

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2024

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV      Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Science du Sol

Présenté par :

*DEGUI Sara & MENHOUDJ Suza*

*Thème*

**Changements d'occupation du sol dans la wilaya de  
Bouira**

Soutenu le: 11/07/2024

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr. Karim KHERRAZ</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mr. Mazari AIT KACI</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mr. Chafie BENCIKH</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

Année Universitaire : 2023/2024

# *Remerciements*

*Tout d'abord, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir donné la force, la patience et les ressources nécessaires pour mener à bien ce projet de fin d'études.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet.*

*Nous remercions tout particulièrement notre promoteur, M. Ait Kaci, pour sa guidance inestimable, ses conseils précieux et son soutien constant tout au long de ce projet.*

*Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements aux membres du jury, pour leur temps, leur expertise et leurs précieux commentaires.*

*Nos remerciements vont à tous nos enseignants de la spécialité Sciences du Sol.*

*Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce projet, que ce soit par leur soutien, leurs conseils ou leur aide logistique. Votre contribution a été inestimable et nous vous en sommes profondément reconnaissants.*

## *Dédicace*

*Je tiens à dédier ce modeste mémoire :*

*À mes très chers parents, AHMED et TASSADIT, ainsi qu'à ma chère grand-mère FATMA, grâce à qui j'ai pu atteindre ce niveau et à qui je dois beaucoup de respect. Aujourd'hui, c'est autant un plaisir qu'un devoir pour moi de vous remercier pour votre amour, votre grande patience et vos sacrifices.*

*À mes frères, ANIS et TAREK, ainsi qu'à mes très chères sœurs, AMINA et la petite AYA, qui rendent l'atmosphère familiale pleine de joie et de bonheur.*

*À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet, mon mari, WALID.*

*À mon binôme adorable, SUZA, et à sa famille.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à rendre ce projet possible, je vous dis merci*

***Sara***

## *Dédicace*

*Tout d'abord, je remercie le bon Dieu de m'avoir donné le courage et la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*Aux personnes les plus chères à mon cœur, à ceux qui m'ont donné la force et la confiance durant toutes mes années d'études.*

*À vous, mes parents,*

*« J'ai la chance d'avoir les meilleurs parents au monde, je ne pourrais jamais vous remercier assez. »*

*À ma petite famille, mes frères Youghourta et Massinissa, et à ma sœur Ilicia.*

*À toutes mes amies avec qui j'ai passé mes années d'études à la faculté, de loin ou de près.*

*À mon binôme Sara.*

***Suza***

# Table des matières

## Remerciements

## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Introduction..... 01

## Chapitre I : La télédétection et le SIG

### 1. La télédétection et le SIG..... 05

#### 1.1. La télédétection. .... 05

##### 1.1.2. Objectifs..... 05

##### 1.1.3. Domaines d'application..... 06

##### 1.1.4. Processus de la télédétection..... 06

##### 1.1.5. Les principales méthodes de télédétection..... 07

#### 1.2. Un Système d'Information Géographique (SIG) ..... 09

##### 1.2.1. Fonctionnalités..... 09

##### 1.2.2. Types de données dans un SIG..... 10

##### 1.2.3. Objectifs généraux des SIG ..... 10

## Chapitre II : Changement d'occupation du Sol

### 2. Changement d'occupation du Sol..... 12

#### 2.1. Généralité..... 12

#### 2.2. Définition du Changement d'Occupation du Sol ..... 12

##### 2.2.1. Concepts Liés au Changement d'Occupation du Sol..... 12

##### 2.2.1. Implications du Changement d'Occupation du Sol..... 13

#### 2.3. L'Occupation du Sol de la Wilaya de Bouira..... 14

#### 2.4. Études Antérieures sur le Changement d'Occupation du Sol..... 15

##### 2.4.1. Quelques études dans le monde entier..... 15

## Chapitre III : Matériel et méthodes

### 3.1. Présentation de la zone d'étude ..... 18

#### 3.1.1. Limite administratif ..... 18

#### 3.1.2. Cadre physique ..... 19

#### 3.1.3. Caractéristiques générales du relief ..... 19

#### 3.1.4. Caractéristiques générales du climat ..... 21

3.1.4.1 La Température.....	21
3.1.4.2. Les Précipitations.....	22
3.1.5. Hydrographie.....	24
3.2. La base de données .....	24
3.3. Les données dans les SIG.....	25
3.3.1 Modes d'acquisition de données.....	25
3.3.2 Numérisation.....	25
3.3.3 Balayage électronique.....	25
3.3.4. Photogrammétrie.....	25
3.3.5 .Images satellitaires (télédétection.....	25
3.3.6. Import de fichiers. ....	26
3.4. QGIS (Quantum Geographic Information System).....	26
3.5. Traitement des données satellitaires.....	27
3.5.1 .Prétraitement des images satellitaires .....	28
3.5.2. Géo référencement des images satellitaires .....	29
3.5.3. Classification des images satellitaires.....	29
3.5.4. Les Images Satellitaires.....	29
3.6. Méthodologie.....	34

## **Chapitre IV : Résultats et discussions**

4.1. Changement de la couverture terrestre de 2016 à 2020.....	44
4.2. Changement de la couverture terrestre de 2016 à 2020.....	46
4.3 Comparaison entre les Deux Périodes.....	49
<b>Conclusion</b> .....	44

### **Référence bibliothèques**

### **Résumés**

## *Liste des abréviations*

**DSA : Direction des Services Agricoles**

**D.P.A.T : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire**

**ENVI : Environment for Visualizing Images**

**J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne**

**HDF : Hierarchical Data Format**

**ISO : Organisation Internationale de Normalisation**

**MNT : Modèles Numériques de Terrain**

**MNS : Modèles Numériques de Surface**

**OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques**

**OMS : Organisation Mondiale de la Santé**

**QGIS : Quantum Geographic Information System**

**USGS : United States Geological Survey**

**SIG : Système d'Information Géographique**

**SVM : Support Vector Machines**

**SCP : Scientific Committee on Problems of the Environment**

## *Liste des figures*

<b>Figure 01:</b> Télédétection active et passive .....	<b>07</b>
<b>Figure 02 :</b> Carte d'occupation du sol wilaya de Bouira .....	<b>08</b>
<b>Figure 03:</b> Les directions cardinales et intercardinales de la wilaya de Bouira .....	<b>14</b>
<b>Figure 04 :</b> Interface de QGIS avec un nouveau projet ouvert.....	<b>35</b>
<b>Figure 05 :</b> Interface d'importation des images satellites dans QGIS.....	<b>36</b>
<b>Figure 06 :</b> Interface de l'outil de mosaïquage dans QGIS .....	<b>36</b>
<b>Figure 07 :</b> Interface Importation du Fichier Vecteur Bouira Shapefile.....	<b>37</b>
<b>Figure 08 :</b> Interface de l'outil de découpe dans QGIS .....	<b>38</b>
<b>Figure 09 :</b> Interface de l'outil de classification non supervisée dans QGIS .....	<b>39</b>
<b>Figure 10 :</b> Interface d'étiquetage des classes dans QGIS .....	<b>40</b>
<b>Figure 11 :</b> Résultats de la validation avec comparaison des données de référence .....	<b>40</b>
<b>Figure 12 :</b> Carte d'Occupation du sol en 2016.....	<b>42</b>
<b>Figure 13 :</b> Carte d'Occupation du sol en 2020.....	<b>43</b>
<b>Figure 14 :</b> Carte d'Occupation du sol en 2024.....	<b>43</b>



