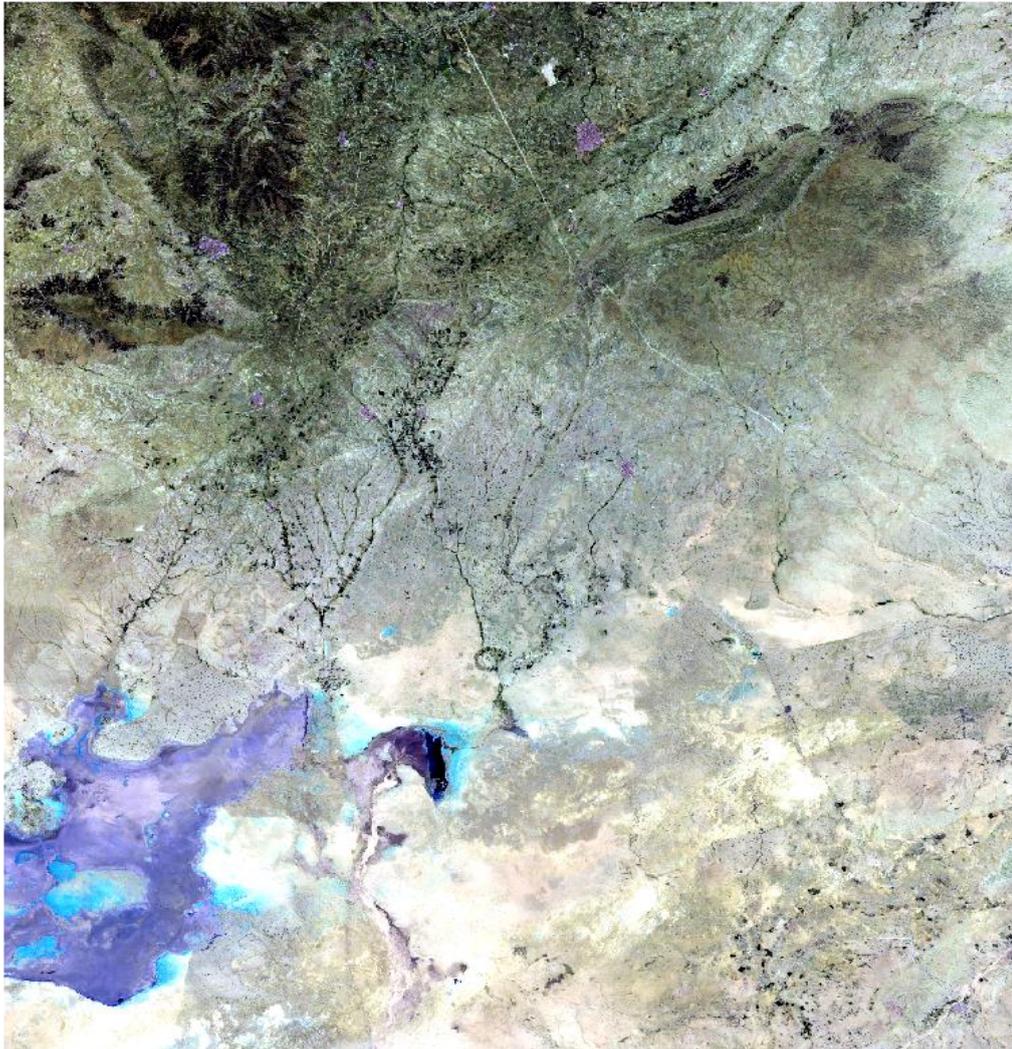


Figure:13 Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-False Color Urban RGB

Interpretation:

La végétation représentée par des nuances de vert, tandis que les bâtiments représentés dans diverses nuances de gris ou de brun. Les masses d'eau peuvent apparaître sous forme de nuances de bleu ou de cyan. Les routes, les chaussées et d'autres éléments d'infrastructure peuvent se voir attribuer une couleur spécifique comme le jaune ou l'orange.

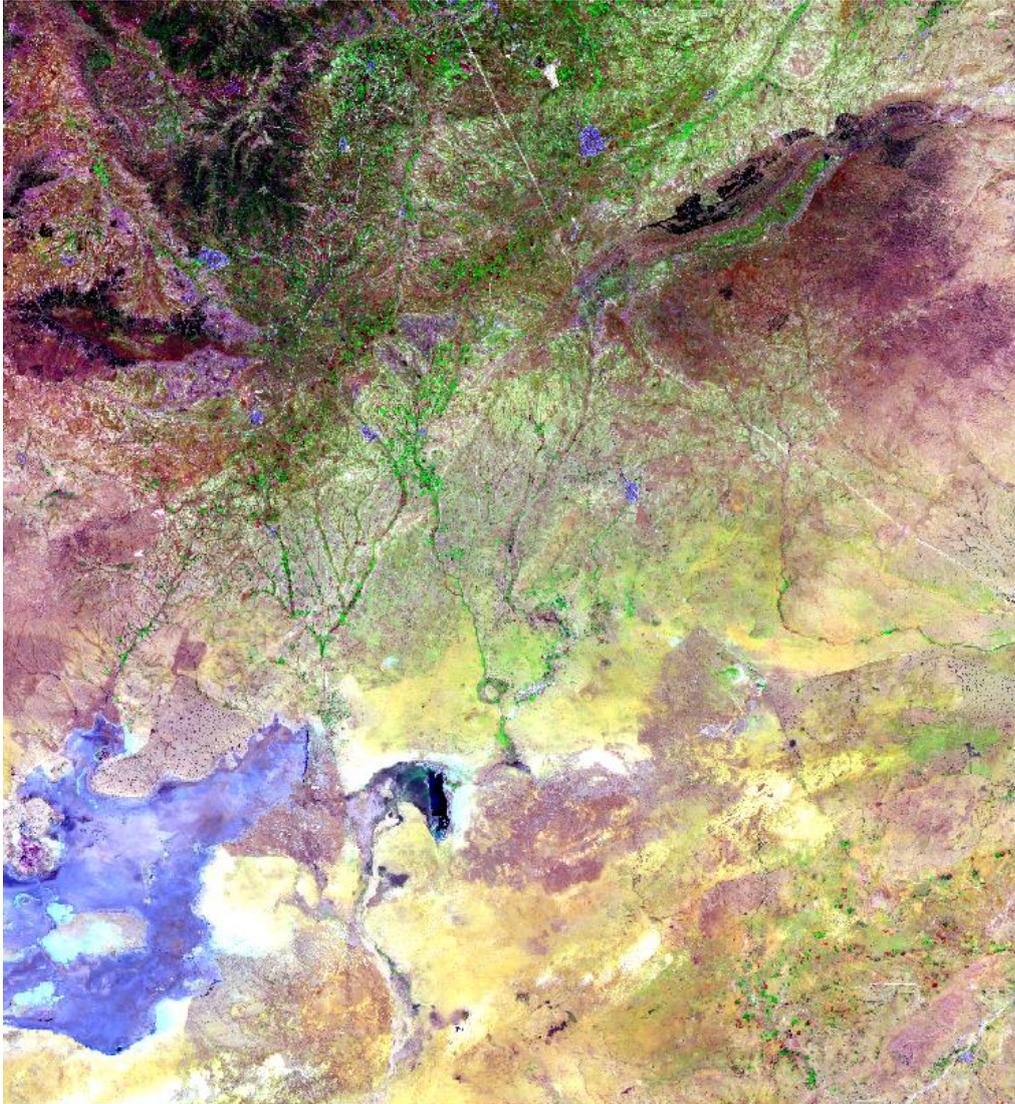


Figure14:Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Agriculture RGB

Interpretation:

Le canal rouge représente une bande sensible à la santé de la végétation ou à la teneur en chlorophylle, le canal vert représente une bande liée à la densité de végétation ou à la biomasse, et le canal bleu représente une bande associée à l'humidité du sol ou au stress des cultures.



Figure15:Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Healthy Vegetation RGB

Interprétation :

Dans cette composition colorée, des couleurs spécifiques sont attribuées à chaque canal pour représenter différentes caractéristiques de la végétation saine. Par exemple, une végétation vigoureuse et en bonne santé peut apparaître en nuances de vert vif, indiquant une forte teneur en chlorophylle. Les zones de densité de végétation plus faible peuvent être représentées par des tons de vert plus pâle ou des jaunes clairs. Les zones de stress hydrique ou de mauvaise santé peuvent être visualisées avec des teintes de marron ou de rouge.

