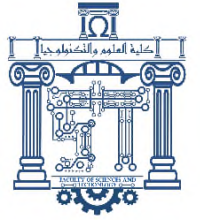




الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Republique Algerienne Democratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة

Université Larbi Tébessi- Tébessa –

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie électrique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de Master Académique**

En : **Filière**

Spécialité : réseaux et Communication

Par : **BOUTERAA .Asma & ABID .Choumaissa**

Sujet

**Traitement d'images de Télédétection pour la
détermination des changements inter-images dans les
zones urbaines**

Présenté et soutenu publiquement, le 25/ 06 / 2023, devant le jury composé de :

M / Aouiche Abd El Aziz

Prof

Président

M/ Nezzari Hassene

MCA

Rapporteur

M/ Chenikher Salah

MAA

Examineur

Promotion : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire et nous tenons à remercier vivement tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce document

*Ce travail ne serait pas aussi riche sans l'aide et l'encadrement de monsieur **Pr Salah chenikher** on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnelle, pour sa patience et sa disponibilité durant notre préparation de se mémoire.*

Nos sincères remerciements a messieurs les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en participant au jugement de ce travail.

Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve.

*Nous remercions l'ensemble des employés de l'Agence Spatiale Algérienne Surtout **Dr .Brahmia redhouane** pour les conseils qu'ils nous nous prodiguer au cours du stage. Nous ne pouvons pas oublier de remercier nos amis et nos collègues de notre département de Génie électrique.*

BOUTERAA. ASMA

ABID .Choumaissa

Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect. avec l'expérience de ma reconnaissance. Je dédie ma remise de diplôme et ma joie

A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma moitié, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, maman (Nacira).

A celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince papa (Slimane).

A mon frère (Fares) et ma grande sœur (Ahlem) et mes sœurs pour l'amour qu'il me réserve.

A tous les membres de ma grande famille.

Sans oublier mon binôme Asmaa pour son soutien moral sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A tous mes collègues de promotion de M2 Réseaux télécom.

A mes copines Feriel, karima, hadjer, bouthaina.

Choumaïssa

Dédicace

De ma part, et avec des grands sentiments et d'une joie immense que je dédie ce travail à mes très chers parents qui ont sacrifié pour que je réussisse.

A ma mère **BOUKHATEM Samia** que la source d'amour, de force et de tendresse qui est ma lumière dans la vie

A mon père **ABDALLAH** En signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour le dévouement et les sacrifices dont vous avez fait toujours preuve à mon égard.

A mes très chères sœurs **khedidja** et **Kaouther** A mon cher frère **TAKI Eddine**. A mon binôme **ABID Choumaissa**

En fin, a tous ceux qui sont pas entre ces ligne mais C'est sûr à mon esprit.

ASMA

Liste des figures

Figure 1 : Schéma général de fonctionnement de la télédétection	3
Figure 2 : processus de télédétection.....	4
Figure 3 : Représentation du spectre électromagnétique.	7
Figure 4 : Image prise par un avion.....	9
Figure 5 : Principe de la télédétection passive et active.....	11
Figure 7 : Représentation d'image numérique	19
Figure 8 : image binaire.	20
Figure 9 : représente une image à niveaux de gris	21
Figure 10 : image en couleurs	22
Figure 11: Exemple d'image 12x12 pixels.	22
Figure 12 : (a) Image sans bruit. (b) Image avec bruit.....	23
Figure 13 : : Quelques exemples de résolutions.....	23
Figure 14 : représente une image à niveaux de gris	24
Figure 15: : Les étapes de traitement d'images.....	25
Figure 16 : Différentes techniques de prétraitement	26
Figure 17 : Principe du filtre médian	27
Figure 18 :Image segmentée	39
Figure 19 : Segmentation image de satellite	40
Figure 20 :Différents types de méthodes de classification.....	41
Figure 21 : Exemple de dendrogramme et la détermination des clusters.....	42
Figure 22 : image de landsat 8	51
Figure 23 :image de la région de Tébessa 13/04/2013.....	52
Figure 24 : image de la région de Tébessa 12/6/2023.....	53
Figure 25 : image de la région de Tébessa " 13/04/2013" par combinaison des bands 2.3.4 .	53
Figure 26 : NDVI la région de Tébessa 13/04/2013	55
Figure 27: NDVI la région de Tébessa 15/06/2023	55
Figure 28 : Image CIR combinée NIR R G (2013/2023).....	56
Figure 29 : Zones eau après seuillage.	58
Figure 30 : Les valeurs du MNDWI.....	59
Figure 31 : image de la région de Tébessa 13/04/2013.....	61

Figure 32 : image de la région de Tébessa 12/6/2023	61
Figure 33 : K-means	62
Figure 34 : image de la région de Alger 18/08/2013.....	63
Figure 35 : image de la région de Alger 16/06/2023	64
Figure 36 : NDVI la région de Alger 3/04/2013	65
Figure 37 : NDVI la région de Alger 13/04/2023	65
Figure 38 : Image CIR combinée NIR R G (2013)	66
Figure 39 : Image CIR combinée NIR R G (2023)	66
Figure 40 : L'indice urbain image de la région de Alger	68
Figure 41 : l'indice urbain image de la région de Alger 15/06/2023	68
Figure 42 : K-means segmented image 2013	69
Figure 43 : K-means segmented image 2023	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : spectre électromagnétique	10
Tableau 2 : Les bandes atellite.....	13
Tableau 3 : Différentes résolutions pectrales.....	16
Tableau 4 : Différentes résolutions spatiale.....	17
Tableau 5 : Classification des méthodes de détection des changements.....	36
Tableau 6 : Les différentes classifications urbaines avec leurs principes et méthodes.....	37
Tableau 7 : indices du bâti et des surfaces imperméables majoritairement cités.....	49

ملخص

معالجة صور الاستشعار عن بعد لتحديد التغير بين الصور في المناطق الحضرية

تهدف هذه الدراسة إلى متابعة امتداد النسيج الحضري لمدينة تبسة وتحديد مراحل التحضر المختلفة والتغيرات التي تحدث على مدى. يعتبر استخراج المناطق الحضرية من صور الأقمار الصناعية مفيدا جدًا لدراسة التوسع العمراني وتحديث الخرائط وإدارة الموارد. هذه هي الطريقة التي أصبح من الضروري اتباع نهج لرصد التغيرات من مصادر متعددة استنادا إلى المعلومات الخام من أجل إجراء تفسير شخصي ومدروس بعمق لمدينة تبسة. وتحقيقا لهذه الغاية فإن تحليل الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية ضروري لفهم تطور الأراضي السابقة ومستقبل المدينة وتقييم دينامياتها المكانية في المستقبل. لتعيين التطورات الماضية من النسيج الحضري لمدينة تبسة من خلال تفسير الصور من 2013 و2023 من أجل تحديد بدقة ديناميات وعمليات تطور المدينة خلال هذه الفترة بطريقة كمية وهذا سوف يسمح لنا لفهم أفضل لتمديد المدينة من أجل أن تكون قادرة على تحديد سياسات التدخل في النهاية. وعلى هذه الفكرة تؤكد هذه الأطروحة على أحدث الطرق الاستخراج المساحات المبنية وغير القابلة لانعكاس، أي التصنيفات والمؤشرات الطيفية. النظام الحضري هو بيئة معقدة تؤدي إلى عدم تجانس مكوناتها الرئيسية مثل البناء والتربة والمياه.

الكلمات المفتاحية: اكتشاف التغير، صورة القمر الصناعي، الاستشعار عن بعد.

Résumé

Traitement d'images de télédétection pour déterminer la variabilité inter-images en milieu urbain

Cette étude vise à suivre l'extension du tissu urbain de la ville de Tébessa et à identifier les différentes étapes de l'urbanisation et les changements qui se produisent au cours de la ville. Extraire des zones urbaines à partir d'images satellitaires est très utile pour étudier l'urbanisation, mettre à jour des cartes et gérer les ressources. C'est pourquoi une approche de suivi des changements à partir de sources multiples basée sur des informations brutes est devenue nécessaire afin de faire une interprétation profondément personnelle et réfléchie de la ville de Tébessa. Pour cela, l'analyse d'images aériennes et satellitaires est nécessaire pour comprendre l'évolution de l'ancien territoire et le futur de la ville et pour évaluer sa dynamique spatiale dans le futur. Cartographier les évolutions passées du tissu urbain de la ville de Tébessa à travers l'interprétation d'images de 2013 et 2023 afin de définir avec précision la dynamique et les processus de développement de la ville au cours de cette période de manière quantitative et cela nous permettra de mieux comprendre l'extension de la ville pour pouvoir définir à terme des politiques d'intervention. Sur cette idée, cette thèse met l'accent sur les dernières méthodes d'extraction des zones bâties et non réfléchissantes, c'est-à-dire les classifications et les indicateurs spectraux. Le système urbain est un environnement complexe qui conduit à l'hétérogénéité de ses principales composantes que sont le bâti, le sol et l'eau.

Mots clés : Détection de changement, image satellite, télédétection.

ABSTRACT

Remote sensing image processing to determine inter-image variability in urban areas

This study aims to follow up the extension of the urban fabric of the city of Tebessa and to identify the different stages of urbanization and the changes that occur over the course of the city. Extracting urban areas from satellite imagery is very useful for studying urbanization, updating maps and managing resources. This is how an approach to monitoring changes from multiple sources based on raw information became necessary in order to make a deeply personal and thoughtful interpretation of the city of Tebessa. To this end, analysis of aerial and satellite imagery is necessary to understand the development of the former territory and the future of the city and to assess its spatial dynamics in the future. To map the past developments of the urban fabric of the city of Tebessa through the interpretation of images from 2013 and 2023 in order to accurately define the dynamics and processes of the city's development during this period in a quantitative manner and this will allow us to better understand the extension of the city in order to be able to define intervention policies in the end. On this idea, this thesis emphasizes the latest methods for extracting built-up and non-reflective areas, i.e. classifications and spectral indicators. The urban system is a complex environment that leads to heterogeneity of its main components such as building, soil and water.

Keywords : Change detection, satellite image, remote sensing.

Sommaire

Remerciements	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Résumé	iv
Introduction	v
Introduction générale	x

Chapitre 1 : Concepts Généraux Processus De Télédétection

I. Introduction	2
II. Principe	3
III. Application de la télédétection.	6
3.3.1. Le rayonnement électromagnétique.....	13
3.3.2. Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la terre	14
3.4. Les éléments de la télédétection	15
3.4.2. Les Avions	16
IV. Les satellites	17
4.1. Différents types de satellites	18
4.1.1. Les satellites géostationnaires	19
4.1.2. Les satellites à défilement	20
Conclusion.....	20

Chapitre 2 : Généralités sur le traitement d'images.

1 Introduction.....	20
1.1 Historique.....	20
2 Le traitement d'image	20
2.1 Définition de l'image	21
2.2 Types des images.....	21
2.2.1 Image binaire.....	21
2.2.2 Image à niveaux de gris	22
2.3 Image en couleurs.....	22
3.2 Le pixel	22

3.3 Résolution	22
3.4 Histogramme	23
3.7 Luminance	24
3.8 Contraste	24
3.9 Le flou.....	24
4 Les étapes du traitement d'image	25
4.2.1 Le filtrage.....	25
4.1 Acquisition	25
4.2 Prétraitement.....	25
4.2.1 Le filtrage.....	26
4.2.1.1 Filtres linéaires	26
4.2.1.2 Filtres non linéaires	27
4.2.1.3 Filtres morphologiques	27
5 Image satellitaire.....	28
5.1 La Technologie derrière des images satellitaires	29
5.2 Principe de l'imagerie	29
Conclusion.....	30

Chapitre 3 : détection des changements avec des images satellitaires

1 Introduction	31
2 L'historique	31
3 Définition de la détection des changements	32
3.1 Domaine d'application	32
3.2 Les processus de la détection des changements	32
3.2.1 Acquisition à partir d'image satellite	32
3.2.2 Prétraitement	33
4 Méthodes de détection des changements	35
4.1 Classification	37
4.2 Principe de la segmentation	38
4.3 Définition de la segmentation	39
4.4 Applications de la segmentation	39
4.5 Les méthodes sur histogramme	40
5.1 Classification non supervisée	41

5.1.1 Méthodes hiérarchiques	41
5.1.2 Méthodes de partitionnement	42
5.1.2.1 k-means	43
5.1.2.1.2 Les étapes de l'algorithme des k-moyennes	44
5.2 Classification supervisée.....	45
5.2.1 SVM	45
L'objectif principal d'un SVM	46
5.2.1.1 Les avantages des SVM	46
5.2.2 Le Réseau de neurones artificiels (ANN)	47
5.2.2.1 Structure	47
5.2.2.2 Fonctionnement	47
Conclusion	49

Chapitre 4 : Implémentation et résultats

1 Introduction	50
2 Langage adopté pour la programmation	50
3 Téléchargement	51
3.1 Le choix des dates des images.....	51
4 Exemple de l'application sur la région de Tébessa	51
Les indices spectraux	53
4.1 Les indices de végétations	54
4.1.1 NDVI	54
4.1.2 SAVI	56
4.2 Les indices hydrologiques	57
4.2.2 MNDWI	58
4.2.1L'indice urbain	59
4.2.2 K-means segmented image.....	61
5 Méthode SVM	62
6 Conclusion	64
Conclusion Générale	70

Références bibliographies

Introduction Générale

Le traitement d'images de télédétection pour la détermination des changements inter-images dans les zones urbaines est une discipline qui utilise des techniques et des méthodes pour analyser et interpréter les images satellitaires ou aériennes afin de détecter les changements qui se produisent dans les zones urbaines au fil du temps. Les images de télédétection fournissent une représentation visuelle des zones urbaines à partir d'une perspective aérienne ou satellitaire. Ces images sont généralement capturées à différentes périodes, ce qui permet d'observer l'évolution des zones urbaines sur une période donnée. Le traitement d'images de télédétection vise à extraire des informations pertinentes de ces images afin de détecter et d'analyser les changements qui se produisent dans les zones urbaines.

Les changements inter-images dans les zones urbaines peuvent être de différentes natures, tels que la croissance urbaine, la déforestation, l'expansion des infrastructures, les changements dans l'utilisation des terres, etc. La détermination de ces changements est essentielle pour de nombreux domaines d'application, tels que la gestion des ressources naturelles, la planification urbaine, la surveillance de l'environnement, la prévention des catastrophes, etc.

Le traitement d'images de télédétection pour la détermination des changements inter-images dans les zones urbaines implique l'utilisation de diverses techniques et méthodes, telles que la classification d'images, l'analyse d'objets, la détection de contours, la segmentation d'images, l'interprétation des changements, etc. Ces techniques permettent de comparer les images capturées à différentes périodes et d'extraire des informations sur les changements qui se sont produits. L'utilisation de technologies telles que l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle a également permis de développer des approches plus avancées pour la détermination des changements inter-images dans les zones urbaines. Ces méthodes permettent d'automatiser une partie du processus d'analyse, ce qui facilite la détection et l'interprétation des changements.

En résumé, le traitement d'images de télédétection pour la détermination des changements inter-images dans les zones urbaines est une discipline importante pour comprendre et surveiller l'évolution des zones urbaines. Grâce à l'analyse des images de télédétection, il est possible de détecter et d'interpréter les changements qui se produisent, ce qui est essentiel pour une gestion efficace des ressources et une planification urbaine durable.

L'objectif de notre travail est de détecter et d'identifier les changements qui se produisent dans les zones urbaines entre différentes images capturées à des périodes différentes. Cela peut inclure des changements tels que la construction de nouveaux bâtiments, l'expansion des zones urbaines, les changements dans l'utilisation des terres, les démolitions, etc.

Ce mémoire s'articule autour de quatre chapitres qui nous permettront de présenter les différents aspects de notre travail. Le premier chapitre nous avons présenté Concepts Généraux Processus De Télédétection. Ensuite nous avons présentés dans le deuxième chapitre les Généralité sur le traitement d'image. Dans le troisième chapitre on a présenté détection des changements avec des images satellitaires et Le quatrième chapitre est la partie simulation et résultats, nous terminons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Concepts Généraux Processus De Télédétection

I. Introduction

Par définition la télédétection est "l'Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance sans contact matériel avec ceux-ci" (Journal Officiel du 22 septembre 2000). Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition de l'information à distance sans contacts directs avec l'objet détecté, en utilisant ses propriétés d'émission ou de rayonnement des ondes électromagnétiques. [1]

Les systèmes de télédétection, en particulier ceux qui sont situés sur des satellites, offrent une vision répétitif et synoptique de la Terre de grande valeur dans le suivi et l'analyse de l'effet des activités humaines sur le même comme l'évaluation et la surveillance de l'environnement (croissance urbaine, déchets dangereux) , la détection et la surveillance des changements globaux (appauvrissement de l'ozone atmosphérique, déforestation, réchauffement climatique) ,l'exploration, les ressources non renouvelables (minéraux, pétrole, gaz naturel) et les ressources naturelles renouvelables (océans, forêts, terres) , la météorologie (prévision météorologique, les processus dynamiques atmosphériques) , la cartographie (topographie, utilisation des terres, génie civil) , etc. [2]

L'objectif de ce chapitre est de préciser les notions fondamentales de la télédétection qui est un ensemble de techniques pour capter des images à l'aide d'un satellite.

Événements historiques :

- L'invention de la photographie a favorisé la télédétection.
- La télédétection a eu lieu en 1860 avec une photographie de la surface de la Terre prise à partir d'un ballon par Tournachon.
- La première application opérationnelle de la télédétection spatiale apparaît dans les années 60 avec les satellites météorologiques de la série ESSA.
- Premier satellite d'observation de la Terre en 1960 (TIROS-I).
- Actuellement, il existe plusieurs organismes publics et privés et des centres de recherche et d'éducation qui travaillent activement dans le domaine de la télédétection.

1. Source d'énergie
2. Surface terrestre
3. Atmosphère

4. System capteur
5. System de réception
6. Traitement d'images
7. Utilisateur

II. Principe

- La télédétection utilise les propriétés du rayonnement électromagnétique pour analyser à distance la surface du sol, de l'océan ou l'atmosphère. Une bonne connaissance de la physique élémentaire du rayonnement est indispensable à l'interprétation des résultats de la télédétection.
- La télédétection nécessite 4 composants : une source de lumière (soleil) le rayonnement électromagnétique qui véhicule l'information, une cible (surface de la terre et un capteur.

En général un système de télédétection comprend les éléments suivants : comme illustré sur la Figure I.1

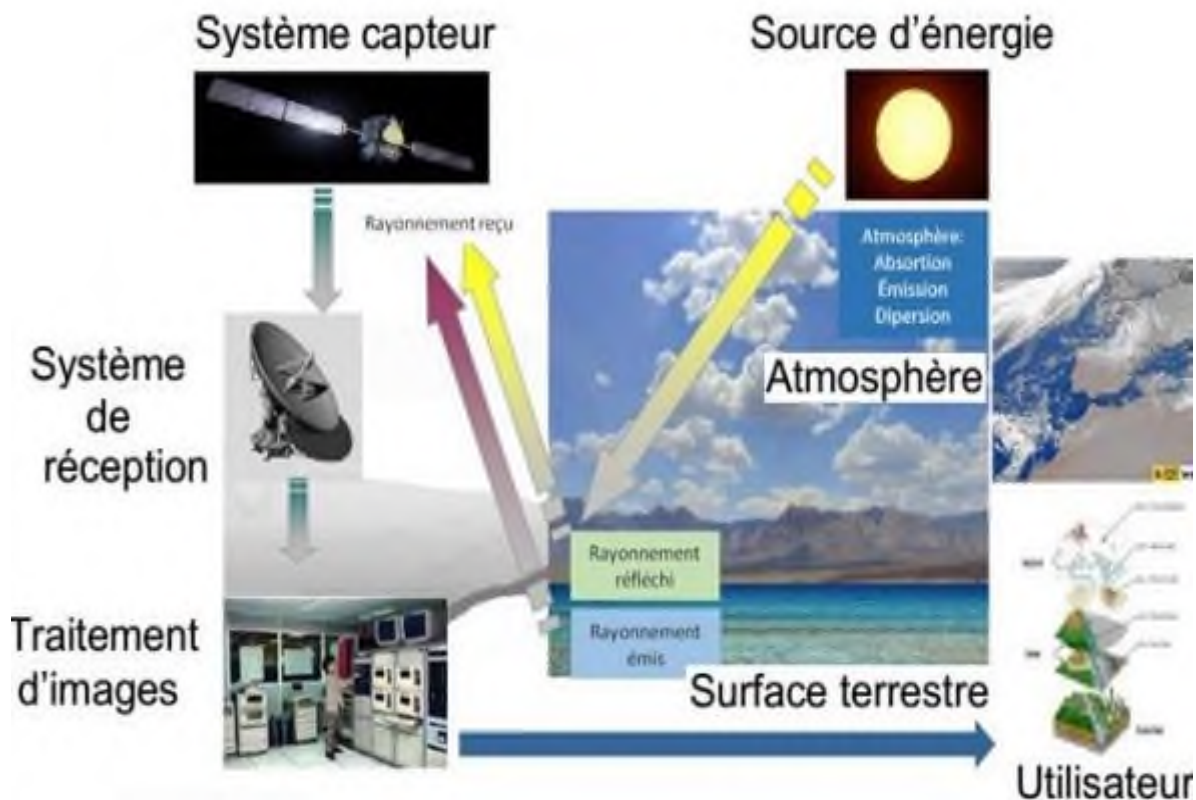


Figure 1 : Schéma général de fonctionnement de la télédétection.

1.1. Processus de télédétection

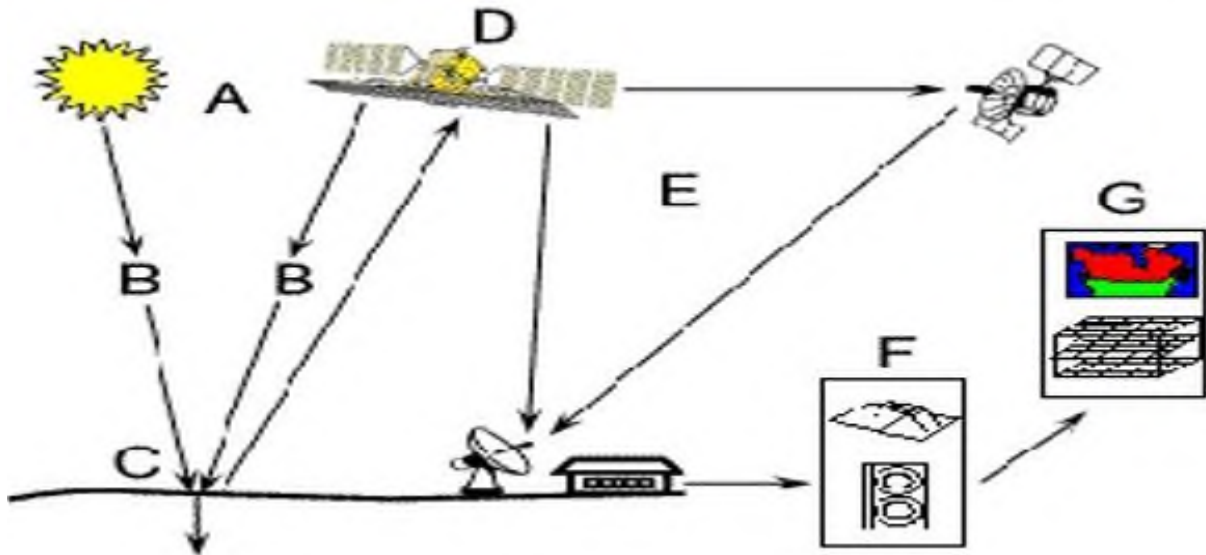


Figure 2: processus de télédétection

Le processus de télédétection qui se traduit généralement par : Une source (A) de rayonnement électromagnétique, comme le soleil où un capteur, illumine une cible par un rayonnement électromagnétique (le terme cible désigne une surface imagée au niveau du sol) [3].

En se propageant dans l'atmosphère (B), des phénomènes de diffusion et d'absorption apparaissent par interaction avec la cible. Ce rayonnement peut être transmis ou dévié de sa trajectoire initiale, ou même parfois bloqué avant d'arriver au sol. Après avoir franchi cette barrière atmosphérique, ce rayonnement interagit enfin avec la cible (C) qui va, l'absorber, le diffuser ou bien le réfléchir, ceci en fonction de la longueur d'onde du rayonnement mais également de la nature physique de la surface concernée. [3]

Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur, avant d'être enregistré par le capteur (D), et envoyé au sol (E) sous forme numérique. L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques). Après l'acquisition sous forme numérique des informations issues de différentes sources (capteurs) (F), une interprétation visuelle et/ou numérique et une analyse (G) de l'image traitée sont ensuite

nécessaires pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible. Enfin, la dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre. [3]



1. Source d'énergie ou d'illumination (A)

À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

2. Rayonnement et atmosphère (B)

Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur. [3]

La nature des interactions est fonction à la fois du :

-  rayonnement
-  et des propriétés spectrales des surfaces

3. Interaction avec la cible (C)

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

La cible :

- **La cible :** elle réfléchit, émet, transmet ou absorbe le rayonnement électromagnétique

4. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)

Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée. [W1]

5. Transmission, réception et traitement (E)

L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques). [W1]

6. Interprétation et analyse (F)

Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible. [W1]

7. Application (G)

La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

III /- Application de la télédétection

La télédétection est le plus souvent appliquée à l'observation de la Terre, mais peut aussi concerner d'autres planètes, étoiles, galaxies...

