



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

N° d'ordre :
N° de série :

Université de Ghardaïa

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

**Par : Kesbi Brahim
Kouzrit Yacine**

Thème

**Cartographie du palmier dattier
(*Phoenix dactylifera L.*) par télédétection spatiale
dans le système oasien d'Oued M'Zab
(Wilaya de Ghardaïa)**

Soutenu publiquement le : / / 2021

Devant le jury :

M^{me}.BENHEDID H.	MAA	Univ. Ghardaïa	Président
M. KRAIMAT Mohamed.	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M^{me}.GUESSOUM H.	MAB	Univ. Ghardaïa	Examinatrice

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

L'écriture de ces remerciements est l'occasion de mettre le point final à ces trois derniers mois dédiés à la réalisation de ces travaux, mais surtout d'exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui ont permis l'aboutissement de ces travaux.

Ainsi, nos premiers remerciements sont destinés à Dieu grand et le puissant, de nous avoir donné la chance et le courage et de nous avoir guidés pour l'accomplissement de ces travaux.

Nos deuxièmes remerciements sont adressés à l'encadreur de ces travaux, monsieur KRAIMAT Mohamed, merci de nous avoir laissés l'opportunité de mener à bien ces travaux dans un environnement à la fois riche et paisible. Votre soutien, et votre encadrement, ont rendu cette expérience très enrichissante.

Nous sommes aussi reconnaissants envers monsieur CHEDDAD Abdelouahab qui nous a aidés à accomplir ses travaux et qui a suivi avec intérêt nos avancées.

Par ailleurs, nous remercîâmes l'ensemble des membres de nos jurys pour leurs intérêts portés à ces travaux.

La réalisation du travail de mémoire est aussi est une grande aventure pour notre vies: merci à tous les amis et aux collègues du département SNV. Votre présence a permis de fêter les réussites, mais aussi d'adoucir les périodes plus défavorables.

Nous allons conclure en exprimant toutes nos gratitude à nos familles, en particulier à nos parents. Merci pour l'encouragement, votre enthousiasme et surtout votre soutien dans l'ensemble de nos choix universitaire, mais aussi personnels. Votre bienveillance et votre optimisme a grandement contribué à l'accomplissement et la réussite de ces travaux.

Nous comptent encore sur vous pour les prochaines aventures.

Dédicace

*Je dédie ce travail de soutenance à : Mes chers parents,
ma femme et mes enfants Nassim et Aïcha , mes frères,
sans oublier les amies. Brahim K*

*Je dédie ce travail de soutenance à : Mes chers parents,
ma femme, mes frères. Yacine.K*

Résumé

Cartographie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) par télédétection spatiale dans le système oasien d'Oued M'Zab (Wilaya de Ghardaïa)

L'objectif principal de notre étude était la découverte des changements de l'occupation de la végétation, en utilisant des images satellitaires LANDSAT dans le système oasien de la vallée M'Zab, wilaya de Ghardaïa entre deux dates bien espacées dans le temps, via des méthodes de classification supervisée, de post-classification et de détection des changements statistiques et de l'NDVI. En effet, les précisions globales résultantes sont de l'ordre 52 % et 74.37 % pour les images en 1999 et 2021. Les images sont acquises en 1999 et en 2021 par les capteurs des satellites LANDSAT 7 ETM + et 8 OLI, ont été attribuées dix classes représentant les composantes terrestres et qui sont: le palmier dattier, verger (arboriculture), culture herbacée (maraîchère), végétation naturelle, zone urbaine, zone industrielle, oued, daya (dépression) et chebka.

Tous les résultats indiquent une évolution spatiotemporelle de l'occupation de la végétation dans la région d'étude et sur une période plus de 20 ans, donc on a deux cartes d'occupation de la végétation dans deux dates différentes avec un tableau récapitulatif de changements, même on a pu savoir les facteurs et leur type, qui affectent notre zone.

Mots clés: Vallée M'Zab, LANDSAT, Traitement, NDVI, Télédétection, Palmier dattier.

Abstract

The main objective of our studies was the discovery of changes in the occupation of vegetation, using LANDSAT satellites images in the oasis system of the M'Zab valley, wilaya of Ghardaia between two dates, well spaced in time. Via methods of supervised classification, post-classification and detection of statistical changes and NDVI calculating. The resulting overall accuracies are 52% and 74.37 % for images in 1999 and 2021. Images are acquired in 1999 and in 2021 by the sensors of the satellites LANDSAT 7 ETM + and 8 OLI, have been allocated ten classes representing the terrestrial components which are: the date palm, orchard (arboriculture) and herbaceous culture (market garden), natural vegetation, the urban zone, oued, and daya (depression), also chebka.

The results indicate a spatiotemporal evolution of the occupation in the study region over a period of more than 20 years, so we have two different vegetations occupations maps with a summary table of changes, even knowing the factors and their type, which affect our area.

Keywords : M'Zab valley, LANDSAT, Processing, NDVI, Remote sensing, Date palm.

ملخص

الهدف الرئيسي من دراستنا هو اكتشاف التغيرات في الغطاء النباتي للأرض، باستخدام صور القمر الصناعي لاندسات في نظام الواحات بوادي مزاب لولاية غرداية بين تاريخين متباعدين ب فارق كبير في الوقت، من خلال التصنيف المراقب و ما بعد التصنيف، و من خلال طرق الكشف عن التغيرات الإحصائية و باستعمال مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي. حيث أنه قد بلغت الدقة الإجمالية الناتجة 52 % و 74.37 % للصور في عامي 1999 و 2021. و تم الحصول على هاته الصور بواسطة مستشعرات الأقمار الصناعية لاندسات +7 ETM و 8 OLI، أين تم تخصيصها في عشر فئات تمثل مكونات غطاء الأرض التالية: نخيل التمر، البستان (التشجير)، الزراعات العشبية، الغطاء النباتي الطبيعي، المنطقة الحضرية، المنطقة الصناعية، الواد، الضراية (المنخفض) والشبكة. تشير النتائج إلى تطور زمني و مكاني في منطقة الدراسة على مدى أكثر من 20 عامًا، لذلك لدينا خريطتان مختلفتان للغطاء النباتي و جدول موجز للتغيرات، حتى أنه استطعنا معرفة العوامل ونوعها، التي تؤثر على المنطقة.

كلمات مفتاحيه : سهل مزاب، لاندسات، معالجة، NDVI، الاستشعار عن بعد، نخيل التمر.

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	Page
01	Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2007-2016, TUTIEMPO, 2016)	05
02	Caractéristiques des images spatiales de quelques satellites	13
03	Caractéristiques des satellites LANDSAT 7(ETM+) et LANDSAT 8(OLI)	17
04	Informations utiles sur les images satellitaires à traitées	20
05	Différentes combinaisons utilisées en fausses couleurs et leurs utilités par LANDSAT 7 ETM + (Source : Laghouag, 2011)	29
06	Différentes combinaisons utilisées en fausses couleurs et leurs utilités par LANDSAT 8 OLI (Source : ESRI)	29
07	Nombre de combinaisons possible	30
08	Classes de l'occupation du sol par la vegetation	34
09	Classes de la carte et leurs couleurs pour la classification supervisée	37
10	Vérification de la séparabilité entre les classes	42
11	Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l'image 1999 (pixels)	46
12	Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l'image 1999 (pourcentage)	47
13	Table de faible et forte confusion pour l'image de la vallée 1999	48
14	Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l'image 2021(Pixels)	49
15	Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l'image 2021 (pourcentage)	50
16	Table de faible et forte confusion pour l'image de la vallée 2021	50
17	Statistique de l'indice «NDVI» de l'image de la vallée 1999	53
18	Statistique de l'indice «NDVI» de l'image de la vallée 2021	54
19	Récapitulatif de l'indice «NDVI»	54
20	Résultat de tranche de densité (densty silice) de l'image 1999	57
21	Résultat de tranche de densité (densty silice) de l'image 2021	57
22	Répartition spatiale des classes de l'image 1999	58
23	Répartition spatiale des classes de l'image 2021	59
24	Changements détectés	61

Listes des figures

N° Figure	Titre	Page
01	Présentation les limites administratives des dairas de la Wilaya de Ghardaïa	03
02	Localisation d'Oued M'Zab - (Vue de Google EARTH, 2021)	07
03	Coupe géologique simplifiée de la region du Ghardaia à Zelfana(HAKIMI-DEDJELL, 2019)	08
04	Schéma général de fonctionnement (Francisco et al... 2013)	12
05	Limites de la vallée du M'Zab (Image LANDSAT 8 OLI/2021)	16
06	Interface du logiciel ENVI (version 5.3)	18
07	Images de la région d'étude, résolution spatiale 30x30m (Source USGS)	19
08	Images après l'application de l'outil Radiometric Calibration	21
09	Images après l'application de l'outil Dark subtraction	22
10	Images après l'application de l'outil Quick Atmospheric Correction	23
11	Images après l'application de l'outil Region of Interest (ROIs)	24
12	Images après le découpage par l'outil Subset Data from ROIs	24
13	Différences entre image satellitaire du LANDSAT 7 ETM+ et LANNDSAT 8 OLI (NASA, LANDSAT, 2015)	25
14	Synthèse additive et la synthèse soustractive	26
15	Statistiques de base de l'image en 1999	27
16	Statistiques de base pour l'image en 2021	28
17	Schéma d'intégration des données dans la classification supervisée avec un maximum de vraisemblance et calcule l'indice de végétation «NDVI»	31
18	Schéma de la composition colorée infrarouge pour l'image LANDSAT 8	32
19	Images après l'application de la composition colorée par l'outil Change RGB Bands	33
20	Interface de UTM Geo Map	34
21	Présentation des points de supervision pat ARCGIS V.10.3	35
22	Influence de la résolution des capteurs sur « pureté » des pixels (source : J-P Cherel 2010)	36
23	Profil spectrale pour les images LANDAST (1999-2021)	41
24	Sortie des images par la classification supervisées	44
25	Effet de l'agrégation de la classification	45
26	Indice de végétation «NDVI» sur l'image de la vallée 1999	52
27	Indice de végétation «NDVI» sur l'image de la vallée 2021	52
28	Histogramme «NDVI» 1999	53
29	Histogramme «NDVI» 2021	54
30	Plage de graduant de tranche des valeurs de l'indice de végétation (image 1999)	55
31	Plage de graduant de tranche des valeurs de l'indice de végétation (image 2021)	55
32	Image NDVI (image 1999 et image 2021)	56
33	Répartition spatiale des surfaces de l'image 1999	60
34	Répartition spatiale des surfaces de l'image 2021	60

Liste des abréviations

ENVI : ENvironment for Visualizing Images.

ETM + : Enhanced Thematic Mapper plus

MSS : Multi Spectral Scanner

NDVI : Normalised Difference Vegetation Index

OLI : Operational Land Image

ROIs : Region Of Interests

TIRS : Thermal Infrared Sensor

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : Présentation de la région d'étude	
Présentation de la région d'étude	3
I.1. Situation géographique	3
I.2. Caractéristiques climatiques	4
I.2.1. Climat.....	4
I.2.2. Température	4
I.2.3. Précipitations.....	4
I.2.4. Evaporation	5
I.2.5. Vents	5
I.2.6. Humidité de l'air	6
I.2.7. Insolation.....	6
I.2.8. Hydrographie	7
I.3. Géologie.....	7
I.4. Pédologie.....	8
I.5. Géomorphologie.....	8
I.6. Couverte végétale.....	9
Chapitre II : Matériels & Méthodes	
Matériels et méthodes.....	11
II.1. Matériels	11
II.1.1 Acquisition des images satellites	11
II.1.2. Critères de sélection (évolution).....	12
II.1.3. Zone d'étude	15
II.1.4. Capteurs LANDSAT.....	17
II.1.5. Logiciels utilisés	18
II.2. Méthodes.....	19
II.2.1. Prétraitements	19
II.2.2. Traitements	24
II.2.3. Post-traitement.....	37
II.2.4. Détection de changement par calcul de l'indice de végétation «NDVI».....	39
Chapitre III : Résultats & Discussion	
III.1. Analyse des images satellitaires	41
III.2. Classification supervisée	43
III.2.1. Résultat de la classification	43
III.2.2. Agrégation de la classification	44

<u>III.2.3.</u> Résultat d'examen de la classification	46
<u>III.2.4.</u> Indice «NDVI» calculé.....	51
<u>III.3.</u> Détection des changements	58
Conclusion générale	65
Références bibliographiques	66
Annexe 1	70
Annexe 2 :	76

Introduction

INTRODUCTION

Le système oasien de la vallée du M'Zab connaît des changements remarquables surtout dans les premières années du troisième millième, les facteurs agissant sur ces changements sont soit naturelles ou anthropiques, donc leurs effets sont affectés immédiatement l'occupation de la végétation. Le contrôle et la surveillance puis l'analyse constitue l'objectif de ce travail.

Dans les pays en développement, les possibilités d'application de la télédétection sont les plus nombreuses parce que les ressources naturelles sont mal connues, et que les cartes disponibles souvent anciennes ou inexistantes, ne reflètent pas les changements d'occupation de sol (Bonn et *al.*, 1992). Les données de la télédétection sont des sources primaires largement utilisées pour la détection des changements dans les dernières décennies (Lu et *al.*, 2004)

Notre travail est de décrire les entités constituant la surface terrestre de la vallée et ces limitations dans l'espace, puis de savoir le volume des changements survenus, et leur analyse afin d'extraire de nouvelles informations. Via l'utilisation des images satellitaires, après avoir traitées à travers plusieurs étapes de traitement numérique sous le logiciel envi la version 5.3. Le travail couvre une surface importante et diversifiée, il met en surbrillance la nouvelle occupation de la végétation avec des entités tel que l'urbaine, la zone industriel.

La réalisation de cette étude est basée sur des outils soit logiciels ou matériels, via l'application des nouvelles technologies et l'exploitation des services offertes par la télédétection avec une amélioration de la qualité des données produites, afin d'aboutir l'objet de l'étude souligné au début. Surtout que l'analyse et la mise en œuvre des données numériques, nécessite par fois des gens compétents ayant certaines qualités comme la maîtrise de l'outil informatique, la connaissance des lieux d'étude, et la volonté de réaliser un travail fiable et modeste selon les moyens disponibles.

Un certain nombre des systèmes qui s'appellent systèmes d'informations géographiques sont conçu pour ce type de travail, parfois sont qualifier par des traitements avancées pour l'observation des images satellitaires, voir même suggérer des solutions pour les problèmes écologiques ou environnementaux.

Pour atteindre l'objectif de la cartographie du palmier dattier dans le système oasien de la vallée M'Zab, nous avons partager notre présent travail en trois chapitres avec une bonne illustration des images, des graphes et des statistiques concernant les analyses et les statistiques faites au longs de ce travail :

- ❖ Le premier chapitre donne une brève présentation de la région d'étude, il décrit sa localisation, les caractéristiques climatiques (climat, température, précipitations, l'évaporation, vents ...), et géologie, pédologie, géomorphologie, couverture végétale.
- ❖ Le deuxième chapitre, nommé «Matériel et Méthodes», donne une présentation sur la science et les différentes techniques, matériels, logiciels, avec les critères de sélection des informations offertes par les systèmes de télédétection, les traitements (prétraitement, traitements, post-traitements), avec un indice qui permet la détection des changements qui s'appelle, l'indice de végétation «NDVI».
- ❖ Le troisième chapitre intitulé «Résultats et discussion», présente toutes les résultats obtenues de ce travail (statistiques, graphiques, cartographiques), les observations et les discussions effectuées, sans oublier des réflexions pour préserver le système oasien.

CHAPITRE I

Présentation de la région d'étude

Présentation de la région d'étude

Ce travail s'articule sur l'utilisation des outils informatiques en géographie (télédétection, et systèmes d'informations géographiques), en vue d'analyser les changements spatiaux et temporels en milieu oasien et urbain. Il a pour contexte d'étude la cartographie dans le système oasien de la vallée du M'Zab.

Ghardaïa, porte de désert vers le sud d'Alger, connaît une croissance urbaine importante, et de ce fait, présente des zones d'extension urbaines privilégiées.

I.1. Situation géographique

La wilaya de Ghardaïa, se situe à environ 600 km au sud de la capitale d'Alger, au centre de la partie du Sahara. Elle se trouve à une altitude moyenne à 480 m, à 32°30' de latitude Nord, et 3°45' de longitude Est (Kebili, 2019).

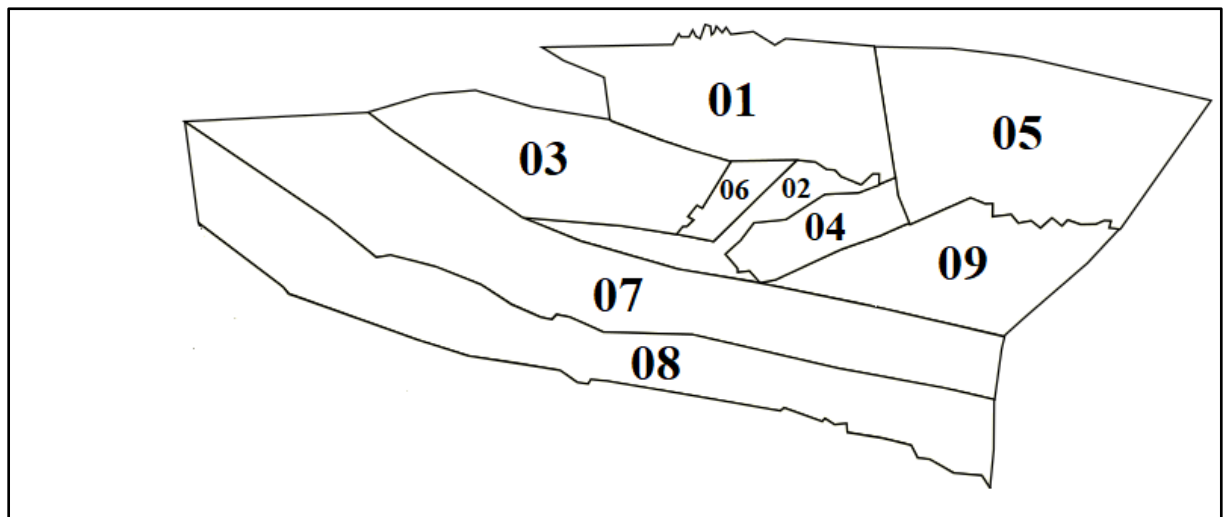


Figure 01 : Présentation des limites administratives des daïras de la Wilaya de Ghardaïa

Selon la loi n°19-12 du 11 décembre 2019, le nouveau découpage administratif permet de soustraire trois communes (Hassilefhal, Hassi el-gara, El-Menia) de la wilaya de Ghardaïa, donc elles font partie de la wilaya de EL-Menia, donc la wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 31 060 km², elle est limitée par:

- la Wilaya de Laghouat, Au Nord (200km) ;
- la Wilaya de Djelfa, Au Nord Est (300km) ;
- la Wilaya d'Ouargla, A l'Est (200km) ;

- la Wilaya de El-Menia, Au Sud (280km) ;
- la Wilaya d'El-Bayad, A l'Ouest (350km) ;

Donc la wilaya de Ghardaïa compte 09 daïras et 10 commune, les communes sont: Ghardaïa, Berriane, Bounoura, Metlili, Daïa ben dahoua, Guerrara, Zelfana, Sebseb, El-Atteuf, El-Mansoura.

I.2. Caractéristiques climatiques

I.2.1. Climat

Le caractère fondamental du climat de Ghardaïa est saharien aride (KEBILI, 2019), il se caractérise par deux saisons (Chehma, 2011):

Une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre froide (d'octobre à mars). Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de températures.

I.2.2. Température

La température moyenne annuelle est de 22.2°C, avec 33.5°C en Juillet pour le mois plus chaud, et 16.4°C en Janvier pour le mois plus froid de l'année, une langue période estival (O.N.M, 2015).

Les températures moyennes enregistrées sont interprétées comme suit (O.N.M, 2015) :

- ✓ Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne de 6,8°C.
- ✓ Les mois les plus chauds sont les mois de Juillet et Août ; les moyennes de températures maximales environ des 41,49°C.

I.2.3. Précipitations

La wilaya de Ghardaïa est caractérisée par des précipitations très faibles et irrégulières, de sorte que la quantité de pluie varie entre 11 mm et 1 mm, et les précipitations annuelles totalisant environ 64 mm, et maximum de précipitation en Septembre, et le mois plus sec est le mois de Juillet (O.N.M, 2015).

Tableau 01: Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2007-2016, Tutiempo, 2016)

Mois	T min (C°)	T max (C°)	T Moy (C°)	H %	P (mm)	V.V m/s
Janvier	6,8	17,73	11,96	48,62	9,04	11,23
Février	7,83	18,85	13,2	40,48	2,82	13,08
Mars	10,84	22,75	16,83	35,18	8,61	14,17
Avril	15,13	27,99	21,77	31,09	5,51	13,4
Mai	19,36	32,6	26,3	26	2,92	13,98
Juin	24,21	37,83	31,38	23,52	3,12	13,72
Juillet	28,26	41,49	35,22	20,35	1,42	10,54
Août	27,78	40,56	34,17	23,74	2,74	10,86
Septembre	23,47	35,68	29,49	34,02	11,32	11,1
Octobre	17,94	29,41	23,55	40,59	10,99	10,74
Novembre	11,18	22,07	16,38	45,76	6,14	10,89
Décembre	7,3	17,57	11,11	51,42	4,72	10,97
Moyenne mensuelle	16,68	28,71	22,61	35,06	5,78	12,06
*Cumul annuel	-	-	-	-	75,13	-

H. Humidité relative **P.** Pluviométrie **E.** Evaporation **I.** Insolation
V.V. vitesse de vent **T.** Température moyenne *Cumul annuelle

I.2.4. Evaporation

L'évaporation se définit par l'épaisseur, exprimée en millimètre, de la couche d'eau évaporée dans l'unité du temps que l'on considère : jours, mois, année.

C'est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'air et l'agitation de cet air (Chehema, 2005).

On remarque que la température maximale (Tabl. 01) qui est 41,49 C° et la vitesse du vent qui égale 10,54 m/s, avec une valeur minimale de précipitation à 1,42 mm est tous relationnel pour un apport d'évaporation pointu et grand, dont le taux d'humidité minimale soit égal 20,35 %.

I.2.5. Vents

Le vent est un facteur climatique très important car il contribue à la pollinisation des plantes et à la propagation des genres. Le Sahara a des vents de sables qui exercent un effet nuisible sur les végétaux (Chalabi, 2008).

Les effets du vent sont partout sensibles et se traduisent par le transport et l'accumulation du sable, le façonnement des dunes, la corrosion et le polissage des roches et surtout l'accentuation de l'évaporation...etc (Chehema, 2005).

Les vitesses de vent sont presque limitées dans le Sahara, mais elle contribué à la transformation des surfaces vastes des terrains soit agricoles ou nus, car l'augmentation de l'évaporation qui se traduit par la diminution de l'humidité relative comme celle décrite (voir Tabl. 01). Surtout dans les mois chauds, par exemple au mois de juillet pour une vitesse de vent atteint 10,54 m/s donc l'humidité relative à une valeur minimale qui de 20,35 %. Avec une vitesse mensuelle moyenne du vent est de 12,06 m/s.

I.2.6. Humidité de l'air

L'humidité dans le Sahara est généralement inférieur de 20%. Comme cas exceptionnelle, en Sahara septentrional elle varie de 50 % à 60%, au maximum en janvier et 20% au minimum en juillet de chaque année (Chehema, 2005).

Les facteurs naturels qui agissent d'une façon précise sur l'humidité de l'aire, sont les températures qui variée entre 6,8 c° et 41,49 c° (Tabl. 01) et la vitesse du vent qui dépasse 14 m/s, donc les plantes ont une adaptation diversifiée (physiologique, morphologique, etc..) face au manque de l'eau dans l'aire.

I.2.7. Insolation

La quantité de la lumière dans le Sahara est forte car il y'a une faible nébulosité, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température, et la durée d'insolation est évidemment importante (environ 9 à 10 heures/ jour) (Chalabi, 2008). Les durées d'insolation varient assez notablement d'une année à l'autre et même suivant les périodes de l'année envisagée (Chehema, 2005).

Le facteur climatique le plus avantageux et sans certitude est l'insolation, qui offert des quantités importantes de l'énergie solaire, énergie indispensable à la croissance de la végétation, dont les basses températures les plantes ne peut se développer que peu. A partir du mois d'avril dont la température moyenne est de 21,77 c°, la végétation commence le développement donc des nouvelles feuilles et nouveaux bourgeons apparaissent sur les plantes et cela jusque l'arrivé de l'hiver dont les températures est au-dessous 12 c°, les plantes entrent dans l'hibernation.

I.2.8. Hydrographie

Les vallées de la wilaya de Ghardaïa forment un vaste réseau de cinq oueds principaux, qui sont: oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir.

Toutes ces vallées forment le bassin d'eau de Ghardaïa, et elles reçoivent l'eau des collines de l'ouest et de l'est, et leur écoulement sporadique, et ces vallées courent après de fortes pluies dans la région.

Dans des cas exceptionnel, les quantités énormes de d'eaux causent des conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'oued M'Zab et Metlili où chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations (A.N.R.H, 2007).



Figure 02 : Localisation d'Oued M'Zab - (Vue de Google EARTH, 2021)

La largeur de cette vallée varie entre 1 à 2.5 km et sa profondeur est environ de 50 mètres. Sa surface totale est de 4000 ha, approvisionner les oasis en eau, voir (Fig. 02).

Les aquifères captés dans oued Mzab sont classés par leurs profondeurs à (Bensaha, 2011) :

- Les eaux de la nappe phréatique dans les alluvions des oueds;
- Les eaux de la nappe profonde qui consiste ressource en eau de la région;

I.3. Géologie

La région du Mzab fait partie du domaine de la plateforme Saharienne qui constitue l'ensemble du domaine situé au sud de l'Algérie. Cette dernière comprend un socle

précambrien et une puissante couverture phanérozoïque. Le domaine situé juste au sud de l'Accident sud-atlasique a subi une subsidence lors de l'orogénèse alpine et de ce fait a reçu d'importants sédiments d'âge tertiaire (Mio-Pliocène) dont l'épaisseur doit dépasser les 200 mètres (Fig. 03) (HAKIMI-DEDJELL, 2019)

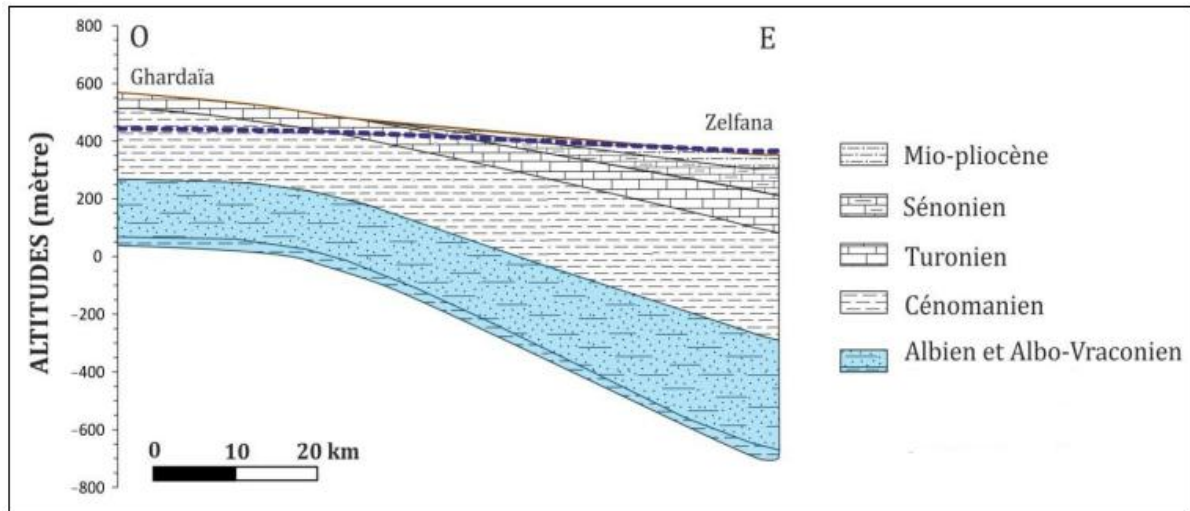


Figure 03 : Coupe géologique simplifiée de la région du Ghardaïa à Zelfana (Hakimi, 2019)

I.4. Pédologie

La région du Ghardaïa est caractérisé par des sols peu évolués, meubles; profonds peu salés, sablo-lumineux (KADA *et al.*, 1974). Le sol de la région, possède une texture assez consistante qui permet un drainage naturel suffisant, alors que les bordures des oueds paraissent pauvres et sont formés de débris calcaire-siliceux ou argilo-siliceux. (ABONNEAU, 1983)

I.5. Géomorphologie

Dans la région de Ghardaïa, on distingue trois types de formation géomorphologiques (D.P.A.T, 2005) :

- La Chebka du M'Zab;
- La région des dayas;
- La région des Ergs, massifs de dunes;

I.6. Couverte végétale

Le Sahara est le plus grand des déserts couvrant près de huit millions de km², mais également le plus expressif et typique par son extrême aridité. C'est à dire celui dans lequel les conditions désertiques atteignent leurs plus grandes âpretés. Le tapis végétal est discontinu et très irrégulier. Les plantes utilisent surtout les emplacements où le ravitaillement en eau se trouve un peu moins défavorable qu'ailleurs (Ozenda, 1983).

