



## MEMOIRE DE MASTER

*Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**Option: ASSAINISSEMENT**

**THEME :**

**EVALUATION DES CHANGEMENTS D'OCCUPATIONS DU  
SOL.CAS DU HAUT CHELIFF**

**Présenté par :**

**ZERAR Larbi**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
SALAH Boualem	Professeur	Président
ZEROUAL Ayoub	M.C.A	Membre
SALHI Chahrazed	M.C.B	Membre
TOUMI Samir	M.C.B	Promoteur

**Session : Février 2024**

## Remerciements

*Avant tout, je remercie Mon DIEU ALLAH qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de patience pour achever mes études.*

*✚ Je remercie mes très chers parents que dieu les garde, qui ont sacrifiés Leur vie pour notre bien.*

*A l'issue de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :*

*✚ Mon promoteur, Mr S.TOUMI pour m'avoir ouvert ses portes et qui a contribué à l'élaboration de ce mémoire.*

*✚ Je profite de l'occasion pour remercier tous mes enseignants de l'ENSH ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce projet.*

*✚ Mes respects aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce travail. Sans oublier de remercier toutes mes amis.*

*Zerar Larbi*

# *Dédicaces*

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail qui est l'accomplissement de longues années d'études, en particulier à :  
Ma très chère mère et Mon très cher père pour leurs aides, leurs conseils et leurs soutiens moraux et matériels. Pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour que je réussisse.*

*A mes frères, mes soeurs qui ont toujours été là pour moi, à me porter au delà des limites.*

*A toute Ma famille ZERAR et NOUIS. Mon grande père, mes tantes, mes oncles, mes cousins et cousines A tous Mes amis sans exception.*

*A tous les enseignants ceux qui m'ont appris de l'école primaire à l'université (Bachir M ; Kassi M ; Gaib H ; Karkood S ; Kacher Z ; Bachir B ; Kassmi M ; Bachir M ; Bachir m ; Gaib A ; Bachir Dj ; Kacher ; Gaib ; Gaib ; Mardoud A ; Ababou Dj ; Balaagoun M ; Kacher M et Gr MCM )*

*Zerar Larbi*

## ملخص

منطقة الشلف العليا هي إحدى مناطق الجزائر، تقع في وسط البلاد و تشمل عدة بلديات. تعتبر منطقة حيوية و ديناميكية على المستوى الوطني مع تطور ديموغرافي مستمر.

لهذا قمنا في هذه المذكرة بدراسة تغيرات استخدام الأراضي لهذه المنطقة بالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية و نظم المعلومات الجغرافية.

المنهجية المعتمدة في دراستنا لرسم خرائط استخدام الأراضي تمثلت في استخدام طريقة معروفة بالخاضعة للإشراف لتحديد فئات استعمال التربة في منطقة الشلف العليا لسنوات 2013 2018 2022 من أجل معرفة التغيرات التي طرأت على المنطقة في هذه المدة.

## Résumé

La région du haut Cheliff est l'une des régions de l'Algérie, située au centre du pays et englobant plusieurs communes. C'est une région vitale et dynamique au niveau national, avec une croissance démographique continue.

C'est pourquoi, nous avons étudié dans notre mémoire les changements d'utilisation des terres dans cette région en utilisant des images satellites et des systèmes d'information géographique.

La méthode rétrospective utilisée est basée sur l'utilisation de méthodes supervisées pour identifier les catégories de sols de la Haut cheliff pour les années 2013, 2018, 2022, pour voir l'évolution de l'occupation du sol de cette région.

## Abstract

The region of high Cheliff is one of the areas in Algeria, located in the center of the country and including several municipalities. It is a vital and dynamic region on a national level, experiencing continuous demographic growth.

That's why, we studied the changes in land use in this area by relying on satellite imagery and geographic information systems.

The retrospective method used is based on the use of supervised methods to identify the soil categories of Haut Cheliff in years 2013, 2018, 2022, to see the evolution of the land use in high Cheliff.

# Sommaire

## Introduction générale

### Chapitre I : Introduction

<b>Introduction .....</b>	<b>01</b>
<b>I -1 synthèse bibliographique .....</b>	<b>01</b>
<b>I -2 Importance de l'évaluation du changement d'occupation du sol.....</b>	<b>02</b>
<b>I -3 Le ruissellement .....</b>	<b>03</b>
<b>I -4 Influences du changement d'occupation du sol sur le ruissellement...04</b>	
• <b>Imperméables du sol .....</b>	<b>04</b>
• <b>Changement dans la végétation .....</b>	<b>04</b>
• <b>Modification des particules agricoles .....</b>	<b>04</b>
• <b>Gestion des bassins versants.....</b>	<b>04</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>05</b>

### Chapitre II : Cadre théorique

<b>II -1 La télédétection .....</b>	<b>06</b>
<b>II -1-1 Définition .....</b>	<b>06</b>
<b>II -1-2 Objectifs de la télédétection .....</b>	<b>06</b>
<b>II-1-3 Les principales étapes de la télédétection .....</b>	<b>06</b>
<b>Source d'énergie ou d'illumination (A) .....</b>	<b>07</b>
• <b>Rayonnement et atmosphère (B) .....</b>	<b>07</b>
• <b>Interaction avec la cible (C) .....</b>	<b>07</b>
• <b>Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) .....</b>	<b>07</b>
• <b>Transmission, réception et traitement (E) .....</b>	<b>07</b>
• <b>Interprétation et analyse (F) .....</b>	<b>07</b>
• <b>Application (G) .....</b>	<b>07</b>

<b>II-1-4 L'équipement de télédétection .....</b>	<b>08</b>
a) Les plates formes .....	08
b) Les capteurs .....	08
b-1) Les capteurs passifs .....	09
b-2) Les capteurs actifs .....	09
c) Le rayonnement électromagnétique .....	09
c-1) Les ondes électromagnétiques .....	10
c-2) Rayonnement et énergie .....	11
c-3) Le spectre électromagnétique .....	11
<b>II-1-5 L'image satellitaire .....</b>	<b>12</b>
<b>1- Définition .....</b>	<b>12</b>
<b>2 -Système de traitement d'image .....</b>	<b>13</b>
a) Acquisition de l'image .....	13
b) Prétraitement .....	13
▪ Corrections géométriques des images .....	13
▪ Corrections radiométriques des images.....	14
c) Traitement d'images .....	14
d) Analyse et interprétation .....	14
<b>II-1-6 Les satellites .....</b>	<b>15</b>
<b>1 - Définition .....</b>	<b>15</b>
<b>2- Les types de satellites .....</b>	<b>15</b>
a) Les satellites géostationnaires .....	15
b) Les satellites à défilement .....	15
<b>3-Le programme Landsat .....</b>	<b>15</b>
<b>3-1) Landsat 8 .....</b>	<b>16</b>
<b>II -2 Détection des changements .....</b>	<b>17</b>
<b>II -2 -1 Définition .....</b>	<b>17</b>
<b>II -2 -2 L'historique .....</b>	<b>17</b>
<b>II -2 -3 Domaine d'application .....</b>	<b>18</b>
<b>II -2 -4 La Résolution .....</b>	<b>18</b>
a) Résolution spectrale .....	18
b) Résolution radiométrique .....	19

c) Résolution spatiale ou géométrique.....	19
d) La résolution numérique.....	19
II -3 Système d'information géographique (SIG).....	19
3.1. Définition .....	19
3-2. Structure de l'information géographique dans un SIG .....	20
3-3 Domaine d'application .....	20
3-4 Objectif de SIG .....	21

### **Chapitre III : Présentation de la zone d'étude (Le Haut Cheliff)**

III-1.Situation géographique .....	22
III-2.Morphologie .....	23
III-3.Géologie .....	24
III-4.Situation climatique.....	25
• La température .....	25
• La pluviométrie .....	26
III-5.Hydrologie .....	26
a) Les bassins versants.....	26
b) Le réseau hydrographique.....	27
III-6. Population et démographie .....	28
III-7. Agriculture.....	29
III-7-1 Cultures maraichères .....	29
III-7-2 Arboriculture.....	29
III-8. Activités industrielles .....	29
III-9. L'urbanisation .....	30
III-10.Les ressources en eau .....	30
III-11.L'occupation des sols.....	30

### **Chapitre IV : Méthodologie et Résultats**

Introduction .....	31
IV.1 Collecte de données.....	31
IV.2 Prétraitement des données .....	31

IV.3. Traitement de l'image .....	31
IV.4. Découpage.....	32
IV.5. La classification des images.....	32
IV.5.1 Classification par Maximum vrai semblance (Maximum Likelihood)	
1. Introduire les classes .....	33
2. Classification par Maximum Likelihood.....	33
3. Résultats.....	34
4. Détection des erreurs (Matrice de confusion) .....	36
a. Précision globale .....	36
b. Coefficient Kappa K .....	36
c. Erreurs de la Commission .....	37
d. Erreurs d'omission .....	37
e. Précision du producteur .....	37
f. Précision de l'utilisateur .....	37
4. 1.Détection des erreurs (2013) .....	38
Interprétation .....	38
4. 2.Détection des erreurs (2018) .....	39
▪ Interprétation .....	39
4. 3.Détection des erreurs (2022) .....	40
Interprétation .....	40
5- Comparaison d'occupation du sol du haut Cheliff entre 2013,2018 et 2022	
Interprétation .....	43
6- Indice de végétation (NDVI) .....	43
6-1 Carte d'indice de végétation NDVI de la zone du Haut Cheliff.....	44
Conclusion .....	44
Conclusion général	

## **Liste des figures**

- Figure II -1:** Les étapes principales de la télédétection
- Figure II -2:** Télédétection active et télédétection passive
- Figure II -3:** L'onde électromagnétique simple
- Figure II-4:** Le spectre électromagnétique
- Figure II-5:** Chronologie des missions d'observation de la Terre, Landsat.
- Figure II -6:** Structure de l'information géographique dans un SIG
- Figure III-01:** Carte de localisation du Bassin versant du Haut Cheliff
- Figure III -02 :** Carte des altitudes du Haut Cheliff.
- Figure III-03 :** Carte des pentes du Haut Cheliff.
- Figure III-04:** Carte géologique simplifiée d'après le 1/50.000 de Miliana.
- Figure III-05:** Carte représenté la localisation des stations et des précipitations.
- Figure III-06 :** Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana
- Figure IV-1** Traitement de l'image.
- Figure IV-2 :** Classe introduit pour effectuer la classification
- Figure IV-3 :** Boite de dialogue de Maximum Likelihood Classification.
- Figure IV-4 :** Carte d'occupation du sol de la plaine du haut Cheliff (2013 et 2018)
- Figure IV-5 :** Carte d'occupation du sol de la plaine du haut Cheliff (2022)
- Figure IV-6** Pourcentage d'occupation du sol de la Haut Cheliff (2013)
- Figure IV-7** Pourcentage d'occupation du sol de la Haut Cheliff (2022)
- Figure V-11** Carte de l'indice végétal NDVI de la plaine du Haut Cheliff.

## **Liste des tableaux**

**Tableau III-01** : Précipitations moyennes annuelles (1985-2020).

**Tableau II-02** : Sous bassins versants du haut Cheliff

**Tableau III-03**: Le Réseau hydrographique

**Tableau IV-01** : Les classes d'occupation du sol

**Tableau IV-02** La matrice de confusion pour la classification supervisée. (2013)

**Tableau IV-03** Calcul d'erreurs pour la classification supervisée (2013)

**Tableau IV-04** Précision globale et le coefficient Kappa. (2013)

**Tableau IV-05** La matrice de confusion pour la classification supervisée. (2018)

**Tableau IV-06** Calcul d'erreurs pour la classification supervisée (2018)

**Tableau IV-07** Précision globale et le coefficient Kappa. (2018)

**Tableau IV-08** La matrice de confusion pour la classification supervisée. (2022)

**Tableau IV-09** Calcul d'erreurs pour la classification supervisée (2022)

**Tableau IV-10** Précision globale et le coefficient Kappa. (2022)

**Tableau IV-11** Pourcentage d'occupation du sol de la haut Cheliff pour l'année 2013 et 2018.

**Tableau IV-12** Pourcentage d'occupation du sol de la haut Cheliff pour l'année 2022.

## Introduction générale :

La région du Haut Cheliff est une région occupe une place stratégique dans le paysage géographique algérien. Pour connuer les changements d'occupation du sol dans cette région, il est nécessaire de faire une étude sur trois images satellitaires pour trois années différentes (2013, 2018,2022).

Ce travail nécessite l'acquisition de données satellitaires et l'utilisation d'un système d'information géographique (SIG) pour le traitement et l'analyse des données.

Notre travail est divisé en quatre chapitres :

- ❖ Le 1<sup>er</sup> chapitre intitulé « **Recherche bibliographique**» qui discuté l'importance d'évaluation du changement d'occupation du sol, donné un aperçu général sur le ruissellement et l'influences du changement d'occupation du sol sur le ruissellement.
- ❖ Le 2<sup>ème</sup> chapitre intitulé «**Cadre théorique** » qui explique les divers termes scientifiques liés à la ; télédétection, L'image satellitaire, les satellites, système d'information géographique.....
- ❖ Le 3<sup>ème</sup> chapitre intitulé « **Présentation de la zone d'étude** » qui indique l'emplacement, les principales caractéristiques physiques et démographique..
- ❖ Le 4<sup>ème</sup> chapitre qui intitulé «**Méthodologie et Résultats**» qui présente la source de l'obtention et les étapes de prétraitement pour la réalisation de la carte, la méthode de classification et leurs résultats (les cartes d'occupation du sol).

## Chapitre I : Recherche bibliographique

**Introduction :** L'occupation du sol fait référence à la répartition et à l'utilisation des différentes catégories de terrains ou de zones par les activités humaines. Cela inclut les zones résidentielles, commerciales, industrielles, agricoles, forestières, les espaces naturels, etc.

### I -1 synthèse bibliographique :

Les études sur le changement dans l'occupation et l'utilisation du sol sont d'une grande importance car ils permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus de déforestation, dégradation, désertification et perte de la biodiversité d'une région déterminée (Lambin et al. 2001).

Il existe des facteurs naturels, comme le climat, le vent, la pluie etc., qui favorisent les variations de la couverture végétale (Thompson et al. 1999). Néanmoins, pendant les dernières décennies, les activités humaines sont le principal déclencheur de la transformation des écosystèmes (Vitousek et al. 1997). Par exemple, on estime que la perte de forêts depuis les débuts de l'humanité jusqu'au temps présent varie d'un tiers à la moitié de la surface d'origine (McKee et al. 2003). Cette perte accélérée de la couverture forestière entraîne la disparition de la réserve génétique inhérente aux écosystèmes autochtones. Les conséquences les plus évidentes sont la perte du potentiel d'utilisation du sol pour le bien-être humain et la perte d'habitat en général (Velázquez et al. 2002).

La perte de la couverture végétale est provoquée principalement par :

- La progression des terres agricoles et d'élevage ;
- la construction de routes, carrières, infrastructures urbaines et touristiques ;
- l'exploitation forestière incontrôlée ;
- la pollution atmosphérique, les incendies.
- la pression démographique (croissance urbaine et agricole, pollution, etc.) ;
- les mauvaises pratiques d'exploitation des terres ; et
- le manque de contrôle des autorités et de politiques publiques de préservation (López-Paniagua et al. 1996).

Importants liés à la lutte pour l'indépendance de l'Algérie. Aujourd'hui, elle abrite une population diverse, composée de différentes communautés ethniques et culturelles.