Ses possibilités d'application sont en croissance constante, elle intervient comme un outil complémentaire qui améliore l'efficacité des méthodes classiques. Elle apporte une information différente, nouvelle et spatialement localisée.

Parmi ses applications citons : la gestion des forêts, aviation, agriculture, génie civil, géologie, la cartographie, la foresterie, architecture, cadastre, assurances, immobilier, aménagement, gestion de l'environnement, archéologie, services municipaux et départementaux, service public, , la conservation de la nature et le contrôle de la biodiversité, assistance lors des missions humanitaires, gestions des risques majeurs, surveillance marine et côtière ainsi que dans les systèmes d'informations géographiques, CEE, etc

3.3.1. Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est la propagation à la vitesse de la lumière (299793 km/s) de l'énergie sous forme d'ondes vectorielles transversales qui interagissent avec la matière. On distingue entre deux sources d'énergie électromagnétique : naturelle (soleil, lune) ou artificielle (rayon laser et le radar). En télédétection, on utilise les propriétés physiques des objets observés, en particulier leurs propriétés optiques pour acquérir de l'information sur la nature de ces objets. Cette information est portée à l'aide d'un rayonnement électromagnétique. Le spectre électromagnétique s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (microondes et ondes radio). [W1]

- Courtes longueurs d'onde : 0.03 \AA . $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ (10^{20} Hz)
- Grandes longueurs d'onde : $300\,000 \text{ km}$ (1 Hz)°

Ce que nous appelons rayons ultraviolets, lumière visible, infrarouge et micro-ondes ne sont en fait que des manifestations différentes d'une même famille d'ondes qui ne diffèrent que par la fréquence (ou la longueur d'onde). Le système d'observation reçoit ce rayonnement et le traduit en éléments compréhensibles par l'utilisateur comme des images ou des données chiffrées.[4]

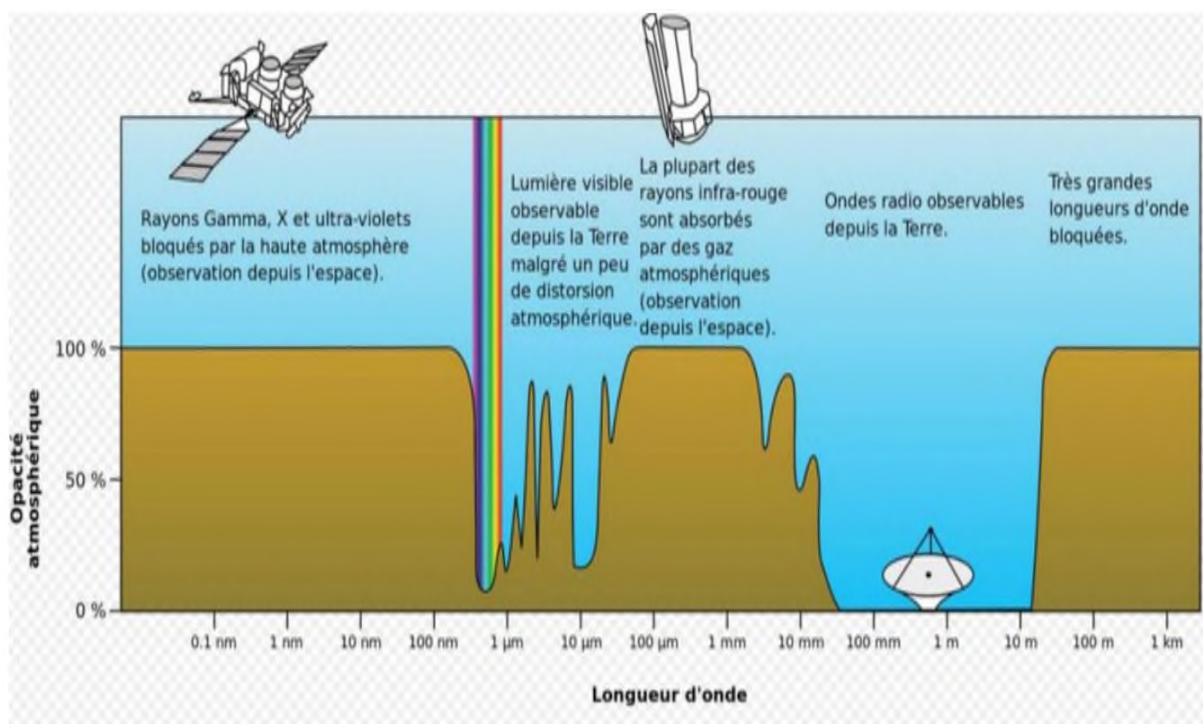


Figure 3: Représentation du spectre électromagnétique.

Les sources du rayonnement varient également selon le domaine du spectre :

- le rayonnement ultraviolet, visible ou infrarouge est émis par les corps, objets ou surfaces en fonction de leur température : rayonnement solaire (U.V., visible et proche infrarouge),
- rayonnement terrestre (infrarouge thermique).
- les rayonnements de très courte longueur d'onde (rayons gamma, rayons X) sont produits par les restructurations des noyaux des atomes (radioactivité).

- les rayonnements visibles, infrarouge ou microonde peuvent être produits artificiellement par vibration ou rotation des molécules (fluorescence, lasers, four à microondes).
- les rayonnements de grande longueur d'onde sont produits par des oscillations électroniques (antennes).

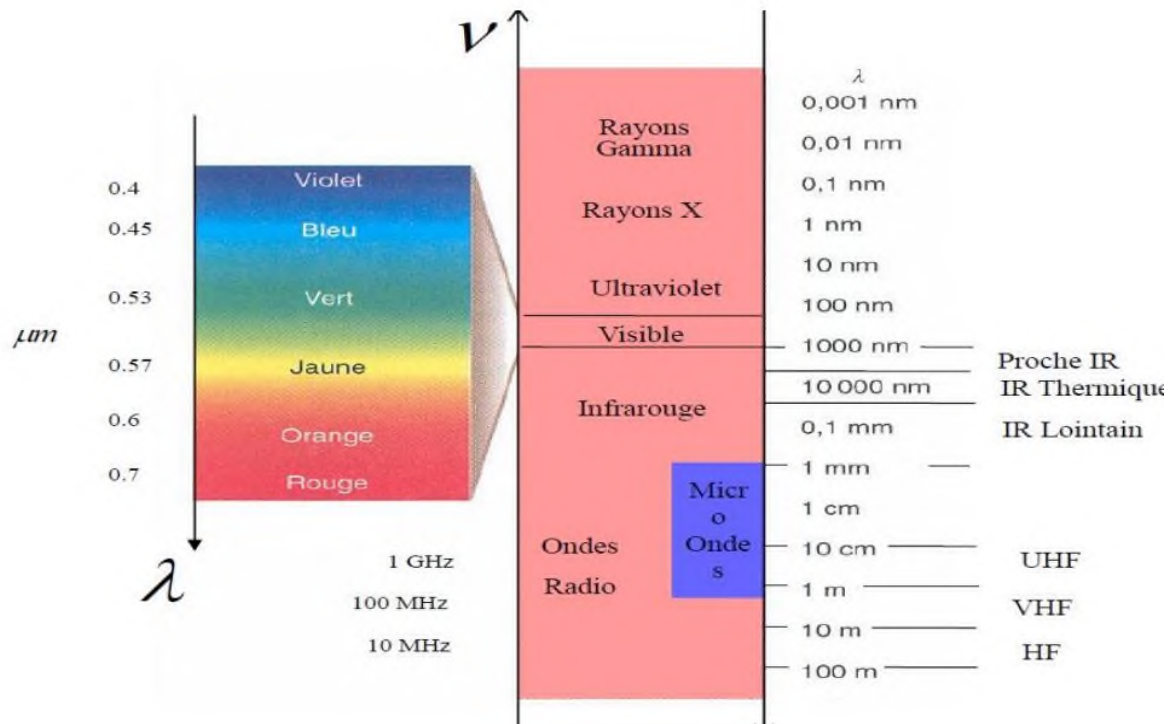


Figure 4: différent domaine du spectre électromagnétique.

Réflectance spectrale Nous avons considéré la notion de réflectance de façon globale à partir de l'énergie lumineuse totale réfléchi par l'objet. Elle caractérise l'image formée dans une caméra dite Noir et Blanc qui mesure l'énergie lumineuse globale, c'est à dire sans analyse par rapport à la longueur d'onde. L'étude de la réflectance de nombreux matériaux montre qu'elle dépend de la longueur d'onde. D'où la notion de réflectance spectrale. Il est à noter que la fonction de réflectance spectrale est dépendante des angles d'incidence et d'observation, en particulier au

voisinage de la réflexion spéculaire. Elle se traduit pour l'œil humain par la notion de couleur. Il en résulte qu'un objet homogène, en particulier tridimensionnel, ne donne pas une couleur homogène pour l'image. A titre d'exemple, la figure suivante montre les propriétés réflectrices de divers matériaux observés par le satellite SPOT sous forme de courbe de densité spectrale.

La bande totale s'étend depuis le violet jusqu'au proche infrarouge. On constate que des matériaux différents par leur réponse spectrale peuvent être voisins par leur apparence (neige et calcaire par exemple).[4]

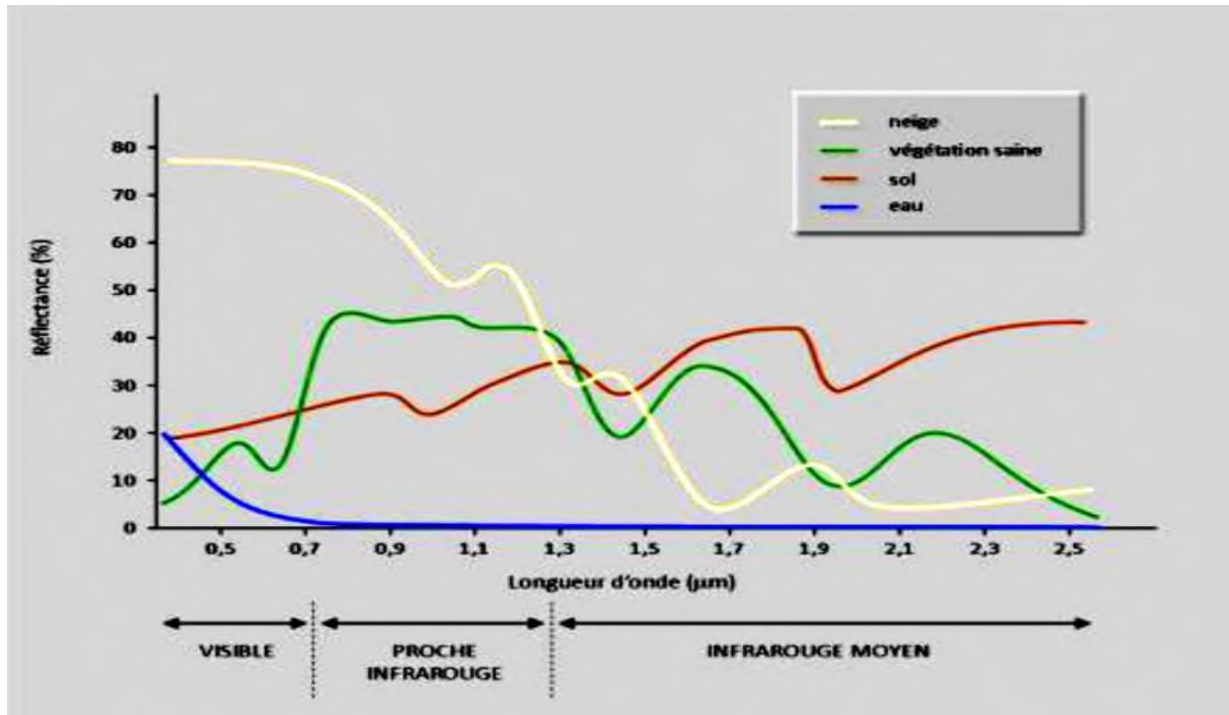


Figure 5: Exemples de Spectres typiques de réflectance de la neige, de l'eau, du sable et de la végétation.

❖ Lecture de la figure :

- ✚ la neige est très élevée dans le visible et le proche infrarouge (> 90 %). Elle diminue à partir de 1 µm pour atteindre des valeurs très faibles dans le moyen infrarouge à 1.55 µm.
- ✚ l'eau absorbe la majorité du rayonnement reçu quelle que soit la longueur d'onde (réflectance < ~10 %). La réflectance diminue progressivement avec la longueur d'onde pour atteindre des valeurs quasi-nulles dans le proche infrarouge après 0.9 µm.
- ✚ la réflectance du sable, et plus généralement celle des sols nus, est faible aux courtes longueurs d'ondes, puis augmente quasi-linéairement (valeurs inférieures à 5 % dans le bleu et autour de 20 % dans le proche infrarouge).

- ✚ le comportement de la végétation « verte » est typique, avec une forte absorption dans le visible, et en particulier dans le rouge et le bleu, pour la photosynthèse, et une très forte réflectance dans le proche infrarouge (jusqu'à 50%).

3.3.2. Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la terre :

- Spectre visible (0,4-0,7 m) : Gamme de fréquence de l'œil humain. Rayonnement solaire maximal. Subdivisé en trois groupes : R, G, B.
- Infrarouge proche (0,7-1,1 m) : Appelé IR réfléchi. L'énergie solaire des corps réfléchissants. Le rayonnement dans la région de l'infrarouge réfléchi est utilisé en télédétection de la même façon que le rayonnement visible.
- Infrarouge moyen (1,1 -8 mm) : Mélange de rayonnement solaire et d'émission. Affecte de manière significative l'atmosphère : employé pour mesurer les concentrations de vapeur d'eau, ozone, aérosols, etc.
- Infrarouge thermique (8-14 mm) : Rayonnement émis par les organismes eux-mêmes.
- Micro-ondes (1mm-1m) : Intérêt croissant de la télédétection dans cette bande. Perturbations atmosphériques sont mineures et sont transparentes pour les nuages. Les capteurs actifs sont généralement utilisés. [5]

Tableau 1 : spectre électromagnétique.

Name	Wavelength Range	Radiation source	Propriété de surface d'intérêt
Visible (V)	0.4 – 0.7 μm	Solar	Réflectance
Name InfraRed (NIR)	0.7 – 1.1 μm	Solar	Réflectance
ShortWave InfraRed (SWIR)	1.1 – 3 μm	Solar	Réflectance
MidWave InfraRed (MWIR)	3 – 5 μm	Solar Thermal	Réflectance, température
Thermal InfraRed (TIR)	8 – 14 μm	Thermal	Température
Mircowave, radar	1mm – 1 m	Passive : thermal Actine : artificiel	Température (P) Rugosité (A)

3.4. Les éléments de la télédétection :

Les éléments essentiels en télédétection sont :

1. Une plateforme pour tenir l'instrument.
2. Un objet cible à observer.
3. Un instrument ou capteur pour observer la cible.
4. L'information obtenue à partir des données de l'image et la manière dont cette information est exploitée et stockée [W2].

3.4.1. Les plates-formes :

Quel que soit le degré de sophistication des instruments utilisés, en l'absence d'un moyen de quitter la surface de la terre, la télédétection ne permet pas d'acquérir une vision d'ensemble acceptable de notre planète. C'est la raison pour laquelle la télédétection est une technologie relativement nouvelle. [6]

3.4.2. Les Avions :

De nos jours, l'une des méthodes les plus évidentes pour "prendre une photo" de la Terre à distance consiste à faire en s'éloignant de sa surface (en volant, par exemple). Pour pouvoir prendre des photos, les avions sont équipés d'appareils photo. Les avions se caractérisent (du point de vue de la télédétection) par le fait qu'ils volent à une altitude relativement faible (seulement quelques kilomètres au-dessus de la surface) et ne peuvent par conséquent prendre en photo que des portions de territoire limitées, avec de nombreux détails (voitures, personnes, arbres, etc.). Pour que les avions d'étude puissent voler, les conditions météo doivent être suffisamment bonnes, de manière à ce qu'il soit possible de prendre de nombreuses photographies ; les photos prises par les appareils photos embarqués sur ces avions sont par conséquent généralement assez claires (peu de nuages). Cela étant, les avions ne peuvent pas voler à tout moment (durant la nuit ou par temps de brouillard ou de pluie, alors qu'il est possible que des images soient nécessaires à ces moments).

III. Les satellites :

Les satellites ne volent pas. Ils se déplacent en suivant une orbite. L'orbite est la trajectoire suivie par un corps céleste autour d'un autre corps céleste plus grand. Généralement, l'orbite a une forme quasi-

circulaire. Aujourd'hui, les satellites sont des plates-formes utilisées communément en télédétection ; ils véhiculent des capteurs extrêmement variés, et souvent spécialisés dans l'observation de la météo, des paysages ou catastrophes naturelles, de la végétation, Certains capteurs sont même capables de "voir" à travers les nuages ou d'acquérir de l'imagerie de nuit. Deux grands avantages des satellites par rapport aux avions, c'est qu'ils peuvent prendre des images d'étendues extrêmement vastes et que la même surface peut être observée systématiquement à chaque passage du satellite.[6]



Figure 6 : Image satellitaire



Figure 7: Image prise par un avion

3.1. Différents types de satellites :

Nous pouvons classifier les satellites suivant leurs missions ou leurs orbites.

Suivant les différentes missions des satellites nous pouvons citer :

- a) Les satellites d'astronomie.
- b) Les satellites de navigation.
- c) Les satellites météorologiques.
- d) Les satellites militaires.
- e) Les satellites de communication.

Si nous prenons comme critère l'orbite, nous pouvons distinguer deux types de satellites :

3.1.1. Les satellites géostationnaires :

Les satellites à orbite géostationnaire ont une altitude très élevée (35790 Km) et ont la même vitesse de rotation que celle de la terre donnant ainsi l'impression qu'ils sont stationnaires. Cette configuration orbitale est utilisée par les satellites météorologiques et de communications. [7]

3.1.2. Les satellites à défilement :

Les satellites à défilement, non géostationnaire, évoluent à basse altitude (entre 600 et 1500 Km) ce qui leur permet de fournir des images assez détaillées et d'effectuer des observations cycliques de la terre. Comme satellite à défilement on peut citer SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre), LANDSAT qui est propriété de la NASA (National Aeronautics and Space). [7]

1.1 Les bandes de satellite :

Tableau 2 : Les bandes satellite

Band Number	Band Description	Band Range (nm)
1	Coastal Aerosol (Operational Land Imager (OLI))	435-451
2	Blue (OLI)	452-512
3	Green (OLI)	533-590
4	Red (OLI)	636-673
5	Near-Infrared (NIR) (OLI)	851-879
6	Short Wavelength Infrared (SWIR) 1 (OLI)	1566-1651
7	SWIR 2 (OLI)	2107-2294
10	Thermal Infrared Sensor (TIRS) 1	10600-11190

1.2 LANDSAT

- ✚ Satellites NASA-USGCS.
- ✚ LANDSAT 1 (1972).
- ✚ LANDSAT 2 (1975).
- ✚ LANDSAT 4 (1982).
- ✚ LANDSAT 5 (1985).

- ✚ LANDSAT 6 (1993).
- ✚ LANDSAT 7 (1999).
- ✚ LDCM (LANDSAT 8) 2013.

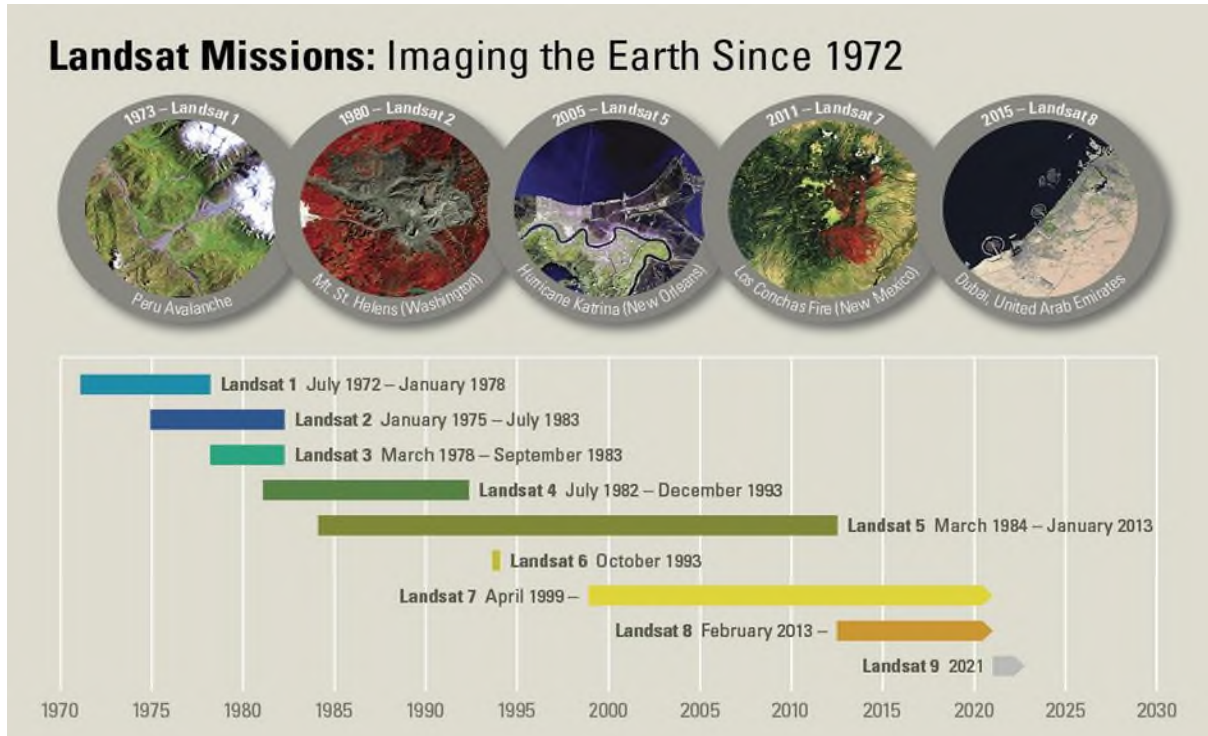


Figure 8: L'histoire de Satellite Landsat.

1.2.1 Satellite Landsat 8

1. Engin spatial : Landsat Data Continuity Mission (LDCM).
2. Lancement Véhicule : Atlas V-401.
3. Date de lancement : 11 février 2013.

Landsat 8 a été lancé le 11 février 2013 depuis la base aérienne de Vandenberg, en Californie, sur une fusée Atlas-V 401, avec la coiffe de charge utile étendue (EPF) de United Launch Alliance, LLC. (Le lancement de Landsat 8 entre guillemets.) La charge utile du satellite Landsat 8 se compose de deux instruments scientifiques : l'imageur terrestre opérationnel (OLI) et le capteur infrarouge thermique (TIRS).

Ces deux capteurs assurent une couverture saisonnière de la masse continentale globale à une résolution spatiale de 30 mètres (visible, NIR, SWIR) ; 100 mètres (thermique); et 15 mètres

(panchromatique). Landsat 8 a été développé dans le cadre d'une collaboration entre la NASA et l'US Geological Survey (USGS).

3.2. Systèmes d'observation

Ils représentent à la fois les instruments de mesures du rayonnement électromagnétique (capteurs), et les systèmes de télédétection (plates-formes).

3.3. Les capteurs

Les capteurs sont des appareils capables de recevoir le rayonnement qui vient de la terre et de le transformer en un signal permettant la mémorisation de l'information. Ils se distinguent par leurs types d'acquisitions (passif ou actif), leurs modes d'acquisitions et leurs résolutions. [8]

3.3.1. Les capteurs passifs :

Qui utilisent les propriétés de réflexion du rayonnement solaire dans le domaine optique (visible et proche infrarouge) et celles de l'émission dans l'infrarouge thermique et dans le domaine des micro-ondes. [8]

3.3.2. Les capteurs actifs :

Produisent leur propre énergie pour illuminer la cible, et mesurer le signal rétrodiffusé dans sa direction. Ce sont des radiomètres opérant dans le domaine des hyperfréquences, ils ont l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison [8]



Figure 9: Principe de la télédétection passive et active.