## *Listes de tableaux*

<b>Tableau I</b> : La revue des études dans le monde entier .....	<b>15</b>
<b>Tableau II</b> : La revue des études dans La régions de Bouira.....	<b>15</b>
<b>Tableau III</b> : La répartition administrative .....	<b>17</b>
<b>Tableau IV</b> : Température et précipitation .....	<b>22</b>
<b>Tableau V</b> : Différents capteurs multi spectraux et résolutions spatiales .....	<b>28</b>
<b>Tableau VI</b> : Changement de la Couverture Terrestre de 2016 à 2020 .....	<b>44</b>
<b>Tableau VII</b> : Changement de la Couverture Terrestre de 2016 à 2020 .....	<b>45</b>

# *Introduction*

### **Introduction**

L'occupation du sol joue un rôle essentiel dans la gestion durable des ressources naturelles ainsi que dans la planification urbaine et régionale. Selon **MADANI (2024)**, les évolutions de l'occupation du sol, souvent associées à des processus tels que l'urbanisation, l'agriculture, la déforestation et l'industrialisation, ont des conséquences importantes sur les écosystèmes, la biodiversité, les ressources en eau et le climat.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier les évolutions de l'occupation du sol dans la wilaya de Bouira en se basant sur des outils de télédétection et des systèmes d'information géographique (**SIG**). L'objectif précis consiste à dresser une carte de l'occupation du sol à diverses époques, à analyser les dynamiques de changement, à évaluer les conséquences environnementales et à formuler des recommandations pour une gestion durable.

Afin d'atteindre ces objectifs, nous utiliserons une méthode combinée de télédétection et d'analyse SIG. Les données requises pour la cartographie et l'analyse des changements d'occupation du sol seront fournies par les images satellitaires de Landsat-8 et Sentinel-2. Les images seront traitées à l'aide du logiciel ENVI, qui comprendra le géoréférencement, la classification et l'analyse spectrale. Par la suite, les résultats seront intégrés dans un système d'information géographique (**SIG**) afin d'effectuer une analyse spatiale approfondie et de produire des cartes et des rapports détaillés (**REZEG, 2010**).

L'étude des changements d'occupation du sol à Bouira est d'une grande pertinence car elle fournira une base de données essentielle pour les décideurs locaux, urbanistes et environnementalistes, contribuant ainsi à la compréhension des dynamiques locales d'utilisation des terres et offrant des perspectives précieuses pour des interventions ciblées. Enfin, cette recherche s'inscrit dans un cadre plus large de développement durable, soulignant l'importance d'une gestion équilibrée et informée des ressources naturelles (**MIRANVILLE, 2024**).

Notre manuscrit est divisé en plusieurs parties distinctes :

- **La première partie** présente les généralités sur la télédétection et le SIG. Elle dresse un état des connaissances existantes sur le sujet.
- **La seconde partie** traite des évolutions de l'occupation du sol. Les méthodes et les outils utilisés sont détaillés dans un cadre méthodologique, suivi d'une section de

résultats et de discussion qui présente les cartes de l'occupation du sol et les analyses de changement.

- **Enfin**, des recommandations et une conclusion synthétisent les principaux résultats et proposent des pistes pour des recherches ultérieures.

L'objectif de cette étude est de contribuer de manière importante à la compréhension des évolutions de l'occupation du sol à Bouira, tout en proposant des outils et des recommandations pour une gestion plus durable et efficace de ses ressources naturelles.

# *Partie I*

## *Synthèse bibliographique*

# *Chapitre I*

## *La télédétection et le SIG*

## **1. La télédétection et le SIG**

### **1.1. La télédétection**

La télédétection est la science qui permet de détecter des informations sur des objets, des zones ou des phénomènes à distance, généralement à l'aide de dispositifs situés sur des plateformes aériennes (avions ou drones) ou spatiales (satellites). Ces dispositifs permettent de détecter les propriétés physico-chimiques des surfaces, telles que l'humidité, la température, la rugosité, la composition minéralogique et chimique des sols et des roches (**Grunwald et al., 2015**). Cette technique est largement utilisée dans de nombreux domaines tels que l'agriculture, la géologie, la météorologie, l'océanographie, l'urbanisme et l'environnement (**Huang et al., 2018**).

Les données de télédétection collectées par des supports de capteurs seront analysées à l'aide de logiciels et programmes. La télédétection englobe plusieurs méthodes et techniques pour recueillir des données à distance sur la surface de la Terre et l'atmosphère (**ZERROUGUI, 2023**).

#### **1.1.2. Objectifs**

L'objectif principal de la télédétection est de cartographier les ressources terrestres et d'assurer leur suivi. Elle offre une méthode précise et rentable pour obtenir des données en temps utile, facilitant la gestion intégrée de l'environnement et des ressources naturelles (**CALOZ et COLLET, 2001**),

- Les principaux objectifs de la télédétection sont selon (**ZERROUGUI, 2023**) :

- **Observation et surveillance** : Observer et surveiller l'état de l'environnement, des océans, des terres agricoles, des forêts, etc.
- **Cartographie** : Créer des cartes précises des surfaces terrestres et marines.
- **Gestion des ressources naturelles** : Évaluer et gérer les ressources naturelles telles que l'eau, les minéraux, les forêts et les terres agricoles.
- **Prévention et gestion des catastrophes** : Détecter et suivre les catastrophes naturelles telles que les incendies de forêt, les inondations, les tremblements de terre, les ouragans, etc.
- **Urbanisme et aménagement du territoire** : Aider à la planification urbaine et à l'aménagement du territoire.

### 1.1.3. Domaines d'application

- La télédétection est utilisée dans de nombreux domaines Selon (DOUFFI ,2020) :

- **Agriculture** : Surveillance des cultures, estimation des rendements, gestion de l'irrigation.
- **Foresterie** : Inventaire forestier, suivi de la déforestation, gestion des feux de forêt.
- **Environnement** : Surveillance des écosystèmes, suivi de la biodiversité, gestion des zones protégées.
- **Hydrologie** : Surveillance des ressources en eau, gestion des bassins versants, prévision des inondations.
- **Océanographie** : Étude des courants océaniques, suivi des marées, surveillance des écosystèmes marins.
- **Géologie** : Cartographie géologique, exploration minière, surveillance des glissements de terrain.
- **Urbanisme** : Planification urbaine, suivi de l'étalement urbain, gestion des infrastructures.

### 1.1.4. Processus de la télédétection

L'analyse des images de télédétection vise à interpréter la nature et la fonction des objets positionnés. Le processus d'interprétation peut être visuel ou automatique et transforme les données des images satellitaires en informations géoréférencées (ANDRIEU *et al .*, 2008).

Le processus de la télédétection comprend plusieurs étapes :

1. **Acquisition des données** : Utilisation de capteurs pour capturer des images ou des données sur les objets ou les surfaces à étudier. Les capteurs peuvent être passifs (capturant la lumière réfléchié par le soleil) ou actifs (émettant leur propre signal, comme le radar ou le LIDAR).
2. **Prétraitement des données** : Correction des erreurs et des distorsions dans les données brutes, telles que les corrections atmosphériques, radiométriques et géométriques.
3. **Interprétation et analyse des données** : Utilisation de techniques d'analyse d'images et de traitement des données pour extraire des informations significatives. Cela peut inclure la classification des types de terrain, l'estimation des indices de végétation, la détection des changements, etc.



4. **Validation et vérification** : Comparaison des résultats de la télédétection avec des données de terrain ou d'autres sources pour s'assurer de leur précision et de leur fiabilité.
5. **Diffusion et utilisation des données** : Partage des informations extraites avec les utilisateurs finaux, qui peuvent être des chercheurs, des gestionnaires de ressources, des décideurs politiques, etc.