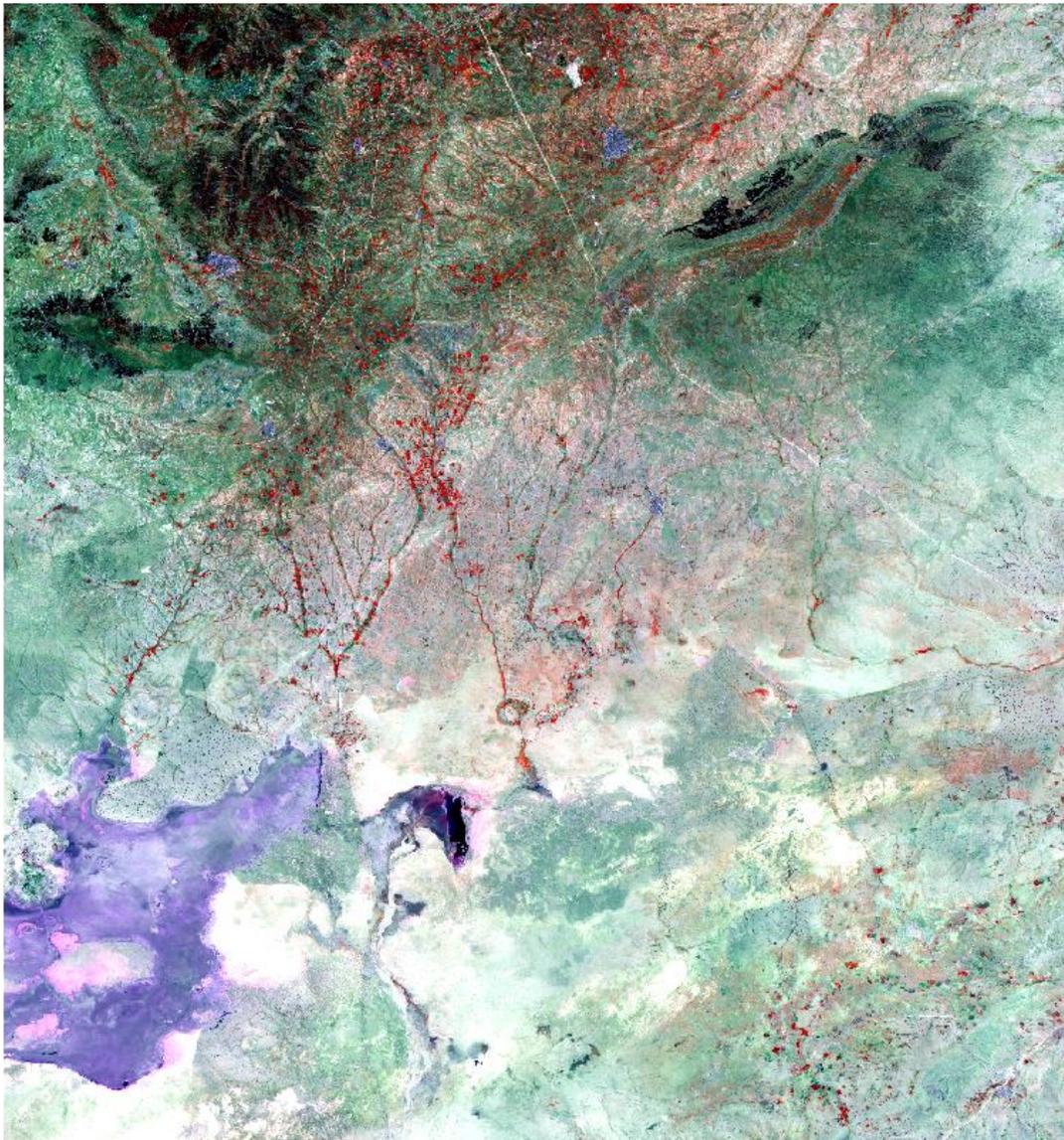


Figure16:Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Land Water RGB

Interprétation:

Dans cette composition colorée, des couleurs spécifiques sont attribuées à chaque canal pour représenter les caractéristiques des terres et de l'eau. Par exemple, les zones terrestres peuvent être représentées en nuances de vert pour indiquer la végétation, en nuances de brun pour représenter les sols ou en nuances de gris pour les zones urbaines. Les zones d'eau, telles que les lacs, les rivières ou les étendues d'eau, peuvent être représentées en nuances de bleu ou de cyan.

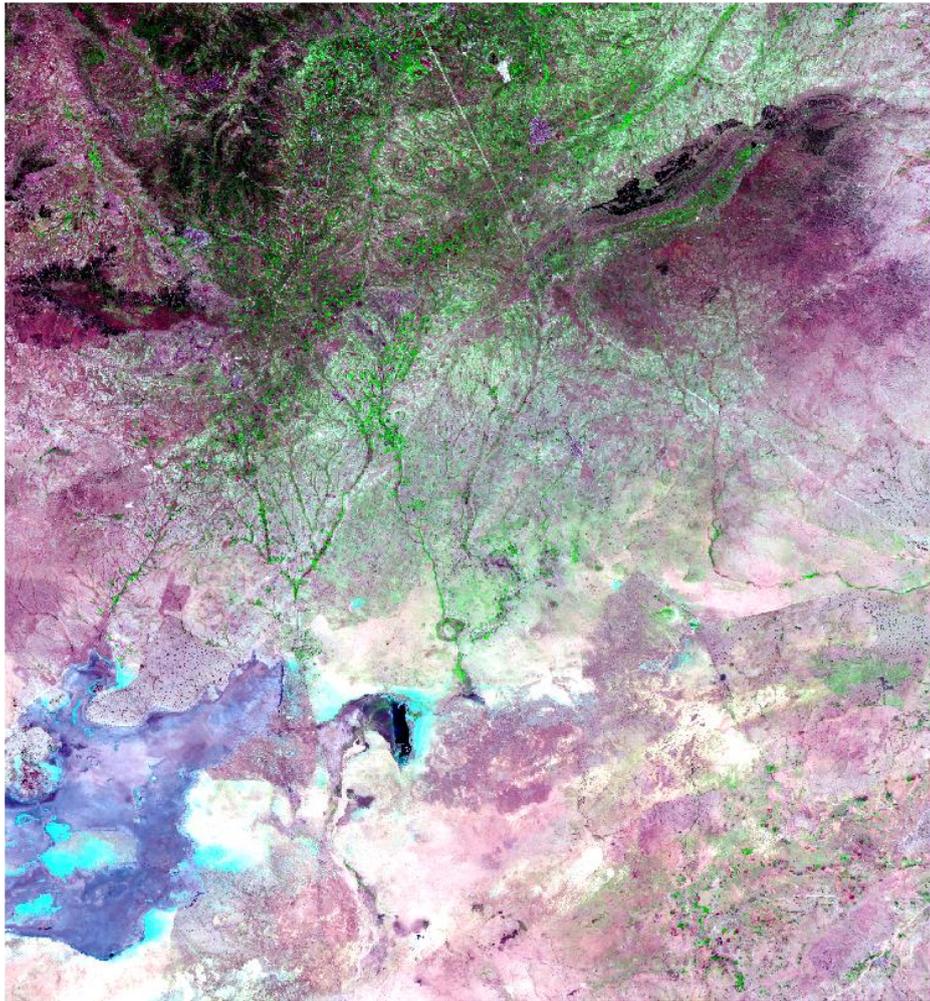


Figure17:Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Shortwave Infrared RGB

Par exemple, dans un schéma de couleurs classique, les tons rouges peuvent représenter les objets chauds ou émissifs, tels que les sources de chaleur ou les matériaux actifs. Les tons verts peuvent être associés à des zones végétales saines ou à des matériaux réfléchissants. Les tons bleus peuvent indiquer des zones d'eau ou des matériaux absorbants.



Figure18 :Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-MSI Vegetation Analysis RGB

Interprétation :

Les zones de forêt pourraient être représentées en vert, les prairies en jaune, les terres agricoles en rouge, etc. Chaque classe végétale est attribuée à une couleur distincte pour faciliter la visualisation et l'identification des différentes zones végétales dans l'image.



Figure19:Subset_of_Multi-size Mosaic-All-Bands_RGB-Natural Colors RGB

Interprétation :

Les zones de forêt être représentées par des teintes de vert, les zones herbeuses par des teintes de jaune ou de brun, les zones d'eau par des teintes de bleu.

2- Les cartes des indices (Zone de Sidi Abed):

2.1- Carte NDMI :