3.4. Mode d'acquisition

Il est soit à balayage électronique (cas de SPOT qui a une barrette de détecteurs qui balaye un champ de 60 Km de largeur - balayage ligne), soit à balayage mécanique (cas de LANDSAT qui balaye un champ de 185 Km de largeur en utilisant un miroir rotatif). [8]

3.4.1. Résolution

La résolution est une mesure de la capacité d'un système optique de séparer des signaux proches spatialement et/ou spectrale ment.

La capacité de mesurer une information par télédétection exige la considération prudente de quatre types de résolution : radiométrique, spatiale, spectrale, et temporelle.

✚ La résolution radiométrique :

Elle est définie comme le seuil de sensibilité du radiomètre, c'est à dire la plus faible intensité réfléchie ou émise par la scène que le capteur est capable de détecter dans chaque bande spectrale (CALOZ. 1992). [9]

✚ La résolution spectrale :

C'est la plus petite largeur de bande spectrale $d\lambda$ dans laquelle le radiomètre est capable de mesurer une intensité suffisante. Elle est de 0.1 μm pour les radiomètres destinés aux satellites d'observation des ressources terrestres et de l'ordre de 10 nm pour les radiomètres à haute résolution spectrale (CALOZ. 92). [9]

Tableau 3 : Différentes résolutions spectrales.

Mode	Nombre de bandes	Largueur bande	Exemple de capteur
Multispectra	<10	50-200 nm	HRVIR (5 bandes), ETM+ (8 bandes)
Superspectra	10 à 40	10-20 nm	ASTER (14 bandes)
Hyperspectral	>100	<10 nm	LAC (256 bandes de 0,85 à 1,5 μm)

✚ Résolution temporelle :

La résolution temporelle du système de télédétection est égale à la période de passage au nadir d'un satellite, qui est le temps mis par un satellite pour effectuer un cycle orbital complet. Cette période est généralement de quelques jours. Il faut donc quelques jours à un tel satellite pour qu'il puisse observer de nouveau exactement la même scène à partir du même point dans l'espace.

La résolution temporelle d'un radiomètre est le changement que peut rapporter ce radiomètre entre deux dates pour une surface particulière. Cette résolution est très intéressante pour le suivi d'un phénomène à évolution dans le temps (études multidates). [10]

✚ Résolution spatiale :

C'est la plus petite unité au sol décelable par un capteur. Elle correspond à 30 mètres pour le capteur ETM+ de Landsat. [10]

On distingue communément trois types de résolution spatiale : basse, haute et très haute (Tableau 5).

Tableau 4: Différentes résolutions spatiale.

Libellé	Résolution	Exemple de capteur
Basse Résolution Spatiale (BRS)	> 100 m	AVHRR, MVIRI, MODIS, WiFS
Haute Résolution Spatiale (HRS)	5 à 100 m	ETM+, HRVIR, ASTER, LISS 3
Très Haute Résolution Spatiale (THRS)	< 5 m	IKONOS, QuickBird

f) Image numérique et visualisation

L'image de télédétection tant aérienne que satellitale est sans doute le modèle visuel le plus fidèle, le plus riche de l'espace géographique (Caloz et Collet, 2001). Les images numériques sont représentées au moyen d'un ordinateur par des matrices de pixels, où chaque pixel correspond à un nombre, représentant le niveau d'intensité en niveau de gris du pixel

Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons vu un aperçu général sur la télédétection, La télédétection est une discipline très vaste et couvre plusieurs domaines à savoir, les domaines terrestres, marins, atmosphériques, géologiques, climatiques, spatiaux, et environnementaux, etc Eux-mêmes qui couvrent plusieurs sous domaines. En utilisant plusieurs types de satellites qui orbitent autour de la terre et qui n'interagissent pas avec les objets à étudier, ils transformaient la luminance en images numériques.

Chapitre 2 : Généralités sur le traitement d'images

1 Introduction

Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un Développement important depuis quelques dizaines d'années. Les images numériques sont présentées sous forme de matrices, cependant les opérations, en particulier arithmétique, se font entre pixels, des deux images, situés aux mêmes positions. De ce fait, nous allons réserver ce chapitre à la présentation des notions générales liées à l'image et son traitement numérique.

Qu'est-ce que le traitement d'image ?

Le traitement d'image est l'ensemble des opérations qui ont pour le but de modifier les images où d'en extraire des informations.

Historique

Le traitement d'images commence à être étudié dans les années 1920 pour la transmission d'images par le câble sous-marin allant de New York à Londres. Harry G. Bartholomew et Maynard D. Macfarlane effectuent la première numérisation d'image avec compression de données pour envoyer des fax de Londres à New York. Le temps de transfert passe ainsi de plus d'une semaine à moins de trois heures. Il n'y a pas vraiment d'évolution par la suite jusqu'à la période d'après-guerre. [4]

2 Le traitement d'image

2.1 Définition de l'image

L'image numérique est une image dont la surface est divisée en éléments d'une taille fixe appelés cellules ou pixels, ayant chacune comme caractéristiques : le niveau de couleurs (ou de gris) prélevé et l'emplacement correspondant dans l'image réelle.

- La numérisation d'une image est la conversion de celle-ci de son état analogique en une image numérique représentée par une matrice bidimensionnelle de valeurs numériques

F(x, y).

x, y : Coordonnées cartésiennes d'un point de l'image.

F(x, y) : Niveau d'intensité.

Pour des raisons de commodité de représentation pour l'affichage et l'adressage, les données images sont généralement rangées sous forme de tableau I de n lignes et p colonnes où chaque élément $I(x, y)$ représente un pixel de l'image et sa valeur est associée à un niveau de gris codé sur m bits (2^m niveaux de gris, 0 = noir, $2^m - 1$ = blanc). [10]

- La valeur en chaque point exprime la mesure d'intensité lumineuse perçue par le capteur.

Une image numérique est constituée d'un ensemble de points appelés pixels (abréviation de Picture Élément). Les pixels sont approximativement rectangulaires, parfois carrés. Leur dimension peut être changée en réglant l'écran ou la carte graphique. Le pixel représente ainsi le plus petit élément constitutif d'une image numérique. L'ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions constituant l'image. [11]

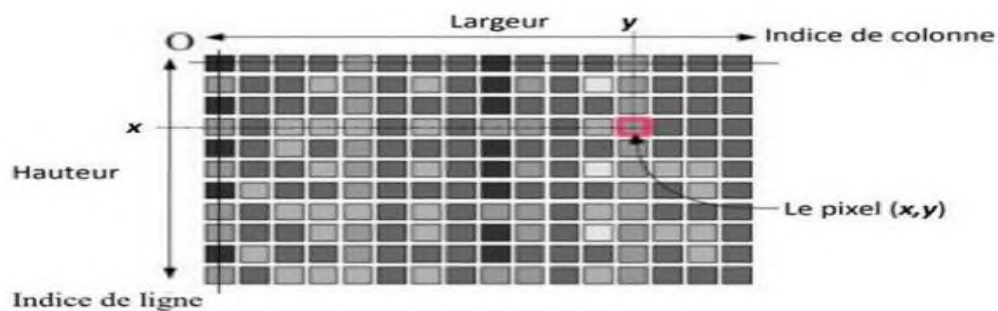


Figure 1: Représentation d'image numérique

2.2 Types des images

2.2.1 Image binaire

Une image binaire est une image dont les pixels ne peuvent avoir que les valeurs 0 et 1. Le 0 correspond à un pixel noir et 1 à un pixel blanc. Le niveau de gris est donc codé sur seul bit.

Notons que la plupart des systèmes de traitement d'images placeront chaque pixel dans un octet (code 0 ou 255 (pour coder le 1 de l'image binaire » pour des facilités d'accès et d'écriture des algorithmes. [12]

La figure 7 représente une image binaire :



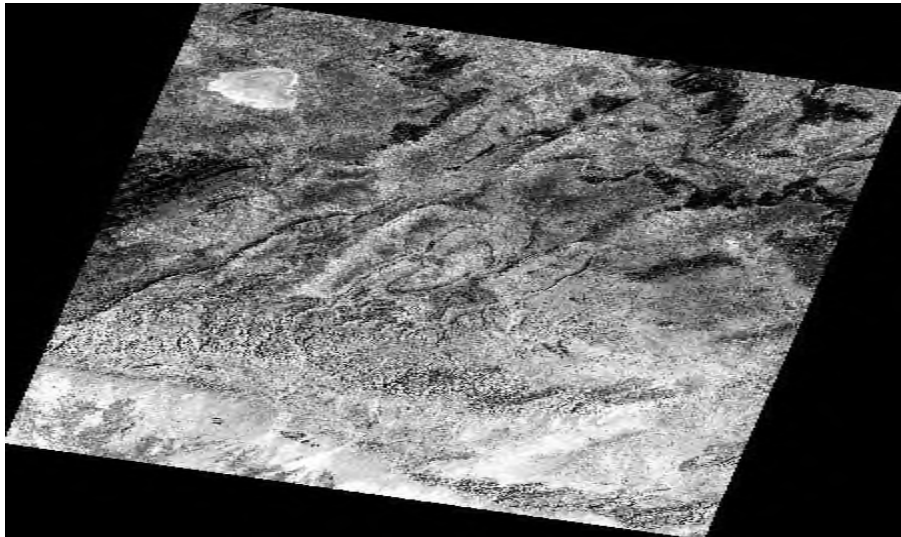
Figure : 2 image binaire.

2.2.2 Image à niveaux de gris

Dans une image en niveaux de gris (nuances de gris), la couleur d'un pixel peut prendre des valeurs allant du noir (0) au blanc (255) en passant par un nombre fini de niveaux intermédiaires obtenus par dégradation du noir. Le pixel est ainsi codé sur un octet.

Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la " couleur " de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est important, plus les niveaux possibles sont nombreux. [13]

La figure 7 représente une à niveaux de gris :



*Figure 3: représente une image à niveaux de gris. (Zone Tébessa
AB_LIT_001148_002_20221026_20221026095324)*

2.3 Image en couleurs

Elle est obtenue par la combinaison de trois couleurs dites primaires : rouge, vert et bleu(RVB). Chaque couleur est codée comme une image à niveaux de gris, avec des valeurs allant de 0 à 255 .pour $R=V=B=0$ nous auront un noir pur, et pour $R=V=B=255$ nous auront un blanc pur. La représentation des images couleurs se fait donc soit par une image dont la valeur du pixel est une combinaison linéaire des valeurs des trois composantes couleurs, soit par trois images distinctes représentant chacune une composante couleur, on distingue généralement deux types d'images : [14]

- ✓ Images 24 bits ;

- ✓ Images à palettes (256 couleurs)



Figure 4: Image en couleurs.

3 Caractéristiques d'une image numérique

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivants :

3.1 Dimension :

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels). Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image. [14]

3.2 Le pixel :

Contraction de l'expression anglaise " Picture Elements " : éléments d'image, le pixel est le plus petit point de l'image, c'est une valeur numérique représentative des intensités lumineuses. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels sur l'image. [15]

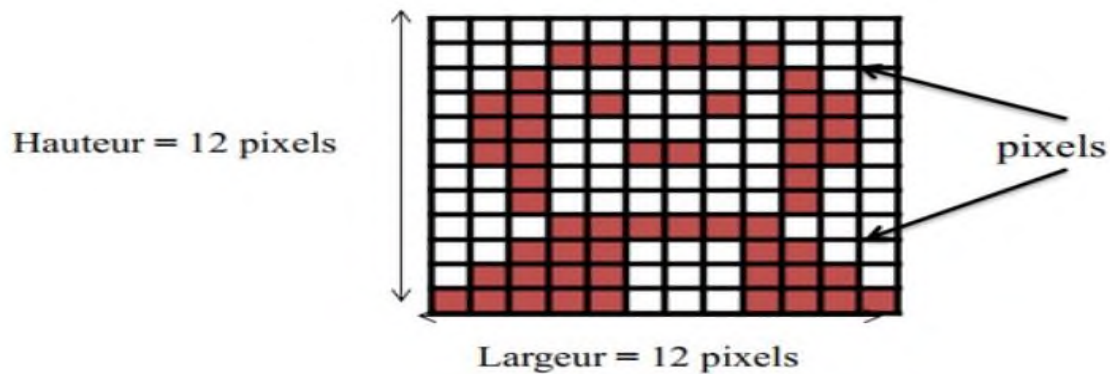


Figure 5: Exemple d'image 12x12 pixels.

3.3 Texture :

Une texture est une région dans une image numérique qui a des caractéristiques homogènes. Ces caractéristiques sont par exemple un motif basique qui se répète. La texture est composée de Texel, l'équivalent des pixels. [16]

3.4 Bruit :

Un bruit (parasite) dans une image est considéré comme un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il provient de l'éclairage des dispositifs optiques et électroniques du capteur. [16]

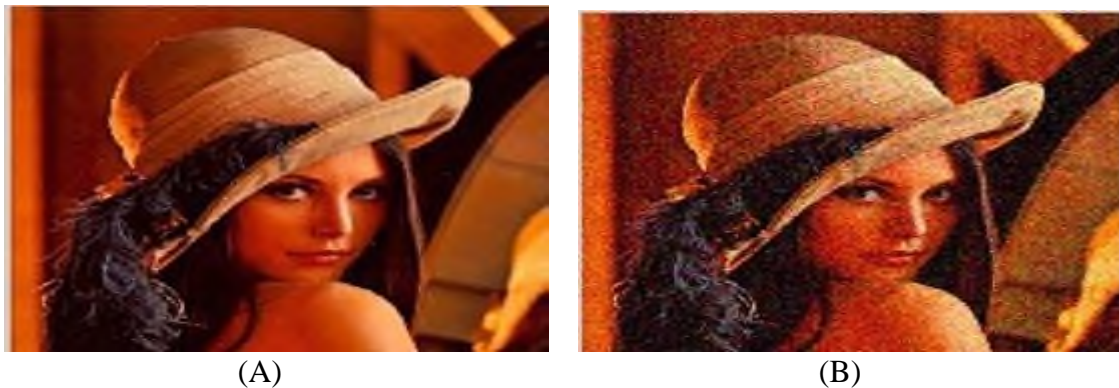


Figure 6: (a) Image sans bruit. (b) Image avec bruit.

3.5 Résolution :

La résolution est définie par un nombre de pixels par unité de longueur de l'image à numériser en dpi (dots per inch) ou ppp (points par pouce). On parle de définition pour un écran et de résolution pour une image. Plus le nombre de pixels est élevé par unité de longueur, plus la quantité d'informations qui décrit l'image est importante et plus la qualité est meilleure (mais

plus le poids de l'image est élevé). Autrement dit, la résolution d'une image correspond au niveau de détails qui vont être représentés sur une image, voir l'exemple ci-dessous. [17]

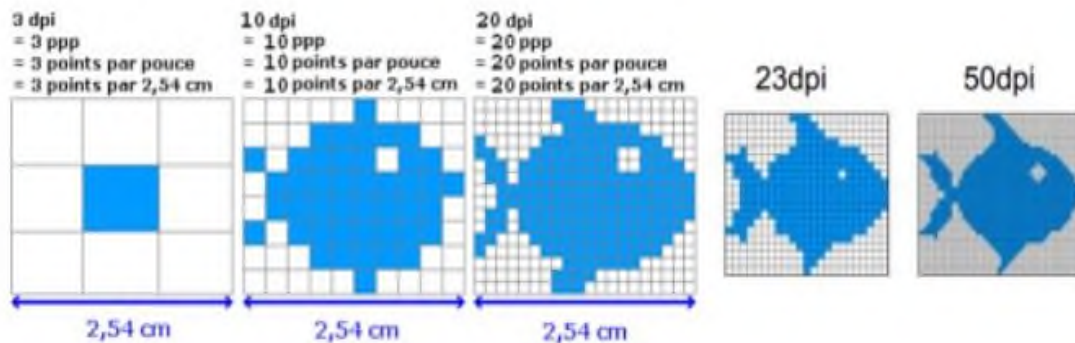


Figure 7: Quelques exemples de résolutions.

3.6 Histogramme :

L'histogramme est la représentation graphique de la distribution des pixels d'une l'image, ou d'une partie d'image, selon leur intensité. La forme la plus classique répartit la plage d'intensité sur l'axe horizontal, le noir ou les tons sombres étant situés à l'origine du graphique. En tenant compte du nombre de pixels, l'histogramme peut être représenté en termes de proportions ou de probabilités. [18]

Au niveau de gris :

L'histogramme des niveaux de gris de l'image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris. L'histogramme permet alors de donner la distribution des niveaux de gris de l'image appelée « dynamique de l'image ».

Voici les résultats obtenus :

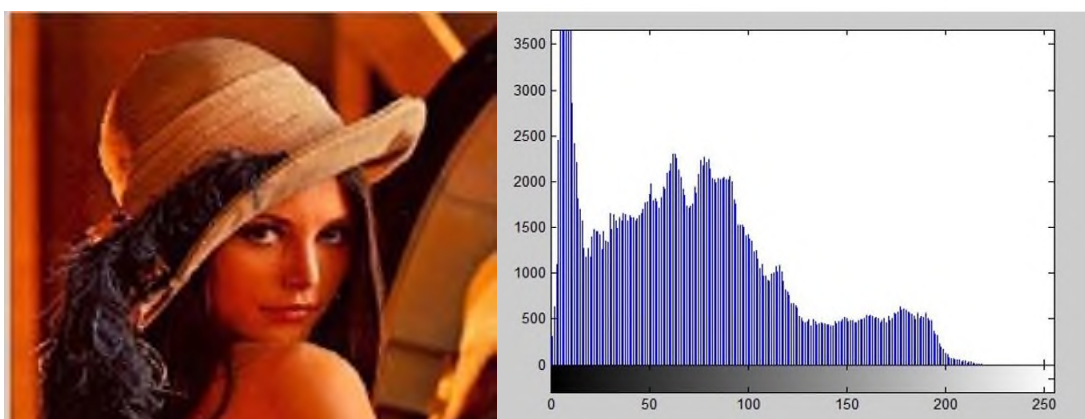


Figure 8: Image avec histogramme Au niveau de gris.

3.7 Luminance :

C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet.

Une bonne luminance se caractérise par :

- ✚ Des images lumineuses (brillantes) ;
- ✚ Un bon contraste : il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir ; ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses.
- ✚ L'absence de parasites. [19]

3.8 Contraste :

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image. [20]

Le contraste est défini en fonction des luminances de deux zones d'images. Si L1 et L2 sont les degrés de luminosité respectivement de deux zones voisines A1 et A2 d'une image, le contraste C est défini par le rapport :

$$C = (L1 - L2) / (L1 + L2).$$

3.9 Le flou

C'est la perte de la netteté d'une image numérique. Ce flou numérique peut venir d'un mouvement soudain du photographe ou bien du capteur de l'appareil numérique.

4 Les étapes du traitement d'image :

Le traitement d'image numérique se fait dans le but d'une manipulation plus souple de l'image en vue d'extraire les informations ciblées. Ce système de traitement s'effectue en trois ou quatre étapes (voir figure 11).

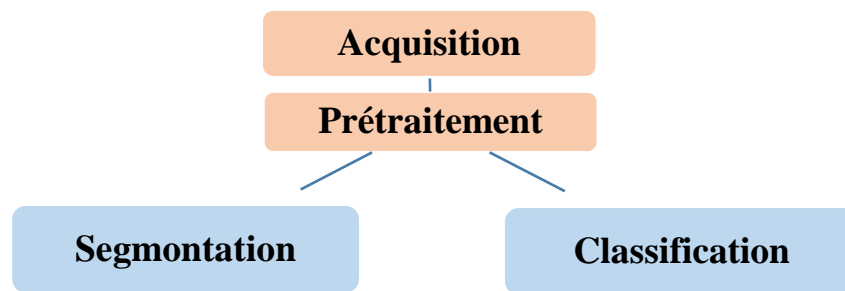


Figure 9: Les étapes de traitement d'images.

4.1 Acquisition :

C'est la conversion de l'image analogique en image numérique selon le processus de numérisation. Les dispositifs utilisés pour l'acquisition des images sont principalement : Les appareils photo numériques, scanners, caméras et les cartes d'acquisition. [21]

4.2 Prétraitement :

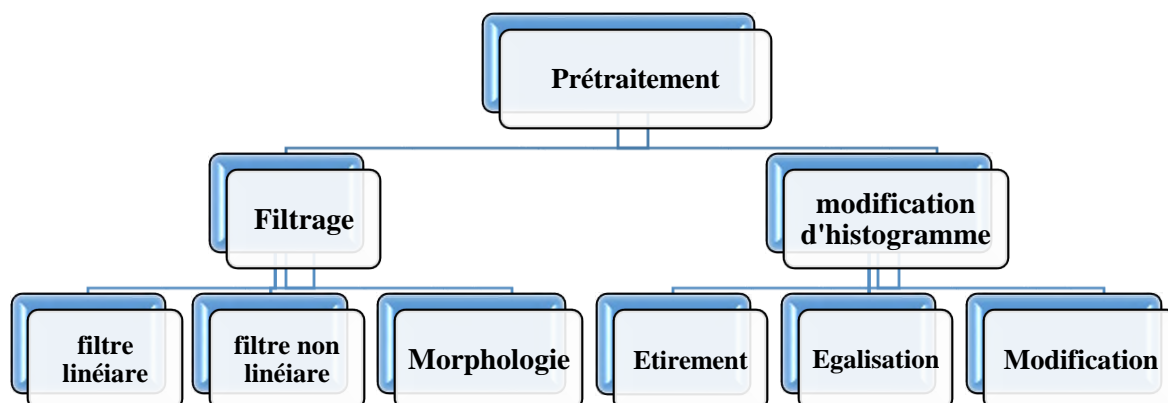


Figure 10: Différentes techniques de prétraitement..

4.2.1 Le filtrage :

On définit trois types de filtres :

- Filtres linéaires.
- Filtres non linéaires.
- Filtres morphologiques.

4.2.1.1 Filtres linéaires :

Ils transforment un ensemble de données d'entrée en un ensemble de données de sortie par une convolution qui est une opération mathématique. Ils permettent de supprimer le bruit dans l'image. Chaque filtre a une taille $N*N$ avec N impair.

Les filtres linéaires les plus connus sont les filtres passe-bas, passe-haut. [14]

a) Filtres passe-bas :

Ces filtres permettent d'atténuer les composantes à hautes fréquences de l'image (les pixels claires). Ils lissent ainsi le signal, adoucissent les variations brutales d'intensité, ils éliminent le bruit et modifient assez peu l'image et gardent généralement intacte l'intensité moyenne de l'image.

Le principe de ce filtre consiste à remplacer la valeur de chaque pixel par la moyenne effectuée sur un voisinage. [14]

b) Filtres passe-haut :

Ces filtres permettent d'atténuer les composantes à basses fréquences de l'image (les pixels claires). Ils accentuent les détails et le contraste d'une image numérique. Ils ont pour but de rehausser les frontières. Ils mettent en valeur les points isolés ou les limites des objets, alors que les autres points sont mis à 0 (en noir).

c) Filtres passe-bande (Différenciation) :

Cette opération est une dérivée du filtre passe-bas. Elle consiste à éliminer la redondance d'information entre l'image originale et l'image obtenue par filtre passe-bas.

d) Filtres directionnels :

Ils sont utilisés pour faire apparaître les détails de l'image dans une direction déterminée (horizontale, verticale et diagonale).

4.2.1.2 Filtres non linéaires :

Ils sont utilisés pour éviter le flou introduit par les filtres passe-bas classiques. Ce sont des filtres dans lesquels la nouvelle valeur du pixel est calculée par une combinaison non linéaire de la fenêtre des pixels avoisinants. [20]

Le plus utilisé est le filtre médian.

✓ **Filtre médian :**

Ce filtre a pour objectif d'éliminer le bruit dans l'image. Il s'agit de remplacer la valeur du pixel par la valeur médiane du pixel et de ses voisins.

L'algorithme de filtre médian est le suivant :

1. Trier les valeurs par ordre croissant.
2. Remplacer la valeur du pixel centrale par la valeur située au milieu de la triée.
3. Répéter cette opération pour tous les pixels de l'image

En traitement d'image, les tailles des fenêtres utilisées pour le filtrage médian sont généralement impaires : 3×3 ; 5×5 ; 7×7

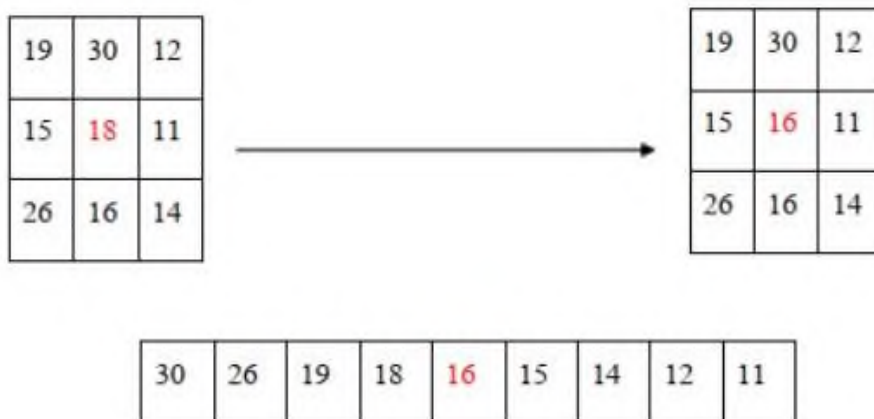


Figure 11: Principe du filtre médian.

