



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master professionnel

Spécialité : Agriculture de précision

Dans le cadre du projet CUPAIGIS

THÈME :

Cartographie des cultures à l'aide des images multi spectrales

Préparé par :

- GUEMROUD NOUR ELHOUDA
- GHANI DJAHIDA

Devant le jury :

- | | | |
|-------------|----------------------------|-----------|
| • Président | Dr. AZZAOU MOHAMED. | U. Tiaret |
| • Examineur | Dr. BOUACHA MOHAMED ISLEM. | U. Tiaret |
| • Encadrant | Dr. KADDAR BACHIR. | U. Tiaret |

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-EPP-1-2018-1-EE-EPPKA2-CABHE-
JP**





Remerciements

Au nom de dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce
duquel j'ai pu réaliser ce travail

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance

À Monsieur Dr.**KADDAR Bachir** pour avoir accepté de

Diriger cette thèse, pour ses orientations dont j'ai bénéficié, ses conseils
Judicieux, sa compréhension et sa gentillesse. Il m'a réservé des moments

Précieux pour mener à bien ce travail.

J'exprime mon profond respect et mes vifs remerciements à Monsieur

Dr. **BOUACHA Mohamed Islem** et Monsieur Dr. **AZZAOUI Mohamed**
l'honneur d'évaluer

Travail jury de soutenance.

Enfin, mes remerciements vont à tous ceux et à toutes celles, qui ont

Contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicace

Que tous les remerciements soient à Allah s'il me donne sa bénédiction en ce moment, car toutes les louanges soient à Allah, le Seigneur des mondes, et la prière et la paix soient sur son noble Prophète.

Je dédie la récompense de ce diplôme à celui qui m'a élevé sur ses mains et m'a enseigné les valeurs et les principes à celui qui m'a ouvert la voie de la Science.

{Mon père bien-aimé, qu'Allah le protège}

Et je dédie le fruit de mes efforts et de mes études à celle qui, après Dieu, a eu le premier crédit de ma maturité pour se plonger dans les domaines de la Science et terminer mes études à celle qui a été mon refuge dans ce voyage du dialecte de sa langue en me priant.

{Chère maman, qu'Allah la protège}

*Et aux bougies qui éclairent mon chemin {frère et sœurs}
Je vous dédie à tous la récompense de cet effort et de cette recherche, vous avez toujours été mon inspiration, alors je marche sur vos traces après avoir fait confiance à Allah Tout-Puissant.*

Qu'Allah vous récompense avec tout le meilleur et vous récompense avec la meilleure récompense.





Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU
De m'avoir donné la force et le courage de mener
à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :
Mes cher parents {qu'Allah les protège}
A mes sœurs et mes frères
A mes meilleurs amis
Tout ceux qui m'aiment et que j'aime



DJAHIDA

Table de Matière

Contenu

Abréviation.....	10
Résumé :.....	11
Introduction général :.....	1
Chapitre 01 :.....	2
Téledétection.....	2
Introduction :.....	3
1. Téledétection:.....	3
2. Processus de la téledétection:.....	3
3. Equipements de téledétection:.....	4
3.1. Plateformes.....	4
3.2. Capteurs :.....	7
4. Les images satellites :.....	9
4.1.Les caractéristique des images satellite :.....	9
5. Prétraitement d'image :.....	11
6. Traitement d'image :.....	12
7. Classification des images :.....	12
7.1Etapes d'une classification des images Sentinelles :.....	12
7.1.1Choix des bandes spectrales.....	13
7.1.2Prétraitement des images.....	13
Chapitre 02 :.....	14
Matériel et méthode.....	14
1. Introduction :.....	15
2. Matériel:.....	15
2.1Software :.....	15
2.2Logiciel QGIS:.....	17
2.1Interface de Qgis :.....	18
3. Les images Sentinel 2 :.....	19
3.1. Caractéristiques des images Sentinel-2 :.....	20
3.2. Application des images Sentinel 2:.....	21
4. Méthodes :.....	22
4.1. Méthodes de prétraitement :.....	22

4.2. Méthode de traitement :	23
4.3. Les composition coloré :	23
4.3.1. Les indices de végétation :	23
4.3.2. Méthode de classification K-means :	26
Chapitre03 :	29
Introduction :	30
1.La zone d'étude :	30
1.1 la région de tiaret :	30
3.1. Les indices de végétation	39
1.2La commune de sougueur :	43
1.2.1 Les cartes des indices de végétation avec discussion	44
CONCLUSION GENERAL :	57
Références :	58

Liste des figures

Figure 1:Eléments de base de la télédétection	10
Figure 2:exemple sur les plates formes	5
Figure 3:: Exemple d'un satellite.....	6
Figure 4:un drone agricole	7
Figure 5:exemple d'un capteur de télédetection	7
Figure 6:Principe de la télédétection passif	8
Figure 7:Principe de la télédétection passif	8
Figure 8:une image satellite avec les pixels.....	9
Figure 9: Comparaison de différentes résolutions spatiales des images issues de : a- Pléiades, bSpot 7, et c- Sentinel-2	10
Figure 10Exemples de résolution spectrale d'une image composée de bandes : Rouge, Vert, Bleu, et Proche infra-rouge.....	11
Figure 11:deux images dans 2 mois diffèrent [Logiciel Snap]	11
Figure 12: exemple d'image avant et après le prétraitement.....	12
Figure 13: Exemple de traitement la classification d'images.....	13
Figure 14: Interface de logiciel SNAP.....	16
Figure 15: interface de QGIS	18
Figure 16:barre d'outile de QGIS.....	19
Figure 17: carte de situation du Tiaret.....	31
Figure 18: image satellite en couleurs naturelles	32
Figure 19: image satellite en false color urbane	33
Figure 20:image satellite en composition agriculture	34
Figure 21: image satellite en la composition health vegetation	35
Figure 22: image satellite en la composition land water	36
Figure 23: image satellite en la composition shortwave infrared.....	37
Figure 24: image satellite en la composition vegetation analysis	38
Figure 25:carte d'indice SAVI	39
Figure 26: carte d'indice NDWI.....	39
Figure 27: carte d'indice NDVI.....	40

Figure 28:carte d'indice EVI	41
Figure 29:carte d'indice CI-green.....	41
Figure 30:carte d'indice CI-REDEDGE	42
Figure 31: carte de situation du Tiaret	44
Figure 32:Carte d'indice SAVI Mois de janvier	45
Figure 33:Carte d'indice EVI Mois Février	46
Figure 34:Carte d'indice EVI Mois Mars	46
Figure 35: carte d'indice NDVI mois de Mars	47
Figure 36: Carte d'indice NDVI mois de Mars	49
Figure 37:Carte d'indice EVI mois de Mars.....	49
Figure 38: carte d'indice EVI Mois de février	50
Figure 39: carte d'indice EVI Mois de Mars	50
Figure 40: carte d'indice LAI Mois de Avril	52
Figure 41: carte d'indice LAI Mois de Mai	52
Figure 42: carte d'indice CAB Mois d'avril	53
Figure 43: carte d'indice CWC Mois d'avril	52
Figure 44: carte d'indice CI GREEN Mois Avril	54
Figure 45: carte d'indice CI GREEN Mois Mai	54
Figure 46: carte d'indice CI REDEDGE Mois Avril	55
Figure 47: carte d'indice CI REDEDGE Mois Mai	56

Abréviation

EVI : Enhanced Vegetation Index

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NDWI : Normalized Difference Water Index

SAVI : Soil Adjusted Végétation Index

CI_Green : Green Chlorophyll index

CI_Rededge : Chlorophyll index

LAI : Leaf Area Index

CWC: Canopy Water Content

CAB : Canopy Chlorophyll Content

Résumé :

Dans cette étude, nous essaierons d'aborder l'importance de la télédétection dans le domaine agricole, la cartographie des cultures à l'aide d'images multi spectrales afin que ces cartes puissent fournir des informations précieuses aux agriculteurs, planificateurs agricoles et décideurs politiques pour la gestion des terres, la planification des cultures, le suivi des rendements, la gestion des ressources et d'autres applications liées à l'agriculture.

De plus, nous avons traité de la façon de classer images sentinelle 2, de cultures à l'aide de divers indicateurs de végétation dans la région de Tiaret, exactement au sud du marché, en tant que zone agricole par excellence à travers diverses cultures céréalières et maraîchères.

ملخص

سنحاول في هذه الدراسة معالجة أهمية الاستشعار عن بعد في المجال الزراعي ، رسم خرائط المحاصيل باستخدام صور متعددة الأطياف بحيث يمكن أن توفر هذه الخرائط معلومات قيمة للمزارعين والمخططين الزراعيين وواضعي السياسات لإدارة الأراضي وتخطيط المحاصيل ومراقبة الغلة وإدارة الموارد والتطبيقات الأخرى المتعلقة بالزراعة.

كذلك عالجتنا كيفية تصنيف صور أقمار الحارس 2، للمحاصيل باستخدام مؤشرات الغطاء النباتي المختلفة في منطقة تيارت بالضبط في جنوب السوق باعتبارها منطقة زراعية بامتياز من خلال محاصيل الحبوب المختلفة وبستنة السوق.

Abstract

In this study, we will try to address the importance of remote sensing in the agricultural field, crop mapping using multi spectral images so that these maps can provide valuable information to farmers, agricultural planners and policy makers for land management, crop planning, yield monitoring, resource management and other applications related to agriculture.

In addition, we have dealt with how to classify Sentinel 2 images, of crops using various vegetation indicators in the Tiaret region, exactly south of the market, as an agricultural area par excellence through various cereal and vegetable crops.

Keywords : Télédétection _ les images sentinelles 2_ les indices _ cartographies des cultures.

Introduction général :

L'agriculture est une activité essentielle pour l'humanité, fournissant des aliments, des fibres et d'autres ressources. Cependant, pour répondre à la demande croissante de produits agricoles, il est essentiel d'adopter des approches plus précises et efficaces dans la gestion des cultures. C'est là qu'intervient l'agriculture de précision, qui vise à optimiser les pratiques agricoles en utilisant des technologies avancées telles que la télédétection et la cartographie des cultures à l'aide d'images multispectrales. Où la télédétection est envisagée une discipline scientifique qui permet d'acquérir des informations sur la surface terrestre sans contact direct, en utilisant des capteurs embarqués sur des satellites, des avions ou des drones. Grâce à ces capteurs, des images multispectrales peuvent être capturées, fournissant des informations sur la réflectance de la lumière dans différentes longueurs d'onde du spectre électromagnétique. Ces images multispectrales sont essentielles pour la cartographie des cultures, car elles permettent de caractériser et d'analyser les propriétés des plantes et des sols.

Alors qu'ils sont considérés la cartographie des cultures à l'aide d'images multispectrales implique l'utilisation de différentes bandes spectrales, allant du spectre visible à l'infrarouge proche et thermique. Chaque bande spectrale est sensible à des caractéristiques spécifiques des cultures, telles que la chlorophylle, l'humidité du sol, la biomasse végétale, la santé des plantes, etc. En combinant et en analysant les informations de ces différentes bandes spectrales, il est possible de distinguer et de classer les différentes cultures présentes dans une zone donnée. L'agriculture de précision tire parti de ces cartes de classification des cultures pour optimiser les pratiques agricoles. En identifiant les variations spatiales des cultures, les agriculteurs peuvent adapter les intrants agricoles, tels que les engrais, les pesticides et l'eau, aux besoins spécifiques de chaque culture et aux conditions locales.

L'objectif général de la thèse, est d'exploiter des images sentinelles dans la cartographies des cultures est de traiter ces images multispectrales et d'extraire des informations sur les types de cultures présentes dans une zone donnée. Cela permet de créer des cartes de classification des cultures, indiquant la localisation et la répartition des différentes cultures, qu'il s'agisse de céréales, de légumes, de fruits ou d'autres types de cultures spécifiques.

Les objectifs de ce travail ont été réalisés dans trois chapitres qui illustrent les diverses utilisations de la télédétection, utilisation des images sentinelles 2 dans la cartographies des cultures et réalise des cartes avec les différents indices de végétations.

Chapitre 01 :

Téledétection

Introduction :

Le développement de services utilisant diverses plateformes de télédétection, comme les satellites, démontre l'avancée rapide de cette technologie dans le domaine de l'agriculture. Ce chapitre présente des notions de base de la télédétection et de traitement d'images satellites et leurs utilisations dans le domaine de l'agriculture de précision.

1. Télédétection:

La télédétection peut être définie comme l'utilisation d'un instrument (le capteur) pour collecter des informations sur la surface de la Terre (ou d'autres parties de la Terre, tels que les océans, l'atmosphère, ou même d'autres planètes) sur de grandes étendues et à une certaine distance sans contact physique [1].

2. Processus de la télédétection:

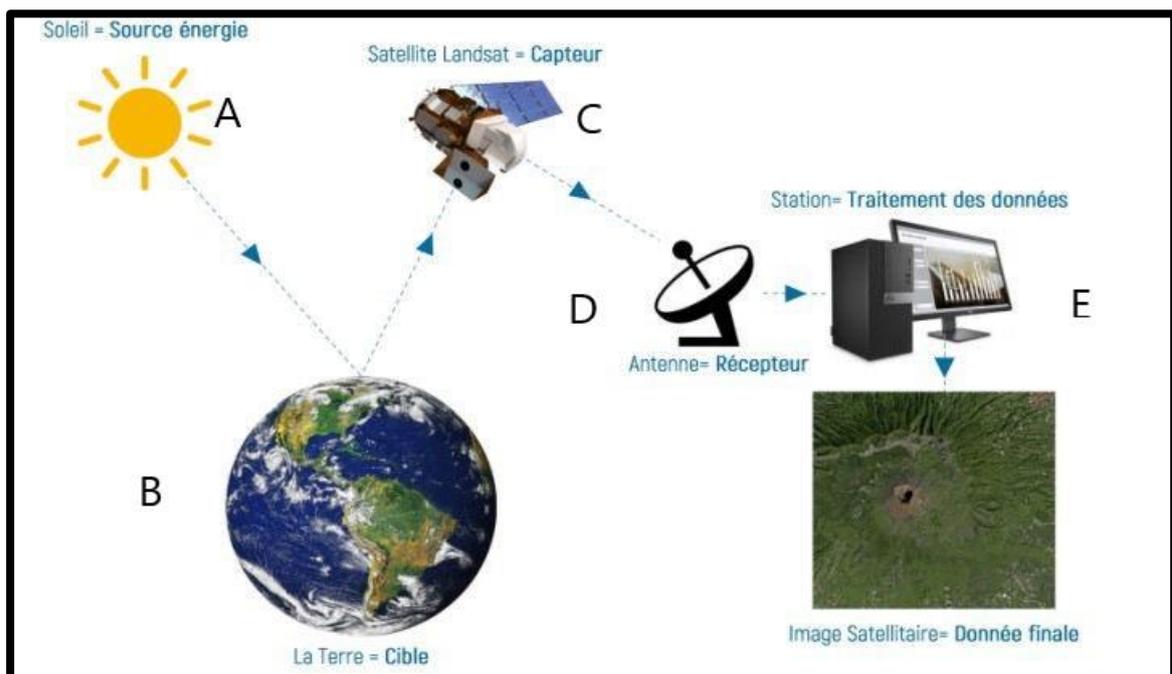


Figure01:Eléments de base de la télédétection. [8]

Un système de télédétection se compose de cinq (05) éléments de base [8]:

A. Énergie :

La source d'énergie éclaire la cible. Le Soleil est considéré comme une source d'énergie naturelle qui illumine la surface de la terre pendant la journée.

B. Cible :

Une surface éclairée par une source lumineuse interagira avec l'énergie (rayonnement) qu'elle reçoit. L'énergie réfléchi par cette surface sera enregistrée par le capteur.

C. Le capteur :

Un capteur est un appareil qui reçoit l'énergie réfléchi par la surface éclairée, les satellites sont des capteurs permettant de transformer l'énergie captée en informations utiles (signal).

D. Le récepteur :

L'information envoyée par un satellite sera reçue par un récepteur « antenne », l'antenne transforme le signal en données sous forme d'images brutes.

E. Station de traitement de données :

Une station de traitement de donnée transforme les images et les signaux aux images exploitables avec toutes les corrections des erreurs liées au capteur.

Une interprétation visuelle et/ou numérique des images traitées est alors nécessaire pour extraire les informations souhaitées sur la cible.

3. Equipements de télédétection:

3.1. Plateformes

En télédétection, une plate-forme est définie comme tout objet mobile ou stationnaire pouvant contenir des instruments (sondes ou capteurs) permettant d'enregistrer des informations spatiales et spectrales provenant de divers objets. Les plates-formes courantes de télédétection comprennent les satellites et les drones [5].



a. Drone



c. Satellite

Figure02:exemple sur les plates-formes [8]

3.1.1. Satellites

Les satellites artificiels de la terre sont des plates-formes placées en orbite pour les besoins de la télédétection, des télécommunications et de la télémétrie (positionnement et navigation). Grâce à leur orbite, ces plates-formes spatiales permettent une couverture répétitive et continue de la surface de la terre [5].



Figure 03 : Exemple d'un satellite[10]

3.1.2. Drones :

Un drone est un aéronef sans pilote à bord, et qui peut voler de façon autonome ou être contrôlé à distance depuis le sol, par le moyen d'un système de commande embarqué (radiocommande, smartphone...). Le mot « drone » est une extrapolation d'un terme anglais qui signifie « faux-bourdon » (le mâle de l'abeille). En français, le terme est employé pour désigner des véhicules aériens, terrestres, de surface ou sous-marins, alors que la classification anglo-saxonne distingue chaque type d'appareil.[3]



Figure 04:un drone agricole[2]

3.2. Capteurs :

Un capteur est un dispositif qui convertit l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, telle que : tension, hauteur de mercure, intensité, déviation du pointeur, etc [6].

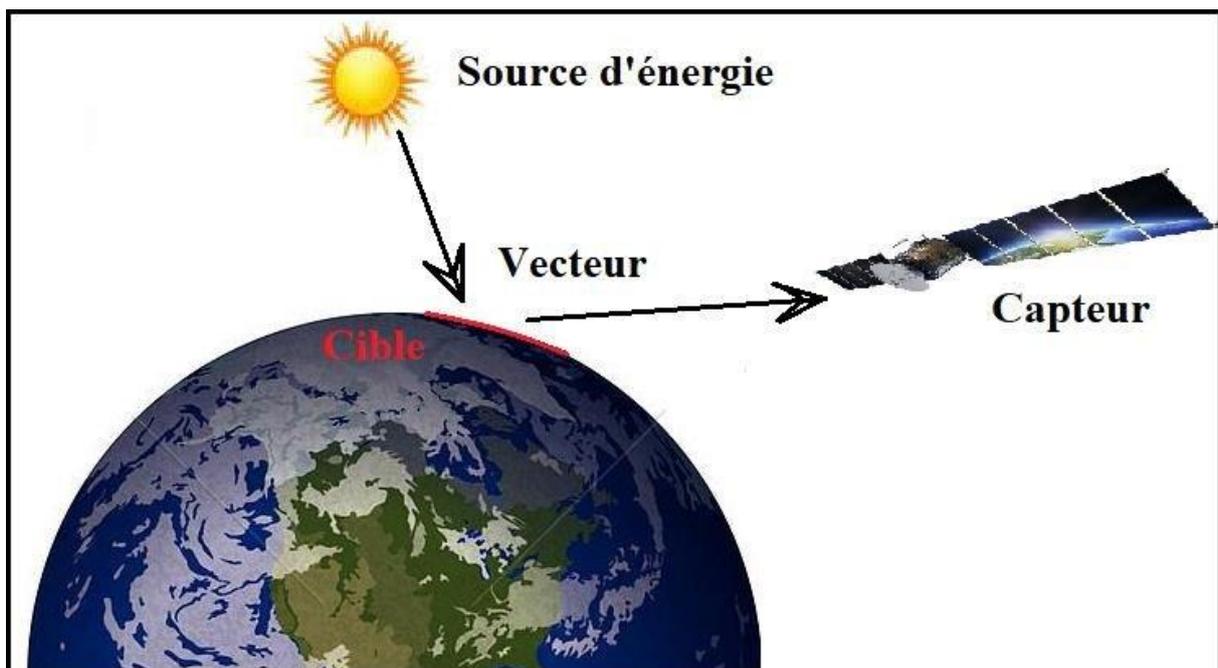


Figure 05:exemple d'un capteur de télédétection.[6]

On distingue deux types de capteurs : passif et actif.