La flore saharienne apparaît comme très pauvre si l'on compare, le petit nombre des espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre. Les caractères physiologiques de la végétation désertique révèlent une réduction très nette du tapis végétal. On compte environ 300 espèces pour 150.000 km² sur la marge Nord du Sahara et 400 espèces sur sa marge Sud (Demangeot, 1981).

La flore du Sahara septentrional est relativement homogène, et sa proximité à la Méditerranée fait de cette région l'une des plus riches du désert. L'endémicité y est élevée en raison des vastes étendues inhabitables du nord du Sahara. On Compte 162 espèces endémiques. (Chehama, 2005)

La wilaya de Ghardaïa est une zone active car l'agriculture (phoeniculture) comptée parmi les secteurs dominants avec le commerce, le tourisme et l'artisanat et l'industrie.

Au Sahara, la culture dominante est le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), l'Oasis est avant tout une palmeraie, entre ces palmiers dattiers on trouve les arbres fruitiers et les cultures maraichères. (Ozenda, 1983).

La palmeraie est partagée en deux parties : une partie productive et une résidentielle. La palmeraie productive est un espace végétalisé où est pratiquée l'agriculture étagée (des palmiers, des arbres fruitiers, du blé...). Occupant environ la moitié de la palmeraie, elle constitue la partie la plus exposée à l'urbanisation (au mitage) du fait de sa mitoyenneté avec le Ksar de Ghardaïa. Quant à la partie résidentielle occasionnelle (El Ghaba), elle se trouve au-delà de la palmeraie productrice et se caractérise par la présence des résidences d'été entourée de jardins (IMEN et al., 2018).

Le palmier dattier *Phoenix dactylifera L.*, provient du mot "*Phoenix* " qui signifie dattier chez les phéniciens, et dactylifera dérive du terme grec "*dactulos* " signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit (Djerbi, 1994).

La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (Deglet Nour), 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (Degla Beida et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (Ghars et analogues). Actuellement, la palmeraie algérienne est constituée de plus de 11 millions de palmiers répartis à travers 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Le palmier dattier se trouve également dans d'autres wilayas situées dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara que l'on considère par rapport aux palmeraies sahariennes, de « marginales » (Buelguedj, 2007).

En dehors des palmeraies on peut rencontrer des peuplements floristiques constituant un cas particulier important dans cette zone subdésertique, citant *Aristida pungens*, *Retama retam*, *Calligonum comosum.*, *Ephedra allata.*, *Urginea noctiflora*, *Erodium glaucophyllum*, *Haloxylons coparium.*, *Astragales gombo*, *Caparis spinosa*, *Zilla macroptera*, *Pistachia atlantica*, *Zyziphus lotus*, *Tamarix articulata*, *Populus euphratica* .(Ozenda, 1983)

A partir des années 1950, la vallée du M'Zab a commencé à connaître une forte urbanisation due à l'accroissement de la population d'un côté et à l'installation des nouveaux habitants de l'autre. La population de l'agglomération de Ghardaïa est passée de 50 000 habitants en 1966 à 140 000 en 2008. Spatialement, la partie située entre les ksour de Ghardaïa, Melika et Beni Isguen a été consommée entre 1950 et 1980. Mais c'est après 1980 que la pentapole a subi ses plus importantes extensions. En effet, la promotion administrative de Ghardaïa au rang de chef-lieu de wilaya en 1985 a accéléré cette cadence (Imen et *al.*, 2018)

CHAPITRE II

Matériels

&

Méthodes

Matériels et méthodes

Depuis 1966 on se réfère à la définition que l'ACI (Association Cartographique Internationale) qui définit la cartographie comme l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration des cartes et autres modes d'expression, ainsi que leur utilisation (Abdedou, 2002)

La télédétection satellitaire, par les aspects nouveaux qu'elle apporte (vue synoptique, répétitive), apparait comme l'un des moyens les plus adaptés pour étudier et suivre ces processus, il reste cependant à préciser les paramètres permettant de caractériser ces processus et parmi ces paramètres, ceux qui sont observables et mesurables par la télédétection satellitaire avec les précisions appropriées (Abdellaoui, 1996).

Quelques tentatives ont été faites sur la cartographie par télédétection pour de multitude domaine, le récent travail est parmi ces tentative qui s'appui sur la détection des changements à l'échelle locale au niveau du système oasien de la vallée du M'Zab sur une période allant du 30/11/1999 au 08/04/2021.

II.1. Matériels

L'observation de la terre depuis l'espace est principalement dans l'espoir d'améliorer la prévision météorologique et la cartographie classique, ces dernières sont débutées il y a environ 50 ans grâce aux avancements technologiques sur les quelles l'homme a pu réaliser des projets et en exploitant des données spatiales gigantesques à son profit.

II.1.1 Acquisition des images satellites

L'acquisition d'information à distance implique l'existence d'un flux d'informations entre l'objet observé et le capteur. Le porteur de cette information est un rayonnement électromagnétique, ce qui peut être émis par l'objet ou venir d'un autre organisme (le soleil) et avoir été réfléchi par celui-ci. Tous les corps (planètes, êtres vivants, objets inanimés) émettent un rayonnement électromagnétique, la quantité et le type de rayonnement émis dépendent largement de la température (Fransisco *et al.*, 2013)(Fig. 04).

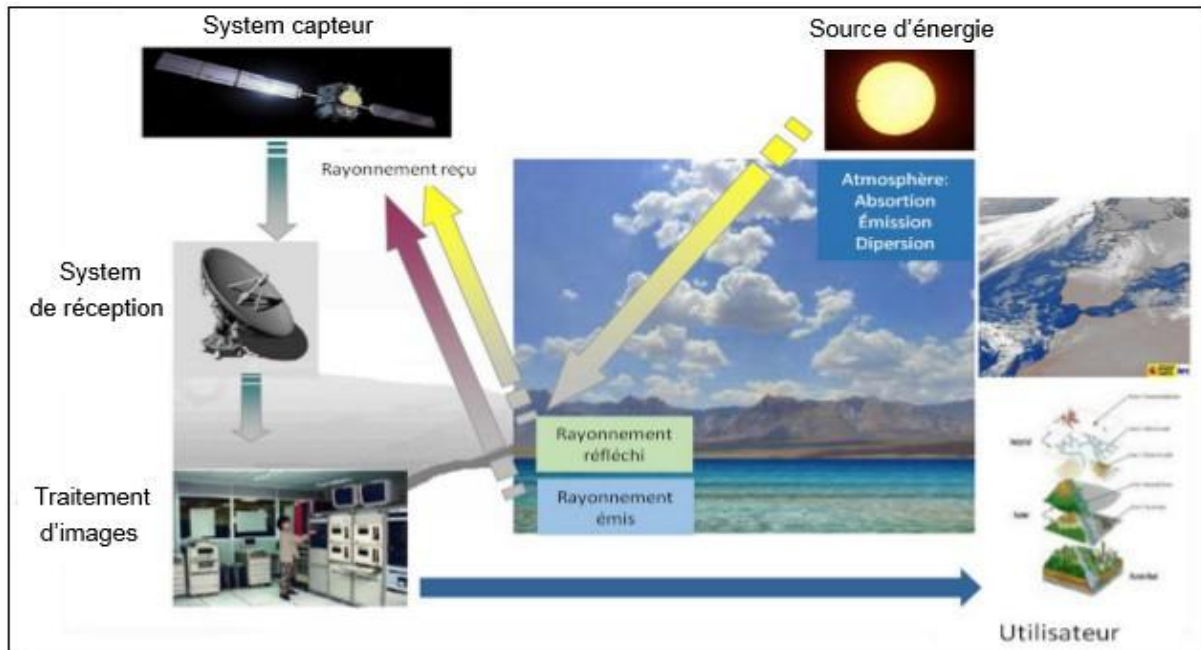


Figure 04 : Schéma général de fonctionnement (Francisco *et al.*, 2013)

II.1.2. Critères de sélection (évolution)

Préalablement au choix d'une image, quelques précautions élémentaires doivent être prises (M.T.E.S.F, 2018):

- Avoir formulé le besoin de manière suffisamment précise pour qu'il puisse être décrit techniquement. Pour ce faire, il est possible de se faire accompagner par une assistance à la maîtrise d'ouvrage.
- Avoir étudié les solutions existantes: faire un inventaire des solutions ayant pu être développées antérieurement sur le même sujet, examiner les expériences décrites (M.T.E.S.F, 2018).

II.1.2.1. Critères techniques

➤ Niveau de la résolution spatiale

Entre une image en basse résolution spatiale (1 pixel = 1 km²) et une image en très haute résolution (1 pixel < 1 m²), le choix dépend de la taille minimale des objets à identifier et de l'échelle de production cartographique visée. A titre indicatif, une image haute résolution à 15 m sera idéale pour une production au 1 : 60 000 (ex. carte touristique à l'échelle d'un parc naturel régional). Une image très haute résolution à 50 cm sera utilisée pour une échelle recherchée au 1 : 2 000 (ex. carte des activités autour d'une base de loisirs). Il est à noter que cette résolution spatiale diffère suivant les bandes spectrales qui constituent l'image « brute » (M.T.E.S.F, 2018).

➤ **Bandes spectrales**

Chaque objet ayant sa propre réflexion, les bandes spectrales du visible (bleu, vert, rouge) seront largement utilisées pour visualiser la présence de l'eau, celles du proche infrarouge pour cartographier la végétation, celles de l'infrarouge moyen pour étudier la composition des sols. Certains satellites optiques ont 5 longueurs d'ondes, d'autres en ont jusqu'à 25 (13 bandes spectrales pour Sentinel-2). Les satellites radar n'enregistrent eux que les images sur une seule bande (P, L, S, C ou X), (M.T.E.S.F, 2018).

➤ **Fréquence d'acquisition**

La fréquence de passage au-dessus d'une même zone (également appelée capacité de revisite ou répétitivité) varie d'un satellite à l'autre. Quand certains satellites ont une fréquence d'acquisition de 24 h entre deux images d'une même zone (ex. Pléiades), d'autres mettent plusieurs jours (ex. 5 jours. pour Sentinel-2). En cas de crise, il est primordial de pouvoir accéder à des images au jour le jour (même heure par heure). Pour des suivis annualisés (ex. évolution des surfaces agricoles, etc.), la fréquence d'acquisition n'est pas un critère de choix essentiel (M.T.E.S.F, 2018).

Tableau 02: Caractéristiques des images spatiales de quelques satellites

Satellites	Agence	Année de lancement	Type de capteur	Fauchée	Résolution spatiale (m)	Bandes spectrales	Fréquence d'acquisition
PLÉIADES 1 et 2	CNES (Centre national d'études spatiales)	2011-2012	Optique	20 km	PA ¹ : 0,7 (rééchantillonné à 0,5) / MS ² : 2,8	Visible et proche infrarouge	2 jours
SPOT 6 et 7	CNES (Centre national d'études spatiales)	2012 -2014	Optique	60 km	PA : 1,5 / MS : 6	Visible et proche infrarouge	1 à 3 jours
SENTINEL 1A et 1B	ESA (European Space Agency)	2014-2016	Radar	4 modes d'acquisition : > fauchée de 400 km / résolution de 20 x 40 m > fauchée de 250 km / résolution de 5 x 20 m > fauchée de 100 km / résolution de 5 x 5 m > fauchée de 80 km / résolution de 5 x 5 m		Bande C	3 jours (à l'équateur)
SENTINEL 2A et 2B	ESA (European Space Agency)	2015-2017	Optique	290 km	MS : 10, 20, 60	Visible et proche infrarouge (13 bandes)	5 jours
LANDSAT 8	UGSA (USAGeological Survey)/ NASA (National Aeronautics and Space Administration)	2013	Optique	180 km	PA : 15 / MS : 30	CA ³ , visible, proche et moyen infrarouge	16 jours

¹ PA : panchromatique

² MS : multi spectrale

³ CA : côtier / aérosol

➤ Images provenant de quels satellites

Avec plus de 300 satellites d'Observation de la Terre en orbite, difficile de savoir lesquels mobiliser! Pour accéder facilement à des images gratuites ou à coût très compétitif (Les critères organisationnels, ci-après).

Pour aller plus loin, les recherches d'images peuvent être orientées vers d'autres satellites (M.T.E.S.F, 2018):

- Financés sur fonds européens et développés par l'ESA : Sentinel-3, Sentinel-4, Sentinel-5,

Sentinel-6, ENVISAT... (fiche sur Copernicus)

- Développés par des agences nationales étrangères : TERRASAR- X / TANDEM-X (German, Aerospace Center), COSMO-SKYMED (Agenzia Spaziale Italiana), RADARSAT2 (Canadian Space Agency)...
- Lancés par des compagnies privées : GeoEye, QuickBird, WorldView.

II.1.2.2. Critères organisationnels

➤ Coût d'acquisition

A l'ensemble de ces critères techniques s'ajoutent des critères plutôt « organisationnels », tels que le coût d'acquisition de l'image. Celui-ci dépend de plusieurs facteurs : la qualité du demandeur (institutionnels, privés...), la disponibilité de l'image (image d'archives ou image à programmer), le niveau de priorité de la demande (ex. demande d'acquisition urgente pour gérer une crise), etc. Les institutionnels français peuvent, par exemple, accéder à des images Pléiades à des coûts très modérés (M.T.E.S.F, 2018):

Images d'archives: 1, 40 € / km² pour une image non acquise – Gratuit si déjà acquise par un autre institutionnel.

Programmation d'une nouvelle image: 1, 80 € / km² pour une programmation standard – 2 € / km² pour une programmation prioritaire

Le critère « coût » est peu contraignant sur des images Pléiades, SPOT, Sentinel... mais peut le devenir si le parti est pris d'opter pour des images prises par des satellites commerciaux.

➤ **Complémentarité avec les autres données**

Pour la réalisation de produits cartographiques, les images satellitaires sont souvent couplées avec d'autres données : base de données de référence (BD Ortho, PCI vecteur...), relevés GNSS, images prises par drone, données issues de capteurs en mer... En fonction de la qualité de l'image obtenue en superposant ces différents types de données, le choix de l'image satellitaire peut évoluer (M.T.E.S.F, 2018).

II.1.2.3. Critères humains

➤ **Compétences en télédétection**

Avec des notions de télédétection, il est possible d'interpréter facilement les bandes panchromatiques (nuances de noir et blanc), notamment pour distinguer des bâtiments (en blanc) au milieu d'espaces verts (en gris plus ou moins foncé). L'étude des compositions colorées (basées sur les bandes bleu, vert et rouge) est également intuitive. En revanche, l'analyse d'images radar (ex. pour la détection de structures enfouies en archéologie) implique des compétences plus poussées en télédétection (M.T.E.S.F, 2018).

II.1.3. Zone d'étude

La vallée du M'Zab, d'une longueur de 25 km, se trouve dans un site désertique situé à 600 km au sud de la méditerranée. A l'instar des oasis sahariennes, la vallée du M'Zab, entité autarcique a toujours été partie intégrante d'un agro-système, reposant sur le triptyque eau/habitat/palmeraie (Côte, 2005)

La vallée a une longueur d'environ 20 km et une largeur variant de 400 m à 2 km, soit 4000 ha. La surface de l'ensemble des cinq ksour historiques (El Atteuf, Bounoura, Melika, Ghardaïa, Beni Izguen) totalise environ 67 hectares (CORPUS, 2001).

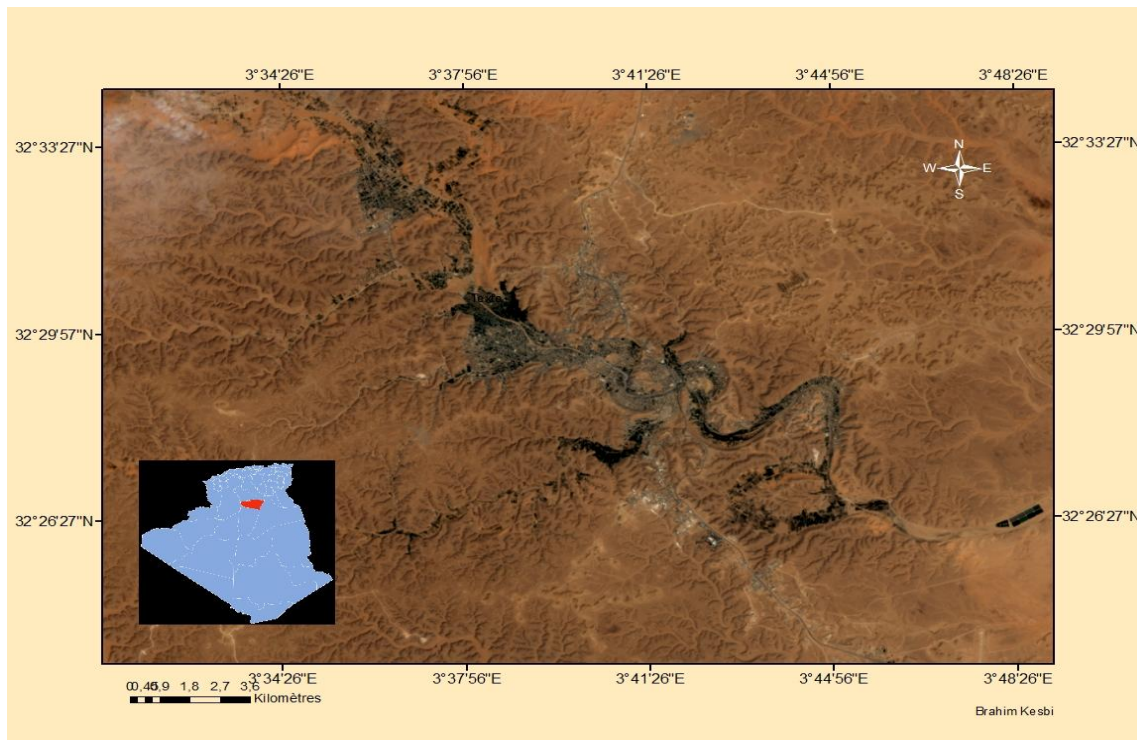


Figure 05 : Limites de la vallée du M'Zab (Image LANDSAT 8 OLI/2021)

Sous l'effet de la croissance démographique et des activités économiques et industrielles, la vallée du M'Zab a connu, depuis les années 70 un mouvement très fort et accéléré d'urbanisation. Il n'a fallu que très peu de temps pour voir l'espace entre les villes (les oasis) s'urbaniser et devenir une agglomération géante le long de la vallée (Benmamar *et al.*, 2016). La zone d'étude est présentée dans la Fig. 05.

- **Activités dans la vallée du M'Zab**

- La population pour l'ensemble des trois communes regroupées est estimée de 161 202 habitants (D.P.A.T, 2008). L'agriculture oasienne représente la principale activité de la vallée, dont le sol est occupé en trois modes de culture (Benkenzou *et al.*, 2007) :
 - Culture des palmeraies en premier lieu (phoenicultures) qui est recensée plus de 1 081 000 d'arbre palmier dattier, et une production de 29 300 tonnes;
 - Culture des arbres fruitiers sur une surface de 2 276 ha, avec une production de 10 150 tonnes ;
 - Culture maraîchère et fourragère en intercalaire occupe une surface de 4 093 ha, à une production de 31 400 tonnes.

Le système d'irrigation se fait par submersion traditionnelle (seguias), rare sont ceux pratiquant le mode d'aspersion et la goutte à goutte.

D'autres activités portant notamment sur le négoce, l'artisanat des tapis, ainsi que des petites et moyennes industries (verres, textiles, agro-alimentaire, cosmétique... etc.).

II.1.4. Capteurs LANDSAT

Les capteurs Landsat (TM, ETM+ et OLI) ont été choisis pour aboutir aux buts de ce projet.

Tableau 03: Caractéristiques des satellites LANDSAT 7(ETM+) et LANDSAT 8(OLI)

LANDSAT 7 (ETM+)			LANDSAT 8 (OLI)		
Bande	Longueur d'onde (µm)	Résolution (m)	Bande	Longueur d'onde (µm)	Résolution (m)
1 bleu	0,45-0,52	30	1 Aérosols	0,43-0,45	30
2 vert	0,52-0,60	30	2 Bleu	0,45-0,51	30
3 rouge	0,63-0,69	30	3 vert	0,53-0,59	30
4 PIR	0,77-0,90	30	4 rouge	0,64-0,67	30
5 MIR 1	1,55-1,75	30	5 PIR	0,85-0,88	30
6 MIR 2	2,09-2,35	30	6 MIR 1	1,57-1,65	30
7 Panchromatique	0,52-0,90	30	7 MI 2	2,11-2,29	30
			8 Panchromatique	0,50-0,68	15
			9 Cirrus	1,36-1,38	30
			11 MIR	11,50-12,50	100

En effet, ce capteur offre le plus long enregistrement gratuit et disponible qui permet d'étudier des phénomènes récurrents tels les périodes de retour des inondations. De plus, ses résolutions (spatiale, spectrale et temporelle) répondent aux exigences de la surveillance thématique et au changement des composantes terrestres (Chander, *et al.*, 2009). Le programme LANDSAT a commencé en juillet 1972, avec le lancement de la première plateforme LANDSAT-1. Grâce à l'avancement technologique et à la demande d'une meilleure qualité, d'autres plateformes ont été lancées (LANDSAT-2, 3, 4, 5, 6, 7, et LANDSAT-8). Sauf que, le lancement de LANDSAT-6 n'a pas été réussi en 1993. De plus, un problème technique dans le balayeur du capteur LANDSAT-7 (ETM+) a eu lieu le 31 mai 2003 et a causé des anomalies dans les images subséquentes. C'est pourquoi les images de LANDSAT-7 capturées après mai 2003 ont été éliminées de l'ensemble des images historiques.

Les résolutions spatiale et temporelle ont été améliorées dans les plateformes de LANDSAT-4 au LANDSAT-8: le cycle est devenu 16 jours au lieu de 18 jours et la résolution spatiale est devenue 30 mètres au lieu de 60 mètres après ré-échantillonnage (U.S.G.S 2018)

II.1.5. Logiciels utilisés

Pour traiter les images obtenues nous allons utiliser le logiciel ENVI (ENvironment for Visualizing Images), avec sa dernière version 5.3.

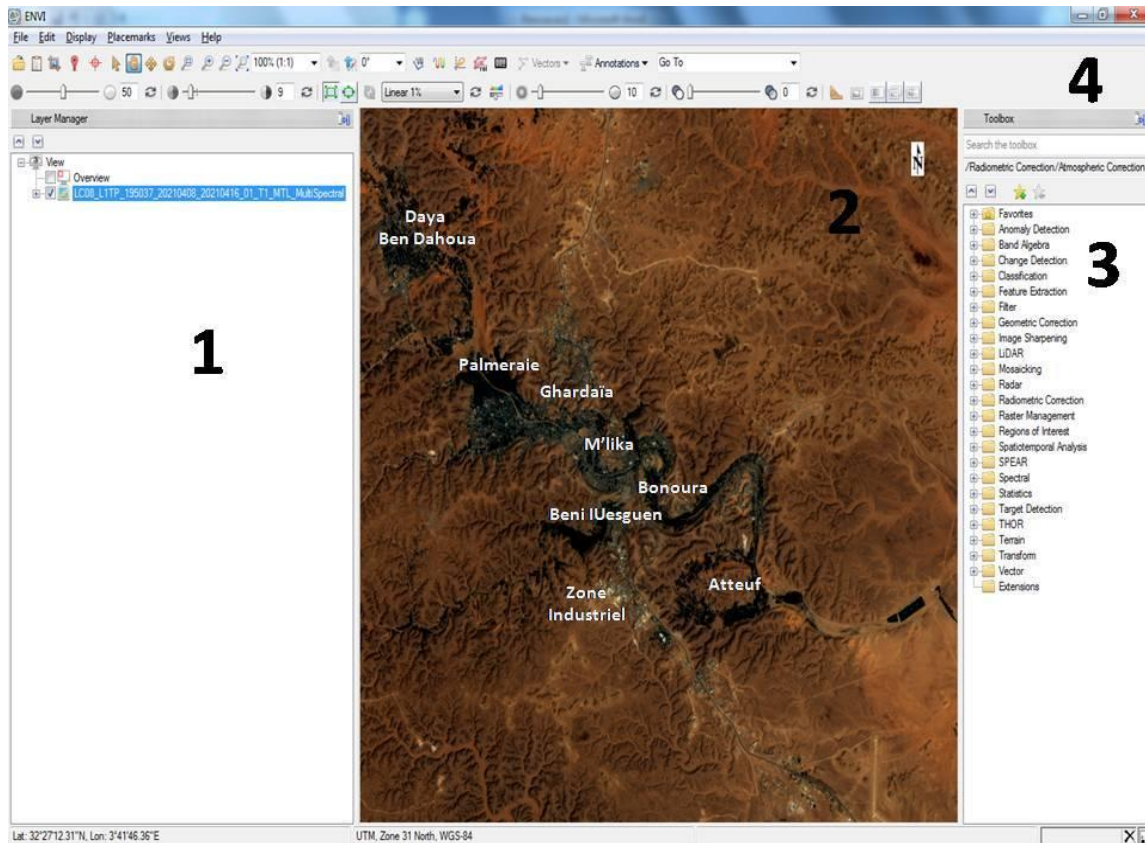


Figure 06: Interface du logiciel ENVI (version 5.3)

Tel que :

- 1- **Le panneau latéral** : Indique le résumé des images ouvertes.
- 2- **La visionneuse**: Visualise les données géographiques activées dans l'onglet Layer Manager du panneau latéral.
- 3- **Boîte à outils** : Permet l'accès rapide aux fonctionnalités d'ENVI.
- 4- **Les barres de menu** : Elles permettent l'accès à toutes les fonctionnalités d'ENVI.

Créé par la société « ITTVIS », est un logiciel de traitement d'image satellitaire. Il présente une interface logique et intuitive pour lire, visualiser et analyser différents formats d'images.

Les images LANDSAT ont été téléchargées du site web (<http://glovis.usgs.gov/>) de l'agence gouvernementale américaine USGS. La plateforme de l'agence offre des images corrigées géométriquement.