4.2.1.3 Filtres morphologiques :

Les opérateurs morphologiques les plus usuels sont :

a) Dilatation :

L'opération de dilatation utilise la notion d'*élément structurant* qui généralise le concept de fenêtre glissante. L'idée est que, pour pouvoir étudier la forme des objets, il faut pouvoir considérer des fenêtres glissantes avec des formes plus complexes qu'un carré : par exemple des segments, des cercles, des triangles.

Dans le cas des images à niveau de gris, on voit que la dilatation tend à agrandir les zones claires selon la forme de l'élément structurant :

b) Erosion :

Elle permet d'éliminer les points blancs isolés de l'image. Elle abaisse les « pics » et élargit les « vallées ». Elle peut être répétée jusqu'à ce que l'image ait une valeur constante (la valeur minimale).

Pour chaque pixel $u(i, j)$ de l'image :

1. Centrer l'élément structurant sur ce pixel ;
2. Considérer les voisins du pixel dans l'élément (centre + ses voisins) ;
3. Si l'un de ces pixels est en noir, mettre $u(i, j)$ en noir.

Cependant pour une image en niveau de gris, la valeur du pixel est remplacée par la valeur minimale de ses voisins. La figure suivante montre ce principe :

c) Ouverture :

L'ouverture est une érosion suivie d'une dilatation. Elle rase les « pics » de l'histogramme sans modifier les « vallées ».

Sur une image en niveau de gris, l'ouverture va supprimer les petits éléments clairs

d) Fermeture :

La fermeture est une dilatation suivie d'une érosion. Elle comble les « vallées » sans modifier les « pics ».

Sur une image en niveau de gris, la fermeture va éclaircir les petites zones sombres :

5 Image satellitaire

Les images satellitaires sont des images prise depuis l'espace l'aide de satellite artificiels Ces images ont une grande importance dans de nombreux domaines tel que la cartographie, la surveillance environnementale, la prévision météorologique et bien d'autres encore.

Une image satellitaire est une représentation visuelle d'une région de la Terre capturée à partir d'un satellite en orbite autour de notre planète. Ces images sont généralement prises à partir d'une perspective aérienne et offrent une vue détaillée et globale de la surface terrestre Les images satellitaires sont obtenues à l'aide de capteurs à bord des satellites, qui enregistrent les différentes longueurs d'onde de la lumière réfléchie ou émise par la surface terrestre. Ces

capteurs peuvent être sensibles à différentes bandes spectrales, allant des rayons ultraviolets aux infrarouges thermiques.

5.1 La Technologie derrière des images satellitaires

Les images satellitaires sont obtenues grâce à des capteurs installés sur des satellites en orbite autour de la terre ces capteurs enregistrent différentes longueurs d'ondes de la lumière réfléchiée par la surface terrestre pour créer des images en couleurs ou en noir et blanc.

5.2 Principe de l'imagerie

5.2.1 Domaines d'application de traitement d'image

Le traitement d'images possède l'aspect multidisciplinaire. On trouve ses applications dans des domaines très variés tels que les télécommunications (T.V., vidéo, publicité,...), la médecine (radiographie, ultrasons,..), biologie, astronomie, géologie, l'industrie (robotique, sécurité), la météorologie, l'architecture, l'imprimerie, l'armement (application militaire). De nouvelles applications pratiques sont possibles aujourd'hui et touchent tous les domaines d'activités, tels que : métiers du spectacle, de la radio, créations artistiques,...

5.2.2 Traitement numérique des images satellitaires

Le traitement numérique des images satellitaires est l'ensemble des diverses opérations de traitement des données de photographie ou d'image, incluant notamment la compression d'image, la restauration d'image, l'accentuation d'image, le prétraitement (correction d'image), la quantification, le filtrage spatial et toutes autres techniques de reconnaissance de formes de l'image. Ces opérations peuvent être classées en trois groupes :

- Prétraitement
- Rehaussement et transformations
- Classification et analyse

Conclusion

Le traitement d'images est une discipline qui consiste à analyser, manipuler et interpréter des images numériques pour extraire des informations et prendre des décisions éclairées. Cette discipline repose sur des techniques avancées de traitement numérique, de vision par ordinateur et d'apprentissage automatique.

Le traitement d'images trouve des applications dans de nombreux domaines, tels que la médecine, la surveillance, la robotique, l'industrie, la sécurité, l'astronomie, la cartographie et bien d'autres. Il permet d'extraire des caractéristiques visuelles, de détecter des objets, de reconnaître des motifs, de segmenter des régions d'intérêt, d'améliorer la qualité des images et de transformer les données visuelles en informations exploitables.

Les techniques de traitement d'images incluent des opérations de base telles que le filtrage, la convolution, la transformation, le seuillage, la morphologie mathématique, ainsi que des méthodes plus avancées comme l'apprentissage en profondeur, les réseaux neuronaux convolutifs, les algorithmes d'apprentissage automatique et les techniques de reconnaissance de formes.

Chapitre 3 : détection des changements avec des images satellitaires

1 Introduction :

Grâce à la disponibilité des données satellitaires et la répétitivité de leur acquisition, l'analyse des images multi-temporelles a permis d'élargir les applications de la télédétection pour inclure la détection des changements de la surface terrestre et le suivi des phénomènes dynamiques. [22]

2 L'historique :

L'historique de détection des changements commence par l'historique de la télédétection et surtout la première photographie aérienne prise en 1859 par Gaspard Felix Tournachon, également connu sous le nom de Nadar.

Par la suite, le développement de la détection des changements est étroitement associé à la technologie militaire pendant les guerres mondiales I et II et à l'avantage stratégique apporté par les informations temporelles acquises par télédétection. Des applications civiles de détection des changements ont été développées à la suite de ces événements au XXe siècle en utilisant principalement des moyens d'interprétation et analogiques. Cependant, la disponibilité civile des données était limitée jusqu'aux années 70 et 80 en raison de la classification militaire de l'imagerie.

Le développement de l'ère de détection des changements numériques a vraiment commencé avec le lancement de Landsat-1 en juillet 1972. L'acquisition régulière de données numériques de la surface de la Terre dans des bandes multi spectrales a permis aux scientifiques d'obtenir des données relativement cohérentes sur temps et pour caractériser les changements sur une zone relativement grande pour la première fois. La continuité de cette mission ainsi que le lancement de nombreuses autres ont assuré le développement des techniques de détection des changements à partir de cette époque développé depuis lors avec l'amélioration des capacités de traitement mais aussi avec le développement de nouvelles approches théoriques. L'analyse de détection des changements de la surface de la terre est un sujet très actif en raison de la préoccupation concernant les conséquences des changements mondiaux et locaux. [23]

3 Définition de la détection des changements : [24]

D'après Singh, la définition de la détection des changements est le processus d'identification et quantification des différences temporelles dans l'état d'un objet ou d'un phénomène existant sur la surface de la Terre en l'observant à des dates différentes. Généralement, l'analyse du changement est une comparaison spatiale, spectrale, thématique et temporelle de deux images satellites prises à des dates différentes Ou d'une image satellite et une carte numérique, ou de deux ou plus couvertures des terres de la même zone géographique produites à partir des données de télédétection qui sont prises à des moments différents. La figure ci-dessous représente un exemple de détection des changements

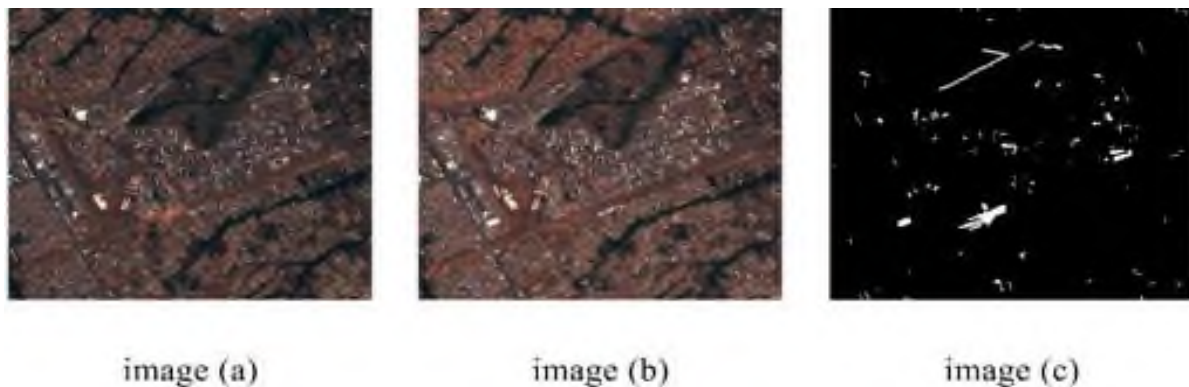


FIGURE 1: EXEMPLE DE DETECTION DE CHANGEMENT.

3.1 Domaine d'application : [18]

La détection des changements peut être appliquée dans différents domaines, par exemple :

- foresterie : localisation de la déforestation, la cartographie des grands feux de forêt.
- agriculture : pour le repérage des grandes cultures.
- environnement : pour délimiter les ensembles écologiques ou pour appuyer la mise en place de parcs de conservation.
- urbanisation : évaluation de l'étalement urbain.
- géologie : pour planifier les campagnes de terrain et compiler les informations structurales.
- cartographie : pour la mise à jour des cartes ou pour la confection de cartes à petite échelle.

3.2 Les processus de la détection des changements : [18]

La détection de changements se fait on quatre étapes :

- ✓ ACQUISITION.

- ✓ PRETRAITEMENT.
- ✓ TRAITEMENT.
- ✓ ANALYSE ET INTERPRETATION.

3.2.1 Acquisition à partir d'image satellite :

L'image satellitaire constitue la principale source d'information pour l'occupation du sol grâce à la télédétection. Pour détecter un changement sur des images satellitaires on doit avoir au minimum deux images satellitaires acquises à deux dates différentes (images multi-dates). [18]

3.2.2 Prétraitement :

Le prétraitement regroupe l'ensemble de processus visant à améliorer les caractéristiques de l'image, pour obtenir un jeu de données de bonne qualité (données superposables et comparables). Lorsqu'une image satellitaire est diffusée par un capteur, en général trois types d'erreurs apparaissent, à savoir les erreurs du capteur, les erreurs créées par les conditions atmosphériques, qui affectent la quantité de rayonnement reçue par le capteur, et les erreurs géométriques liées à la courbure surfacique de la terre, la rotation de la terre, les différences d'élévation, et la location de la zone d'étude et la situation du satellite, etc.

1) Erreurs du capteur :

Les images utilisées sont déjà corrigées par leurs fournisseurs. Par conséquent, il n'y avait pas besoin de tout traitement à cet égard.

a) Corrections géométriques des images :

Les images acquises par les systèmes d'observation de la terre ne peuvent être directement superposées à des cartes parce qu'elles sont affectées de déformations géométriques. Ces déformations sont dues à aux erreurs de positionnement du satellite sur son orbite, au fait que la terre tourne sur son axe durant l'enregistrement de l'image, aux effets du relief terrestre, etc. Elles sont encore amplifiées par le fait que certains satellites prennent des images en oblique. Certaines déformations, comme l'effet de rotation de la terre ou l'effet de visée oblique, sont prévisibles et il est possible d'en calculer l'effet, et donc d'appliquer des corrections systématiques. [25]

b) Corrections radiométriques des images :

Les corrections radiométriques aident à éliminer les effets liés aux angles d'incidence solaires et les effets atmosphériques. Elles se présentent en deux étapes :

- l'étalonnage et la transformation en réflectance au sommet de l'atmosphère.
- l'atténuation des effets atmosphériques. La première étape sert à corriger les modifications causées par le fait que des valeurs de luminance sont transformées en valeurs de comptes numériques (DN) au capteur. La deuxième étape sert à ajuster radio-métriquement les images multi-dates qui ont été prises dans des conditions atmosphériques et environnementales différentes ainsi que des états phonologiques menant à de faux changements. [25]

i. Rehaussement (étalement de dynamique) :

Les fonctions de rehaussement ont pour but de rendre l'image plus lisible. Ils permettent une meilleure exploitation des nuances présentées dans l'image, ainsi qu'une amélioration de l'apparence pour aider l'interprétation, et l'analyse visuelles. La fonction de rehaussement permet également d'augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène. Les rehaussements se divisent en trois grandes catégories [25] :

1. Rehaussement radiométrique :

Ces traitements visent à améliorer la distribution des valeurs de l'ensemble d'une image ; ils se basent sur l'examen d'un histogramme. Donc pour bien comprendre comment fonctionne ce type de rehaussement, il faut premièrement comprendre le concept de l'histogramme d'une image. Ce type de rehaussement consiste à étaler les valeurs de l'histogramme de l'image qui sont généralement concentrés sur une gamme restreinte [25].

2. Rehaussement géométrique :

Le rehaussement géométriques visent à gommer ou accentuer les contrastes et certaines caractéristique des images, mettre en évidence la texture des images ainsi que les effets de bordure, à éliminer le bruit contenu dans les données et sont basés sur les valeurs de voisinage des pixels. [25]

3. Composition colorée :

Les images rehaussées géométriquement (filtrées), et radio-métriquement (étirée) peuvent être combinées pour réaliser une composition colorée. Celle-ci consiste à superposer trois canaux en attribuant chaque canal de l'image une couleur de base (Bleu, vert, Rouge), afin d'obtenir

un document qui se rapproche le plus possible de la réalité, avec un maximum de nuances correspondant aux différents thèmes représentées sur l'image. [25]

ii. Correction Topographique (Correction des effets du aux reliefs) :

La topographie est la science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels (notamment le relief et l'hydrographie) ou artificiels (comme les bâtiments, les routes, etc.).

Son objectif est de déterminer la position et l'altitude de n'importe quel point situe dans une zone donnée, qu'elle soit de la taille d'un continent, d'un pays, d'un champ ou d'un corps de rue. La topographie s'appuie sur la géodésie qui s'occupe de la détermination mathématique de la forme de la terre (forme et dimensions de la terre, coordonnées géographiques des points, altitudes, déviations de la verticale...).

La topographie s'intéresse aux mêmes quantités, mais à une plus grande échelle, et elle rentre dans des détails de plus en plus fins pour établir des plans et cartes à différentes échelles. [26]

c) Traitements :

Méthodes de détection de changement : Pour détecter le changement sur des images satellitaires il existe plusieurs techniques et méthodes

4 Méthodes de détection des changements

La classification urbaine peut être regroupée en trois manières différentes, soit par aspect spectral où spatial, soit par aspect dur où flou, où par aspect par-pixel ou sous-pixel. La classification de l'image satellitaire multi spectrale nécessite l'identification et le regroupement statistique des pixels ayant des valeurs numériques similaires, où des pixels ayant des orientations spatiales similaires selon des thèmes géographiques significatives. Pour le milieu urbain, cela implique la reconnaissance et la conversion de pixels avec des comptes multi spectrales et les positionner dans des catégories thématiques avec des étiquettes telles que les bâtiments, les routes, les parcs, les jardins, etc. La distinction entre les classifications fondées uniquement sur signatures spectrales et ceux qui exploitent également l'espace et la disposition des pixels est un développement particulièrement important dans les applications urbaines. Contrairement à l'environnement naturel, les surfaces urbaines sont généralement un mélange complexe et un arrangement complexe d'objets artificiels et naturels de tailles irrégulières,

Chapitre 3 : détection des changements avec des images satellitaires

souvent de forme angulaire et présentant une densité variable. De telles compositions sont imprévisibles et les configurations sont difficiles à reproduire si la classification repose uniquement sur les informations spectrales [27, 28]

TABLEAU 5 : CLASSIFICATION DES METHODES DE DETECTION DES CHANGEMENTS. [29]

Catégorie	Techniques
Algébrique	<ul style="list-style-type: none">-Différence d'images-Régression d'images-Différence d'indices de végétation-Division d'images-Soustraction (différence) d'images de base
Transformations	<ul style="list-style-type: none">-Analyse en composantes principales (ACP)-Transformation Tasseled Cap-Gramm-Schmidt-Khi-carré
Classifications	<ul style="list-style-type: none">-Comparaison de post-classification-Analyse spectrale temporelle-Détection du maximum de probabilité-Détection de changements hybride-Réseaux de neurones

4.1 Classification :

Les approches de classification, se déclinent en deux variantes : la classification supervisée et la classification non supervisée (ou clustering). Dans la seconde par contre (classification non supervisée), les classes possibles ne sont pas connues à priori, et les exemples disponibles sont non étiquetés. Le but est donc de regrouper dans un même cluster (ou classe) les objets considérés comme similaires. Il est clair que le processus général de la classification dans le domaine informatique essaie de l'appliquer sur des données (points, tableaux, images, sons, . . . etc.), n'échappe pas à la règle imposée par ce célèbre naturaliste et écrivain Georges Buffon, et quel travail général des méthodes de classification, depuis 1749, consiste à imiter et automatiser ce principe en utilisant et inventant des moyens adéquats (matériaux-calculateurs-, et des théories classificatoires...etc.)

La classification c'est construire une collection d'objets Similaires au sein d'un même groupe et dissimilaires quand ils appartiennent à des groupes différents. Les algorithmes de classification non supervisées sont souvent utilisés pour étudier des données pour lesquelles peu d'information sont disponible. Il existe une très large famille de méthodes dédiées à la classification non supervisée dont le plus simple est l'algorithme de k-means.

- ✚ Les méthodes de classification automatique (aussi appelées méthodes de clustering) : Méthodes basées sur la notion d'apprentissage non supervisé, laquelle consiste à regrouper des objets appartenant à un ensemble T en classes restreintes de telle sorte que les objets d'une même classe soient les moins dispersés possibles.
- ✚ Les méthodes d'affectation (aussi appelées classificateurs) basées sur la notion d'apprentissage supervisé : méthodes utilisant un ensemble d'exemples où les classes d'appartenance sont connues au préalable. À partir de cet ensemble, des normes (ou règles) d'affectation seront définies.

De même, certains problèmes de classification nécessitent de combiner les deux types d'apprentissages (supervisée et non supervisée) appelé la méthode semi supervisé.

Chapitre 3 : détection des changements avec des images satellitaires

TABLEAU 6 : LES DIFFERENTES CLASSIFICATIONS URBAINES AVEC LEURS PRINCIPES ET METHODES.

Principe de classification	Méthode susuelles/ Classificateurs
Classification basée sur le par-pixel	Maximum de vraisemblance (ML); arbre de décision (DT); Règles d'expert : expert rules (ER)
Classification basée sur le Sous-pixel	ERDAS sub-pixel; Artificial neural networks; bati et ISA comme un seul endmember
Méthodes de classification orientée objet	Classification basée sur la segmentation
Méthodes de classification basée sur le SMA	Addition des fractions d'Albedo de niveau élevé et faible; approche modifié basé sur le mixage d'albedo élevé, d'albedo faible, et land surface température surfacique de la terre; adaptation spatiale de la SMA; MESMA; analyse temporelle du mixage
Méthodes de classification basée sur la régression	Addition des fractions d'Albedo de niveau élevé et faible ; approche modifié basé sur le mixage d'albedo élevé, d'albedo faible, et land surface température surfacique de la terre ; adaptation spatiale de la SMA ; MESMA ; analyse temporelle du mixage
	Seuil appliqué à l'indice NDISI; la méthode hybride basée sur l'indice NDVI et l'analyse du regroupement (clustering) des pixels

4.2 Principe de la segmentation :

La segmentation permet de partitionner un ensemble de vecteurs dans l'espace, l'objectif tant d'effectuer un partitionnement dans lequel les vecteurs proches dans l'espace se trouvent dans le même groupe. Ces groupes sont appelés clusters et l'ensemble des clusters forme une partition. Un cluster est un sous ensemble de l'espace de données. L'idée est de construire k partitions et les corriger jusqu'à obtenir une similarité satisfaisante, c.à.d. de trouver la partition de l'espace la plus pertinente pour la formation des clusters. En traitement d'image, la segmentation est une opération qui consiste à trouver des zones homogènes appelées régions ou partitions selon un critère d'homogénéité déterminé comme le niveau de gris, la couleur, la texture, ... etc.

4.3 Définition de la segmentation :

La Segmentation des image est un étape essentielle dans les application de vision par ordinateur , la Segmentation est un processus qui consiste à partitionner l'image en zone homogènes selon un critère de similarité déterminé comme par exemple la Couleur, Texture, Contours, Niveau de gris, ... On regroupe généralement les algorithmes de segmentation en trois grandes classes

- Segmentation basée sur les pixels
- Segmentation basée sur les régions
- Segmentation basée sur les contours

La première catégorie travaille sur des histogrammes de l'image. Par seuillage. La deuxième catégorie correspond aux algorithmes d'accroissement ou de découpage de région. La troisième catégorie s'intéresse aux contours des objets dans l'image.

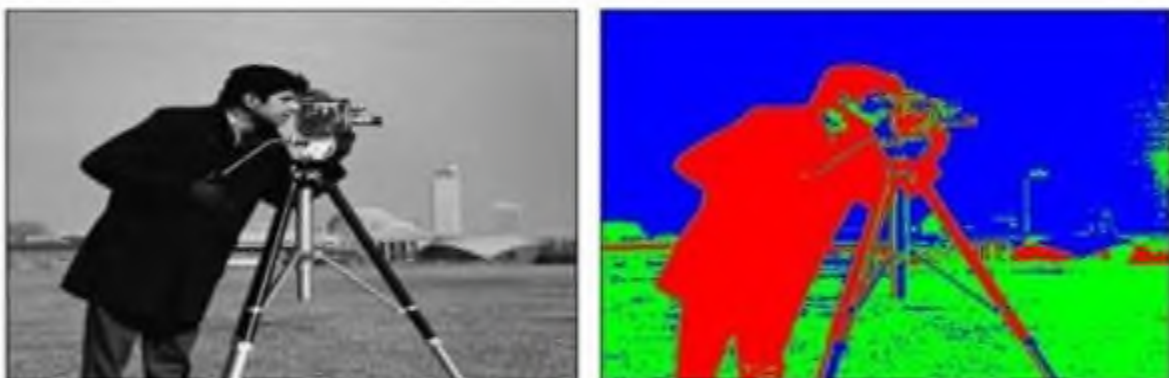


FIGURE 2: IMAGE SEGMENTEE

4.4 Applications de la segmentation :

La segmentation des images satellite est un moyen efficace d'exploration et d'analyse, et elle est utilisée, par exemple : pour connaître le climat, les feux de forêt, les marées noires, et bien d'autres sujets.

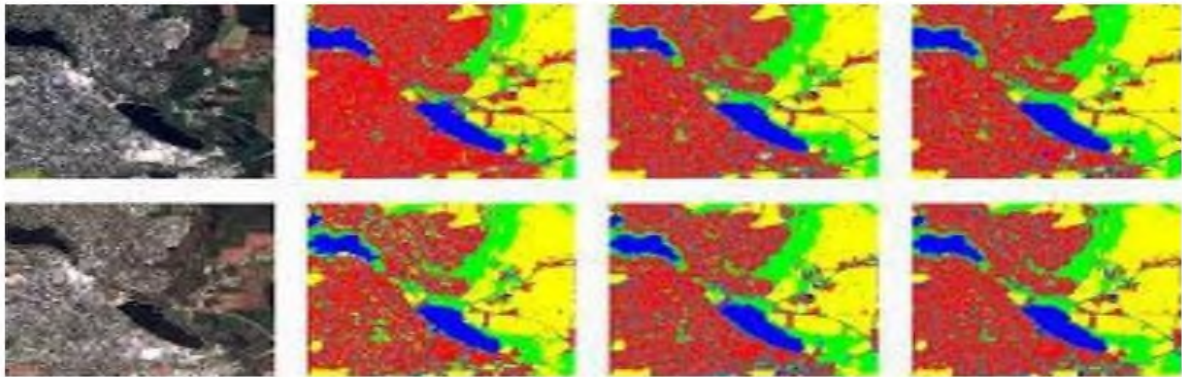


FIGURE 3: SEGMENTATION IMAGE DE SATELLITE

4.5 Les méthodes sur histogramme :

Ces méthodes sont de mise en œuvre assez simple et de performances souvent réduites car elles ne tirent pas profit de l'aspect spatial de l'information d'image. Elles sont recommandées dans les cas suivants :

- lorsque les images présentent des classes évidentes : documents écrits ou schémas en noir et blanc ou en couleur, objets très contrastes (par exemple cellules d'une biopsie ou avion sur un ciel), etc.
- lorsque les images sont définies sur de nombreux canaux (images multi- ou hyperspectrales), ce qui enrichit l'information portée par l'histogramme. L'idée générale de ces méthodes consiste à isoler des pics de l'histogramme. A une dimension on procède donc à des seuillages ou des multi-seuillages. A n-dimensions on procède à des classifications [Dubuisson, 1990].