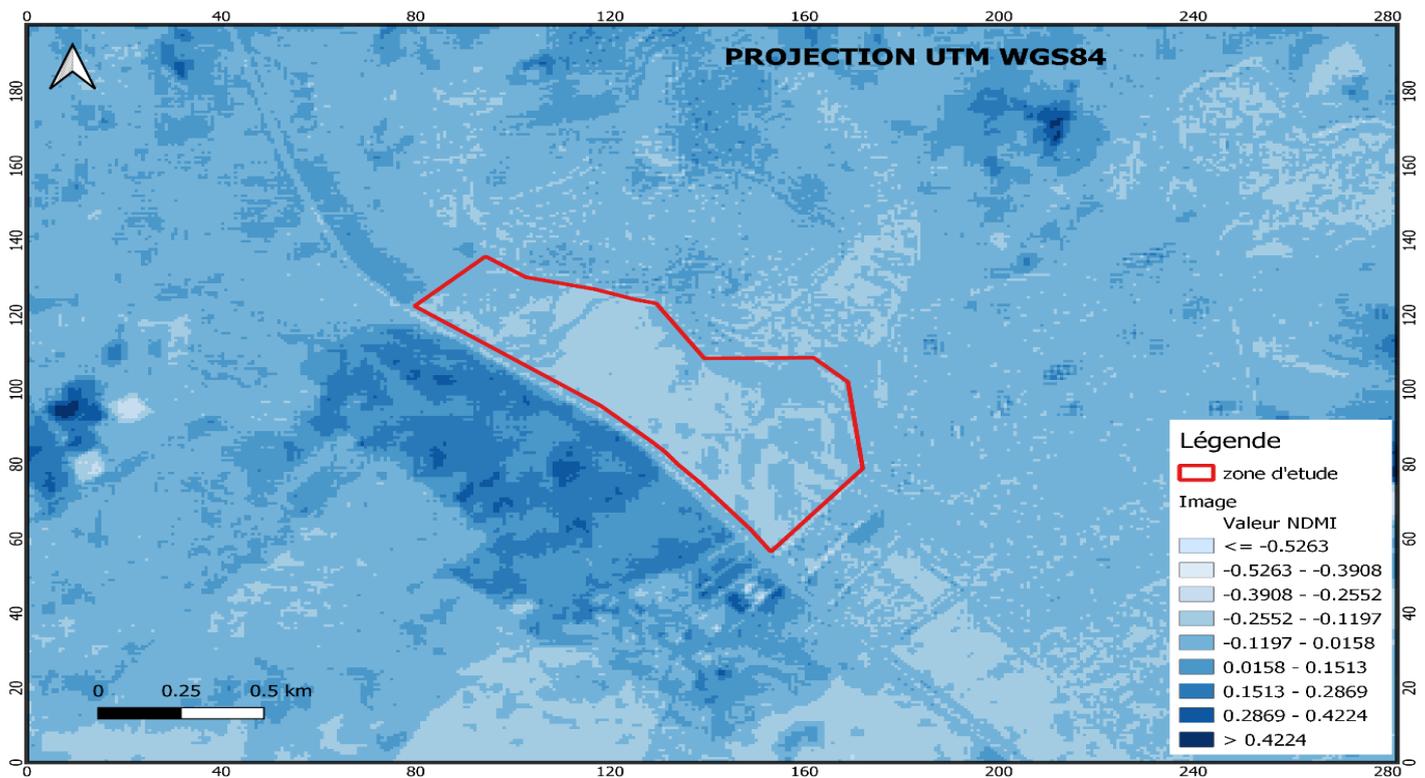


Figure n°20 : Carte NDMI

Interprétation NDMI

Valeurs négatives : Les valeurs négatives de l'indice NDMI indiquent généralement des zones où la végétation est moins humide ou en état de stress hydrique. Cela peut être dû à des conditions de sécheresse, à un manque d'irrigation ou à une végétation peu vigoureuse.

Valeurs proches de zéro 0.01-0.1 peuvent indiquer une humidité relativement faible dans la végétation ou une présence de sol nu sans végétation. Cela peut correspondre à des zones arides ou semi-arides où la disponibilité en eau est limitée.

2.2-Carte IB :

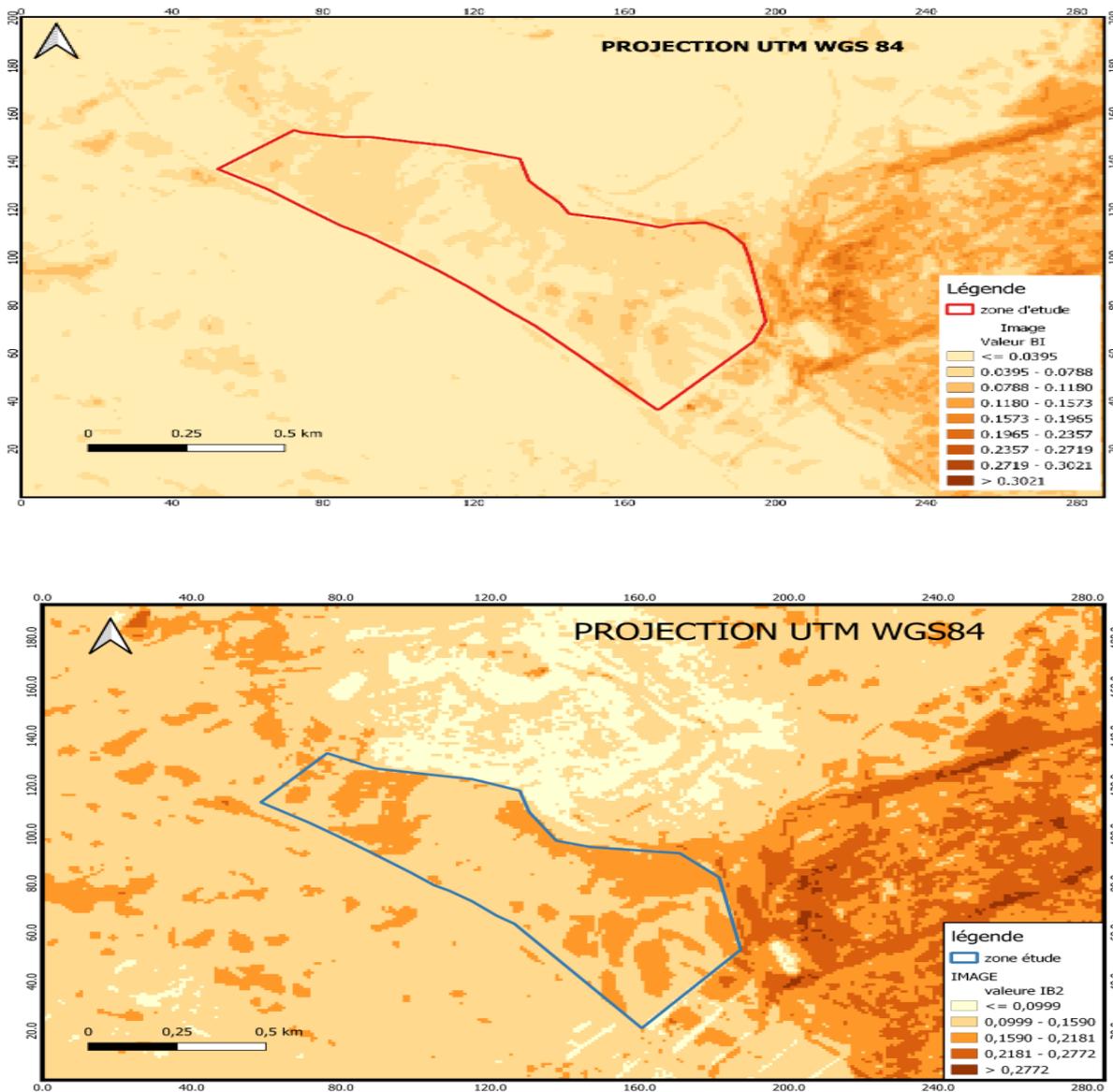


Figure n°21 : carte indice de Brillance IB1 et IB2

Interprétation de l'indice de brillance

Les valeurs plus faibles de l'indice de brillance indiquent généralement des objets ou des surfaces moins brillants, ayant une réflectance plus faible dans l'image. Cela peut correspondre à des zones avec une végétation dense, des surfaces sombres comme les plans d'eau, les forêts denses ou des objets absorbant la lumière.

2.3-Carte GNDVI

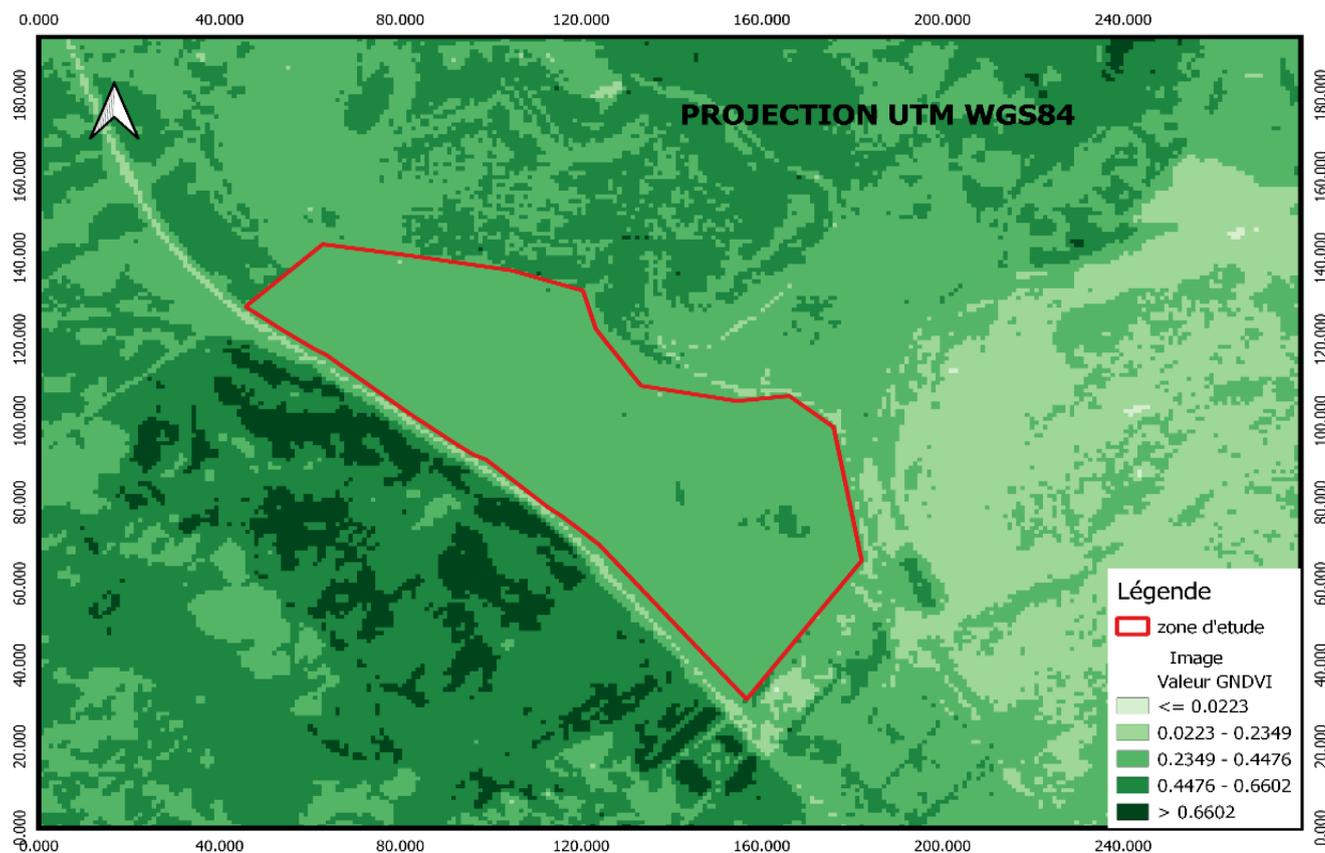


Figure n°22 : CarteGNDVI

Interprétation :

Valeurs proches de zéro(0.022) du GNDVI indiquent généralement une absence de végétation ou des surfaces non végétales telles que l'eau, les nuages, la neige ou les sols nus.