### **1.1.5. Les principales méthodes de télédétection**

#### **1.1.5.1. La Télédétection Passive (Télédétection optique)**

##### **1.1.5.5. La Télédétection par Sonar**

##### **1.1.5.2. Télédétection Multispectrale**

Capture des images dans plusieurs bandes spectrales larges (généralement 3 à 10) utilisé dans l'agriculture de précision, la surveillance des ressources en eau, les études environnementales (LAZRI, 2013).

a. Télédétection dans le visible et le proche infrarouge (VNIR) : utilise la lumière visible (400-700 nm) et le proche infrarouge (700-1400 nm), et utilisé dans la cartographie, la surveillance des cultures, l'étude des forêts, la gestion des ressources en eau.

b. Télédétection dans l'infrarouge thermique (TIR): mesure les émissions thermiques (3 14  $\mu\text{m}$ ) des objets, utile pour détecter les températures de surface, donc on l'utilise dans la surveillance des feux de forêt, les études volcaniques, l'analyse des îlots de chaleur urbains.

##### **1.1.5.3. La Télédétection Hyper spectrale**

Ce type de capteurs fournit des images dans de nombreuses bandes spectrales étroites (souvent des centaines), permettant une identification précise des matériaux. Ces images sont utilisées dans l'identification des minéraux, analyse de la composition végétale, détection de la pollution (ZERROUGUI, 2023).

##### **1.1.5.4. La Télédétection Micro-onde Passive**

Elle mesure les émissions naturelles de micro-ondes de la surface terrestre, cette méthode est très utile dans la surveillance de l'humidité du sol, l'étude de la neige et de la glace, la météorologie (ZERROUGUI, 2023).

Cette méthode utilise des ondes sonores pour cartographier les fonds marins et les objets sous l'eau (Bathymétrie, cartographie des habitats marins, détection des épaves) (LAZRI, 2013).

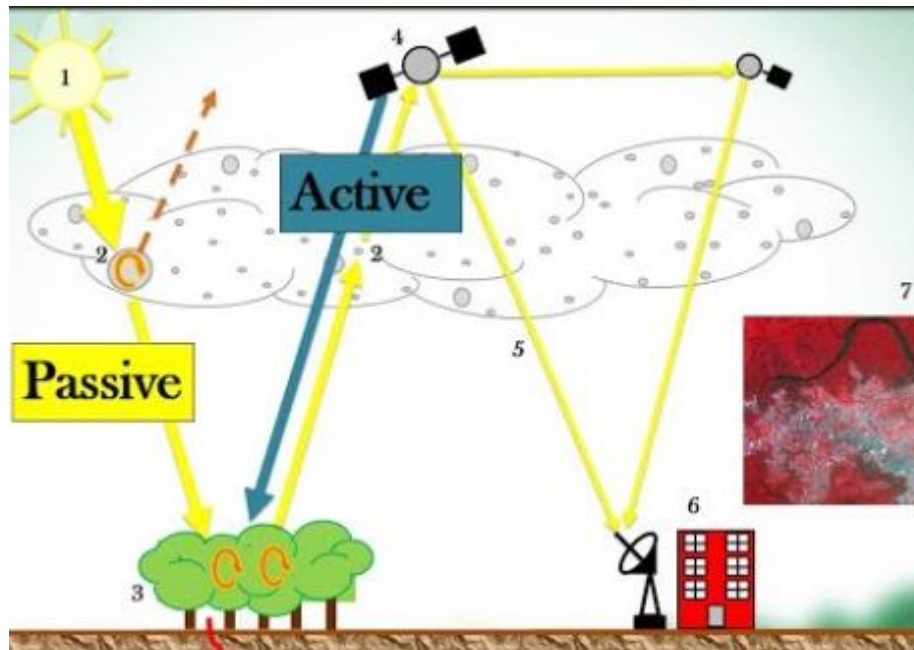


Figure 01 : Télédétection active et passive (LAZRI, 2013).

#### 1.1.5.6. La Télédétection Active

Les capteurs actifs émettent leur propre source d'énergie (comme le radar ou le lidar) et mesurent la réflexion de cette énergie par les objets terrestres. La télédétection active est utilisée dans la topographie, la surveillance des déformations du sol, la détection des objets sous la végétation dense (GUILLET, 1991).

##### 1.1.5.6.1. La Télédétection Radar (Radar à ouverture synthétique (SAR))

Utilise des ondes radio (micro-ondes) pour produire des images haute résolution, indépendamment des conditions météorologiques et de la lumière. Les images radar ont différentes applications telles que la cartographie topographique, la surveillance des glaciers, la détection des mouvements du sol, la surveillance maritime (GUILLET, 1991).

##### 1.1.5.6.2. Le Lidar (Light Detection and Ranging)

Utilise des impulsions laser pour mesurer la distance à un objet et créer des modèles numériques de terrain (MNT) et des modèles numériques de surface (MNS), utilisé généralement dans la cartographie topographique détaillée, les études forestières, l'archéologie, gestion des risques naturels (DAUMARD, 2010).

Ces méthodes sont complémentaires et sont souvent utilisées ensemble pour obtenir des informations complètes et précises sur la surface terrestre et ses changements.

## **1.2. Un Système d'Information Géographique (SIG)**

Est un système informatique conçu pour capturer, stocker, manipuler, analyser, gérer et présenter tous types de données géographiques ou spatiales. Le SIG permet de visualiser, interpréter et comprendre des données spatiales de diverses façons, révélant des relations, des modèles et des tendances (KOUBA, 2018).

### **1.2.1. Fonctionnalités**

Les principales fonctionnalités d'un SIG incluent **LONGLEY *et al.* (2005)**, repris par BON (2011) :

1. **Capture des données** : Entrée de données géographiques provenant de diverses sources, telles que des cartes papier, des images satellites, des GPS, etc.
2. **Stockage des données** : Organisation et stockage des données dans des bases de données géospatiales.
3. **Gestion des données** : Mise à jour, manipulation et maintenance des données géographiques.
4. **Analyse des données** : Exécution d'analyses spatiales, telles que la superposition de couches, l'analyse de proximité, la modélisation des terrains, etc.
5. **Visualisation des données** : Création de cartes, de graphiques et d'autres représentations visuelles pour faciliter la compréhension des données spatiales.
6. **Partage des données** : Diffusion des informations géographiques à travers des rapports, des cartes interactives en ligne, des applications web SIG, etc.

### **1.2.2. Types de données dans un SIG**

Les données dans un SIG peuvent être classées en deux catégories principales :

1. **Données vectorielles** : Représentées par des points, des lignes et des polygones. Par exemple (SANDERS, 2006) :
  - **Points** : Emplacements de puits, arbres, villes.
  - **Lignes** : Routes, rivières, lignes électriques.
  - **Polygones** : Parcelles de terrain, zones urbaines, forêts.
2. **Données matricielles (raster)** : Représentées par des grilles de pixels, où chaque pixel a une valeur correspondant à une caractéristique spécifique. Par exemple :
  - Images satellites.
  - Modèles numériques de terrain (MNT).

- Cartes de température ou de précipitations (MATHIAN et SANDERS, 2014).