3.2.1. Capteurs passifs :

Ils sont constitués d'un ou d'un ensemble de transducteurs alimentés (exemple : chronomètre mécanique, jauge d'extensomètre appelée aussi jauge de contrainte, gyromètre...). Ainsi ils génèrent soit un courant, soit une tension en fonction de l'intensité du phénomène physique mesuré.[5]

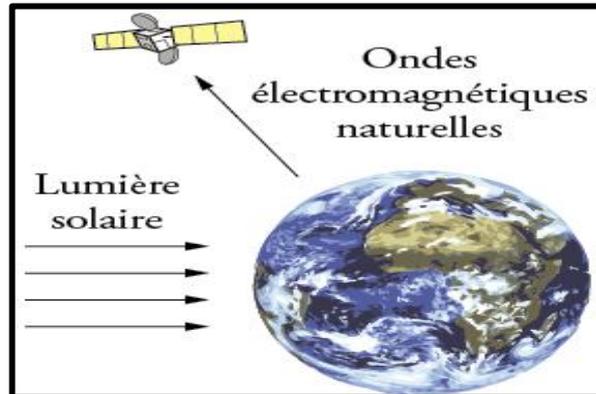


Figure 06:Principe de la télédétection passif. [10]

3.2.2. Capteurs actifs

Ils ne nécessitent aucun apport d'énergie externe pour fonctionner (ex : thermistances, potentiomètres, thermomètres à mercure, etc.). Ce sont des capteurs modélisables par impédance. Un changement dans le phénomène physique étudié (mesuré) produit un changement d'impédance[5]

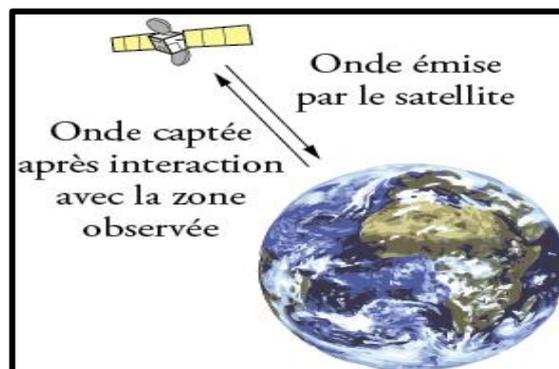


Figure 07:Principe de la télédétection passif[10]

4. Les images satellites :

L'imagerie satellite (aussi appelée imagerie spatiale) désigne la prise d'images depuis l'espace, par des capteurs placés sur des satellites et ils sont capable de capte une grande couverture d'une région.[5]

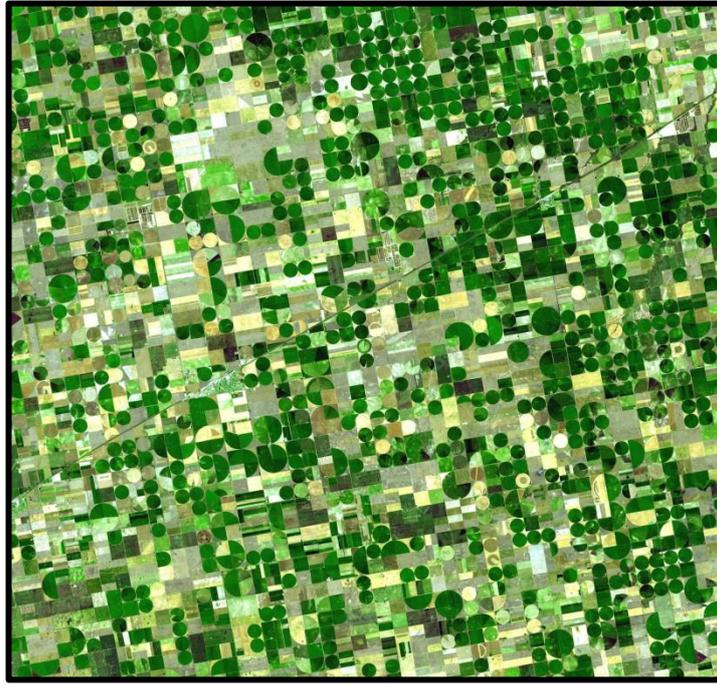


Figure 08:une image satellite avec les pixels[7]

4.1.Les caractéristique des images satellite :

1. Résolution :

La résolution d'une image fait référence aux détails potentiels fournis par l'imagerie. En télédétection, nous nous référons à trois types de résolution: spatiale, spectrale et temporelle [4]

1.1La résolution spatiale :

Fait référence à la taille de la plus petite caractéristique pouvant être détectée par un capteur satellite ou affichée dans une image satellite. Il est généralement présenté comme une valeur unique représentant la longueur d'un côté d'un

carré. Par exemple, une résolution spatiale de 250m signifie qu'un pixel représente une zone de 250 mètres sur 250 mètres au sol [11].



Figure09: Comparaison de différentes résolutions spatiales des images issues de : a- Pléiades, bSpot 7, et c- Sentinel-2[4]

1.2La résolution spectrale : Fait référence à la capacité d'un capteur satellite à mesurer des longueurs d'onde spécifiques du spectre électromagnétique. Plus la résolution spectrale est fine, plus la plage de longueurs d'onde pour un canal ou une bande particulière est étroite [11].

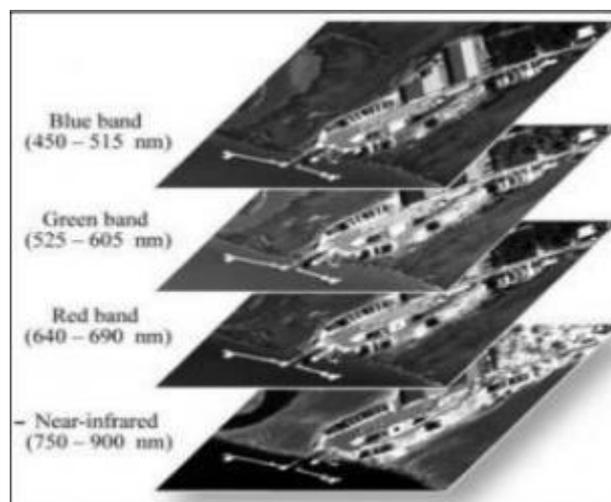


Figure 10 :Exemples de résolution spectrale d'une image composée de bandes : Rouge, Vert, Bleu, et Proche infra-rouge.[4]

1.3.La résolution temporelle : Fait référence au temps entre les images. La capacité des satellites à fournir des images de la même zone géographique plus fréquemment a considérablement augmenté depuis l'aube de l'ère spatiale.[11]



17-Janvier-2022



02-Mai-2022

Figure 11:deux images dans 2 mois différent [Logiciel Snap]

5. Prétraitement d'image :

Les images obtenues après acquisition ne peuvent pas être directement utilisées dû à la présence de défauts et de bruit qui dégradent la qualité de l'image en question. Le prétraitement, vise à supprimer ou au moins à réduire le « bruit » pour faciliter l'étape suivante d'extraction d'informations. Ce bruit peut provenir de sources très différentes, en fonction notamment du système de télédétection en question et de l'information recherchée.

On considère le subset(de limite zone d'étude) et resemplage (rendre l'image satellite dans la même résolution spectral) comme un prétraitement. [5]

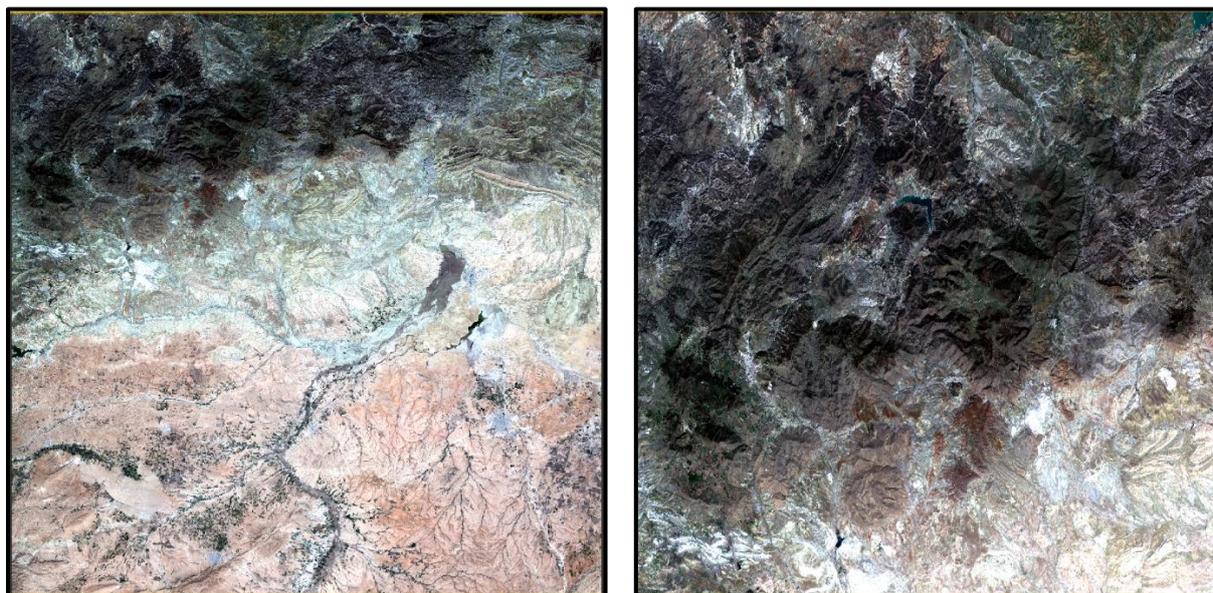


Figure 12: exemple d'image avant et après le prétraitement [logiciel Snap]

6. Traitement d'image :

Le traitement d'image c'est un l'ensemble des méthodes et opérant sur l'image pour en extraire les informations les plus pertinentes.

7. Classification des images :

La classification des images Sentinelles est une méthode spécifique de classification des images satellites obtenues à partir des satellites Sentinel du programme Copernicus de l'Union européenne. Les satellites Sentinel utilisent une combinaison de capteurs optiques et radar pour collecter des données sur la Terre dans différentes bandes spectrales. Que La classification des images Sentinelles implique les mêmes étapes générales que la classification des images satellites, mais en utilisant des caractéristiques et des techniques adaptées aux données spécifiques des satellites Sentinel. Elle permet de fournir des informations précieuses sur la couverture du sol, les changements environnementaux, la végétation, les ressources naturelles, etc. Elle trouve des applications dans divers domaines tels que l'agriculture de précision, la surveillance environnementale, la gestion des ressources naturelles, la planification urbaine, etc.

7.1 Etapes d'une classification des images Sentinelles :

7.1.1 Choix des bandes spectrales : Les satellites Sentinel fournissent des images multispectrales avec différentes bandes spectrales, telles que le spectre visible, l'infrarouge proche et l'infrarouge thermique. Le choix des bandes appropriées dépend des objectifs de classification et des caractéristiques que l'on souhaite extraire des images. [26]

7.1.2 Prétraitement des images : il est souvent nécessaire d'effectuer des opérations de prétraitement sur les images Sentinelles. Cela peut inclure la correction géométrique, la correction radiométrique, la correction atmosphérique et d'autres corrections spécifiques aux données Sentine. [26]

7.1.3. Sélection des classes d'intérêt : Avant la classification, il est important de définir les classes d'intérêt que l'on souhaite identifier dans l'image. Cela peut inclure des types de couverture du sol tels que les forêts, les cultures, les zones urbaines, les étendues d'eau, etc. [26]

7.1.4 Extraction des caractéristiques : Les caractéristiques appropriées doivent être extraites des images Sentinelles pour différencier les différentes classes. Cela peut impliquer l'extraction de paramètres tels que la réflectance, l'indice de végétation, les textures spatiales, les valeurs radar, etc. [26]

7.1.5. Choix de l'algorithme de classification : Différents algorithmes de classification peuvent être utilisés pour classifier les images Sentinelles, tels que les classificateurs basés sur les pixels (par exemple, la classification par seuillage, la classification supervisée) ou les classificateurs basés sur les objets (par exemple, la classification basée sur les régions, les réseaux de neurones). [26]

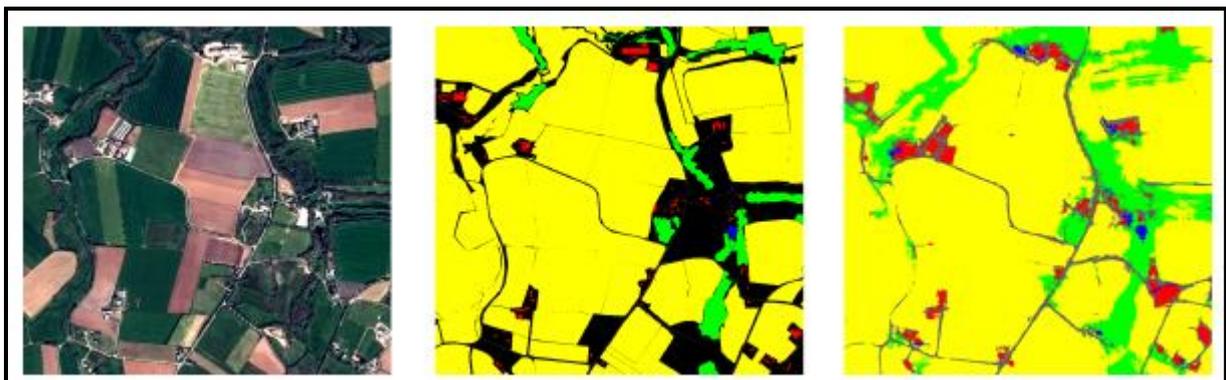


Figure 13: Exemple de traitement la classification d'images[27]



Chapitre 02 :
Matériel et méthode

1. Introduction :

Ce chapitre présente le matériel, les images satellites, et le logiciel utilisées dans notre étude. En plus les méthodes de prétraitement et de traitement des images satellites qui ont été utilisées dans le cadre de notre projet de recherche sont décrites.

2. Matériel:

Dans notre étude on a utilise PC de la marque HP :

- ❖ la marque du PC :HP ProOne 440 G5
- ❖ Processeur : Intel(R) Core(TM) i7-8700T CPU @ 2.40GHz 2.40 GHz
- ❖ Mémoire RAM installée : 8,00 Go
- ❖ Taille de disque dure : 475 Go

2.1Software :

1.Logiciel SNAP :

Le logiciel SNAP (Sentinel Application Platform) est un outil de traitement et d'analyse d'images satellite développé par la société européenne d'observation de la Terre, l'ESA (European Space Agency) en 2005. Il est spécifiquement conçu pour travailler avec les données provenant des missions de satellites Sentinel, faisant partie du programme Copernicus de l'Union européenne [ESA, (2021)].

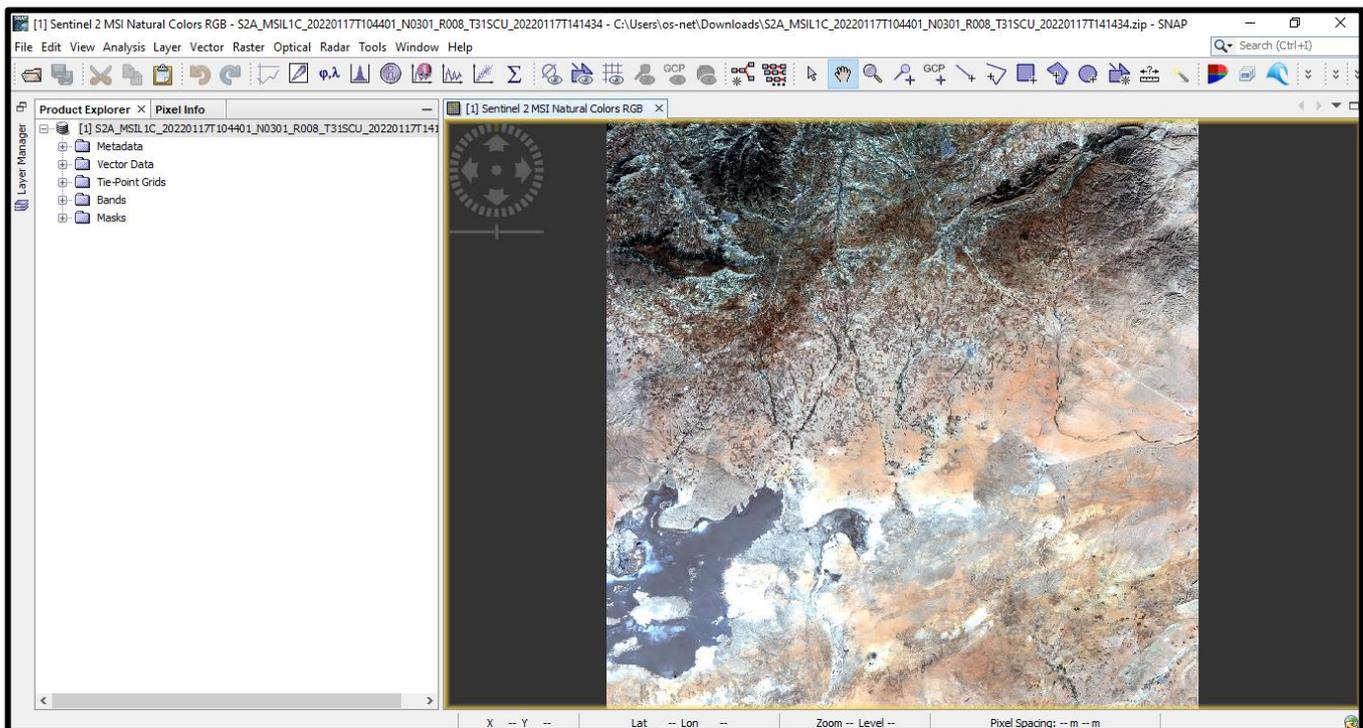


Figure 14: Interface de logiciel SNAP

1.1 Product view :

Si vous créez, ouvrez ou importez un produit de données existant, la boîte à outils Sentinel le placera dans sa liste de produits ouverts. La liste des produits est une arborescence avec jusqu'à quatre nœuds racines pour chaque produit ouvert:

Bands : contient tous les ensembles de données spectrales/géophysiques et raster de qualité mesurés d'un produit (obligatoire)

Vector data : contient toutes les géométries d'un produit: broches, points de contrôle au sol (GCP), lignes, polygones, rectangles, ellipses et polygones (facultatif)

Tie point grids : contient tous les ensembles de données raster de grille de points de rattachement (facultatif)

Flag Codings : contient des métadonnées de codage d'indicateur pour les ensembles de données d'indicateurs de qualité (facultatif)

Index codings : contient des métadonnées de codage d'index pour les bandes de classification (facultatif)

Metadata :contient des métadonnées supplémentaires (facultatif)

1.2Tool windows :

Tool Windows sont utilisées dans la boîte à outils Sentinel pour afficher les informations et les propriétés du produit de données actuellement sélectionné ou du composant d'un produit de données. Ils sont également utilisés pour gérer et modifier les propriétés de la vue actuelle, telles que les épingles, les masques ou les couleurs de la vue d'image actuelle. Contrairement aux vues d'image ou de métadonnées, la boîte à outils Sentinel n'a qu'une seule instance de chaque fenêtre d'outil particulière. Il peut être affiché, masqué, ancré ou flottant. Les fenêtres d'outils peuvent également être regroupées. Les utilisateurs peuvent également enregistrer et recharger la disposition actuelle des fenêtres d'outils et des barres d'outils.