II.2. Méthodes

Comme nous l'avons cité au-dessus, les images acquises par les capteurs placés à bord des satellites contiennent des erreurs radiométriques et atmosphériques liées aux caractéristiques de l'instrument et de la présence d'une atmosphère, d'où la nécessité d'une démarche de prétraitement des données.

La sélection des images dans le cas de notre étude, doit se faire sur la base de critères similaires, notamment aux deux périodes d'acquisitions afin d'obtenir une image claire sur l'évolution des espaces végétalisés et les sols nus, l'urbanisation ..., nous choisissons donc une période datée le 30/11/1999 d'où la végétation été entré en hibernation et l'autre période est récent datée le 08/04/2021 dotée donc d'un changement énorme.

II.2.1. Prétraitements

Le prétraitement de l'image est une étape préliminaire très intéressante dans le domaine de la télédétection, il vise à obtenir des bonnes valeurs de l'énergie réfléchie ou émise sur un point quelconque de la surface terrestre. Les prétraitements englobent les corrections suivantes, la première est radiométrique puis atmosphérique, et enfin est la correction géométrique. Cet élément englobe les procédures suivantes:

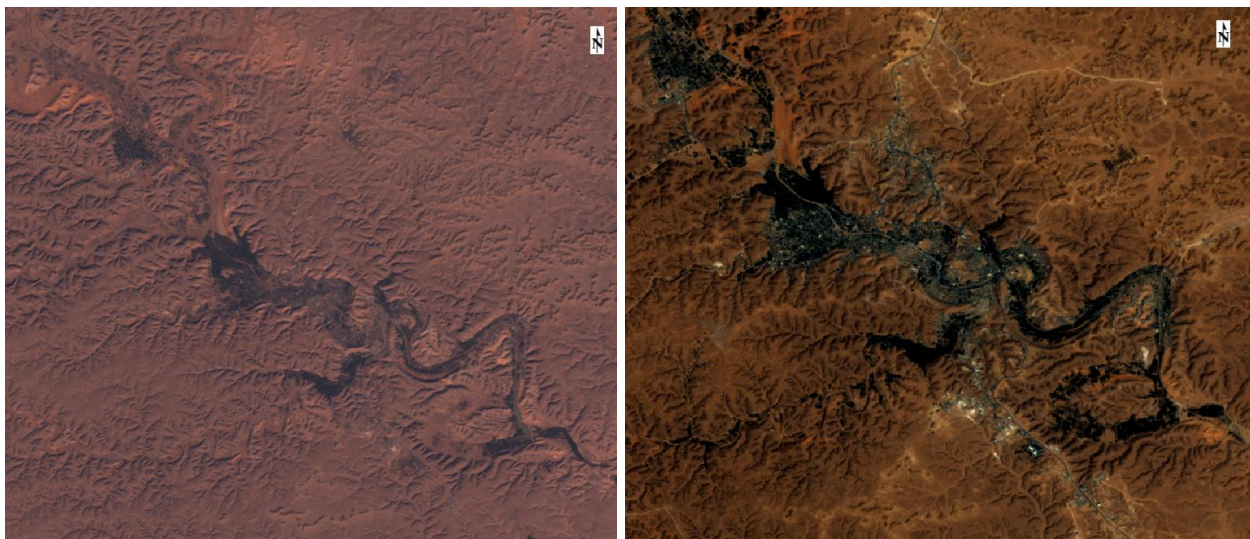


Image de la Vallée (30/11/1999) Landsat7 ETM+

Image de la Vallée (08/04/2021) Landsat8(OLI)

Figure 07 : Images de la région d'étude, résolution spatiale 30x30m (Source U.S.G.S)

Tableau 04 : Informations utiles sur les images satellitaires à traitées

Image 30/11/1999	<ul style="list-style-type: none"> - scène LANSAT 7 - senseur ETM (SAM) optique - heure et date d'acquisition : 10:13:15.5880000Z en 1999-11-30 - nom du fichier : LS07_RNSG_ETM_GTC_1P_19991130T101301_19991130T101329_003332_0195_0037_4865 - couverture nuageuse : 0.00 % - résolution au sol : 30 mètres - zone UTM: 31 - couloir / ranger : 195 / 37 - niveau de traitement: L1T - projection de carte : UTM (WGS84 / WGS84) - élévation de Source: GLS2000 - date de traitement : 2020-06-20T16:51:19Z - version de processeur : SLAP_03.08
Image 08/04/2021	<ul style="list-style-type: none"> - scène LANSAT 8 - senseur OLI optique - heure et date d'acquisition : 10:20:13.5740910Z en 2021-04-08 - nom du fichier : LC08_L1TP_195037_20210408_20210416_01_T1 - couverture : pixels x lignes - résolution au sol : 30 mètres - zone UTM: 31 - couloir / ranger : 195 / 37 - projection de carte : UTM (WGS84 / WGS84) - couverture nuageuse : 5.73 %

II.2.1.1. Corrections

Les deux corrections premières, encore appelés étalonnage d'image, visent à obtenir un paramètre physique indépendant des conditions d'éclairages et même des conditions atmosphériques, ce qui nous permet d'utiliser des images de différentes époques pour détecter les changements.

A. Correction radiométrique

Les corrections radiométriques sont appliquées sur les images pour réaffecter à chaque pixel une valeur radiométrique la plus proche possible de celle mesurée sur le terrain. Les variations enregistrées peuvent être dues au vieillissement des capteurs, à leur dérèglement ou aux défauts lors de la conception des instruments. Les LANDSAT MSS et TM (notamment au début de la série) ont un important phénomène de lignage. Ce sont souvent les organismes distributeurs des images satellitaires qui procèdent aux prétraitements radiométriques (égalisation de la sensibilité des détecteurs...) mais il est possible de les effectuer grâce à des procédures adaptées. Ainsi, l'analyse de Fourier permet entre autre de réduire le colonage des images LANDSAT.

L'application :

Envi 5.3 propose de gigantesques outils, mais nous allons choisir un que nous sommes en besoins.

➤ **Radiométrique Calibration : transformation des valeurs numériques en top atmosphère radiance :**

Au niveau de la correction suivante nous utilisons des bandes de spectre visible électromagnétique et de l'infrarouge proche et d'onde courte en attribuant un facteur de calibration, il existe en trois états : top atmosphère radiance, reflectance, et brightness.

En effet, elle est utilisée pour transformer les valeurs numériques des pixels sans unité aux radiances mesurées en $w.m^{-2}.sr^{-1}.\mu^{-1}$

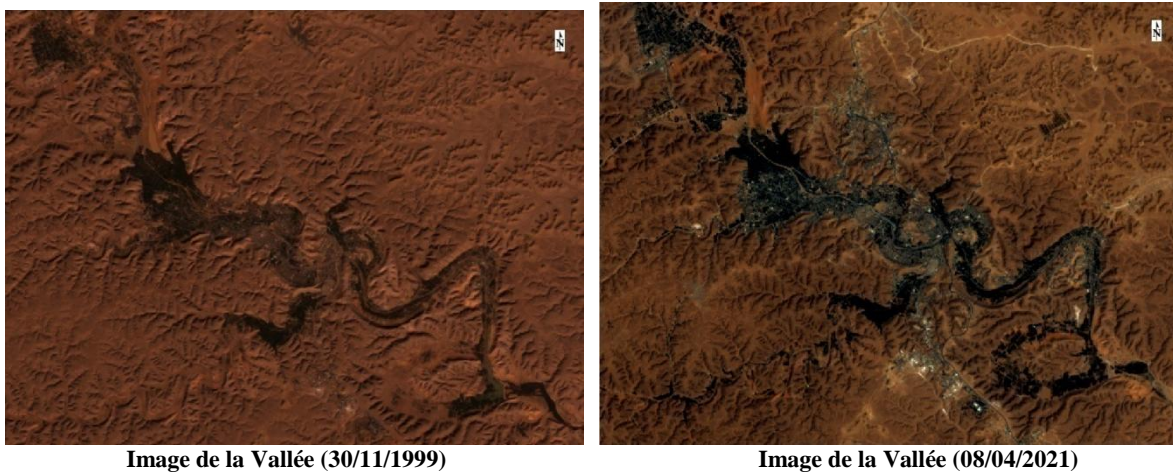


Figure 08: Images après l'application de l'outil **Radiometric Calibration**

Les images sont des variables physiques au cours d'étude (top of atmosphere radiance) mais au dessus de l'enveloppe atmosphérique c'est-à-dire des variables physiques non réelles ne présentent pas elles mêmes au niveau du sol, car ne donnent pas des valeurs exactes, pour extraire des états par exemples sur le couvert végétale elles induite des informations qui peut contenir des incertitudes ou un pourcentage des erreurs, pour cela il été obligé d'appliquer les correction atmosphérique avant d'utiliser ces variables dans toutes les traitements ou post-traitements.

B. Correction atmosphérique

Le signal lumineux mesuré par les capteurs d'un satellite traverse deux fois l'atmosphère terrestre, la première fois lors du trajet soleil-cible et le seconde lors du trajet cible-capteurs. A chacun de ces deux traversées, le rayonnement électromagnétique va subir des transformations dues aux propriétés physico-chimiques des deux composants majeurs de l'atmosphère terrestre qui sont les gaz (oxygène, ozone, vapeur d'eau) et les aérosols

(poussières, pollens...). Le logiciel Envi donne un ensemble des outils spécialisés permettant la correction atmosphérique pour des senseurs distingués, et d'autres outils à utiliser sans avoir le type du senseur c-t-d générique, on va discuter deux principales entre ces outils.

L'application :

L'évaluation subjective d'une seule image ne nécessite pas de correction atmosphérique. Cependant, quand le but est d'extraire des informations quantitatives (concentration en chlorophylle, profondeur bathymétrique, etc...) ou de comparer deux images en valeurs tonales, les effets atmosphériques doivent être éliminés.

- **L'outil Dark Subtraction** On l'utilisera avec des images résultantes de correction radiométrique, l'outil Dark Subtraction s'appuie sur la suppression de l'effet atmosphérique Stacker qui basée sur une hypothèse de choisir les pixels noirs qui sont considérés comme des valeurs nulles, donc sont éliminées de toutes les images par la méthode minimum de bandes soit le logiciel arriver à une valeur idéal.

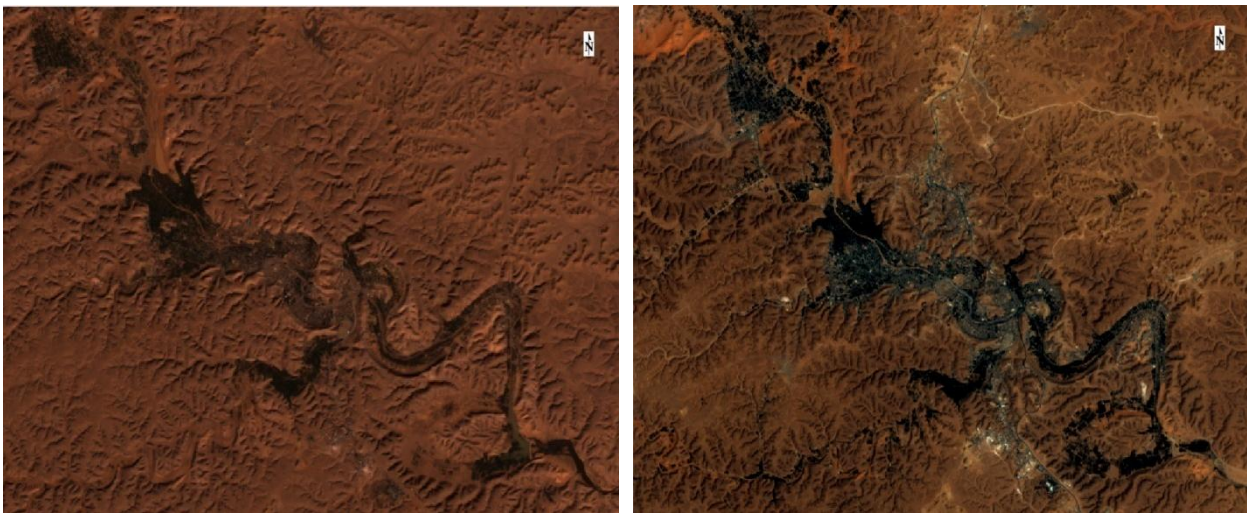


Image de la Vallée (30/11/1999)

Image de la Vallée (08/04/2021)

Figure 09 : Images après l'application de l'outil **Dark Subtraction**

➤ l'outil Quick Atmospheric Correction

Utilisé pour la correction atmosphérique des bandes visibles et infrarouges proche et aussi les bandes courtes pour le spectre électromagnétique de la zone d'étude.

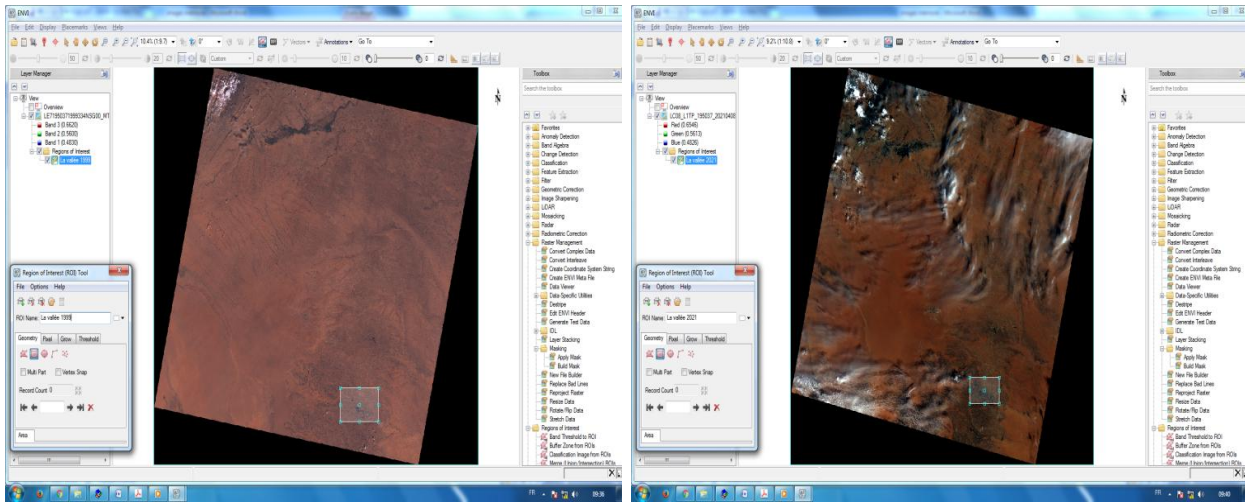


Image de la Vallée (30/11/1999)

Image de la Vallée (08/04/2021)

Figure 10: Images après l'application de l'outil **Quick Atmospheric Correction**

L'image résultante est automatique de type Reflectance, qui est un pourcentage dans intervalle entre 0 et 1, mais il y a des observations à noter comme : La valeur du pixel est multipliée par dix mille pour qu'il soit le programme capable d'agir avec lui.

II.2.1.2. Découpage de région d'intérêt

L'étape suivante consiste à faire un découpage d'une image partielle représentant les limites de la vallée du M'Zab à partir de l'image globale, on utilisant deux outils, l'un est l'outil Region of interest (ROIs) pour sélectionner la zone d'intérêt et l'autre outil est Subset Data from ROIs pour le découpage, ces outils sont fournées par le logiciel envi v 5.3.

Application :

C'est l'étape avant dernière pour finir les prétraitements et passer aux traitements avancés et essentiels qui sont l'objet de notre étude.

➤ L'outil Region of interest (ROIs)

Il s'agit de sélectionner un minimum de 30 pixels spectralement représentatifs de chaque signature spectrale identifiée. Cet échantillon, ou « aire d'entraînement » servira à la «**CALIBRATION** » de la classification. Il est défini à polygone pour chaque classe spectrale.

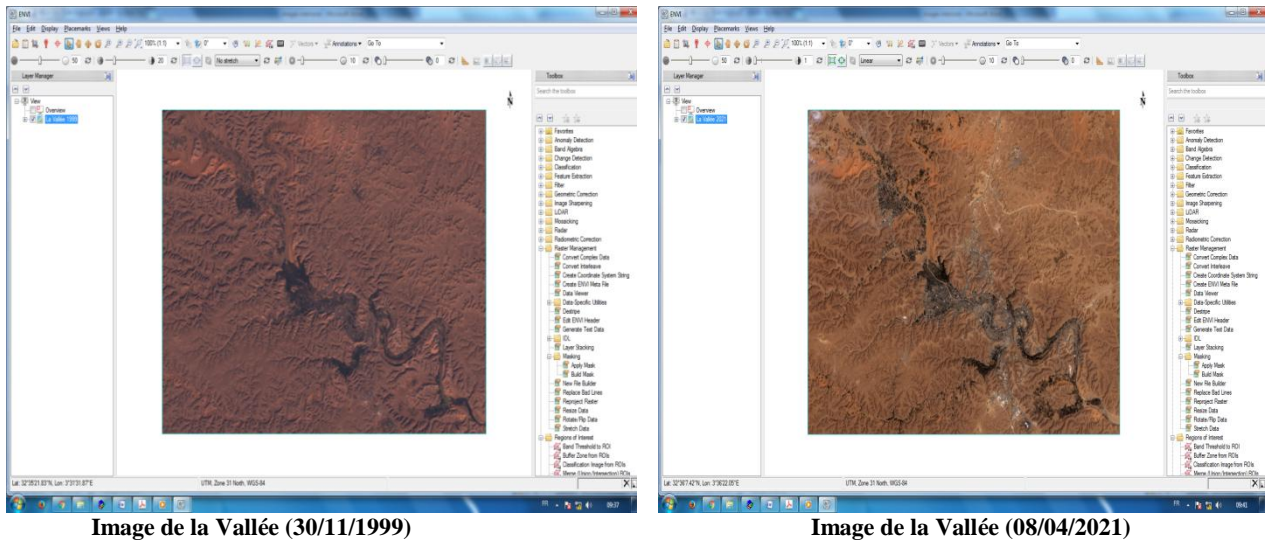


Image de la Vallée (30/11/1999)

Image de la Vallée (08/04/2021)

Figure 11: Images après l’application de l’outil **Region of Interest (ROIs)**

➤ **L’outil Subset Data from ROIs**

Enfin, le découpage est réalisé par cet outil, et cela après avoir délimité la région d’intérêt, dans notre cas il faut avoir mêmes limites dans les deux scènes.

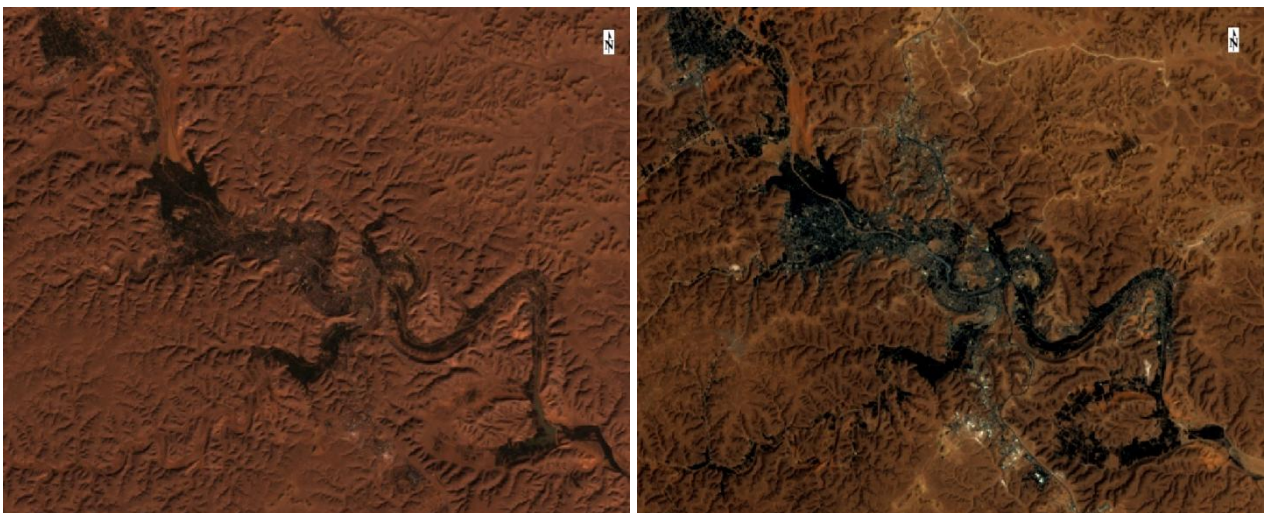


Image de la Vallée (30/11/1999)

Image de la Vallée (08/04/2021)

Figure 12: Images après le découpage par l’outil **Subset Data from ROIs**

II.2.2. Traitements

Avant de faire un traitement sur les images, il est nécessaire de mieux connaître les combinaisons colorées concernées, le phénomène à étudier et le choix de la classification et même les différences entre image satellitaire du LANDSAT 7 ETM+ et LANDSAT 8 OLI/TIRS.

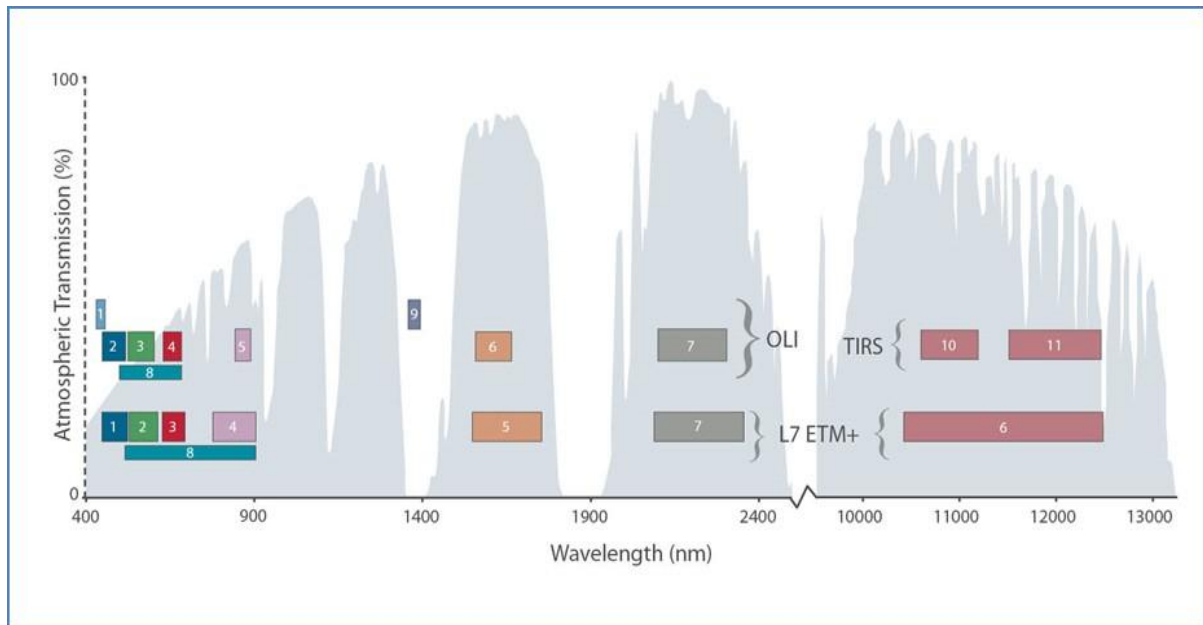


Figure 13 : Différences entre image satellitaire du LANDSAT 7 ETM+ et LANDSAT 8 OLI (NASA, LANDSAT, 2015)

I.2.2.1. Classification d'une image

➤ Notion de classe

La définition d'une classe repose sur le principe qu'à une signature spectrale donnée correspond un objet bien identifiable et inversement (LAINE, 1990). Un pixel peut être aussi défini à partir d'un ensemble de n composantes images auxquelles on associe les paramètres de mesures. Cet espace à n dimensions, parfois appelé espace spectral, est donc occupé par l'ensemble des vecteurs possibles formés des valeurs des n paramètres d'observation (BONN et *al.*, 1996).

Il existe différents types de méthodes de classifications (ANTOINE, 2019). :

- Supervisée: l'opérateur définit lui-même les classes à produire (nombre, caractéristiques spectrales,...)
- Non-supervisée: le logiciel définit lui-même les classes
- Par pixel: chaque pixel est classifié individuellement et indépendamment des pixels voisins
- Par objet: l'image est d'abord découpée en objet (1 objet = 1 ensemble de pixels voisins spectralement homogène) au cours d'une étape de « segmentation ». Ensuite, les caractéristiques de ces objets sont utilisées pour les classifier.

Pour être concis et précis, le choix d'une classification supervisée rend notre travail ciblé par l'objectif annoncé au début.

➤ **Notion de composition colorée**

Dans les systèmes de télédétection, il est possible de détecter et d'enregistrer des parties du spectre électromagnétique qui ne sont pas décelables à l'œil nu, comme l'infrarouge par exemple. Pour qu'il soit possible de visualiser ce type d'information, il faut associer aux bandes spectrales du système d'observation des couleurs d'affichage (rouge-vert-bleu), qui ne leur correspondent pas nécessairement. Donc des compositions colorées qui ont été créées, appelées parfois "images en fausses couleurs".

L'information apportée par un seul canal ne peut pas toujours donner un détail satisfaisant, le principe consiste à utiliser trois canaux dans une même image; à chaque canal une couleur différente, la superposition de ces images donne une nouvelle image appelée composition colorée.

La composition colorée obtenue par synthèse additive des lumières colorées (système Rouge – Vert – Bleu). En sachant que ces trois couleurs fondamentales correspondent à trois valeurs numériques pour chaque pixel (Source: http://www.colorimetric.be/details_cours_41.htm).

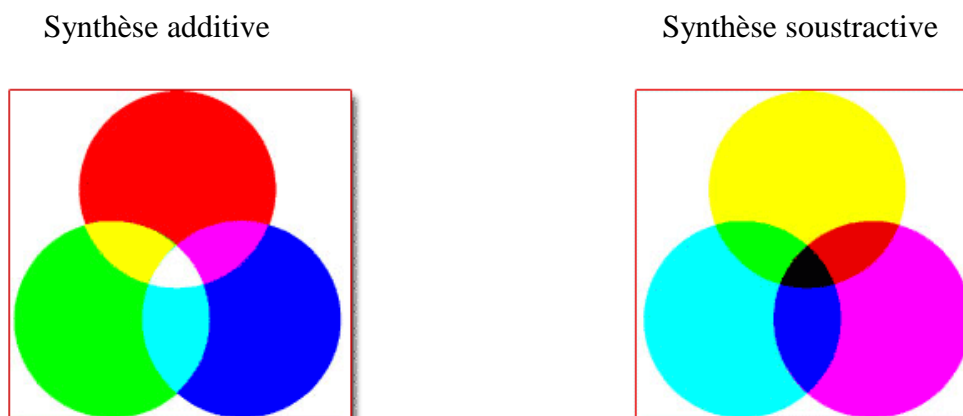


Figure 14 : Synthèse additive et la synthèse soustractive.

(Source : http://www.colorimetric.be/details_cours_41.htm)

De multitude des canaux LANDSAT 7 ETM+ et LANDSAT 8 OLI, offre une variété de choix pour synthétiser des combinaisons RVB. Entre ces combinaisons, il y a que sont très corrélables, dont l'information disponible se répète dans plusieurs bandes. Pour choisir des compositions RVB les plus importantes, une aperçue sur l'état statistique pour les bandes de

même résolution spatiale est réalisée. Ainsi, le coefficient de corrélation des six bandes et leurs déviations standards sont calculés.

Les bonnes compositions colorées qui en résultent sont celles les moins corrélées entre elles.