### 1.2.3. Objectifs généraux des SIG

Les objectifs généraux des SIG incluent Selon (OCCELLI, 2014) :

1. **Améliorer la prise de décision** : Fournir des outils et des informations pour aider les décideurs à comprendre les enjeux spatiaux et à prendre des décisions éclairées.
2. **Gestion des ressources** : Aider à la gestion et à la conservation des ressources naturelles, comme l'eau, les forêts et les sols.
3. **Planification et aménagement du territoire** : Faciliter la planification urbaine et rurale, la gestion des infrastructures et l'aménagement du territoire.
4. **Analyse environnementale** : Permettre l'analyse des impacts environnementaux, la surveillance des écosystèmes et la gestion des zones protégées.
5. **Réponse aux urgences** : Aider à la préparation, à la gestion et à la réponse aux situations d'urgence, telles que les catastrophes naturelles.
6. **Transports et logistique** : Optimiser les réseaux de transport, la gestion des itinéraires et la planification logistique.
7. **Recherche scientifique** : Fournir des outils pour la recherche en géographie, en écologie, en climatologie, en géologie, et dans d'autres domaines scientifiques.

Un SIG est un outil polyvalent qui trouve des applications dans une multitude de domaines, offrant des capacités puissantes pour l'analyse et la gestion des informations géographiques.

***Chapitre II***  
***Changement d'occupation du Sol***

## **2. Changement d'occupation du Sol**

### **2.1. Généralité**

Le changement d'occupation du sol est un phénomène complexe qui se réfère à la modification de la manière dont les terres sont utilisées et couvertes par des activités humaines et naturelles. Ce concept englobe une variété de transformations, incluant les modifications des types de végétation, la croissance urbaine, la transformation des terres agricoles, la destruction des forêts, la reforestation et la dégradation des zones humides (JOSEPH, 2022).

### **2.2. Définition du Changement d'Occupation du Sol**

Le changement d'occupation du sol désigne l'altération des utilisations et des couvertures des terres sur une période de temps donnée, résultant de divers facteurs tels que le développement économique, la croissance démographique, les politiques environnementales, et les phénomènes naturels. Cette transformation peut être observée à travers des modifications dans les paysages, la biodiversité, et les écosystèmes locaux (BOUSSOUGOU, 2017).

#### **2.2.1. Concepts Liés au Changement d'Occupation du Sol**

- **Utilisation du Sol (Land Use)**

Cela fait référence aux activités humaines spécifiques entreprises sur une parcelle de terrain, telles que l'agriculture, la construction urbaine, les zones industrielles, les espaces récréatifs, etc. Les changements d'utilisation du sol sont souvent dictés par des besoins économiques, sociaux et politiques (MENASRA, 2023).

- **Couverture du Sol (Land Cover)**

La couverture du sol décrit les caractéristiques physiques de la surface terrestre, y compris la végétation naturelle, les terres agricoles, les zones urbaines, les forêts, les plans d'eau, etc. Les changements de couverture du sol sont souvent détectés via l'imagerie satellitaire et les systèmes d'information géographique (SIG) (MENASRA, 2023).

- **Déforestation et Reforestation**

La déforestation se réfère à la conversion des forêts en terres non forestières, généralement pour des usages agricoles ou urbains. La reforestation, à l'inverse, est le processus de replantation de forêts sur des terres qui avaient été déboisées (MENASRA, 2023).

- **Urbanisation**

L'urbanisation est l'expansion des zones urbaines à mesure que les populations augmentent et se déplacent des zones rurales vers les villes. Cela inclut la construction de bâtiments, routes, infrastructures, et la création de zones résidentielles, commerciales et industrielles (MENASRA, 2023).

- **Désertification**

La désertification correspond à la destruction des terres dans les régions arides, semi-arides et subhumides sèches, due à différents éléments, tels que les changements climatiques et les activités humaines. Ceci conduit à une diminution de la productivité des sols et à une diminution de la diversité biologique (BELMAHDI, 2022).

- **Agriculture Intégrée et Intensive**

L'agriculture intégrée se concentre sur la gestion durable des ressources agricoles en combinant les cultures, le bétail et parfois l'aquaculture. L'agriculture intensive, en revanche, implique une utilisation élevée d'intrants (comme les engrais, les pesticides) pour maximiser les rendements (BELMAHDI, 2022).

- **Conservation des Terres**

L'objectif de la conservation des terres est de garantir la protection et la gestion durable des terres afin de préserver les ressources naturelles et la diversité biologique. Selon BELMAHDI (2022), cela englobe des méthodes telles que l'agroforesterie, les zones protégées et les réserves naturelles.

### **2.2.1. Implications du Changement d'Occupation du Sol**

D'après les recherches de MIRANVILLE (2024), les modifications de l'utilisation du sol ont des conséquences importantes sur l'environnement et les sociétés, notamment :

- **Environnementales** : La biodiversité diminue, les habitats se dégradent, les cycles hydrologiques sont altérés et les changements climatiques sont à la fois locaux et globaux.
- **Socio-économiques** : Changements dans les modes de vie, déplacements de populations, conflits concernant l'accès aux ressources et modifications de la qualité de vie.
- **Politiques et de Gestion** : Il est essentiel d'adopter des politiques de gestion durable des terres, de planifier les villes et de mettre en place des stratégies de préservation environnementale.

### **2.3. L'Occupation du Sol de la Wilaya de Bouir**

La répartition de l'occupation du sol dans la wilaya de Bouira est classée en plusieurs catégories selon l'Inventaire forestier national (IFN) de 2008. Les forêts naturelles, les maquis et les reboisements, qui représentent 12 % de la superficie totale de la wilaya, sont représentées par une superficie forestière de 94 049 hectares. Il est essentiel de préserver ces zones forestières afin de préserver la biodiversité, de réguler le climat local et de prévenir l'érosion des sols.

La superficie des terres de parcours, principalement destinées au pâturage du bétail, est de 125 830 hectares, soit 16 % de la superficie totale de la wilaya. Ces régions jouent un rôle crucial dans l'élevage, un élément clé de l'agriculture locale, faisant partie de la production de viande, de lait et de laine. Finalement, les zones non cultivables, telles que les zones rocheuses et les déserts, représentent 7 416 hectares, soit 1 % de la superficie totale. Malgré l'absence d'utilisation agricole directe de ces terres, elles contribuent à la gestion des ressources naturelles et à la préservation de certains habitats.

L'analyse de l'occupation du sol à Bouira met en évidence la diversité des utilisations des terres et la nécessité de pratiques de gestion intégrées et durables. La gestion efficace de ces ressources est essentielle pour soutenir le développement économique, préserver l'environnement et améliorer la qualité de vie des populations locales (**Figure 02**).