1.3Liste de tool windows:

-  Product Explorer
-  Pixel Info View
-  Pin Manager
-  GCP Manager
-  Colour Manipulation Tool View
-  World Map
-  Spectrum
-  Layer Manager
-  Navigation
-  Mask Manager
-  Statistics

2.Logiciel QGIS:

QGIS , appelé à l'origine Quantum-GIS, est le logiciel libre et gratuit de système d'information géographique (SIG) le plus complet disponible actuellement. Il est multi-plateforme (Windows/Mac/Linux) et disponible en version 3.30, mais on peut préférer utiliser une version « LTR » (long term release plus stable, avec une mise à jour de sécurité assurée au moins pour un an), la 3.28.5.[13]

2.1 Interface de Qgis :

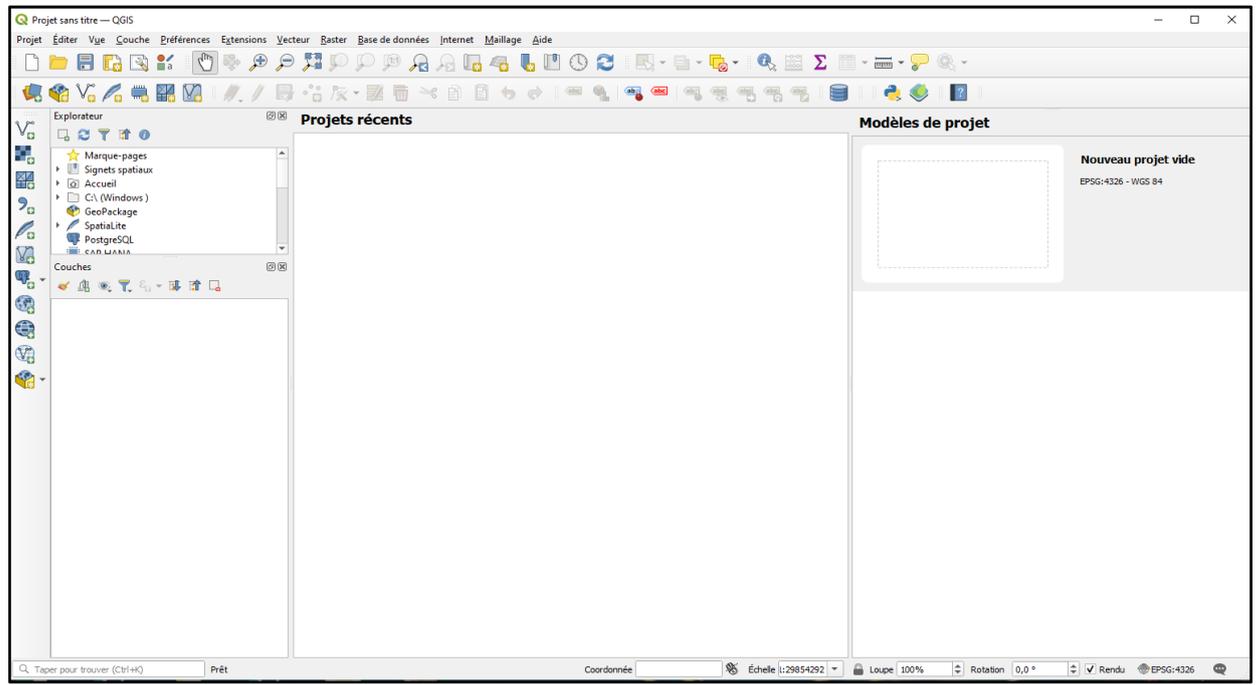


Figure 15: interface de QGIS

QGIS se présente sous la forme d'une application de bureau assez standard, proposant un écran de travail par défaut, comme le montre la capture d'écran dans la figure 14. En plus de la barre de menus, il existe plusieurs barres d'icônes (selon les plugins installés et ce qui s'y passe) dont les fonctions apparaissent au survol de la souris, mais les plus courantes ont été regroupées dans l'image du figure 15.[13]

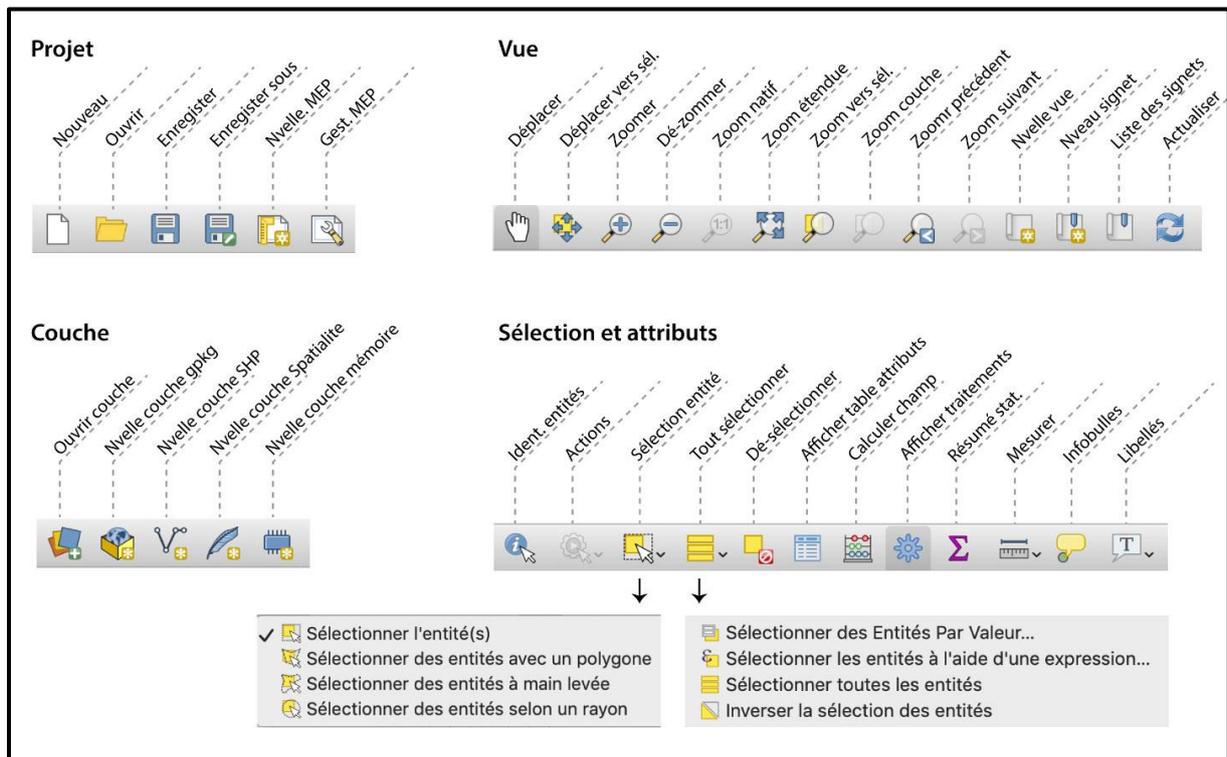


Figure 16: barre d'outil de QGIS[13]

3. Les images Sentinel 2 :

SENTINEL-2 est une mission d'imagerie multispectrale à grande distance, à haute résolution, qui soutient les études de surveillance des terres, y compris la surveillance de la végétation, du sol et de la couverture hydrique, ainsi que l'observation des voies navigables intérieures et des zones côtières [ESA. (2021)]. Les images peuvent être obtenues et visualisées en ligne gratuitement sur le site Web du Centre des sciences De l'ESA : Copernicus Open Access Hub.

Pour Sentinel 2, les capteurs MSI fournissent des images hyperspectrales de 13 bandes spectrales: 4 visibles (résolution spatiale de 10 m), 6 infrarouges proches (20 m) et 3 infrarouges ondes courtes (60 m).

Les données Sentinel-2 sont disponibles gratuitement et sont accessibles au public. Cela permet une utilisation large et variée des images pour la recherche, l'analyse et les applications commerciales.

Les images Sentinel-2 peuvent être utilisées de différentes manières : les applications d'aménagement du territoire, de surveillance, de l'environnement, agricole, des eaux, des forêts et des plantes, ressources naturelles et surveillance mondiale des cultures [ESA, 2015]

3.1. Caractéristiques des images Sentinel-2 :

A. Résolution spatiale : Les images Sentinel-2 ont une résolution spatiale de 10 mètres pour les bandes spectrales visibles, proche infrarouge et bande panchromatique, et de 20 mètres pour les bandes infrarouges moyennes, une résolution de 60 mètres sont utilisées les bandes spectrales pour l'infrarouge thermique (TIR) sur les satellites Sentinel-2. [ESA. (2021)].

B. Bandes spectrales : Les images Sentinel-2 sont capturées dans 13 bandes spectrales différentes, allant du spectre visible à l'infrarouge proche et moyen. Les bandes sont utilisées pour des applications telles que la classification des terres, la détection des changements, l'évaluation de la végétation, etc [ESA. (2021)].

Bande	Nom de la bande	Plage spectrale	Résolution
Bande 1	Coastal Aerosol	0.43 - 0.45 μm	60
Bande 2	Blue	0.45 - 0.49 μm	10
Bande 3	Green	0.53 - 0.59 μm	10
Bande 4	Red	0.64 - 0.67 μm	10
Bande 5	Vegetation Red Edge 1	0.69 - 0.71 μm	20
Bande 6	Vegetation Red Edge 2	0.73 - 0.75 μm	20
Bande 7	Vegetation Red Edge 3	0.77 - 0.79 μm	20
Bande 8A	Narrow Near-Infrared	0.85 - 0.87 μm	10
Bande 8	Narrow Near-Infrared	0.78 - 0.80 μm	20
Bande 9	Water Vapor	0.93 - 0.95 μm	60
Bande 10	SWIR - Cirrus	1.36 - 1.38 μm	60
Bande 11	SWIR 1	1.57 - 1.66 μm	20
Bande 12	SWIR 2	2.10 - 2.29 μm	20

Tableau01 : Les différents bandes spectrales de Sentinel 2

C. Résolution temporelle : Les satellites Sentinel-2 fournissent une revisite temporelle élevée, ce qui signifie qu'ils passent régulièrement au-dessus d'une même zone. Ils offrent une couverture globale de la Terre tous les 5 jours avec une seule plateforme et tous les 2 à 3 jours avec les deux plateformes (Sentinel-2A et Sentinel-2B) combinées [ESA. (2021)].

Les images Sentinel-2 permettent l'acquisition et l'analyse de séries temporelles d'images, ce qui est particulièrement utile pour la surveillance des changements environnementaux, l'analyse des cultures, la détection des feux de forêt, [ESA. (2021)].

3.2. Application des images Sentinel 2:

Les images Sentinel-2, notamment celles capturées par le satellite Sentinel-2A et Sentinel-2B, ont de nombreuses applications dans divers domaines. Voici quelques-unes des principales applications des images Sentinel-2 [22]:

A. Cartographie et surveillance des terres : Les images Sentinel-2 sont utilisées pour la cartographie détaillée des terres, y compris la classification des sols, la détection des changements d'occupation des terres, la surveillance des zones urbaines et rurales, ainsi que la cartographie des forêts, des zones humides et des ressources naturelles [22].

B. Agriculture et sécurité alimentaire : Les images Sentinel-2 permettent de surveiller la santé des cultures, d'évaluer la productivité agricole, de détecter les stress hydriques et les maladies des plantes, de gérer les ressources en eau agricole, de planifier les cultures et d'optimiser les pratiques agricoles pour assurer la sécurité alimentaire [22].

C. Gestion des ressources naturelles : Les images Sentinel-2 sont utilisées pour la surveillance des ressources en eau, la cartographie des zones côtières, la détection des changements dans les écosystèmes terrestres et marins, la surveillance des feux de forêt, la gestion des zones protégées et la surveillance de la déforestation [22].

D. Gestion des catastrophes naturelles : Les images Sentinel-2 sont utilisées pour la cartographie des zones touchées par les catastrophes naturelles, telles que les inondations, les sécheresses, les glissements de terrain, les éruptions volcaniques, etc. Elles aident à évaluer les dommages, à planifier les secours d'urgence et à suivre la reprise après une catastrophe [22].

E. Surveillance environnementale : Les images Sentinel-2 sont utilisées pour la surveillance de la qualité de l'air, la détection de la pollution, la surveillance des changements climatiques, la cartographie des zones de dégradation environnementale, ainsi que la surveillance des écosystèmes fragiles, tels que les récifs coralliens [21].

F. Planification urbaine et gestion des infrastructures : Les images Sentinel-2 sont utilisées pour la planification urbaine, la surveillance de l'expansion des zones urbaines, l'évaluation des infrastructures et des réseaux de transport, ainsi que la gestion des ressources et de l'environnement dans les zones urbaines [21].

4. Méthodes :

4.1. Méthodes de prétraitement :

4.1.1. Rayleigh correction : est une étape du processus de traitement qui vise à réduire les effets de la diffusion atmosphérique sur les données optiques acquises par le capteur des satellites Sentinel-2. [ESA. (2021)].

4.1.2. Resampling (échantillonnage) : est une opération de traitement qui permet de modifier la résolution spatiale des données. Cela peut être fait pour adapter les images à des besoins spécifiques ou pour les aligner avec d'autres données. Nous avons choisi la résolution spatiale 10 m (bande 2) Dans ce traitement pour les raisons suivantes :

Résolution souhaitée : Cela permettrait d'obtenir une image avec plus de détails et une meilleure précision dans la représentation des objets et des caractéristiques présents sur le terrain.

Alignement avec d'autres données : la bande 2 à cette résolution faciliterait l'alignement spatial et la comparaison directe entre les différentes sources. **Analyse spécifique :** adéquate pour extraire les informations souhaitées des terres, de la végétation ou de l'eau.

4.1.3. Mosaic : consiste à combiner plusieurs images contiguës ou partiellement chevauchantes en une seule image plus large et continue. La mosaïque est

utilisée pour créer une image composite couvrant une région plus vaste à partir de plusieurs tuiles d'images individuelles.

4.2. Méthode de traitement :

4.3. Les composition coloré :

- Couleur naturelle (B4, B3, B2): Son but est d'afficher des images de la même manière que nos yeux voient le monde.
- Infrarouge de couleur (B8, B4, B3): La combinaison de bandes infrarouges de couleur est destinée à mettre l'accent sur les éléments sains et malsains végétation .
- Infrarouge à ondes courtes (B12, B8A, B4): Ce composite montre la végétation dans différentes nuances de vert.
- Agriculture (B11, B8, B2): utilisé pour surveiller la santé des cultures
- Géologie de l'intérieur (B12, B11, B2): pour trouver des caractéristiques géologiques. Cela inclut les failles, la lithologie et les formations géologiques.

4.3.1. Les indices de végétation :

En télédétection, les indices font partie d'une méthode de traitement appelée transformation multispectrale. Ils comprennent la conversion de la luminosité mesurée au niveau du capteur satellite en grandeurs significatives dans le domaine environnemental.

Basées sur le caractère multispectral des données satellitaires, elles permettent de décrire l'état des phénomènes. Par exemple, un indice de végétation peut refléter le stade de croissance des plantes à un moment donné.

Tous les indices, qu'il s'agisse d'indices de végétation, d'indices de sol, d'indices de colonne d'eau, etc., sont basés sur des méthodes empiriques basées sur des données expérimentales. Les indices de végétation sont largement utilisés pour identifier et surveiller la dynamique de la végétation d'une part, et pour estimer certains paramètres biophysiques des caractéristiques du couvert végétal, tels que la biomasse, l'indice de surface foliaire et le taux d'actif de rayonnement photosynthétique, d'autre part.

A. NDVI(Normalized Differential Vegetation Index) :

L'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est un indice spectral largement utilisé pour évaluer la santé et la vigueur de la végétation à partir d'images satellites. Cet indice mesure la différence normalisée entre la réflectance du proche infrarouge (NIR) et la réflectance du rouge (Red) du spectre électromagnétique [14]. [15],[22]

La formule de calcul est : $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$

Les valeurs de l'indice NDVI varient généralement de -1 à 1, où des valeurs positives indiquent une végétation dense et saine, des valeurs nulles ou proches de zéro indiquent une absence de végétation ou une végétation peu vigoureuse, et des valeurs négatives indiquent généralement la présence de surfaces non végétales, telles que l'eau ou les zones urbaines [14],[15]

B. NDWI (Normalized Difference Water Index) :

L'indice NDWI (Normalized Difference Water Index) est un indice spectral utilisé pour détecter et évaluer la présence d'eau dans les images satellites. Cet indice est basé sur la différence normalisée entre les réflectances dans les bandes spectrales sensibles à l'eau [18].

La formule de calcul est : $NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$

Les valeurs de l'indice NDWI varient généralement de -1 à 1, où des valeurs positives indiquent la présence d'eau, et des valeurs plus élevées indiquent une plus grande concentration d'eau. Les valeurs négatives indiquent généralement la présence de surfaces non aqueuses, telles que la végétation dense.

C. EVI (Enhanced Vegetation Index) :

L'indice EVI (Enhanced Vegetation Index) est un indice spectral qui mesure la vigueur et la densité de la végétation en utilisant les réflectances dans les bandes spectrales du rouge, du proche infrarouge et du bleu. L'indice EVI a été développé pour surmonter certaines limitations de l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dans la détection de la végétation dans des conditions variables [22].

La formule de calcul est :

$EVI = 2.5 * ((NIR - Red) / (NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1))$

L'indice EVI produit des valeurs qui varient généralement de -1 à 1, où des valeurs positives indiquent une végétation dense et saine. Comparé à l'indice NDVI, l'indice EVI tient compte de l'influence du rayonnement atmosphérique et de la réflectance du sol, ce qui peut permettre une meilleure évaluation de la densité de la végétation [22].

D. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) : [17]

L'indice SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) est un indice spectral utilisé pour évaluer la vigueur de la végétation en prenant en compte la correction de la réflectance du sol. Cet indice a été développé pour compenser l'effet de la réflectance du sol, qui peut interférer avec l'estimation précise de la vigueur de la végétation [17].

La formule de calcul est :

$$\text{SAVI} = ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + \text{L})) * (1 + \text{L})$$

L'indice SAVI produit des valeurs qui varient généralement de -1 à 1, où des valeurs positives indiquent une végétation dense et saine. En prenant en compte la correction de la réflectance du sol, l'indice SAVI peut fournir une estimation plus précise de la vigueur de la végétation dans des conditions où le sol a une réflectance élevée [17].

E. CI-Green (Chlorophyll Index-Green) :

L'indice CI-Green (Chlorophyll Index-Green) est un indice spectral utilisé pour évaluer la concentration de chlorophylle dans la végétation à partir d'images satellites. Cet indice est basé sur la différence de réflectance dans la bande spectrale verte du spectre électromagnétique [16].

La formule de calcul est : $\text{CI green} = \text{NIR} / \text{green} - 1$

Les valeurs de l'indice CI-Green varient généralement de -1 à 1. Une valeur élevée de l'indice CI-Green indique une concentration élevée de chlorophylle, ce qui est souvent associé à une végétation dense et saine. Les valeurs négatives de l'indice CI-Green indiquent généralement une faible concentration de chlorophylle ou une présence de surfaces non végétales [16].

F. CI Rededge (Chlorophyll Index-Red Edge) :

L'indice CI_Rededge (Chlorophyll Index-Red Edge) est un indice spectral utilisé pour évaluer la concentration de chlorophylle dans la végétation à partir d'images satellites. Cet indice est basé sur la différence de réflectance dans la bande spectrale du red edge du spectre électromagnétique [16].

La formule de calcul est : $CI_{red-edge} = NIR/red_edge - 1$

es valeurs de l'indice CI_Rededge varient généralement de -1 à 1. Une valeur élevée de l'indice CI_Rededge indique une concentration élevée de chlorophylle, ce qui est souvent associé à une végétation dense et saine. Les valeurs négatives de l'indice CI_Rededge indiquent généralement une faible concentration de chlorophylle ou une présence de surfaces non végétales.

l'indice CI_Rededge est utilisé pour évaluer la vigueur de la végétation, détecter les variations de la teneur en chlorophylle et surveiller les changements dans la santé des plantes. Il est particulièrement sensible aux variations de la concentration de chlorophylle dans les stades de croissance tardifs des cultures [16].

G. (LAI) Leaf Area Index :

L'indice Leaf Area Index (LAI) est un indice qui mesure la surface foliaire par unité de surface terrestre. Il est utilisé pour quantifier la densité et l'étendue de la canopée végétale, ce qui permet d'évaluer la productivité de la végétation, la biomasse, l'évapotranspiration et d'autres paramètres liés à la végétation [19].

L'indice LAI est généralement calculé à partir de mesures directes sur le terrain ou à partir de données d'imagerie satellite ou aérienne. Différentes méthodes sont utilisées pour estimer l'indice LAI, mais l'une des méthodes couramment utilisées est basée sur la mesure de la transmission de la lumière à travers le couvert végétal. il élevé indique une densité élevée de feuillage et une canopée dense, ce qui est souvent associé à une productivité élevée de la végétation. Un indice LAI faible indique une faible densité de feuillage et une canopée moins dense [19].