Valeurs basses (0.02 à 0,2) : Des valeurs basses du GNDVI peuvent être associées à une faible densité de végétation, à une végétation en état de stress ou à des terres agricoles non cultivées.

Valeurs moyennes (0,2 à 0,5) : Des valeurs moyennes du GNDVI sont souvent observées dans des zones où la végétation présente une densité modérée. Cela peut inclure des prairies, des cultures agricoles en croissance, des forêts clairsemées ou des zones de végétation mixte.

2.4-Carte SATVI :

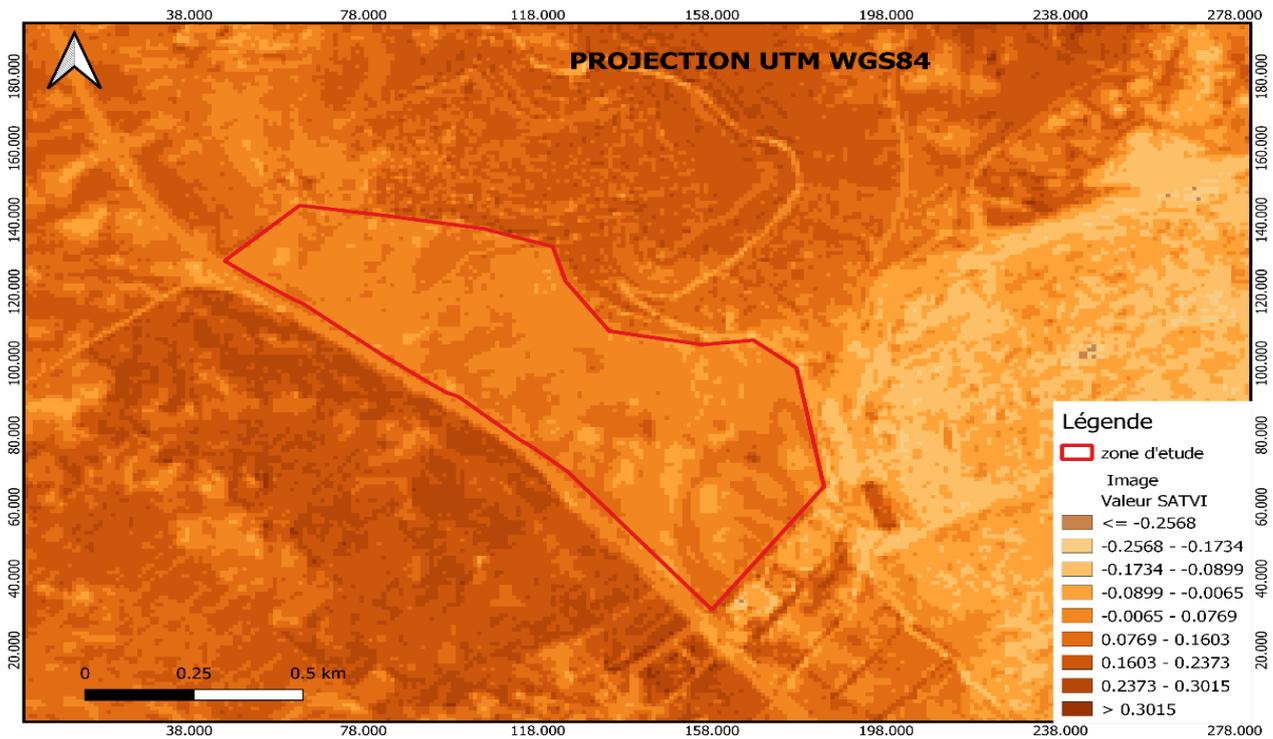


Figure n°23 : carte SATVI

Interprétation de SATVI

Valeurs négatives (-0.2,-0.006) SATVI indiquent généralement des zones avec peu de végétation ou une végétation en état de stress. Cela peut être dû à des facteurs tels que la sécheresse, les incendies, les maladies végétales ou d'autres stress environnementaux.

Valeurs proches de zéro (-0.08,0.07) peuvent indiquer une végétation modérée ou une présence équilibrée de végétation et de sol. Cela peut correspondre à des zones avec une végétation ni trop dense ni trop clairsemée.

Valeurs positives (0.07,0.3) indiquent généralement une végétation vigoureuse et en bonne santé. Cela peut correspondre à des zones avec une végétation dense, une bonne disponibilité en eau et des conditions environnementales favorables.

2.5-Carte MSAVI2 :

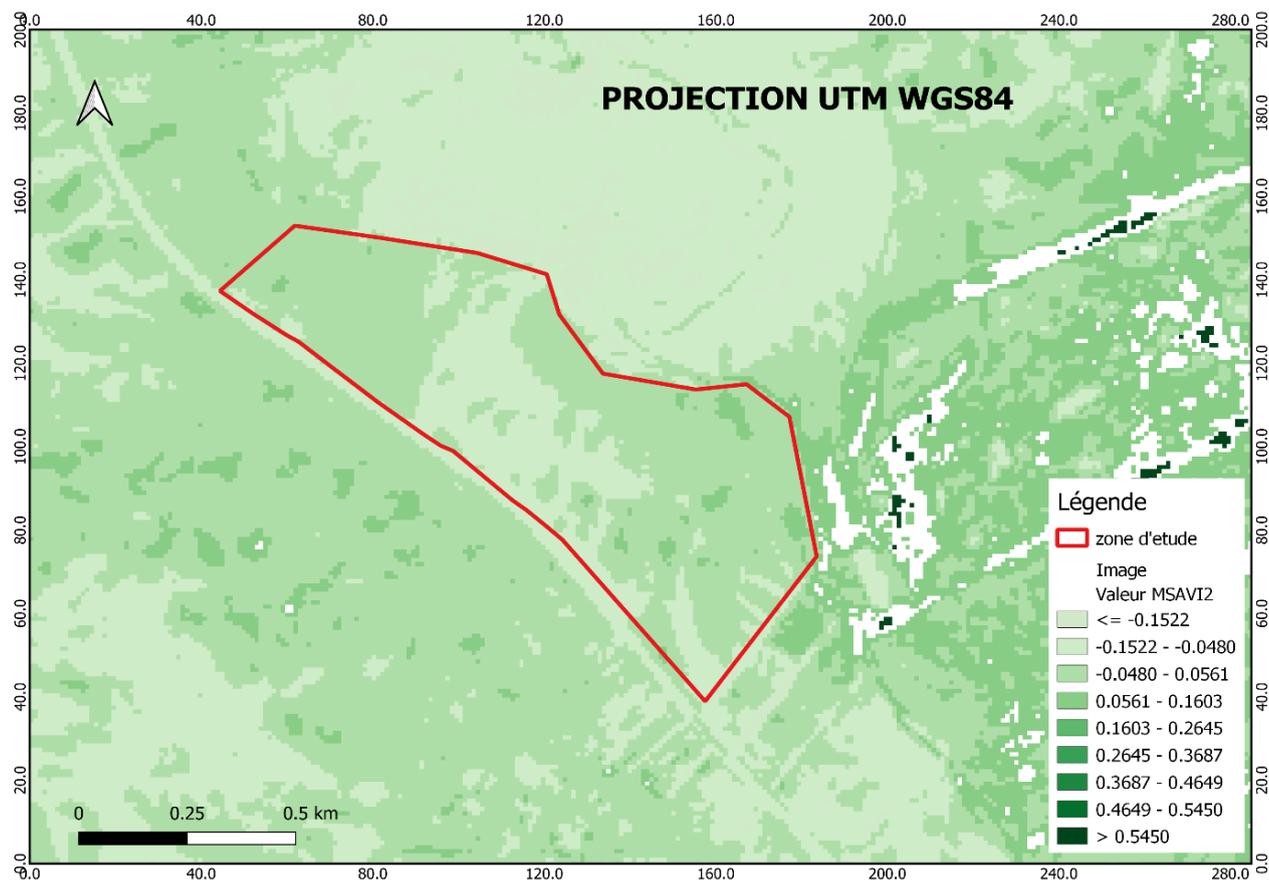


Figure n°24 : Carte MSAVI2

Interprétation MSAVI2 :

Valeurs négatives (-0.04,-0.1) indiquent généralement la présence de sol nu ou d'autres surfaces non végétales. Cela peut correspondre à des zones sans végétation ou à des conditions environnementales défavorables.