5 Les méthodes de classification :

Il existe deux grandes approches pour les méthodes de classification, l'approche ou classification « supervisée » et l'approche ou classification « non-supervisée ». Dans les deux cas, nous avons besoin généralement d'une mesure ou d'une fonctionnalité entre données pour prédire leur appartenance à une classe particulière.

Disposant d'un histogramme, éventuellement multidimensionnel, la plupart des techniques de classification s'appliquent à sa segmentation. Les plus utilisées sont :

– les techniques de nuées dynamiques (k-means) qui procèdent alternativement en classifiant au plus proche voisin le nuage des points, selon une distance à des noyaux données, puis en estimant la position des meilleurs noyaux de ces classes ainsi obtenues. Il est important pour cette méthode de disposer du nombre de classes recherchées.

La Figure 18 présente les différents types de méthodes, regroupés sous forme d'une hiérarchie par Jain et Dubes dans.

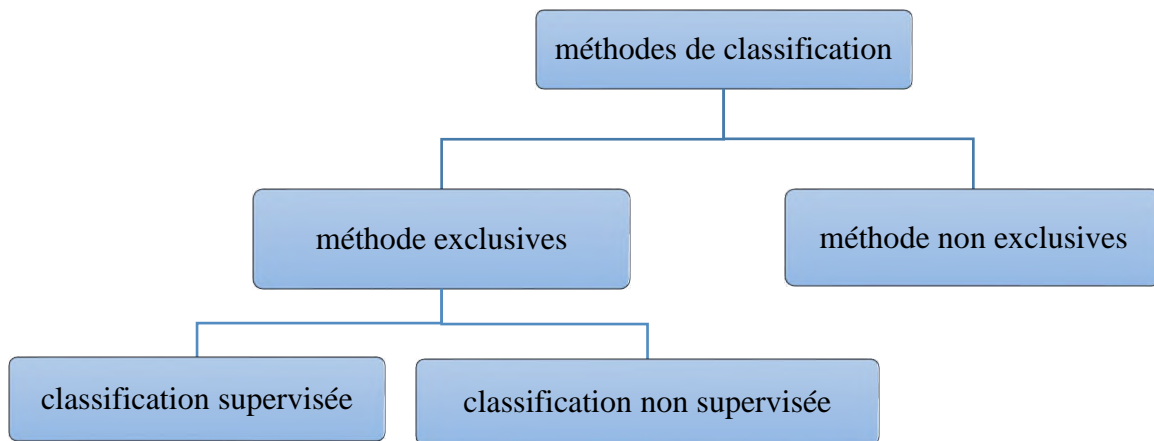


FIGURE 4: DIFFERENTS TYPES DE METHODES DE CLASSIFICATION.

5.1 Classification non supervisée :

Dans la classification non-supervisée, aussi appelée segmentation (clustering en anglais), les classes ne sont pas connues a priori. Elles sont construites à partir de certaines règles ou critères de regroupement qui dépendent des données disponibles à un moment donné. Les classes sont généralement fondées sur la structure des données, la sémantique associée à chaque classe est donc plus difficile à déterminer. On ne cherche pas cette fois à estimer une fonction mais on cherche à regrouper les objets ayant des caractéristique commune, les objets utilisés comme données d'apprentissage sont présentés sans leur catégories.

L'objectif de ces méthodes est de regrouper les individus en un nombre restreint de classes homogènes sans connaissances à priori.

Il existe aussi de nombreuses techniques pour la classification non-supervisée, nous pouvons citer [05] :

- Les méthodes hiérarchiques : CURE, BIRCH, ROCK, Williamses
- Les méthodes de partitionnement : K-means, PAM, CLARA
- Les méthodes basées sur la densité : DBSANS, OPTICS, DBCLASD
- Les méthodes basées sur les grilles : STING, CLIQUE, WAVECLUSTER
- Les méthodes basées sur la conceptuel
- Les méthodes basées sur mélange de densités de probabilités

5.1.1 Méthodes hiérarchiques :

Les méthodes hiérarchiques génèrent une succession de partitions emboîtées les unes dans les autres au lieu d'une seule partition de l'espace des données. Celles-ci sont souvent représentées sous la forme d'un dendrogramme (hiérarchie indicée). Selon que l'on parcourt le dendrogramme « de haut en bas » ou « de bas en haut », la méthode sera dite divisive (descendante) ou agglomérative (ascendante). [30]

Dans les deux cas, un dendrogramme représente les différentes étapes successives de la recherche des clusters. Il présente à chaque niveau quels éléments ont été rassemblés dans une approche de « agglomerative » ou au contraire quels éléments ont été créés dans une approche de « divisive ». [30]

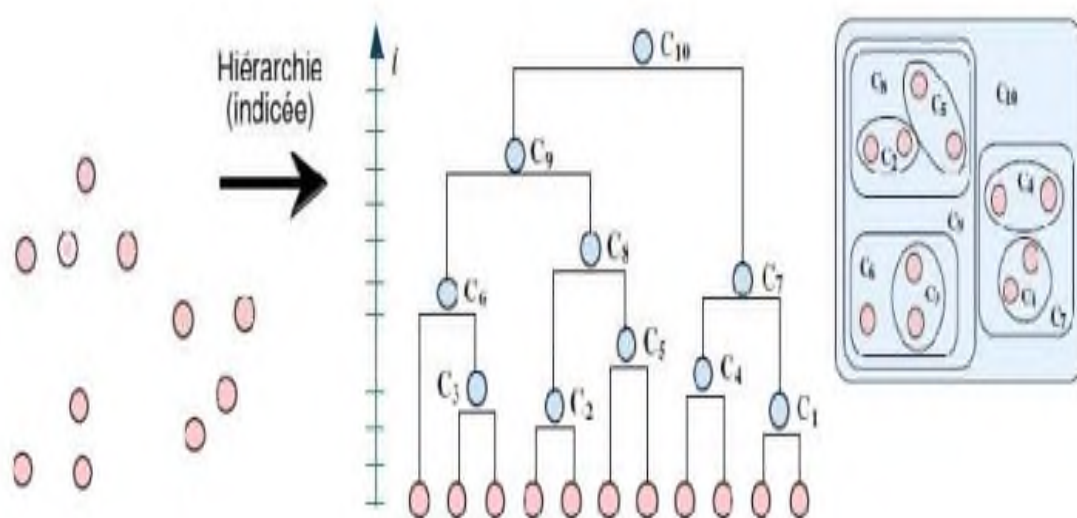


FIGURE 5: EXEMPLE DE DENDROGRAMME ET LA DETERMINATION DES CLUSTERS.

5.1.2 Méthodes de partitionnement

L'idée de ces méthodes est de construire k partitions et les corriger jusqu'à obtenir une similarité satisfaisante, c.à.d de trouver la partition de l'espace la plus pertinente pour la formation des clusters. Dans ce cadre, des techniques sont apparues. Elles permettent d'obtenir des solutions sous optimales mais acceptables. Parmi ces techniques les plus connues on trouve la méthode des centres mobiles K-means, CLARA et CLARANS. [30] [31] [32]

Le principe est alors de comparer plusieurs schémas de clustering (plusieurs partitionnements) afin de retenir le schéma qui optimise un critère de qualité. En pratique il est impossible de générer tous les schémas de clustering pour des raisons évidentes de complexité. On cherche alors un "bon" schéma correspondant à un optimum (le plus souvent "local") pour ce critère. Cet optimum est obtenu de façon itérative, en améliorant un schéma initial choisi plus ou moins aléatoirement, par réallocation des objets autour de centres mobiles. Nous étudions, dans cette section, les différentes techniques de réallocation à partir de l'algorithme bien connu des k-moyennes et dans un souci constant d'évoluer d'une partition stricte vers une pseudo-partition, puis vers une partition floue.

5.1.2.1 k-means [33]

L'algorithme K-means défini par MacQueen est l'un des plus connus et simples algorithmes de classification automatique des données. Dans cet algorithme, les classes sont représentées par leur « centroïde », qui correspond à la moyenne de l'ensemble des objets contenus dans la classe.

Dans sa version la plus classique, l'algorithme consiste à sélectionner aléatoirement k données initiales qui représentent les centroïdes initiaux. Une donnée est assignée au cluster

Pour lequel la distance entre la donnée et le centroïde est minimale. Les centroïdes sont alors recalculés et l'on passe à l'itération suivante.

5.1.2.1.1 Avantages et Inconvénients [34]

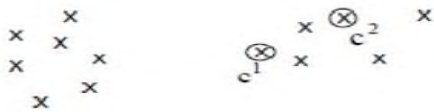
Avantages de l'algorithme :

- la facilité.
- le résultat de la méthode ne dépend pas de l'ordre d'entrée des objets.
- la méthode a une complexité linéaire.
- la méthode s'adapte aux larges bases de données.
- la convergence rapide.

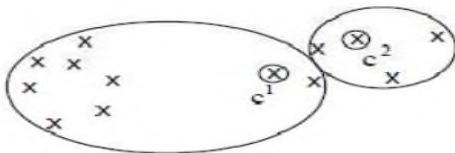
Inconvénients de l’algorithme :

- Le nombre de classe doit être fixé au départ.
- Le résultat dépend de tirage initial des centres des classes.
- Les clusters sont construits par rapports à des objets inexistant (les milieux)

5.1.2.1.2 Les étapes de l’algorithme des k-moyennes :



Etape 0 Choix des centres c_1 c_2

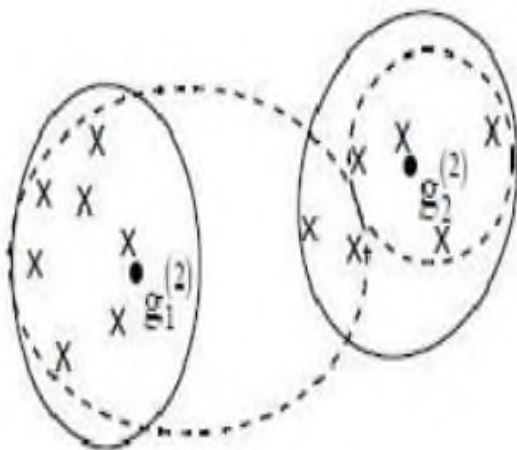


Etape 1

Construction des classes autour des centres c_1 et c_2

Classe1 : point plus proches de c_1 que c_2

Classe2 : point plus proches de c_2 que c_1



Etape 2

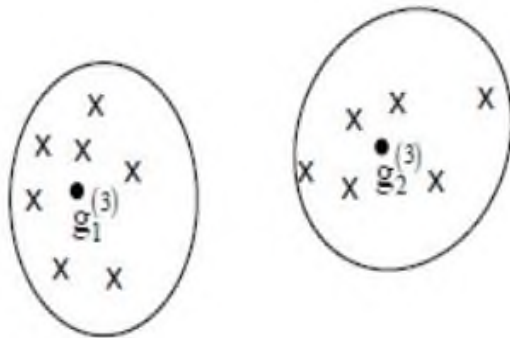
Calcul des centres de gravité des 2 classes

Formées à l’étape 1

g_1 g_2

+

Définition de nouvelles classes autour des centres de gravité



Etape 3

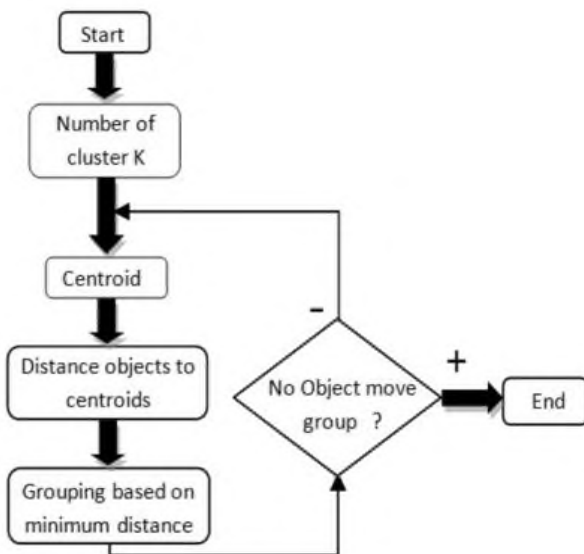
Calcul des centres de gravité des classes formées à l'étape 2.

Nouvelle définition des classes autour des centres

→ **STABILITE**

FIN de l'algorithme

Algorithme :



✓ Choisir K éléments initiaux "centres" des K groupes

✓ Placer les objets dans le groupe de centre le plus proche

✓ Recalculer le centre de gravité de chaque groupe

✓ Itérer l'algorithme jusqu'à ce que les objets ne changent plus de groupe

Dans sa version de base, l'algorithme des K-means s'énonce comme suit :

- **Entrée** : K le nombre de classes voulues ou fixé a priori
- **Début** :
 - ✓ Choisir aléatoirement les centres de classes
- **Répéter**
 - ✓ Affecter chaque objet à la classe dont le centre est le plus proche
 - ✓ Recalculer le centre de chaque classe

5.2 Classification supervisée :

Cette approche implique l'utilisation d'un ensemble d'échantillons d'entraînement étiquetés pour entraîner un modèle de classification. Les méthodes couramment utilisées incluent les machines à vecteurs de support (SVM), les forêts aléatoires, les réseaux de neurones, les classificateurs bayésiens, etc. Les caractéristiques spectrales, spatiales et texturales sont souvent utilisées pour la classification supervisée.

5.2.1 SVM :

Le Support Vector Machine (SVM), également appelé Machine à Vecteurs de Support en français, est un algorithme d'apprentissage supervisé utilisé pour la classification et la régression.

➤ **L'objectif principal d'un SVM :**

Est de trouver l'hyperplan optimal qui sépare les données en classes différentes. Dans le cas de la classification binaire, l'hyperplan sépare les exemples de deux classes en maximisant la marge, c'est-à-dire la distance entre l'hyperplan et les exemples les plus proches de chaque classe. Ces exemples les plus proches sont appelés vecteurs de support.

Le SVM peut également utiliser des noyaux (kernels) pour effectuer une classification non linéaire en projetant les données dans un espace de dimension supérieure où elles peuvent être séparées par un hyperplan. Certains exemples de noyaux couramment utilisés sont le noyau linéaire, le noyau polynomial et le noyau gaussien (ou RBF - Radial Basis Fonction).

En plus de la classification, les SVM peuvent être utilisés pour la régression en trouvant un hyperplan qui s'ajuste au mieux aux données tout en limitant la violation de marges.

Les SVM sont appréciés pour leur capacité à gérer des ensembles de données de grande dimension et à gérer efficacement les cas où les classes sont séparables par une marge claire. Ils sont également connus pour leur résistance aux problèmes de surajustement (overfitting).

Cependant, les SVM peuvent être sensibles au choix des paramètres et peuvent être plus lents à s'entraîner sur de grands ensembles de données. De plus, ils ne fournissent pas directement des probabilités d'appartenance à chaque classe, mais plutôt une décision binaire.

5.2.1.1 Les avantages des SVM :

- Très efficaces en dimension élevée.

- Ils sont aussi efficaces dans le cas où la dimension de l'espace est plus grande que le nombre d'échantillons d'apprentissage.
- Sa grande précision de prédiction
- Fonctionne bien sûr de plus petits data sets

5.2.1.2 Désavantage :

- Si le nombre d'attributs est beaucoup plus grand que le nombre d'échantillons, les performances sont moins bonnes.
- Comme il s'agit de méthodes de discrimination entre les classes, elles ne fournissent pas d'estimations de probabilités.

5.2.2 Le Réseau de neurones artificiels (ANN) :

Un réseau de neurones artificiels (ANN), également appelé perceptron multicouche ou réseau neuronal profond, est un modèle d'apprentissage profond inspiré du fonctionnement des neurones biologiques. Voici quelques points clés à retenir sur les réseaux de neurones artificiels :

5.2.2.1 Structure :

Un ANN est composée de plusieurs couches de neurones interconnectés. Les couches comprennent généralement une couche d'entrée, une ou plusieurs couches cachées et une couche de sortie. Chaque neurone est connecté à tous les neurones de la couche suivante par des poids synaptiques.

5.2.2.2 Fonctionnement :

Chaque neurone dans le réseau reçoit des entrées pondérées, les somme et les passe à travers une fonction d'activation non linéaire. Cette fonction d'activation introduit une non-linéarité dans le modèle, permettant ainsi aux réseaux de neurones d'apprendre des relations complexes entre les entrées et les sorties.

5.2.2.3 Apprentissage :

Les réseaux de neurones apprennent en ajustant les poids synaptiques à partir des exemples d'entraînement. L'apprentissage est généralement réalisé en utilisant des algorithmes d'optimisation tels que la rétropropagation du gradient, qui propage l'erreur à travers le réseau et met à jour les poids pour minimiser cette erreur.

5.2.2.4 Limitations et défis :

Les réseaux de neurones artificiels peuvent être sujets au sur apprentissage (overfitting) si les données d'entraînement sont insuffisantes ou non représentatives. Ils peuvent également nécessiter une puissance de calcul importante et un grand ensemble de données pour être efficaces. L'interopérabilité des modèles d'ANN peut également poser des défis.

Les réseaux de neurones artificiels sont devenus une technique très puissante pour l'apprentissage automatique et ont ouvert la voie à de nombreuses avancées dans divers domaines.

6 Extraction des surfaces urbaines par les indices spectrales :

La ressemblance des caractéristiques spectrales entre les zones urbaines et le sol nu crée une confusion et une missclassification entre eux, ce qui conduit à la génération des fausses cartes géographiques. Mais aussi la séparation des sols nus et des sédiments fluviaux des zones urbaines était un acte fondamental et une tâche difficile pour obtenir des estimations précises pour les régions urbaines. [35]

Ont proposé une méthode pour l'extraction des zones urbaines, résidentielles et rurales sur la base de l'indice de sol (BI). Cette méthode a présenté des avantages par rapport à la classification multicanaux conventionnelle des données spectrales. [36] Le VIBI peut être calculé en utilisant NDBI et NDVI. Les résultats trouvés étaient prometteurs car le VIBI peut segmenter efficacement les zones urbaines, même en présence d'un terrain nu excessif. La plupart des indices spectraux sont conçus pour mettre en évidence une seule couverture terrestre, et il existe une confusion entre les autres types de couverture terrestre. En particulier, la confusion entre les surfaces imperméables et le sol nu n'a pas été adressé avec réussite [37]. L'indice des eaux modifiées par différence normalisée (MNDWI) et l'introduction de ce qu'on appelle l'index basé sur l'indice du bâti (IBI).

TABLEAU 7 : INDICES DU BATI ET DES SURFACES IMPERMEABLES MAJORITAIREMENT CITES.

Titre	Designation	Autheurs	Année	Formule	Satellite-capteur
Urban Index	UI	Kawamura et al	1996	$\frac{(B_7-B_4)}{(B_7+B_4)}$	Landsat-TM
NDBI derived	NDBI _b -NDVI _b *b: binary	Zha et al	2003	$\left(\frac{(B_3-B_4)}{(B_5+B_4)}\right)_b - \left(\frac{(B_4-B_3)}{(B_4+B_3)}\right)_b$	Landsat-TM
Improved NDBI	NDBI _c -NDVI _c *c: continous	He et al	2010	NDBI _c -NDVI _c	Landsat-TM
Vegetation Index Built-up Index	VIBI	Stathakis et al	2012	$\frac{NDVI}{(NDVI+NDBI)}$	Landsat-TM
Built-up Area Extraction Method	BAEM _{OLI}	Bhatti and Tripathi	2014	$NDBI_{OLI}-NDVI-MNDWI$ $NDBI_{OLI} = \frac{PCA(OLI_6, OLI_7) + PCA(OLI_{10}, OLI_{11}) - OLI_5}{PCA(OLI_6, OLI_7) + PCA(OLI_{10}, OLI_{11}) + OLI_5}$	Landsat8-OLI
Visible red - Based Built-up Index	VrNIR-BI	Estoque and Murayama	2015	$\frac{(\rho_{Red} - \rho_{NIR})}{(\rho_{Red} + \rho_{NIR})}$	Landsat ETM+ Landsat8-OLI
Vegetation and Water Masking Index	VWMI	Li et al	2015	$\frac{(NDVI - N_{SWIR1} - MNDWI)}{(NDVI + N_{SWIR1} - MNDWI)}$; N _{SWIR1} denotes the normalized values of SWIR1.	Landsat8-OLI

Conclusion

Dans ce chapitre, Nous avons vu la définition de la détection des changements dans les images satellitaires, qui est l'identification de différences entre les états de 2 images de la même scène dans deux dates différentes. Principe de la segmentation, Nous avons présenté les méthodes de classification et quelques méthodes pour la détection de changements dans les images satellitaires.

Chapitre 4 :

Implémentation et résultats

1 Introduction

Dans ce chapitre, nous avons développé une application « Matlab » pour la détection des changements dans les images satellites.

Nous présentons dans ce chapitre une description détaillée de nos différentes méthodes de détection des changements, avec l'évaluation de performance de chaque méthode. Nous avons appliqué ces méthodes sur deux images satellitaires d'une même zone prises à deux dates différentes.

2 Langage adopté pour la programmation [20]

Une image Matlab est une matrice bidimensionnelle de valeurs entières ou réelles. Les principales fonctions de traitement d'images sous Matlab se trouvent dans la boîte à outils (toolbox) image processing (traitement d'images). L'aide sur cette boîte à outils est obtenue en tapant `help images` en ligne de commande de Matlab. Ensuite, l'aide sur une commande particulière est obtenue en tapant `help` suivi du nom de la commande, par exemple `help imread`. Comme on peut le constater, la boîte à outils images de Matlab contient de nombreuses fonctions qui permettent le développement facile et rapide d'algorithmes en fonction du problème à traiter. C'est un très bon outil pour la validation de méthodes de traitement d'images appliquées à un problème particulier. [6]

3 Téléchargement

Pour démarier à les travailler nous avons besoin téléchargez l'image LANDSAT à partir du site : <http://glof.umd.edu/data/landsat/index.shtml/>, de quatre scènes de Tébessa correspondant aux dates suivantes : 13/04/2013, 12/6/2023 et pour Alger 18/08/2013 et 16/06/2023.

Pour Tébessa :

(A) : (LC08_L1TP_192036_20130413_20200912_02_T1_).

(B) : (LC08_L1TP_192036_20230612_20230615_02_T1).

Pour Alger :

(A) : (LC08_L1TP_196035_20130818_20200911_02_T1_).

(B) : (LC08_L1TP_196035_20230616_20230616_02_T1_).

NB : les bandes téléchargées sont compressées, donc Il faut les décompresser afin de pouvoir travailler avec. Dans le fichier contenant les informations de l'image (.met) : Ouvrir le fichier

(.met), téléchargé avec les bandes, avec Word, WordPad ou Bloc-notes pour repérer le nombre de lignes et de colonnes et la résolution spatiale, vérifier la taille de l'image et calculer la fauché

Le choix des dates des images :

Les capteurs satellitaires sont exposés habituellement aux effets atmosphériques (nuages, poussière et autres) ce qui rend la vision et l'interprétation de l'image parfois pénible. Nous avons fixé les mois avril et juin de chaque année pour mettre l'accent sur la végétation qui endure toute l'année et les surfaces d'eau permanentes afin de suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. Les images satellitaires sont aussi bien exposées en mois juin vu que l'atmosphère reste relativement claire, ce qui permet au capteur de prendre une image propre qui ne nécessite pas trop de correction atmosphérique pour la visualiser.

4 Exemple de l'application sur la région de Tébessa :

Déterminée des Zone d'entraînement (ROI ou AOI) (Région of Interest ou Area Of Enterest) : à l'aide des cartes Google Earth on peut facilement déterminer des zones d'entrainements et vérifier leurs compositions sur les différentes années, la superposition de ces cartes sur les images satellites permet un choix rapide et plus exact des endroits (ROI) dont on connaît leurs occupations du sol, soit par des visites au terrain ou par les documents bibliographiques, et qui seront utilisés par la suite pour entrainer la classification. Il faut éviter au maximum le chevauchement des signatures spectrales des objets choisis pour optimiser la classification.