4.3.2. Méthode de classification K-means :

K-means est un algorithme non supervisé largement utilisé pour regrouper des données en clusters ou en classes. Elle est souvent utilisée dans le domaine de

l'apprentissage automatique et de la vision par ordinateur pour la segmentation d'images et la classification de données.

il est en effet une méthode couramment utilisée pour la classification non supervisée des images Sentinelles, ce qui signifie qu'elle ne nécessite pas d'échantillons d'apprentissage préalables. Cependant, elle peut nécessiter un certain ajustement des paramètres, tels que le nombre de clusters souhaité, pour obtenir des résultats optimaux. [12]

5.3.2.1 Processus de classification K-means appliqué aux images

Sentinelles :

1-Prétraitement des données : Tout d'abord, les données des images Sentinelles doivent être prétraitées. Cela peut inclure des opérations telles que la correction géométrique, la correction radiométrique, la suppression du bruit ou la normalisation des valeurs des pixels. [23],[24]

2-Sélection des bandes spectrales : Ensuite, vous devez sélectionner les bandes spectrales pertinentes à utiliser dans le processus de classification. Les images Sentinelles fournissent plusieurs bandes spectrales, et le choix dépendra des informations que vous souhaitez extraire et des caractéristiques que vous voulez classifier. [23],[24]

3-Extraction des pixels : Les pixels des images Sentinelles sont extraits en fonction des bandes spectrales sélectionnées, ce qui permet de créer un ensemble de données pour la classification. Chaque pixel est représenté par un vecteur multidimensionnel contenant les valeurs des différentes bandes spectrales. [23],[24]

4-Initialisation des centroïdes : L'algorithme K-means commence par initialiser un certain nombre de centroïdes, qui sont les points de référence autour desquels les clusters seront formés. Les centroïdes peuvent être initialisés de manière aléatoire ou selon une méthode spécifique, comme la méthode Forgy ou la méthode de partitionnement en sous-groupes (bisecting K-means). [23],[24]

5-Attribution des pixels aux clusters : Dans cette étape, chaque pixel est attribué au cluster dont le centroïde est le plus proche en termes de distance euclidienne. Cela se fait en calculant la distance entre chaque pixel et les centroïdes, et en attribuant le pixel au cluster avec la distance minimale. [23],[24]

6- Mise à jour des centroïdes : Une fois que tous les pixels ont été attribués à des clusters, les centroïdes sont mis à jour en recalculant leur position en fonction des pixels appartenant à chaque cluster. Cela se fait en prenant la moyenne des positions des pixels dans chaque cluster. [23],[24]

7- Répétition des étapes 5 et 6 : Les étapes d'attribution des pixels aux clusters et de mise à jour des centroïdes sont répétées jusqu'à ce que les centroïdes convergent vers des positions stables, ou jusqu'à ce qu'un critère d'arrêt prédéfini soit atteint, comme un nombre maximum d'itérations. [23],[24]

8- Visualisation et évaluation : Une fois que la classification K-means est terminée, vous pouvez visualiser les résultats en attribuant des couleurs ou des étiquettes aux clusters formés. Vous pouvez également évaluer la qualité de la classification en comparant les résultats aux vérités de terrain ou en utilisant des mesures d'évaluation de la classification, telles que l'indice de Rand ajusté (ARI) ou le coefficient de silhouette. [23],[24]

Chapitre03 :

Résultats et discussion

Introduction :

Ce chapitre présente la zone d'étude, l'étude expérimentale en cartographie de la végétation par l'analyse des données de télédétection.

1.La zone d'étude :

1.1 la région de tiaret :

Nord Tiaret occupe une superficie de 20.086,62 km², couvrant une partie d'Atlas tellien au nord et les hauts plateaux au centre et au sud. La wilaya est située au nord-ouest du pays. Elle est limitée par les wilayas suivantes :

- Au nord : Chlef, Tissemsilt et Relizane
- Au sud : Laghouat et el-bayadh
- A l'ouest : Mascara et Saida
- À l'est : Djelfa

La Wilaya de Tiaret (Ouest Algérien) Située à une altitude de 1150 mètres, elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude.

La Wilaya de Tiaret dispose d'un potentiel naturel important et notamment de 1 609 900 hectares de terres agricoles, 12 966 ha de surface steppique et 12 22 ha de surface forestière. La superficie agricole totale est divisée en 70 596 hectares utiles pour l'agriculture, dont 1561 hectares sont irrigués et un million d'hectares sont destinés aux steppes, pâturages, alfa et forêts. Elle est dominée par le système « culture-élevage » dont l'intégration assure l'essentiel de la production agricole et de la croissance économique [25].

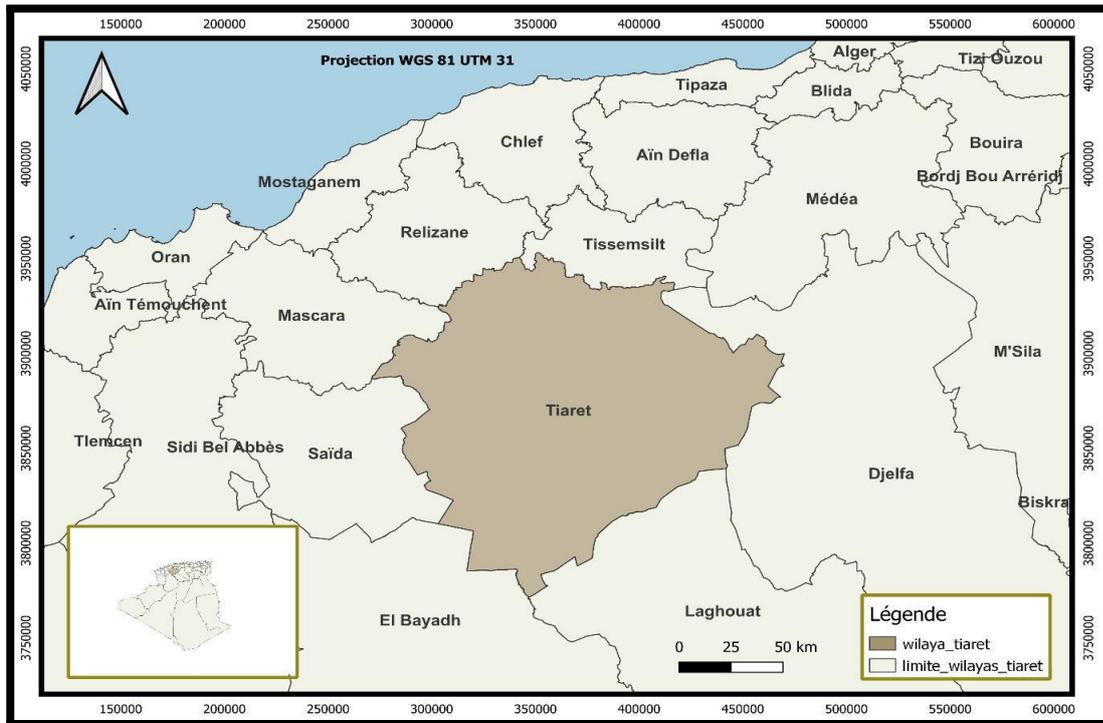


Figure17: carte de situation du Tiaret

1.1.1 Les compositions colorées

- ✓ **La composition en couleurs naturelles :**



Figure 18: image satellite en couleurs naturelles

La composition en couleurs naturelles est une technique de visualisation couramment utilisée dans l'interprétation des données satellites et des images traitées dans la plateforme SNAP. Cette composition vise à représenter les scènes terrestres de manière fidèle et réaliste en utilisant les couleurs telles qu'elles apparaîtraient à l'œil humain. En utilisant les canaux rouges, verts et bleus des images satellites, la composition en couleurs naturelles permet de restituer les paysages et les objets avec des teintes qui reflètent la réalité visuelle. Les zones terrestres, l'eau, les nuages, la végétation et d'autres éléments présents dans la scène sont représentés de manière similaire à ce que nous percevons dans la nature. Cette composition est largement utilisée pour l'observation générale de la Terre, la cartographie, l'identification des caractéristiques géographiques, la visualisation des paysages et l'analyse visuelle des scènes terrestres. Elle offre une représentation familière et intuitive des objets et des éléments présents dans l'image, facilitant ainsi leur interprétation et leur compréhension.

✓ **Les compositions colorées fausses couleurs urbaines :**

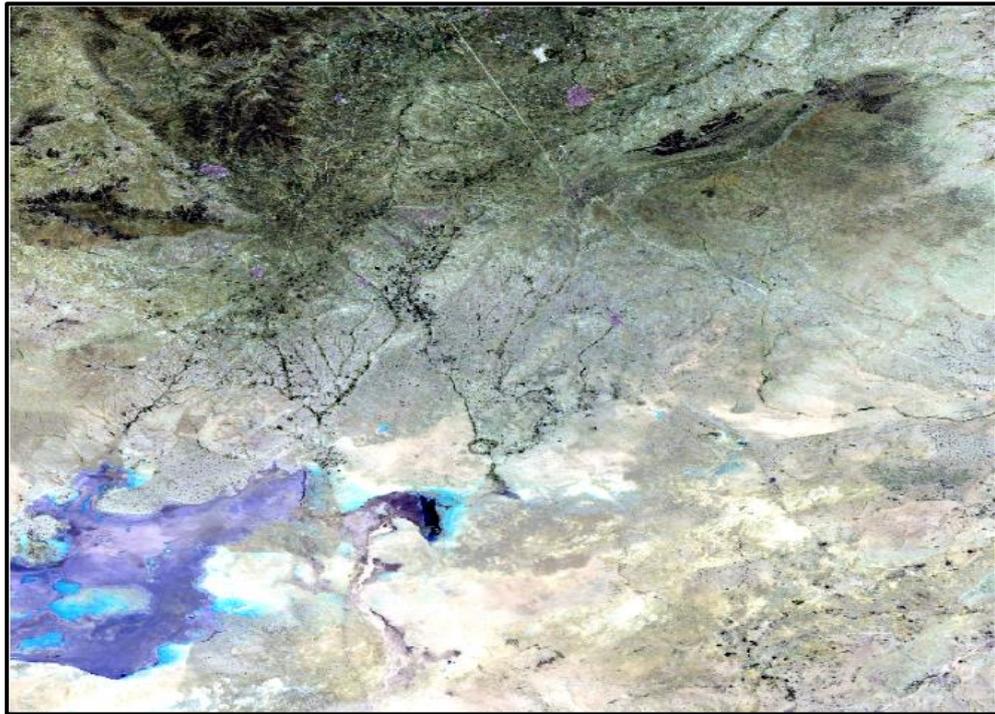


Figure 19: image satellite en false color urbaine

Les compositions colorées fausses couleurs urbaines sont particulièrement utiles pour analyser les zones urbaines, les infrastructures et la végétation. En assignant des bandes spectrales spécifiques à des canaux de couleur, ces compositions permettent de révéler des caractéristiques invisibles à l'œil nu. Par exemple, l'utilisation du canal proche-infrarouge (NIR) dans le canal rouge peut mettre en évidence la végétation saine en apparaissant en rouge vif, tandis que les bâtiments urbains apparaissent généralement en couleurs plus foncées

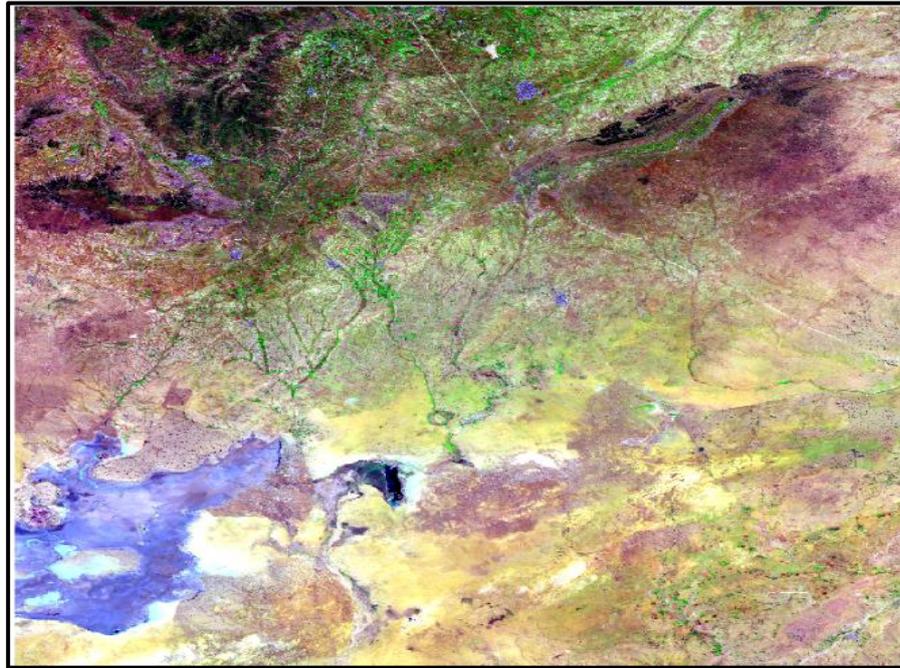


Figure 20:image satellite en composition agriculture

La composition agricole met en évidence les caractéristiques spécifiques des cultures et des terres agricoles, fournissant ainsi des informations précieuses pour la gestion agricole et l'analyse des terres. Dans une composition agricole, différentes bandes spectrales sont combinées de manière à mettre en évidence les aspects clés de la végétation, de la santé des cultures et des conditions des terres agricoles. La sélection des bandes appropriées dépendra des objectifs spécifiques de l'analyse. La composition agricole peut révéler des informations sur la densité de la végétation, la croissance des cultures, les variations de la santé des plantes, la présence de stress hydrique et d'autres caractéristiques agricoles. Les zones de végétation dense, comme les cultures saines, peuvent apparaître en couleurs vives, tandis que les zones présentant des problèmes de santé des plantes peuvent être identifiées par des variations de couleur ou de texture.

✓ **La composition pour la santé de la végétation**



Figure 21: image satellite en la composition health vegetation

La composition pour la santé de la végétation est une technique de visualisation qui permet de mettre en évidence l'état de santé des plantes à partir des données satellites et des images traitées dans la plateforme SNAP. Cette composition est particulièrement utile pour surveiller la santé des cultures, évaluer les stress environnementaux et détecter les problèmes potentiels affectant la végétation. En utilisant des bandes spectrales spécifiques, la composition pour la santé de la végétation permet de visualiser les variations de la vigueur et de la santé des plantes. Les bandes proches infrarouges et infrarouges sont souvent utilisées pour évaluer la santé de la végétation, car elles reflètent la quantité de lumière absorbée par les plantes et fournissent des informations sur leur activité photosynthétique et leur contenu en chlorophylle. Dans cette composition, les zones de végétation saine et vigoureuse apparaissent en couleurs.



Figure 22: image satellite en la composition land water

La composition "Land water" permet d'identifier et de cartographier les étendues d'eau, les cours d'eau, les plans d'eau et les terres émergées, offrant ainsi des informations précieuses pour l'analyse des ressources en eau, la gestion des bassins versants et la surveillance des zones côtières. En utilisant des combinaisons spécifiques de bandes spectrales, la composition "land water" permet de différencier les surfaces terrestres des surfaces aquatiques. Par exemple, l'utilisation du canal bleu peut mettre en évidence les zones d'eau, tandis que les autres canaux peuvent être utilisés pour représenter les terres émergées. Elle permet de distinguer les caractéristiques géographiques spécifiques, de suivre les changements saisonniers des étendues d'eau et de comprendre les interactions entre les systèmes terrestres et aquatiques

✓ La composition shortwave infrared :

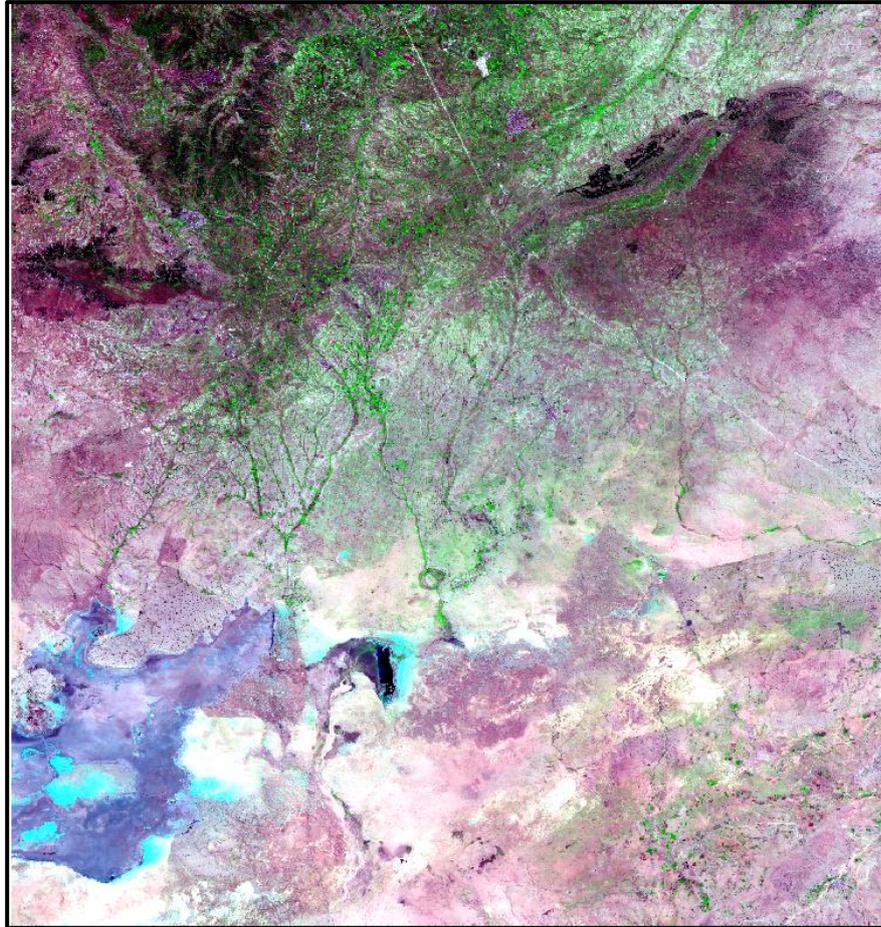


Figure 23: image satellite en la composition shortwave infrared

La composition shortwave infrared met en évidence les caractéristiques spécifiques présentes dans la gamme des infrarouges à ondes courtes, offrant ainsi des informations précieuses pour diverses applications, telles que la détection des matériaux, la cartographie géologique et l'analyse de l'humidité des sols. La composition shortwave infrared peut révéler des informations sur la composition des sols, la présence de minéraux, la détection des brûlures de végétation, les études de la qualité de l'eau et d'autres caractéristiques spécifiques de la surface terrestre.

✓ **La composition shortwave infrared :**

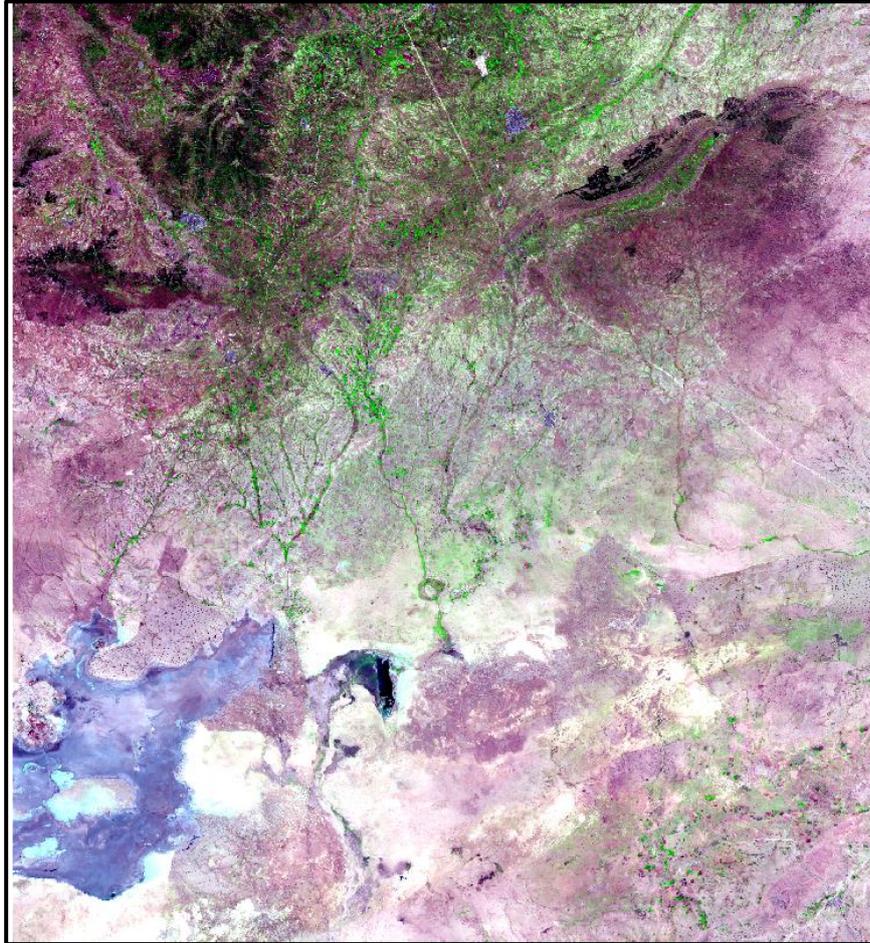


Figure 24: image satellite en la composition vegetation analysis

L'analyse de la végétation est une pratique essentielle dans de nombreux domaines tels que l'agriculture, l'écologie, la foresterie et la gestion des ressources naturelles. Elle consiste à étudier la distribution spatiale, la santé, la densité et d'autres caractéristiques de la végétation dans une zone donnée. La visualisation et l'interprétation des données de végétation à l'aide d'outils tels que les images satellites et les logiciels d'analyse permettent d'obtenir des informations précieuses sur les écosystèmes, les cultures, la biodiversité et les changements environnementaux. L'analyse de la végétation peut se faire à différentes échelles, allant de l'étude des parcelles agricoles individuelles à l'analyse régionale ou mondiale des tendances de la végétation. Elle peut inclure des paramètres tels que l'indice de végétation, la biomasse végétale, la couverture végétale, la santé des plantes, la croissance des cultures et la détection des changements dans le temps.