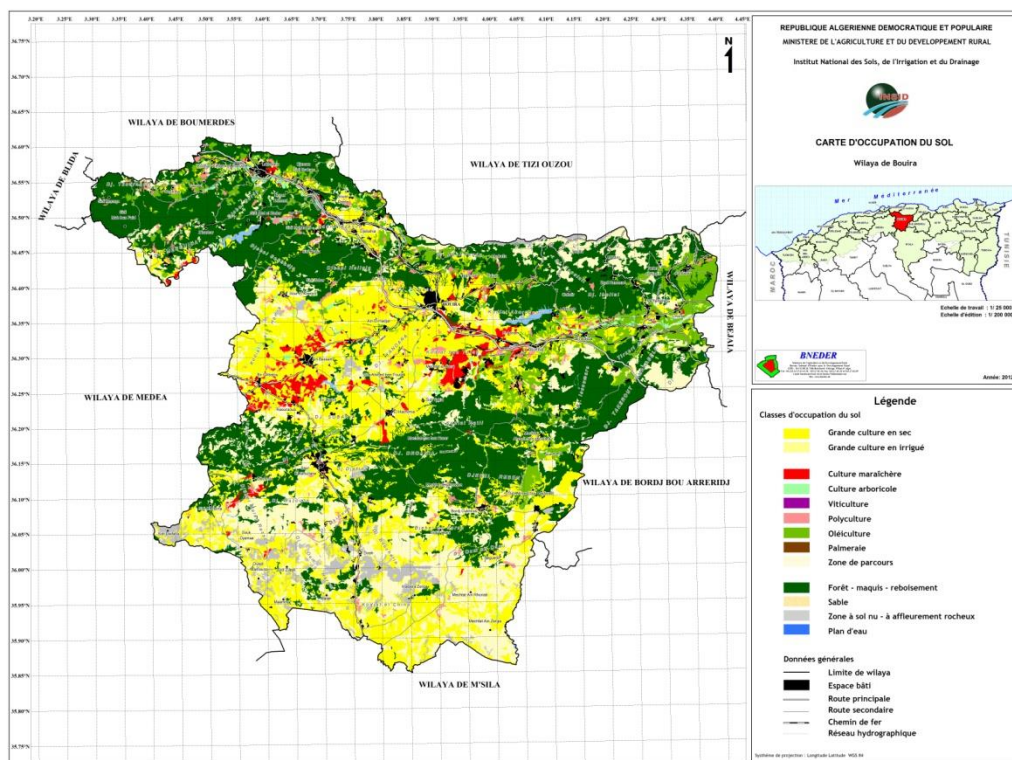


Figure 02 : Aménagement du sol de la wilaya de Bouira (DSA, 2012).

## 2.4.Revue des Études Antérieures sur le Changement d'Occupation du Sol

Le changement d'occupation du sol est un sujet de recherche multidisciplinaire qui a attiré l'attention des chercheurs du monde entier en raison de ses implications environnementales, sociales et économiques. Cette revue des études antérieures met en lumière les principaux travaux effectués dans ce domaine, en se concentrant particulièrement sur les approches méthodologiques, les résultats clés, et les lacunes dans la littérature (HOANG et al., 2009).

### 2.4.1. Quelques études dans le monde entier

La revue des études antérieures sur le changement d'occupation du sol montre une variété de méthodes et de résultats dans divers contextes géographiques. Voici quelques exemples :

**Tableau I** : La revue des études dans le monde entier

<b>L'année</b>	<b>Pays (Régions)</b>	<b>Les techniques</b>	<b>Réferencer</b>
<b>2011</b>	Liban (Béqaa Ouest)	Photos aériennes, images satellitaires	<b>Sparfel, 2011</b>
<b>2009</b>	Vietnam (bassin versant de la rivière Cáu)	Classifications de sol, analyses de composantes principales	<b>Hoang et al., 2009</b>
<b>2013</b>	France (zone côtière du pays de Brest)	Données hétérogènes (diverses sources de données géospatiales)	<b>Coulibaly, 2013</b>
<b>2015</b>	Burkina Faso (bassins versants de la Mékrou)	Données de télédétection	<b>OUEDRAOGO et al., 2015</b>
<b>2011</b>	Bénin	Données de télédétection	<b>ACHILLEAS,2011</b>

Ces études démontrent l'importance de l'analyse des changements d'occupation des sols pour comprendre les impacts des activités humaines sur l'environnement et pour planifier des politiques de gestion des ressources naturelles.

**Tableau II** : La revue des études dans La régions de Bouira

<b>L'année</b>	<b>Pays (Régions)</b>	<b>La Techniques</b>	<b>Réferencer</b>
<b>2019</b>	El Esnam	Analyse de sol	<b>Dr. A. Benslimane</b>
<b>2020</b>	Sour El Ghozlane	Étude hydrologique	<b>Prof. M. Lounis</b>
<b>2021</b>	Aïn Bessem	Cartographie par drones	<b>Dr. S. Kouider</b>
<b>2022</b>	Lakhdaria	Modélisation climatique	<b>Dr. R. Belkacem</b>
<b>2023</b>	Bechloul	télédétection	<b>Prof. H. Meddour</b>

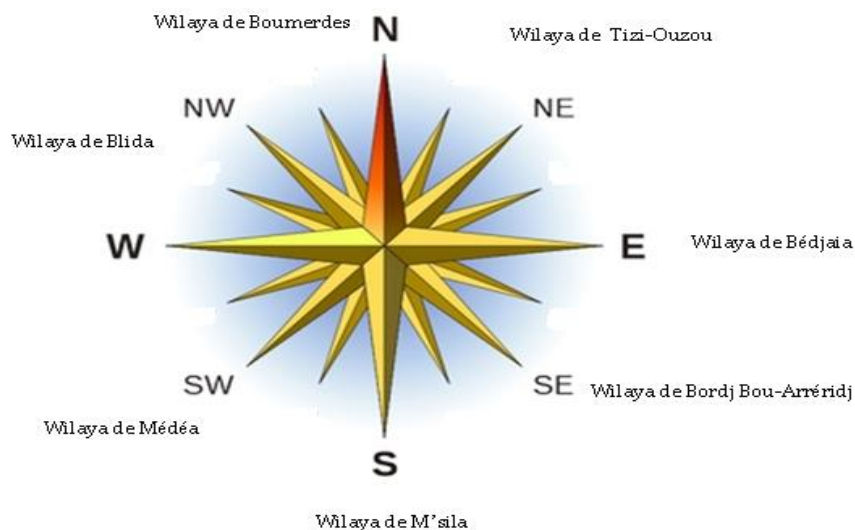
***Chapitre III***  
***Matériel et méthodes***

### 3.1. Présentation de la zone d'étude

#### 3.1.1. Limite administratif

La Wilaya de Bouira, établie selon les dispositions de l'ordonnance n° 74/69 du 02 juillet 1974, qui a redéfini l'organisation territoriale des wilayas, est située dans la région Nord - Centre de l'Algérie, à environ 120 kilomètres au sud-est d'Alger. Bouira est le chef-lieu de la wilaya et appartient à la région centrale, à 80 kilomètres de la côte et à 120 kilomètres de la capitale. Sa superficie communale s'élève à 97 kilomètres carrés, ce qui représente 2,15% de la superficie totale de la wilaya. La wilaya s'étend sur une superficie totale de 4454 kilomètres carrés, soit 0,19% du territoire national (QUETA, 2023).

Selon les résultats finaux du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) d'avril 2008, la population de Bouira s'élève à 695 593 habitants. À la fin de l'année 2008, cette population est estimée à 767 030 habitants, puis à 780 880 habitants à la fin de l'année 2013 et à 780 880 habitants à la fin de l'année 2014, ce qui représente une augmentation de 13 850 habitants. La densité de population moyenne est de 175 habitants par kilomètre carré (Figure 03) (SAIDI, 2016).



**Figure 03:** Les directions cardinales et inter cardinales de la wilaya de Bouira (QUETA, 2023).

#### 3.1.2. Cadre physique

La wilaya de Bouira, s'étendant partiellement sur les territoires des wilayas voisines de Médéa et de Tizi-Ouzou, est administrativement divisée en 12 daïras et 45 communes (Tableau III). Selon les données de l'Inventaire Forestier National (IFN) de 2008, la répartition de l'occupation du sol dans cette région est détaillée comme suit :

Tableau III: La répartition administrative des communes au sein des différentes daïras de la wilaya de Bouira (QUETA, 2023).