## **I -2 Importance de l'évaluation du changement d'occupation du sol :**

L'évaluation du changement d'occupation du sol permet de surveiller l'utilisation des terres, des forêts, de l'eau et d'autres ressources naturelles. La gestion de l'eau est l'activité de planification, de développement, d'allocation et de gestion de l'utilisation optimale des ressources en eau d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Cela inclut la gestion des risques « quantitatifs » tels que les sécheresses et pénuries, les inondations les intrusions marines et les eaux pluviales. [1]

Cela aide à garantir leur gestion durable en évitant la surutilisation, la dégradation et la perte de ces ressources vitales. Les études sur l'occupation des terres et les changements d'utilisation sont importantes car elles nous permettent de comprendre les tendances actuelles des processus de déforestation, de dégradation, de désertification et de perte de biodiversité dans des régions spécifiques. [2]

Le changement d'occupation du sol peut avoir un impact direct sur la biodiversité en modifiant les habitats naturels, en fragmentant les écosystèmes et en perturbant les corridors biologiques. Au cours des dernières décennies, l'activité humaine a été un déclencheur majeur de la transformation des écosystèmes. [3]

Par exemple, on estime qu'entre le début de l'humanité et aujourd'hui, la déforestation a conduit à une diminution de la surface forestière initiale, allant de 33 % à 50 %. [4]

Le changement d'occupation du sol peut influencer le climat local en modifiant les surfaces réfléchissantes et la séquestration du carbone. Il existe des facteurs naturels, comme le climat, le vent, la pluie etc., qui favorisent les variations de la couverture végétale. [5]

Les changements d'occupation et d'utilisation du sol modifient le fonctionnement de la biosphère. Ils exercent une influence aujourd'hui reconnue sur l'évolution du climat, de la biodiversité, de l'hydrosystème et des sols. [6]

L'évaluation du changement d'occupation du sol est étroitement liée aux Objectifs de Développement Durable (ODD) des Nations Unies. Elle contribue à la réalisation de plusieurs ODD, notamment ceux liés à la protection de l'environnement, à la réduction de la pauvreté et à la promotion de la durabilité. Par exemple les forêts constituent un

élément indispensable dans l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD). [7]

### **I -3 Le ruissellement :**

Le ruissellement est le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. L'eau de ruissellement entraîne avec elle des particules plus ou moins grosses en fonction de la quantité d'eau en mouvement et de la pente, ce qui peut avoir un effet abrasif sur le terrain. La généralisation des sols imperméabilisés (routes, stationnement automobile, zones bâties, ...) augmente le ruissellement aux dépens de l'infiltration, ce qui peut conduire à des crues violentes et augmente les risques de saturation des collecteurs d'eau et d'inondation en aval. On doit donc prendre en compte ce phénomène dans l'aménagement urbain. Le ruissellement est aussi un facteur d'aggravation des pollutions liées à l'agriculture : les engrais et autres produits de traitement sont entraînés vers les cours d'eau, puis vers la mer. [46]

Le ruissellement est l'apport principal des eaux de surface. Il dépend de la nature du sol, de la pente, de la couverture végétale et de l'intensité des pluies. Son estimation est faite souvent par le bilan hydrique, les formules empiriques ou par la modélisation. [47]

Généralement, le ruissellement important prend naissance dans un bassin versant naturel. Ce bassin, qui est un système physique extrêmement hétérogène et compliqué, transforme les précipitations en flux dans les rivières et les canaux vers les exutoires qui sont, souvent, des zones urbaines (Brooks, 2013). Dans les études sur les inondations en milieu urbain causées par des précipitations intenses, la fonction de production se limite, souvent, à un simple coefficient de ruissellement car le volume d'eau ruisselé concerné par les pertes initiales est négligeable par rapport au volume total (Lhomme, 2006).

Le calcul du ruissellement servira à l'estimation des apports liquides des oueds, le dimensionnement des barrages et des ponts et la prévision contre les inondations. [48]

Le ruissellement de surface est fonction de plusieurs facteurs tel que, la durée et l'intensité des précipitations, le type de sol, l'occupation du sol, le couvert végétal, la

pente et la densité du réseau hydrographique (Ponce, 1996; Perrone, 1998; Mirsha, 2003).

### **I -4 Influences du changement d'occupation du sol sur le ruissellement :**

Le changement d'occupation du sol peut avoir une influence significative sur le ruissellement, entraînant des modifications dans le cycle de l'eau et les schémas d'écoulement.

#### **a) Imperméables du sol :**

Lorsque des zones naturelles telles que les terres agricoles, les forêts ou les zones humides sont transformées en surfaces imperméables comme des zones urbaines avec des routes et des bâtiments, cela peut augmenter le ruissellement. Les surfaces imperméables empêchent l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui augmente la quantité d'eau de surface et peut entraîner des problèmes d'inondation. [49]

#### **b) Changement dans la végétation :**

La conversion de terres naturelles en zones urbanisées ou agricoles peut entraîner la disparition de la végétation naturelle. Les plantes jouent un rôle crucial dans l'absorption de l'eau et la réduction du ruissellement. Leur absence ou leur diminution peut conduire à une augmentation du ruissellement. [50]

#### **c) Modification des particules agricoles :**

Les changements dans les pratiques agricoles, tels que le labourage excessif, la déforestation ou la conversion de terres agricoles en zones urbaines, peuvent affecter la structure du sol. Cela peut influencer la capacité du sol à absorber l'eau et entraîner une augmentation du ruissellement. [51]

#### **d) Gestion des bassins versants :**

Les interventions humaines dans les bassins versants, comme la construction de barrages, la canalisation des cours d'eau, ou la modification des caractéristiques topographiques, peuvent avoir un impact significatif sur le ruissellement. Ces interventions peuvent modifier les schémas d'écoulement naturels. [52]

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons discuté l'importance d'évaluation du changement d'occupation du sol qui est représenté un outil essentiel pour comprendre les transformations du paysage, gérer durablement les ressources naturelles, prévenir les risques naturels. Nous avons donné un aperçu général sur le ruissellement et l'influences du changement d'occupation du sol sur le ruissellement.

Comme conclusion, Les changements d'occupation du sol peuvent influencer le ruissellement en altérant (changer) la capacité du sol à absorber l'eau, en modifiant les caractéristiques topographiques (modifiant les voies d'écoulement naturelles de l'eau), et en affectant les schémas d'écoulement de l'eau à la surface.

## **Chapitre II : Cadre théorique**

### **Introduction :**

Dans ce chapitre nous avons expliqué divers termes scientifiques liés à la ; télédétection, L'image satellitaire, les satellites, système d'information géographique.

### **II -1 La télédétection :**

#### **II -1-1 Définition :**

«La télédétection regroupe diverses techniques visant à recueillir des informations sur la surface de la Terre, y compris l'atmosphère et les océans, à travers l'acquisition d'images sans nécessiter un contact direct. Ce processus implique la capture et l'enregistrement de l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, suivi de l'analyse et du traitement des données pour en extraire des informations exploitables.. [8]

Elle trouve des applications dans de nombreux domaines tels que la cartographie, la géographie, la géologie, l'inventaire des ressources naturelles, la surveillance de l'environnement, l'étude des utilisations des sols, l'estimation de la productivité agricole, les prévisions météorologiques, l'analyse de l'atmosphère et des océans, ainsi que dans des applications militaires, entre autres..... [9]

#### **II -1-2 Objectifs de la télédétection : [10]**

L'objectif principal de la télédétection est de cartographier et de surveiller les ressources terrestres. Comparée aux méthodes de levés traditionnelles, la télédétection par satellite offre une précision et une rentabilité accrues, ainsi que la capacité d'obtenir des données en temps réel. Elle est largement utilisée dans la gestion des ressources pour des applications variées telles que la géomorphologie, l'urbanisme, le climat, la végétation, l'agriculture, etc.

#### **II-1-3 Les principales étapes de la télédétection : [11]**

La télédétection repose sur l'utilisation des propriétés du rayonnement électromagnétique pour analyser à distance la surface du sol, de l'océan ou de l'atmosphère. Une compréhension approfondie des principes de base de la physique du rayonnement est essentielle pour interpréter efficacement les résultats de la

téledétection. Pour fonctionner, la téledétection requiert quatre composants principaux : une source de lumière, généralement le soleil, qui émet le rayonnement électromagnétique contenant les informations pertinentes, une cible à observer, comme la surface de la terre, et un capteur capable de recueillir et d'enregistrer ce rayonnement pour analyse ultérieure.

- **Source d'énergie ou d'illumination (A) :**

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

- **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.

- **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.

- **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.

- **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).

- **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.

- **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.

Ces sept étapes couvrent le processus de la téledétection, du début à la fin.

Le schéma suivant représente ces étapes :

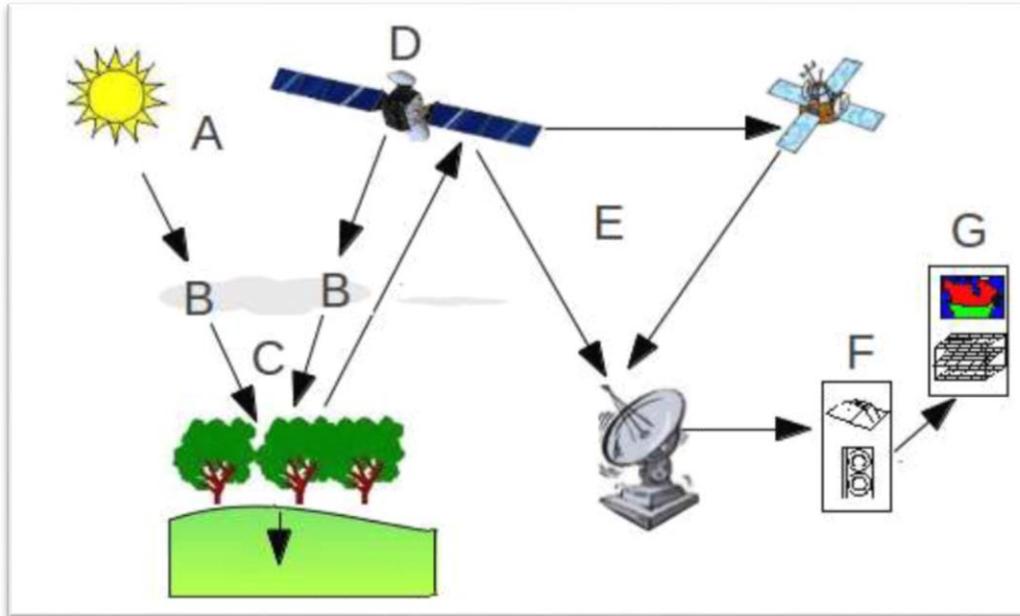


Figure II -1: Les étapes principales de la télédétection [12]

#### II-1-4 L'équipement de télédétection :

##### a) Les plates formes [13]

En télédétection, une plate-forme est définie comme tout objet mobile ou immobile capable de transporter des instruments tels que des détecteurs ou des capteurs pour enregistrer des informations spatiales et spectrales provenant de divers objets. Les plates-formes les plus couramment utilisées en télédétection sont les satellites et les avions.

##### b) Les capteurs : [14]

Les capteurs suivent une trajectoire spécifique pour enregistrer le signal émis par la source d'énergie, qui est ensuite réfléchi par la scène observée. Ils sont conçus pour recevoir le rayonnement émis par la Terre et le convertir en un signal permettant d'enregistrer les informations. Les capteurs se distinguent par leurs types d'acquisition (passif ou actif), leurs modes d'acquisition et leurs résolutions.

En général, les capteurs utilisés à des fins de télédétection sont classés en deux catégories principales : les capteurs passifs et les capteurs actifs.

**b-1) Les capteurs passifs [13]**

Les capteurs passifs sont conçus pour détecter l'énergie naturelle réfléchie ou émise par un objet sur une gamme étendue du spectre électromagnétique, allant de l'ultra-violet jusqu'aux hyperfréquences passives.

**b-2) Les capteurs actifs [13]**

Les capteurs actifs sont des instruments qui émettent de manière artificielle de l'énergie sous forme d'impulsions à fréquence temporelle régulière. Ils sont capables d'enregistrer le signal rétrodiffusé par les objets qui ont été en contact avec cette énergie. En télédétection, ce type de capteur est utilisé pour produire des images.

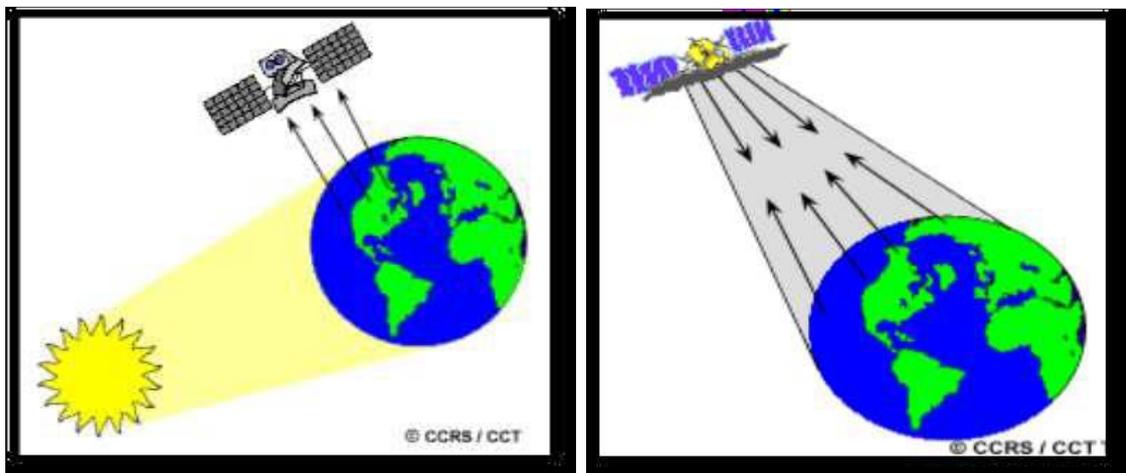


Figure II -2: Télédétection active et télédétection passive [16]

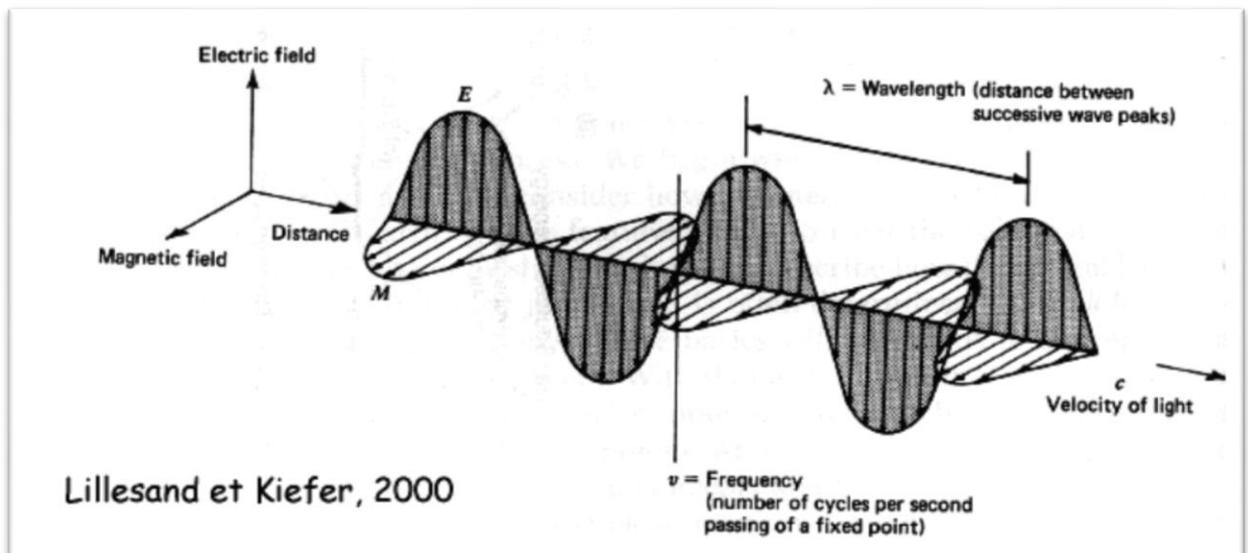
**c) Le rayonnement électromagnétique : [17]**

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation d'énergie dans la nature, dont la forme la plus familière pour nous est la lumière visible, telle que perçue par l'œil humain. Historiquement, la physique spécialisée dans l'étude du rayonnement, appelée optique, est née de l'analyse de la propagation de la lumière et de ses interactions avec la matière (optique géométrique). Par la suite, les physiciens ont reconnu le rayonnement comme un phénomène ondulatoire, étroitement lié à l'électricité et au magnétisme (optique électromagnétique). Cette nouvelle perspective a permis d'élargir considérablement les connaissances sur le spectre du rayonnement électromagnétique, englobant des domaines bien au-delà de la simple lumière visible. Enfin, la physique moderne a démontré que le rayonnement électromagnétique peut

également être interprété comme un déplacement de particules élémentaires représentant une quantité d'énergie (optique énergétique et quantique).