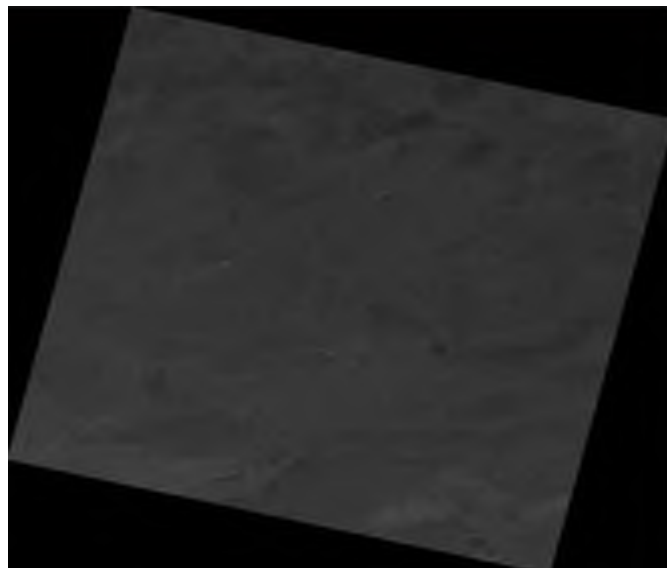


FIGURE 26: IMAGE DE LANDSAT 8

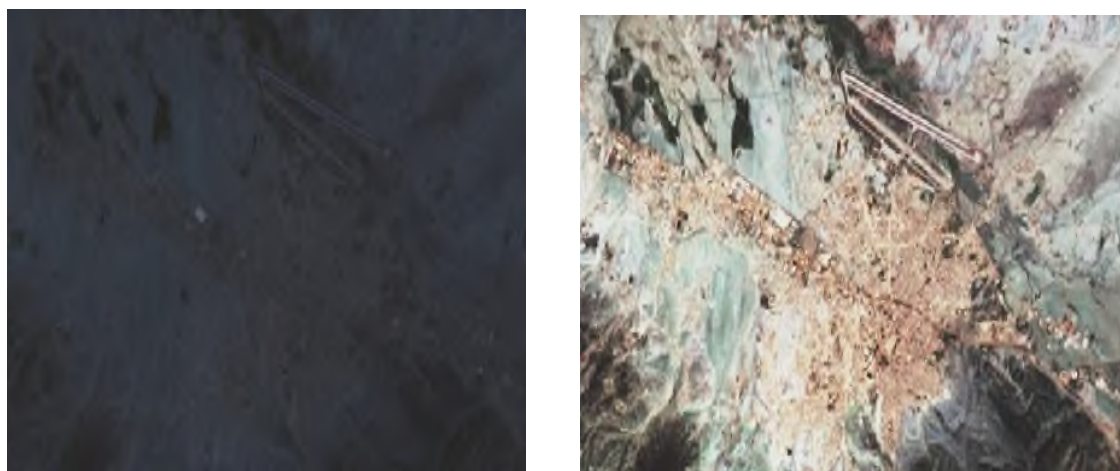


Figure 27: image de la région de Tébessa 13/04/2013

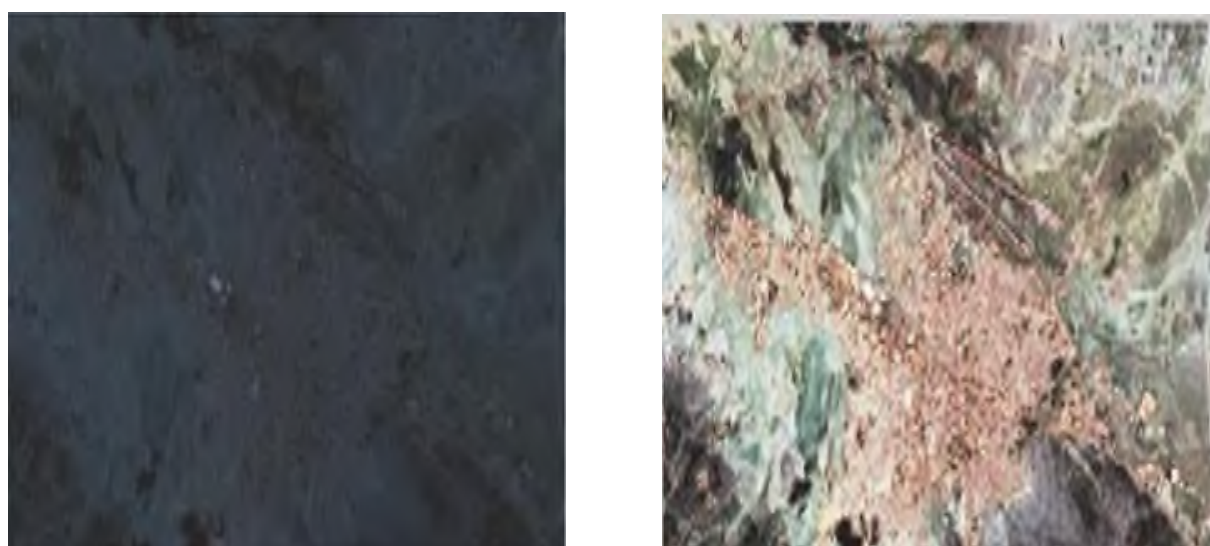
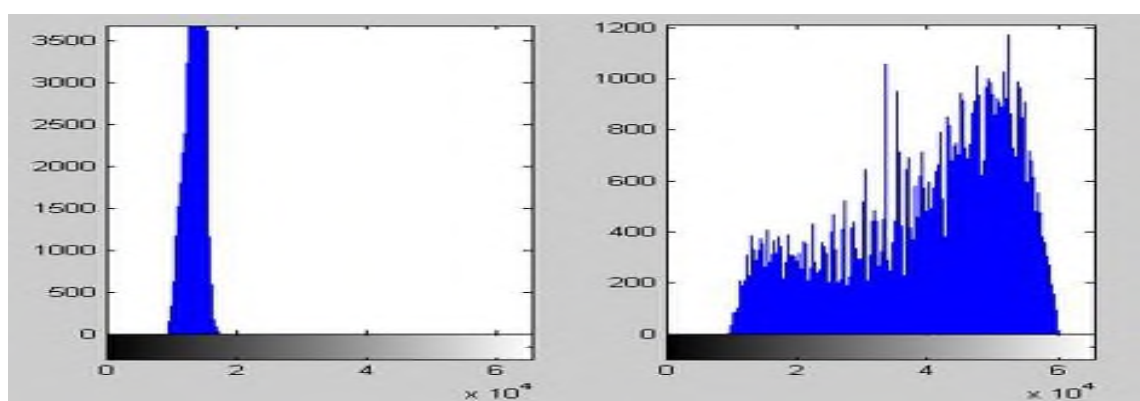
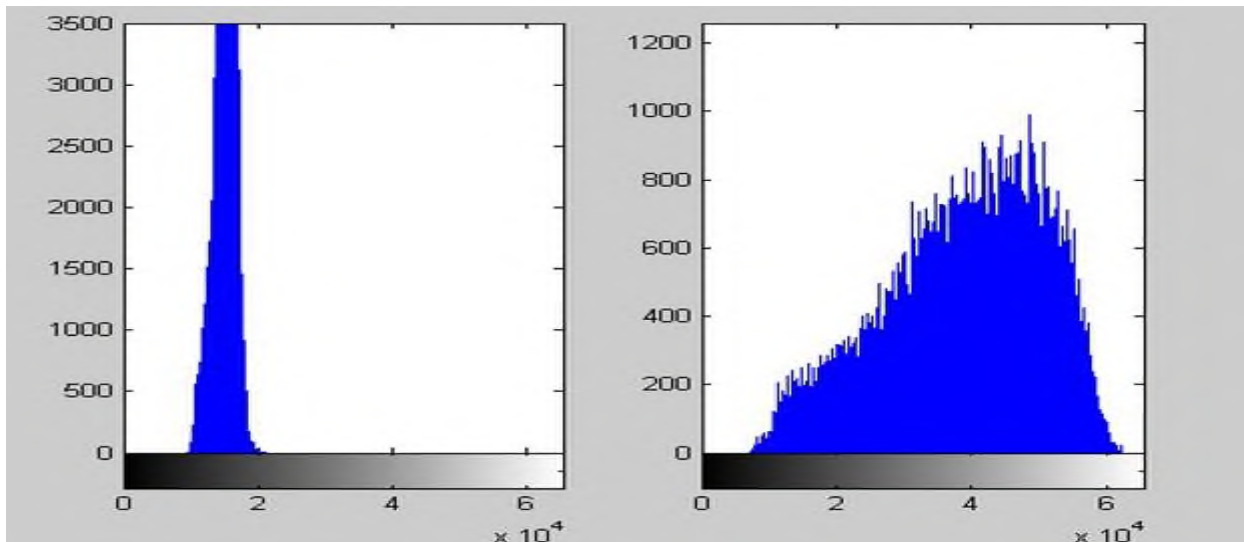


Figure 28: image de la région de Tébessa 12/6/2023



On remarque :

L'évolution est nette entre les deux périodes 13/04/2013 et 12/6/2023 l'expansion urbaine s'accompagnant d'une augmentation des modes d'évitement.



Figure 29: image de la région de Tebessa " 13/04/2013" par combinaison des bands 2.3.4

Les indices spectraux :

Les indices spectraux sont utilisés pour extraire décrire automatiquement les surfaces de thèmes d'une donnée dans le paysage comme la neige / la glace, les nuages, la végétation et l'eau dans l'imagerie Landsat. Habituellement, une image Landsat est utilisée pour générer des couches de sortie pour l'indice d'eau de différence normalisée (NDWI), l'indice de végétation

par différence normalisée (NDVI) et l'indice de (NDBI). Lorsque ces couches de sortie sont empilées dans l'image affichant le résultat «pile d'index» comme une image RVB Différence Indice de végétation (NDVI) peut être utilisé pour souligner la présence de la végétation. Étant donné que la bande d'évaluation de la qualité Landsat n'inclut pas la production de végétation, NDVI semble être une base logique pour effectuer l'évaluation. Il est utilisé pour indiquer la densité relative, ou la quantité, de la végétation verte présente dans l'image. Cet indice utilise le facteur de réflexion d'une bande rouge autour de 0,66 µm et d'une bande proche infrarouge d'environ 0,86 µm. La bande rouge se trouve dans la région d'absorption de la chlorophylle, tandis que la bande proche IR est utilisée dans les plateaux de végétation à haute réflectance. Les indices spectraux sont utilisés pour extraire décrire automatiquement les surfaces de thèmes d'une donnée dans le paysage comme la neige / la glace, les nuages, la végétation et l'eau dans l'imagerie Landsat. Habituellement, une image Landsat est utilisée pour générer des couches de sortie pour l'indice d'eau de différence normalisée (NDWI), l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) et l'indice de (NDBI). Lorsque ces couches de sortie sont empilées dans l'image affichant le résultat NDBI (Normalized Difference Built-Up Index) comme une image RVB Différence Indice de végétation (NDVI) peut être utilisé pour souligner la présence de la végétation. Étant donné que la bande d'évaluation de la qualité Landsat n'inclut pas la production de végétation, NDVI semble être une base logique pour effectuer

4.1 Les indices de végétations :

4.1.1 NDVI :

Peut-être le plus indice spectral commun est l'indice de différence de végétation normalisée (NDVI). Cet indice est principalement utilisé pour détecter la densité et la santé de la végétation. Le NDVI est calculé à l'aide de données satellites ou de télédétection et est largement utilisé dans les études agricoles, écologiques et environnementales.

Le calcul du NDVI implique l'utilisation des valeurs de réflectance de deux longueurs d'onde de lumière différentes : le proche-infrarouge (NIR) et le rouge. Ces longueurs d'onde sont généralement capturées par des capteurs sur des satellites ou d'autres plateformes de télédétection.

NDVI est dérivé comme suit :
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

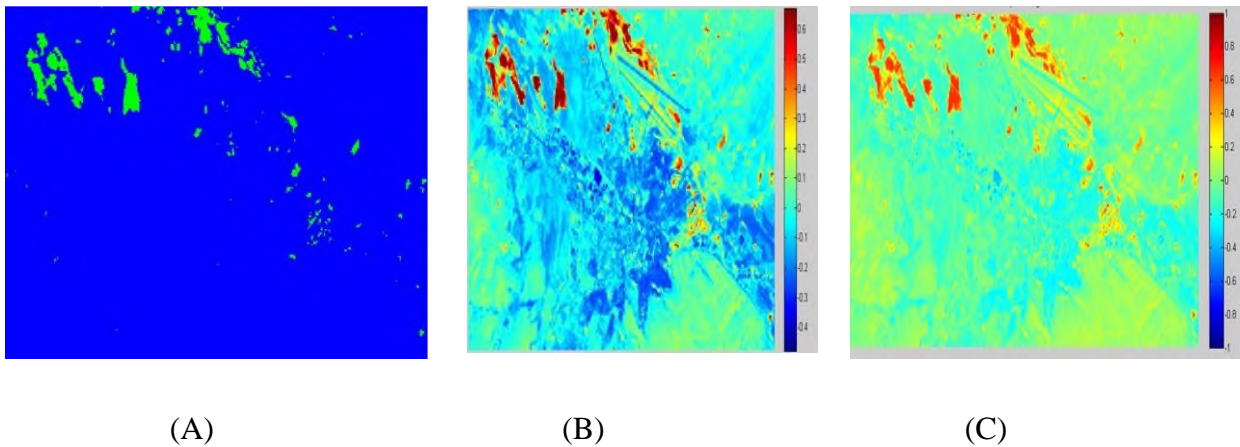


Figure : NDVI la région de Tébéssa 13/04/2013

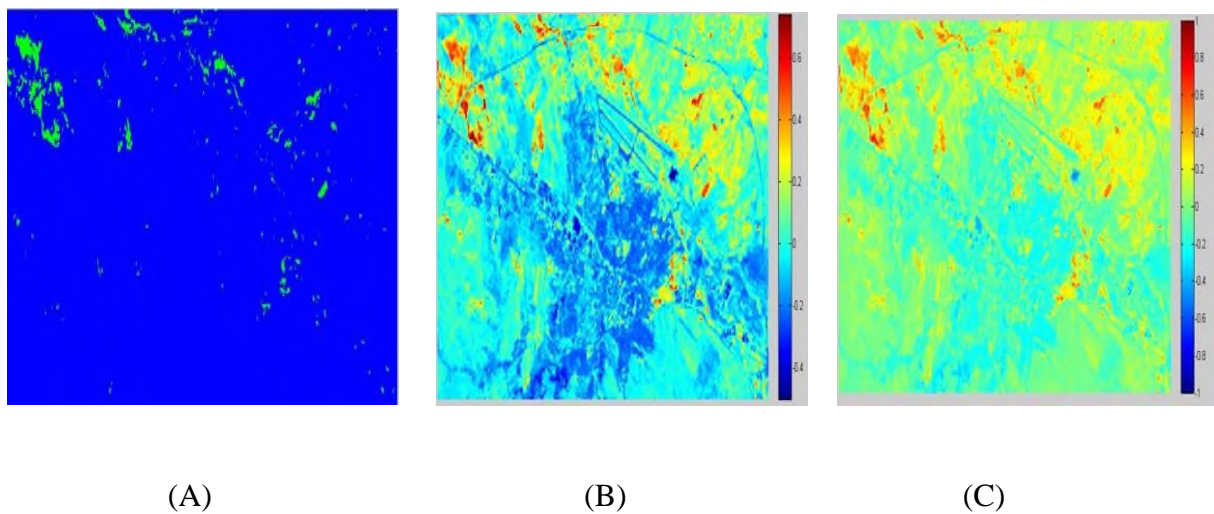


Figure 30: NDVI la région de Tébéssa 15/06/2023

- (A) : **(Végétation après seuillage)** Les zones de végétation apparaîtront en rouge ou en rouge orangé, tandis que les autres éléments de l'environnement, tels que les bâtiments, l'eau ou les routes, peuvent apparaître dans d'autres couleurs ou tons.
- (B) : **(Indic NDVI pour images RGB)** Le résultat de cette formule varie de -1 à 1. Les valeurs négatives indiquent généralement des zones sans végétation (comme l'eau), les valeurs proches de zéro indiquent une faible densité de végétation, tandis que les valeurs proches de 1 indiquent une densité de végétation élevée.
- (C) : **(indice NDVI pour images NIR R G)** Pour une image comprenant une bande proche infrarouge (NIR), une bande rouge (R) et une bande verte (G), vous pouvez utiliser ces informations pour calculer une estimation du NDVI. Bien que ce calcul ne soit pas aussi précis que celui effectué à partir de bandes spécifiques (par exemple, la bande infrarouge plutôt que la bande NIR), il peut fournir une approximation du NDVI.

➤ **A partir de résultats visuels, on remarque que :**

- Les zones vert foncé indiquent une végétation dense et saine. Ces zones sont généralement des forêts denses, des cultures en bonne santé ou d'autres zones avec une végétation abondante.
- Les zones vert clair ou jaune indiquent une végétation moins dense ou potentiellement stressée. Ces zones peuvent correspondre à des cultures moins denses, des prairies partiellement couvertes ou des zones avec une végétation légèrement dégradée.
- Les zones rouges ou brunes indiquent une faible densité de végétation ou une absence totale de végétation. Cela peut inclure des zones urbaines, des sols nus, des déserts ou des étendues d'eau.

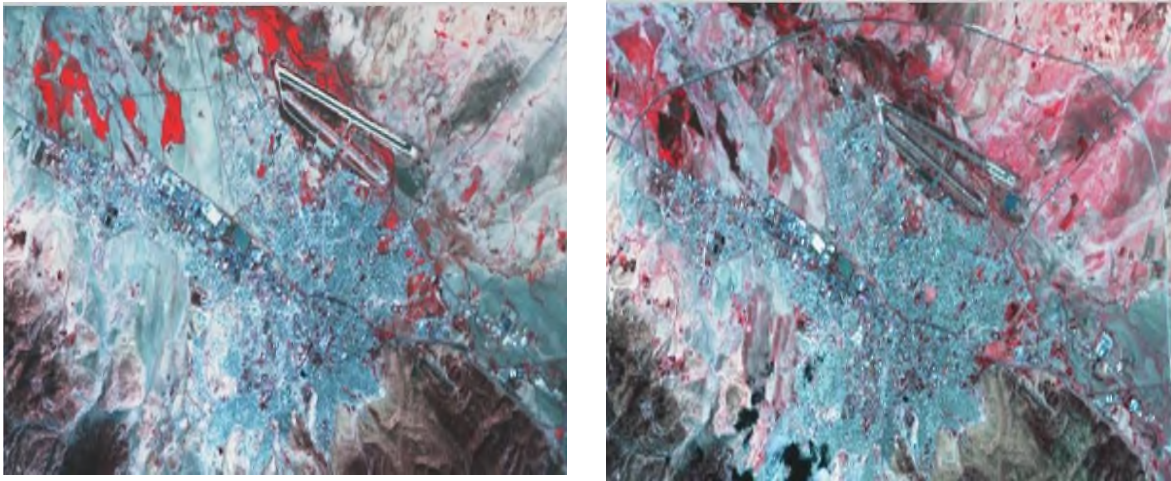


Figure 31 : Image CIR combinée NIR R G (2013/2023).

Dans une telle image, les zones de végétation dense peuvent apparaître en rouge vif, tandis que les zones de terre nue ou d'eau peuvent apparaître en bleu. Les objets ou les éléments qui réfléchissent fortement l'infrarouge proche, tels que les plantes en bonne santé, peuvent être plus visibles dans cette image.

En remarque que le changement est perceptible entre les deux figures 2013/2023 dans l'augmentation de l'évitement routier, la nette expansion urbaine et l'augmentation du couvert végétale.

4.1.2 SAVI :

Est utilisé pour corriger l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) pour l'influence de la luminosité du sol dans les zones où la couverture végétale est faible. Landsat SAVI dérivé réflectance de surface est calculée en tant que rapport entre les valeurs de R et

proche infrarouge avec un facteur de correction de la luminosité du sol (L) défini comme étant 0,5 pour accueillir la plupart des types de couverture terrestre.

La valeur de « L » varie en fonction de la quantité de couverture de végétation verte : dans les régions à très haute végétation, $L = 0$; et dans les zones sans végétation verte, $L = 1$. En général, un $L = 0,5$ fonctionne bien dans la plupart des situations et est la valeur par défaut utilisée. Lorsque $L = 0$, alors $SAVI = NDVI$.

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

Dans cette formule, NIR représente la réflectance dans le proche-infrarouge, Red représente la réflectance dans la bande rouge, et L est un facteur de correction pour la réflectance du sol. La valeur de L varie de 0 à 1, où des valeurs plus élevées sont utilisées dans les zones avec une réflectance du sol plus élevée.

Le SAVI donne des résultats similaires au NDVI en termes d'évaluation de la vigueur de la végétation, mais il permet de réduire les effets de la réflectance du sol. Cela peut être particulièrement utile dans les régions avec une couverture végétale limitée, une végétation clairsemée ou des sols exposés.

Le SAVI est souvent utilisé dans les études de télédétection pour améliorer l'exactitude des estimations de la vigueur de la végétation et pour mieux comprendre les changements dans les écosystèmes, l'agriculture et la gestion des terres.

4.2 Les indices hydrologiques :

4.2.1 NDWI :

NDWI (Normalized Difference Water Index) est un indice utilisé pour détecter et évaluer la présence et la distribution de l'eau dans une zone donnée. Le NDWI est basé sur les valeurs de réflectance dans des bandes spécifiques du spectre électromagnétique et est couramment utilisé dans les études de télédétection et d'hydrologie.

Dans cette formule, NIR représente la réflectance dans le proche-infrarouge et SWIR représente la réflectance dans l'infrarouge moyen ou court. Les valeurs utilisées pour NIR et SWIR dépendent des capteurs ou des données disponibles, mais elles sont généralement dans les longueurs d'onde de 800 nm à 1100 nm pour le NIR et de 1500 nm à 2500 nm pour le SWIR.

Le NDWI est utilisé dans divers domaines, notamment l'hydrologie, la gestion des ressources en eau, la cartographie des zones inondables, la surveillance des changements dans les écosystèmes aquatiques et la détection des conditions de sécheresse. Il peut être calculé à partir

d'images satellites ou d'autres données de télédétection pour obtenir une vue globale de la distribution de l'eau dans une région spécifique.

La formule générale pour calculer le NDWI est la suivante :

$$\text{NDWI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

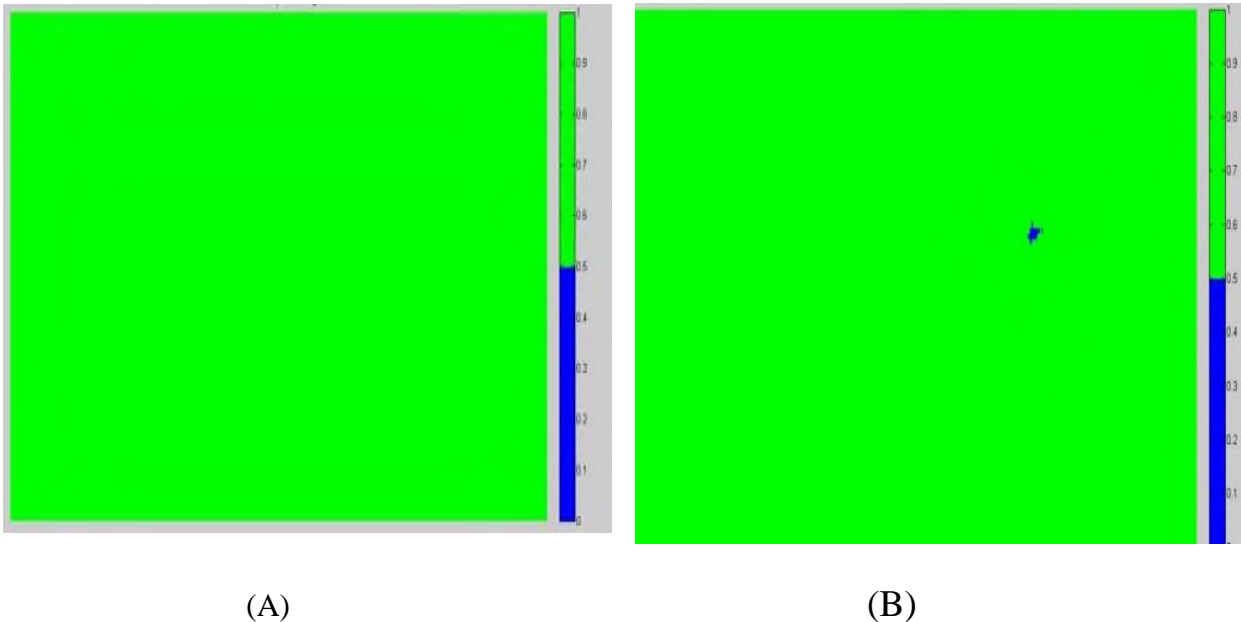


Figure 32 : Zones eau après seuillage.

Ici, le vert représente la réflectance dans la bande verte et NIR représente la réflectance dans la gamme du proche infrarouge. Les valeurs NDWI peuvent aller de -1 à 1, les valeurs positives indiquant une forte probabilité de présence d'eau et les valeurs négatives indiquant une probabilité plus faible.