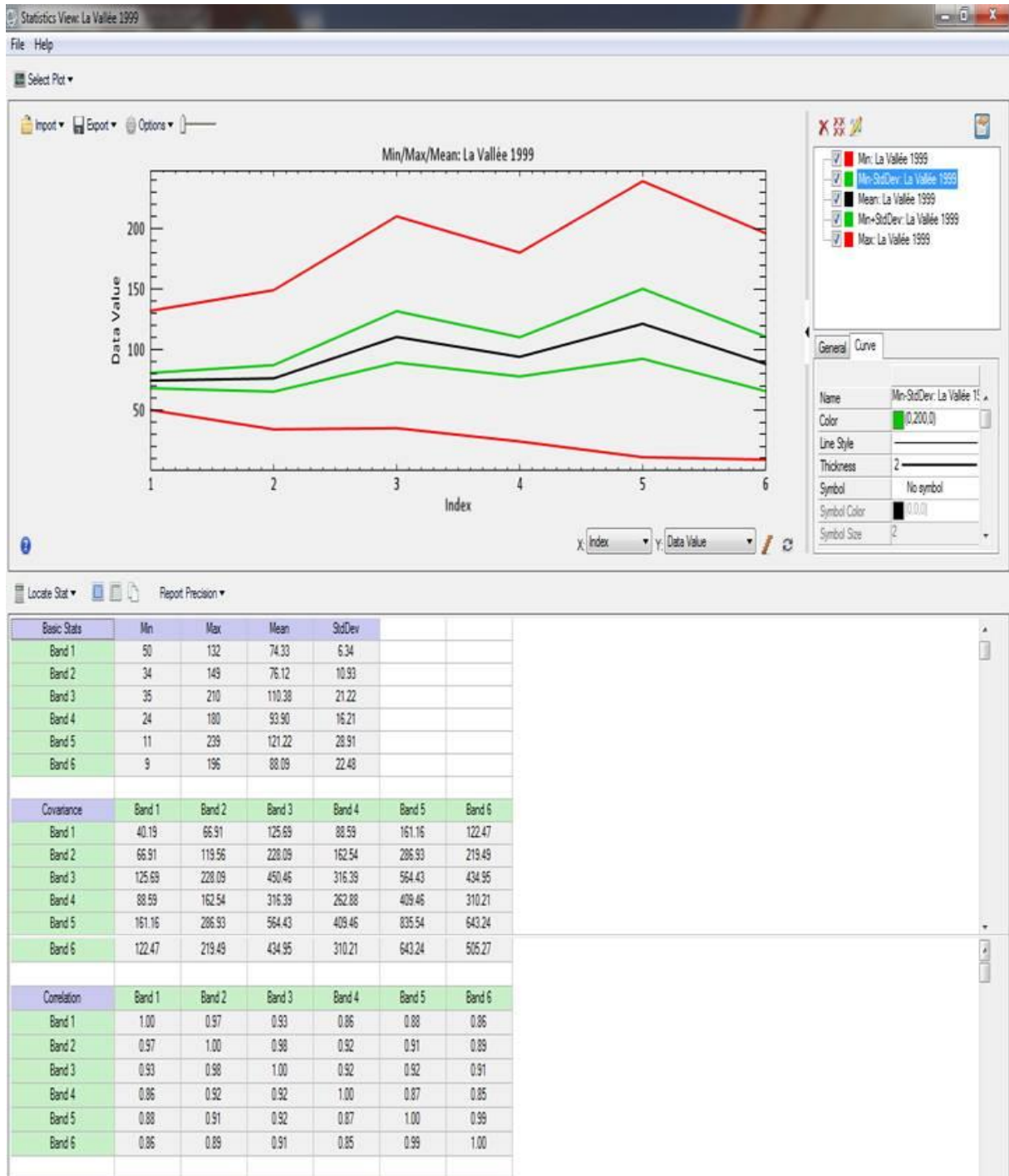


Figure 15 : Statistiques de base de l'image en 1999

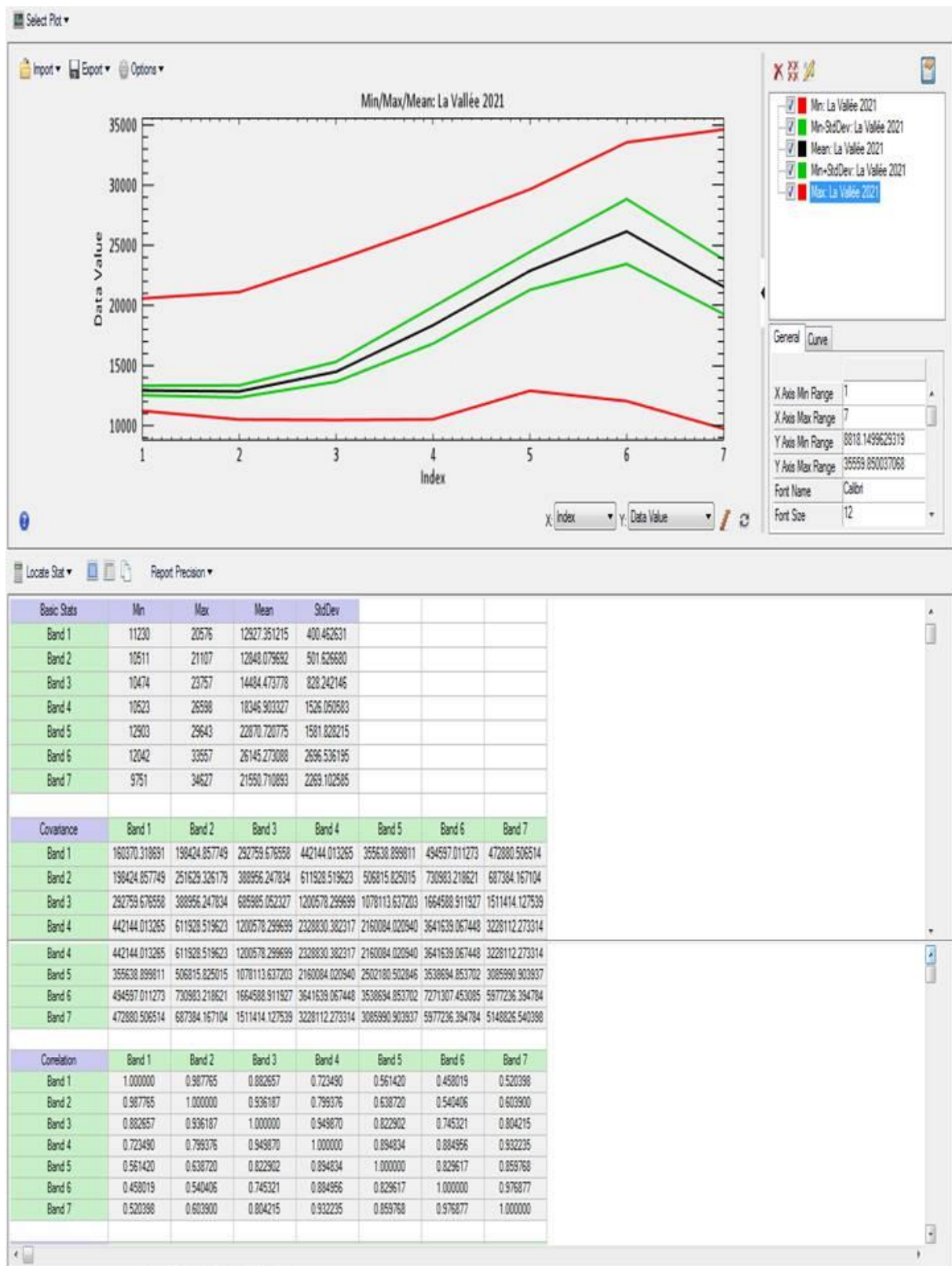


Figure 16 : Statistiques de base pour l'image en 2021

Les images de télédétection sont en mode RASTER ; en codant les canaux de même résolution spatiale d'une image avec les trois couleurs fondamentales (rouge, vert et bleu), on peut élaborer plusieurs compositions colorées, voici au-dessous les différentes combinaisons utilisées en mode RGB concernant les images LANSAT 7 ETM+ et LANDSAT 8 OLI

Tableau 05: Différentes combinaisons utilisées en fausses couleurs et leurs utilités par LANDSAT 7 ETM + (Source : Laghouag, 2011)

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

Tableau 06: Différentes combinaisons utilisées en fausses couleurs et leurs utilités par LANDSAT 8 OLI (Source : ESRI)

RGB	Description
432	Image en couleur naturelle.
764	Combinaison standard en fausses couleurs (Urbain).
543	Infrarouge (végétation)
652	Agriculture.
765	Pénétration atmosphérique.
562	La santé de la végétation.
564	L'eau/surface de la terre.
753	La nature avec la suppression de l'atmosphère.
754	Logiciels infrarouge.
654	L'analyse de la végétation.

Tableau 07 : Nombre de combinaisons possibles

Désignation	LANDSAT 7 ETM+	LANDSAT 8 OLI	Observations
Nombre des bandes	8	11	Nous devons choisir trois bandes
Arrangements avec répétition	83=512	113=1331	L'ordre et la répétition ne sont pas demandés
Arrangements sans répétition	336	990	L'ordre n'est pas demandé
Combinaison avec répétition	120	286	La répétition n'est pas demandée
Combinaison sans répétition	56	165	Pour notre cas, combinaison sans répétition est plus adaptée.
Nombre des bandes de même résolution	6 (30m)	8 (30m)	
Combinaison sans répétition	20	56	

A. Classification supervisée

Dans la classification supervisée l'utilisateur sélectionne des zones d'entraînements. Ces zones d'entraînements sont définies comme des groupes de pixels qui représentent une zone homogène ou un matériel qui seront associées à une classe. Pour les créer en ENVI on utilise les régions d'intérêts (ROIs). En outre, on peut assurer la séparabilité des classes pour l'envoi de chevauchement entre eux et en les représentant sur une carte n-dimensionnel.

Réalisez une classification supervisée d'une image satellite sous-entend que vous possédez une très bonne connaissance de l'occupation du sol réelle de la zone de l'image à l'époque où l'image a été prise (ANTOINE, 2019).

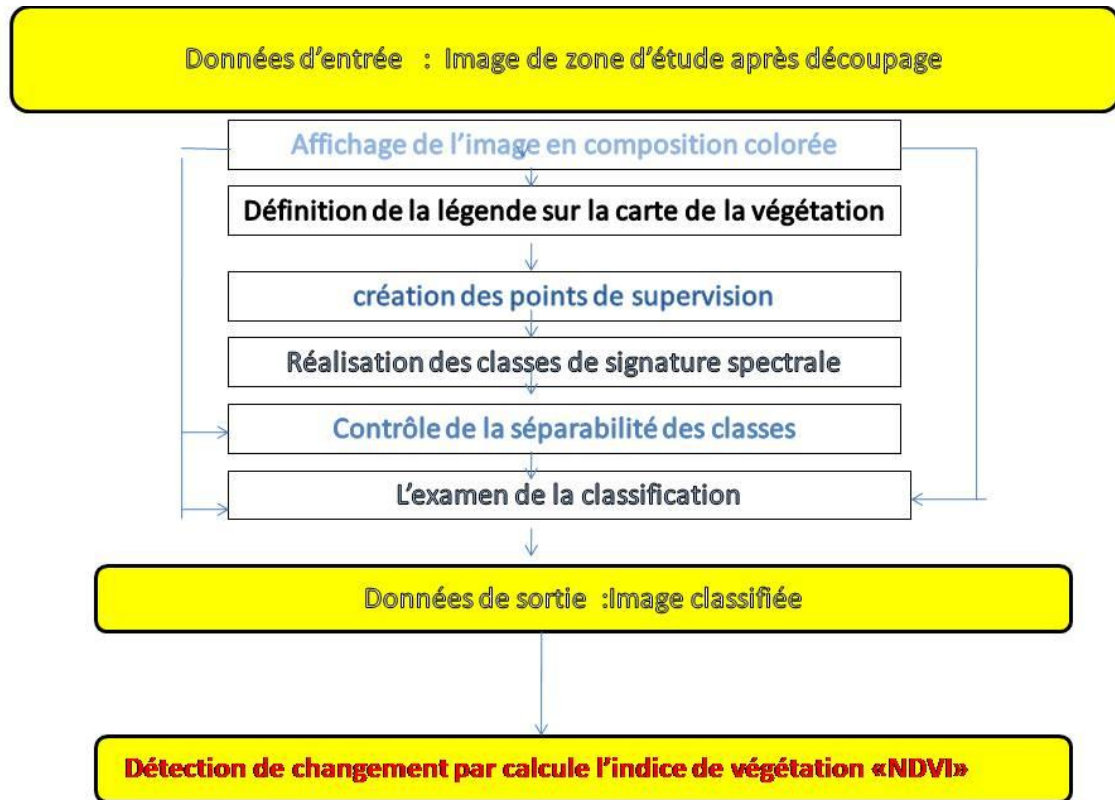


Figure 17: Schéma d'intégration des données dans la classification supervisée avec un maximum de vraisemblance et calcul de l'indice de végétation «NDVI»

A.1. Affichage de l'image en compositions colorées

L'information apportée par un seul canal ne permet pas toujours de donner un détail satisfaisant pouvant refléter presque qu'on espère faire ressortir à partir des données télédéTECTEURS. Le principe consiste simplement en une exposition successive de films correspondants à trois bandes spectrales, avec un code de couleurs bien défini pour chacun, c'est-à-dire qu'on visualise trois canaux en affectant à chacun l'une des trois couleurs fondamentales (Bleu, Vert, Rouge). Le résultat final correspond à une image trichrome appelée composition colorée, dans laquelle les thèmes se distinguent par les différentes nuances de ces trois couleurs de base (Haddouche, 1998).

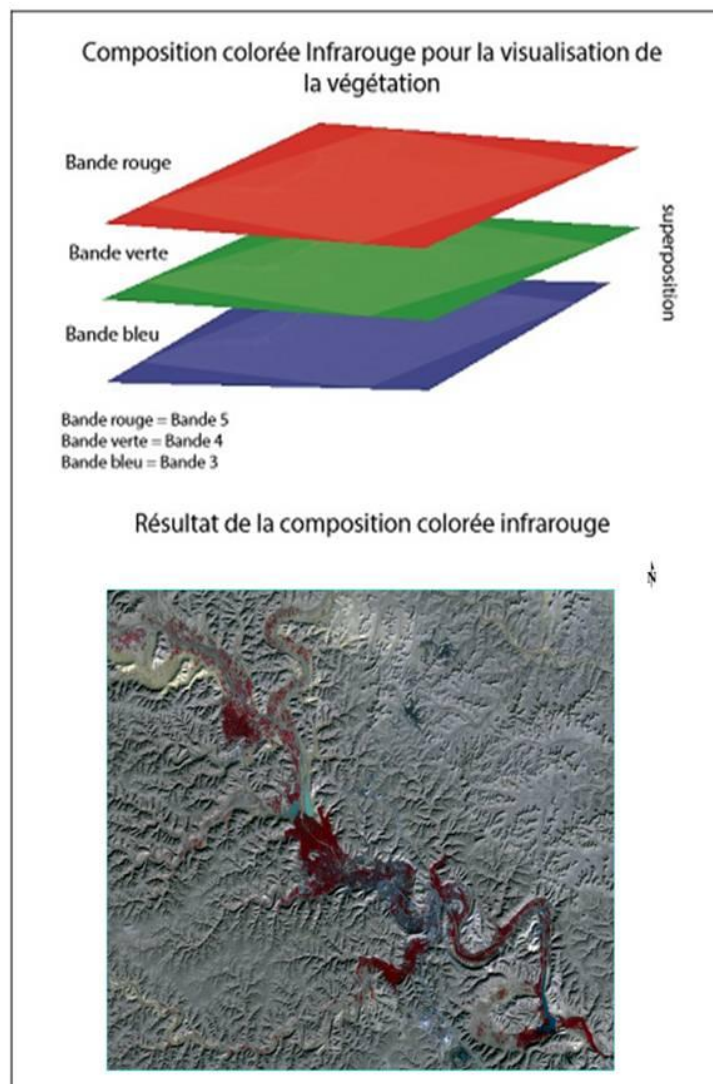


Figure 18: Schéma de la composition colorée infrarouge pour l'image LANDSAT 8 OLI

➤ **L'application:**

Le code de couleurs choisi pour le capteur LANDSAT 7 ETM + est 4.3.2, cette combinaison standard est en fausses couleurs avec la végétation qui est apparait en rouge. Et pour le capteur LANDSAT 8 OLI, Le code de couleurs choisi 5.4.3 où la description du code en Infrarouge qui exprime la végétation.

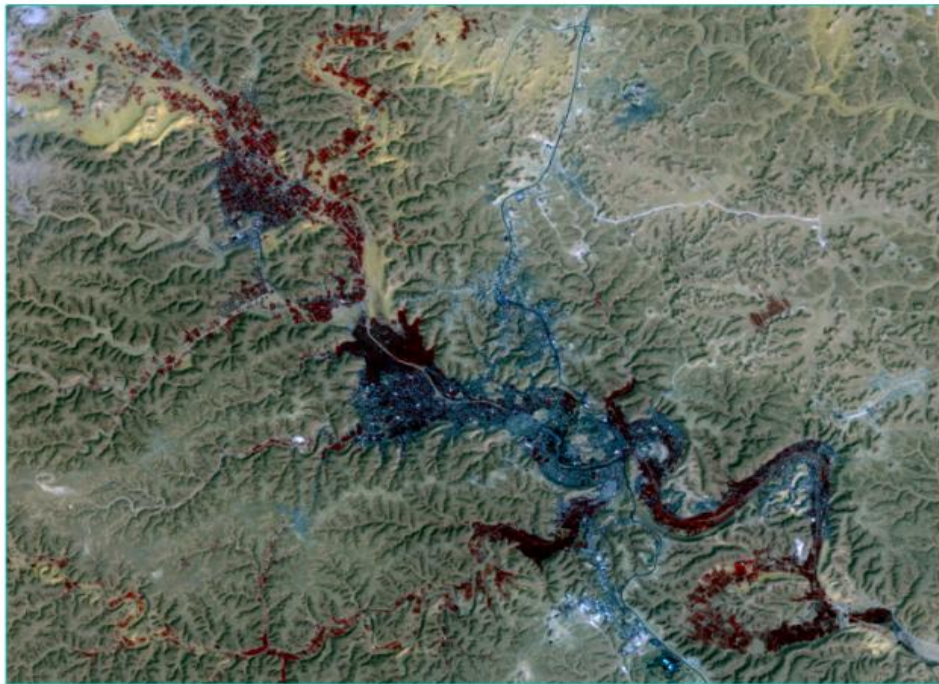


Image de la Vallée (30/11/1999)

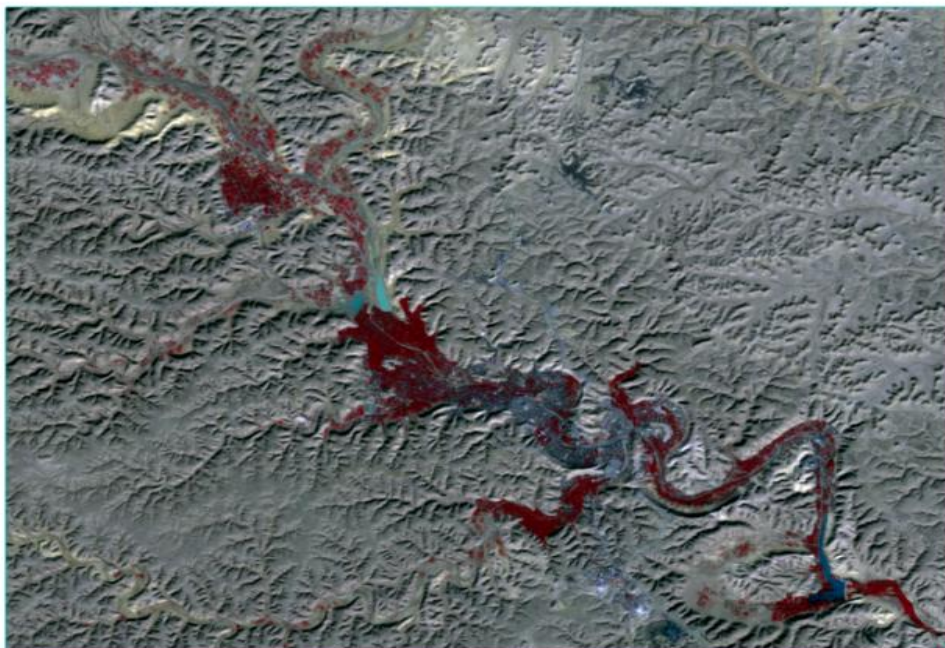


Image de la Vallée (08/04/2021)

Figure 19 : Images après l'application de la composition colorée par l'outil **Change RGB Bands**

A.2. Définition de la légende sur la carte de la végétation

Après l'examen de la composition colorée sur la zone à classifier (l'amélioration de contraste est incluse), et à partir de la connaissance personnel de la région étudiée, il faut mettre en oeuvre une définition dans laquelle la légende de la carte est compromis, donc les

classes d'occupation de la végétation que nous désirer voir apparaître dans la carte d'occupation de la végétation qui sera produite.

Tableau 08 : Classes de l'occupation du sol par la végétation

Classe	Type
1	palmier dattier
2	verger (Arboriculture)
3	culture herbacée (maraîchère)
4	végétation naturelle
5	zone urbaine
6	Oued
7	daya (dépression)
8	Chebaka
9	hamada et plateau rocheux
10	zone industrielle

A.3. Création des points de supervision

A partir de ce qui est cité au-dessus, la classification supervisée elle est besoin d'une bonne connaissance de la nature des objets sur une aire de l'image, et à partir des cartes de végétation récentes ou des images aériennes de réalité terrain. Les sites ou les lieux d'entraînements correspondent à un échantillonnage de pixels représentatif des toutes classes d'occupation de la végétation, pour rendre ce travail réalisable, l'utilisation d'un GPS ou une application portable est indispensable. Cependant la deuxième méthode est plus facile et même n'est pas coûteuse. Un exemple de choix d'application est GPS Geo Map (Y2.technology,2018), ensuite une base de données sera créé sous forme de fichier avec une extension KML.



Figure 20: Interface de UTM Geo Map

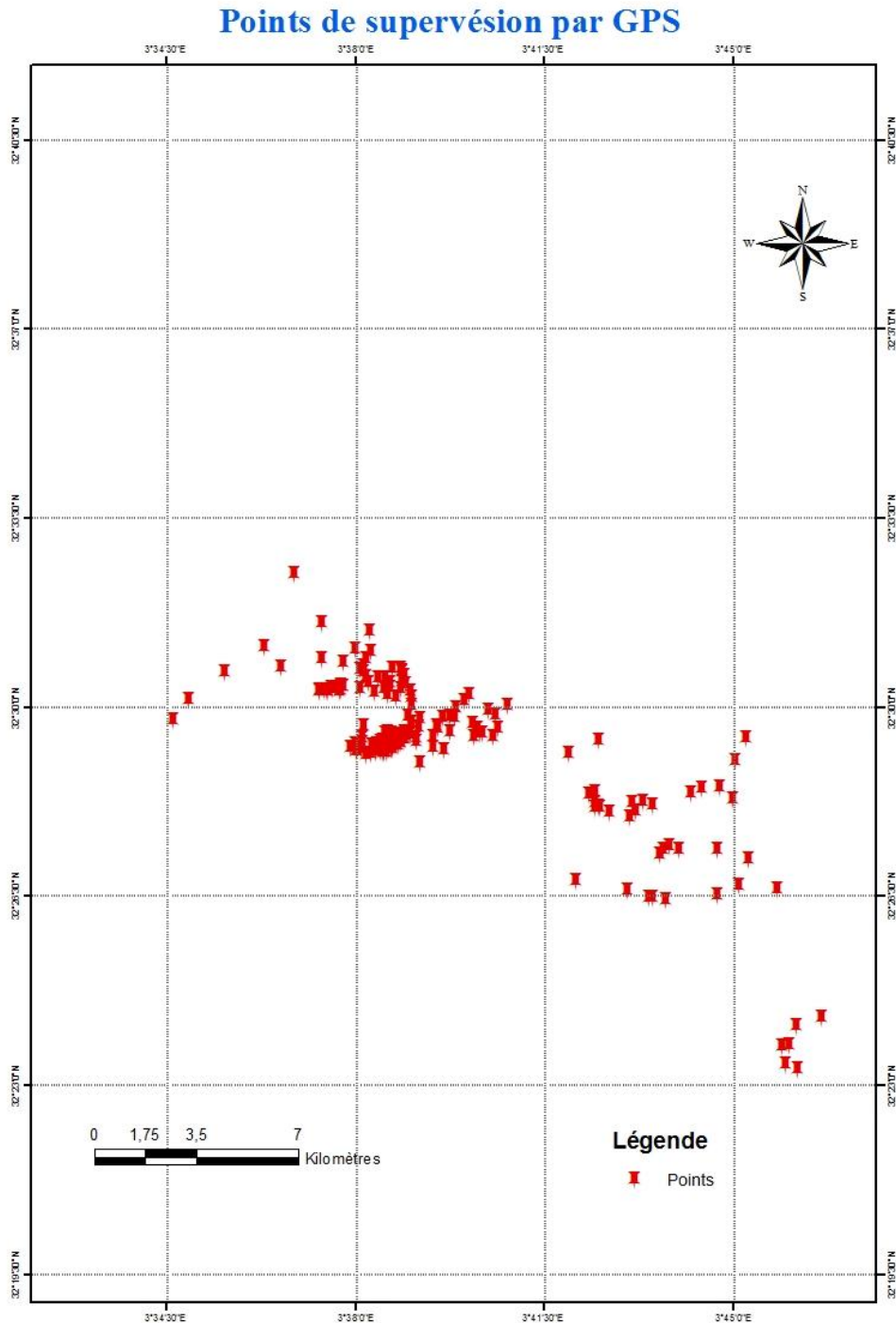


Figure 21: Présentation des points de supervision par ARCGIS V.10.3

A.4. Réalisation des classes de signature spectrale

Après l'application de la composition colorée sur la zone à d'étude et la création des points de supervision, l'étape suivante est très intéressante, car elle va générer à partir des pixels couverts sur les lieux d'échantillonnages des signatures spectrales. Ce type de traitement se réalise par la division de toute surface spectrale, et cette dernière décrit la distribution des valeurs des pixels dans la limite de la classe, autrement dit c'est la dispersion

des nuages de marques dans la surface spectrale ce qui permet de différencier les différentes classes d'occupation de la zone d'étude.

Lorsqu'on parle de **classes**, il faut faire la distinction entre des **classes d'informations** et des **classes spectrales** :

- les **classes d'informations**, sont des **catégories d'intérêt** que l'analyste cherche à identifier dans les images, comme différents types de cultures, d'espèce d'arbres, différents types de caractéristiques géologiques, etc.
- les **classes spectrales** sont des groupes de pixels qui ont les **mêmes caractéristiques spectrales** (ou presque) en ce qui a trait à leur valeur radiométrique dans les différents canaux.

L'objectif ultime de la classification est de faire **la correspondance entre les classes spectrales et les classes d'informations**. Dans ce contexte, l'analyste a le rôle de déterminer de l'utilité des différentes classes spectrales et de valider leur correspondance à des classes d'informations utiles (J-P Cherel, 2010).