**c-1) Les ondes électromagnétiques:**

Une onde électromagnétique se compose d'une vibration simultanée dans l'espace d'un champ électrique et d'un champ magnétique. C'est une onde progressive et transversale, ce qui signifie que le sens de variation des champs est perpendiculaire à la direction de propagation.(Figure II -3).



**Figure II -3:** L'onde électromagnétique simple

Elle se caractérise par :

- La période **T** : c'est le temps au bout duquel le champ électrique ou magnétique retrouve sa valeur à partir d'un instant quelconque, c'est à dire effectue un cycle. L'unité est la seconde.
- la fréquence, désignée par la lettre **ν** : c'est le nombre de cycles par unité de temps.

L'unité de fréquence est le Herz (Hz). Un Hz équivaut à un cycle par seconde. Les ondes utilisées en télédétection se caractérisent par des fréquences très élevées mesurées en multiples du Hz (kHz, MHz ou GHz –gigaHerz)

- la longueur d'onde ou amplitude **λ** : elle est exprimée par une unité de longueur, le mètre ou ses sous-multiples, en particulier : le micron ou micromètre et le nanomètre. où c est la vitesse de propagation du rayonnement dans le vide (vitesse de la lumière):

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Il est à noter que la fréquence d'un rayonnement électromagnétique est invariable, alors que la vitesse de propagation, et donc la longueur d'onde, peuvent être modifiées lors du passage d'un milieu à un autre. C'est la raison pour laquelle, il vaut toujours mieux caractériser le rayonnement électromagnétique par sa fréquence, même si l'utilisation de la longueur d'onde est la plus répandue...

- la polarisation, c'est à dire l'orientation du champ électrique dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation. La lumière visible (rayonnement solaire) est non-polarisée, c'est à dire qu'elle n'a pas d'orientation privilégiée dans ce plan. En revanche, la polarisation du rayonnement doit être prise en compte en télédétection micro-ondes (capteurs passifs et radars).
- l'amplitude de l'onde qui conditionne l'intensité du rayonnement ; plus l'amplitude est forte plus le flux d'énergie est intense.

### **c-2) Rayonnement et énergie :**

Le rayonnement électromagnétique représente une forme de transport d'énergie. Une onde électromagnétique transporte cette énergie de manière discrète, ce qui signifie qu'elle le fait par entités élémentaires ou quanta d'énergie. Ces quanta d'énergie sont souvent assimilés à des particules appelées photons. La quantité d'énergie associée à un photon dépend de la fréquence de l'onde électromagnétique:  $E = h \cdot \nu$  où  $E$  est la quantité d'énergie,  $\nu$  la fréquence et  $h$  la constante de Planck :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s,

Effectivement, les rayonnements de fréquence élevée ou de courte longueur d'onde, tels que l'ultraviolet et la lumière visible, transportent davantage d'énergie que les rayonnements de grande longueur d'onde comme l'infrarouge et les micro-ondes. Cette énergie transportée par le rayonnement électromagnétique est détectée par les capteurs utilisés en télédétection. Ainsi, la variation d'énergie captée par ces capteurs permet de recueillir des informations sur les caractéristiques des objets et des phénomènes observés depuis l'espace.

### **c-3) Le spectre électromagnétique :**

Le spectre électromagnétique est la représentation de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constitutives. Lorsque la lumière traverse un prisme, elle se décompose en plusieurs couleurs constitutives. Ce spectre comprend toutes les gammes d'ondes, depuis les plus petites longueurs d'onde

correspondant à des fréquences très élevées, jusqu'aux plus grandes longueurs d'onde associées à des fréquences très basses.

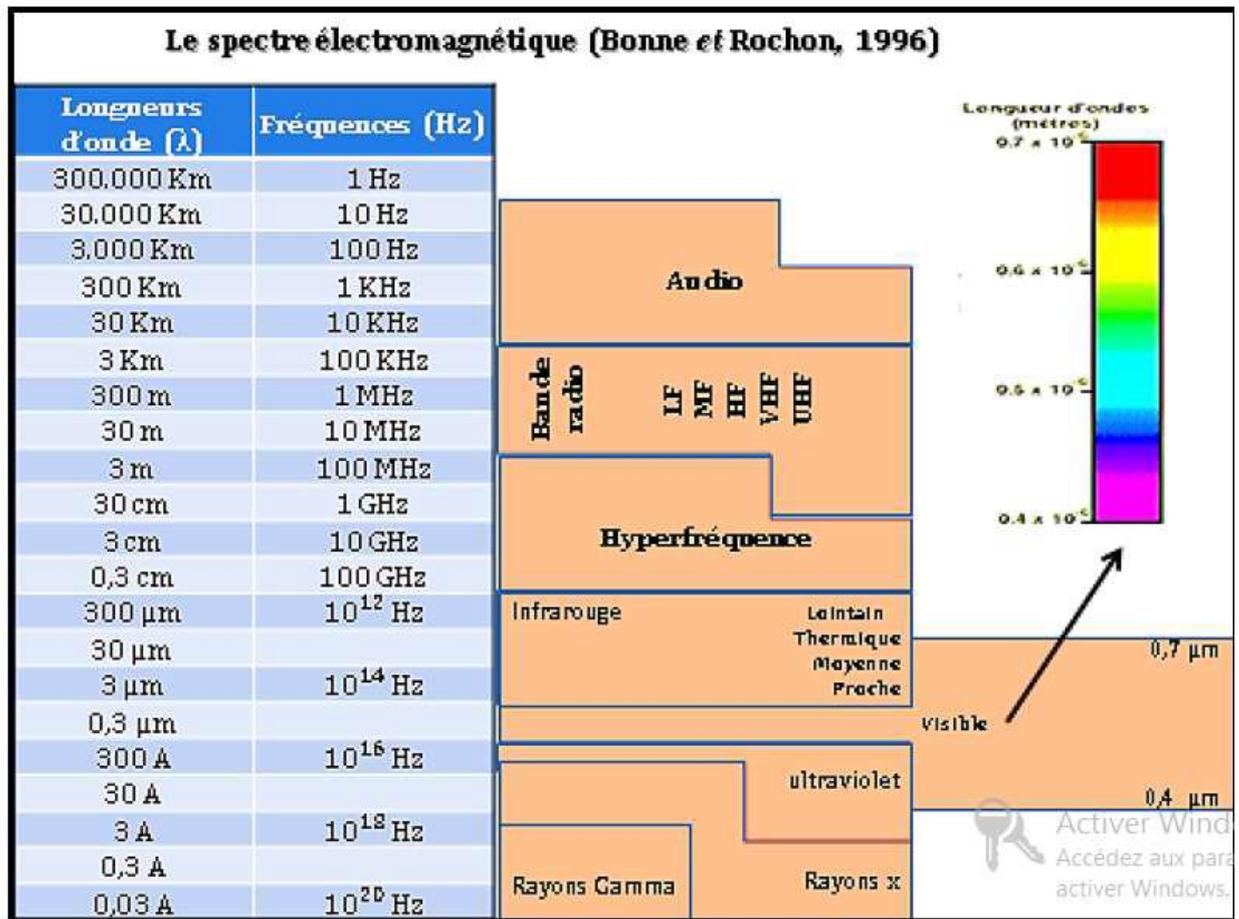


Figure II-4: Le spectre électromagnétique (BONN F et ROCHON G., 1996)

**II-1-5 L'image satellitaire :**

**1- Définition : [18].**

Une image satellitaire est une représentation graphique en vue de dessus d'une zone étendue de la Terre, capturée par un satellite en orbite autour de la planète.

Contrairement aux images obtenues avec un appareil photo ou dessinées sur papier, une image satellitaire est numérique et traitée par des outils informatiques. Elle est élaborée à partir des signaux transmis par le satellite.

L'image satellitaire contient diverses informations relatives à des objets tels que le sol et la végétation. Le traitement effectué sur ces images vise à mettre en évidence des informations spécifiques concernant l'occupation des sols et la végétation.[19]

### 2 -Système de traitement d'image : [20]

La détection de changements se fait en quatre étapes :

- Acquisition.
- Prétraitement.
- Traitement.
- Analyse et interprétation.

#### a) Acquisition de l'image : [21]

Les images satellitaires constituent la principale source d'information pour l'étude de l'occupation du sol grâce à la télédétection. Pour détecter un changement sur ces images, il est nécessaire d'avoir au moins deux images satellitaires acquises à des dates différentes, ce qu'on appelle des images multi-dates.

L'acquisition d'une image consiste à convertir l'image analogique en image numérique selon le processus de numérisation. Les dispositifs utilisés pour cette acquisition comprennent principalement les appareils photo numériques, les scanners, les caméras et les cartes d'acquisition.

#### b) Prétraitement :

Les images obtenues après acquisition ne sont pas directement utilisables pour une interprétation facile. La présence de défauts entraîne une qualité et une définition non uniformes pour l'ensemble des images capturées lors d'une campagne de prise de vue.

Le prétraitement est donc nécessaire pour transformer les images brutes en images propres, caractérisées par une qualité uniforme tant en termes de géométrie que d'amplitude. La première étape du traitement au sol consiste à décoder le signal reçu pour retrouver les données originales créées par le capteur.

Les traitements préliminaires, également appelés prétraitements, ont pour objectif d'éliminer ou du moins de réduire le "bruit" afin de faciliter l'extraction des informations à l'étape suivante. Ce bruit peut provenir de diverses sources et dépend notamment du système de télédétection utilisé ainsi que des informations recherchées.. [22]

### ▪ **Corrections géométriques des images :**

Ces corrections visent à rectifier les déformations systématiques de l'image dues à la prise de vue, telles que les variations de l'ellipsoïde terrestre, le mouvement du satellite, ou les changements dans la topographie du sol. Elles sont réalisées soit à partir des paramètres d'orbite et d'altitude enregistrés pendant le vol, soit en utilisant des lois de déformation pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu. Les lois de déformation sont calculées à partir de points spécifiques appelés amers, dont les coordonnées sont connues à la fois sur l'image et sur le terrain. Ces corrections permettent d'obtenir une image corrigée et géoréférencée, ce qui facilite son utilisation dans diverses applications géospatiales.

### ▪ **Corrections radiométriques des images :**

Elles ont pour but de réduire l'effet bruit et de modéliser l'image, ces corrections réduisent les déformations dues :

- ✓ Au capteur dont les anomalies de fonctionnements ont un effet sur les mesures de réflectance des objets.
- ✓ Au mode de transmission des données.
- ✓ A l'atmosphère, qui par diffusion, absorption, et émission trouble les valeurs radiométriques des données.
- ✓ A l'angle de visée et l'angle solaire ; la réflectance d'un objet varie en fonction de

L'angle solaire et de l'angle de visée.

### c) **Traitement d'images** [23]

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

### d) **Analyse et interprétation** [23]

Interpréter une image consiste à identifier des objets, à définir leur nature, leurs limites, leurs relations avec leur environnement, ainsi que leur nombre ou leur volume. L'objectif de l'interprétation et de l'analyse de l'imagerie est d'identifier et de mesurer différentes cibles dans une image afin d'extraire les informations pertinentes. Les analyses visuelles et numériques de l'imagerie ne s'excluent pas mutuellement. Chacune de ces méthodes a ses mérites, et c'est en combinant les deux que la plupart des analyses d'imagerie sont réalisées, aboutissant à une décision finale. En fin de

compte, l'importance et l'utilité de l'information extraite à la suite du processus d'analyse dépendent toujours des analystes.

### **II-1-6 Les satellites :**

**1 - Définition :** Un satellite est un engin artificiel qui orbite autour de la Terre et qui réalise des observations du rayonnement électromagnétique à l'aide de différents capteurs. Il existe une grande variété de satellites en fonction de leurs missions et de leurs résolutions. Ces satellites se déplacent en suivant une orbite, qui est la trajectoire qu'un corps céleste suit autour d'un autre corps céleste plus grand. Généralement, les orbites sont quasi-circulaires. Aujourd'hui, les satellites sont largement utilisés en télédétection. Ils transportent une gamme diversifiée de capteurs, souvent spécialisés dans l'observation météorologique, des paysages, des catastrophes naturelles, de la végétation, etc. Certains capteurs sont même capables de "voir" à travers les nuages ou de capturer des images pendant la 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. [24]

Les satellites artificiels de la terre sont des plates-formes placées en orbite pour les besoins de la télédétection, des télécommunications et de la télémétrie (positionnement et navigation). Grâce à leur orbite, ces plates-formes spatiales permettent une couverture répétitive et continue de la surface de la terre. [22]

### **2- Les types de satellites :**

#### **a) Les satellites géostationnaires : [25]**

Tout à fait, les satellites en orbite géostationnaire sont positionnés à une altitude très élevée d'environ 35790 kilomètres au-dessus de la Terre. Ils suivent une orbite qui les maintient en synchronisation avec la rotation de la Terre, de sorte qu'ils paraissent stationnaires depuis la surface terrestre. Cette configuration orbitale est particulièrement utile pour les satellites météorologiques et de communications, car elle leur permet de fournir une couverture constante et continue sur une région spécifique de la Terre.

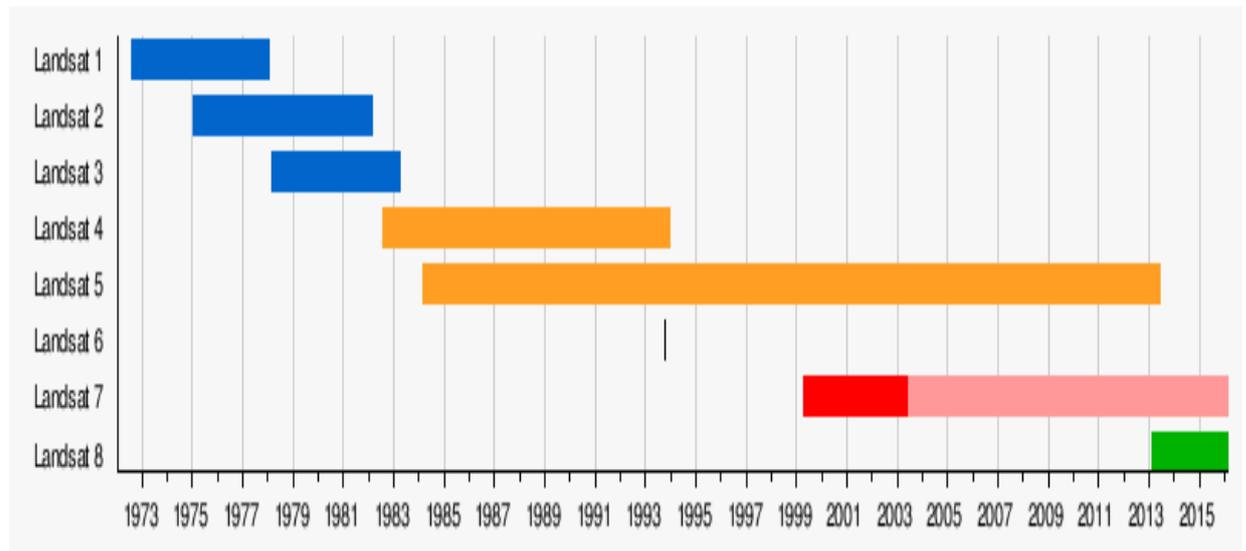
#### **b) Les satellites à défilement : [26]**

Tout à fait, les satellites à orbite non géostationnaire, également appelés satellites à défilement, évoluent à des altitudes relativement basses, généralement situées entre

600 et 1500 kilomètres au-dessus de la Terre. Cette altitude leur permet de fournir des images avec une résolution spatiale élevée, ce qui signifie qu'elles peuvent capturer des détails plus fins sur la surface de la Terre. De plus, ces satellites effectuent des observations cycliques de la Terre en parcourant régulièrement des orbites autour de la planète. Cela leur permet de collecter des données sur une grande variété de régions géographiques et de surveiller les changements qui se produisent au fil du temps. Parmi les exemples de satellites à défilement, on peut citer SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) et LANDSAT, qui est géré par la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Ces satellites sont largement utilisés pour diverses applications en télédétection, telles que la cartographie, la surveillance de l'environnement, l'agriculture, et bien d'autres encore.