On remarque que le pourcentage d'eau est nul en 2013 par rapport en 2023 apparaissent dans une proportion important.

4.2.2 MNDWI :

MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) est un indice de végétation utilisé pour détecter et évaluer la présence d'eau dans une zone donnée. Le MNDWI est dérivé du NDWI (Normalized Difference Water Index) et est spécifiquement conçu pour améliorer la distinction entre l'eau et la végétation.

La formule générale pour calculer le MNDWI est la suivante :

$$\text{MNDWI} = (\text{Green} - \text{SWIR}) / (\text{Green} + \text{SWIR})$$

Dans cette formule, Green représente la réflectance dans la bande verte du spectre électromagnétique, tandis que SWIR représente la réflectance dans l'infrarouge moyen ou court. Les valeurs utilisées pour Green et SWIR dépendent des capteurs ou des données disponibles, mais elles sont généralement dans les longueurs d'onde de 500 nm à 600 nm pour la bande verte et de 1500 nm à 2500 nm pour le SWIR.

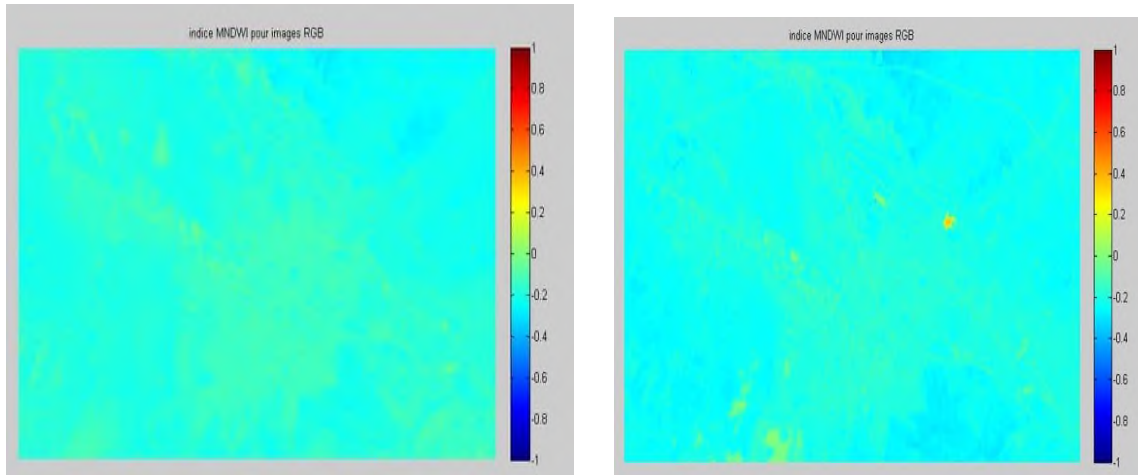


Figure 33: Les valeurs du MNDWI

Varié généralement de -1 à 1. Les valeurs négatives indiquent la présence d'eau, tandis que les valeurs positives ou proches de zéro indiquent la présence de végétation dense ou d'autres objets terrestres.

Le MNDWI est couramment utilisé dans les applications de télédétection pour cartographier les étendues d'eau, telles que les plans d'eau, les rivières, les lacs et les zones humides. Il est également utilisé dans des domaines tels que la gestion des ressources en eau, la surveillance des changements environnementaux et la détection des inondations. Le MNDWI permet de distinguer plus efficacement l'eau de la végétation, ce qui peut être particulièrement utile dans les zones où la végétation dense peut interférer avec la détection précise de l'eau.

L'indice urbain

L'indice urbain est un indicateur utilisé pour évaluer la densité urbaine et la présence de zones urbaines dans les images satellites. Il permet de distinguer les zones bâties (urbaines) des zones non bâties (rurales) en se basant sur les caractéristiques spécifiques des zones urbaines telles que les matériaux de construction, la réflectance et la texture.

Il existe plusieurs indices urbains couramment utilisés, tels que l'indice Normalized Différence Built-Up Index (NDBI) et l'indice Normalized Différence Végétation Index (NDVI) inversé.

L'indice NDBI est généralement calculé à l'aide des bandes de l'infrarouge proche (NIR) et du rouge (Red) et est défini par la formule suivante :

$$\text{NDBI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

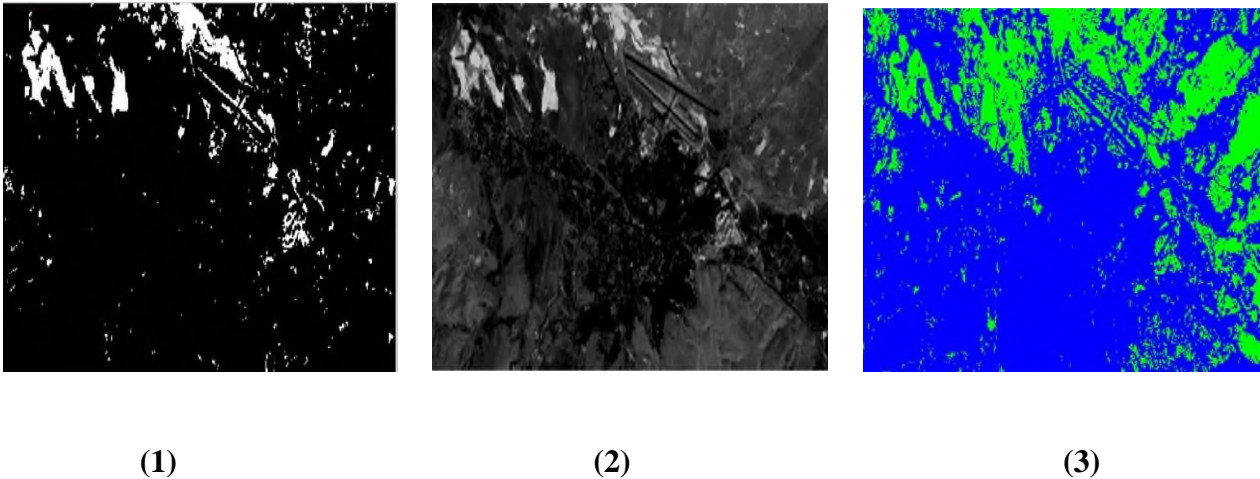


Figure 34 : image de la région de Tébessa 13/04/2013

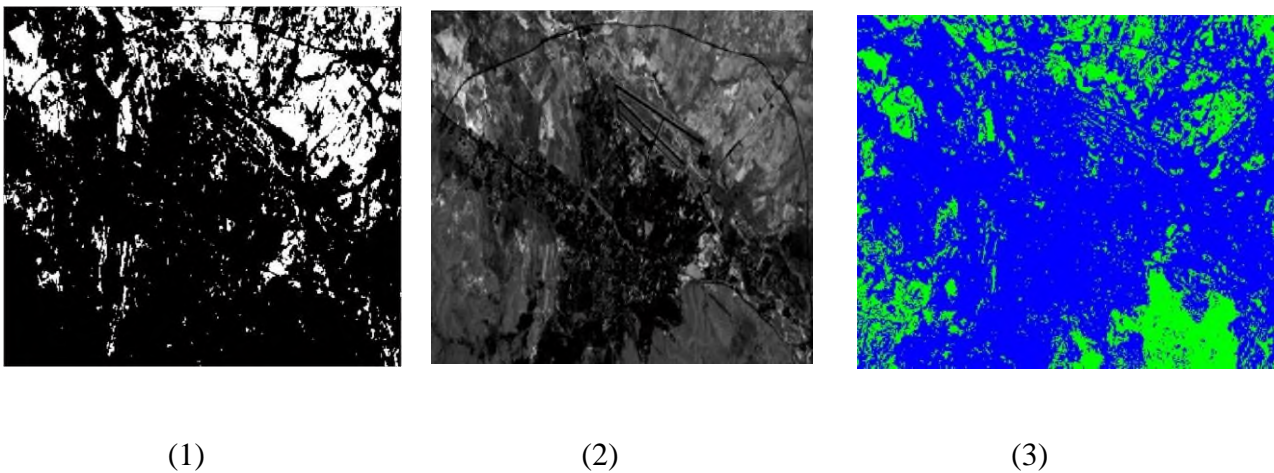


Figure 35 : image de la région de Tébessa 12/6/2023

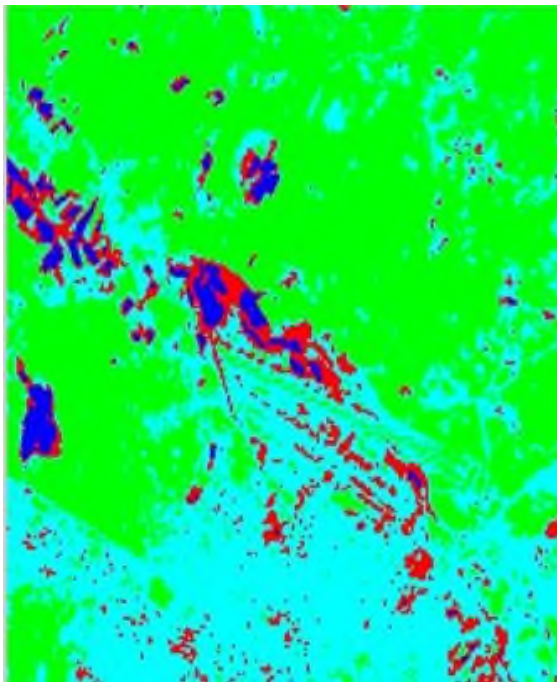
La figure (1) l'indice IBI la figure (2) image au niveau de gris la figure (3) Une zone urbaine.

Les valeurs positives de l'indice NDBI indiquent une probabilité plus élevée de présence de bâtiments et de zones urbaines, tandis que les valeurs négatives indiquent des zones non bâties ou rurales.

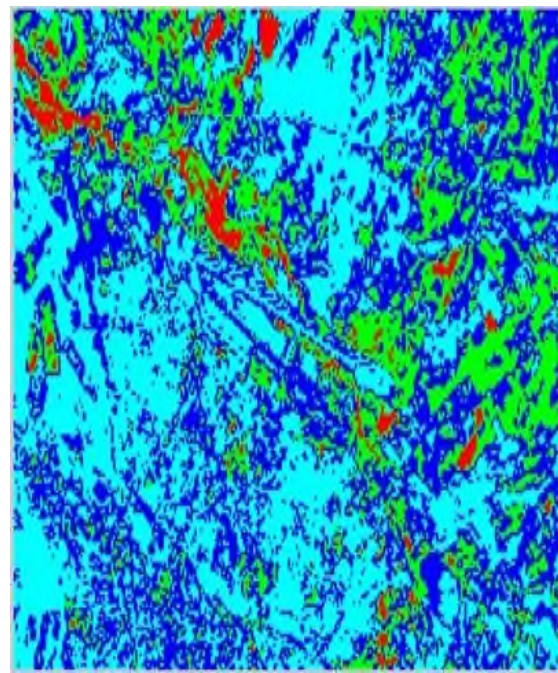
L'indice urbain peut être visualisé en utilisant des techniques de représentation graphique telles que des images en fausses couleurs ou des cartes de chaleur. Ces visualisations permettent de mettre en évidence les zones urbaines, lesquelles apparaîtront généralement avec des tons de couleur plus clairs ou plus chauds.

Il est important de noter que la sélection de l'indice urbain approprié dépendra du contexte et des données disponibles. Il peut être nécessaire d'adapter l'indice en fonction des spécificités de l'étude ou de la zone d'intérêt.

K-means segmented image



(A)



(B)

Figure 36 : K-means

B/- Alger :

En applique la même méthode a la région d'Alger en différente date :

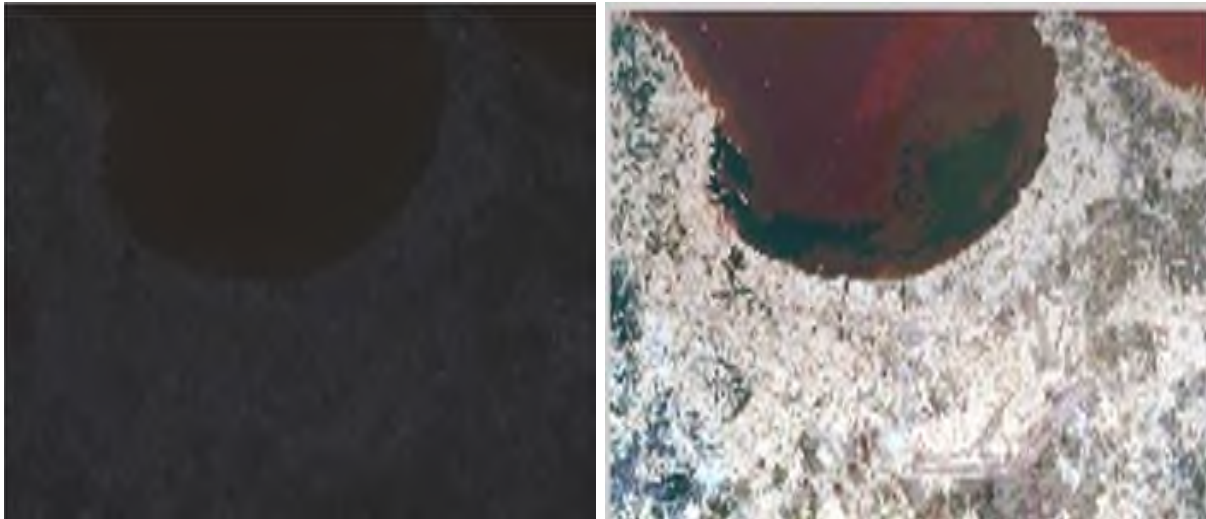
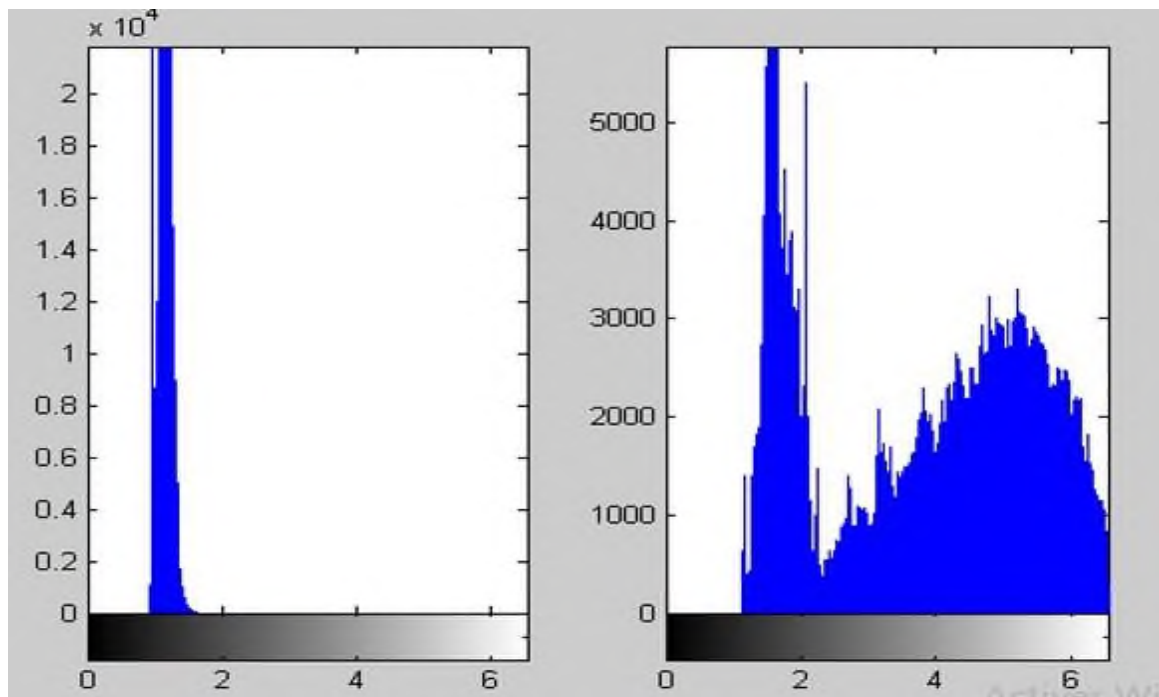


Figure 37: image de la région de Alger 18/08/2013



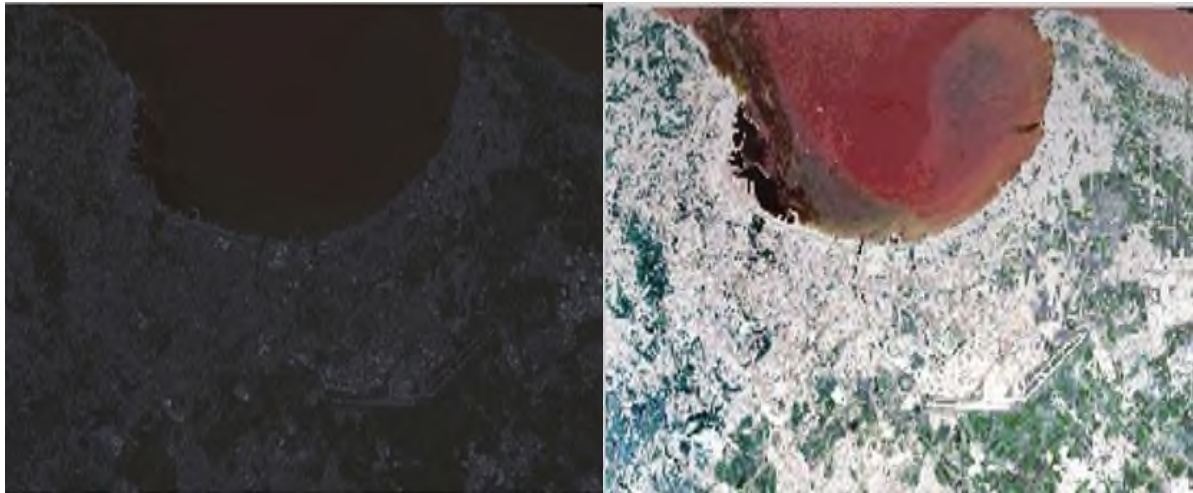
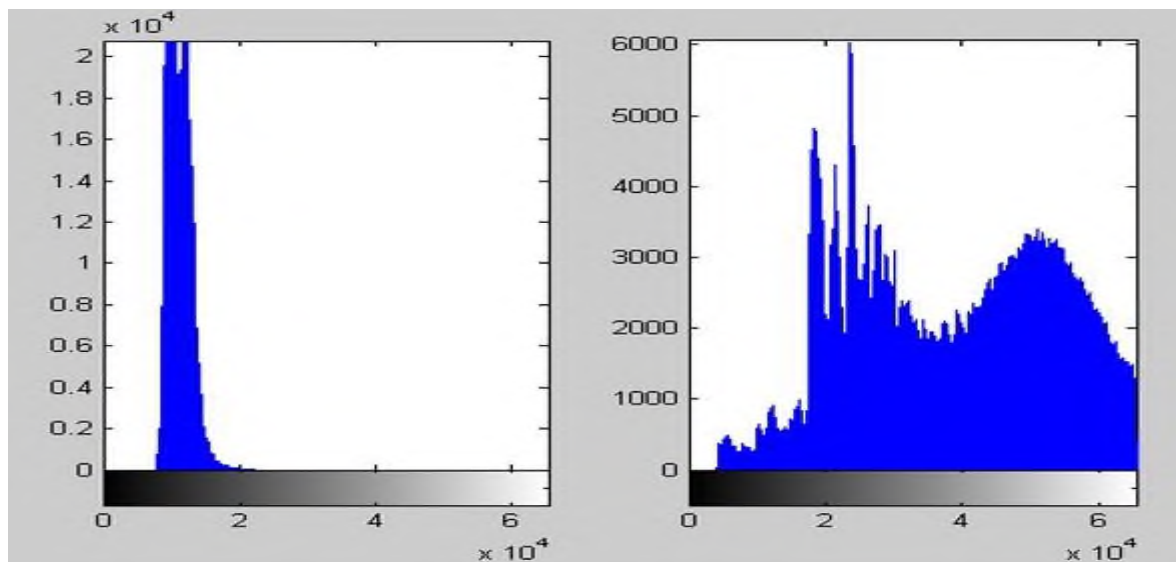


Figure 38: image de la région de Alger 16/06/2023



L'indice NDVI :

- Les zones vert foncé indiquent une végétation dense et saine. Ces zones sont généralement des forêts denses, des cultures en bonne santé ou d'autres zones avec une végétation abondante.
 - Les zones vert clair ou jaune indiquent une végétation moins dense ou potentiellement stressée. Ces zones peuvent correspondre à des cultures moins denses, des prairies partiellement couvertes ou des zones avec une végétation légèrement dégradée.
- Les zones rouges ou brunes indiquent une faible densité de végétation ou une absence totale de végétation. Cela peut inclure des zones urbaines, des sols nus, des déserts ou des étendues d'eau.

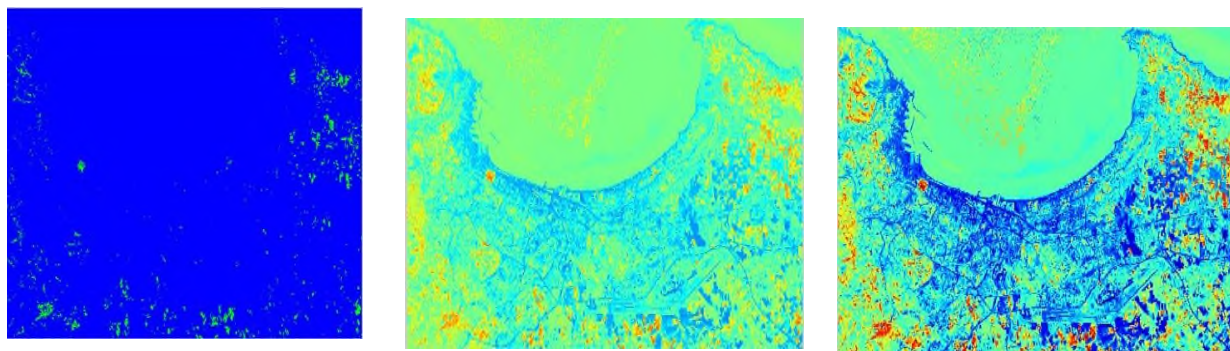


Figure 39 : NDVI la région de Alger 3/04/2013

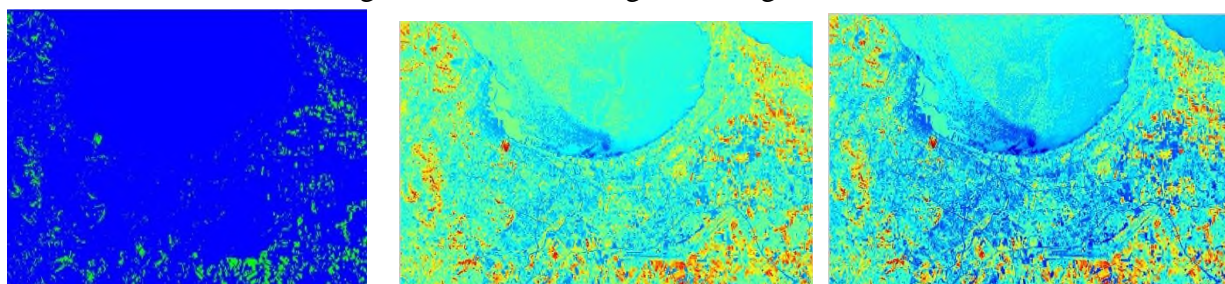


Figure 40 : NDVI la région de Alger 13/04/2023

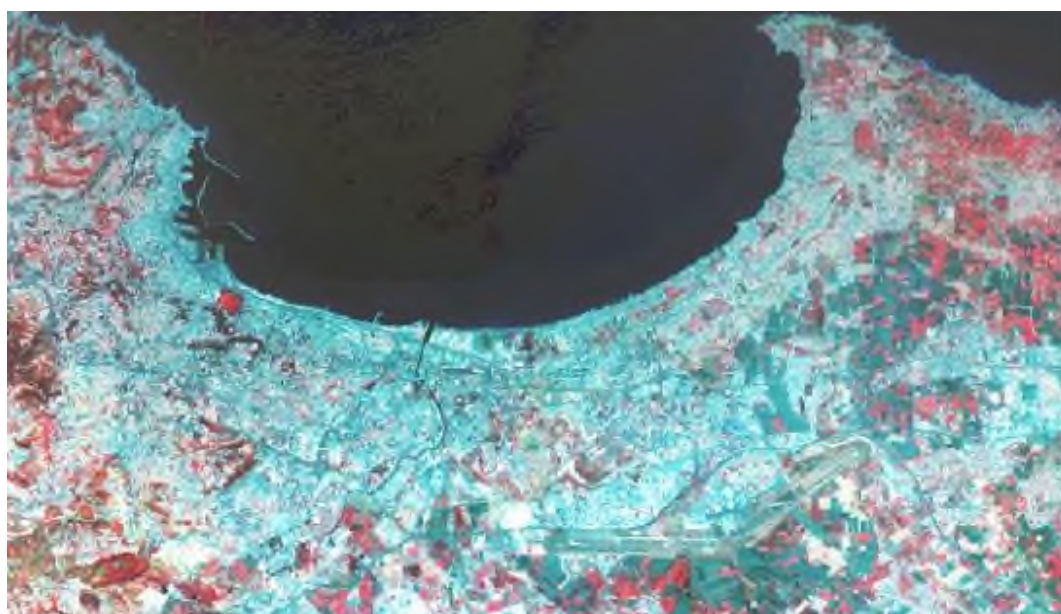
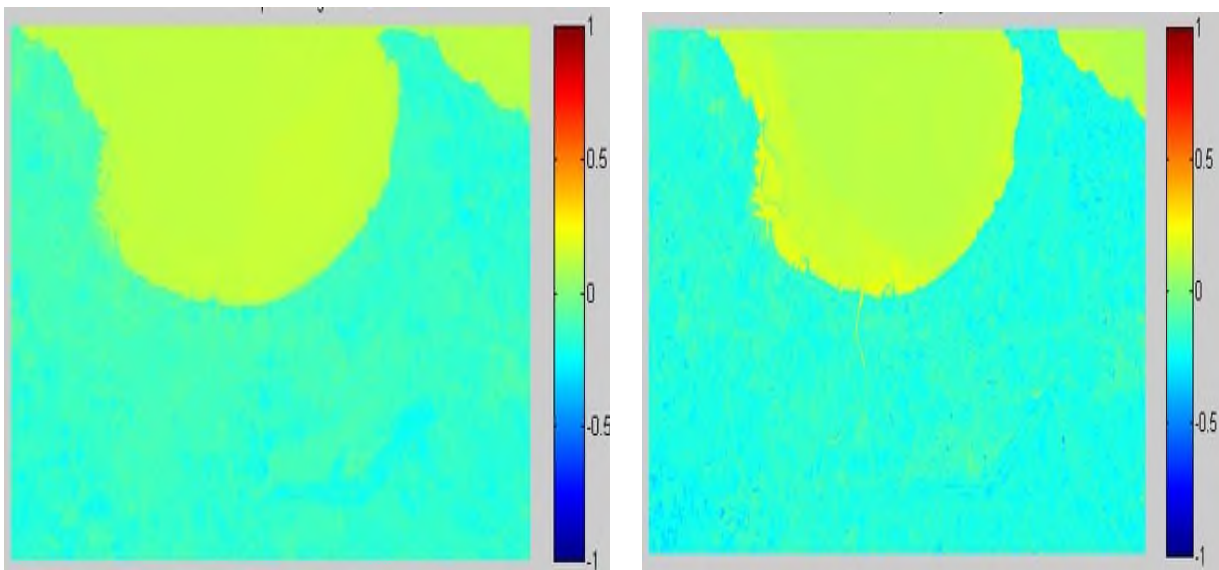