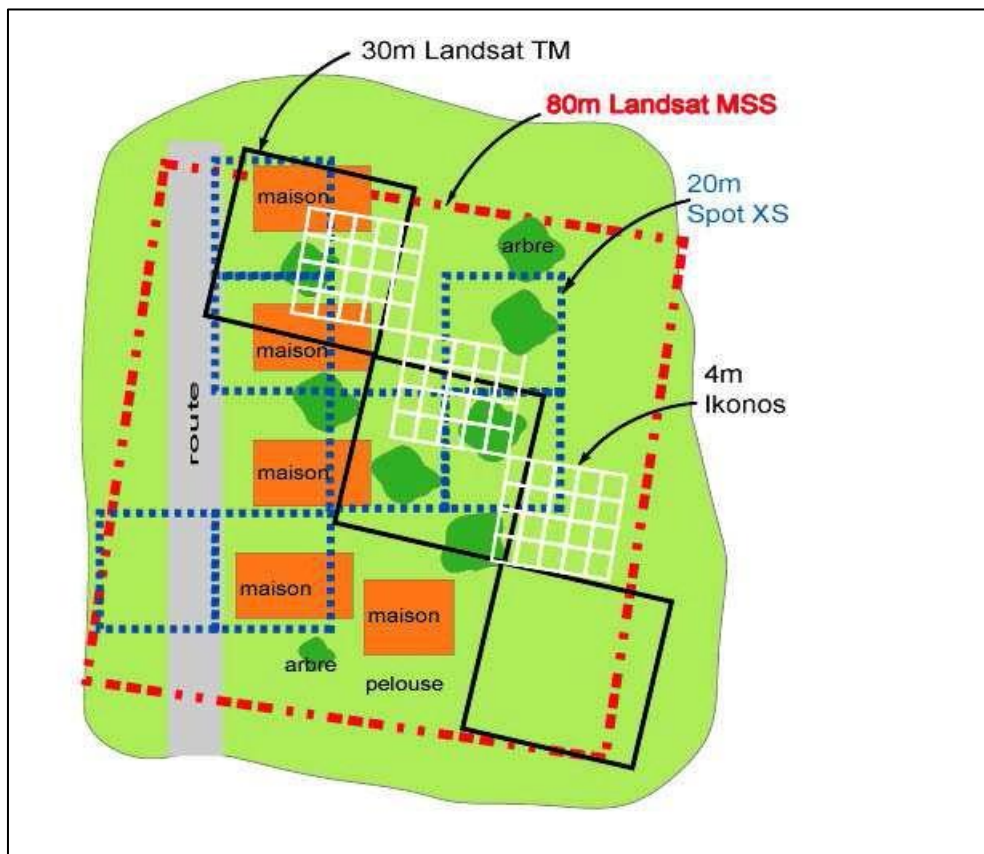


Figure 22: Influence de la résolution des capteurs sur « pureté » des pixels (source : J-P Cherel 2010)

Tableau 09: Classes de la carte et leurs couleurs pour la classification supervisée

Classes de la legend de la carte	Classes spectrales correspondantes utilisée pendant le processus de classification supervisée
palmier dattier	Vert citron
verger (Arboriculture)	Rouge
culture herbacée (maraîchère)	Blanche
végétation naturelle	Jaune
zone urbaine	Bleu
Oued	Bleu turquoise
daya (dépression)	Rose
Chebka	Vert canard
hamada et plateau rocheux	Vert kaki
zone industrielle	Vert foncé

➤ **L'application**

L'algorithme de classification selon le maximum de vraisemblance « **Maximum Likelihood** » est appliqué à tous les pixels de l'image sur base des paramètres statistiques décrivant chaque signature spectrale obtenue. La comparaison entre les valeurs de chaque pixel et les signatures spectrales des différentes classes déterminera la probabilité d'appartenance du pixel à chacune des classes. La classe présentant la probabilité maximum sera attribuée au pixel considéré (Antoine, 2019).

A.5. Contrôle de la séparabilité des classes

Etape de contrôle et d'évaluation, pour avoir le niveau de séparabilité des classes dans le contexte de la zone d'étude, car l'occupation de la végétation n'a pas dans un seul lieu, mais composée d'un ensemble de groupes dispersés dans l'espace, encor n'ont pas de forme régulière.

➤ **L'application**

Par l'application de la commande **ROI Separability**, on aura des statistiques (voir annexe 1)

II.2.3. Post-traitement

Enfin, c'est la dernière étape sur le plan de traitements des images satellites, mais reste un choix, déjà elle s'appelle le traitement secondaire.

II.2.3.1. Agrégation de la classification

C'est parmi les post-traitements, qui est essentiel pour faciliter la lecture de la carte, et rend le contenu riche des informations utiles, après avoir groupé des petits pixels avec des régions d'intérêts grandes, qui ne sont pas d'information exacte.

➤ **L'application**

L'outil **Classification Aggregation** qui permet la réalisation de ce genre de traitement, encore existe-t-il d'autre traitement comme par exemple **Clump Classes**, mais ce dernier agit par la suppression des petits pixels dans l'image.

II.2.3.2. Statistique sur les images classifiées

Afin d'aboutir à une bonne interprétation et d'évaluation forte pour des objets ou des phénomènes qui sont l'objectif de notre étude, donc il est primordial d'avoir des statistiques réelles.

➤ **L'application**

Avec l'outil **Class Statistics**, on aura plus de détails sur les images satellites classifiées.

II.2.3.3. Examen de la classification

La validation est une étape nécessaire pour perfectionner la classification des images et établir l'exactitude des résultats des classifications. Cette étape permet d'identifier les sources d'erreurs à corriger et d'améliorer la qualité de l'information sur la carte. De plus, la majorité des informations extraites des données de télédétection est ensuite employée dans un processus décisionnel où la précision de l'information est requise. Essentiellement, l'évaluation de la précision est un processus quantitatif ou qualitatif (Congalton et al., 1999).

S'il existe des zones pour lesquelles la classe d'occupation du sol réelle n'est pas connue (pas d'information venant du terrain, etc.) il devient impossible d'en réaliser la validation. À l'opérateur alors d'estimer si ces zones sont négligeables (par exemple parce qu'elles couvrent un très faible pourcentage de la surface de l'image), ou pas, et de documenter les limitations de la méthode de validation utilisée. Enfin, il faut veiller à ce que les zones de validation soient suffisamment nombreuses et réparties de manière homogène sur la carte afin que celles-ci permettent de calculer une matrice de confusion qui soit bien représentative de la précision de classification de l'ensemble de l'image. Par exemple, si vous utilisez une seule petite zone de validation pour une classe donnée et que par chance tous les pixels de cette zone sont bien classés, la précision de classification obtenue pour cette classe par la matrice de confusion sera de 100%, alors qu'il est probable que d'autres pixels

appartenant à cette classe à d'autres endroits de l'image soient eux mal classifiés. Dans ce cas votre zone de validation ne sera pas représentative de l'ensemble de la classe d'occupation du sol et l'estimation de la précision de classification de cette classe sera donc faussée (Antoine, 2019).

➤ **L'application**

❖ **La matrice de confusion**

- Méthode pour quantifier la précision d'une classification.
- Matrice carrée (rangées: des classes réelles, colonnes: des classes de classification)
- La diagonale indique le nombre de pixels classés correctement
- Les valeurs dehors de la diagonale correspondent aux classifications erronées
 - Précision globale (overall accuracy): pixels corrects / totaux
 - Erreur d'omission (le pixel d'une classe qui n'est pas détectée):
 - Erreur de commission (pixels classés de forme incorrecte)
- Il permet de connaître les conflits principaux entre des classes → redéfinir les classes (Francisco et al; 2013).

❖ **Coefficient Kappa**

- Le coefficient Kappa mesure la correspondance entre l'image classée et la réalité et cette correspondance qui est obtenue en faisant une classification aléatoire.
- Essaie de mesurer le degré d'ajustement grâce à la précision de la classification, en éliminant des facteurs aléatoires.

0: accord grâce au hasard

1: accord total de l'image et de réalité

Négatif: classification mauvaise

- Permet de comparer différentes méthodes (différentes matrices de confusion).
- Le coefficient Kappa mesure la correspondance entre l'image classée et la réalité, et cette correspondance qui est obtenue en faisant une classification aléatoire (Francisco et al; 2013).

L'application de la commande **Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs**, donne un rapport (voir annexe 2)

II.2.4. Détection de changement par calcul de l'indice de végétation «NDVI»

La connaissance et la prise en compte des différentes caractéristiques spectrales des objets permettent d'envisager des méthodes d'analyse basées sur l'emploi simultané de

plusieurs canaux d'acquisition, sous forme de combinaison linéaire ou de rapports. Ces valeurs synthétisent l'intensité d'un phénomène trop complexe pour être décrit par des paramètres simples connus (Bannari et al; 1995).

Cependant, nous avons une grande quantité de paramètres et d'indices pour les-mettre en œuvre, mais ici nous intéressent sur l'indice de végétation «**NDVI**», leur calcul est établi par le logiciel ENVI v 5.3. L'NDVI est un indice normalisé de la végétation permettant de générer une image affichant la couverture végétale, il repose sur le contraste des caractéristiques de deux bandes d'une image satellitaire: la bande rouge et la bande proche infrarouge.

La formule est : $NDVI = (IR-R) / (IR+R)$.

Réellement, au dessus d'eau (océan, mer,...) les valeurs de NDVI sont environ de 0, mais un sol nu sont entre 0.1 à 0.2, tandis la végétation qui est dense les valeurs sont entre 0.5 à 0.8.

- **Conclusion**

Tous les traitements effectués sur les images de LANSAT datent (1999 et 2021), nous permettent d'établir une carte d'occupation de la végétation spatiotemporelle, et pour savoir les changements survenus dans le système oasien de la vallée du M'Zab, d'où l'objectif du chapitre suivant.

CHAPITRE III

Résultats & Discussion

III.1. Analyse des images satellitaires

Toutes les traitements sur les images satellitaires LANDSAT 7 ETM + (1999) et LANDSAT 8 OLI (2021) dans la vallée du M'Zab pour l'occupation de la végétation, ont un objectif principal la détection des changements affectés le système oasien.

A travers divers traitements, on a pu avoir une transformation des valeurs numériques de nos images en autre type de valeurs en luminance par la suite en valeurs de radiances, ces derniers vont bien distinguer la variabilité spatiale de la région d'étude.

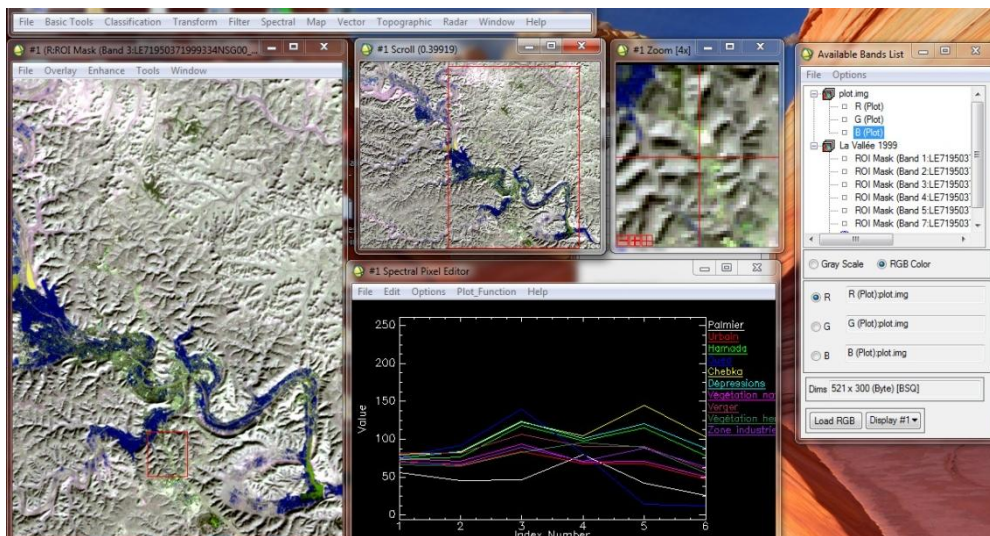


Image de la vallée en 1999

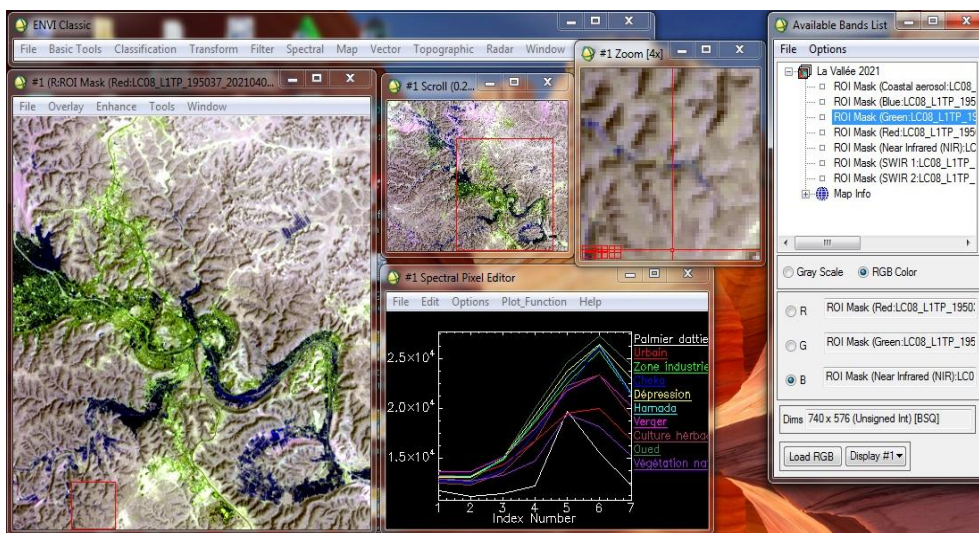


Image de la vallée en 2021

Figure 23 : Profil spectrale pour les images LANDAST (1999-2021)

La figure au-dessus (Fig. 23), montre des profils spectraux pour les images prises en 1999 et en 2021 concernant certaines composantes de l'occupation de la végétation, on observe que les signatures spectrales sont bien différentes entre les bandes 2 et 6 pour l'image en 1999 et entre le 4 et 6 pour l'image en 2021, donc elles nous servent bien dans la facilité de classification des images, et que les améliorations de la qualité des images nous aide pour bonne interprétation.

➤ Interprétation de la séparabilité

Dans notre cas on a utilisé la méthode distance de **Jeffries-Matusita** qui est largement utilisée. Limitée entre 0 et 2 pour les séparations de classe.

Les résultats de La mesure de la séparabilité entre les différentes classes sont donnés dans l'annexe 1.

- $0 < x < 1.0$: séparabilité très faible, 0 implique une confusion totale entre deux classes ;
- $1.0 < x < 1.9$: séparabilité faible ;
- $1.9 < x < 2.0$: bonne séparabilité, 2 séparabilité parfaite avec aucun risque de confusion.

Une classe dont la séparabilité par rapport à une autre classe est faible doit être soit confondue avec celle-ci ou redéfinie.

Une aperçue sur les résultats, donnent nous une image cohérente sur l'état de voisinage entre les différentes classes, pour limiter et préciser l'interprétation, l'analyse doit éliminer la redondance des résultats survenu.

Tableau 10 : Vérification de la séparabilité entre les classes

	Image de vallée 1999		Image de vallée 2021	
	Nombre de paire	Pourcentage	Nombre de paire	Pourcentage
$0 < x < 1.0$	03	6.66 %	00	00 %
$1.0 < x < 1.9$	29	64.45 %	14	31.12 %
$1.9 < x < 2.0$	13	28.89 %	31	68.88 %
Total	45	100 %	45	100 %

l'examen de la séparabilité dans les deux images a montré 45 paires de classes, dont 65% des paires ont une mention de séparabilité faible mais la plupart des paires de cet intervalle, surtout la limite de minimum débutent proche de 1.5 c'est-à-dire put avoir une

mention de séparabilité moyenne ou acceptable, et le pourcentage resté est presque totalement atteint la bonne séparabilité ce qui rend notre travail à la rigueur de bon choix des sites d'intérêts, et dans le deuxième cas (image 2021), la plupart des paire sont ont une moyenne séparabilité mais toujours il faut constater la majorité des cas, cela approuvés par l'examen total du travail, enfin on remarque une bonne séparabilité, au terme de cette dernière observation qui confirme notre choix de sites, ce qui signifiera que presque la totalité des classes sont bien séparées.

III.2. Classification supervisée

III.2.1. Résultat de la classification

Après avoir réalisé la classification supervisée selon le maximum de vraisemblance « **Maximum Likelihood** », les images obtenues sont présentées au-dessous.

Image de la vallée 1999

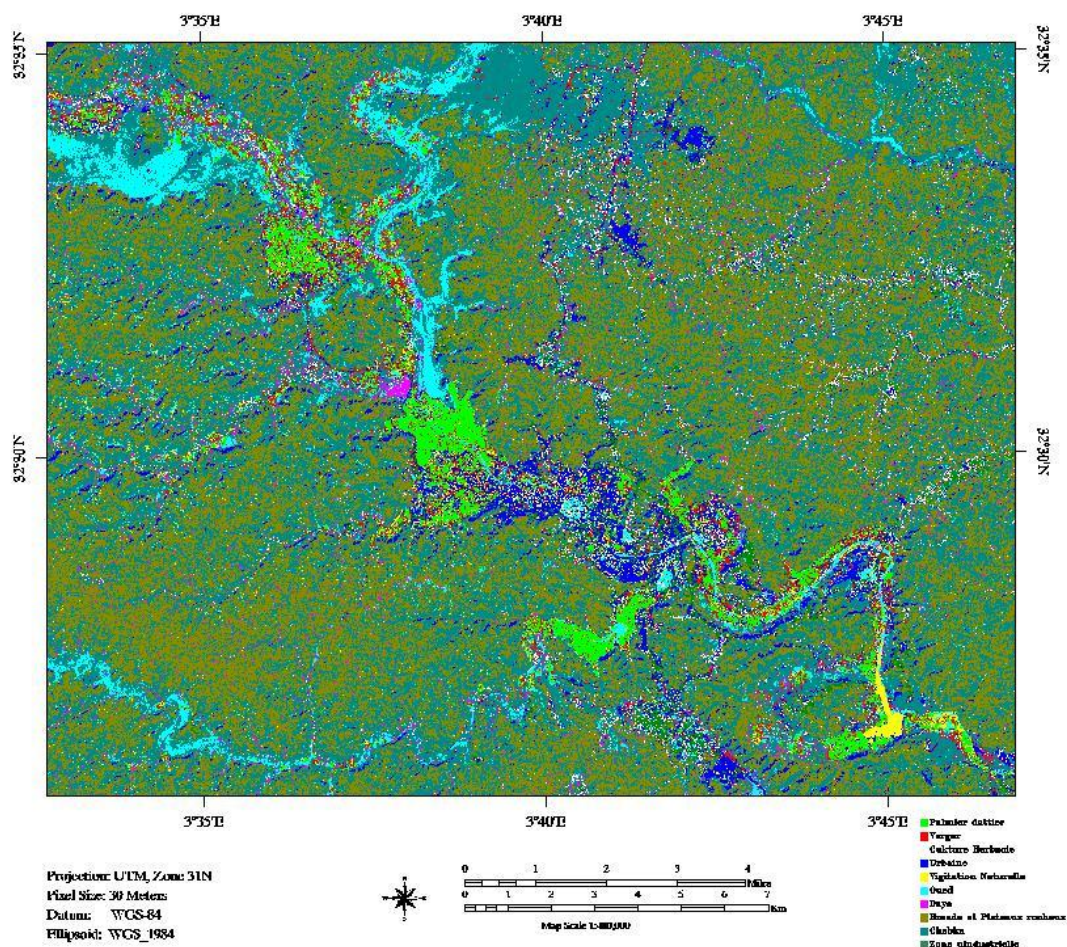


Image de la vallée 2021

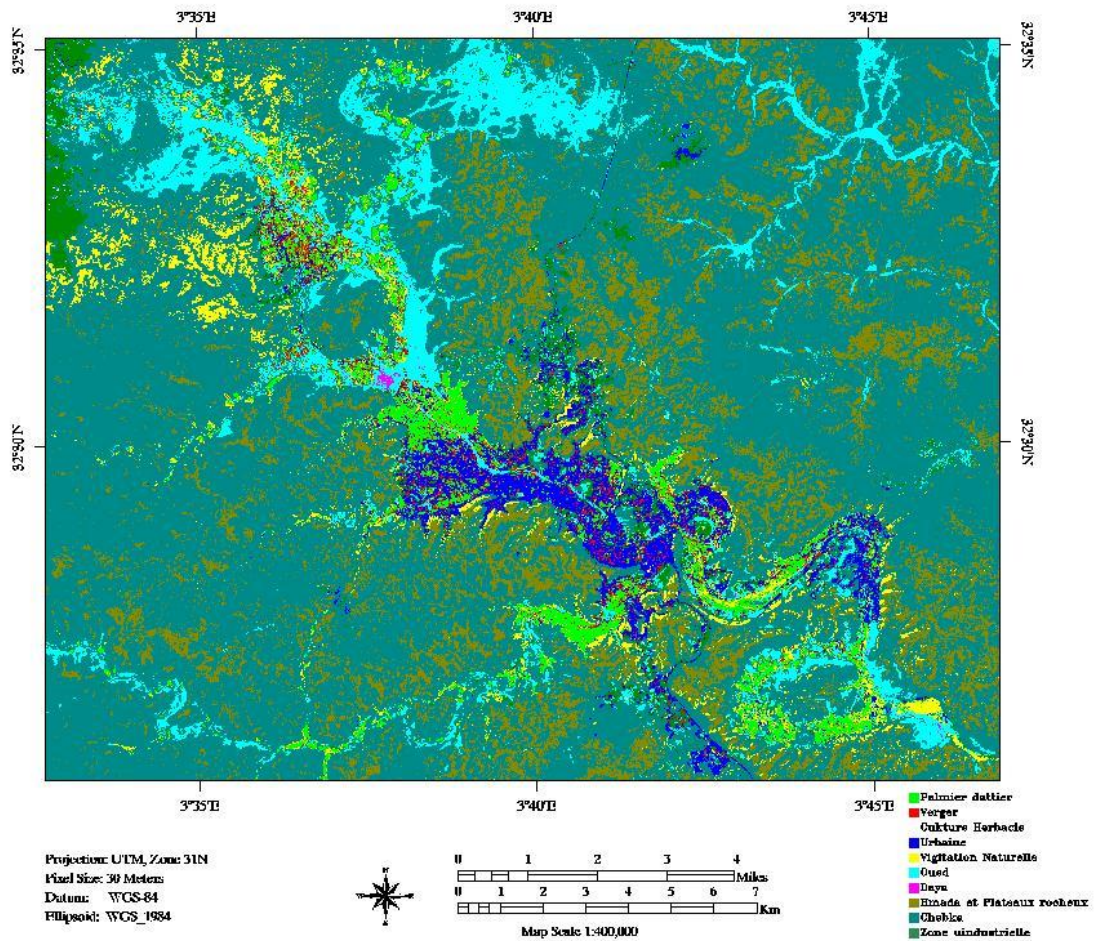


Figure 24 : Sortie des images par la classification supervisées

L'imagerie satellitaire de LANDSAT, est peut être adaptée pour la création des cartes à moyennes échelles qui donne un certains interprétations et une cohérence pour les phénomènes étudiés. Leur moyenne résolution spatiale, rend possible l'extraction des informations et des données qui on a besoin.

III.2.2. Agrégation de la classification

Cette perfectionnement facilite la vue et permettre d'avoir des images sans beaucoup de bruits qui on résulte en sortie de la classification des images coupées. Car les petits pixels qui n'ont pas une grande importance au niveau l'établissement de la cartographie et ils rendent l'opération de l'analyse fastidieuse.

image de la vallée 1999

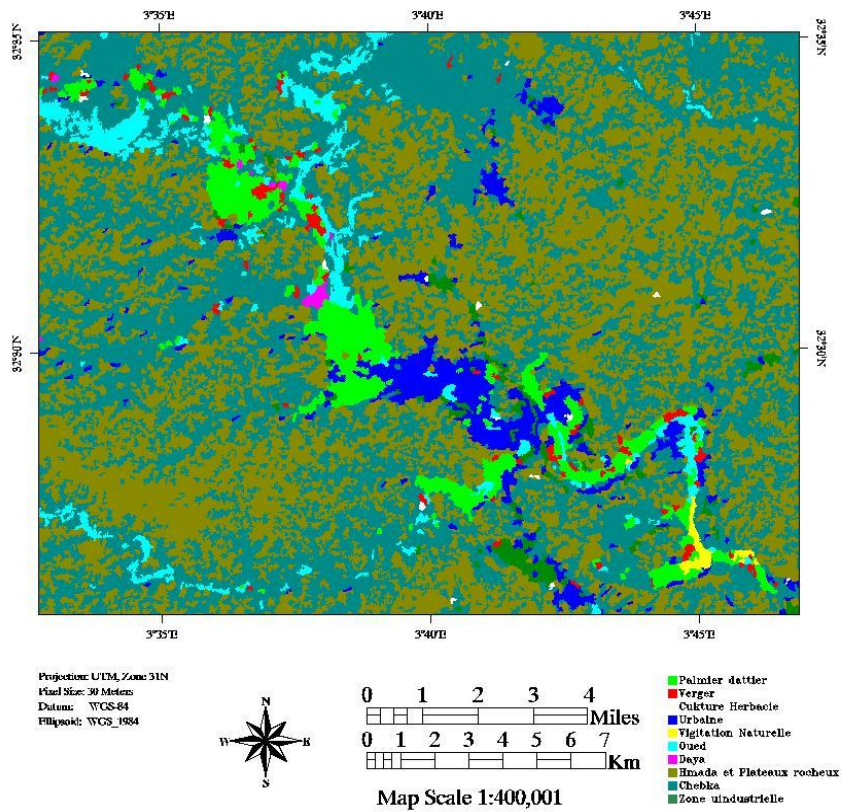


image de la vallée 2021

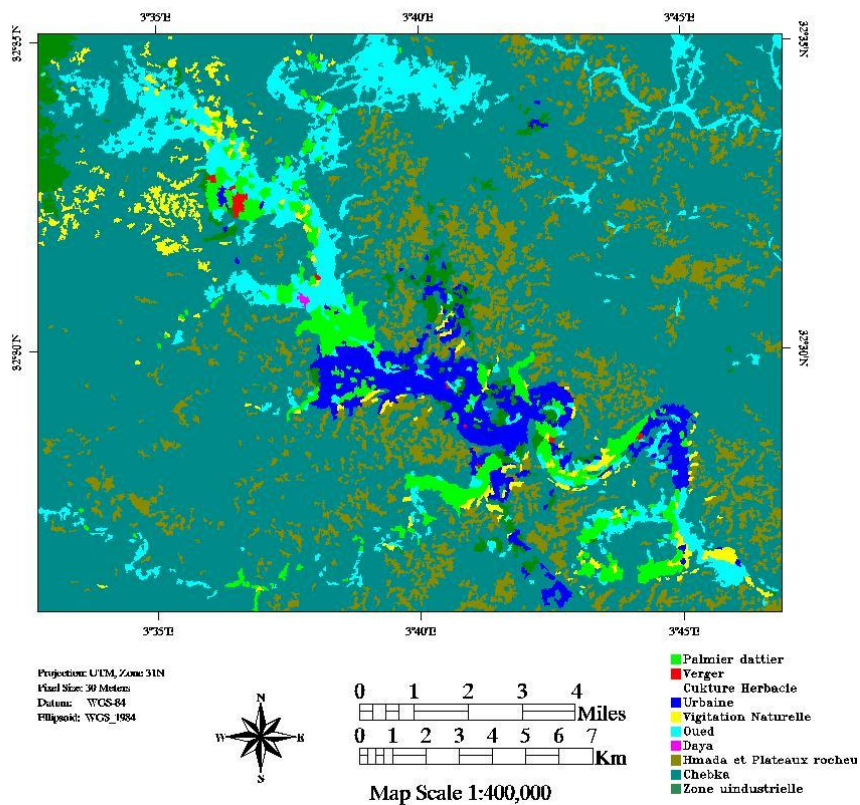


Figure 25 : Effet de l'agrégation de la classification

Le résultat est approuvé dans les images qui sont au- dessus, cela après l’assemblage les pixels de petites uniques avec celle qui sont constitués les régions d’intérêt proche.