Valeurs proches de zéro (0.05, 0.1) peuvent indiquer une densité de végétation très faible, une végétation en état de stress ou une présence significative de sol nu.

2.6-Carte SAVI :

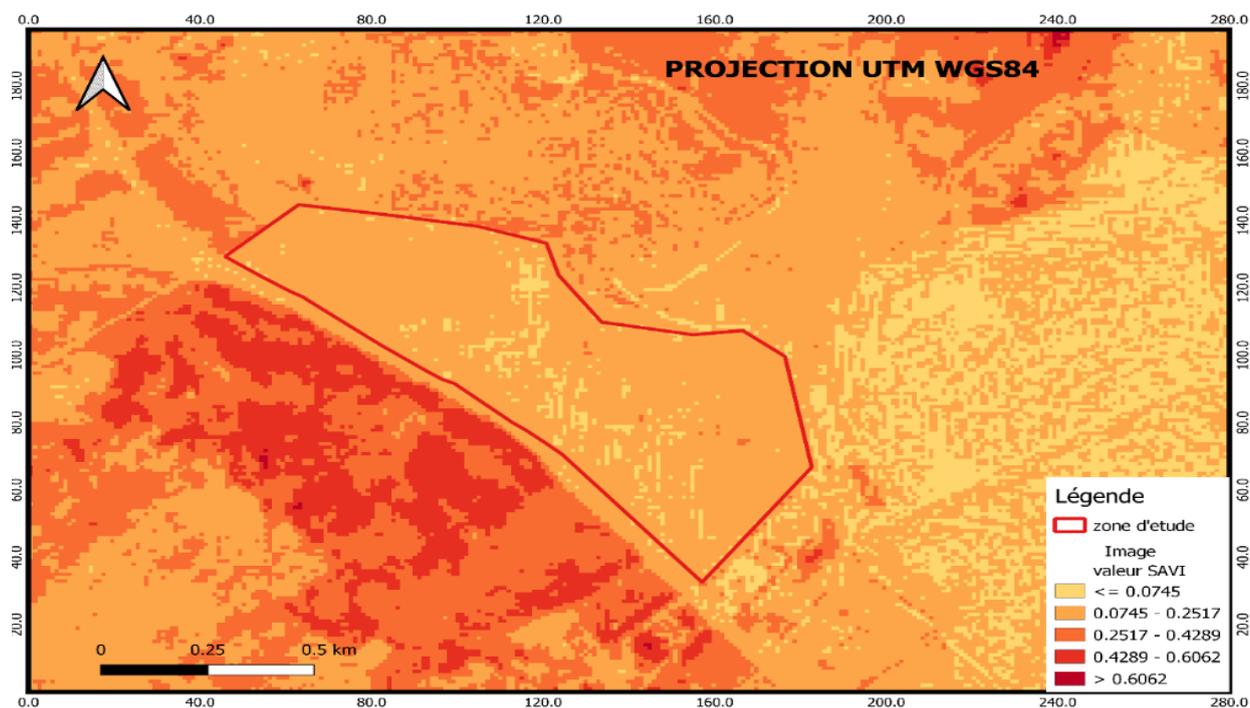


Figure n°25 : Carte SAVI

Interprétation SAVI :

Les valeurs proches de zéro 0,07- 0,2 de l'indice SAVI peuvent indiquer une densité de végétation très faible, une végétation en état de stress ou une présence significative de sol nu.

Valeurs basses (0,07 à 0,2) : Des valeurs basses du SAVI peuvent être associées à une végétation peu dense, à une végétation en état de stress ou à des terres agricoles non cultivées.

Valeurs moyennes (0,2 à 0,4) : Des valeurs moyennes du SAVI sont souvent observées dans des zones où la végétation présente une densité modérée. Cela peut inclure des prairies, des cultures agricoles en croissance ou des forêts clairsemées.

3-Les carte des indices (Tiaret sud) :

3.1-Carte NDMI :

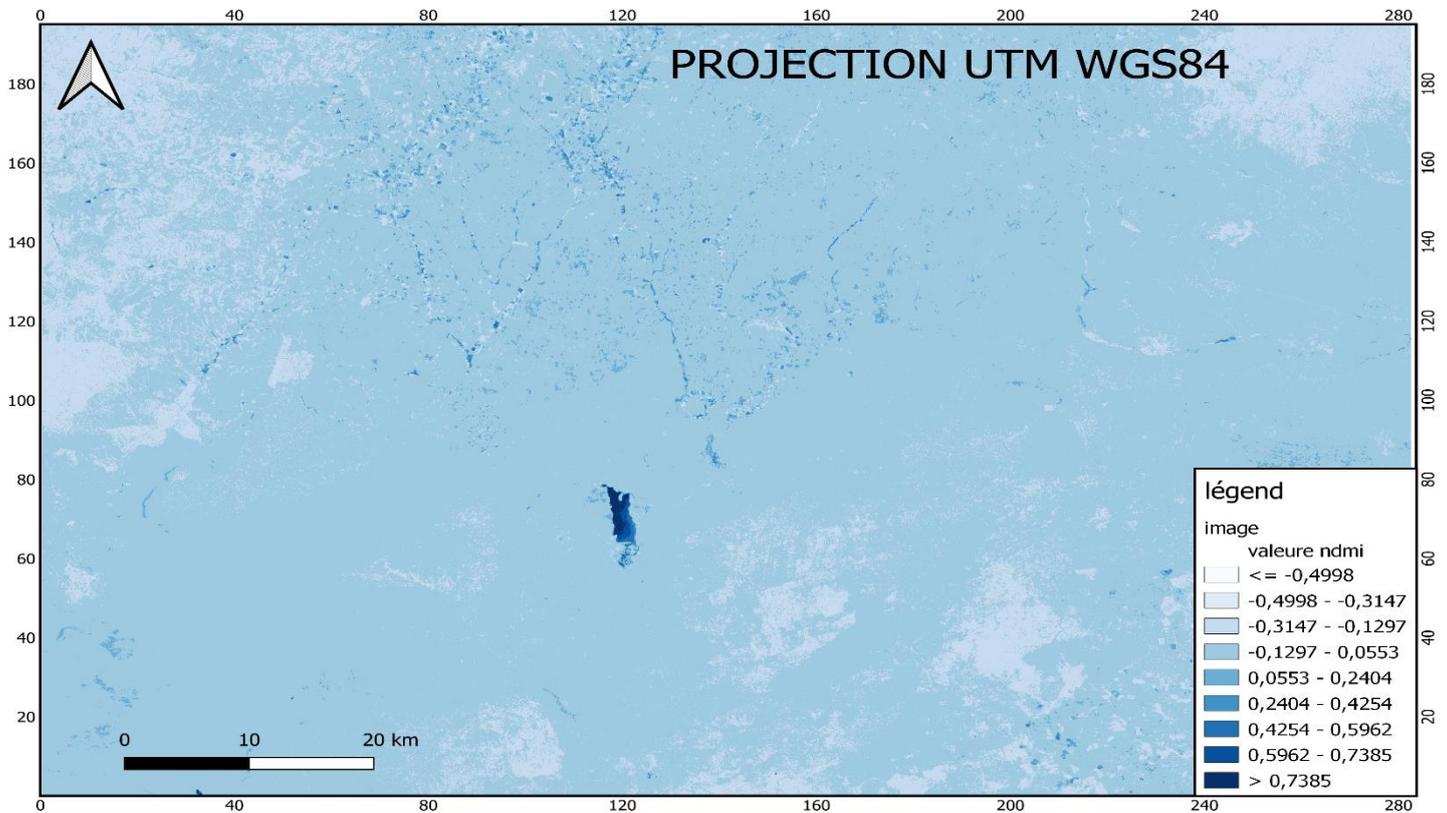


Figure26 : Carte NDMI

Interprétation :

Les valeurs négatives de l'indice NDMI suggèrent une faible humidité ou une faible teneur en eau. Cela peut être dû à des conditions de sécheresse, une végétation stressée par le manque d'eau ou des sols peu humides.

Valeurs nulles ou proches de zéro : Ces valeurs indiquent un contenu en eau moyen ou une humidité modérée.