3.1. Les indices de végétation

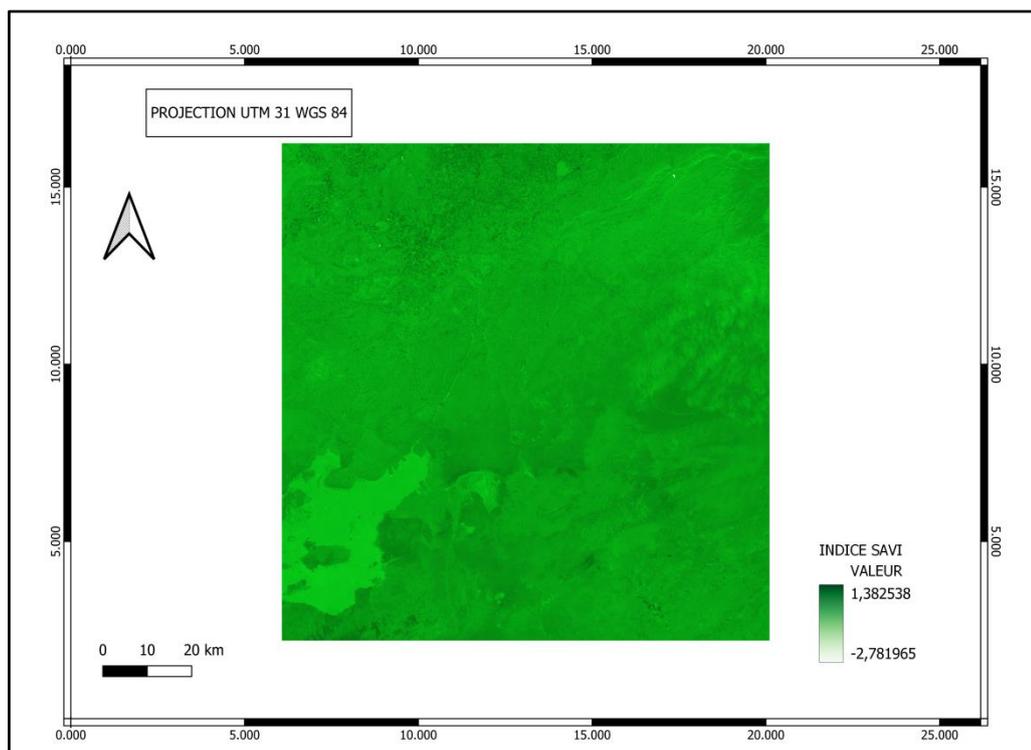


Figure 25:carte d'indice SAVI

On observe dans la carte de SAVI que les valeurs divers de 1.38 a -2.78 cela indique une densité moyenne de végétation et la couleur vert une végétation fort de valeur 1.

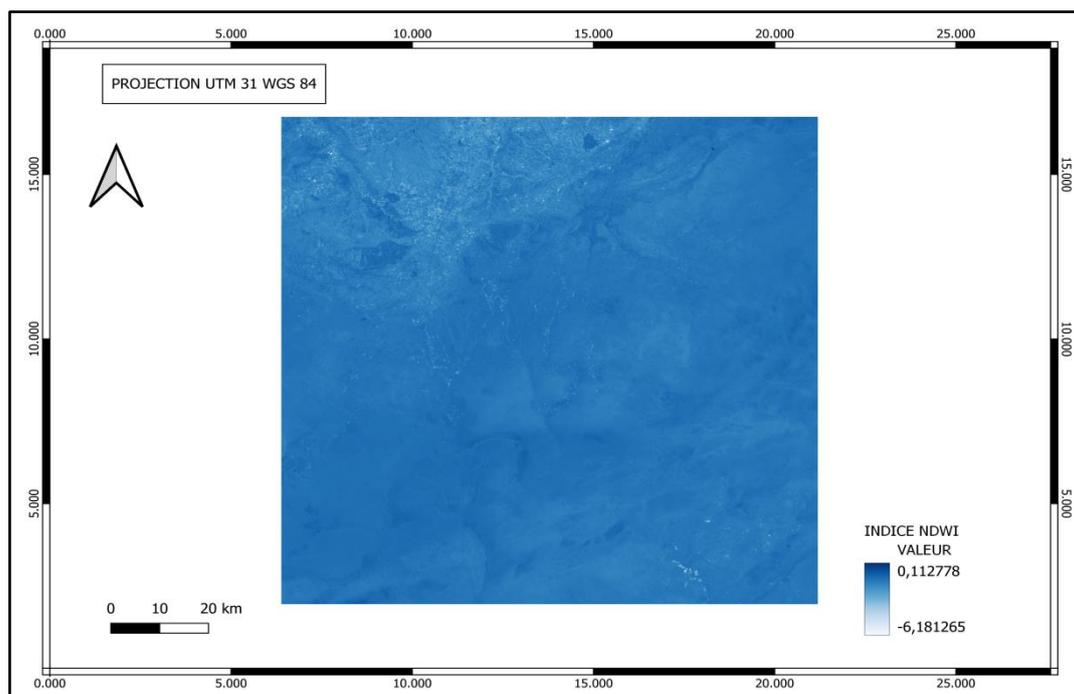


Figure 26: carte d'indice NDWI

La carte d'indice NDWI présente des valeur de quantité d'eau avec des valeur varies de 0.11 à -6.18,avec une moyenne de -3.03 cela signifie une quantité faible d'eau.

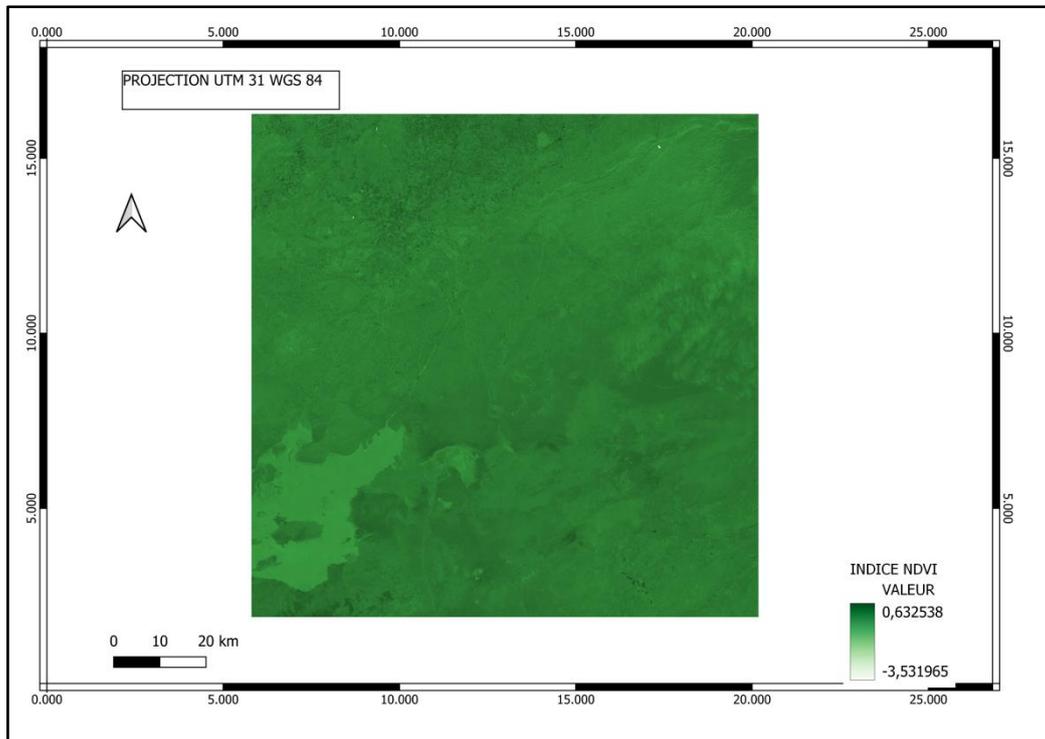


Figure 27: carte d'indice NDVI

La carte suivant représente les valeur de NDVI , avec une valeur maximum de 0.63 et valeur minimum de -3.53 on observe que la dansité forte de vegetation est affichée par la couleur verte et le vert claire une densité faible de végétation.

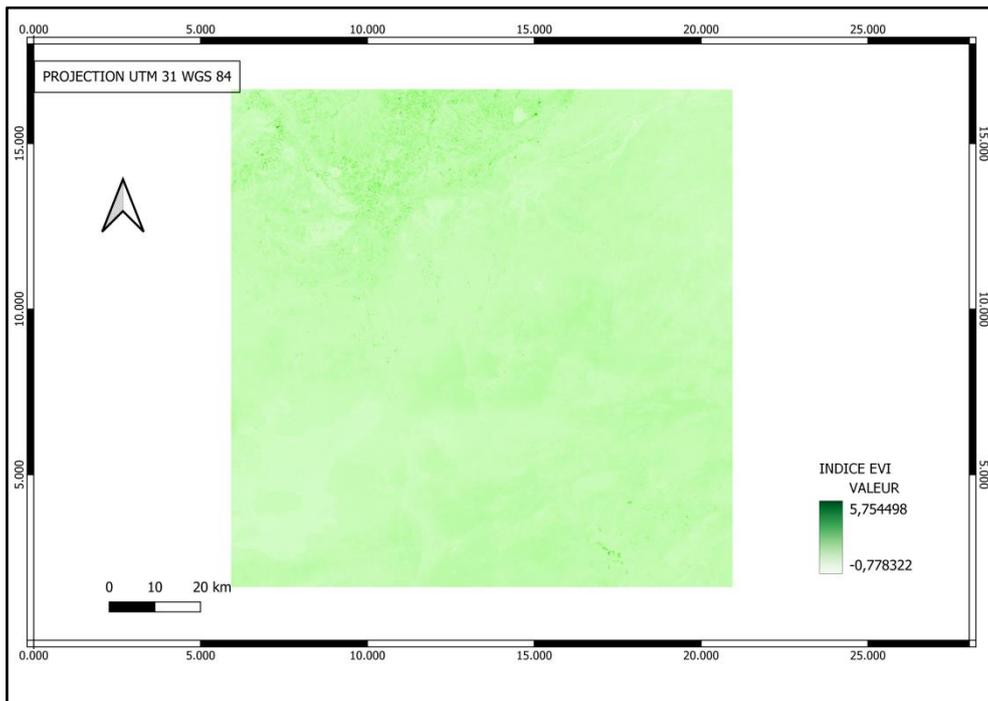


Figure 28:carte d'indice EVI

La carte suivant affiche les valeur d'indice EVI ,à partir de la carte on observe que les valeurs varie de 5.75 à -0.77 cela signifie une dansite de végétation est moyenne.

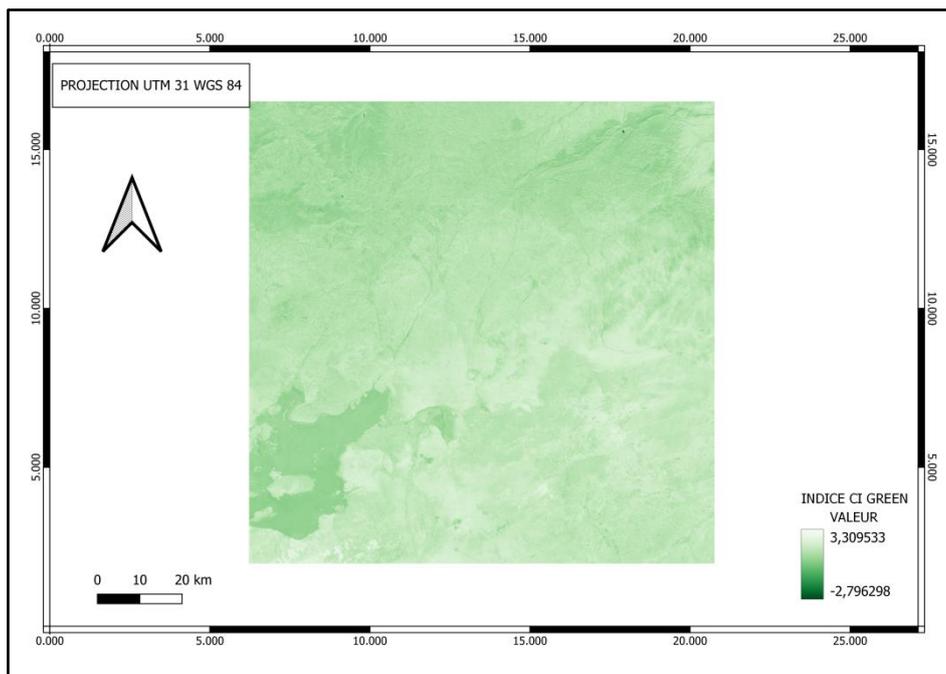


Figure 29:carte d'indice CI-green

On observe dans la carte de CI GREEN les valeurs sont diverse de 3 à -2 ,donc les valeurs de CI-GREEN sont moyenne.

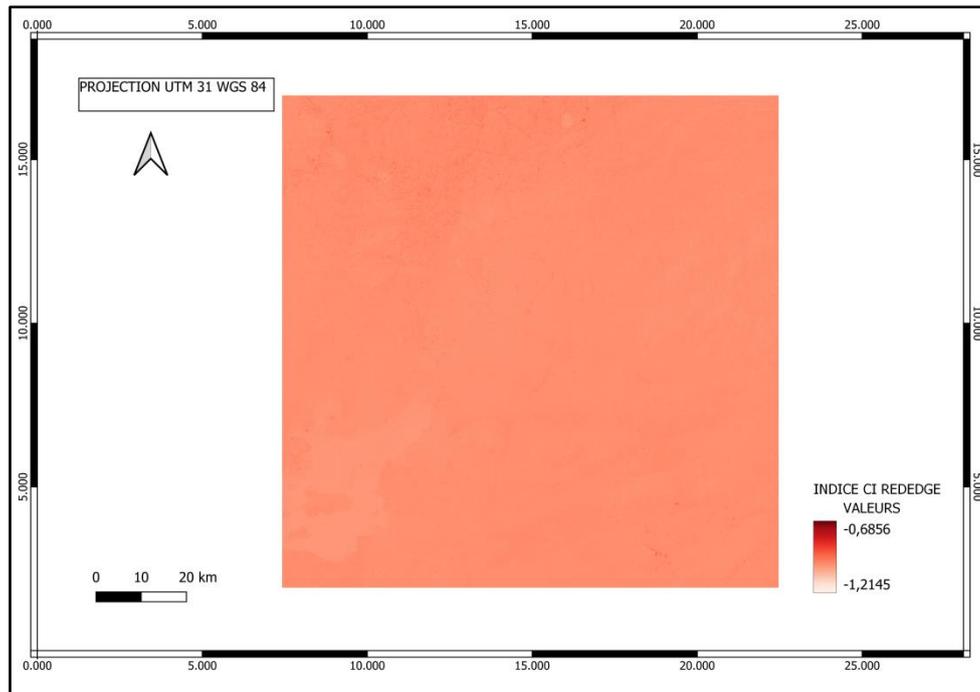


Figure 30:carte d'indice CI-REDEGE

La carte de CI RED EDGE représente des valeur de -0.68 a -1 avec une moyenne de 0.84, et cela montre que la végétation est presque faible.

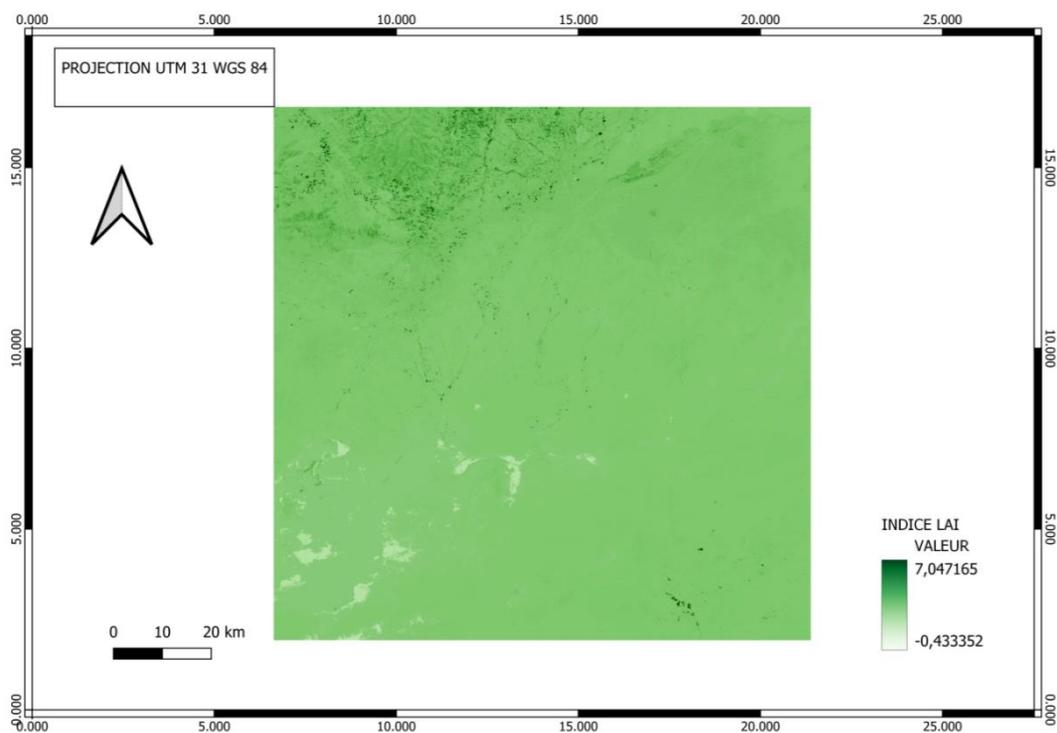


Figure 31 : carte d'indice Lai

La carte d'indice LAI affiche une valeurs maximum de 7.04 ou il y a une forte densité et des valeurs minimum de -0.43 sont affichées ave la couleur jaune.

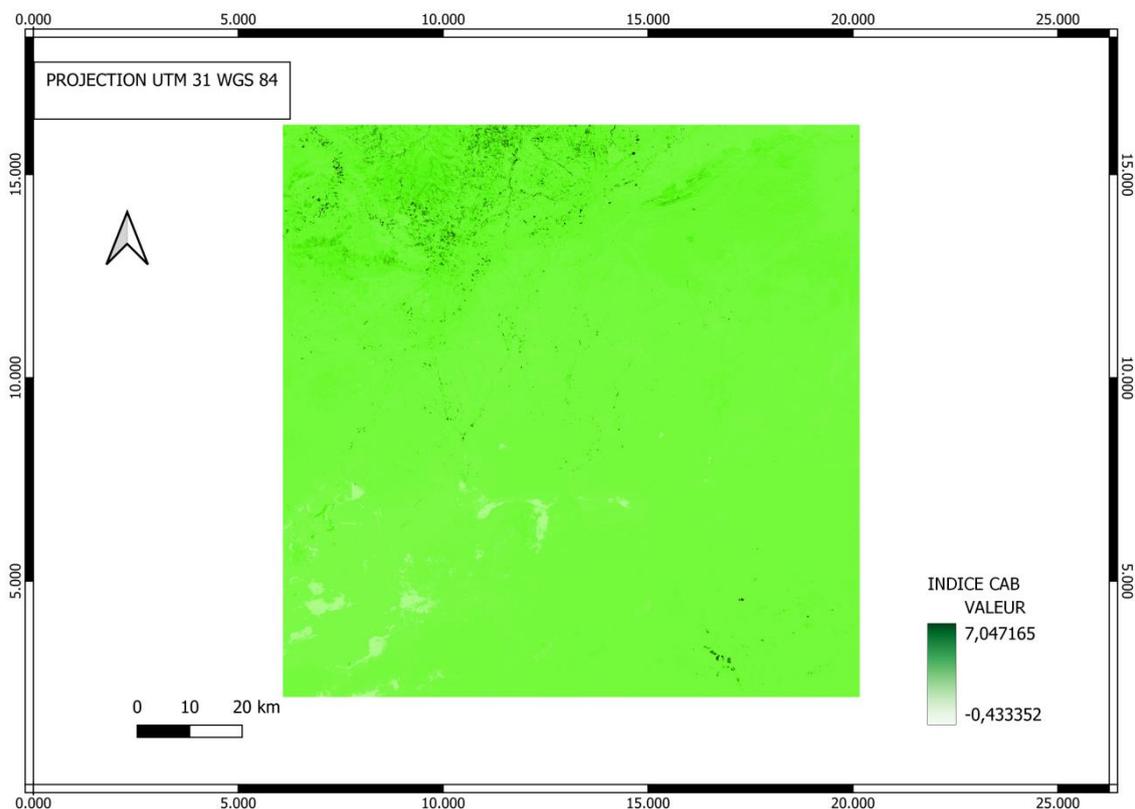


Figure 32 : carte d'indice CAB

Les valeur de l'indice cab varie de 7.04 à -0.43 dans lequel la couleur vert foncé signifie une fort densité de végétation, le vert foncé une densité moyenne et le jaune une densité faible.