III.2.3. Résultat d’examen de la classification

➤ **Matrice de confusion et Coefficient de Kappa**

Les matrices de confusion au-dessous nous permettre d’évaluer la qualité statistique pour les régions d’intérêts réalisés, notre but est de quantifier les pixels des classes de référence dans la même classe qui déjà affectée, donc les valeurs qui constituées le diagonale dans la matrice sont bien classés.

Tableau 11 : Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l’image 1999 (pixels)

Pixels de référence (terrain)														
Pixels affectés classification	Les classes	Palmier dattier	culture herbacée	Verger	Zone Industriel	Urbaine	Végétation naturelle	Oued	Daya	Plateaux rocheux	Chebka	total	Précision pour le réalisateur	Erreur de déficit
	Palmier dattier	53	02	12	00	22	08	43	00	00	00	140	38%	62%
	culture herbacée	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0	-	-
	Verger	00	00	00	00	01	01	00	00	00	01	3	0%	100%
	Zone Industriel	0	02	00	11	02	00	01	00	00	00	16	69%	31%
	Urbaine	00	04	01	03	53	00	38	00	00	03	102	52%	48%
	Végétation naturelle	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	2	100%	0%
	Oued	01	00	00	00	01	00	35	00	00	00	37	95%	5%
	Daya	01	00	00	00	00	00	02	15	00	00	18	83%	17%
	Plateaux rocheux	02	00	00	00	06	01	03	00	23	02	37	62%	38%
	Chebka	05	00	01	04	03	00	14	01	00	15	43	35%	65%
	Total	62	08	14	18	88	12	136	16	23	21	398		
	Précision pour le réalisateur	85%	0%	0%	61%	60%	16%	26%	93%	100%	71%			
Erreur de déficit	15%	100%	100%	39%	40%	84%	74%	7%	0%	29%				

Les valeurs bien classées (correctes) : $53 + 11 + 53 + 02 + 35 + 15 + 23 + 15 = 207$.

Le totale des valeurs : 398.

Précision globale : 52 %.

On la précision globale qui égale 52 % (rapport du nombre de pixels bien classés sur le nombre total de pixels), Dans notre exemple la précision globale = $207 / 398 = 52\%$, et le coefficient de Kappa = **0.4298**. La précision globale (**Overall Accuracy**) est moyenne car elle est 52 % (coefficient Kappa = 42%).

Tableau 12 : Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l'image 1999 (pourcentage)

		Pourcentage de référence (terrain)									
Pourcentage affectés classification	Les classes	Palmier dattier	culture herbacée	Verger	Zone Industriel	Urbaine	Végétation naturelle	Oued	Daya	Plateaux rocheux	Chebka
	Palmier dattier	85.48	25	85.71	0	25	66.67	31.62	0	0	0
	culture herbacée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verger	0	0	0	0	1.14	8.33	0	0	0	4.76
	Zone Industriel	0	25	0	61.11	2.27	0	0.74	0	0	0
	Urbaine	0	50	7.14	16.67	60.23	0	27.94	0	0	14.29
	Végétation naturelle	0	0	0	0	0	16.67	0	0	0	0
	Oued	1.61	0	0	0	1.14	0	25.74	0	0	0
	Daya	1.61	0	0	0	0	0	1.47	93.75	0	0
	Plateaux rocheux	3.23	0	0	0	6.82	8.33	2.21	0	100	9.52
	Chebka	8.06	0	7.14	22.22	3.41	0	10.29	6.25	0	71.43

L'évaluation de la matrice de confusion nous donne des observations sur les confusions entre classes :

Tableau 13 : Table de faible et forte confusion pour l'image de la vallée 1999

Faibles confusions (0.74-4.76 %)	Fortes confusions (6.25- 84.71 %)
Oued / Zone Industriel Urbaine / Verger Urbaine / Oued Palmier dattier / Oued Palmier dattier / Daya Oued / Daya Urbaine / Chebka Oued / Plateaux rocheux	Verger / Palmier dattier Végétation naturelle / Palmier dattier Oued / Dattier Palmier Culture herbacée / Urbaine Oued / Urbaine Zone Industriel / Chebka

➤ **Interprétation :**

1. 53 pixels sont correctement classes comme Palmier dattier d'un total de 62 pixels
2. 00 pixels sont correctement classes comme Culture herbacée d'un total de 08 pixels
3. 00 pixels sont correctement classes comme Verger d'un total de 14 pixels
4. 11 pixels sont correctement classes comme Zone industriel d'un total de 18 pixels
5. 53 pixels sont correctement classes comme Urbaine d'un total de 88 pixels
6. 02 pixels sont correctement classes comme Végétation naturelle d'un total de 12 pixels
7. 35 pixels sont correctement classes comme Oued d'un total de 136 pixels
8. 15 pixels sont correctement classes comme Daya (dépression) d'un total de 16 pixels
9. 23 pixels sont correctement classes comme Plateaux rocheux d'un total de 23 pixels
10. 15 pixels sont correctement classes comme Chebka d'un total de 21 pixels

Tableau 14 : Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l'image 2021(Pixels)

Pixels de référence (terrain)														
Pixels affectés classification	Les classes	Palmier dattier	culture herbacée	Verger	Zone Industriel	Urbaine	Végétation naturelle	Oued	Daya	Plateaux rocheux	Chebka	total	Précision pour le réalisateur	Erreur de déficit
	Palmier dattier	48	0	3	0	8	0	9	0	0	0	68	71%	29%
	culture herbacée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
	Verger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	100%
	Zone Industriel	0	0	0	10	4	0	0	0	0	0	14	74%	29%
	Urbaine	8	7	8	2	69	0	19	0	0	0	113	61%	39%
	Végétation naturelle	0	0	1	0	0	9	0	0	0	1	11	81%	19%
	Oued	2	1	2	0	0	2	107	0	0	2	116	92%	8%
	Daya	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	17	100%	0%
	Plateaux rocheux	0	0	0	0	0	0	0	0	22	2	24	92%	8%
	Chebka	3	0	0	6	6	1	6	0	0	17	39	44%	56%
	Total	61	8	14	18	87	12	141	17	22	22	402		
	Précision pour le réalisateur	79%	0%	0%	56%	79%	75%	75%	100%	100%	71%			
Erreur de déficit	21%	100%	100%	44%	21%	25%	25%	0%	0%	29%				

Les valeurs bien classées (correctes) : $48 + 10 + 69 + 09 + 107 + 17 + 22 + 17 = 299$.

Le totale des valeurs : 402.

Précision globale : 74.37%.

On la précision globale qui égale 74.37 % (rapport du nombre de pixels bien classés sur le nombre total de pixels), Dans notre exemple la précision globale = $299 / 402 = 74.37\%$, et le coefficient de Kappa = **0.6795**.

La précision globale (Overall Accuracy) est relativement bonne puisque elle est supérieure à 74 % (coefficient Kappa = 67%)

Tableau 15 : Matrice de confusion réalisée pour les dix classes de l’image 2021 (pourcentage)

Pourcentage de référence (terrain)											
Pourcentage affectés classification	Les classes	Palmier dattier	culture herbacée	Verger	Zone Industriel	Urbaine	Végétation naturelle	Oued	Daya	Plateaux rocheux	Chebka
	Palmier dattier	78.69	0	21.43	0	9.20	0	6.38	0	0	0
	culture herbacée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zone Industriel	0	0	0	55.56	4.60	0	0	0	0	0
	Urbaine	13.11	87.50	57.14	11.11	79.31	0	13.48	0	0	0
	Végétation naturelle	0	0	7.14	0	0	75.00	0	0	0	4.55
	Oued	3.28	12.50	14.29	0	0	16.67	75.89	0	0	9.09
	Daya	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
	Plateaux rocheux	0	0	0	0	0	0	0	0	100	9.09
	Chebka	4.92	0	0	33.33	6.90	8.33	4.26	0	0	77.27

Tableau 16 : Table de faible et forte confusion pour l’image de la vallée 2021

Faibles confusions (3.28 – 4.92 %)	Fortes confusions (6.38 - 100 %)
Urbaine / Zone Industriel Chebka / Végétation naturelle Palmier dattier / Oued Palmier dattier / Chebka Oued / Chebka	Verger / Palmier dattier Culture herbacée / Urbaine Verger / Urbaine Zone Industriel / Chebka

➤ **Interprétation :**

1. 48 pixels sont correctement classes comme Palmier dattier d’un total de 61 pixels
2. 00 pixels sont correctement classes comme Culture herbacée d’un total de 08 pixels
3. 00 pixels sont correctement classes comme Verger d’un total de 14 pixels
4. 10 pixels sont correctement classes comme Zone industriel d’un total de 18 pixels

5. 69 pixels sont correctement classes comme Urbaine d'un total de 87 pixels
6. 09 pixels sont correctement classes comme Végétation naturelle d'un total de 12 pixels
7. 107 pixels sont correctement classes comme Oued d'un total de 141 pixels
8. 17 pixels sont correctement classes comme Daya (dépression) d'un total de 17 pixels
9. 22 pixels sont correctement classes comme Plateaux rocheux d'un total de 22 pixels
10. 17 pixels sont correctement classes comme Chebka d'un total de 22 pixels

Le tableau dernier au-dessus à pour objectif l'amélioration la phase de choix des régions d'intérêts toujours avec une précision optimale, cela possible pour envisager la fusion des classes. Il est intéressant d'examiner les résultats sous l'angle de l'utilisateur et sous celui du réalisateur. Le tableau ci-dessous est instructif.

Les chiffres cités précédemment sont moyennement acceptable malgré les confusions males notées. Mais la validation d'une telle classification ne peut s'appuyer sur ces seuls chiffres. Il est primordial d'examiner la qualité de la classification à partir des informations de terrain. On calcule un pourcentage de qualité. Il faut contrôler la nature de tel pixel sur la carte correspond à la réalité sur le terrain. Donc La qualité de la classification = nombre de pixels validés / nombre de pixels testés

III.2.4. Indice «NDVI» calculé

L'indice «NDVI» prend en considération la densité du couvert végétal de la région d'étude qui affecte des valeurs fortes (gris claire), et au contraire les espaces de sol nu avec des valeurs presque nulles (noir).

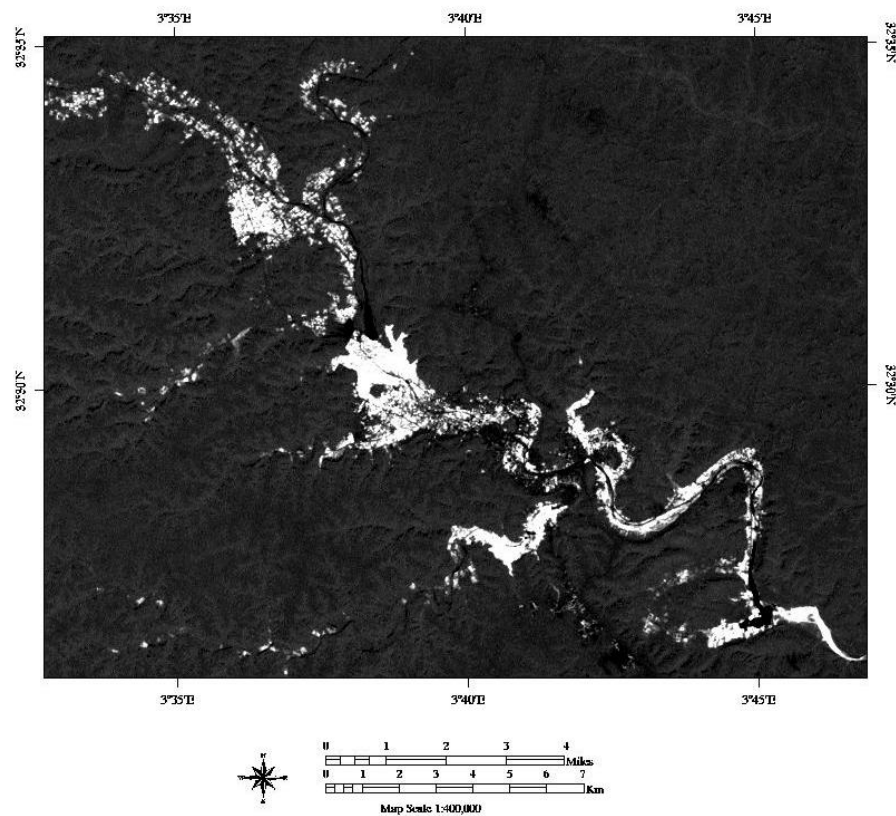


Figure 26: Indice de végétation «NDVI» sur l'image de la vallée 1999

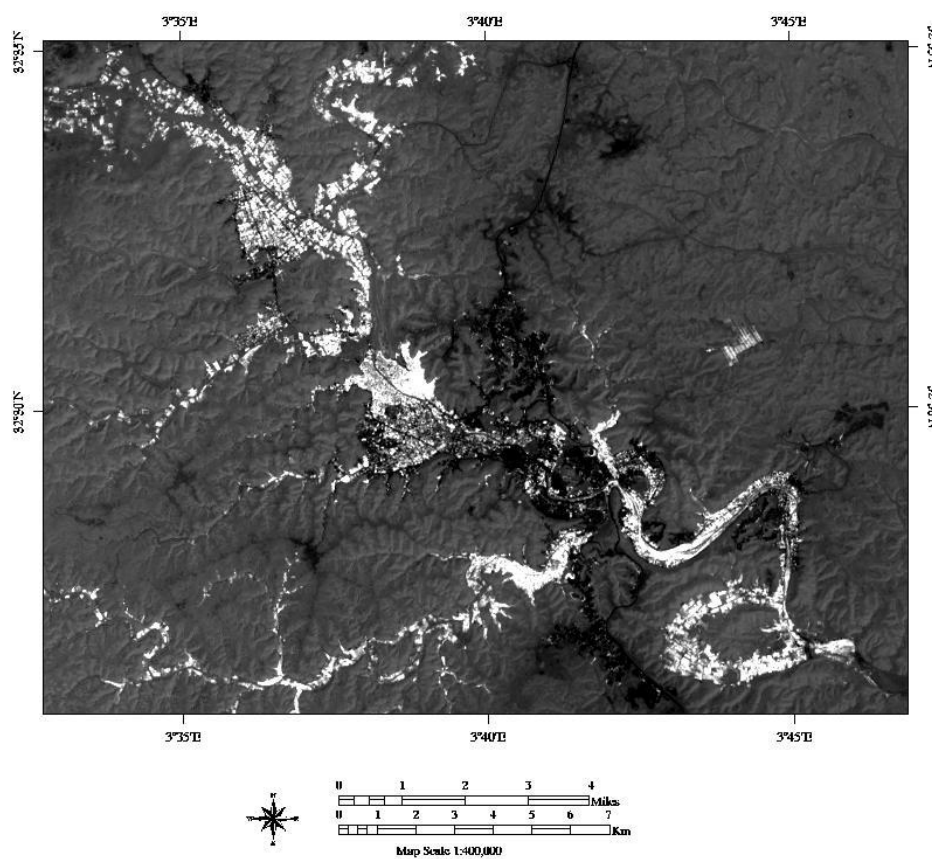


Figure 27 : Indice de végétation «NDVI» sur l'image de la vallée 2021

La lecture des images nous donne des informations comme :

- Des bonnes valeurs de l'indice «NDVI» pour le couvert végétal dense, qui est en relation aux palmiers dattier localisé dans le système oasien de la vallée du M'Zab.
- Des moyennes valeurs de l'indice «NDVI» pour le couvert végétal clairsemé, qui correspond à la végétation naturelle et la végétation herbacée, même le verger.
- Faibles valeurs de l'indice «NDVI» pour le reste, qui correspond à la urbaine et la plateau rocheux, et daya et zone industriel.

L'indice «NDVI» de l'année 2021 à un degré de végétation de la région d'étude bon et élevé en comparaison avec l'image 1999.

Les informations statistiques pour l'histogramme de l'indice «NDVI» de la région d'étude :

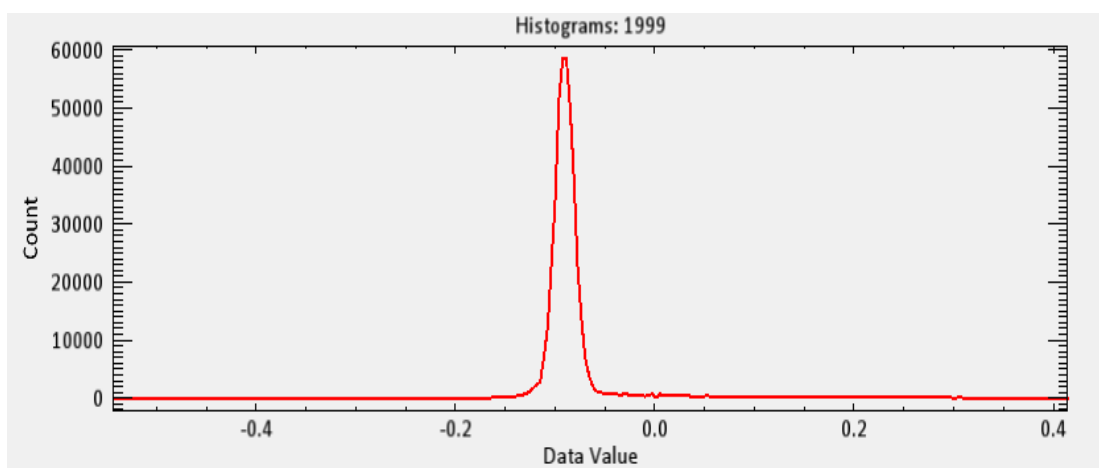


Figure 28 : Histogramme «NDVI» 1999

Tableau 17 : Statistique de l'indice «NDVI» de l'image de la vallée 1999

	Min	Max	Moyenne	Ecart type
Bande 1 NDVI Image 1999	-0.54	0.41	-0.08	0.05

Le tableau n°17, au-dessus montre un résumé sur les valeurs de l'indice «NDVI» pour l'image de la vallée en 1999.

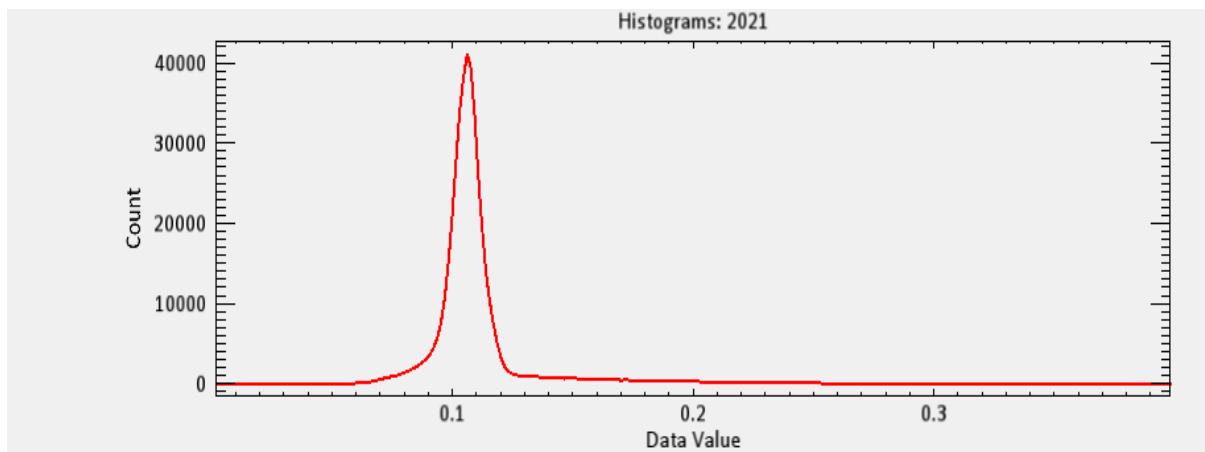


Figure 29 : Histogramme «NDVI» 2021

Tableau 18 : Statistique de l'indice «NDVI» de l'image de la vallée 2021

	Min	Max	Moyenne	Ecart type
Bande 1 NDVI Image 2021	0.00	0.40	0.11	0.02

Encore le tableau au-dessus montre un résumé sur les valeurs de l'indice «NDVI» pour l'image de la vallée en 2021.

A partir de l'indice «NDVI» calculé par le logiciel ENVI v 5.3, donc on a le récapitulatif des résultats dans le tableau suivant de deux périodes en 1999 et 2021.

Tableau 19 : Récapitulatif de l'indice «NDVI»

Année	Résultat
1999	- 0.54 — 0.41
2021	0.00 — 0.40

Enfin, une simple représentation avec un peu de détail est important on référant à la plage de graduant de tranchage de densité des valeurs de l'indice «NDVI» pour le-rendre compréhensible.

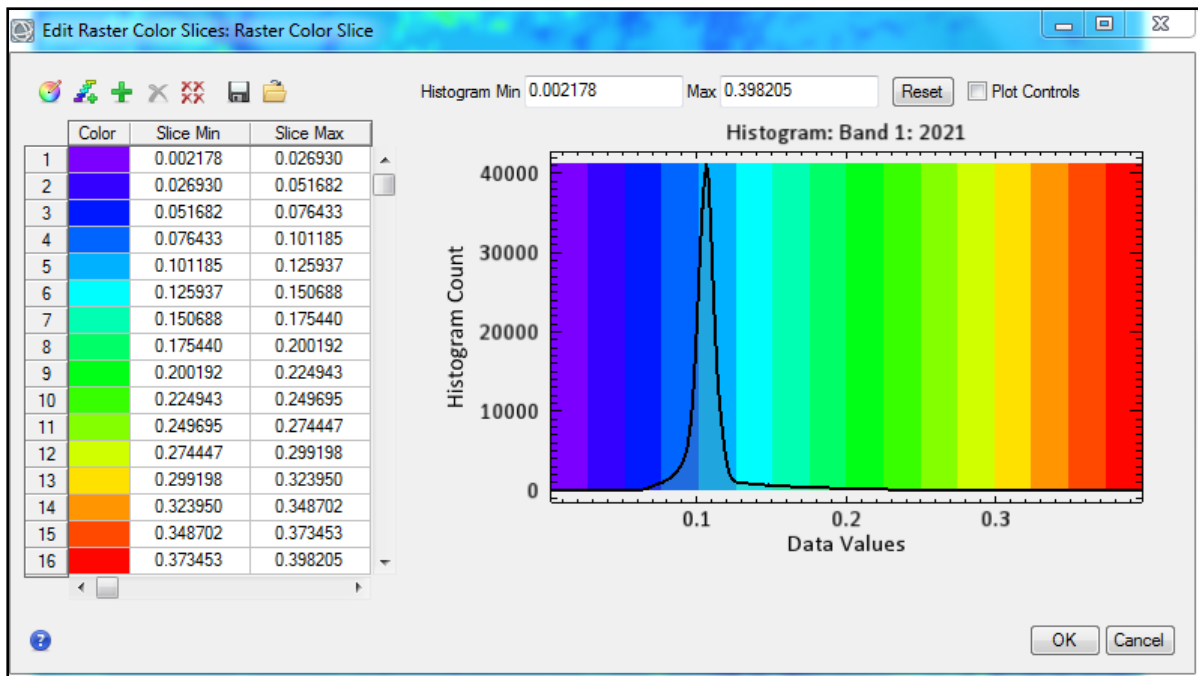


Figure 30 : Plage de graduant de tranche des valeurs de l'indice de végétation (image 1999)

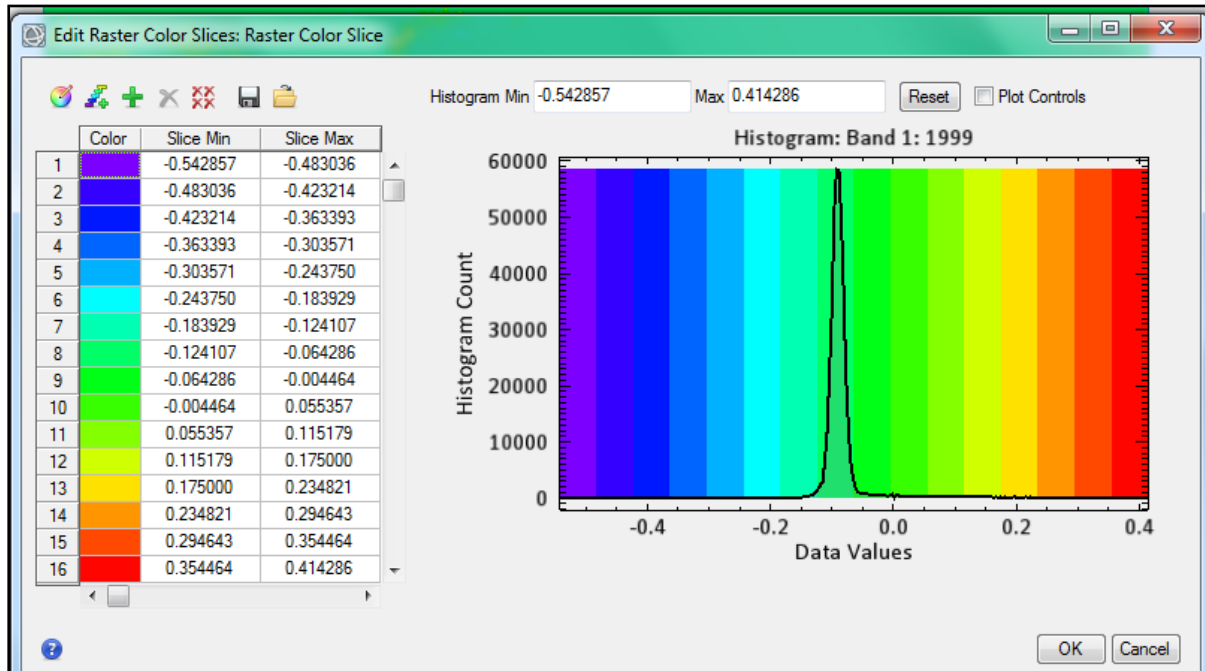


Figure 31 : Plage de graduant de tranche des valeurs de l'indice de végétation (image 2021)

Ces échelles graduant de couleurs affectés aux indices de végétation NDVI dont toutes les valeurs comprises dans un intervalle -1 et +1 qui s'étalent du bleu vif jusque au marron sombre. Le palmier dattier et les végétations qui sont en bonne santé et danses, occupent les meilleures valeurs de l'indice NDVI avec une couleur marron sombre. Car la dégradation de cette couleur jusque au bleu vif se refera à la végétation peu danse au clairsemée. La simulation de la classification de la tranche de densité sur l'indice de végétation NDVI, conduit la sortie des représentations cartographiques suivantes (Fig. 32; Tabl 20 ; 21).