<b>Daira</b>	<b>Communes</b>
<b>Bouira</b>	Bouira - Ait Laaziz - Ain Turk
<b>Haizer</b>	Haizer – Taghzout
<b>Bechloul</b>	Bechloul - El Adjiba - Ahl El Ksar - Ouled Rached - El Esnam
<b>M'chedallah</b>	M'chedallah – Saharidj – Chorfa – Aghbalou – Ahnif - Ath Mansour
<b>Kadiria</b>	Kadiria – Aomar - Djebahia
<b>Bordj Okhriss</b>	Bordj Okhriss – Mesdour - HadjraZerga - Taguedite
<b>Lakhdaria</b>	Lakhdaria – Boukram - Bouderbala – Guerrouma - Z'barbar - Maala
<b>BirGhbalou</b>	BirGhbalou – Raouraoua - Khabouzia
<b>Ain Bessem</b>	Ain Bessem - Ain Laloui - Ain El Hadjar
<b>Souk El Khemis</b>	Souk El Khemis - El Mokrani
<b>El Hachimia</b>	El Hachimia - Oued El Berdi
<b>Sour ElGhozlane</b>	Sour ElGhozlane – Dechmia – Ridane – Maamora – Dirah - El Hakimia

### 3.1.3. Caractéristiques générales du relief

Le relief de la wilaya de Bouira est varié et complexe, comportant des vallées profondes, des ravins, des chaînes de montagnes imposantes et des collines. Voici un aperçu détaillé des principales caractéristiques géographiques de la région (KEDDAM et KANEM, 2022).

#### a) La Partie Nord

- **Chaîne de Djurdjura :**

- Localisation : Située au nord, elle forme une barrière naturelle entre la Méditerranée et le centre de la wilaya de Bouira.
- Altitude : Le sommet de Lalla-Khedidja, le point culminant, atteint 2308 mètres. Le chef-lieu de la wilaya est situé à une altitude de 525 mètres, au pied du versant sud-ouest de cette chaîne.

- **Relief Contrasté :**

- Montagnes : Djebel Bouzegza (1032 m) et Djebel Bordja (857 m).
- Hydrographie : L'Oued Isser, qui coule initialement d'est en ouest, change de direction après avoir traversé les gorges de Lakhdaria. La vallée de l'Oued Isser abrite une nappe phréatique significative.

- **Montagnes Hellala et Koudiat-Tazzaft :**

- Altitude : Respectivement 1042 mètres et 1007 mètres.
- Collines : Une série de collines relie ces montagnes à la plaine intérieure d'Ain-Bessem (altitude moyenne de 650 mètres).
- Rivières : L'Oued-Sahel et ses affluents entre Ain-Bessem et Ain-Laloui, et l'Oued-Krarif et l'Oued-Zeghoua vers Bir-Ghbalou.

**b) La Partie Sud-ouest**

- **Chaîne des Bibans :**

- Relief : Dominée par les Djebels Serou (1361 m) et Garn-Eslem (1317 m).
- Climat : La présence de montagnes au nord atténue les influences méditerranéennes, exposant la région tantôt aux vents de l'ouest, tantôt au sirocco du sud.
- Précipitations : Environ 510 mm par an, principalement d'octobre à avril, souvent sous forme de fortes pluies torrentielles.

**c) La Partie Est**

- **Massif du Djurdjura :**

- Sommets : Djebel Haizer (2123 m), Ras Timdiouine (2305 m), et Tirourda (1962 m).
- Limite : La crête formée par ces sommets marque la frontière avec la wilaya de Tizi-Ouzou.

#### d) La Partie Sud

- **Djebel Dirah :**
  - Altitude : Culmine à 1810 mètres.
  - **Géographie :** Fait partie de l'ensemble montagneux s'étendant de l'Ouarsenis à la chaîne des Bibans, marquant la fin du Tell.

La wilaya de Bouira présente un relief diversifié, incluant des chaînes de montagnes, des vallées profondes, des ravins et des collines. Les caractéristiques géographiques de cette région influencent fortement son climat, ses précipitations et ses conditions environnementales. Les montagnes du Djurdjura au nord et des Bibans au sud-ouest jouent un rôle crucial dans la protection de la région contre les influences climatiques extérieures, tout en abritant une riche biodiversité. La complexité du relief rend la gestion des ressources naturelles et le développement infrastructurel particulièrement importants pour la wilaya.

#### 3.1.4. Caractéristiques générales du climat

##### 3.1.4.1 La Température

La wilaya de Bouira est caractérisée par un climat marqué par des hivers rigoureux et des étés chauds, avec des variations annuelles importantes. Les températures varient considérablement au cours de l'année, comme le montrent les données suivantes (**AZZOUG et al., 2023**) :

- **Été (mai à septembre) :** Les températures peuvent atteindre entre 36,7 °C et 43,3 °C.
- **Hiver (janvier à mars) :** Les températures oscillent entre 18,5 °C et 25,5 °C.

Les températures moyennes mensuelles enregistrées en 2015 dans certaines stations de la wilaya sont les suivantes :

- **Station de Bouira :** Températures variant de 7,5 °C à 29,3 °C.
- **Station de M'chedellah :** Températures variant de 7,0 °C à 28,4 °C.
- **Station d'El-Esnam :** Températures variant de 10 °C à 24,4 °C.
- **Ain Bessam :** Température moyenne annuelle enregistrée de 18,1 °C.

En ce qui concerne les ressources en eau, la wilaya de Bouira dispose d'importantes réserves, bien que leur utilisation ne soit pas optimale. La région est traversée par plusieurs bassins versants significatifs, contribuant à un apport moyen annuel d'environ 561 millions de m<sup>3</sup>, répartis comme suit (**DJENBA, 2015**) :

- **Bassin versant de l'Isser** : 135 millions de m<sup>3</sup>/an.
- **Bassin versant du Sahel Soummam** : 380 millions de m<sup>3</sup>/an.
- **Bassin versant du Hodna** : 35 millions de m<sup>3</sup>/an.
- **Bassin versant de l'humus** : 11 millions de m<sup>3</sup>/an.

#### 3.1.4.2. Les Précipitations

La wilaya de Bouira bénéficie de précipitations favorables, particulièrement dans sa partie nord (Atlas Blidéen et versant sud du Djurdjura) ainsi que sur une grande partie de la chaîne des Bibans. Les précipitations annuelles moyennes varient en fonction de la région (BOUCHENE, 2014) :

- **Partie nord (Atlas Blidéen et versant sud du Djurdjura)** : Moyenne de 300 à 400 mm/an.
- **Chaîne des Bibans** : Précipitations moyennes similaires.
- **Sommets du Djurdjura** : Les précipitations peuvent dépasser 700 mm/an.
- **Dépression centrale** : Précipitations variant entre 350 et 400 mm/an.
- **Dépression Sud Bibanique** : Les précipitations les plus faibles, variant entre 200 et 280 mm/an.

**Tableau 04:** Température et précipitation (Année 2015) (BOUCHENE, 2014).

Mois	Précipitation en (mm)	Nombre de jour de pluie	Température
Janvier	100,1	14	07,7 °C
Février	126,5	18	07,5 °C
Mars	38,9	10	12,0 °C
Avril	01,5	01	16,7 °C
Mai	13,5	03	21,0 °C
Juin	11,5	04	23,8 °C
Juillet	00,2	00	29,3 °C
Aout	01,2	01	28,2 °C
Septembre	49,4	07	22,6 °C
Octobre	40,1	10	18,4 °C
Novembre	31,8	07	12,4 °C
Décembre	00	00	09,8 °C
Moyenne Annuelle	498,3	-	17,5°C

#### 3.1.4.3 Les Vents



Les vents dans la région proviennent principalement de l'est et de l'ouest, avec des vitesses généralement modérées. Les vitesses moyennes annuelles enregistrées sont de 2,2 m/s à la station de Bouira et de 3,4 m/s à la station d'Ain-Bessem. Le sirocco souffle en moyenne 4 jours par an, principalement en juillet et août (BOUCHENE, 2014).

#### **3.1.4.4. La Neige**

La neige est principalement présente dans la région de Djurdjura, avec une présence moindre dans la région de Dirah (BOUCHENE, 2014).