### 3-Le programme Landsat : [27]

La mise sur orbite de la série des satellites Landsat résulte d'un projet de la NASA 1972 visant à réaliser un satellite spécifiquement destiné à l'observation de la Terre afin d'en évaluer les ressources potentielles.



**Figure II-5:** Chronologie des missions d'observation de la Terre, Landsat. (ERTS,2000)

Landsat est le plus ancien des Etats Unis. Sept satellites Landsat ont été lancés depuis juillet 1972. Le dernier d'entre eux, Landsat 8, marque une nouvelle orientation dans le programme, afin de réduire le coût des données et d'augmenter la couverture globale de la Terre, ceci dans la perspective de recherches concernant le changement global. [27]

### **3-1) Landsat 8 : [16]**

Lancé le 11 février 2013, Landsat 8 (anciennement la mission de continuité de données Landsat, LDCM) est le dernier satellite Landsat lancé. Il collecte des données et des images précieuses utilisées dans l'agriculture, l'éducation, les entreprises, les sciences et le gouvernement. Le programme Landsat fournit une acquisition répétitive de données multispectrales haute résolution de la surface de la Terre à l'échelle mondiale. Les données de l'engin spatial Landsat constituent le plus long enregistrement des surfaces continentales de la Terre vues de l'espace. C'est un disque incomparable en qualité, en détail, en couverture et en valeur. Les satellites de la série Landsat portent plusieurs capteurs comme les systèmes de caméras RBV (Return Beam Vidicon), le système MSS (Multi Spectral Scanner), le TM (Thematic Mapper), le système ETM+ (Enhanced Thematic Mapper+) et enfin le système OLI (Operational Land Imager). Chacun de ces capteurs a une fauchée de 185 km, avec une scène complète de 185 km sur 185 km.

## **II -2 Détection des changements :**

### **II -2 -1 Définition : [28]**

D'après Singh, la détection des changements peut être définie comme le processus d'identification et de quantification des différences temporelles dans l'état d'un objet ou d'un phénomène existant sur la surface de la Terre en observant ces changements à différentes dates. Généralement, l'analyse du changement implique une comparaison spatiale, spectrale, thématique et temporelle de deux images satellites prises à des dates différentes, ou d'une image satellite et d'une carte numérique, ou encore de deux ou plusieurs couvertures terrestres de la même zone géographique produites à partir de données de télédétection capturées à différents moments. Ce processus permet de détecter et de caractériser les modifications qui se produisent dans l'environnement au fil du temps.

### **II -2 -2 L'historique : [29]**

L'histoire de la détection des changements remonte aux débuts de la télédétection, avec notamment la première photographie aérienne prise en 1859 par Gaspard Félix Tournachon, également connu sous le nom de Nadar. Par la suite, le développement de la détection des changements a été étroitement lié à la technologie militaire

pendant les Première et Seconde Guerres mondiales, où les informations temporelles acquises par télédétection ont offert un avantage stratégique. Des applications civiles de la détection des changements ont émergé au XXe siècle, principalement basées sur des méthodes d'interprétation analogiques. Cependant, l'accès aux données civiles était limité jusqu'aux années 1970 et 1980 en raison de la classification militaire de l'imagerie. Le véritable développement de l'ère de la détection des changements numériques a débuté avec le lancement de Landsat-1 en juillet 1972. L'acquisition régulière de données numériques dans des bandes multispectrales a permis aux scientifiques d'obtenir des données temporelles cohérentes pour la première fois, caractérisant les changements sur une large échelle. La continuité de cette mission, ainsi que le lancement de nombreux autres satellites, ont contribué au développement des techniques de détection des changements. Depuis lors, ces techniques ont été améliorées grâce aux progrès dans les capacités de traitement des données et au développement de nouvelles approches théoriques.

Aujourd'hui, l'analyse de la détection des changements de la surface terrestre est un domaine très actif, en raison des préoccupations concernant les conséquences des changements mondiaux et locaux sur notre environnement.

### **II -2 -3 Domaine d'application : [8]**

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.

**II -2 -4 La Résolution :** [30]\_Une image satellitaire est caractérisée par sa résolution spectrale, sa résolution spatiale, sa résolution numérique et sa résolution radiométrique.

**a) Résolution spectrale :**

La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à utiliser de petites fenêtres de longueur d'onde. Les roches et les minéraux par exemple réclament une résolution spectrale fine par contre la végétation ou l'eau ne nécessitent pas une grande résolution. Si la résolution spectrale est trop grossière, il ne sera alors plus possible de bien différencier les différents minéraux. Les images panchromatiques sont thématiquement moins intéressantes que les images multi-spectrales.

Effectivement, il est préférable d'avoir trois bandes spectrales : vert, bleu et rouge, plutôt qu'une seule bande spectrale visible. Il existe aussi des capteurs plus sophistiqués capables de détecter des centaines de bandes spectrales, on les appelle capteurs hyper-spectraux.

**b) Résolution radiométrique :**

La résolution radiométrique d'un système de télédétection est sa capacité à reconnaître de petites différences dans le spectre électromagnétique. Plus la résolution radiométrique d'un capteur est fine, plus le capteur est sensible à de petites différences dans l'intensité de l'énergie reçue.

**c) Résolution spatiale ou géométrique**

Cette résolution s'exprime en mètres ou en kilomètres et mesure le coté d'un pixel, par exemple pour une image à 20 mètres de résolution, chaque pixel représente une superficie correspondante à 20 x 20 mètres au sol. Ainsi une résolution spatiale élevée autorise la distinction d'objet spatial de petite taille comme des bâtiments ou des petites parcelles agricoles et une résolution grossière (plusieurs centaines de mètres voire plusieurs kilomètres) ne permettra pas de distinguer des objets spatiaux de petites tailles. Plus la résolution augmente, plus la taille des images s'accroît, ce qui ralentit les traitements et nécessite un matériel très performant et plus le prix de l'image s'élève. Il faut donc adapter les choix des images à la problématique de recherche en non l'inverse.

**d) La résolution numérique**

La résolution numérique est très liée à la résolution radiométrique. Chaque quantité d'énergie mesurée en kilojoules est transformée en compte numérique ou valeurs

radiométrique. Plus la gamme des comptes numériques est étendue, plus la résolution numérique est grande. Ainsi, dans la plupart des images, la gamme possible est de 256 valeurs.

**II -3 Système d'information géographique (SIG) :**

**3.1. Définition :** [31] : Un système d'information géographique SIG : est un outil capable d'organiser et de représenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes.

Le SIG comprend deux types de bases de données : [32]

- La base des données spatiales qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base ;
- La base de données attributs, qui comprend les caractéristiques divers de ces éléments. Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité

**3-2. Structure de l'information géographique dans un SIG :**

La structuration des données SIG se fait par couches, qui sont des ensembles d'éléments géo-références (données géomatiques et attributaires).

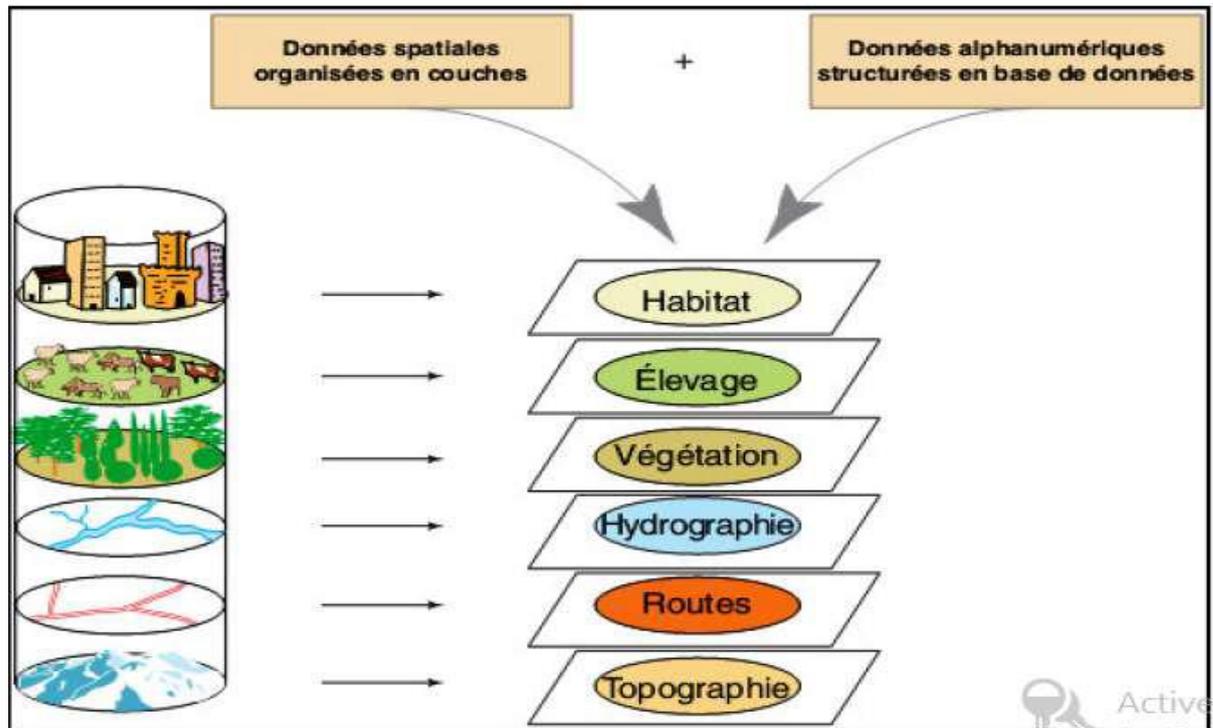


Figure II -6: Structure de l'information géographique dans un SIG [33]

### 3-3 Domaine d'application : [34]

A partir de Il est possible de les regrouper de Trois groupes non exclusifs.

- Le premier groupe : intègre les projets de gestion des réseaux, se sont des de cartographie, de planification ou gestion
- Le second groupe : est celui des projets informations territoriales, se sont les projets d'aménagement régional ou urbain du territoire, les systèmes d'information de territoire pour les collectives locales.
- Le troisième groupe : concerne les projets pour la planification et la protection de l'environnement, les projets de gestion de ressources naturelles.

### 3-4 Objectif de SIG : [34]

Les objectifs de SIG sont comme suivant :

- Définir les bases de la référence spatiale ;
- Développer et utiliser des outils pour localiser les différents éléments du territoire,
- Intégrer ou rendre intégrables les données obtenues en fonction des systèmes de référence choisis ;
- Offrir des données et information de qualité ;
- Améliorer leur traitement, stockage et diffusion grâce à l'informatique ;

Analyser différents scénarios décisionnels à partir des informations obtenues.

**Chapitre III : Présentation de la zone d'étude****(Le Haut Cheliff)****Introduction :**

Dans ce chapitre nous avons fait une explication détaillée de notre zone d'étude, situation géographique, morphologie, géologique, situation climatique, population..

**III-1.Situation géographique :**

La plaine alluviale du Haut-Cheliff appelée aussi plaine d'El-Khemis est située à 120 Km au Sud Ouest d'Alger. Elle a une superficie de 21035 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par les monts du Zaccar, au Sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le massif de Doui et à l'Est par Djebel Gountas. Elle a une pente relativement faible (15%). Elle est bordée au Nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne. [35]

- Au Nord par les monts du Zaccar ;
- Au Sud par les premiers reliefs de l'Ouarsenis ;
- Au l'Est par le seuil de Djendel ;
- Au l'Ouest par le seuil de Doui.

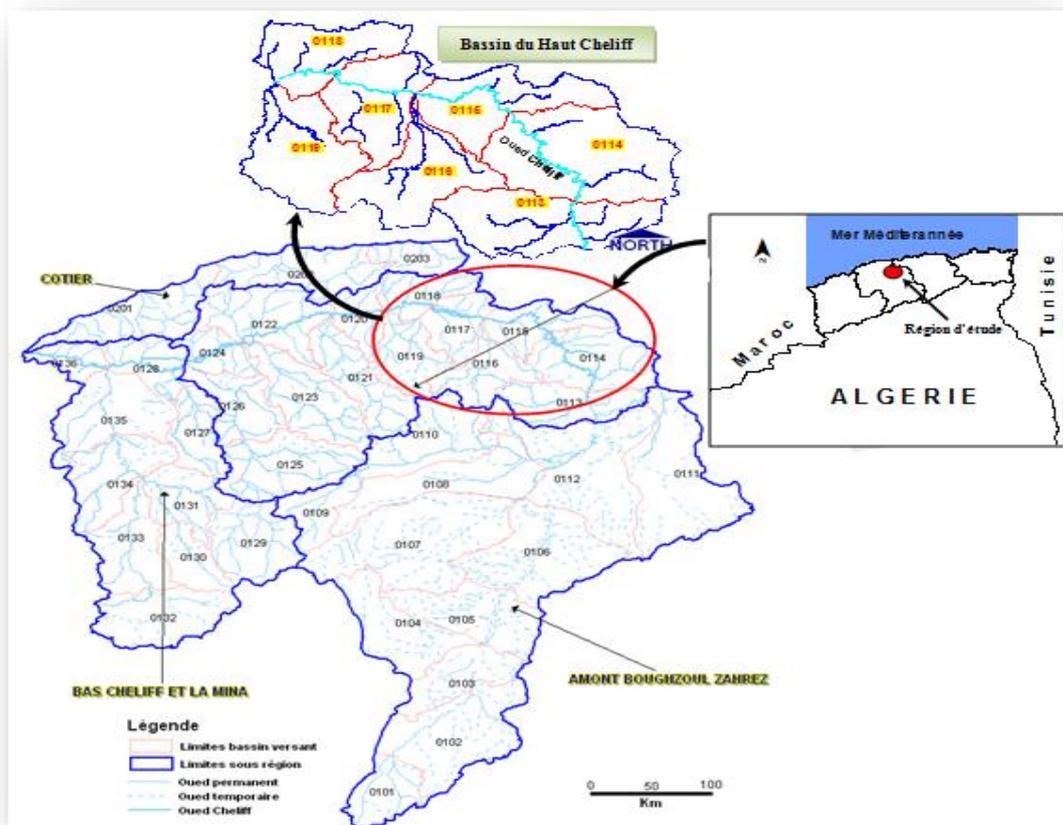


Figure III-01: Carte de localisation du Bassin versant du Haut Cheliff. [36]

### III-2.Morphologie :

La plaine a une pente relativement faible (15%). Elle est comprise entre les coordonnées suivant :

- 36°12' et 36°17' de latitude Nord, c'est-à-dire entre les communes de Bir-ouel-Khelifa et Miliana
- 2°12' et 2°17' de longitude est entre djebels Doui et gantas.

La plaine est bordée au Nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne. [37]

Ce secteur est entouré au Nord par le massif de Zaccar et au Sud par djebel Ouarsenis. La cote altimétrique varie de 200 m au niveau de la plaine à 1000 m au niveau des sommets. [38]

Les deux figures suivantes (Figure III -02 et Figure III -03) représentent les altitudes et les pentes du bassin du haut Cheliff.