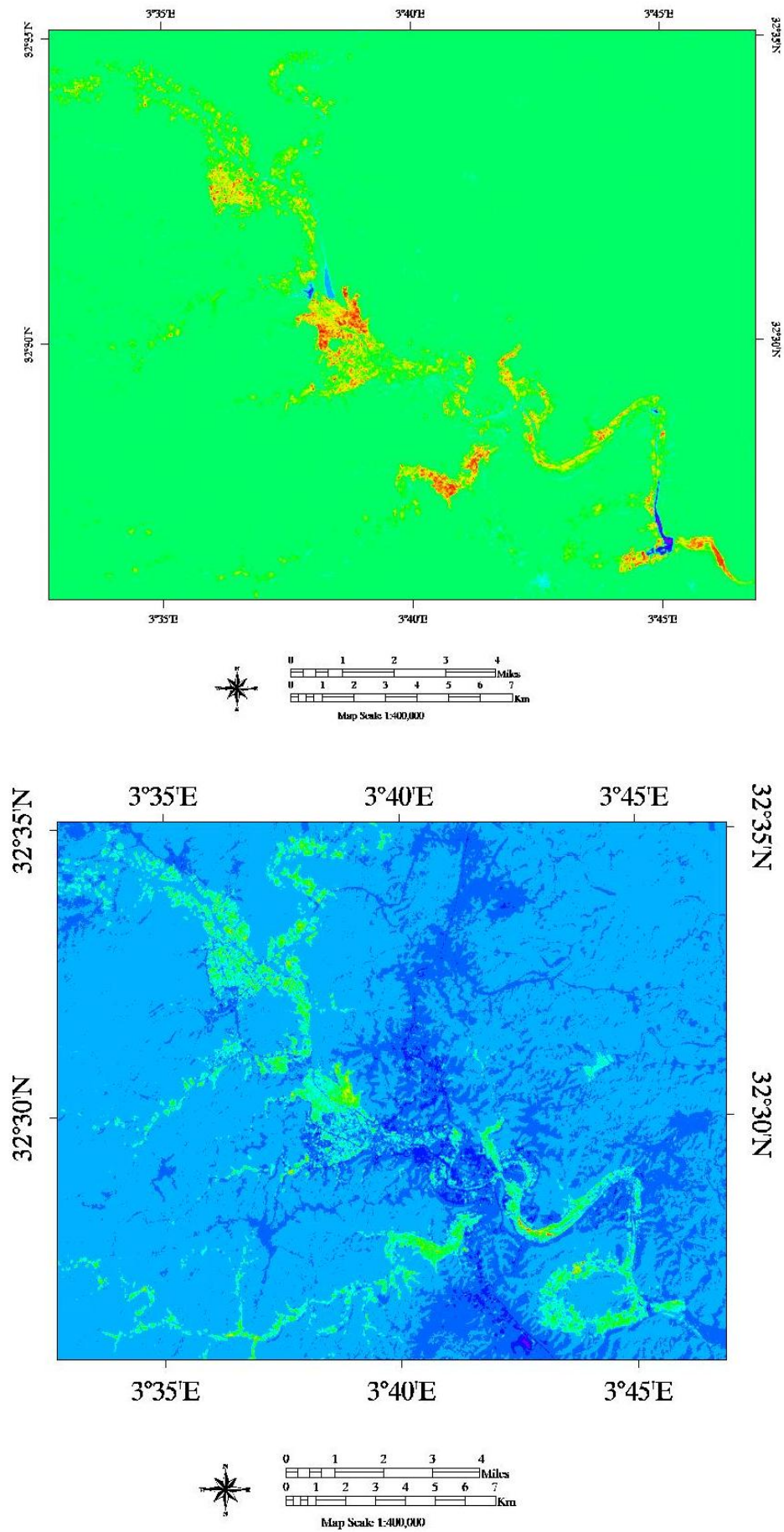


Figure 32 : Image NDVI (image 1999 et image 2021)

Tableau 20 : Résultat de tranche de densité (**densty silice**) de l'image 1999

Classe	NDVI	Total pixels	% Classe NDVI
1	-0.542857 to -0.483036	83	0.02
2	-0.483036 to -0.423214	93	0.02
3	-0.423214 to -0.363393	98	0.02
4	-0.363393 to -0.303571	104	0.02
5	-0.303571 to -0.24375	280	0.07
6	-0.24375 to -0.183929	305	0.07
7	-0.183929 to -0.124107	3561	0.84
8	-0.124107 to -0.064286	386237	90.90
9	-0.064286 to -0.004464	14049	3.31
10	-0.004464 to 0.055357	6128	1.44
11	0.055357 to 0.115179	4680	1.10
12	0.115179 to 0.175	3474	0.82
13	0.175 to 0.234821	2799	0.66
14	0.234821 to 0.294643	1966	0.46
15	0.294643 to 0.354464	923	0.22
16	0.354464 to 0.414286	145	0.03
	Total	424 925	100 %

Tableau 21 : Résultat de tranche de densité (**densty silice**) de l'image 2021

Classe	NDVI	Total pixels	% Classe NDVI
1	0.002178 to 0.02693	46	0.01
2	0.02693 to 0.051682	167	0.04
3	0.051682 to 0.076433	4312	1.01
4	0.076433 to 0.101185	79908	18.75
5	0.101185 to 0.125937	308900	72.47
6	0.125937 to 0.150688	13319	3.12
7	0.150688 to 0.17544	8358	1.96
8	0.17544 to 0.200192	5412	1.27
9	0.200192 to 0.224943	3208	0.75
10	0.224943 to 0.249695	1622	0.38
11	0.249695 to 0.274447	635	0.15
12	0.274447 to 0.299198	243	0.06
13	0.299198 to 0.32395	58	0.01
14	0.32395 to 0.348702	32	0.01
15	0.348702 to 0.373453	15	0.00
16	0.373453 to 0.398205	5	0.00
	Total	426 240	100 %

III.3. Détection des changements

Les cartes d'occupation de la végétation résultantes, nous permettent de décrire les entités ou les composantes de la région étudiée, et d'extraire donc l'information concernant l'évolution spatiotemporelle et d'effectuer une analyse sur le changement détecté.

Cette étape a été réalisée avec l'utilisation de l'outil **Change Detection Statistic** qui se trouve dans la palette **Change Detection** du **Toolbox** (Envi v 5.3), (Tabl 22 ; 23 ; Fig. 32 ; 33).

Les tableaux au-dessous regroupent des informations concernant, le nombre de pixels et le pourcentage de chaque classe par rapport les autres classes, et même la surface (m²) de la région d'étude dans les deux dates, puis conclure l'augmentation ou la diminution.

L'analyse des résultats se traduit en remarquées suivantes :

Tableau 22 : Répartition spatiale des classes de l'image 1999

Classe	Nombre de pixels	% nombre de pixels	Superficie (km ²)	Superficie (Ha)	Superficie %
Palmier dattier	18542	4%	16,69	1669	4%
Culture herbacée (maraîchère)	484	0%	0,44	44	0%
Verger (Arboriculture)	3149	1%	2,83	283	1%
Zone industriel	5572	1%	5,01	501	1%
Urbaine	15767	4%	14,19	1419	4%
Végétation naturelle	936	0%	0,84	84	0%
Oued	13389	3%	12,05	1205	3%
Daya (dépressions)	602	0%	0,54	54	0%
Hamada et plateau rocheux	171604	40%	154,44	15444	40%
Chebka	194880	46%	175,39	17539	46%
Total	424925	100%	382,42	38242	100 %

Tableau 23 : Répartition spatiale des classes de l'image 2021

Classe	Nombre de pixels	% nombre de pixels	Superficie (km ²)	Superficie (Ha)	Superficie %
Palmier dattier	13988	3%	12,59	1259	3%
Culture herbacée (maraîchère)	0	0%	0	0	0%
Verger (Arboriculture)	457	0%	0,41	41	0%
Zone industrielle	9048	2%	8,14	814	2%
Urbaine	15675	4%	14,11	1411	4%
Végétation naturelle	7951	2%	7,16	716	2%
Oued	31939	7%	28,75	2875	7%
Daya (dépressions)	91	0%	0,08	8	0%
Hamada et plateau rocheux	42769	10%	38,49	3849	10%
Chebka	304322	71%	273,89	27389	71%
Total	426240	100%	383,62	38362	100 %

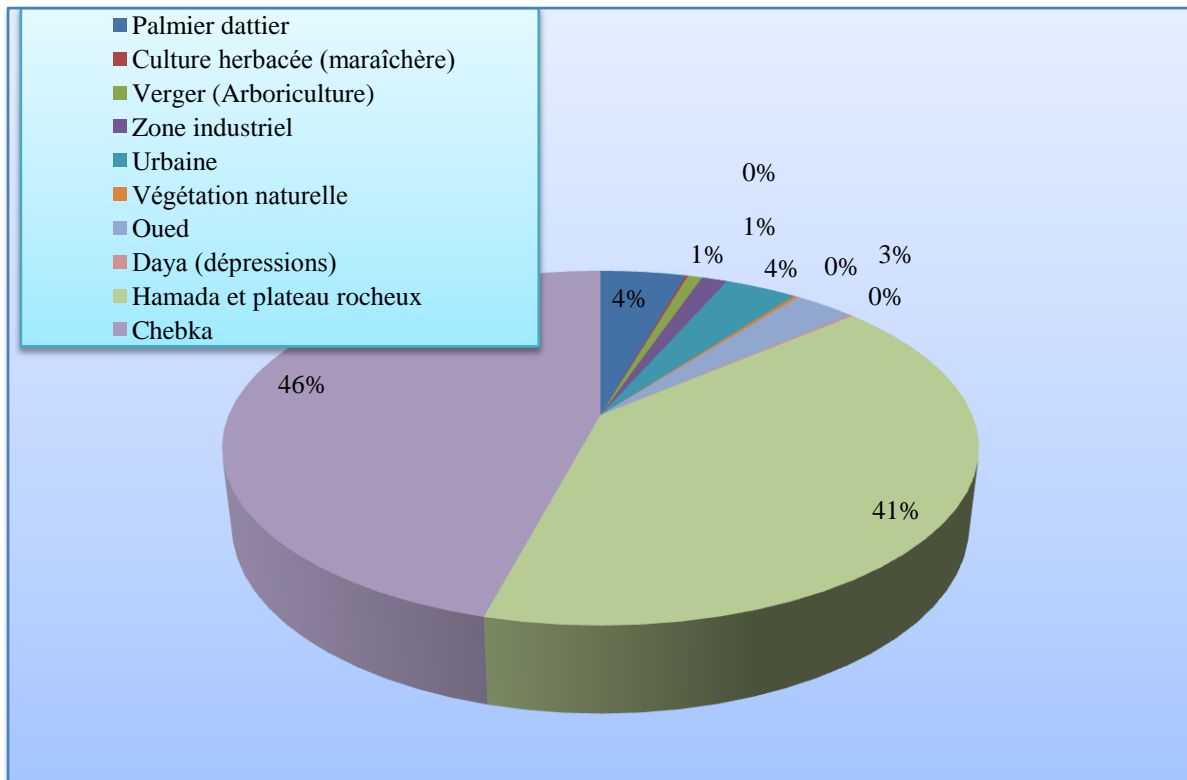


Figure 33 : Répartition spatiale des surfaces de l'image 1999

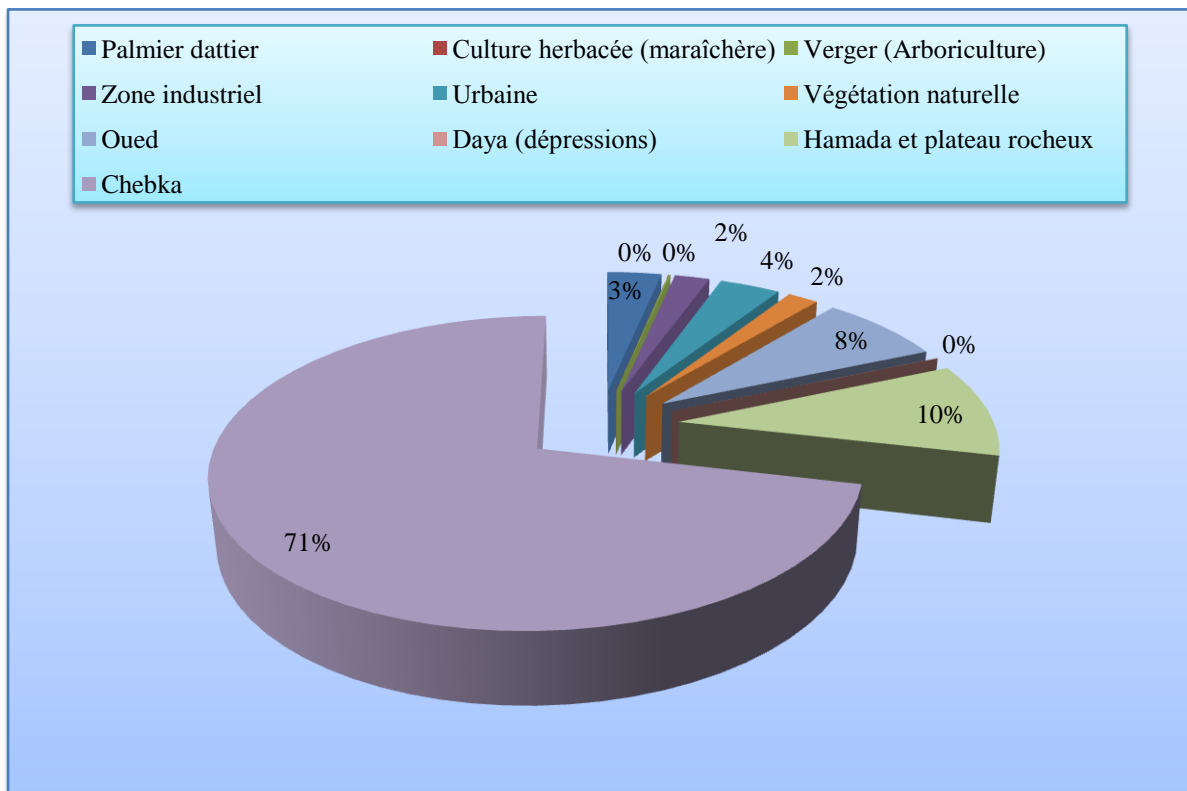


Figure 34: Répartition spatiale des surfaces de l'image 2021

Tableau 24 : Changements détectés

Classe	Superficie (km ²)	Superficie (Ha)	L'évolution %
Palmier dattier	-4,1	-410	-25%
Culture herbacée (maraîchère)	-0,44	-44	-100%
Verger (Arboriculture)	-2,42	-242	-86%
Zone industrielle	3,13	313	62%
Urbaine	-0,08	-8	-1%
Végétation naturelle	6,32	632	752%
Oued	16,7	1670	139%
Daya (dépressions)	-0,46	-46	-85%
Hamada et plateau rocheux	-115,95	-11595	-75%
Chebka	98,5	9850	56%

On a des grands changements (Tabl. 24) survenus sur les terrains et les classes qui sont l'objectif de ce travail, dans cette section on va analyser et évaluer donc l'évolution dans l'espace et dans le temps de différentes entités de système oasien dans la vallée du M'Zab et d'essayer de trouver des explications fiables concernant ces changements.

L'élaboration du tableau 24 et les figures 33 et 34 décrits :

- L'Oued et la chebka, ont une augmentation très importante et considérable pour la superficie qui été occupée entre l'année 1999 et 2021. La chebka elle a augmenté d'une superficie de 98.5 km², l'oued aussi avec 16.7 km² soit 56 % et 139 %. Respectivement.
- La végétation naturelle est connu une évolution spectaculaire apparente, elle occupe une surface importante par l'extension dans le territoire désertique, car elle est en relation avec les précipitations voir même s'il y a un manque de pâturage qui ont une influence directe sur le couvert végétale naturelle, cette évolution est de 6.32 km² soit 752 %.
- Au niveau de la zone industriel, l'augmentation de la surface est remarquable, elle plus de 3 km² soit 62 %.

- Les composantes qui ont forte régression, dont la variation est entre 0.44 km² et 115.95 km², sont la culture herbacée (maraichère) et le daya (dépressions), verger (arboriculture), le palmier dattier, aussi les hamadas et plateaux rocheux soit un pourcentage de -25 jusque -100 %.
- La composante urbaine qui a la diminution modeste et presque la plus faible 0.08 km² équivaut -1 %.

L'état des composantes de l'image en 1999 à l'échelle totale est presque non-similaire celle de l'année 2021, car l'évolution reconnus soit par la progression ou par la régression de ces composantes.

❖ Discussion

Pour avoir une bonne interprétation de nos résultats et pouvoir analyser la progression et la régression concernant les composantes d'étude dans la vallée du M'Zab et de mettre en cohérence toutes les facteurs et les causes soit physiques ou humaines de ces changements.

Après l'examen des remarques et les observations des tableaux et des figures au-dessus, tous représentant le phénomène d'évolution de la surface des composantes de la scène sur les dates en 1999 et en 2021 dans le système oasien de la vallée du M'Zab à Ghardaïa.

La région d'étude avoir subi un fort changement qui se manifeste sur une augmentation considérable de l'oued surtout dans les bordes qui se traduit par une extension surtout après l'inondation de deux milles huit, qui touche une partie importante de réseau d'oued par la destruction des maisons et des infrastructures situés dans les bordures de l'oued.

Le couvert végétal naturel a connu lui-même une évolution et cela peut se produit par la chute des précipitations, ou peut être le résultat des extensions massive de tissu végétale soit le manque de pâturage qui aide les espèces sauvage d'envahie de nouveaux endroits.

Au titre de mémoire qui est en relation directe au besoins de réaliser des investigation dans ce domaine, le palmier dattier et sa biodiversité qui se manifeste par une multitude de choix et de qualité, a connu aussi une régression très importante et considérable, car nous sommes dans un climat désertique et avec l'extension de tissu urbain, voir même la négligence remarquable de ce patrimoine agricole qui date plus d'un mil ans, et le rejet des effluents des eaux usées dans les puits d'eaux douce, mais malgré les souffrances qui peuvent la-rencontrent les population locales, cela n'empêchent pas les agriculteurs ou les autochtone de bâtir face au ce problème, le E. F. Gautie à dit que les palmeraies du Mzab ont été qualifiées de « fantaisies de millionnaires ».

Des nouvelles régions sont apparues comme la zone d'Ntissa qui compose plus de sept localités culturelles, et même la zone de Laadira, Daya Bendahoua, Ourighnou dans le nord de la commune de Ghardaïa, et cela presque balancé plus au moins la coupe des palmiers dattiers au niveau du système oasien de la vallée du M'Zab, peut être l'effet de la succession spatiotemporelle.

La hausse/diminution de verger, produite par la réticence des gens à propos de l'arboriculture, car cette régression presque touche toutes les surfaces agricoles, et il faut prendre connaissance que la présence d'une nappe s'appelle système aquifère du Sahara septentrional (SASS), qui alimente en eau la totalité de besoin des autres activités comme l'industrie. La réalisation de nouvelles agglomérations, qui est normalement doit être orientée vers l'approvisionnement des cultures locales et la réalisation de nouveaux périmètres agricoles.

Cependant l'urbaine est la cause principale et essentielle dans la transformation, et le changement du système oasien dans la vallée du M'Zab à partir de Daya Ben Dahoua jusqu'à l'aval d'oued M'Zab au niveau l'Atteuf, et influence des surfaces importantes de la hamada et plateaux rocheux, voir aussi les dépressions. On rappelle que la région d'étude située au centre d'oued M'Zab qui est le porteur de plusieurs chaabs (récifs) qui alimentent l'oued par des quantités dix fois dépassent leur capacité, et cela se manifeste par l'augmentation énorme la superficie de chebka.

L'évolution de la superficie pour la zone industrielle est à cause de nombreux facteurs, parmi lesquels : le besoin de marché aux différents produits de consommation, et l'orientation de la main d'œuvre locale vers un secteur plus productif et gagnant qui est l'industrie, et cela poussé par l'avancement des technologies et le changement du degré de la consommation.

Sans oublier les dégâts et les catastrophes causées par des facteurs naturels comme l'inondation, la désertification, l'érosion soit éolienne ou hydrique, ils ont une part dans la dégradation des hamadas et plateaux rocheux, et les dayas (dépressions), prouvée par leur taux d'évolution qui est très important et les conséquences néfastes qui ont un bilan catastrophique lourd à long terme.

- **Contraintes et limites face à la réalisation de notre travail**

- ❖ Résolution spatiale moyenne offerte, ne baisse pas au-dessous 30 mètres.
- ❖ L'équipement matériel est limité.
- ❖ Temps long pour l'acquisition et la collecte des informations nécessaires.
- ❖ Complexités de traitement des images.

- Des réflexions pour préserver le reste du système oasien de la vallée du M'Zab

- ✓ Le palmier dattier constitué l'arbre principal du système oasien par l'excellence. Donc il faut affecter une attention spatiotemporelle sérieuse avec la restitution les anciens puits d'eaux enterrées par l'homme, et la purification des autres qui sont pollués.
- ✓ Maitriser les contraintes, et changements agissant l'extension urbaine qui s'éclate vers le tissu végétale qui est fragile et délicat.
- ✓ Interroger les bilans et leurs résultats concernant la relation entre l'être humaine et l'environnement et présente les domaines de préservation.
- ✓ Fixer des nouveaux objectifs ambitieux à moyen et long terme pour protéger les patrimoines culturels et matériel de l'ancienne palmeraie.
- ✓ Mettre en œuvre une politique de développement durable et des programmes d'investissements colossaux afin dynamiser les activités écologiques locales.
- ✓ Encourager les jeunes hommes d'aller vers la création de nouvelles palmeraies et périmètres agricoles, cultures maraichères et la recherche de nouveaux sites.
- ✓ Création de carte des zones inondables de la vallée afin d'éviter les dégâts humains et matériels.

- Conclusion

Le système oasien dans la vallée du M'Zab à une importance local et national et même au niveau international, surtout dans les dernières décennies tant que il est inscrit dans le patrimoine culturelle mondial avec son création autonome au centre du désert de l'Algérie.

Pour la valorisation de paysage dans la vallée du M'Zab avec des scènes à moyenne résolution et spécifiquement avec l'utilisation des images satellitaires LANDSAT 7 ETM + et 8 OLI, donc nous sommes besoin de l'utilisation d'un outil informatique sophistiqué dans le domaine écologique, car il nous donne des résultats fiables avec une incertitude presque négligeable, encor plus tous le monde sont concernés par la conservation de l'univers, et de le-préserver face au catastrophes soit anthropiques ou naturelles s'il y a lieu.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail, les images satellitaires, surtout qui sont offertes gratuitement aux larges publique à titre d'exemple, les scènes du LANDSAT, constituent une source gigantesque pour une multitude de gens, surtout pour les étudiants universitaires car la facilité de leur acquisition, la résolution acceptable, les niveaux de traitement appliqué constituent une base solide, soit pour l'obtention des informations dans un temps réel, ou en vue de réaliser des cartes d'occupation de la végétation ou du sol sur des endroits bien choisies. Et enfin permet d'analyser, et interpréter les évolutions soit dans le temps ou dans l'espace, ou spatiotemporel d'un phénomène.

L'objectif principal de notre travail que nous avons déjà abordé au début de cette étude est d'avoir les changements et les transformations majors survenus pour le palmier dattier et d'autres composantes constituent le système oasien de la vallée du M'Zab au niveau de la wilaya de Ghardaïa. Cela par l'application d'une manière scientifique qui est la télédétection basée sur la comparaison des images prises en 1999 et en 2021 issus de traitement sous le logiciel envi v 5.3 et en passant par la classification supervisée, avec le calcul de l'indice de végétation «NDVI», afin de déduire les facteurs induisant le changement d'état.

L'utilisation décrite précédemment dans cette étude, elle nous donne l'état actuel d'occupation de la végétation et une vue globale des changements survenus et leurs effets au sein de notre système oasien. Donc nous avons examiné les états et de ressortir les causes de changement d'état qui sont humaines et naturels.

La rencontre de ces éléments avec le manque d'une source d'eau durable est l'origine de l'état d'occupation végétale, sur le terrain oasien désertique. Le bilan que nous avons déjà, est une source fiable et constitue un choix permet d'analyser et évaluer les différentes entités à travers la cartographie en mettant en évidence la limite des données et informations que nous avons et les répercussions qui affectent l'exactitude de ce travail.

En suivant ce travail de master, l'étape suivante pourrait être une planification plus stratégique et touche une surface régionale (au niveau de la wilaya de Ghardaïa), afin de construire une carte, contienne toutes les données disponibles, même pour la réalisation d'une carte de la variation spatiale des différentes variétés de palmier dattier, les différentes composantes existantes, avec l'application d'autres indices intéressants dans le but de savoir les potentialités locales et avoir un développement durable.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

ABDEDOU M. *Modélisation et représentation multi-échelle de données localisées*. Mémoire de magister : technique spatiale et applications. Oran : Centre National Des Techniques Spatiales, 2002,100p.

ABDELLAOUI A. Aupelf Uref, *Changements globaux et désertification*, précis de télédétection, volume 02, 1996, 535-569 pp.

ABONNEAU J. *Préhistoire des M'Zab*. Thèse doctorat : Art et Archéologie. Paris 1, 1983, 268p.

A.B.H.S. *Colloque international sur les ressources en eau dans le Sahara*. Ouargla : ABSH, 2005, 194 p.

A.N.R.H. *Inventaires Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya De Ghardaïa*. Ghardaia : Rapport de l'Agence nationale des ressources hydriques. 2007 ,18 p.

BUELGUEDJ, M. *Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie*. INRAA El-Harrach, 2007.

BANNARI A, MORIN D, HEUTE A.R. ET BONN F. *A review of vegetation indices*. *Remote sensing Reviews*, n°13, 1995, 95-120pp.

BELGIAN SITE OBERVATION. *Petit guide de la télédétection – Introduction*. [En ligne] Disponible sur : < <https://eo.belspo.be/fr/introduction/>> (Consulté le 12/05/2021).

BENKENZOU D. CHEGMA S. MERAKCHI F. ZIDANE B. *Monographie de la wilaya de Ghardaïa*, Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T.), 2006, 122 p.

BENSAHA H. BENSAHA L. ACHOUR M. *Réflexion pour préserver l'environnement : cas de la vallée du M'Zab (Algérie)*. Laboratoire de protection d'écosystème en zones arides et semi-arides, Ouargla : Université Kasdi Merbah, 2011, 13p

BENMAMAR S. POULARD C. BERREKSI A. PAQUIER A. SIOUSSIOU R. *Du système hydraulique ancestral des M'Zab aux techniques alternatives pour la gestion des inondations*. NOVATECH, 2016.

BONN F. ROCHON G. Aupelf, *Principes et méthodes*, précis de télédétection. Volume 01, 1996.

Références bibliographiques

CHALABI K. *Etude floristique des formation saharienne et de la germination des graines de Retama retam (Webb) de la région de Taleb El Arbi (W. d'El Oued).* Mémoire de magister : Sciences de l'environnement et climatologie, Oran : Université d'Oran, 2008,134p

CHANDER G. BRIAN L. MARKHAM AND DENNIS D.L HELDER. *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors,* 2009, vol 113 n°05, p.893-903.

CHEHMA A. *Etude floristique et nutritive des parcours camelins du sahara septentrional algérien cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa.* Thèse de doctorat : biologie appliquée, Annaba : Université BADJI-MOKHTAR, 2005,198p.

CHEHMA A. *Le Saharien Algérie, situation et défis. Laboratoire de Bio ressources sahariennes. Préservation et valorisation.* Ouargla : Université Kasdi Merbah, 2011, 8p.

CORPUS. *Vallée du M'Zab. Architecture Traditionnelle Méditerranéenne.* [En lign]. Disponible sur : < <http://www.vitamedz.org/articlesfiche/2/2646.pdf>> (Consulté le 29/04/2021).

DESHAYES M. *La télédétection en agriculture.* Montpellier : CIHEAM. 1991, 154 p.

DEMANGEOT J. *Les milieux naturels désertiques,* 2^{ème} édition, Paris : Jouve, 1981, 250p.

GASQUET N. ENNIH J. LIEGEOIS A. SOULAIMANI. MICHARD A. *The pan-african belt. In Continental evolution: the geology of Morocco.* Berlin 2008, 33-64pp.

JERBI M. *Précis de phoeniciculture.* FAO, 1994, 192 p.