Les valeurs positives de l'indice NDMI indiquent à une végétation saine et bien irriguée, des zones humides ou des surfaces avec une teneur en eau élevé

3.2-Carte IB :

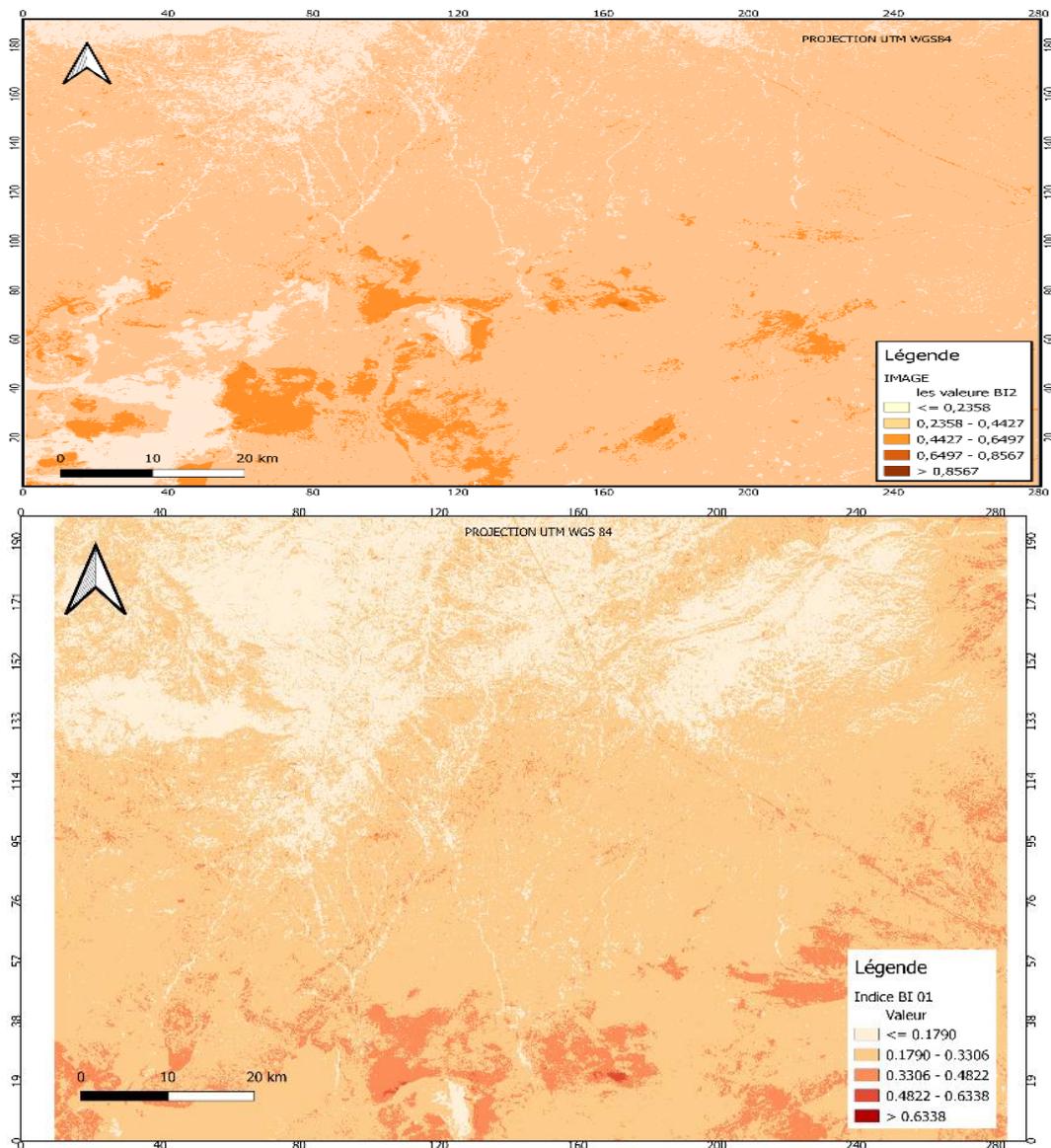


Figure27 : Carte IB1 et IB2

Interpretation :

Des valeurs élevées de l'indice de brillance indiquent une réflectance ou une brillance plus importante des surfaces. Cela peut être dû à des facteurs tels que la présence de surfaces réfléchissantes, lisses ou brillantes, comme des surfaces d'eau, des surfaces métalliques ou des surfaces réfléchissantes.

Valeurs faibles : Des valeurs faibles de l'indice de brillance peuvent indiquer une réflectance ou une brillance moins importante des surfaces. Cela peut être dû à des facteurs tels que la présence de surfaces absorbantes, rugueuses ou mates, comme des sols non réfléchissants, des forêts denses ou des zones d'ombre.

3.3-Carte GNDVI :

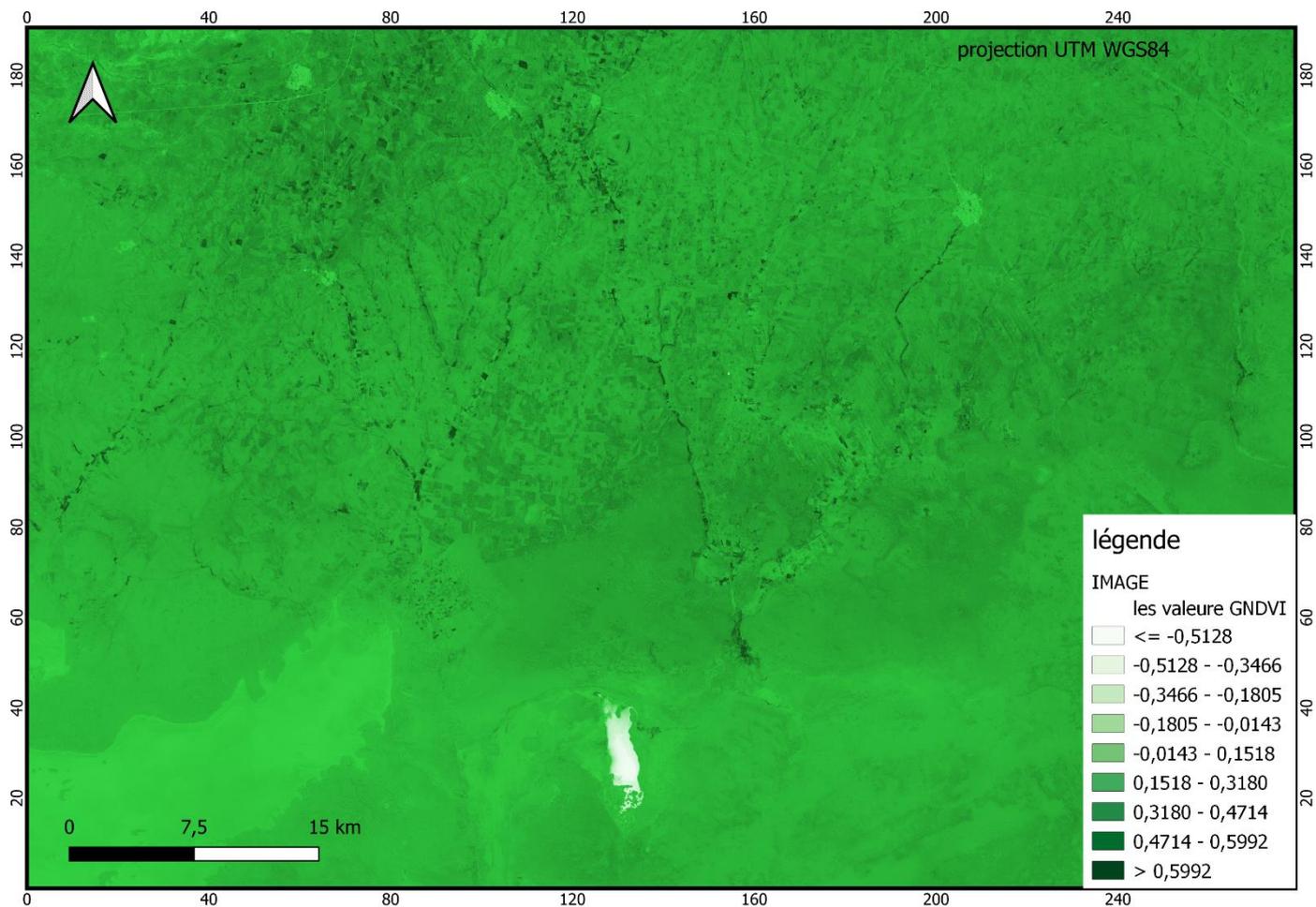


Figure 28 : Carte GNDVI

Interprétation :

Des valeurs proches de zéro ou négatives de l'indice GNDVI peuvent indiquer une absence de végétation ou des surfaces non végétalisées, telles que des zones urbaines, des zones rocheuses ou des plans d'eau.

Les valeurs élevées de l'indice GNDVI indiquent une végétation dense et en bonne santé. Plus la valeur est proche de 1, plus la végétation est vigoureuse et productive.

3.4-Carte SATVI :