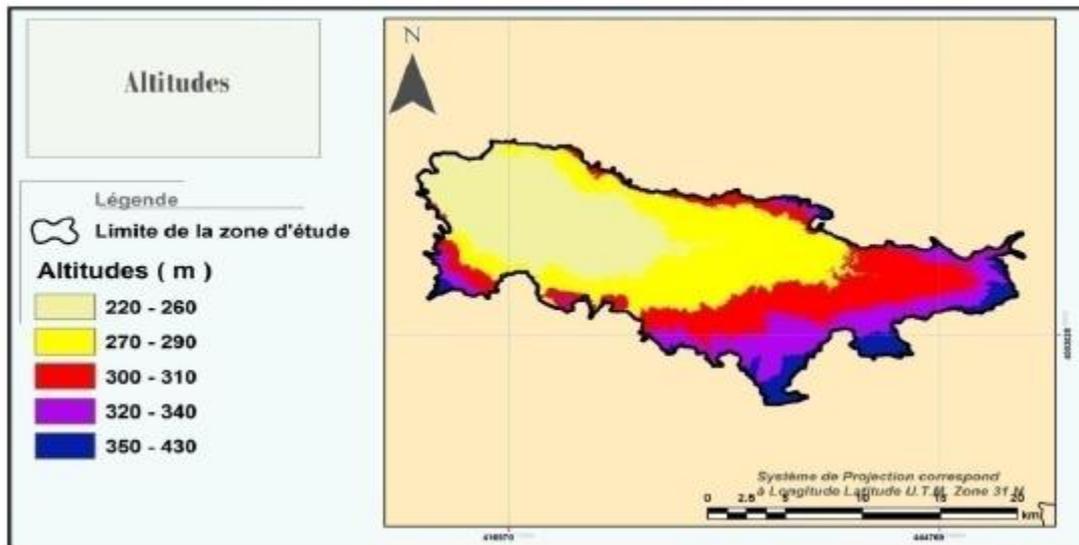


Figure III -02 : Carte des altitudes du Haut Cheliff.

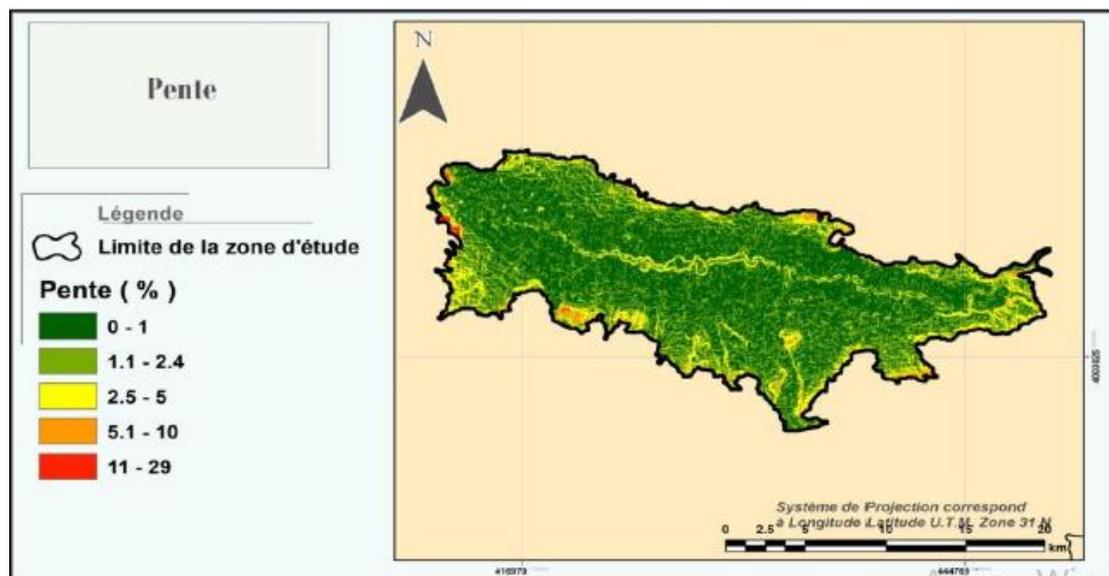


Figure III-03 : Carte des pentes du Haut Cheliff.

### III-3.Géologie : [39]

Le bassin du Haut Cheliff fait partie intégrante du domaine tellien. Il est limité au Nord par le tell septentrional représenté par les monts du Dahra et du Boumaad et au Sud par la chaîne de l’Ouarsenis qui constitue le tell méridional. La plaine du Haut Cheliff correspond à une vaste zone déprimée d’orientation Est-Ouest à l’intérieur de laquelle une masse importante de sédiments post-nappe Mio-Plio-Quaternaire s’est accumulée. Les massifs environnants constituent les pointements autochtones jurassiques et primaires du Zaccar, du Doui et des Aribes et sont en général de nature épimétamorphique à schistosité anté-nappe.

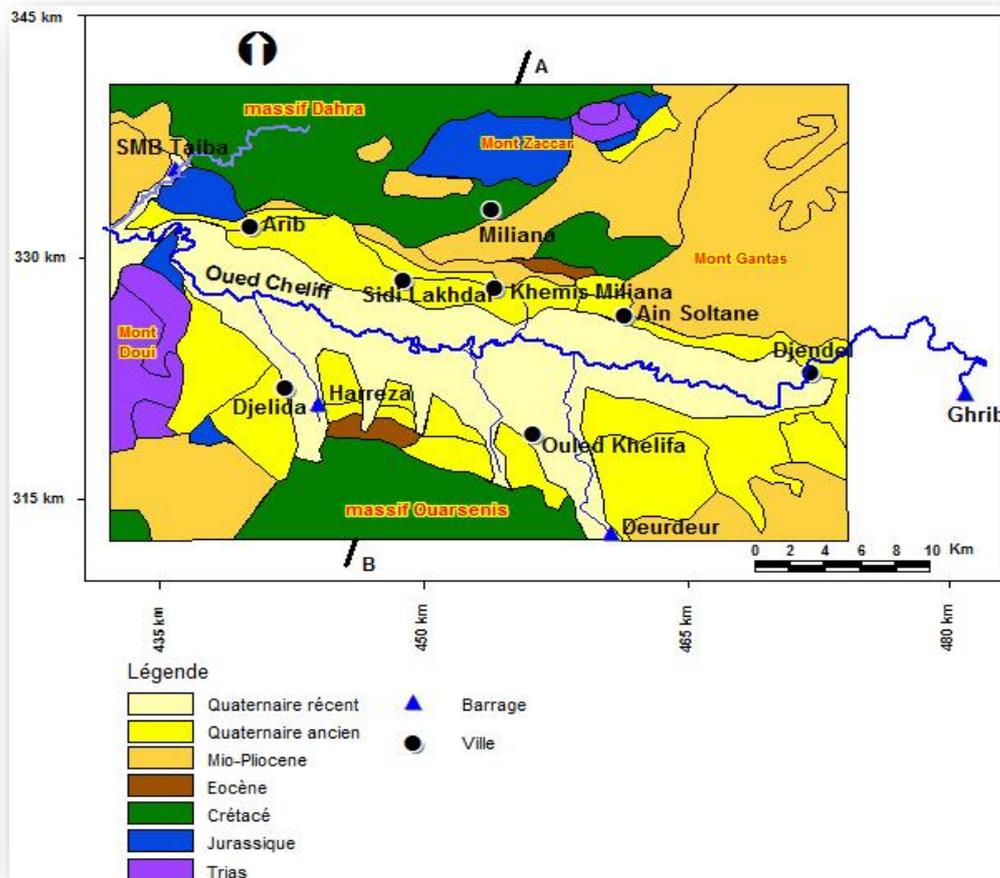


Figure III-04: Carte géologique simplifiée d'après le 1/50.000 de Miliana. [36]

### III-4.Situation climatique:

Le climat de la plaine Haut Cheliff est caractérisé par un climat méditerranéen, avec un été très chaud et long et très sec à des hivers pluvieux et froids et des automnes et des printemps très courts malgré leur relative proximité de la mer (120Km environ).

Les paramètres climatiques sont les suivants :

- **La température :**

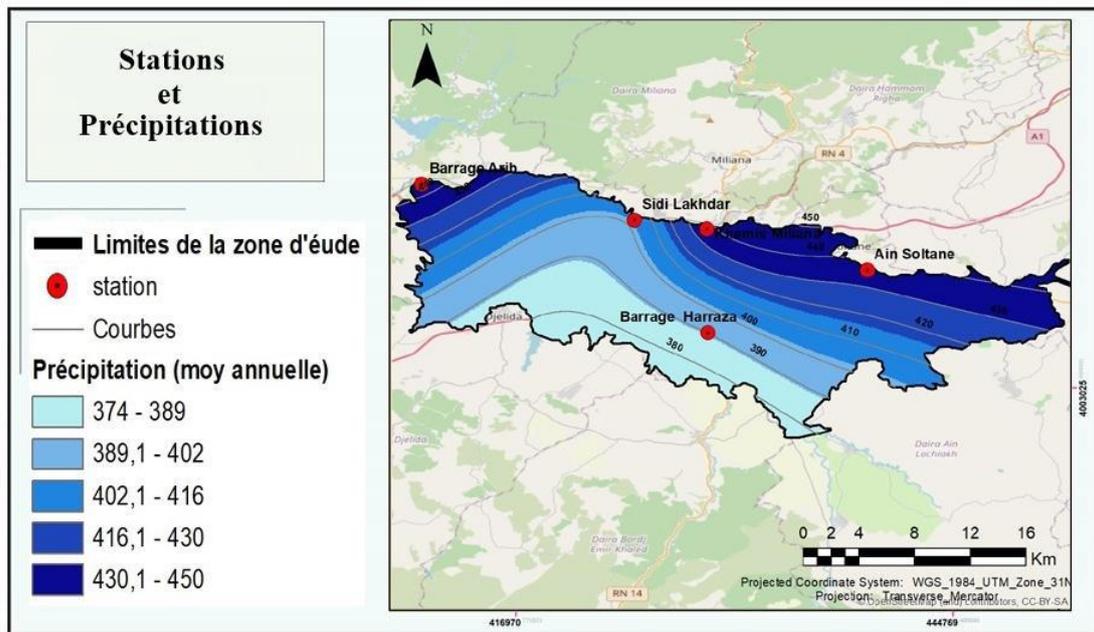
Les températures moyennes annuelles les plus élevées sont enregistrées dans la plaine du Haut Cheliff, elles varient entre 29.3 et 30°C à la station de Cheliff-Harraza. Les plus basses sont enregistrées dans les altitudes Nord et Sud ; elles varient entre 9.6 et 10.5 °C.

- **La pluviométrie :**

Les hauteurs des pluies moyennes annuelles enregistrées par les cinq stations dans notre zone d'étude pour 31 ans d'observations (Tableau III-01) :

**Tableau III-01 :** Précipitations moyennes annuelles (1985-2020).

Station	Code de la station	X(UTM) (km)	Y(UTM) (km)	P <sub>moy</sub> annuelles (mm)
Ain Soltane	01-15-12	438.408	4009.957	430.8
Barrage Arib	01-17-02	412.561	4016.440	450.5
Sidi Lakhdar	01-17-11	424.919	4013.700	407.4
Khemis Miliana	01-17-17	429.117	4013.037	439.2
Barrage Harraza	01-17-18	429.117	4005.470	385.8



**Figure III-05:** Carte représenté la localisation des stations et des précipitations.

### III-5.Hydrologie :

#### c) Les bassins versants

La plaine alluviale du haut Chéiff est circonscrite dans le bassin versant du Chéiff, codé « 01 » au répertoire du service hydrologique de l’A N R H (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). Ce dernier est subdivisé en 36 sous bassins versants, les quatre principales sous bassins versants suivants (Tableau III-02).

**Tableau II-02 : Sous bassins versants du haut Cheliff**

Nom de sous bassin	Oued Cheliff Ghrib	Oued Cheliff Harbil	Oued Deurdeur	Oued Cheliff Harraza
Code	01-14	01-15	01-16	01-17
Superficie (km <sup>2</sup> )	1383,69	767,29	857,64	743,97

**d) Le réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique se définit comme étant l'ensemble des cours d'eau naturel ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrologique est sans aucun doute l'une des caractéristiques les plus importantes du système hydrologique. Le bassin peut prendre plusieurs formes.

L'oued Chélif longe la plaine d'est en ouest et constitue le cours d'eau principal. Il constitue un collecteur d'eaux de ruissellement qui affluent au niveau de ses deux rives, droite et gauche (Tableau III-03):

- sur la rive droite, les principaux affluents : l'oued Souffay, l'oued Boutane et l'oued Millet.
- Sur la rive gauche, les principaux affluents sont : l'oued Telbene, l'oued Deurdeur, l'oued Massine, l'oued Djelida et l'oued Harreza (Figure III-06).

Le réseau hydrologique a une longueur de 330,29 kilomètres et une pente moyenne de 3,45%.

**Tableau III-03: Le Réseau hydrographique [40]**

Oued (cours d'eau).	Chélif	Souffay	Millet et butane	Deurdeur	Massine	Harreza	Djelida
Longueur (m).	59275.67	4305.85	30897	5171	6424	10273	5665
Direction d'écoulement	E-W	N <sub>NE</sub> -S <sub>SO</sub>	E-W	S <sub>SO</sub> -N <sub>NE</sub>	S <sub>SE</sub> -N <sub>NO</sub>	S <sub>E</sub> -N <sub>O</sub>	E <sub>SE</sub> -O <sub>NO</sub>

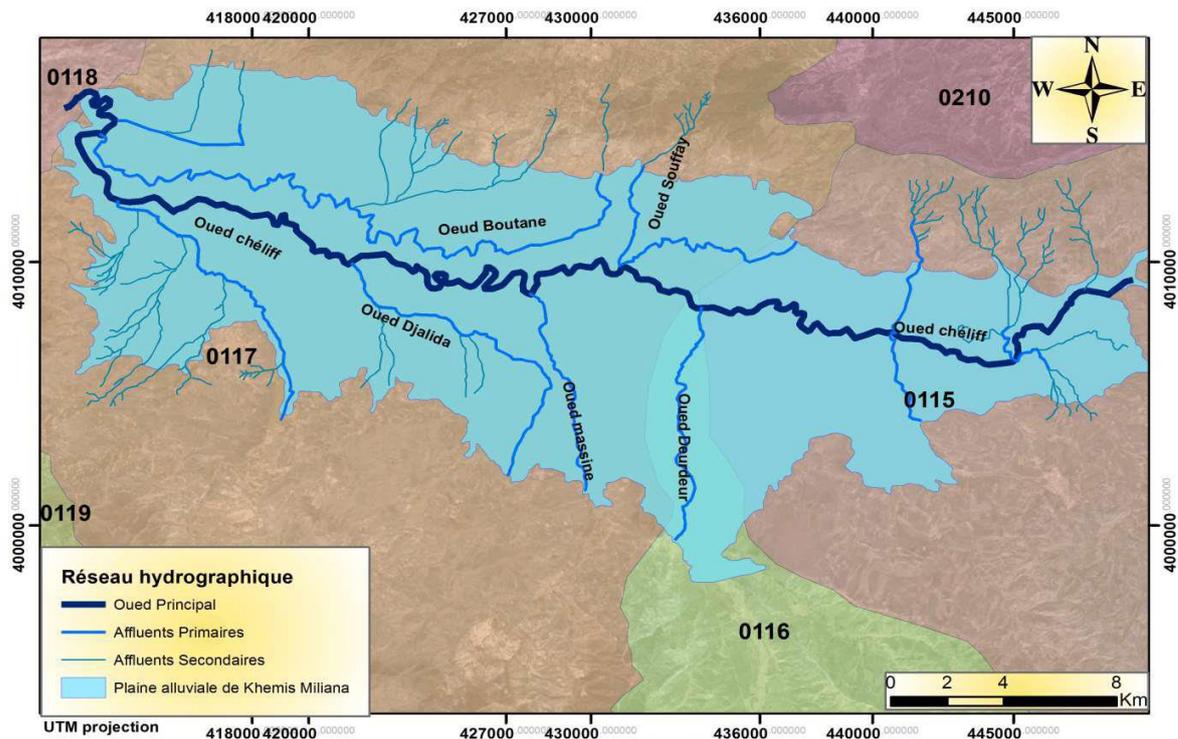


Figure III-06 : Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana [41]

### III-6. Population et démographie :[42]

La population dans le bassin versant du Haut-Chéiff à la fin 2021 était à **1460 768 habitants** avec un taux d'accroissement de **1.83%** dont **82,55%** sont concentrés en zones agglomérées et **17,45%** uniquement en zone rurale.