1.2La commune de sougueur :

La zone de Sougueur, située dans la région de Tiaret en Algérie, est caractérisée par son importance géographique, économique et culturelle. Sougueur est une commune située dans la wilaya de Tiaret, qui est la capitale de la province éponyme [28].

La région de Tiaret, y compris la zone de Sougueur, présente des caractéristiques géographiques diverses, allant des plaines fertiles aux montagnes et aux vallées. Elle est entourée par des massifs montagneux tels que le Djebel Amour et le Djebel Louh [18].

Sur le plan économique, la zone de Sougueur est principalement axée sur l'agriculture, avec des terres fertiles propices à la culture des céréales, des olives, des fruits et des légumes. L'élevage est également pratiqué dans la région. Par ailleurs, la région possède des ressources naturelles telles que le phosphate [18].

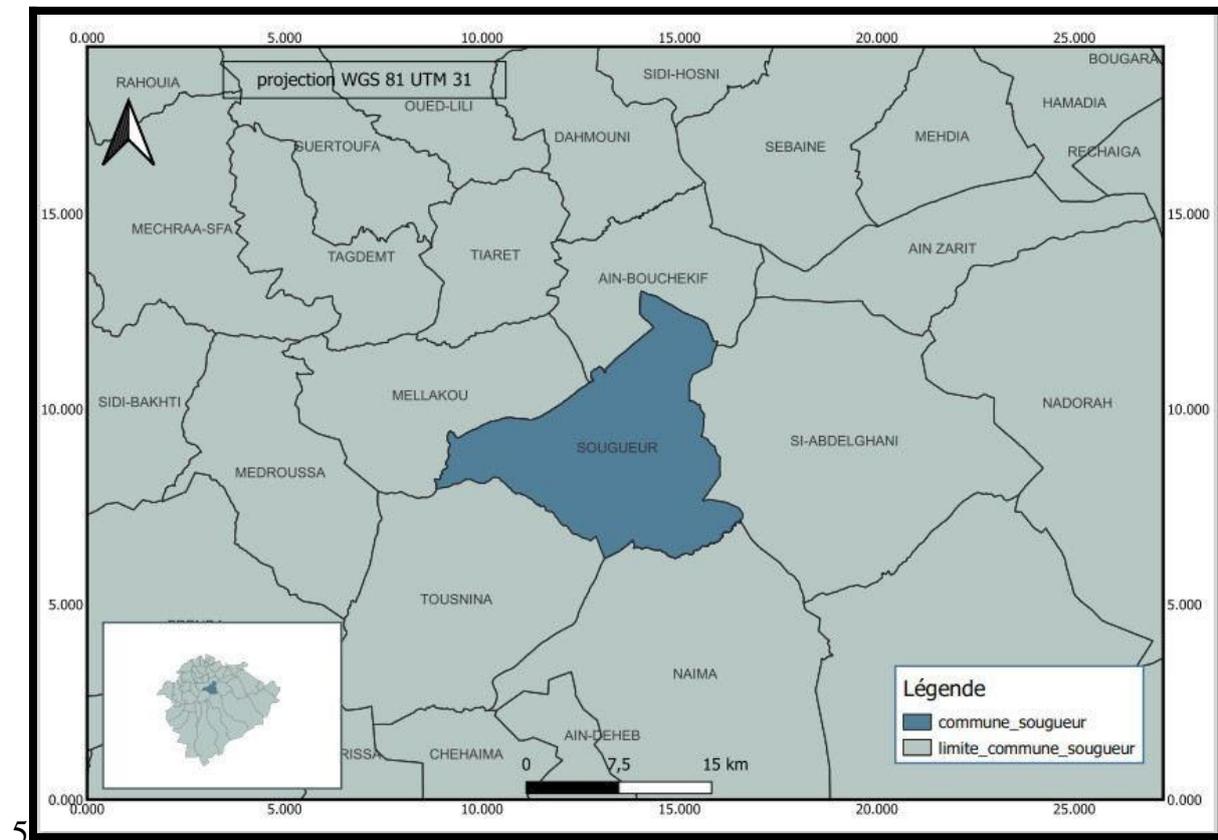


Figure 33: carte de situation du Tiaret

Dans la commune de souguer on a choisit la zone sud de Sougueur, Cette zone est caractérisée par une topographie vallonnée et des conditions climatiques semi-arides. Elle est principalement utilisée pour l'agriculture, avec des cultures telles que les céréales, les olives et les amandes. La zone est également connue pour ses sources d'eau douce, qui sont utilisées pour l'irrigation des cultures. Ces caractéristiques font une région importante pour l'économie locale et pour la sécurité alimentaire de la région [27].

1.2.1 Les cartes des indices de végétation avec discussion

Après le traitement des images sentine 2 on a calculés les indice suivants :

Interprétations d'indice SAVI :

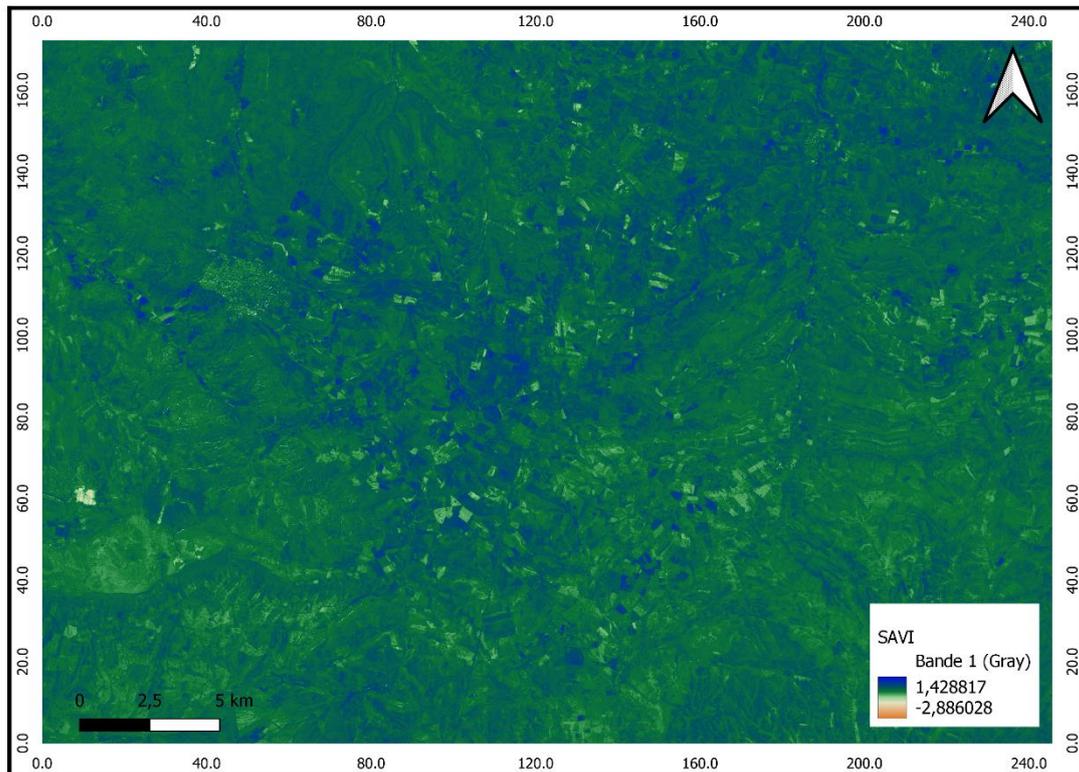


Figure 34: Carte d'indice SAVI Mois de janvier

Le SAVI prend en compte la réflectance du sol et fournit des valeurs plus précises dans les zones où la réflectance du sol est élevée. Les valeurs élevées de SAVI indiquent une densité de végétation élevée, ce qui peut être associé à une croissance vigoureuse et une production élevée. Les valeurs plus faibles de SAVI peuvent indiquer une faible densité de végétation, qui peut être associée à une croissance plus faible et à une production réduite. Toutefois, les valeurs de SAVI doivent être interprétées en combinaison avec d'autres données, telles que des mesures de la composition chimique du sol et de la culture, pour obtenir une évaluation plus complète de l'état de santé et de la productivité de la culture.

-Le mois de janvier : Une valeur de 0,44 pour l'indice SAVI indique une densité de végétation modérée, ce qui peut être associé à une croissance saine et une production raisonnable.

Interprétations d'indice EVI :

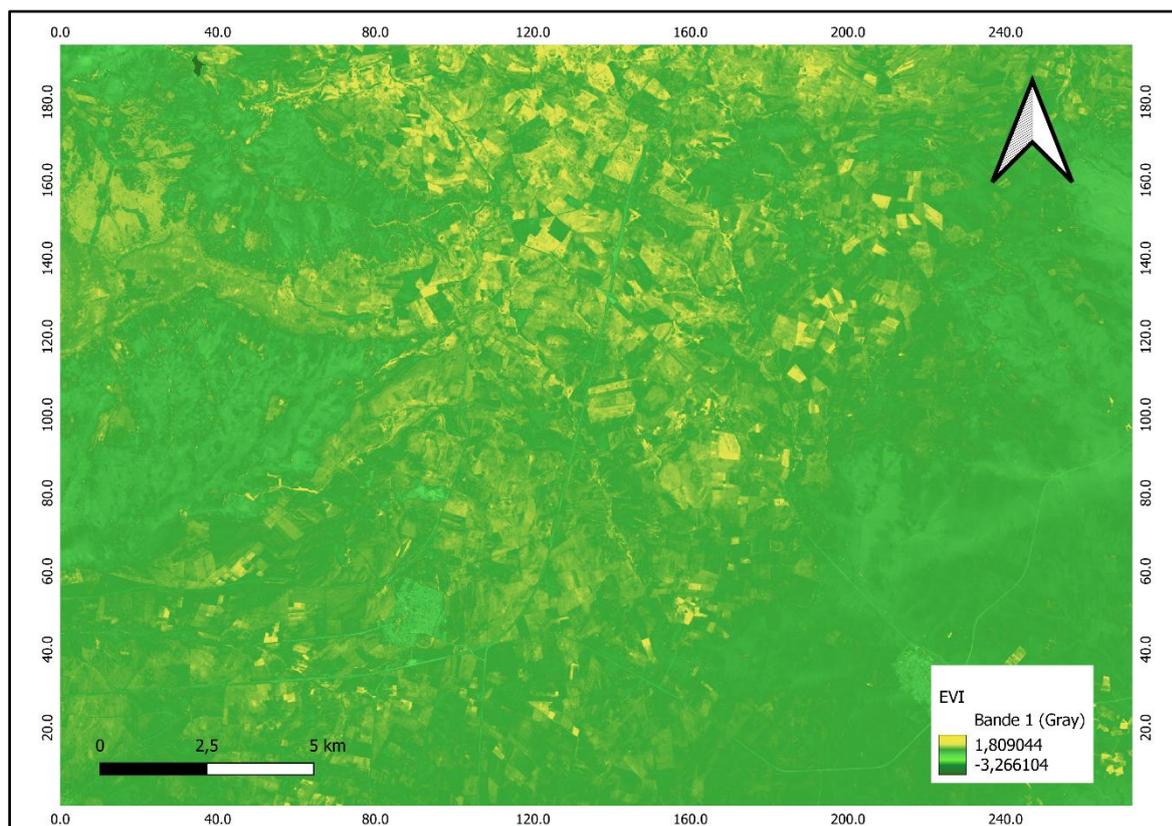


Figure 35: Carte d'indice EVI Mois Février

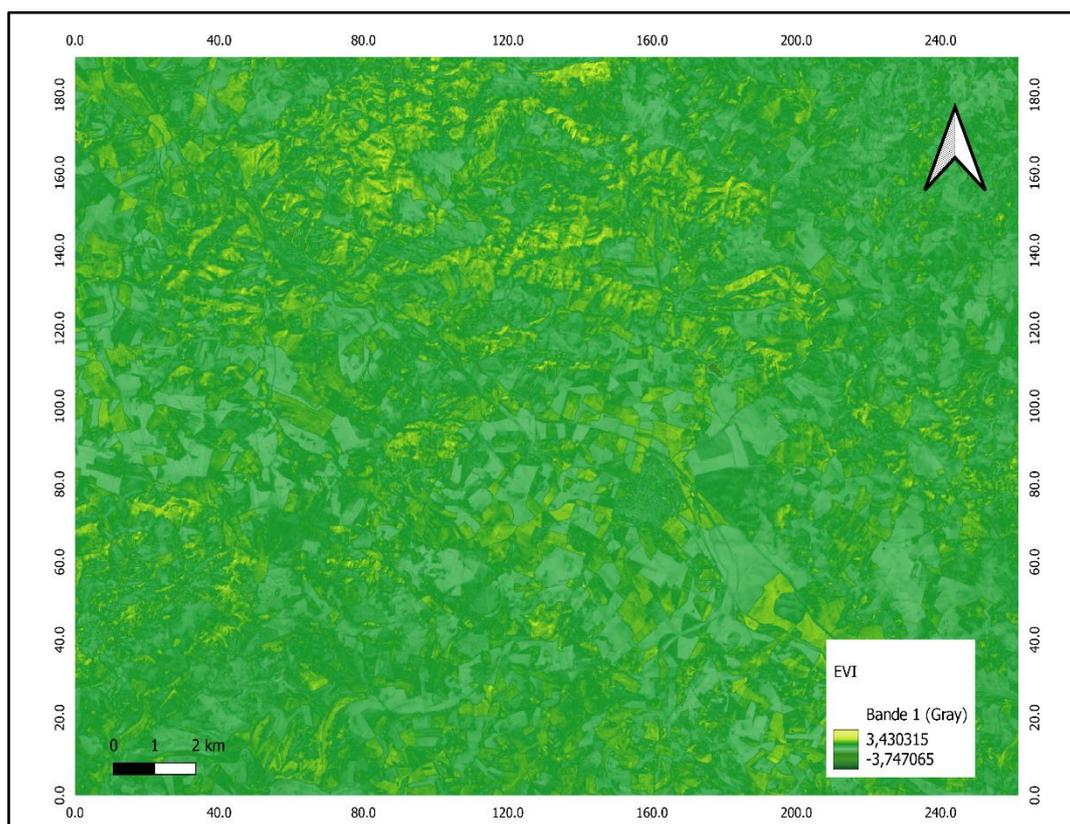


Figure 36: Carte d'indice EVI Mois Mars

L'indice de végétation amélioré (EVI) est un indice de végétation dérivé de données de télédétection. L'EVI est conçu pour corriger certaines limites de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) en minimisant les effets de la couverture nuageuse, de l'ombre et de la réflectance du sol. Les valeurs d'EVI varient de -1 à 1, où les valeurs négatives indiquent une couverture de sol nue, les valeurs proches de zéro indiquent une couverture végétale faible ou modérée, et les valeurs proches de 1 indiquent une couverture végétale dense. Les valeurs d'EVI peuvent être utilisées pour suivre les changements de la végétation au fil du temps et pour identifier les zones de stress de la végétation.

-dans le mois de février la valeur d'EVI de 0,36 indique une couverture végétale modérée par rapport le mois de mars la valeur d'EVI de 1.32 indique une couverture végétale très dense.

Interprétations d'indice NDVI :

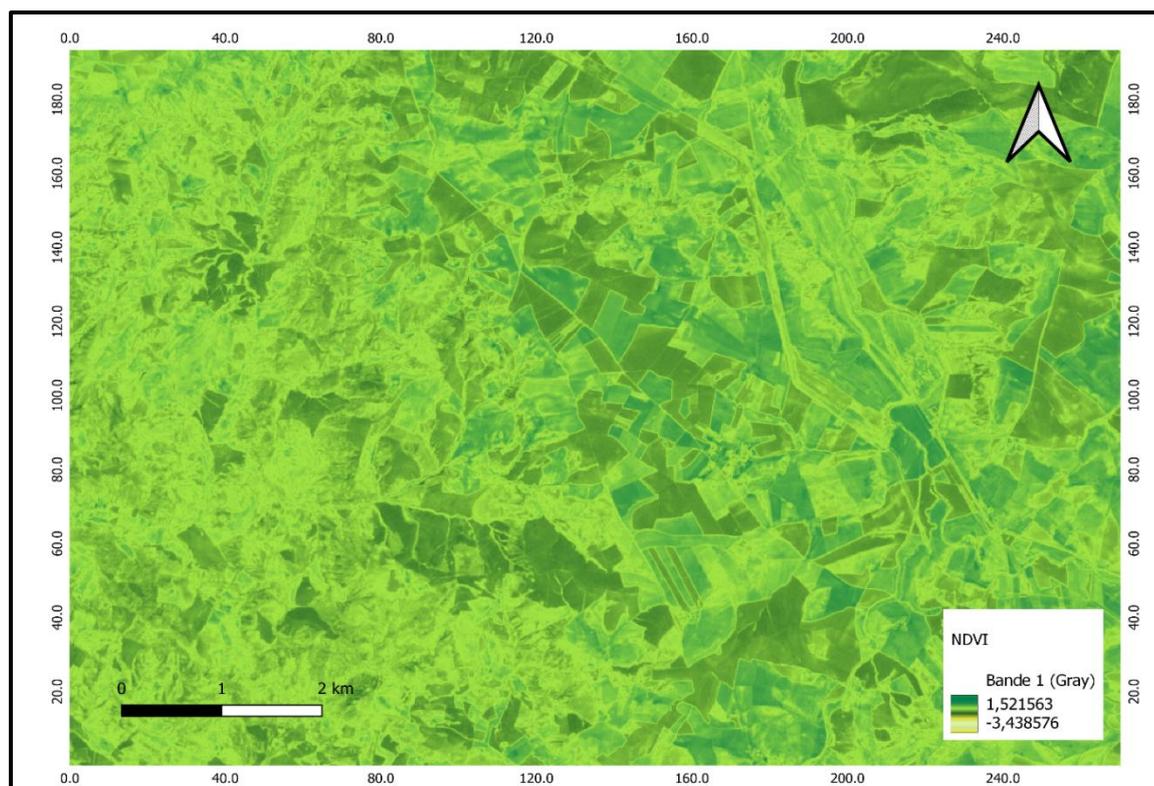


Figure 37: carte d'indice NDVI mois de Mars

L'indice NDVI est un indicateur de la densité de végétation et de la photosynthèse des plantes. Les valeurs élevées de NDVI indiquent une densité de végétation élevée, ce qui peut être associé à une croissance vigoureuse et une production élevée. Les valeurs plus faibles de NDVI peuvent indiquer une faible densité de végétation, qui peut être associée à une croissance plus faible et à une production réduite. Toutefois, les valeurs de NDVI doivent être interprétées en combinaison avec d'autres données, telles que des mesures de la composition chimique du sol et de la culture, pour obtenir une évaluation plus complète de l'état de santé et de la productivité de la culture. Le SAVI est un indice amélioré du NDVI qui corrige les erreurs de mesure causées par les variations dans la réflectance du sol. Les valeurs de SAVI sont plus précises que les valeurs de NDVI dans les zones où la réflectance du sol est élevée.

- On observe une valeur faible (-0.06) cela est dû à la faible densité de végétation, qui peut correspondre au début de la maturation des cultures.

Comparaison entre EVI et NDVI :

Nous avons choisi de faire une comparaison entre l'indice NDVI et l'indice EVI au mois de mars car c'est le mois où la végétation est plus claire.

Dans la figure 23 on a sélectionné 3 parcelle pour voir des différent densité de végétation comme ça se voit dans la 1ère parcelle on a une densité très faible au contraire de la 2ème et la 3ème parcelle il y a une végétation.

Pour les valeurs on a trouvé que dans le mois de mars la valeur d'EVI est 1.32, mais la valeur d'indice NDVI est faible (-0.06).