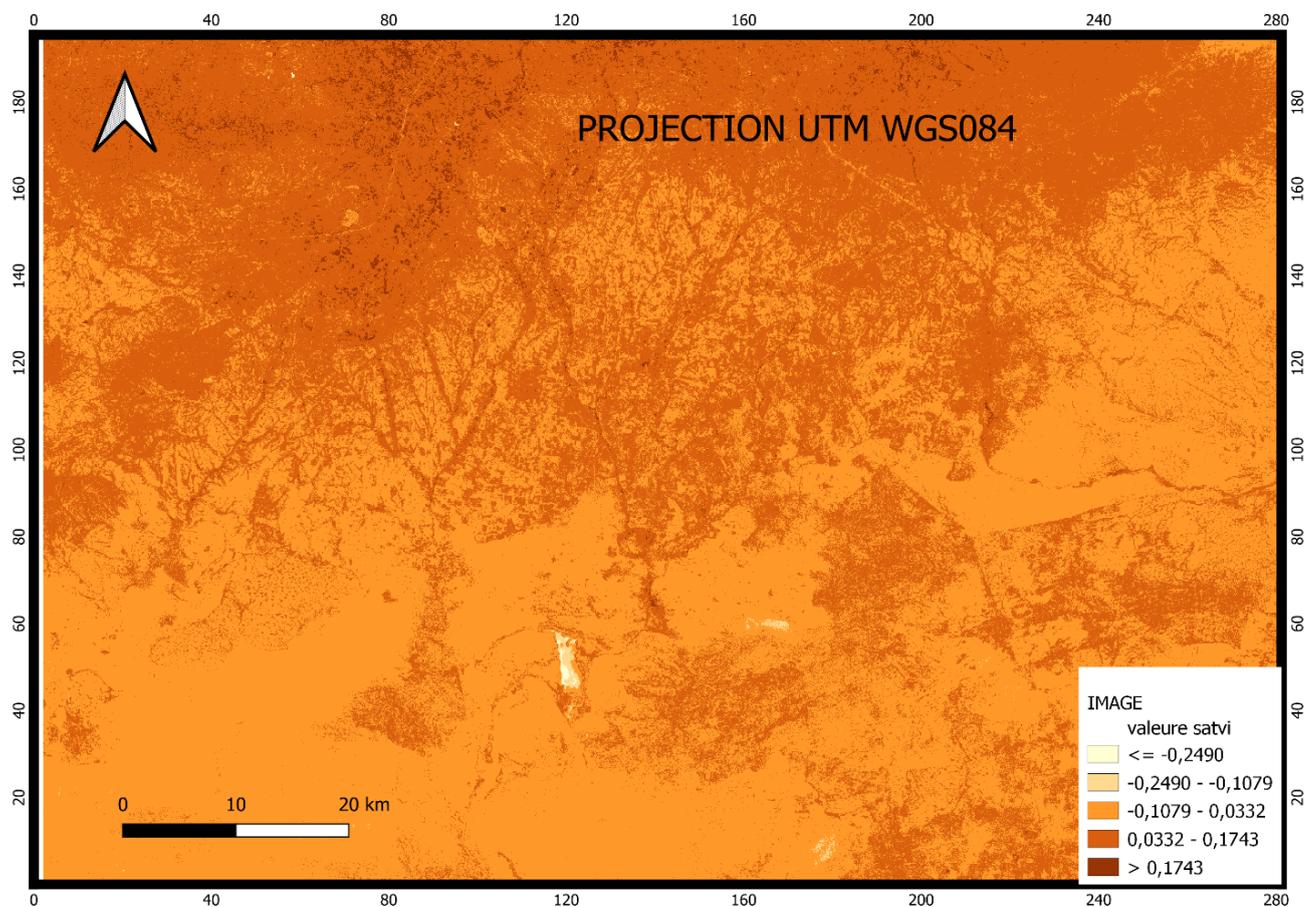


Figure 29 : Carte SATVI

Interprétation :

Les valeurs proches de zéro ou négatives de l'indice SATVI indiquent une absence de végétation ou des surfaces non végétalisées, en tenant compte des variations du sol

3.5-Carte MSAVI2 :

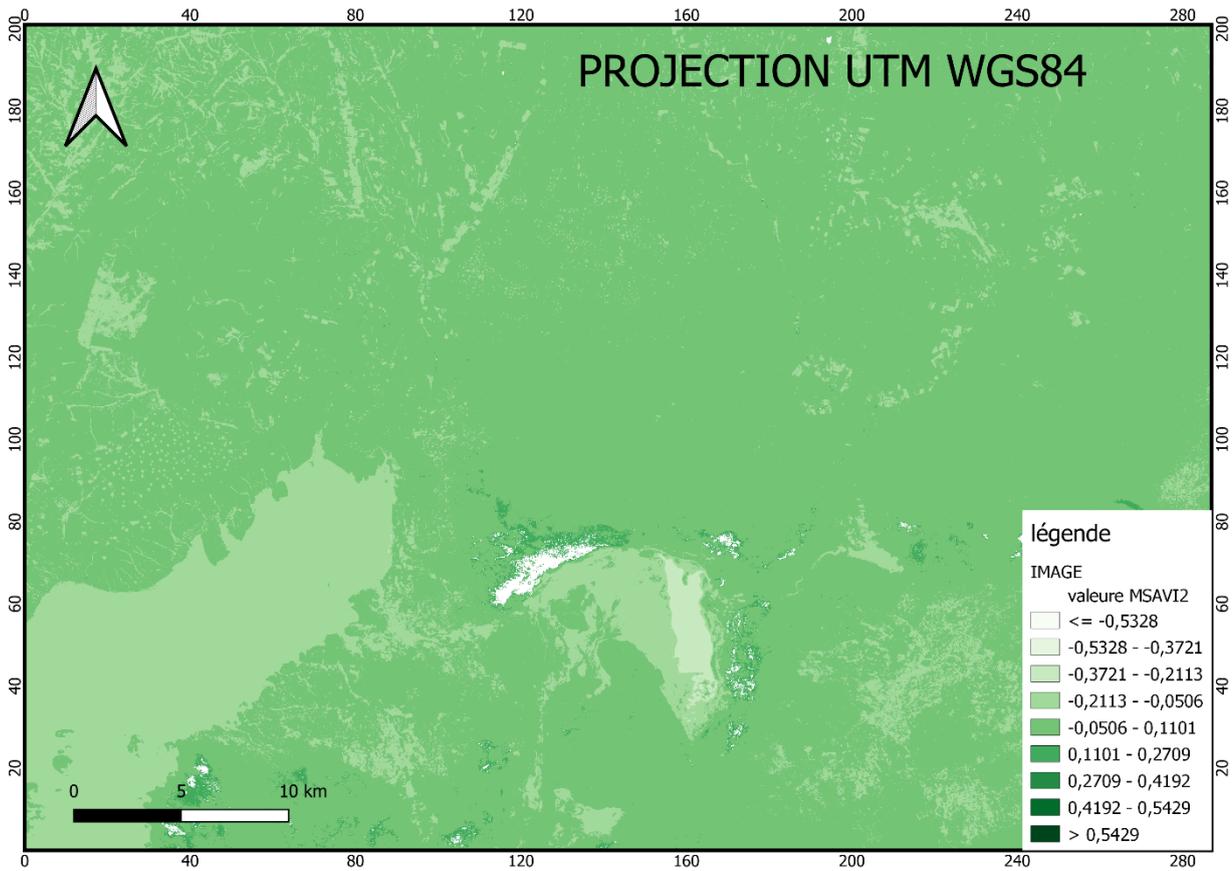


Figure 30 : Carte MSAVI2

interprétation :

Les valeurs moyennes à faibles de l'indice MSAVI indiquent une densité de végétation moins importante ou une végétation moins saine, en tenant compte des variations des conditions du sol.

Les valeurs proches de zéro ou négatives de l'indice MSAVI peuvent indiquer une absence de végétation ou des surfaces non végétalisées, en tenant compte des variations des conditions du sol.

3..6-Carte SAVI :

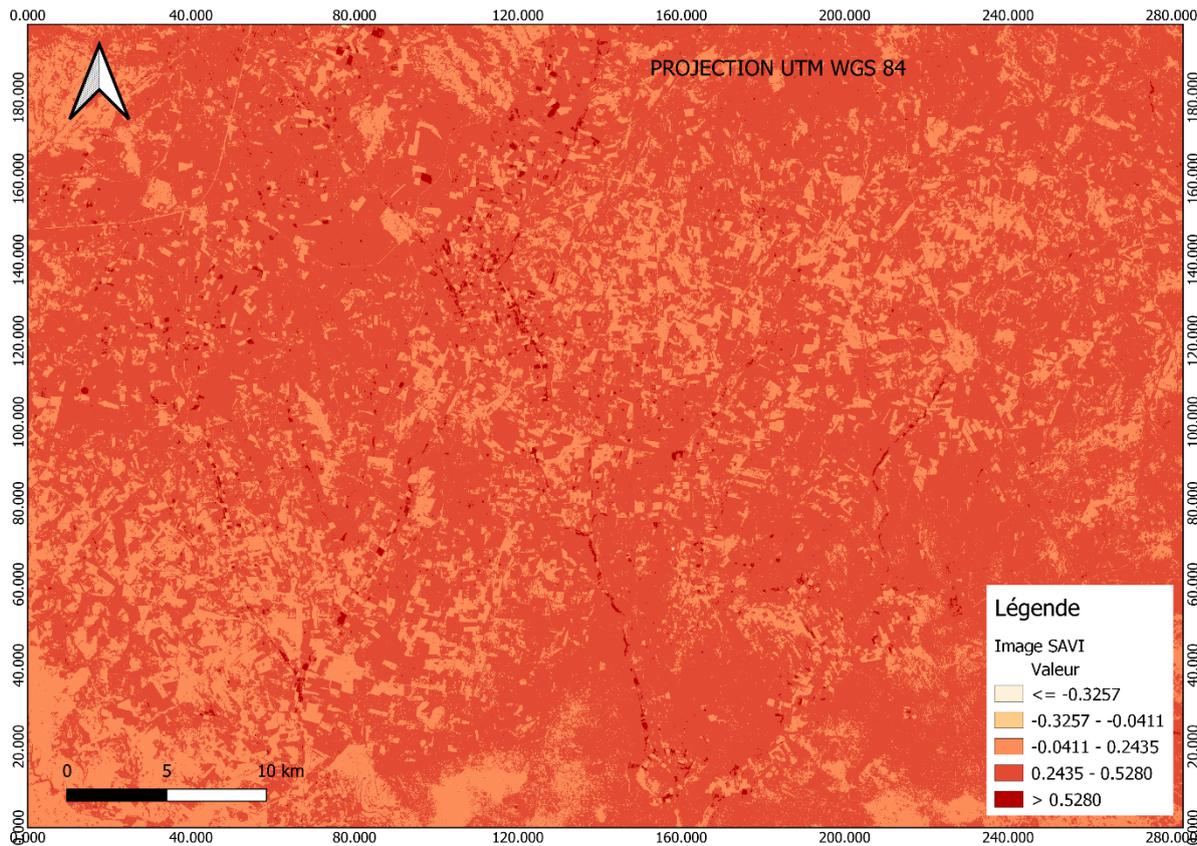


Figure31 : Carte SAVI

Interpretation :

Les valeurs élevées de l'indice SAVI indiquent t une végétation dense et en bonne santé. Plus la valeur est proche de 1, plus la végétation est vigoureuse et productive.