#### **3.1.4.5. La Grêle**

La grêle est plus fréquente entre décembre et mars, avec une moyenne annuelle de 2 jours à Lakhdaria et de 1 à 2 jours à Sour-El-Ghozlane (BOUCHENE, 2014).

#### **3.1.4.6. Les Gelées**

Les gelées blanches surviennent en moyenne de 10 à 20 jours par an, principalement entre novembre et avril (BOUCHENE, 2014).

#### **3.1.4.7. Les Sols**

Les sols de la région varient, avec une prédominance de sols calcaires dans les zones montagneuses. Les plaines présentent une diversité de sols, comprenant des sols alluviaux et de bonnes terres de texture moyenne. La structure géographique suggère une région de formation récente, où les séismes sont possibles (BOUCHENE, 2014).

#### **3.1.4.8. La Végétation**

La végétation varie en fonction du relief et du climat. Au sud du Djebel Dirah, la végétation est steppique. Dans les régions nord-est et nord-ouest, on trouve une végétation forestière composée de pin d'Alep, sapin, et chêne-liège. Cette végétation est présente à Tikjda, Haizer, Ait-Laaziz, Aomar, Begasse, Bouzegza, Maala, Guerrouma, Serou, Ksenna, Ahl El-Ksar, et Bordj-Okhriss. Les cultures céréalières et fruitières dominent à l'ouest (plaine des Arribs), au centre (zone de Bouira), et au sud-est (Sour-El-Ghozlane, Oued-Djenane). Les oliveraies sont vastes sur les hauteurs du nord, notamment à M'chedallah, et des cultures maraîchères sont présentes dans la plaine des Issers (BOUCHENE, 2014).

#### **3.1.5. Hydrographie**

La wilaya de Bouira bénéficie de ressources hydriques considérables, avec des bassins versants importants contribuant à un apport moyen annuel d'environ 561 millions de mètres cubes. La répartition est la suivante (BOUCHENE, 2014) :

- **Bassin versant de l'Isser** : 135 millions de mètres cubes par an.
- **Bassin versant du Sahel Soummam** : 380 millions de mètres cubes par an.
- **Bassin versant du Hodna** : 35 millions de mètres cubes par an.
- **Bassin versant de l'Humus** : 11 millions de mètres cubes par an.

La diversité climatique et hydrologique de la wilaya de Bouira influence fortement son agriculture, sa gestion des ressources naturelles, et son développement socio-économique.

### **3.2. La base de données**

Une base de données est une compilation de données structurées de manière conceptuelle, décrivant les caractéristiques des données et les relations entre leurs entités respectives. Son objectif est de fournir une assistance dans divers domaines d'application. Par Oxemple, une base de données SIG (Système d'Information Géographique) contient de données liées à la localisation et aux attributs des caractéristiques géographiques (**DEHAINS ALA, 2007**).

### **3.3. Les données dans les SIG**

#### **3.3.1 Mode d'acquisition de donnée**

Les données géographiques proviennent de sources diverses et sont acquises de différentes manières, sur différents supports, qualifiées de multi-sources. Certaines données sont obtenues directement sur le terrain (levés topographiques) ou à distance (systèmes de positionnement global GPS, photographies aériennes, images satellitaires). D'autres sont saisies à partir de cartes ou de plans existants, ou bien collectées par des organismes spécialisés avant d'être importées dans les SIG. Il est nécessaire d'intégrer ces données disparates en raison de leurs différences de qualité, de fiabilité, de précision et d'étendue spatiale (**URBANI, 2006**).

#### **3.3.2 Numérisation**

La numérisation (ou vectorisation) consiste à récupérer la géométrie des objets présents sur un plan ou une carte existante. Elle implique le déplacement d'un curseur sur une table à digitaliser, préalablement calibrée en coordonnées, détectant les signaux électriques avec une précision d'environ un dixième de millimètre (**REZEG, 2010**).

### **3.3.3 Balayage électronique (scannérisation)**

Le balayage électronique, effectué à l'aide d'un scanner, est une méthode plus rapide que la numérisation manuelle pour capturer un plan existant (**REZEG, 2010**).

### **3.3.4. Photogrammétrie**

La photogrammétrie aérienne est couramment utilisée pour créer des cartes à moyenne échelle, notamment dans les régions où la cartographie et la géodésie sont peu développées. Elle peut également être utilisée pour produire des plans à grande échelle à moindre coût (**OULIDI, 2019**).

### **3.3.5 .Images satellitaires (télédétection)**

La télédétection, que ce soit à partir de photographies aériennes ou d'images transmises par satellite, est un moyen pratique de générer des données pour les SIG (**OULIDI, 2019**).

### **3.3.6. Import de fichiers**

Cette méthode permet de réduire les coûts de saisie en récupérant des données existantes et en les convertissant dans le format, le système d'unités et le système de projection souhaités. Cela implique l'utilisation d'interfaces pour la conversion directe dans le format interne du SIG récepteur ou l'utilisation d'un format d'échange reconnu par une fonction d'importation de données du SIG récepteur (**OULIDI, 2019**).

## **3.4. QGIS (Quantum Geographic Information System)**

QGIS (Quantum Geographic Information System) est une application SIG (système d'information géographique) gratuite et open-source qui permet aux utilisateurs de créer, éditer, visualiser, analyser et publier des informations géospatiales (**SHAIRA et al ., 2020**). Il fonctionne sous Linux, Unix, Mac OS, Windows et Android, et prend en charge de nombreux formats et fonctionnalités vectoriels, raster et de base de données. Voici quelques caractéristiques et composants clés de QGIS Selon (**ELAKKIYA, 2023**) :

1. **Interface Utilisateur** : QGIS offre une interface intuitive et conviviale comprenant des vues cartographiques, des couches, des barres d'outils et des menus pour diverses opérations SIG.

2. **Prise en Charge des Couches** : QGIS prend en charge une large gamme de formats vectoriels (points, lignes, polygones) et raster (images, grilles). Les utilisateurs peuvent ajouter et gérer plusieurs couches simultanément.
3. **Symbologie et Style** : QGIS propose des options avancées pour la symbolisation et le style des couches. Les utilisateurs peuvent personnaliser les couleurs, les symboles, les étiquettes et plus encore pour créer des cartes visuellement attrayantes.
4. **Édition des Données** : QGIS permet aux utilisateurs de créer et d'éditer des données vectorielles et raster. Il comprend des outils pour la numérisation de nouvelles fonctionnalités, la modification des fonctionnalités existantes et la réalisation d'analyses géospatiales.
5. **Plugins** : La fonctionnalité de QGIS peut être étendue grâce à des plugins. La communauté QGIS a développé de nombreux plugins pour des tâches telles que le géotraitement, le géocodage, l'analyse de réseau et plus encore.
6. **Géotraitement** : QGIS comprend un ensemble complet d'outils de géotraitement pour des tâches telles que la création de tampons, la découpe, l'intersection et la fusion de jeux de données. Il prend également en charge l'intégration avec d'autres outils SIG comme GRASS GIS et SAGA GIS.
7. **Systèmes de Référence de Coordonnées** : QGIS prend en charge divers systèmes de référence de coordonnées (SRC) et permet la projection à la volée des données pour garantir une cartographie et une analyse précises.
8. **Cartographie Web** : QGIS peut être utilisé pour publier des cartes et des données géospatiales sur le web en utilisant des outils comme QGIS Server et QGIS Cloud. Cela permet de partager des cartes avec un public plus large.
9. **Visualisation et Analyse des Données** : QGIS fournit des outils pour l'analyse spatiale, y compris l'analyse de superposition, l'analyse de proximité et l'analyse statistique. Les utilisateurs peuvent également créer des graphiques pour visualiser les données.
10. **Communauté et Documentation** : QGIS dispose d'une forte communauté d'utilisateurs et d'une documentation extensive, y compris des manuels utilisateurs, des

tutoriels et des forums, qui offrent un support et des ressources pour les utilisateurs de tous niveaux.