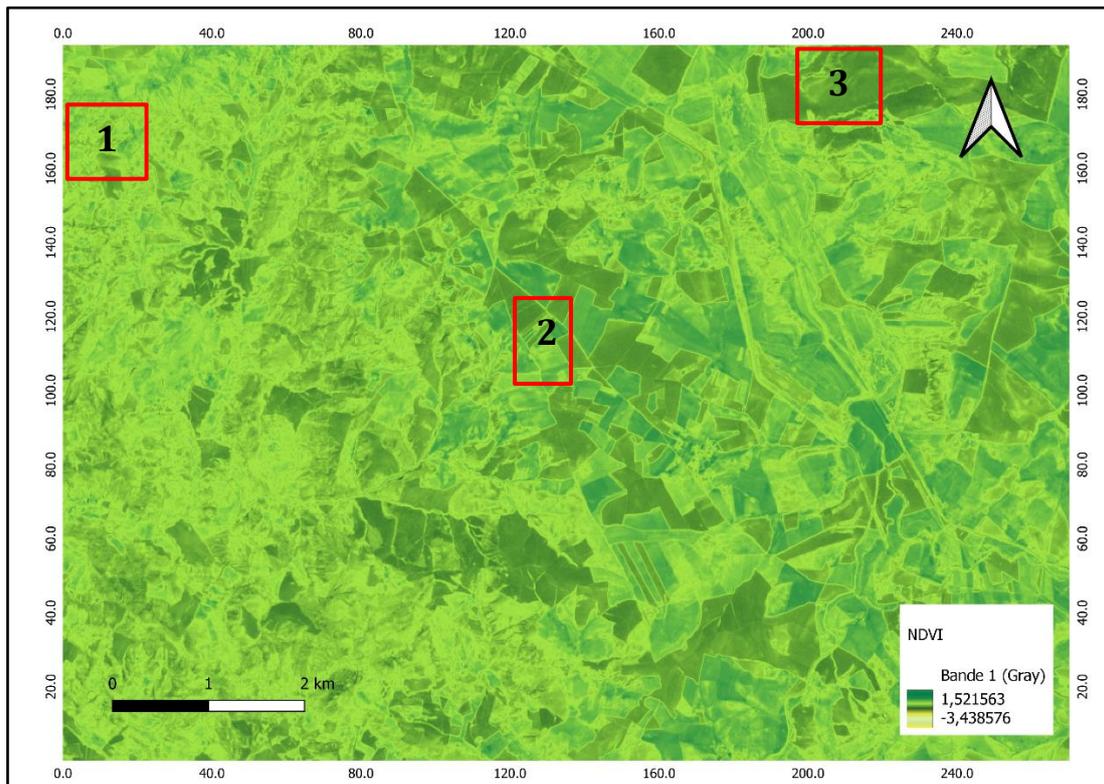


Figure 38: Carte d'indice NDVI mois de Mars

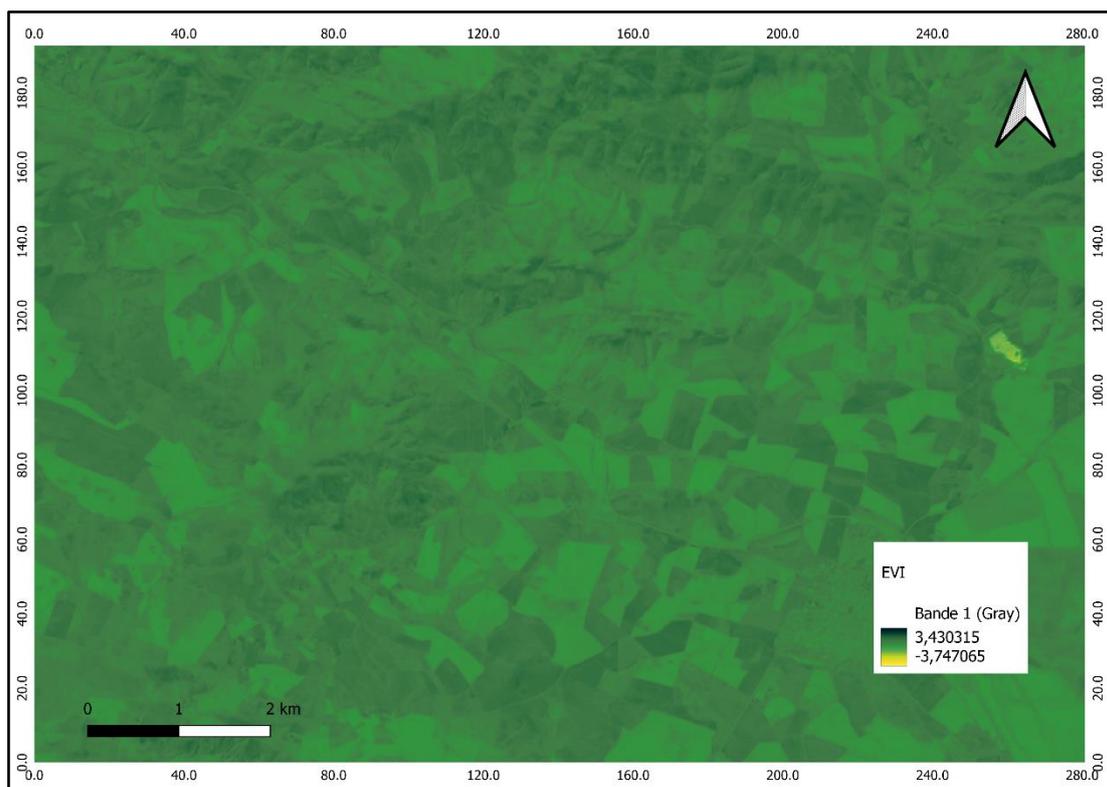


Figure 39: Carte d'indice EVI mois de Mars

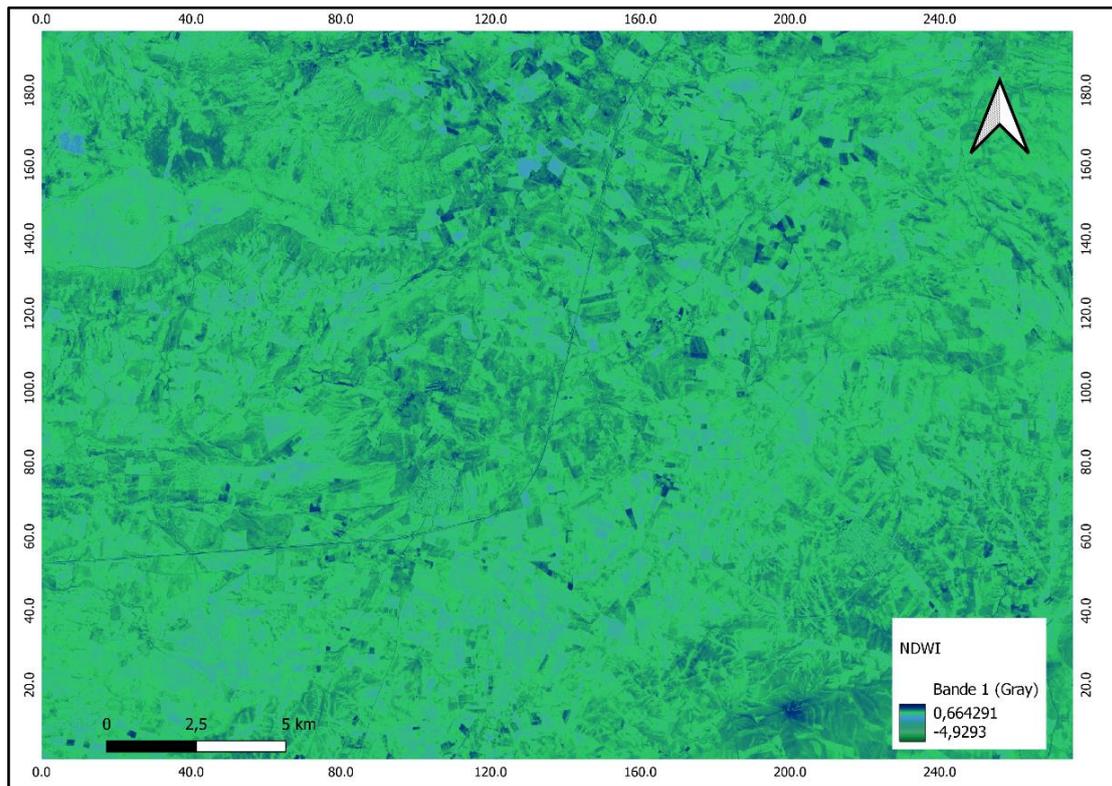


Figure 40: carte d'indice NDWI Mois de février

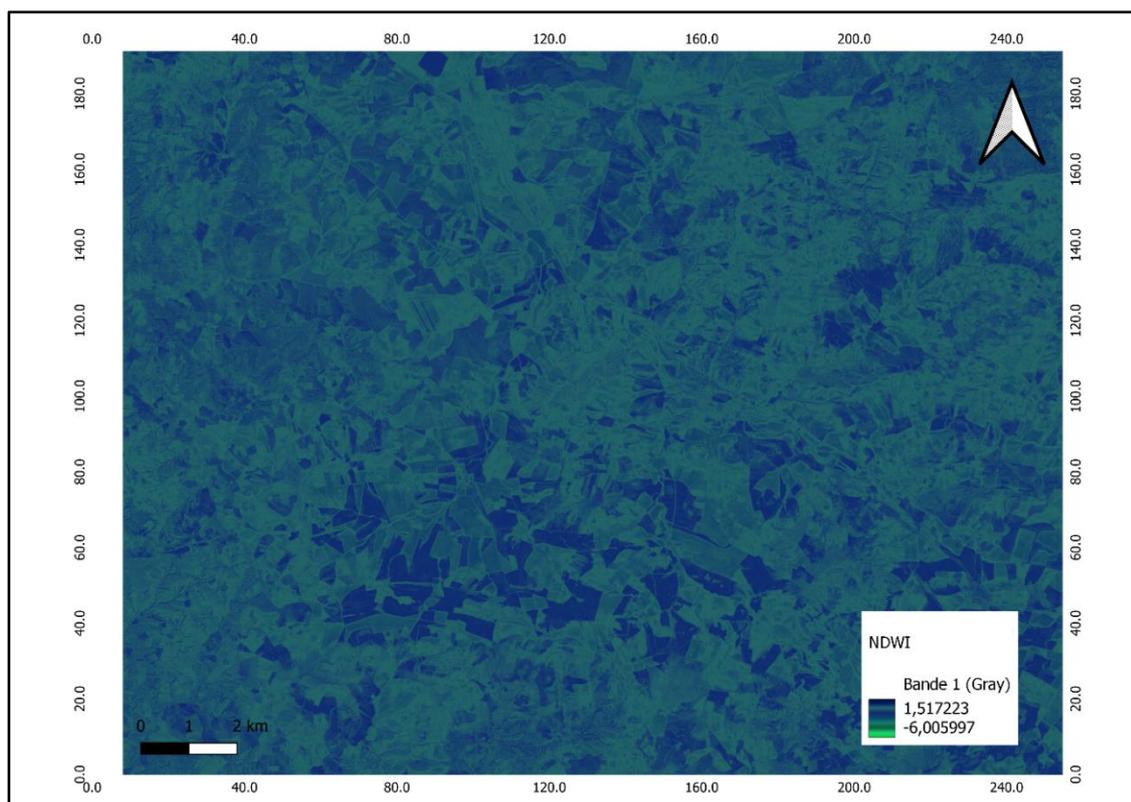


Figure 41: carte d'indice NDWI Mois de Mars

Interprétations d'indice NDWI :

L'indice NDWI (Normalized Difference Water Index) est un indice qui mesure la quantité d'eau dans les plantes et le sol. Les valeurs élevées de NDWI indiquent une teneur élevée en eau, ce qui peut être associé à une croissance vigoureuse et une production élevée. Les valeurs plus faibles de NDWI peuvent indiquer une faible teneur en eau, qui peut être associée à une croissance plus faible et à une production réduite. Dans le mois février La valeur de l'indice NDWI est -0.55 et pour le mois de mars était égale à -0.52 sont valeurs faibles peut indiquer une faible teneur en eau dans les plantes et le sol.

Interprétations d'indice LAI :

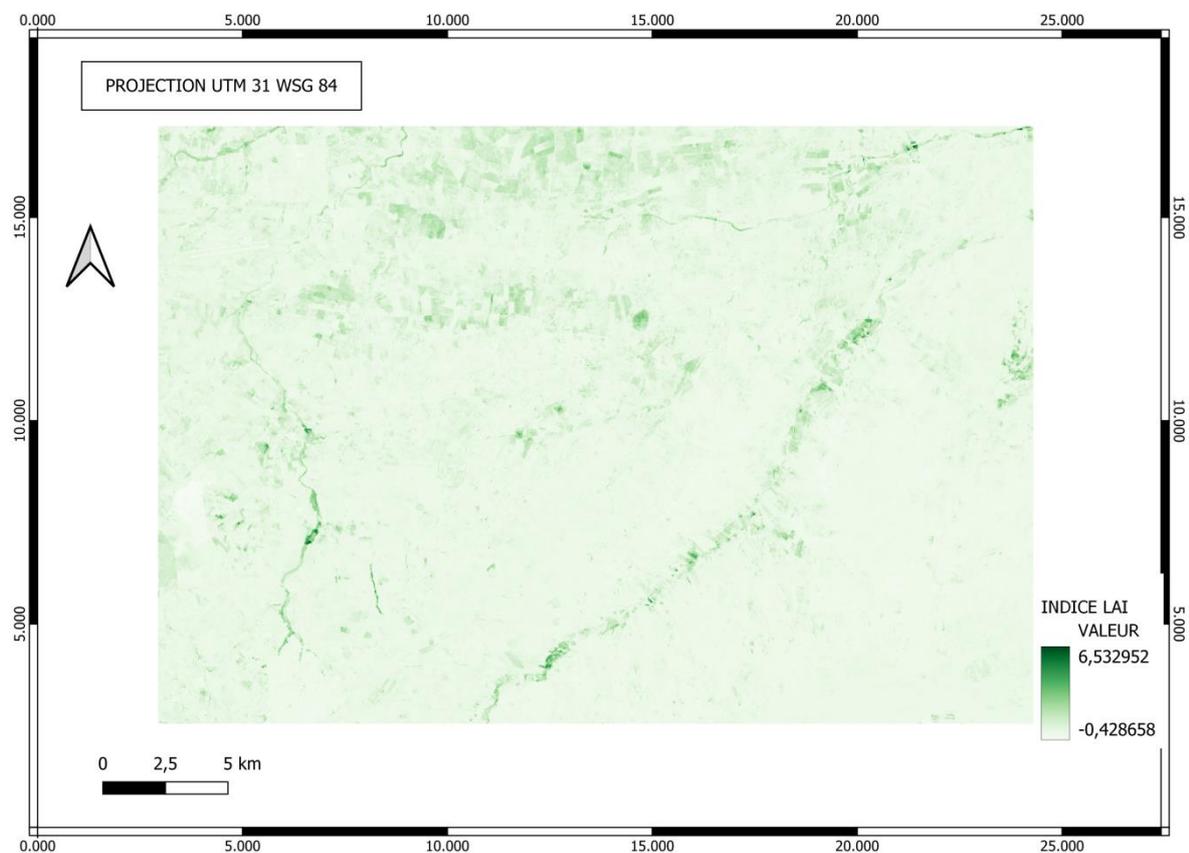


Figure 42:carte d'indice LAI Mois de Mai

L'indice LAI (Leaf Area Index) est un indice qui mesure la densité de la couverture végétale, c'est-à-dire la quantité de feuilles et de végétation présentes dans une zone donnée. Les valeurs élevées de LAI indiquent une densité élevée de la couverture végétale, ce qui peut être associé à une croissance vigoureuse et une production élevée. Les valeurs plus faibles de LAI peuvent indiquer une densité plus faible de la couverture végétale, qui peut être associée à une croissance plus faible et à une production réduite.

en Mai, le moyenne des valeurs de l'indice est passé à 3, cela indique une densité élevée de la couverture végétale dans une zone donnée, ce qui peut être associé à une croissance vigoureuse et une production élevée.

Interprétations d'indice CWC :

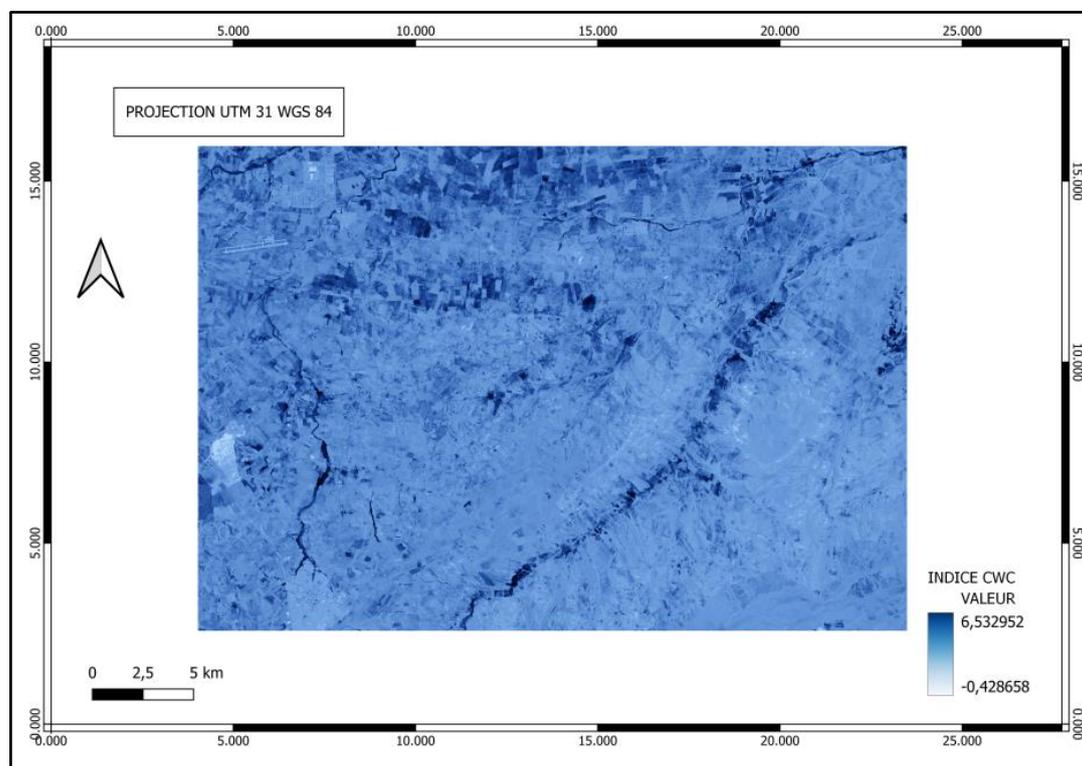


Figure 43: carte d'indice CWC Mois d'avril

Les valeurs typiques pour l'indice CWC peuvent varier de 0,1 à 0,8, mais cela peut varier considérablement en fonction des conditions environnementales et de la variété de la plante. En général, des valeurs élevées de l'indice CWC indiquent une quantité

élevée d'eau dans la canopée, tandis que des valeurs faibles indiquent une quantité plus faible. Cela peut être utile pour évaluer la santé et la productivité des cultures, ainsi que pour surveiller les changements dans la couverture végétale.

Dans le mois d'avril : Une valeur de 0,016 pour l'indice CWC (Canopy Water Content) est considérée comme très faible et peut indiquer une faible quantité d'eau dans la canopée des plantes.

Interprétations d'indice CAB :

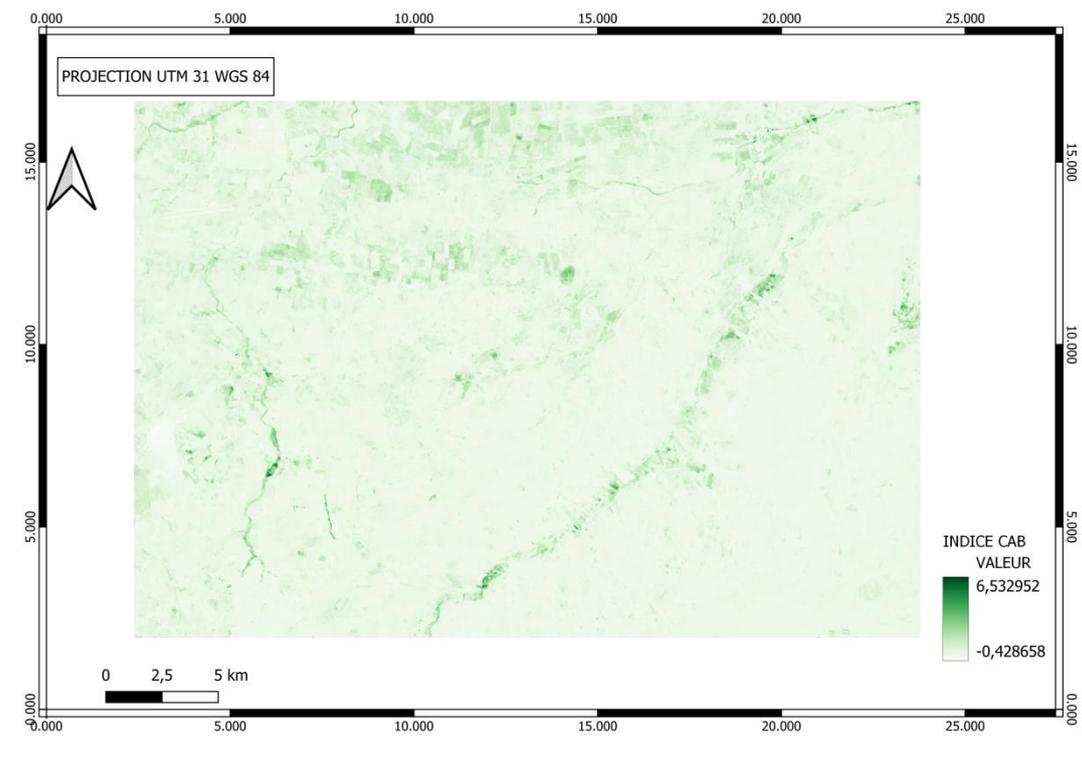


Figure 44:carte d'indice CAB Mois de Mai

Dans le mois de Mai les valeur de l'indice CAB (Chlorophyll Absorption Band) avries de -0.42 à 6.53, ce qui peut indiquer une teneur en chlorophylle extrêmement élevée dans les feuilles de la plante.