Cette population est plus condensée dans les agglomérations qui sont localisée au Nord de la plaine. Les plus significatives sont respectivement d'Est en Ouest : Djendel, Ain soltane, Khemis Miliana, Sidi Lakhdar et Aribis, malgré qu'au Sud de la plaine les agglomérations sont minimales et moins denses.

### **III-7. Agriculture:**

La Plaine de Khemis Miliana est largement reconnue pour son importance dans le secteur agricole. Les activités agricoles sont au coeur de l'économie locale, contribuant de manière significative à la subsistance de la population et à l'économie régionale.

La plaine d'El-Khemis est à vocation essentiellement agricole. Sa grande partie est occupée par les cultures maraîchère et arboricultures et l'autre partie est utilisée pour les céréales.

#### **III-7-1 Cultures maraîchères :**

Une part importante de la plaine est dédiée aux cultures maraîchères, fournissant une variété de légumes et de fruits pour la consommation locale et certains cas, pour la commercialisation.

**Céréale :** Une partie des terres est également utilisée pour la culture de céréales, notamment le blé dur, le blé tendre, l'orge et l'avoine.

#### **III-7-2 Arboriculture :**

L'arboriculture occupe une place significative dans l'économie de la plaine, avec une diversité de cultures fruitières.

**Agrume :** La culture d'agrumes est notable, fournissant des oranges, des citrons et d'autres fruits citronnés.

**Noyaux et pépins :** Des cultures de fruits à noyaux et à pépins, tels que les pommes et les poires, contribuent également à l'économie locale.

**Oliviers :** La culture des oliviers pour la production d'huile d'olive est une activité traditionnelle dans certaines zones de la plaine.

### **III-8. Activités industrielles :**

Les activités industrielles peuvent être présentes, Certaines parties de la plaine peuvent abriter des zones industrielles où diverses activités de transformation et de production.

### **III-9. L'urbanisation :**

L'urbanisation peut jouer un rôle crucial dans l'économie locale, offrant des services, des emplois et des opportunités commerciales. Les centres urbains de la plaine peuvent être des hubs économiques, fournissant des services tels que le commerce, l'éducation et la santé.

### **III-10. Les ressources en eau :**

Les ressources en eau sont cruciales pour le développement agricole et industriel de la région.

**Oued Chélif :** La plaine est traversée par l'Oued Chélif, qui constitue un important cours d'eau. Il contribue à la recharge des nappes phréatiques et à l'approvisionnement en eau pour diverses activités.

**Réservoir d'eau souterraine :** La plaine forme un grand réservoir d'eau souterraine, alimenté par les cours d'eau et les précipitations.

### **III-11. L'occupation des sols:**

La plaine d'El -Khemis occupé essentiellement par l'agriculture 65%, et des zones urbanisation (semi urbaine et rurale), les route, bâtiment. la région est à vocation agricole, les cultures herbacées 73,5%, la céréale –jachère 45%.

-L'arboriculture fruitière est la troisième dans la région 10% : agrumes 23%, noyaux et pépins 59%, oliviers 17.8%, Figuiers 0.2%. et des cultures industrielles.

Les cultures fourragères en sec (vesce – avoine) et vert (maïs et sorgho) avec d'autre espace. la production animale généralement bovins et ovins et des petits élevages principalement avicoles.

## Chapitre IV : Méthodologie et Résultats

**Introduction :** Ce chapitre présente les données et les outils utilisés dans ce travail, ensuite, il décrira la méthodologie employée dans l'évaluation du changement d'occupation du sol du haut Cheliff. La méthodologie suivie dans ce travail se base sur l'utilisation de la télédétection, les systèmes d'information géographique.

### IV.1 Collecte de données :

Dans cette étude nous avons travaillé avec trois images satellitaires multi spectrales Landsat géoréférencées sans couverture nuageuse du bassin du haut cheliff. (2013 ; 2018 ; 2022), Pour voir l'évolution d'utilisation du sol.

Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site <http://glovis.usgs.gov> ou bien <http://earthexplorer.usgs.gov>

### IV.2 Prétraitement des données :

Le chapitre II (Cadre théorique) explique les étapes de traitement. Pour traiter les images obtenues. On emploie le logiciel ArcGIS

### IV.3. Traitement de l'image :

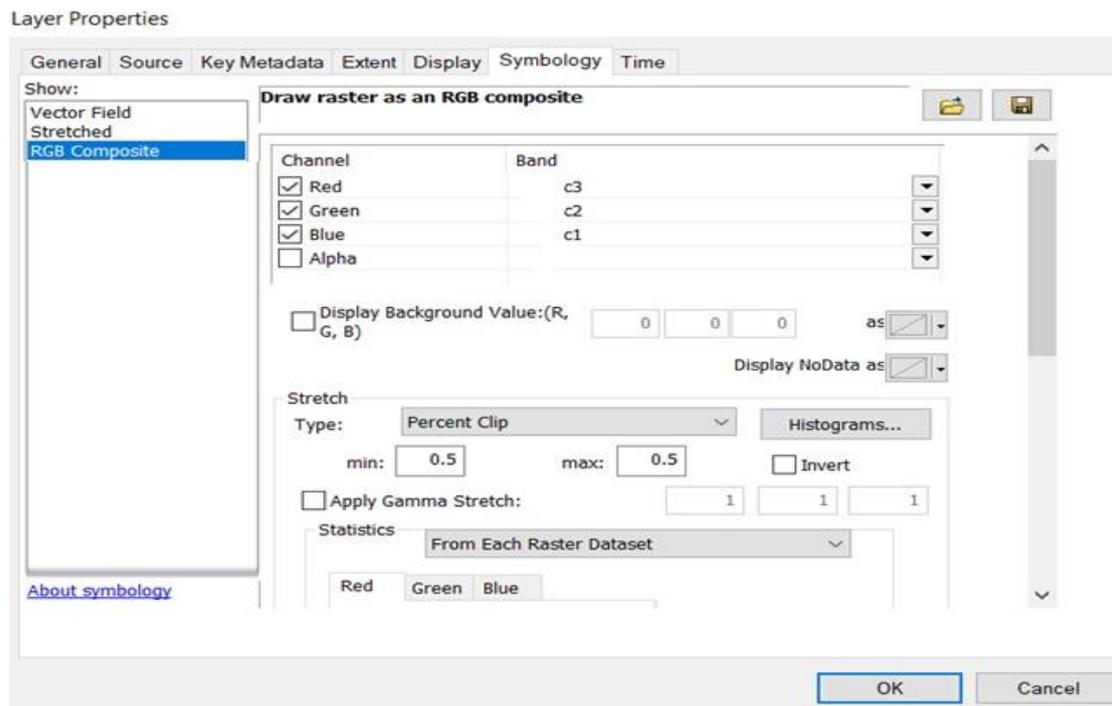


Figure IV-1 Traitement de l'image.

Le traitement se fait par le classement des bands comme la figure précédente le montre.

**IV.4. Découpage :**

Le découpage de la zone d'étude (haut Cheliff) se fait par Arc Toolbox (Spatial analyse Tools, extract by mask).

**IV.5. La classification des images :**

La classification est un processus utilisé largement dans le traitement de l'imagerie satellitaire Elle permet de classer, identifier et détecter les objets d'une image selon ce qu'elle représente sur la surface terrestre. [43]

On distingue une classification supervisée, non supervisée et une classification hybride. La classification supervisée utilise des échantillons d'identité connus pour classer les pixels d'une image inconnue. La classification non supervisée ne nécessite plus d'échantillons, l'image est classée selon des valeurs spectrales. La classification hybride combine les deux précédentes classifications. [44]

La transformation des données de télédétection en informations sur l'occupation des sols passera nécessairement par la sélection et la définition de catégories d'intérêt. Formation, représentation et homogénéité des catégories d'objets au sol comme base de calcul algorithme de classement.

La classification choisie est celle supervisée (ou "classification dirigée").c'est à dire l'utilisateur fait choisir l'échantillon qui utilisé par logiciel.

Dans cette étude, cinq classes d'occupation du sol ont été choisies. (Tableau IV-01) :

**Tableau IV-01 :** Les classes d'occupation du sol

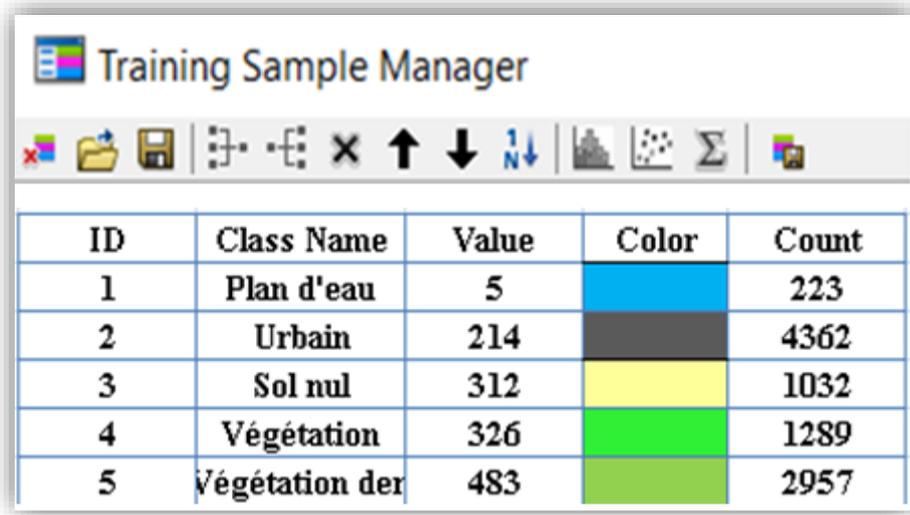
Classe	Description
Plan d'eau	Les barrages, les oueds ...
Urbain	Les zones urbanisées.
Sol nu	Les espaces ou la couverture végétale est absente.
Végétation	les surfaces cultivées, Parcelles agricoles
Végétation dense	Les espaces couvertes par la forêt.

### IV.5.1 Classification par Maximum vraisemblance (Maximum Likelihood)

Le principe de classification guidé par le processus de maximum de vraisemblance consiste à comparer les caractéristiques spectrales de chaque pixel de la bande sélectionnée avec les caractéristiques spectrales de la région d'intérêt, puis à affecter chaque pixel à une catégorie ayant des caractéristiques spectrales similaires. Cette classification est réalisée par le logiciel ArcGIS10.3 avec la démarche suivante :

#### 1. Introduire les classes :

On insère les classes d'occupation des sols à l'aide de la barre de classification dans Training Sample Manager et on attribue à chaque classe une couleur.



ID	Class Name	Value	Color	Count
1	Plan d'eau	5	Blue	223
2	Urbain	214	Grey	4362
3	Sol nul	312	Yellow	1032
4	Végétation	326	Green	1289
5	Végétation dex	483	Light Green	2957

Figure IV-2 : Classe introduit pour effectuer la classification.

#### 2. Classification par Maximum Likelihood

On insère la carte de Haut Cheliff et le fichier des classes identifiées dans la boîte de dialogue ci-dessous, ensuite sur la base des paramètres statistiques décrivant chaque caractéristique spectrale obtenue, une classification est effectuée et l'algorithme de classification de vraisemblance maximale est appliqué à tous les pixels de l'image. La comparaison entre la valeur de chaque pixel et les caractéristiques spectrales des différentes catégories déterminera la probabilité que le pixel appartienne à chaque catégorie. La catégorie présentant la plus grande probabilité sera affectée au pixel considéré.

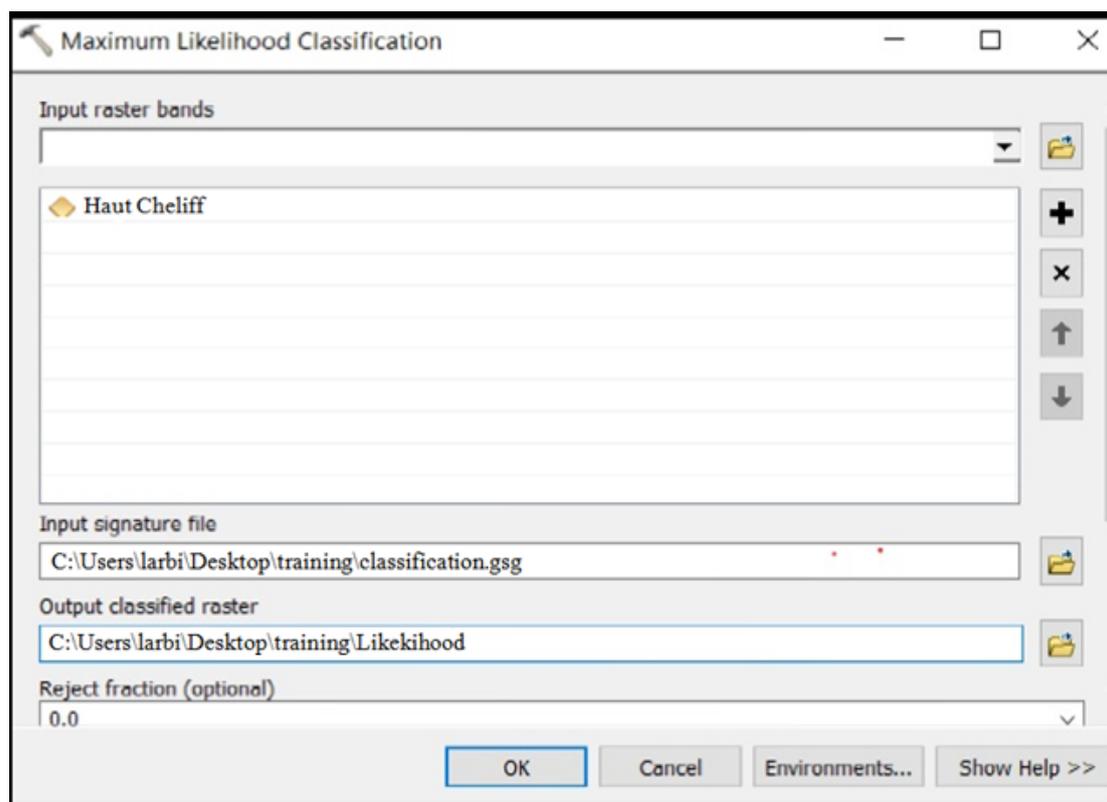


Figure IV-3 : Boite de dialogue de Maximum Likelihood Classification.

### 3. Résultats

Le résultat de la classification a été généré sous la forme d'une carte montrant la répartition des classes au niveau de toute la plaine du haut Cheliff.

On fait le même travail pour les 3 cartes 2013, 2018 et 2022 pour étudier les changements.