Figure 41 : Image CIR combinée NIR R G (2013)



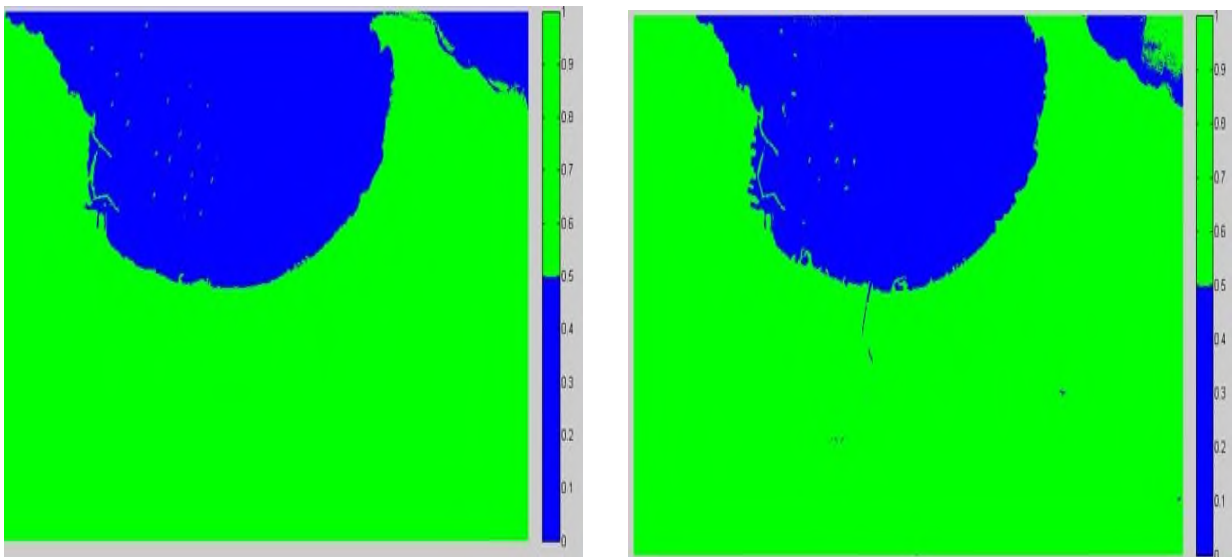
Figure 42 : Image CIR combinée NIR R G (2023)

L'indice MNDWI :



Les valeurs du MNDWI varient généralement de -1 à 1. Les valeurs négatives indiquent la présence d'eau, tandis que les valeurs positives ou proches de zéro indiquent la présence de végétation dense ou d'autres objets terrestres.

NDWI :



(A)

(B)

il y a un changement dans cette période :

- Le changement a eu lieu dans la vallée de harrach.

L'indice urbain :



Figure 43 : L'indice urbain image de la région de Alger 15/06/2013



Figure 44 : L'indice urbain image de la région de Alger 15/06/2023

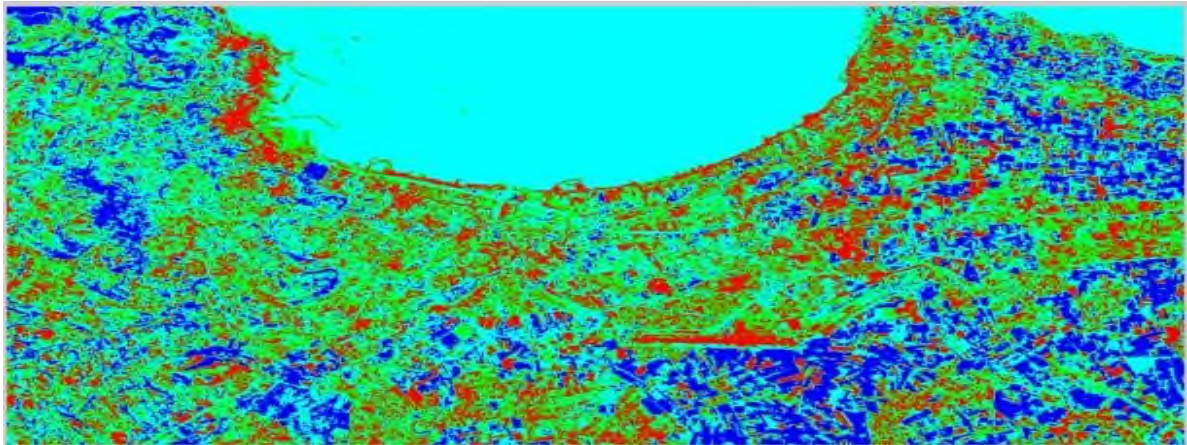
K-means segmented image

Figure 45 : K-means segmented image 2013.

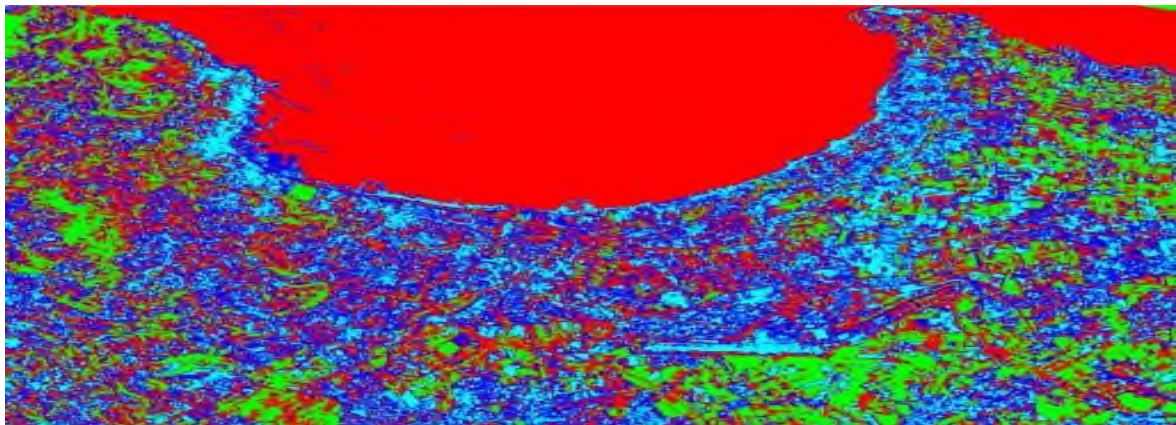


Figure 46 : K-means segmented image 2023.

➤ **Nous expliquons l'augmentation de L'INDICE urbaine en 2023 par apport a 2013 par :**

1. **Expansion des zones urbaines** : Lorsque de nouvelles infrastructures, bâtiments ou développements résidentiels sont construits, cela entraîne une augmentation de la densité des constructions et, par conséquent, une augmentation de l'indice NDBI. Si cette expansion urbaine se produit sur une période donnée, la croissance de l'indice NDBI sera observée.
2. **Conversion des terres non urbanisées** : La transformation de terres non urbanisées, telles que des terres agricoles ou des espaces naturels, en zones urbanisées contribue également à la croissance de l'indice NDBI. Cette conversion peut résulter de

l'urbanisation planifiée, de l'expansion de l'habitat humain ou d'autres activités liées à l'aménagement du territoire.

3. **Changements d'utilisation des terres** : Les modifications de l'utilisation des terres peuvent également entraîner des variations de l'indice NDBI. Par exemple, si une zone qui était précédemment utilisée à des fins industrielles est réaménagée pour des développements résidentiels, cela peut conduire à une augmentation de l'indice NDBI.

Il est important de noter que la croissance de l'indice NDBI doit être interprétée en conjonction avec d'autres données et informations pour comprendre pleinement les changements d'urbanisation. Les facteurs socio-économiques, les politiques d'aménagement urbain, les dynamiques démographiques et les conditions environnementales peuvent tous jouer un rôle dans la croissance observée de l'indice NDBI.

Il convient également de souligner que la croissance de l'indice NDBI peut avoir des implications sur le plan environnemental, social et économique. Il est donc essentiel de mener des études et des analyses approfondies pour évaluer les conséquences de cette croissance et prendre des décisions éclairées en matière de planification urbaine et de gestion des ressources.

L'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ou indice de végétation par différence normalisée, est un indicateur couramment utilisé dans la télédétection pour évaluer la santé et la densité de la végétation dans une zone donnée. La croissance de l'indice NDVI fait référence à l'augmentation des valeurs de cet indice au fil du temps.

L'indice NDVI est calculé à partir de la différence normalisée entre les bandes infrarouge proche (NIR) et rouge (R) d'une image satellite ou d'une autre source de données. Il varie généralement de -1 à +1, où des valeurs plus élevées indiquent une végétation plus dense et en meilleure santé, tandis que des valeurs plus faibles ou négatives indiquent une faible densité de végétation ou l'absence de végétation.

➤ **La croissance de l'indice NDVI en 2023 par rapport à 2013 peut être influencée par divers facteurs, tels que :**

1. **Saisonnalité de la végétation** : Dans de nombreuses régions, la végétation connaît des variations saisonnières, avec des pics de croissance pendant les périodes favorables, comme le printemps et l'été, et une décroissance pendant les périodes moins favorables, comme l'automne et l'hiver. La croissance de l'indice NDVI peut donc refléter ces variations saisonnières de la végétation.

2. **Changements dans l'utilisation des terres** : Les modifications de l'utilisation des terres, comme la conversion de terres agricoles en zones urbaines ou vice versa, peuvent avoir un impact sur la croissance de l'indice NDVI. Par exemple, la conversion de terres non végétalisées en terres agricoles peut entraîner une augmentation de l'indice NDVI, tandis que la conversion de terres agricoles en zones urbaines peut entraîner une diminution de l'indice NDVI.
3. **Perturbations environnementales** : Les événements tels que les incendies de forêt, les sécheresses, les inondations ou les tempêtes peuvent avoir un impact significatif sur la végétation et donc sur l'indice NDVI. Par exemple, après un incendie de forêt, l'indice NDVI peut diminuer temporairement en raison de la destruction de la végétation, puis augmenter progressivement à mesure que la végétation se régénère.

La croissance de l'indice NDVI peut être utilisée pour surveiller et évaluer la santé des écosystèmes, suivre les changements dans l'utilisation des terres, étudier les effets du changement climatique sur la végétation et même aider à la planification agricole. Cependant, il est important de prendre en compte d'autres facteurs et données complémentaires pour une interprétation plus complète de la croissance de l'indice NDVI, car plusieurs variables peuvent influencer les variations observées.

➤ **Nous expliquons la croissance de l'indice MNDWI en 2023 par rapport à 2013 par :**

1. **Augmentation de la superficie d'eau** : Si la taille des étendues d'eau augmente au fil du temps, cela se reflétera généralement par une croissance de l'indice MNDWI. Cela peut être dû à des facteurs tels que les précipitations abondantes, la fonte des neiges, les activités humaines (par exemple, la création de barrages ou d'étangs) ou les changements dans la gestion des ressources en eau.
2. **Changements dans la dynamique des rivières et des cours d'eau** : Les fluctuations saisonnières, les crues, les débits d'eau variables ou les changements dans les schémas d'écoulement peuvent également influencer la croissance de l'indice MNDWI. Par exemple, pendant les périodes de crues, l'indice MNDWI peut augmenter en raison de l'expansion des cours d'eau et des zones inondées.
3. **Détection de nouvelles étendues d'eau** : Dans certains cas, la croissance de l'indice MNDWI peut être due à la découverte de nouvelles zones d'eau qui étaient auparavant inconnues ou non détectées. Cela peut résulter de la mise à disposition de nouvelles

données satellites de meilleure résolution, d'une amélioration des algorithmes de détection ou d'autres facteurs qui permettent une meilleure identification des zones d'eau.

Il est important de noter que la croissance de l'indice MNDWI doit être interprétée avec prudence et corroborée par d'autres informations pertinentes, telles que des données hydrologiques ou des observations sur le terrain, pour valider les changements observés. Les variations de l'indice MNDWI peuvent être influencées par des facteurs tels que la réflectance atmosphérique, les nuages, les ombres et d'autres sources d'interférence, qui peuvent nécessiter des corrections ou des ajustements supplémentaires pour une analyse précise.

7 - Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une description détaillée de notre application pour la détection des changements en appliquant méthode : K-means. Nous avons utilisé l'observation visuelle et les métriques d'évaluations pour évaluer la performance de méthode. On peut dire finalement que la méthode ACP-Kmeans permet de générer un masque de détection des changements binaire avec une meilleure précision.

CONCLUSION GENERALE

En conclusion, Dans ce mémoire nous avons présenté des opérations de traitement des images qui est la détection des changements dans les images satellitaires. Nous avons réalisé une étude comparative sur des différentes méthodes concernant cette opération. Ces méthodes permettent de trouver les changements entre deux images pour le même cible mais à des dattes différentes. les méthodes de classification supervisée et le SVM ne sont pas directement conçus pour détecter les changements entre deux images de la même cible à des dates différentes. Ces approches sont principalement utilisées pour la classification des données et la prédiction des étiquettes ou des classes.

Pour détecter les changements entre deux images de la même cible à des dates différentes, on utilise généralement des techniques de traitement d'image et d'analyse d'image. Ces techniques analysent les différences entre les valeurs de pixels ou les caractéristiques des images pour identifier les changements significatifs entre les deux dates. Elles peuvent être utilisées dans divers domaines, tels que la surveillance environnementale, l'analyse urbaine, la télédétection, etc.

Il convient de noter que la détection des changements entre deux images peut être un défi complexe, car il peut y avoir des variations dues à l'éclairage, aux conditions météorologiques, aux variations saisonnières, aux changements de perspective, etc. Ainsi, le choix de la méthode appropriée dépendra des caractéristiques spécifiques des images et du contexte d'application. Pour détecter les changements entre deux images d'une même cible à des dates différentes, il est nécessaire de recourir à des techniques spécifiques d'analyse et de traitement d'images, plutôt qu'aux méthodes de classification supervisée ou au SVM. la méthode de classification supervisée, et plus spécifiquement l'algorithme du Support Vector Machine (SVM), constituent des approches puissantes pour résoudre des problèmes de classification. La classification supervisée permet de prédire les étiquettes ou les classes des nouvelles observations en s'appuyant sur un ensemble de données d'entraînement étiquetées. Cela permet de prendre des décisions basées sur des modèles appris à partir de données existantes. Le SVM se distingue par sa capacité à trouver l'hyperplan optimal qui sépare les exemples de différentes classes avec une marge maximale. Il peut être utilisé pour traiter des données à grande dimension et est robuste contre les données aberrantes. De plus, en utilisant des fonctions de noyau, le SVM peut également effectuer des séparations non linéaires. Cependant, il est important de noter que le succès de la classification supervisée et du SVM dépend de la qualité des données d'entraînement et de la pertinence des caractéristiques utilisées pour la classification. Le choix des paramètres du SVM, tels que le paramètre de régularisation C et la fonction de noyau, peut également avoir un impact significatif sur les performances du modèle.

En somme, la classification supervisée et le SVM offrent des méthodes précieuses pour résoudre des problèmes de classification dans divers domaines, tels que la reconnaissance de formes, la détection d'anomalies, la classification de texte, et bien d'autres. Ils constituent des outils essentiels dans l'arsenal des techniques d'apprentissage automatique et peuvent être utilisés pour résoudre des problèmes réels avec des performances satisfaisantes, en gardant à l'esprit les considérations liées aux données et aux paramètres.

Bibliographie

- [1] :elearning.univ-msila.dz a été indexé pour la première fois par Google en Avril 2017
- [2] : MANUEL de TÉLÉDÉTECTION SPATIALE : Élaboré par : Francisco Eugenio González Javier Marcello Ruiz Ferran Marqués Acosta.
- [3] : Benachir D. 2014. Méthodes de séparation aveugle des sources pour le mélange d'images de télédétection. these de doctorat de l'Université de Toulouse, France.
- [4] : Mémoire de Stage de Fin d'Etudes Apport de la télédétection dans l'évolution de la couverture végétale sur le versant Nord du Haut Atlas de Marrakech au cours de ces 30 dernières années.
- [5] : MANUEL de TÉLÉDÉTECTION SPATIALE : Élaboré par : Francisco Eugenio González Javier Marcello Ruiz Ferran Marqués Acosta.
- [6] :L.eesa.Introduction à la télédétection.TIGER initiative.2005.
- [7] : B. karim,Benhamdada khadidja," segmentation d'images satellitaires par les algorithmes génétiques, mémoire de fin d'études ,université de
- [8]:'Introduction' (no date) *Précis de télédétection - Volume 3*, pp. 1–6. doi:10.2307/j.ctv5j018b.6.
- [9] : Régis CALOZ : TELEDETECTION SATELLITALE ; Notes de cours. École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Laboratoire de systèmes d'information géographique (LaSIG). 67p
- [10] : SERRADJ A. 2007: Formation accéléré sur la télédétection ; Application logiciel ENVI, université de Constantine.
- [11] : J. Canny, A, computational approach to edge detection, IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, vol. 8, n°6, pp. 679-698, November 1986
- [12] : R.GUEMGHAR , F.Z. LAID "étude et implémentation des méthodes d'évaluation de performances d'une segmentation d'image" Thèse d'ingénieur ,Institut d'électronique université de SAAD DAHLEB, BLIDA , 1999
- [13] : Traitement numérique de l'image, Raphael Isdant – 2009
- [14] : FAID SARRA et DEHIMI Wafa : Modèle de segmentation d'image à champ aléatoire de Markov (MRF), université Mohamed Boudiaf- M'SILA 2019/202
- [15] : J. Dunn : A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact wellseparated clusters. Journal of Cybernetics, 3:32–57, 1973.
- [16] : J.-P. COCQUEREZ et S. PHILIPP, « Analyse d'images : filtrage et segmentation », page3 -266, Paris, (février 2003)
- [17] : Wojciech PIECZYNSKI, Modèles de Markov en traitement d'images, GET/INT, Département CITI, CNRS UMR 5157, 9, rue Charles Fourier, 91000 Evry, France

- [18] : [W4] : Site web, « Centre canadien de télédétection », www.rncan.gc.ca .
- [19] : J.-P. COCQUEREZ et S. PHILIPP, « Analyse d'images : filtrage et segmentation », page 3 -266, Paris, (février 2003)
- [20] : Wojciech PIECZYNSKI, Modèles de Markov en traitement d'images, GET/INT, Département CITI, CNRS UMR 5157, 9, rue Charles Fourier, 91000 Evry, France
- [21] : Claude Kergomard, support de cours : « La télédétection Aéro-spatiale : une introduction », Ecole Normale Supérieure, Paris, France.
- [22] : Site web, « Detection de changement par Télédétection », <http://Détection du changement par Télédétection.htm>
- [23] : OULDMELHA.O, MANSOUR .S, L'exploitation des images multi-temporelles pour la détection des changements, université Abdelhamid ibn badis Mostaganem. Thèse de Master 2014/ 2015, pp 10,11, 12.
- [24] : BENNOUR.A, Contribution au recalage des images satellitaires de haute résolution pour le suivi à long terme des changements écologiques, université Badji Mokhtar Annaba. Thèse de Doctorat, 2014/2015, pp 8, 9
- [25] : K.Tadjerouni, cour de télédétection. Cycle Ingénieur 5ème année CNTS 2003.
- [26] : I. Messaadi, « Classification d'une image satellitaire Landsat (ETM+) à des fins de collecte de statistique agricole en terme de superficie », mémoire de soutenance de diplôme d'ingénieur d 'Etat en science géodésique et travaux Topographiques.
- [27] : Baraldi A, Parmiggiani F. 1990. Urban area classification by multi-spectral SPOT images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 28: 674–680.
- [28] : Couloigner I, Ranchin T .2000. Mapping of urban areas : a multiresolution modelling approach for semi-automatic extraction of streets. Photogramm Eng Remote Sens. 66:867–874.
- [29] : Thi Thanh Hien PHAM, Ferdinand BONN et Jean-Marie DUBOIS « démarche méthodologique pour la détection des changements d'un milieu morcelé en utilisant des images à moyenne résolution spatiale : application à une région littorale au vietnam » Revue Télédétection, , vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 303-323, 2007.
- [30] : Nicolas BECK: Application de méthodes de clustering traditionnels et extension au cadre multicritère, thèse pour obtenir le grade de magister, 2006.
- [31] : Karine ZEITOUNI: Techniques de data mining, cours de Master Professionnel ASS, Edition 2009.
- [32] : Guillaume CLEUZIQU: Une méthode de classification non-supervisée pour l'apprentissage de règles et la recherche d'information, thèse pour obtenir le grade de doctorat, 2004.

- [33] : MacQueen.J, Some methods for classification and analysis of multivariate observations, in Proc. Fifth Berkeley Symposium on Mathematical statistics and probability, P.281-297, 1967.
- [34] : SOUHILA DJERROUD : Accélération de la recherche d'image par le contenu, Intégration de la méthode de CHAMELEON, thèse pour obtenir le grade de magister, 2007.
- [35] : Rogers A, Kearney M. 2003. Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices. *Int J Remote Sens.* 25: 2317–2335.
- [36] : Zhao H, Chen X. 2005. Use of normalized difference bareness index in quickly mapping bare areas from TM/ETM+. In Proceedings of Conference of IEEE: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). 2005 July 25-29; Seoul–Korea. 3: 1666-1668. 10.1109/IGARSS.2005.1526319.
- [37] : Deng C, Wu C. 2012. BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. *Remote Sens. Environ.* 127: 247–259.

Liste des Liens WEB référencés

[W1] : Site web, « Centre canadien de télédétection », www.rncan.gc.ca.

[W2] : pour télécharger des images sat, <https://earthexplorer.usgs.gov>

[W1] : Site web, <http://www.tiger.esa.int>

[W2] : site web, https://fr.wikipedia.org/wiki/Agence_spatiale_alg%C3%A9rienne

[W4] : EarthExplorer, <https://earthexplorer.usgs.gov>

[W5] : Global Visualisation Viewer, <https://glovis.usgs.gov>