DIRECTION DE PLANIFICATION D'AMENAGEMENT DES TERRITOIRES (DPAT). *Atlas de*

Ghardaïa, 2005, 132 p.

DIRECTION DE PLANIFICATION D'AMENAGEMENT DES TERRITOIRES (DPAT). *Annuaire statistique de la Wilaya de Ghardaïa.* Volume 1 et 2, 2009, 84p.

DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES GHARDAÏA. *Evolution de la culture de la datte,* 2014.

DUBOST D. KADA A. *Étude expérimentale de l'inoculation de jeunes palmiers dattiers issus de semis par Fusarium oxysporum,* Bulletin agronomie saharienne, volume.1, 1974, 19-27pp.

Références bibliographiques

EUROPEAN

SPACE

AGENCY

LS07_RNSG_ETM_GTC_1P_19991130T101301_19991130T101329_003332_0195_0037_48
65 [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.esa.int/>> (Consulté le 08/03/2021).

FREDIRIQUE A. *Biotechnologies du palmier dattier*. Marseille : IRD, 2010, 261p

HADDOUCHE D. *Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection «images landsat tm » cas de la région de ghassoul(el-bayadh)*. Mémoire de magister : Sciences agronomiques. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, 1998, 138 p.

HAKIMI DDJELL Y. ORBAN P. CHETTIH M. BROUYERE S. *Pour une exploitation raisonnée des ressources en eaux souterraines du Sahara algérien, région de Ghardaïa : état des lieux et recommandations*. Bruxelles : Université de Liège, 2019, 10p.

IMEN B, BADREDDINE Y. NADJAT M. ZOHIR B. *Urbanisation de la vallée du M'Zab et mitage de la palmeraie de Ghardaïa (Algérie) : un patrimoine oasien menacé*, [En ligne], Disponible sur : < <http://journals.openedition.org/belgeo/24469>> (Consulte le 13/04/2012).

J-P CHEREL. *classification d'images de télédétection*, Montpellier 3, Cours, 2010, 13p.

KEBILI M. BOUSELSAL B. GOUAIDIA L. *Etude hydrogéologique de l'aquifère de continental intercalaire (CI) dans la région de Ghardaïa (Sud Algérie)*. Ouargla : Université Kasdi Merbah 2019,7p.

LU D. MAUSEL P. BRONDIZIO E. MORAN E. *Change detection techniques*, International journal of remote sensing, vol.25, 2004, 2365-2407pp.

MARC M. *La ville et le désert, le bas-Sahara algérien*, Prais : IREMAM- KARTHALA. 2004, 123p.

MINISTERE FRANÇAISE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE.
Comment choisir son image satellitaire? [En ligne] Disponible sur : < <https://www.applisat.fr/generalites-satellites/choisir-image-satellitairer>> (Consulté le 24/03/2021).

OFFICE NATIONALE DE METROLOGIE GHARDAÏA (O.N.M). 2015.

OZENDA P. *Flore du Sahara*. Paris : CNRS, 2^{ème} Edition, 1983.

Références bibliographiques

UNATED STATES GEOLOGICAL SURVEY.
LC08_LITP_195037_20210408_20210416_01_T1 [En ligne]. Disponible sur : <
<https://earthexplorer.usgs.gov/>> (Consulté le 13/03/2021).

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Séparabilités pour les régions d'intérêts (1999-2021)

➤ Input File: La Vallée 1999

ROI Name: (Jeffries-Matusita, Transformed Divergence)

Palmier dattier:

culture herbacée (maraîchère): (1.91625615 1.99999106)
Verger: (0.80459853 1.03640459)
Zone Industriel: (1.90186541 1.99557575)
Urbaine: (1.43406813 1.67979503)
végétation naturelle: (1.37584190 1.88926673)
Oued: (1.45186726 1.87351724)
Daya (Dépressions): (1.92181213 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.93885879 2.00000000)
Chebka: (1.75777000 1.99992425)

culture herbacée (maraîchère):

Palmier dattier: (1.91625615 1.99999106)
Verger: (1.73521805 1.99369025)
Zone Industriel: (1.09111233 1.51575016)
Urbaine: (1.47789555 1.92962410)
végétation naturelle: (1.86493032 1.99995618)
Oued: (1.68687188 1.99988975)
Daya (Dépressions): (1.93543880 1.99999997)
Hamada et plateaux rocheux: (1.91517799 1.99995432)
Chebka: (1.78363702 1.99942625)

Verger:

Palmier dattier: (0.80459853 1.03640459)
culture herbacée (maraîchère): (1.73521805 1.99369025)
Zone Industriel: (1.57125630 1.82465125)
Urbaine: (0.95947105 1.10880035)
végétation naturelle: (1.34728108 1.80688686)
Oued: (1.20520951 1.86813147)
Daya (Dépressions): (1.88801640 1.99999959)
Hamada et plateaux rocheux: (1.96213909 2.00000000)
Chebka: (1.71350538 1.99112751)

Zone Industriel:

Palmier dattier: (1.90186541 1.99557575)
culture herbacée (maraîchère): (1.09111233 1.51575016)
Verger: (1.57125630 1.82465125)
Urbaine: (1.15534815 1.38556332)
végétation naturelle: (1.76957197 1.98177586)
Oued: (1.51976680 1.84792633)
Daya (Dépressions): (1.97520063 1.99997777)
Hamada et plateaux rocheux: (1.92856278 1.99971562)
Chebka: (1.83594031 1.97426968)

Urbaine:

Palmier dattier: (1.43406813 1.67979503)
culture herbacée (maraîchère): (1.47789555 1.92962410)
Verger: (0.95947105 1.10880035)
Zone Industriel: (1.15534815 1.38556332)
végétation naturelle: (1.30011133 1.67705404)
Oued: (0.83014013 0.95792859)
Daya (Dépressions): (1.87414622 1.99985908)
Hamada et plateaux rocheux: (1.95072312 2.00000000)
Chebka: (1.66220039 1.89545848)

Annexes

végétation naturelle:

Palmier dattier: (1.37584190 1.88926673)
culture herbacée (maraîchère): (1.86493032 1.99995618)
Verger: (1.34728108 1.80688686)
Zone Industriel: (1.76957197 1.98177586)
Urbaine: (1.30011133 1.67705404)
Oued: (1.32064641 1.69865713)
Daya (Dépressions): (1.95519431 1.99999925)
Hamada et plateaux rocheux: (1.93297227 2.00000000)
Chebka: (1.78749995 1.99941439)

Oued:

Palmier dattier: (1.45186726 1.87351724)
culture herbacée (maraîchère): (1.68687188 1.99988975)
Verger: (1.20520951 1.86813147)
Zone Industriel: (1.51976680 1.84792633)
Urbaine: (0.83014013 0.95792859)
végétation naturelle: (1.32064641 1.69865713)
Daya (Dépressions): (1.58803111 1.98540510)
Hamada et plateaux rocheux: (1.88504278 2.00000000)
Chebka: (1.34334685 1.73466279)

Daya (Dépressions):

Palmier dattier: (1.92181213 2.00000000)
culture herbacée (maraîchère): (1.93543880 1.99999997)
Verger: (1.88801640 1.99999959)
Zone Industriel: (1.97520063 1.99997777)
Urbaine: (1.87414622 1.99985908)
végétation naturelle: (1.95519431 1.99999925)
Oued: (1.58803111 1.98540510)
Hamada et plateaux rocheux: (1.92785887 2.00000000)
Chebka: (1.74029193 1.99583626)

Hamada et plateaux rocheux:

Palmier dattier: (1.93885879 2.00000000)
culture herbacée (maraîchère): (1.91517799 1.99995432)
Verger: (1.96213909 2.00000000)
Zone Industriel: (1.92856278 1.99971562)
Urbaine: (1.95072312 2.00000000)
végétation naturelle: (1.93297227 2.00000000)
Oued: (1.88504278 2.00000000)
Daya (Dépressions): (1.92785887 2.00000000)
Chebka: (1.28257306 1.84326368)

Chebka:

Palmier dattier: (1.75777000 1.99992425)
culture herbacée (maraîchère): (1.78363702 1.99942625)
Verger: (1.71350538 1.99112751)
Zone Industriel: (1.83594031 1.97426968)
Urbaine: (1.66220039 1.89545848)
végétation naturelle: (1.78749995 1.99941439)
Oued: (1.34334685 1.73466279)
Daya (Dépressions): (1.74029193 1.99583626)
Hamada et plateaux rocheux: (1.28257306 1.84326368)

Pair Separation (least to most);

Palmier dattier and Verger - 0.80459853
Urbaine and Oued - 0.83014013

Annexes

Verger and Urbaine - 0.95947105
culture herbacée (maraîchère) and Zone Industriel - 1.09111233
Zone Industriel and Urbaine - 1.15534815
Verger and Oued - 1.20520951
Hamada et plateaux rocheux and Chebka - 1.28257306
Urbaine and végétation naturelle - 1.30011133
végétation naturelle and Oued - 1.32064641
Oued and Chebka - 1.34334685
Verger and végétation naturelle - 1.34728108
Palmier dattier and végétation naturelle - 1.37584190
Palmier dattier and Urbaine - 1.43406813
Palmier dattier and Oued - 1.45186726
culture herbacée (maraîchère) and Urbaine - 1.47789555
Zone Industriel and Oued - 1.51976680
Verger and Zone Industriel - 1.57125630
Oued and Daya (Dépressions) - 1.58803111
Urbaine and Chebka - 1.66220039
culture herbacée (maraîchère) and Oued - 1.68687188
Verger and Chebka - 1.71350538
culture herbacée (maraîchère) and Verger - 1.73521805
Daya (Dépressions) and Chebka - 1.74029193
Palmier dattier and Chebka - 1.75777000
Zone Industriel and végétation naturelle - 1.76957197
culture herbacée (maraîchère) and Chebka - 1.78363702
végétation naturelle and Chebka - 1.78749995
Zone Industriel and Chebka - 1.83594031
culture herbacée (maraîchère) and végétation naturelle - 1.86493032
Urbaine and Daya (Dépressions) - 1.87414622
Oued and Hamada et plateaux rocheux - 1.88504278
Verger and Daya (Dépressions) - 1.88801640
Palmier dattier and Zone Industriel - 1.90186541
culture herbacée (maraîchère) and Hamada et plateaux rocheux - 1.91517799
Palmier dattier and culture herbacée (maraîchère) - 1.91625615
Palmier dattier and Daya (Dépressions) - 1.92181213
Daya (Dépressions) and Hamada et plateaux rocheux - 1.92785887
Zone Industriel and Hamada et plateaux rocheux - 1.92856278
végétation naturelle and Hamada et plateaux rocheux - 1.93297227
culture herbacée (maraîchère) and Daya (Dépressions) - 1.93543880
Palmier dattier and

Annexes

➤ Input File: La Vallée 2021

ROI Name: (Jeffries-Matusita, Transformed Divergence)

Palmier dattier:

culture herbacée (maraîchère): (1.99969648 2.00000000)
Verger: (1.44026474 1.60687516)
Zone Industriel: (1.96818298 1.99999999)
Urbaine: (1.62515849 1.84325842)
végétation naturelle: (1.57350002 1.91846267)
Oued: (1.97275566 1.99998911)
Daya (Dépressions): (2.00000000 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.99999908 2.00000000)
Chebka: (1.97527874 1.99966045)

culture herbacée (maraîchère):

Palmier dattier: (1.99969648 2.00000000)
Verger: (1.99887203 2.00000000)
Zone Industriel: (1.99150461 2.00000000)
Urbaine: (1.99398676 2.00000000)
végétation naturelle: (1.99998986 2.00000000)
Oued: (1.98002902 2.00000000)
Daya (Dépressions): (2.00000000 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (2.00000000 2.00000000)
Chebka: (1.99467403 2.00000000)

Verger:

Palmier dattier: (1.44026474 1.60687516)
culture herbacée (maraîchère): (1.99887203 2.00000000)
Zone Industriel: (1.86842446 1.99999997)
Urbaine: (1.45122449 1.81608211)
végétation naturelle: (1.81741003 1.99969840)
Oued: (1.87277584 1.99988545)
Daya (Dépressions): (2.00000000 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (2.00000000 2.00000000)
Chebka: (1.95495796 1.99999886)

Zone Industriel:

Palmier dattier: (1.96818298 1.99999999)
culture herbacée (maraîchère): (1.99150461 2.00000000)
Verger: (1.86842446 1.99999997)
Urbaine: (1.52480392 1.84556217)
végétation naturelle: (1.93955491 2.00000000)
Oued: (1.61561806 1.93352840)
Daya (Dépressions): (1.99998009 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.99987751 2.00000000)
Chebka: (1.83522129 1.96318520)

Urbaine:

Palmier dattier: (1.62515849 1.84325842)
culture herbacée (maraîchère): (1.99398676 2.00000000)
Verger: (1.45122449 1.81608211)
Zone Industriel: (1.52480392 1.84556217)
végétation naturelle: (1.87543658 1.99992873)
Oued: (1.74677490 1.92035227)
Daya (Dépressions): (1.99999993 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.99999239 2.00000000)
Chebka: (1.88084017 1.97884836)

Annexes

végétation naturelle:

Palmier dattier: (1.57350002 1.91846267)
culture herbacée (maraîchère): (1.99998986 2.00000000)
Verger: (1.81741003 1.99969840)
Zone Industriel: (1.93955491 2.00000000)
Urbaine: (1.87543658 1.99992873)
Oued: (1.94793376 2.00000000)
Daya (Dépressions): (1.99999946 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.99231321 2.00000000)
Chebka: (1.92980713 2.00000000)

Oued:

Palmier dattier: (1.97275566 1.99998911)
culture herbacée (maraîchère): (1.98002902 2.00000000)
Verger: (1.87277584 1.99988545)
Zone Industriel: (1.61561806 1.93352840)
Urbaine: (1.74677490 1.92035227)
végétation naturelle: (1.94793376 2.00000000)
Daya (Dépressions): (1.97122946 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.99969774 2.00000000)
Chebka: (1.67532052 1.90102161)

Daya (Dépressions):

Palmier dattier: (2.00000000 2.00000000)
culture herbacée (maraîchère): (2.00000000 2.00000000)
Verger: (2.00000000 2.00000000)
Zone Industriel: (1.99998009 2.00000000)
Urbaine: (1.99999993 2.00000000)
végétation naturelle: (1.99999946 2.00000000)
Oued: (1.97122946 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (2.00000000 2.00000000)
Chebka: (1.99917213 2.00000000)

Hamada et plateaux rocheux:

Palmier dattier: (1.99999908 2.00000000)
culture herbacée (maraîchère): (2.00000000 2.00000000)
Verger: (2.00000000 2.00000000)
Zone Industriel: (1.99987751 2.00000000)
Urbaine: (1.99999239 2.00000000)
végétation naturelle: (1.99231321 2.00000000)
Oued: (1.99969774 2.00000000)
Daya (Dépressions): (2.00000000 2.00000000)
Chebka: (1.95196325 2.00000000)

Chebka:

Palmier dattier: (1.97527874 1.99966045)
culture herbacée (maraîchère): (1.99467403 2.00000000)
Verger: (1.95495796 1.99999886)
Zone Industriel: (1.83522129 1.96318520)
Urbaine: (1.88084017 1.97884836)
végétation naturelle: (1.92980713 2.00000000)
Oued: (1.67532052 1.90102161)
Daya (Dépressions): (1.99917213 2.00000000)
Hamada et plateaux rocheux: (1.95196325 2.00000000)

Pair Separation (least to most);

Palmier dattier and Verger - 1.44026474
Verger and Urbaine - 1.45122449
Zone Industriel and Urbaine - 1.52480392

Annexes

Palmier dattier and végétation naturelle - 1.57350002
Zone Industriel and Oued - 1.61561806
Palmier dattier and Urbaine - 1.62515849
Oued and Chebka - 1.67532052
Urbaine and Oued - 1.74677490
Verger and végétation naturelle - 1.81741003
Zone Industriel and Chebka - 1.83522129
Verger and Zone Industriel - 1.86842446
Verger and Oued - 1.87277584
Urbaine and végétation naturelle - 1.87543658
Urbaine and Chebka - 1.88084017
végétation naturelle and Chebka - 1.92980713
Zone Industriel and végétation naturelle - 1.93955491
végétation naturelle and Oued - 1.94793376
Hamada et plateaux rocheux and Chebka - 1.95196325
Verger and Chebka - 1.95495796
Palmier dattier and Zone Industriel - 1.96818298
Oued and Daya (Dépressions) - 1.97122946
Palmier dattier and Oued - 1.97275566
Palmier dattier and Chebka - 1.97527874
culture herbacée (maraîchère) and Oued - 1.98002902
culture herbacée (maraîchère) and Zone Industriel - 1.99150461
végétation naturelle and Hamada et plateaux rocheux - 1.99231321
culture herbacée (maraîchère) and Urbaine - 1.99398676
culture herbacée (maraîchère) and Chebka - 1.99467403
culture herbacée (maraîchère) and Verger - 1.99887203
Daya (Dépressions) and Chebka - 1.99917213
Palmier dattier and culture herbacée (maraîchère) - 1.99969648
Oued and Hamada et plateaux rocheux - 1.99969774
Zone Industriel and Hamada et plateaux rocheux - 1.99987751
Zone Industriel and Daya (Dépressions) - 1.99998009
culture herbacée (maraîchère) and végétation naturelle - 1.99998986
Urbaine and Hamada et plateaux rocheux - 1.99999239
Palmier dattier and Hamada et plateaux rocheux - 1.99999908
végétation naturelle and Daya (Dépressions) - 1.99999946
Urbaine and Daya (Dépressions) - 1.99999993
Verger and Daya (Dépressions) - 2.00000000
Palmier dattier and Daya (Dépressions) - 2.00000000
Verger and Hamada et plateaux rocheux - 2.00000000
culture herbacée (maraîchère) and Hamada et plateaux rocheux - 2.00000000
Daya (Dépressions) and Hamada et plateaux rocheux - 2.00000000
culture herbacée (maraîchère) and Daya (Dépressions) - 2.00000000

Annexes

Annexe 2 : Matrice de confusion pour les régions d'intérêts (1999, 2021)

➤ Output File: La Vallée 1999

Confusion Matrix: [Memory1] (739x575x1)

Overall Accuracy = (223/398) 56.0302%

Kappa Coefficient = 0.4923

Class	Ground Truth (Percent)				
	Palmier datticulture herba	Verger	Zone Industri	Urbaine	
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palmier datti	74.19	0.00	14.29	0.00	10.23
culture herba	1.61	87.50	7.14	22.22	6.82
Verger	9.68	0.00	42.86	0.00	9.09
Zone Industri	0.00	0.00	7.14	72.22	7.95
Urbaine	3.23	0.00	21.43	0.00	47.73
végétation na	1.61	0.00	0.00	0.00	7.95
Oued	3.23	0.00	0.00	0.00	3.41
Daya (Dépress	1.61	0.00	0.00	0.00	2.27
Hamada et pla	0.00	12.50	0.00	5.56	1.14
Chebka	4.84	0.00	7.14	0.00	3.41
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Ground Truth (Percent)				
	végétation na	Oued	Daya (Dépress	Hamada et pla	Chebka
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palmier datti	33.33	9.56	0.00	0.00	0.00
culture herba	8.33	2.21	0.00	0.00	4.76
Verger	8.33	4.41	0.00	0.00	9.52
Zone Industri	0.00	5.15	0.00	0.00	4.76
Urbaine	0.00	11.03	0.00	0.00	0.00
végétation na	41.67	8.09	0.00	0.00	0.00
Oued	0.00	38.24	0.00	0.00	0.00
Daya (Dépress	0.00	5.88	93.75	0.00	4.76
Hamada et pla	8.33	2.21	0.00	95.65	4.76
Chebka	0.00	13.24	6.25	4.35	71.43
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Ground Truth (Percent)
	Total
Unclassified	0.00
Palmier datti	18.59
culture herba	6.03
Verger	7.29
Zone Industri	7.29
Urbaine	15.58
végétation na	6.03
Oued	14.32
Daya (Dépress	6.78
Hamada et pla	7.54
Chebka	10.55
Total	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
-------	----------------------	--------------------	---------------------	-------------------

Annexes

Palmier datti	37.84	25.81	28/74	16/62
culture herba	70.83	12.50	17/24	1/8
Verger	79.31	57.14	23/29	8/14
Zone Industri	55.17	27.78	16/29	5/18
Urbaine	32.26	52.27	20/62	46/88
végétation na	79.17	58.33	19/24	7/12
Oued	8.77	61.76	5/57	84/136
Daya (Dépress	44.44	6.25	12/27	1/16
Hamada et pla	26.67	4.35	8/30	1/23
Chebka	64.29	28.57	27/42	6/21

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Palmier datti	74.19	62.16	46/62	46/74
culture herba	87.50	29.17	7/8	7/24
Verger	42.86	20.69	6/14	6/29
Zone Industri	72.22	44.83	13/18	13/29
Urbaine	47.73	67.74	42/88	42/62
végétation na	41.67	20.83	5/12	5/24
Oued	38.24	91.23	52/136	52/57
Daya (Dépress	93.75	55.56	15/16	15/27
Hamada et pla	95.65	73.33	22/23	22/30
Chebka	71.43	35.71	15/21	15/42

➤ Output File: La Vallée 2021

Confusion Matrix: [Memory1] (740x576x1)

Overall Accuracy = (339/402) 84.3284%
Kappa Coefficient = 0.8065

Class	Ground Truth (Percent)				
	Palmier datticulture herba	Verger	Zone Industri	Urbaine	
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palmier datti	91.80	0.00	0.00	0.00	3.45
culture herba	0.00	100.00	0.00	0.00	1.15
Verger	1.64	0.00	92.86	0.00	10.34
Zone Industri	0.00	0.00	7.14	83.33	5.75
Urbaine	3.28	0.00	0.00	5.56	74.71
végétation na	1.64	0.00	0.00	0.00	2.30
Oued	1.64	0.00	0.00	11.11	1.15
Daya (Dépress	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hamada et pla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chebka	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Ground Truth (Percent)				
	végétation na	Oued	Daya (Dépress	Hamada et pla	Chebka
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Palmier datti	16.67	0.71	0.00	0.00	0.00
culture herba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Verger	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00
Zone Industri	8.33	3.55	0.00	0.00	0.00
Urbaine	0.00	2.13	0.00	0.00	9.09
végétation na	58.33	1.42	0.00	0.00	0.00
Oued	8.33	85.82	0.00	0.00	13.64
Daya (Dépress	0.00	0.71	100.00	0.00	0.00
Hamada et pla	0.00	0.00	0.00	100.00	9.09

Annexes

Chebka	8.33	4.96	0.00	0.00	68.18
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Ground Truth (Percent)

Class	Total
Unclassified	0.00
Palmier datti	15.42
culture herba	2.24
Verger	5.97
Zone Industri	6.72
Urbaine	18.16
végétation na	2.99
Oued	32.09
Daya (Dépress	4.48
Hamada et pla	5.97
Chebka	5.97
Total	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Palmier datti	9.68	8.20	6/62	5/61
culture herba	11.11	0.00	1/9	0/8
Verger	45.83	7.14	11/24	1/14
Zone Industri	44.44	16.67	12/27	3/18
Urbaine	10.96	25.29	8/73	22/87
végétation na	41.67	41.67	5/12	5/12
Oued	6.20	14.18	8/129	20/141
Daya (Dépress	5.56	0.00	1/18	0/17
Hamada et pla	8.33	0.00	2/24	0/22
Chebka	37.50	31.82	9/24	7/22

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Palmier datti	91.80	90.32	56/61	56/62
culture herba	100.00	88.89	8/8	8/9
Verger	92.86	54.17	13/14	13/24
Zone Industri	83.33	55.56	15/18	15/27
Urbaine	74.71	89.04	65/87	65/73
végétation na	58.33	58.33	7/12	7/12
Oued	85.82	93.80	121/141	121/129
Daya (Dépress	100.00	94.44	17/17	17/18
Hamada et pla	100.00	91.67	22/22	22/24
Chebka	68.18	62.50	15/22	15/24

Résumé

Cartographie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) par télédétection spatiale dans le système oasien d'Oued M'Zab (Wilaya de Ghardaïa)

L'objectif principal de notre étude était la découverte des changements de l'occupation de la végétation, en utilisant des images satellitaires LANDSAT dans le système oasien de la vallée M'Zab, wilaya de Ghardaïa entre deux dates bien espacées dans le temps, via des méthodes de classification supervisée, de post-classification et de détection des changements statistiques et de l'NDVI. En effet, les précisions globales résultantes sont de l'ordre 52 % et 74.37 % pour les images en 1999 et 2021. Les images sont acquises en 1999 et en 2021 par les capteurs des satellites LANDSAT 7 ETM + et 8 OLI, ont été attribuées dix classes représentant les composantes terrestres et qui sont: le palmier dattier, verger (arboriculture), culture herbacée (maraîchère), végétation naturelle, zone urbaine, zone industrielle, oued, daya (dépression) et chebka.

Tous les résultats indiquent une évolution spatiotemporelle de l'occupation de la végétation de la région d'étude sur une période plus de 20 ans, donc on a deux cartes d'occupation de la végétation dans deux dates différentes avec un tableau récapitulatif de changements, même on a pu savoir les facteurs et leur type, qui affectent notre zone.

Mots clés: Vallée M'Zab, LANDSAT, Traitement, NDVI, Télédétection, Palmier dattier.

Abstract

The main objective of our studies was the discovery of changes in the occupation of vegetation, using LANDSAT satellite images in the oasis system of the M'Zab valley, wilaya of Ghardaia between two dates well spaced in time. With the statistical change detection post-classification method, and NDVI calculating. The resulting overall accuracies are 52% and 74.37 % for images in 1999 and 2021. Images are acquired in 1999 and in 2021 by the sensors of the satellites 7 ETM + and 8 OLI, is classified by ten classes representing the terrestrial components which are: the date palm orchard (arboriculture) and herbaceous culture (market garden), natural vegetation, the urban zone, oued, and daya (depression), also chebka.

The results indicate a spatiotemporal evolution of the occupation in the study region over a period of more than 20 years, so we have two different vegetation occupation maps with a summary table of changes, even knowing the factors and their type, which affect our area.

Keywords : M'Zab vallye, LANDSAT, Processing, NDVI, Remote sensing, Date palm.

ملخص الهدف الرئيسي من دراستنا هو اكتشاف التغيرات في الغطاء النباتي للأرض، باستخدام صور القمر الصناعي لاندسات في نظام الواحات بوادي مزاب لولاية غرداية بين تاريخين متباعدين ب فارق كبير في الوقت ، من خلال التصنيف المراقب و ما بعد التصنيف، و من خلال طرق الكشف عن التغيرات الإحصائية و باستعمال مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي . حيث أنه قد بلغت الدقة الإجمالية الناتجة 52 % و 74.37 % للصور في عامي 1999 و 2021. و تم الحصول على هاته الصور بواسطة مستشعرات الأقمار الصناعية + 7 ETM و 8 OLI ، أين تم تخصيصها في عشر فئات تمثل مكونات غطاء الأرض التالية: نخيل التمر ، البستان (التشجير) ، الزراعات العشبية، الغطاء النباتي الطبيعي ، المنطقة الحضرية ، المنطقة الصناعية ، الواد ، الضريبة (المنخفض) والشبكة.

تشير النتائج إلى تطور زمني و مكاني في منطقة الدراسة على مدى أكثر من 20 عامًا ، لذلك لدينا خريطتان مختلفتان للغطاء النباتي و جدول موجز للتغيرات ، حتى أنه استطعنا معرفة العوامل ونوعها، التي تؤثر على المنطقة.

كلمات مفتاحية : سهل مزاب، لاندسات، معالجة، NDVI، الاستشعار عن بعد، نخيل التمر.