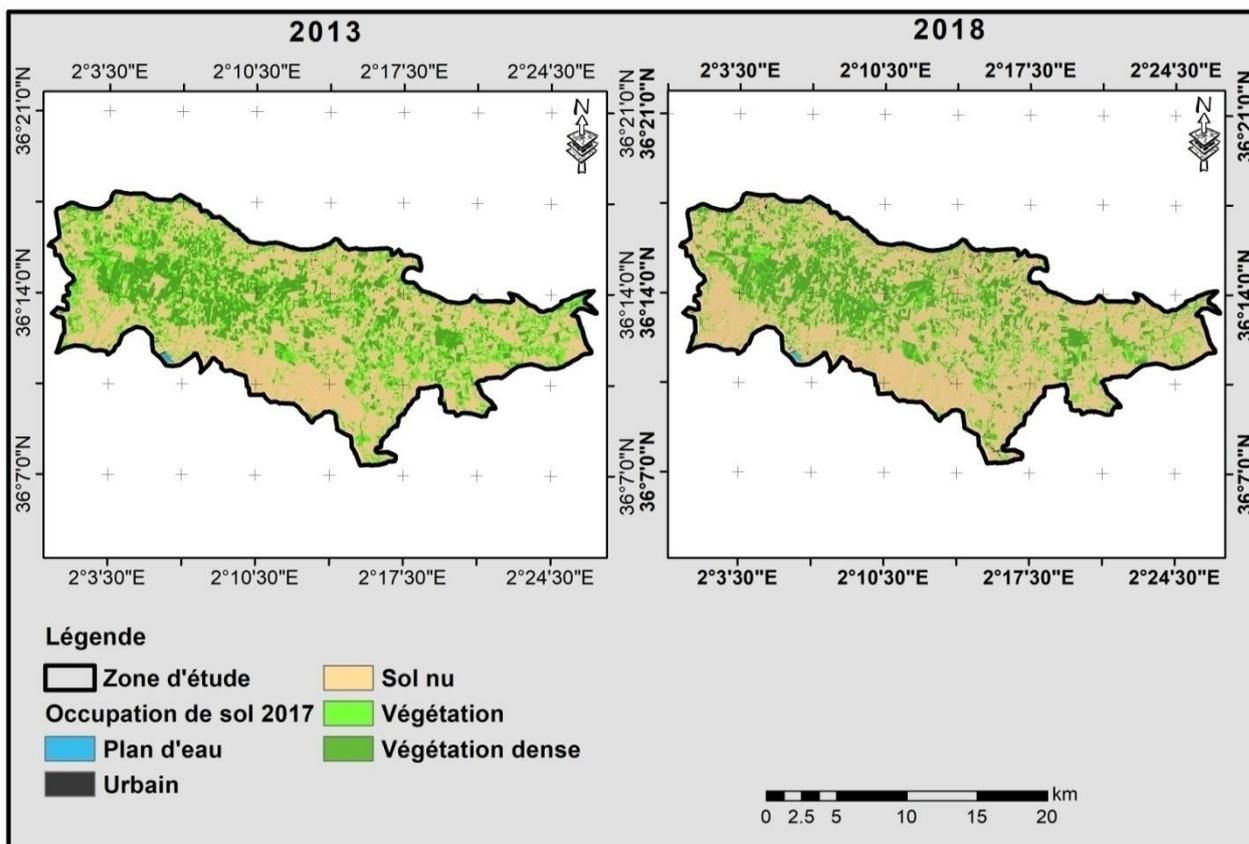


Figure IV-4 : Carte d'occupation du sol de la plaine du haut Cheliff (2013 et 2018)

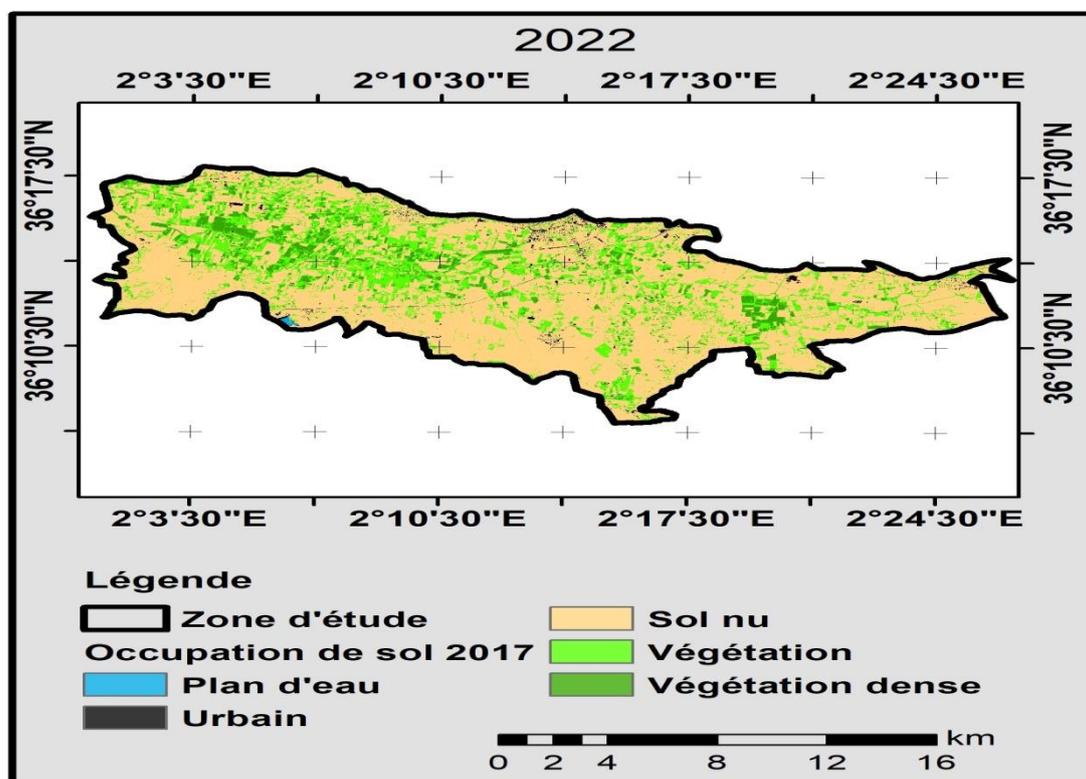


Figure IV-5 : Carte d'occupation du sol de la plaine du haut Cheliff (2022)

#### 4. Détection des erreurs (Matrice de confusion) :

La matrice de confusion peut donner un rapport qui regroupe le ROI (valeur vraie) avec la classe de résultat du classificateur pour montrer le pourcentage et le nombre de pixels de ROI contenus dans la classe de résultat.

##### a. Précision globale :

La précision globale est calculée en additionnant le nombre de valeurs correctement classées et en divisant par le nombre total de valeurs. Les valeurs correctement ordonnées sont situées sur la diagonale supérieure gauche du coin inférieur droit de la matrice de confusion. Le nombre total de valeurs est le nombre de valeurs dans la table de vérité ou la table de valeurs prédites.

##### b. Coefficient Kappa K :

Le coefficient de concordance Kappa fut développé par Cohen (1960). Il mesure la concordance entre l'image classifiée et la réalité de terrain.

Le coefficient kappa est calculé comme suit :

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^n m_{i,i} - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}$$

Avec :

- $i$  : le numéro de classe
- $N$  : le nombre total de valeurs classées par rapport aux valeurs vraies.
- $m_{i,i}$  : le nombre de valeurs appartenant à la classe vrai  $i$  qui ont également été classées comme classe  $i$  (c.-à-d. Valeurs trouvées le long de la diagonale de la matrice de confusion)
- $C_i$  : le nombre total de valeurs prédites appartenant à la classe  $i$
- $G_i$  : le nombre total de valeurs de vérité appartenant à la classe  $i$

Monserud et Leemans (1992) ont suggéré que les valeurs de Kappa inférieures à 0.4 signifient une très faible concordance. Celles qui sont comprises entre 0.4 et 0.55 indiquent une concordance moyenne. Les valeurs comprises entre 0.55 et 0.7 signifient une bonne concordance. Lorsque les valeurs de Kappa sont supérieures à

0.7, ceci signifie que les images et la réalité présentent, entre-elles, une excellente concordance.

### C. Erreurs de la Commission :

L'erreur de commission représente le score de la valeur du résultat dans une classe mais pas dans cette classe. Ils mesurent les faux positifs. Les erreurs de commission sont indiquées dans les lignes de la matrice de confusion, à l'exception des valeurs correctement classées.

### d. Erreurs d'omission :

Les erreurs manquantes indiquent la proportion de valeurs qui appartiennent à une catégorie mais qui sont prédites dans différentes catégories. Ils mesurent les faux négatifs. Les erreurs manquantes sont indiquées

### e. Précision du producteur :

La précision du producteur est la probabilité que la valeur d'un ROI donné soit

correctement classée 
$$P_p = \frac{C_c}{TC_r}$$

Avec :

- $P_p$  : Précision du producteur.
- $C_c$  : Classe correctement classée.
- $TC_r$  : Total de la Classe Résultante.

**f. Précision de l'utilisateur** La précision de l'utilisateur est la probabilité qu'une valeur résultante dans une certaine classe est vraiment cette classe. La probabilité est basée sur la fraction de valeurs correctement classée au nombre total de valeurs résultantes dans une classe.

$$P_u = \frac{C_c}{TC_v}$$

Avec :

- $P_u$  : Précision de l'utilisateur.
- $C_c$  : Classe correctement classée.
- $TC_v$  : Total de la Classe Vraie (ROI).

4. 1.Détection des erreurs (2013) :

Tableau IV-02 La matrice de confusion pour la classification supervisée. (2013)

Classes	Classes observées					Total	Précision d'utilisateur
	Plan d'eau	Urbain	Sol nu	Végétation	Végétation dense		
Plan d'eau	17	0	0	0	0	17	100 %
Urbain	0	18	0	0	3	21	86 %
Sol nu	0	0	14	0	0	14	100 %
Végétation	0	2	1	28	1	32	87 %
Végétation dense	0	0	0	0	16	16	100 %
Total	17	20	15	28	20	100	
Précision du producteur	100 %	90 %	93.3 %	100 %	80 %		

Tableau IV-03 Calcul d'erreurs pour la classification supervisée (2013)

Classes	Erreur d'omission (%)	Erreur de commission (%)	Précision d'utilisateur (%)	Précision du producteur (%)
Plan d'eau	0	0	100	100
Urbain	14	10	86	90
Sol nu	0	6.7	100	93.3
Végétation	13	0	87	100
Végétation dense	0	20	100	80

Interprétation :

- 17 pixels sont correctement classés comme **Plan d'eau** d'un total de 17 pixels.
- 18 pixels sont correctement classés comme **Urbain** d'un total de 21 pixels.
- 14 pixels sont correctement classés comme **Sol nu** d'un total de 14 pixels.
- 28 pixels sont correctement classés comme **Végétation** d'un total de 32 pixels.
- 16 pixels sont correctement classés comme **Végétation dense** d'un total de 16 pixels.

**Tableau IV-04** Précision globale et le coefficient Kappa. (2013)

<b>Précision globale</b>	93 %
<b>Coefficient Kappa K</b>	0.91

**4. 2.Détection des erreurs (2018) :**

**Tableau IV-05** La matrice de confusion pour la classification supervisée. (2018)

Classes	Classes observées					Total	Précision d'utilisateur
	Plan d'eau	Urbain	Sol nu	Végétation	Végétation dense		
Plan d'eau	10	0	0	0	2	12	83.3 %
Urbain	0	14	0	0	8	22	63.63 %
Sol nu	0	0	14	2	0	16	87.5 %
Végétation	0	2	1	29	1	32	90.62 %
Végétation dense	0	0	0	0	15	18	83 %
Total	10	16	15	33	26	100	
Précision producteur	100 %	88 %	100 %	85 %	80 %		

**Tableau IV-06** Calcul d'erreurs pour la classification supervisée (2018)

Classes	Erreur d'omission (%)	Erreur de commission (%)	Précision d'utilisateur (%)	Précision du producteur (%)
<b>Plan d'eau</b>	16.7	0	83.3	100
<b>Urbain</b>	36.37	12	63.63	88
<b>Sol nu</b>	12.5	0	87.5	100
<b>Végétation</b>	9.38	15	90.62	85
<b>Végétation dense</b>	17	20	83	80

**Interprétation :**

- 10 pixels sont correctement classés comme **Plan d'eau** d'un total de 12 pixels
- 14 pixels sont correctement classés comme **Urbain** d'un total de 22 pixels
- 14 pixels sont correctement classés comme **Sol nu** d'un total de 16 pixels
- 29 pixels sont correctement classés comme **Végétation** d'un total de 32 pixels

- 15 pixels sont correctement classés comme **Végétation dense** d'un total de 18 pixels

**Tableau IV-07** Précision globale et le coefficient Kappa. (2018)

<b>Précision globale</b>	88 %
<b>Coefficient Kappa K</b>	0.91

**4. 3.Détection des erreurs (2022) :**

**Tableau IV-08** La matrice de confusion pour la classification supervisée. (2022)

Classes	Classes observées					Total	Précision d'utilisateur%
	Plan d'eau	Urbain	Sol nu	Végétation	Végétation dense		
Plan d'eau	8	2	0	1	2	13	61.53
Urbain	0	12	2	0	7	21	57.14
Sol nu	0	0	14	2	0	16	87.50
Végétation	0	2	1	31	1	35	88.57
Végétation dense	0	0	0	0	15	15	100
Total	8	16	17	34	25	100	
Précision producteur %	100	81	90	85	80		

**Tableau IV-09** Calcul d'erreurs pour la classification supervisée (2022)

Classes	Erreur d'omission (%)	Erreur de commission (%)	Précision d'utilisateur (%)	Précision du producteur (%)
Plan d'eau	38.47	0	61.53	100
Urbain	42.86	19	57.14	81
Sol nu	12.50	10	87.50	90
Végétation	11.43	15	88.57	85
Végétation dense	0	20	100	80

**Interprétation :**

- **08** pixels sont correctement classés comme **Plan d'eau** d'un total de **13** pixels.
- **12** pixels sont correctement classés comme **Urbain** d'un total de **21** pixels.
- **14** pixels sont correctement classés comme **Sol nu** d'un total de **16** pixels.
- **31** pixels sont correctement classés comme **Végétation** d'un total de **35** pixels.
- **15** pixels sont correctement classés comme **Végétation dense** d'un total de **15** pixels.

**Tableau IV-10** Précision globale et le coefficient Kappa. (2022)

<b>Précision globale</b>	87 %
<b>Coefficient Kappa K</b>	0.95

Lorsque les valeurs de Kappa sont supérieures à 0.7, ceci signifie que les images et la réalité présentent, entre-elles, une excellente concordance. Donc, la classification supervisée a donné un résultat significatif pour les 3 dates, La classification est dite complète.

**5- Comparaison d'occupation du sol du haut Cheliff entre 2013,2018 et 2022 :**

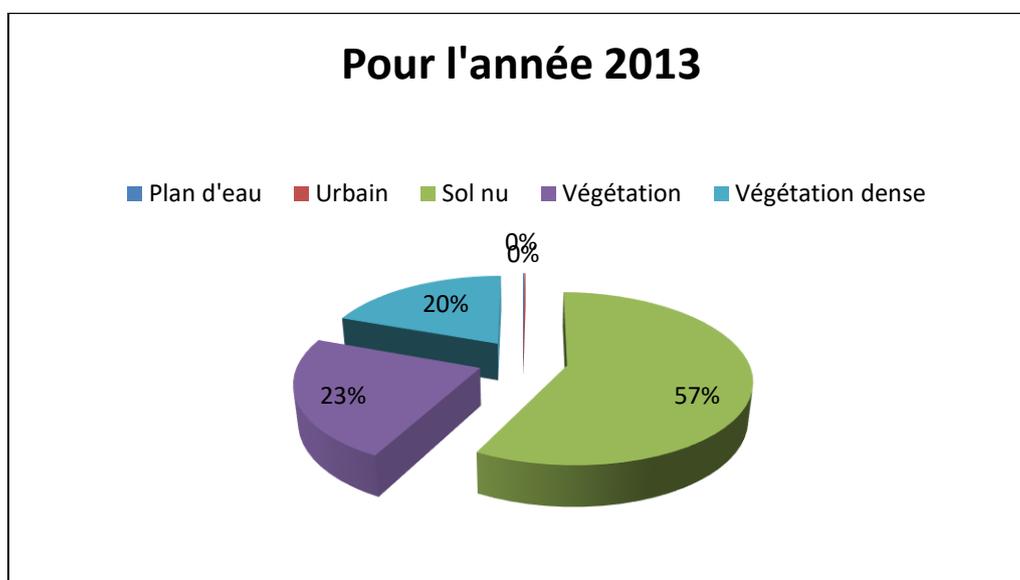
Après avoir réalisé des cartes d'occupation des sols pour 2013,2018 et 2022, avec une très grande précision et des résultats significatifs, nous avons tracé la répartition en pourcentage de chaque catégorie sur la surface de haut Cheliff pour comprendre son évolution. Les tableaux suivants représentés le pourcentage de chaque catégorie d'occupation de sol du bassin du Haut Cheliff.