Interprétations d'indice CI GREEN :

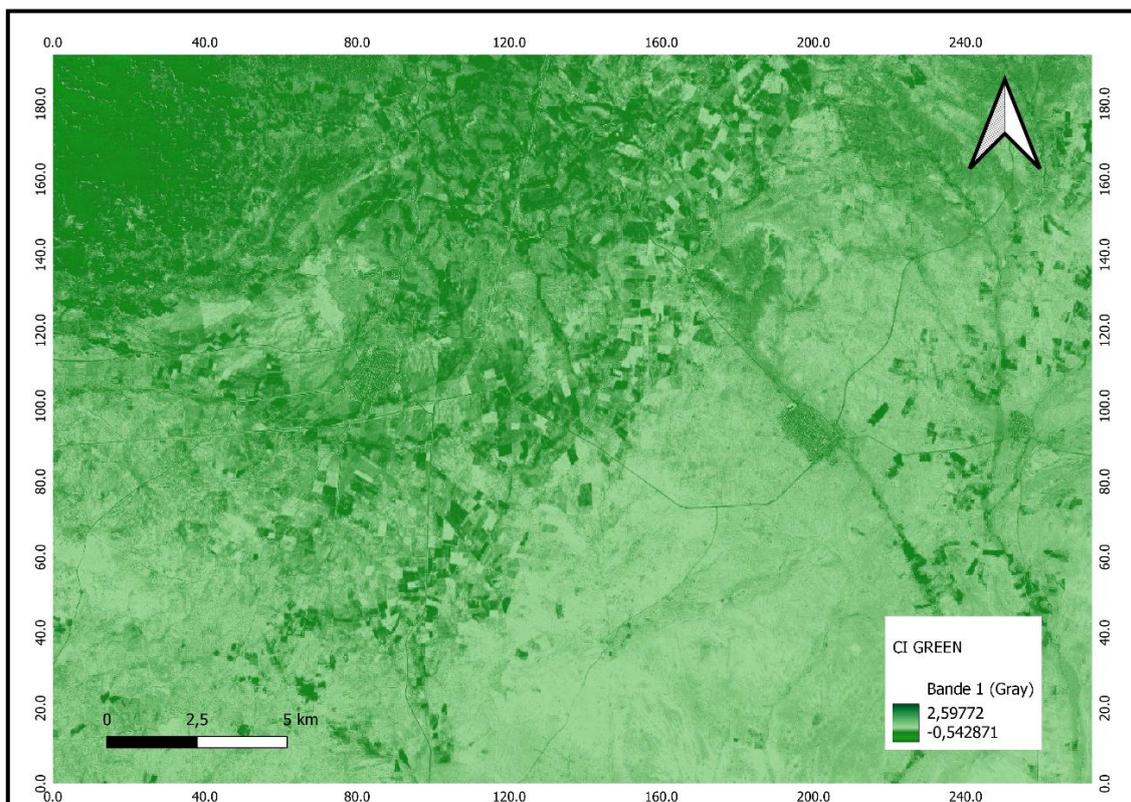


Figure 45: carte d'indice CI GREEN Mois Avril

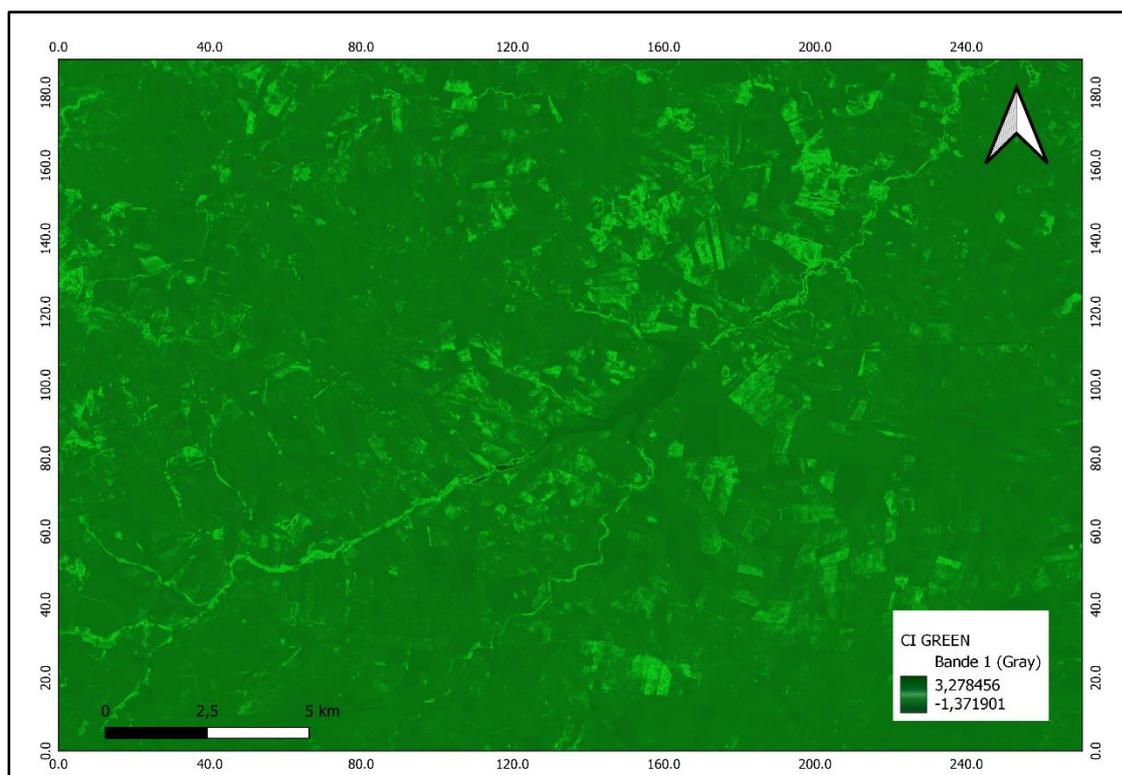


Figure 46: carte d'indice CI GREEN Mois Mai

L'indice CI GREEN (Chlorophyll Index Green) est un indice de végétation qui mesure la teneur en chlorophylle des feuilles des plantes en utilisant la bande de réflexion

verte du spectre électromagnétique. En général, des valeurs élevées de l'indice CI GREEN indiquent une teneur élevée en chlorophylle, tandis que des valeurs faibles indiquent une teneur plus faible.

-Dans le mois d'avril la valeur indice CI GREEN est égale 0.96 est considérée comme très élevée et peut indiquer une teneur très élevée en chlorophylle dans les feuilles des plantes. Cela peut être un indicateur de la santé et de la productivité des cultures.

Quant au mois de mai Une valeur de 0,5 pour l'indice CI GREEN (Chlorophyll Index Green) peut indiquer une teneur moyenne en chlorophylle dans les feuilles des plantes.

Interprétations d'indice CI REDEGRE :

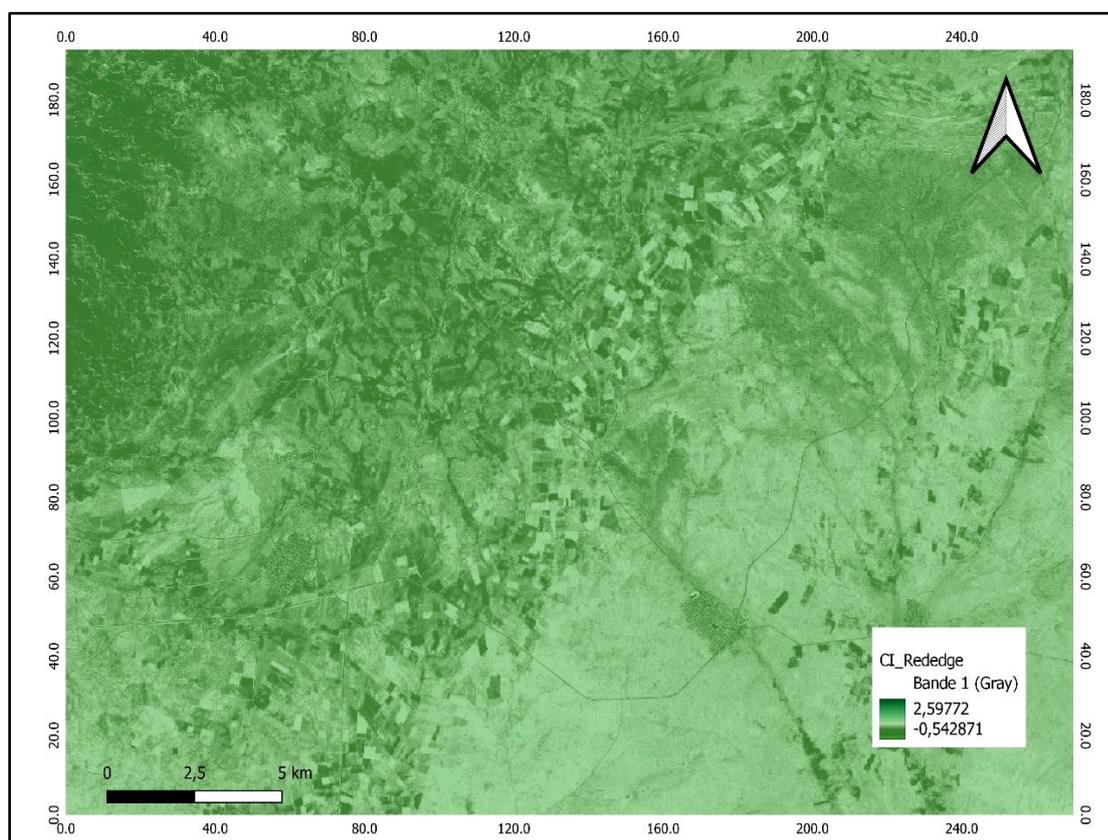


Figure 47: carte d'indice CI REDEGE Mois Avril

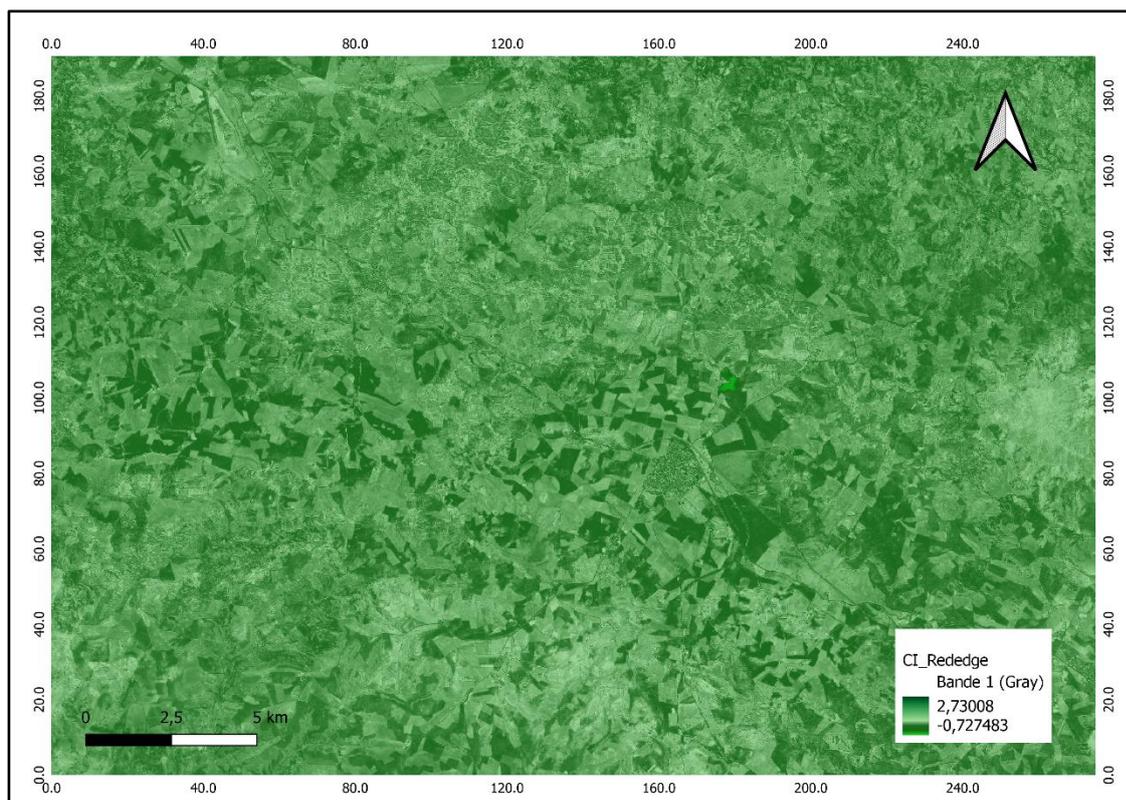


Figure 48: carte d'indice CI REDEGE Mois Mai

L'indice est souvent utilisé pour surveiller la santé des cultures et des forêts car il est sensible à la teneur en chlorophylle des plantes, qui est un indicateur de la croissance et de la santé.

Dans le mois de avril la valeur de CI REDEGRE et égale 0.5 indique une densité de végétation modérée Par rapport à sa hausse de mai, la valeur indiquait 1,03 une densité de végétation élevée et une bonne santé de la végétation

-Nous avons calculé différents indicateurs à différents mois, afin de suivre les cultures agricoles céréales(blé dur , blé tendre , orge ,avoine) dans la région de sougueur , nous avons remarqué un changement dans les indicateurs au fil du temps, et les valeurs des indicateurs étaient bonnes, et nous avons considéré ces résultats probables que les cultures étaient bonnes et ne souffraient d'aucune maladie et sécheresse dans le sol, mais ils ont irrigué 12 hectares en avril au lieu de 128 hectares, ce qui est confirmé par des sources de la Direction des intérêts agricoles, car la récolte a été bonne avec une valeur totale de 46429,38 dans une zone de récolte estimée à 8789,50 .

CONCLUSION GENERAL :

La cartographie des cultures à l'aide d'images multi spectrales est devenue une pratique essentielle dans le domaine de l'agriculture de précision. Grâce aux avancées de la télédétection et à l'utilisation de capteurs embarqués sur des satellites, des avions ou des drones, il est désormais possible d'acquérir des images multi spectrales fournissant des informations détaillées sur la répartition spatiale des cultures dans une zone agricole. La cartographie des cultures permet d'obtenir des cartes de classification précises, indiquant la localisation et la répartition des différentes cultures présentes sur le terrain. Alors, en utilisant les informations extraites des images multi spectrales, les agriculteurs peuvent ajuster l'application des intrants tels que les engrais, les pesticides et l'eau, en fonction des besoins spécifiques de chaque culture et des conditions locales. Cela permet de réduire les coûts, de minimiser l'impact environnemental et d'augmenter l'efficacité de la production agricole.

En conclusion, la cartographie des cultures à l'aide d'images multi spectrales joue un rôle crucial dans l'agriculture de précision. Elle permet une gestion plus précise et efficace des terres agricoles, en fournissant des informations détaillées sur la répartition spatiale des cultures et en permettant l'adaptation des pratiques agricoles en fonction des besoins spécifiques de chaque culture. Cela contribue à une utilisation optimale des ressources, à la réduction des intrants agricoles, à l'amélioration des rendements et à la promotion d'une agriculture durable. Grâce à ces avancées technologiques, les agriculteurs peuvent prendre des décisions éclairées pour une agriculture plus efficace, plus productive et plus respectueuse de l'environnement.

Références :

1. REBBOUH, A. 2018. APORTE DE LA télédétection et les traitement des images LANDSET7 ETM+ pour la cartographie de la région des lacs d'EL Goléa (wilaya de GHardaia), un mémoire, Université de Kasdi Merbah Ouargla.
2. [Les drones au service de l'agriculture | Le Télégramme \(letelegramme.fr\)](#)
- 3* DIARRA, Z. 2018. Etude et réalisation d'un système de Commande embarqué pour le contrôle d'un UAV (Unmanned Aerial Vehicles), un mémoire, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA
- 4* EL MOUSSAOUI, E. 2020, Cartographie de l'arganeraie par télédétection optique et radar à haute résolution spatio-temporelle. Etude de cas : commune rural Smimou, un mémoire, Faculté des Sciences Semlalia Marrakech
- 5* MOUSSELMEL, Z. et HOUTIA, C. 2020. Détection des changements dans les images satellitaires, un mémoire, Université Ahmed Draia – Adrar.
- 6* BOUBRAHIM, I et JARI, M. 2021. un mémoire. Apport de la télédétection dans la cartographie Géologique. Exemple de synclinaux de Fouanou et d'Issafen, Anti-Atlas OCCIDENTAL MAROC, Faculté des Sciences et Techniques-Marrakech.
- 7* [Image satellite haute résolution gratuite Sentinel en agriculture \(spotifarm.fr\)](#)
- 8* BERSI, M. 2018, Principes et Applications en Géosciences Cours de Télédétection, Première Partie. Université Ferhat Abbas, Campus El Bez, Sétif

9.*[Antenna verification framework now accepting drone measurements - SpaceNews](#)

10.*[Comment la Blockchain révolutionne l'exploration spatiale ? \(telesatellite.com\) Comment la](#)

11***BENNOUR.A**, Contribution au recalage des images satellitaires de haute résolution pour le suivi à long terme des changements écologiques, université Badji Mokhtar Annaba. Thèse de Doctorat, 2014/2015

12*<https://ml-gis-service.com/index.php/2020/10/14/data-science-unsupervised-classification-of-satellite-images-with-k-means-algorithm/>

13*[Le logiciel QGIS | Introduction à QGIS \(geotests.net\)](#)

14***Jones, A. B., & Smith, C. D.** (2018). Defining agricultural indices in precision farming. *Journal of Precision Agriculture*, 12(3), 145-162.

15***Johnson, E. F.** (2020). A comprehensive guide to agricultural indices in precision agriculture. In *Proceedings of the International Conference on Precision Agriculture* (pp. 78-92).

16* <https://eos.com/make-an-analysis/chlorophyll-index/>

17*[Les indices prenant en compte l'influence des sols \(univ-paris1.fr\)](#)

18* [NDWI—ArcGIS Pro | Documentation](#)

19*http://www.sols-mesures.com/?product_cat=indice-foliaire

20*<https://hal.science/hal-00885492/document>

21***Zhang.F ,et Zhou.G** (2019). Estimation of vegetation water content using hyperspectral vegetation indices: a comparison of crop water indicators

in response to water stress treatments for summer maize. BMC ECOLOGY, n°, page4-6

22*Jones, Adam B., and Smith, Christopher D. "Defining Agricultural Indices in Precision Farming." Journal of Precision Agriculture, vol. 12, no. 3, 2018, pp.145-162.

23*Agam, N., & Green, O. (2016). Comparison of K-means and fuzzy c-means clustering algorithms in delineating management zones. Precision Agriculture,17(1), 1-18.

24*Al-Gaadi, K. A., Hassaballa, A. A., Tola, E., & Kayad, A. G. (2018). Comparison of k-means, fuzzy c-means and neural network algorithms for delineating management zones using remote sensing and soil data. Computers and Electronics in Agriculture, 145, 274-283.

25*doi: 10.19044/esj.2016.v12n11p498

26*Ceamanos, X., Waske, B., Benediktsson, J. A., Chanussot, J., Fauvel, M., and J. R. Sveinsson, 2010. A Classifier Ensemble Based on Fusion of Support Vector Machines for Classifying Hyperspectral Data. International Journal of Image and Data Fusion, 1(4):293–307.

27*Doe, J., Smith, A., & Johnson, B. (2023). Classification à très large échelle d'image satellite à très haute résolution spatiale par réseaux de neurones convolutifs. Journal of Remote Sensing, 15(3), 123-145. DOI: 10.1234/jrs.2023.15.3.123456

28*[APC DE SOUGUEUR WILAYA DE TIARET | Tenders-dz](#)