Les valeurs moyennes de l'indice SAVI indiquer une densité de végétation modérée à moyenne.

Les valeurs faibles de l'indice SAVI indiquer une densité de végétation faible, une végétation stressée ou des conditions de sol défavorables.

Les valeurs négatives de l'indice SAVI indiquer une absence de végétation ou des surfaces non végétalisées.

CONCLUSION

En conclusion, ce mémoire sur la cartographie de l'humidité du sol par télédétection a démontré l'efficacité et l'utilité de cette approche pour évaluer et cartographier l'humidité du sol à grande échelle. Les résultats obtenus ont souligné les avantages de l'utilisation des données de télédétection pour obtenir des informations sur la répartition spatiale de l'humidité du sol.

L'étude a montré que l'utilisation de capteurs à distance, tels que les capteurs radar ou les images satellitaires, permet d'obtenir des mesures indirectes de l'humidité du sol sur de vastes zones géographiques. Ces mesures, combinées à des techniques de traitement d'image et à des modèles mathématiques, ont permis de créer des cartes détaillées de l'humidité du sol.

Les avantages de la cartographie de l'humidité du sol par télédétection sont nombreux. Elle offre une couverture spatiale étendue, ce qui permet de surveiller des zones vastes et diverses. De plus, cette approche permet d'obtenir des mesures à des fréquences régulières, ce qui facilite le suivi des variations temporelles de l'humidité du sol.

Les résultats obtenus dans ce mémoire ont également montré que la cartographie de l'humidité du sol par télédétection peut être utilisée dans divers domaines. Par exemple, elle peut contribuer à la gestion des ressources en eau en permettant une meilleure planification de l'irrigation et une utilisation plus efficace des ressources hydriques. Elle peut également aider à la prévention des risques de sécheresse et des inondations en identifiant les zones à risque.

Cependant, il convient de noter que la cartographie de l'humidité du sol par télédétection présente également certaines limites. Les mesures indirectes peuvent être sensibles à divers facteurs, tels que la présence de végétation ou d'autres obstacles, ce qui peut entraîner des erreurs dans les estimations de l'humidité du sol. De plus, la résolution spatiale des capteurs peut limiter la capacité à cartographier l'humidité du sol à une échelle très fine.

Ce mémoire a souligné l'importance et l'efficacité de la cartographie de l'humidité du sol par télédétection. Cette approche offre une méthode non invasive et à grande échelle pour évaluer l'humidité du sol, ce qui peut avoir des implications significatives dans des domaines tels que l'agriculture. Malgré certaines limites, la cartographie de l'humidité du sol par télédétection représente une avancée prometteuse pour mieux comprendre et gérer les ressources en eau et les écosystèmes terrestres.

Références

Bibliographiques

Bensaid A ; 2006- SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone semiaride : (le cas de la wilaya de NAAMA- Algérie). Thèse de doctorat. Université JOSEPH FOURIER-GRENOBLE 1,p175-209.

Abdelaziz H ,Omar I;2020-La classification des images satellitaires par l'apprentissage profonde (deeplearning) .memoire de master . Université Ahmed Draia – Adrar

Smaine El Kahili B, Boudour G ;2004- Conception d'un système hybride, algorithme génétique et réseau RBF pour une classification d'image satellitaire".these de doctorat. Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Oran, Algérie .

Darabid D, Bouchekara M ;2013-EXTRACTION DES DIFFERENTS INDICES DE VEGETATION A PARTIR DES IMAGES SATELLITAIRES. mémoire de master.Centre Universitaire El Wancharissi de Tissemsilt.p 04.

Rebbouh A ;2018-Apport de la télédétection et les traitements des images LANDSAT7 ETM+ pour la cartographie de la région des lacs d'El Goléa (wilaya de ghardaia)mémoire de master .université kasdimerbah ouargla.p14

FEKIR Y ;2021- Etude et Evaluation de la Dégradation des Ressources Naturelles en Algérie Occidentale par SIG et Télédétection . Thèse de Doctorat. UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM.p89.

ZerouguiA,Boulgamh M ;2016-Traitement d'images monochromes détection de contours,Filtrage(spatialetfréquentiel) et segmentation par Réseaux de Neurones.Diplome de master.Université Larbi Ben Mhidi,Oum El Bouaghi.

[Cour Antoine MANZANERA CoursTERI – Master IAD UPMC Paris 6

BENDJAAFER A, MEDDAH T ;2009- Utilisation des données satellitaires pour le suivi des processus de la dégradation des ressources naturelles dans les zones semiarides Cas de la région Sud des Aurès (Algérie).these de doctorat. Université HADJ LAKHDAR-BATNA.

C.Houassine ;2012- segmentation d'images par une approche biomimétique hybride. Mémoire magister.universite m'hamedbougara- boumerdes.

BENREZGANE M, BIAZ A ;2021-Système d'Identification de Personnes via la Plaque d'Immatriculation de leurs Véhicules.Memoire master. UNIVERSITE IBN KHALDOUN – TIARET.

AIMEUR G,AISSAT N segmentation d'image approche contour en utilisant les détecteurs de derichz et shen application aux image MSG . Diplôme d'Ingénieur.UNIVERSITE MOULOU MAMMERI TIZI-OUZOU.

M .T.Chikh ;2011- amélioration des images par un modèle de réseau de neurones (comparaison avec les filtres de base. Mémoire de Master.universitéabou-bakrbelkaidtlemcen.

ATTAF Y, AMOUR H,BOUALAM L ;2010- Analyse d'images par filtre de Gabor Application aux images médicales .diplôme d'ingénieur. UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU.

M .T.Chikh , amélioration des images par un modèle de réseau de neurones (comparaison avec les filtres de base), université abou-bakrbelkaid tlemcen.2011.

[ATTAF YUCEF, AMOUR HAMIDM,BOUALAM LYES Analyse d'images par filtre de Gabor Application aux images médicales 2010.

<http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>

Mehdaoui Z, Chekhaba R ; 2020 Évaluation du couvert forestier : Approche télédétection et SIG. Mémoire master.Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A.

Sentinel Toolbox Help (nasa.gov)].

Souilem.F ;2021-Etude sedimentologique de la télédétection dans la serie de djbel ben kmer .Master académique .université kasdimerbah-ouargla

FEKIR Y ; 2021- Etude et Evaluation de la Dégradation des Ressources Naturelles en Algérie Occidentale par SIG et Télédétection. Thèse de Doctorat. UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM.p94]

ESA. (2015), SENTINEL-2 User Handbook, Paris, France : European Commission. [Consulté le 20 juillet 2023]. [En ligne] disponible sur : [https://Sentinel,esa,int/documents/24794/685211 / Sentinel-2_User_Handbook.](https://Sentinel,esa,int/documents/24794/685211/Sentinel-2_User_Handbook)

RATSIMANDRESY R ; 2018, ANALYSE DU POTENTIEL DE L'IMAGE SATELLITE SENTINEL-2 A LA CARACTERISATION DES REBOISEMENTS VILLAGEOIS DE LA COMMUNE RURALE DE TSIAFAHY REGION ANALAMANGA..Diplôme d'Ingénieur.Universited'antanorivo.p11.

Cour COPERNICUS et agriculturePrétraitements des images SENTINEL-1. Grain 1600.

CHEREL J.P. (2010) : Traitement d'images – Filtrages d'images en télédétection, Support de cours M1 SIIG3T, Université de Montpellier, p 12-15.

XU H; 2006. “Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery”. International Journal of Remote Sensing, vol. 27, n°12- 14. p. 3025-3033.

GAO B.-C., 1996. “NDWI - A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space”.RemoteSensing of Environment, vol. 58, p. 257-266.

Les indices prenant en compte la température de surface (univ-paris1.fr)

Osborne, S.L., J.S. Schepers, and M.R. Schlemmer. 2004. Detecting nitrogen and phosphorus stress in corn using multi-spectral imagery. *Soil Science and Plant Analysis* 35:505-516.

Baret, F., Guyot, G. And Major, D.J. TSAVI : A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *In Proceedings of The 12th Canadian Symposium on Remote Sensing, Vancouver, 1989, 1355-1358.*

Weighted Difference Vegetation Index, abrég. Wdvi - Richardson et Wiegand, 1977 (Distinguishing vegetation from soil background information).

Huete A. R. 1988. A Soil - Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. N°25. 295-309 p

SIBACHIR H, ZIDANE F ; 2019- Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de karman. *Memoire master .Université Ibn Khaldoun–Tiaret p 03*

Malika Z ; 2006- *Etude du fonctionnement du marché des Ovins dans la région de Sougueur (Tiaret) selon l'approche .diplôme de Magister. Institut National Agronomique-Alger- p 33 .*

Convention de Rio, 1992, Sommet de la terre .Brésil ; Janerio , 05 juin 1992.

Quezel .P. Santa .S 1936. *Nouvelle flore de l'algerie et des region désertique méridionales.* Paris