**Tableau IV-11** Pourcentage d'occupation du sol de la haut Cheliff pour l'année 2013 et 2018.

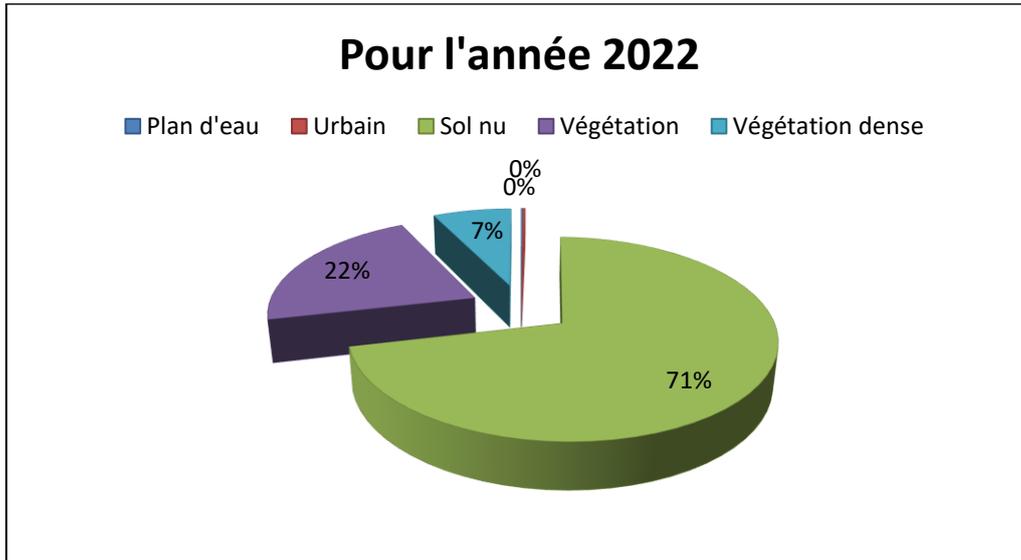
2013			2018		
	S (ha)	Pourcentage %		S (ha)	Pourcentage %
<b>Plan d'eau</b>	44.464223	0.124214	<b>Plan d'eau</b>	48.246266	0.134756
<b>Urbain</b>	42.410855	0.118478	<b>Urbain</b>	70.904594	0.198042
<b>Sol nu</b>	20539.7541	57.379193	<b>Sol nu</b>	254223.805	71.010738
<b>Végétation</b>	8214.81254	22.948635	<b>Végétation</b>	7676.60557	21.441378
<b>Végétation dense</b>	6955.0779	19.429481	<b>Végétation dense</b>	2583.19982	7.215085

**Tableau IV-12** Pourcentage d'occupation du sol de la haut Cheliff pour l'année 2022.

2022		
	S (ha)	Pourcentage%
<b>Plan d'eau</b>	48.246266	0.134741
<b>Urbain</b>	72.904594	0.203606
<b>Sol nu</b>	25425.8054	71.008391
<b>Végétation</b>	7676.60557	21.438983
<b>Végétation dense</b>	2583.19982	7.214279



**Figure IV-6** Pourcentage d'occupation du sol de la Haut Cheliff (2013)



**Figure IV-7** Pourcentage d'occupation du sol de la Haut Cheliff (2022)

**Interprétation :**

- Les plans d’eau : une petite augmentation de taux du surfaces d’eaux (**0.12 % en 2013 à 0.13 % en 2022**).

Ce qui est liés à la stabilité de précipitations ces dernières années.

- La zone urbaine a connu une exploitation, elle a passé de **0.12 % en 2013 à 0.20 % en 2022**, ce qui est explicable par le développement démographique de la zone d’étude.
- Les sols nus ont passé de **57.38 % en 2013 à 71.01 % en 2022**.
- Diminutions remarquable des surfaces de la végétation **22.95% en 2013 à 21.44 % en 2022**.
- Un grand changement des surfaces de la végétation dense **19.43 % en 2013 à 7.21% en 2022**.

**6- Indice de végétation (NDVI) : [45]**

L’étude de la réflectance de la surface du couvert végétale est basée sur le degré d’activité chlorophyllienne. Cette réflectance varie du faible dans le les longueurs d’onde rouge (visible) au fortes dans le proche infrarouge. La formule de l’indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est comme suit :

$$NDVI = \frac{(PIR - Red)}{(PIR + Red)}$$

Ou -1 veux dire pas de végétation et +1 végétation dominante

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.

**6-1 Carte d'indice de végétation NDVI de la zone du Haut Cheliff :**

Cette carte a été générée dans le logiciel ArcGIS en introduisant les bandes 4 et 5 de la zone d'étude des données compressées dans la barre d'analyse d'image et en cliquant sur l'icône de fonction NDVI.

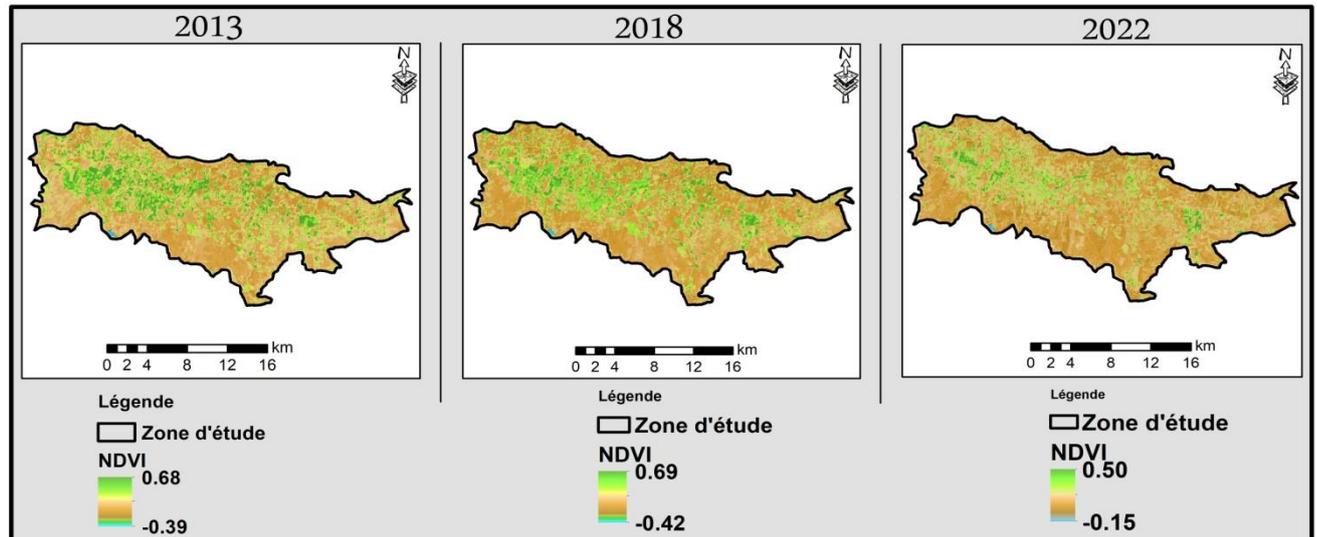


Figure V-11 Carte de l'indice végétal NDVI de la plaine du Haut Cheliff.

**Conclusion :**

Après les résultats obtenus dans ce chapitre on remarque qu'il ya un grand changement des surfaces de la végétation dense (Diminutions entre 2013 et 2022), une exploitation de la zone urbaine et les sols nus.

## **Conclusion générale**

Les études sur le changement dans l'occupation et l'utilisation du sol sont d'une grande importance car ils permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus de déforestation, dégradation, désertification et perte de la biodiversité d'une région déterminée.

Dans notre travail, nous avons cartographié l'utilisation des terres du bassin du haut Cheliff en utilisant la méthode de classification supervisée avec les données satellitaires pour trois années différentes 2013, 2018 et 2022.

De 2013 à 2022, on peut voir visuellement l'évolution ou bien le changement des catégories d'occupation des sols. La superficie des zones urbaines a augmenté. Cela est dû au développement de la population. Aussi en raison de l'absence récente de précipitations et l'activité humaine, diminutions remarquable des surfaces de la végétation et surfaces de la végétation dense.

## Références bibliographiques

- [1] F.didot et Cie. (1877).Encyclopédie pratique de l'agriculteur.
- [2] Lambin, E.F. et al., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*,
- [3] Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*.
- [4] McKee, J.K.; Sciulli, P.W.; Fooce, C.D.; Waite, T.A. 2003. Forecasting global biodiversity threats associated with human population growth. *Biological Conservation*,
- [5] Thompson, R. S.; Anderson, K. H.; Bartlein, P. J. 1999. Atlas of Relations Between Climatic Parameters and Distributions of Important Trees and Shrubs in North America. U.S. Geological Survey,
- [6] Feddema, J. F., Oleson, K. W., Bonan, G. B., Mearns, L. O., Buja, L. E., Meehl, G. A. et Washington, W. M., 2005. "The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates", *Science*, 310(5754): 1674-1678.
- [7] Séverin Biaou Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin .
- [8] (d'après le site Web du Centre Canadien de Télédétection : <http://www.ccrs.nrcan.qc.ca>)
- [9] MIDEKOR A et WELLENS J., 2013. Initiation de l'envi:formation ENVI: Ouagadougou, Burkina Faso.85p
- [10] MIDEKOR A et WELLENS J., 2013. initiation de l'envi:formation ENVI: Ouagadougou, Burkina Faso.85p
- [11] Notions fondamentales de télédétection Un cours tutoriel du Centre canadien de télédétection Natural Resources Canada, pp 5- 6.
- [12] Centre Canadien de Télédétection, 2005
- [13] DESJARDINS.R, La télédétection perspective analytique, université du Québec à Montréal, Livre, pp 121,132, 133
- [14] GHANIMA.Dj, Comparatif de méthodes avancées pour la fusion d'images satellites, université d'Oran des sciences et de usto-mb. Thèse de Doctorat, 2014/2015, pp 9, 13
- [15] 'Introduction' (no date) Précis de télédétection - Volume 3. doi:10.2307/j.ctv5j018b.6

- [16] CCT., 2013. Centre canadien de cartographie et d'observation de la télédétection. Notions fondamentales de Télédétection.266p.
- [17] ). UVED., 2008.Université virtuelle environnement et développement durable,Suivi de l'environnement par télédétection. Cours en ligne. Université Paris I,32p.
- [18]<http://www.rncan.gc.ca/science/terre/limitesgeographiques/teledetecion/fondements/1449>
- [19] TIR.El, Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la Wilaya de Tissemsilt, université Aboubakr belkaïd Tlemcen. Thèse de Magister,2015-2016, pp 35
- [20] Site web, « Centre canadien de télédétection », [www.rncan.gc.ca](http://www.rncan.gc.ca) .
- [21] LAKHDARI.M, Segmentation d'images par contour actif en appliquant les algorithmes génétiques, université Aboubakr Oued-Smar-Alger. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en informatique, pp 11.
- [22] TOUMIAT. Ch, Traitement d'images et analyse de surface d'onde liées à l'observation terrestre et spatial, université ferhat abbas-Setif. Thèse de mater, pp 13, 24, 25.
- [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] :L.eesa.Introduction à la télédétection.TIGER initiative.2005.
- [25] [7] : B. karim,Benhamdada khadidja," segmentation d'images satellitaires par les algorithmes génétiques, mémoire de fin d'études .
- [26] (ERTS.,2000 ) ERTS .., 2000. Éduscol from Earth Resources Technology Satellite.
- [27] ALBOODY.A, Réception des données spatiales et leurs traitements : Analyse d'images satellites pour la mise à jour des SIG par enrichissement du système de raisonnement spatial RCC8, université de Toulouse. Thèse de Doctorat, 25/03/2011, p 5.
- [28] 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.
- [29] 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

- [30] (KADDOUR DJEBBAR A., 2012), KADDOUR DJEBBAR A., 2012. La Généralisation Cartographique Processus D'automatisation Et Mise En oeuvre à L'inct. Bulletin des sciences géographiques de l'INCT Volume 2, N° 28, 02-16p.
- [31] FAUCONNIER (1994) FAUCONNIER G., 1994. Le système d'information géographique de santé. Volume 7 Eds Springer-verlag., Paris., 7p.
- [32] HABERT E., 2000. Qu'est ce qu'un système d'information géographique?., Laboratoire de cartographie appliquée., Institut de recherche pour le développement., France., 13p.
- [33] BADAOUI (2007) BADAOUI K., 2007. Etude phytosociologique et phytoécologique de la forêt de djebel nador par utilisation d'un système d'informations géographiques. Mémoire ing. Univ. Tiaret., 73p.
- [34] CHACKROUN (2014), CHACKROUN H., 2014. Cours SIG-Téledétection, 2ème GC. Département GC, ENIT, Classe : 2 A GENIE CIVIL. 51p.
- [35] ] HIND MEDDI & MOHAMED MEDDI . STUDY OF THE PERSISTENCE OF DROUGHT AT THE LEVEL OF SEVEN ALGERIAN PLAINS BY USE OF CHAIN OF MARKOV (1930-2003)
- [36] mémoire du Doctorat TOUHARI Fadhila ÉTUDE DE LA QUALITÉ DES EAUX AU NORD-OUEST DE L'ALGÉRIE (Cas du bassin de Haut Cheliff)
- [37] HATTAB.M., 1998. Etude qualitative des eaux du Haut Cheliff .Mémoire de fin d'étude ,Promotion 1998. CU Khemis Miliana.
- [38] Ikhlef S., (2006) : Étude de la nappe alluviale du Haut Cheliff par les nitrates. Université de Hassiba Ben Bouali Chelf. Mémoire de magister.
- [39] Djeda F., (1987) : Étude hydrogéologique et simulation par modèles mathématiques de la nappe de Khemis Miliana (bassin du Haut Cheliff, Algérie). thèse doctorat. Université de Franche-Comté. France. 173p.
- [40] Bong N., 2013 : Application des SIG et des techniques de spatialisation pour l'identification, l'évaluation et le développement des ressources en eau souterraine de la plaine de Khemis Miliana ,
- [41] DSA - Direction des Services Agricoles Ain Defla.
- [42] DRE Ain defla: Direction des ressources en eaux willaya d'Ain Defla.
- [43] Samaali, H. (2011). Etude de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le delta de Mejerda par télédétection et systèmes d'informations géographiques. Université de Sfax.

- [44] Liu, K., Shi, W., & Zhang, H. (2011). A fuzzy topology-based maximum likelihood classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(1), 103-114).
- [45] GHENNAM KAMEL , Polycopie de cours cartographie et télédétection des fléaux agricoles.
- [46] Simulation du ruissellement d'eau de pluie sur des surfaces agricoles O Delestre - 2010
- [47] Estimation Du ruissellement A Partir Des Apports D'eau Des Barrages. Application Au Barrage De Kissir (wilaya De Jijel, Ne Algerien) Debiche taha hocine .
- [48] DETERMINATION DU RUISSELLEMENT DANS LE BASSIN VERSANT SIGUS PAR LA METHODE DU SCS-CN À L'AIDE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE FAREGH W., BENKHALED A.
- [49] Assurer la maîtrise du ruissellement grâce aux zones humides au voisinage des infrastructures de transport dans une perspective de conservation de la biodiversité.  
Camille Fressignac
- [50] Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface  
Freddy Rey, Jean-Louis Ballais, Alain Marre, Georges Rovera
- [51] L'ÉROSION DES SOLS AGRICOLES EN ESTRIE, CAUSES ET CONSÉQUENCES  
Joanna M'seffar
- [52] Impacts morphologiques des aménagements hydroélectriques à l'échelle du bassin versant  
Hernan Alcayaga