QGIS est largement utilisé dans divers domaines tels que la planification urbaine, les sciences de l'environnement, l'agriculture, la foresterie et bien plus en raison de sa polyvalence et de ses capacités robustes.

### **3.5. Traitement des données satellitaires**

#### **3.5.1. Prétraitement des images satellitaires**

##### **a) Corrections géométriques**

Les images capturées par les systèmes d'observation terrestre ne peuvent être directement superposées aux cartes en raison de déformations géométriques. Ces déformations résultent d'erreurs de positionnement du satellite, de la rotation de la Terre pendant l'enregistrement de l'image, des effets du relief terrestre, etc. Les satellites prenant parfois des images en oblique, ces déformations peuvent être accentuées. Certaines déformations sont prévisibles et peuvent être corrigées systématiquement (**DAGORNE, 1988**).

##### **b) Corrections radiométriques**

Un système d'observation terrestre idéal mesurerait précisément et uniformément l'énergie réfléchi par les objets. Cependant, la lumière solaire traversant l'atmosphère altère les mesures en raison de la diffusion et de l'absorption par les gaz et les particules atmosphériques. Le traitement électronique des données capturées par les capteurs est également sujet à des perturbations, rendant la détermination précise des valeurs radiométriques difficile. Les corrections radiométriques reposent sur des modèles mathématiques complexes ou sur l'observation de cibles de référence avec une radiométrie connue (**PELLETIER, 2017**).

#### **3.5.2 Géo référencement des images satellitaires**

Les images satellitaires fournies brutes présentent des déformations spatiales dues à divers paramètres tels que les variations d'altitude du satellite, les imperfections de ses capteurs, l'inclinaison de son orbite, et des facteurs terrestres comme la forme de l'ellipsoïde et

les reliefs. Pour superposer deux images avec précision ou les aligner avec une carte topographique, les images doivent être corrigées géométriquement des effets de ces déformations systématiques (**LATIFOVIC et al , 2005**).

### **3.5.3 Classification des images satellitaires**

L'analyse de la dynamique du couvert végétal repose sur une classification précise des unités présentes sur une image. Cette classification, utilisée pour produire des cartes thématiques, peut être réalisée sur un ou plusieurs canaux d'une image afin de séparer les différents éléments en fonction de leurs caractéristiques spectrales (**PONY et al., 2000**).

#### **a) Classification non supervisée**

Les classes spectrales sont formées sur la base de l'information numérique des données. Un analyste associe ensuite ces classes à des classes d'information utile. Les algorithmes de classification déterminent les groupes statistiques naturels ou les structures des données. Ce processus itératif peut nécessiter des ajustements et de nouvelles applications de l'algorithme (**CAMPEDEL et MOULINES, 2005**).

#### **b) Classification supervisée**

L'analyste identifie des échantillons homogènes de l'image représentant différents types de surfaces, formant un ensemble de données-tests. Ces échantillons sont sélectionnés en fonction des connaissances de l'analyste. L'ordinateur utilise ces données pour définir les classes et reconnaître des régions présentant des propriétés similaires. Une fois la signature spectrale de chaque classe établie, l'ordinateur attribue chaque pixel de l'image à la classe correspondante (**CAMPEDEL et MOULINES, 2005**).

### **3.5.4. Les Images Satellitaires**

- **Landsat-8**

Landsat-8 lancé par la NASA en 2013, permet d'acquérir des images tous les seize jours avec une fauchée de 185 km. Il embarque deux capteurs (**EL GAROUANI et al., 2008**) :

1. **Operational Land Imager (OLI)** : Résolutions et bandes spectrales variées (30 m pour les multispectrales, 15 m pour le panchromatique)

2. **Thermal Infra-Red Sensor (TIRS)** : Acquisition en infrarouge thermique avec une résolution de 100 m

**Tableau 05:** Différents capteurs multi spectraux et résolutions spatiales (**KALI-KELE, 2023**).

Satellite	Capteur	Résolution-Sol
Meteosat 11	Seviri	1 km
PROBA-V	VEGETATION	100 m - 300 m
Landsat 8	TIRS	100 m
Landsat 4	MSS	80 m
Landsat 4	Thematic Mapper	30 m
Landsat 8	OLI Multispectral	30 m
SPOT 3	HRV Multispectral	20 m
Landsat 8	OLI Panchromatique	15 m
SPOT 3	HRV Panchromatique	10 m
SPOT 6&7	Multispectral	6 m
Pléiades	Multispectral	2 m
<b>SPOT 6&amp;7</b>	Panchromatique	1,5 m
<b>Pléiades</b>	Panchromatique	0,70 m

- **Sentinel-2**

C'est une série de satellites d'observation de la Terre développés par l'Agence spatiale européenne (ESA). Les satellites Sentinel-2 sont équipés de capteurs optiques multispectraux qui captent des images haute résolution de la surface terrestre. Ils sont utilisés pour diverses applications telles que la surveillance de l'usage des terres, la gestion des ressources naturelles, la cartographie environnementale, et la réponse aux crises humanitaires (**ZAABAR, 2022**).

- **Sentinel-3**

Également faisant partie du programme Copernicus, Sentinel-3 est une série de satellites conçus pour observer les océans et la surface terrestre. Ces satellites fournissent des données précieuses pour surveiller les changements climatiques, l'océanographie, la qualité de l'eau et d'autres paramètres environnementaux essentiels à travers des instruments avancés tels que des radiomètres et des altimètres (PINSULT *et al.*, 2022).

- **Semi classification plugin (SCP)**

Est un outil puissant intégré dans le logiciel QGIS, conçu pour simplifier et améliorer le processus de classification d'images de télédétection. Ce plugin est particulièrement utile pour les chercheurs et les professionnels travaillant dans les domaines de l'analyse des changements d'occupation du sol, de l'écologie, de l'agriculture, et de la gestion des ressources naturelles. Voici un aperçu des fonctionnalités et des avantages du SCP (EL GAROUANI *et al.*, 2008) :

- **Fonctionnalités principales**

1. **Prétraitement des images**

- **Importation des données** : L'importation d'images de différents satellites (Landsat, Sentinel, etc.) et formats (GeoTIFF, HDF, etc.) est possible grâce au SCP.
- **Correction radiométrique et atmosphérique** : L'outil facilite les corrections nécessaires pour améliorer la qualité des images et assurer leur compatibilité pour les analyses ultérieures.
- **Géoréférencement** : Assure que les images sont correctement alignées avec les coordonnées géographiques.

2. **Création de classes de formation** :

- **Sélection des échantillons** : Les usagers ont la possibilité de choisir de manière manuelle des échantillons de pixels afin de générer des classes de formation qui reposent sur des caractéristiques spectrales particulières.



- **Automatisation** : Possibilité d'utiliser des algorithmes automatiques pour détecter et créer des classes de formation à partir de grandes zones.
3. **Classification d'images** :
- **Classification supervisée** : Diffuse l'ensemble de l'image en différentes catégories d'occupation du sol (forêt, eau, zones urbaines, etc.) en utilisant des échantillons de formation.
  - **Classification non supervisée** : Applique des algorithmes tels que K-means pour identifier des clusters naturels de pixels sans échantillons de formation préalables.
4. **Algorithmes avancés** : Intégration de différentes méthodes de classification telles que la classification par arbre de décision, la forêt à événements inattendus et les machines à support vectoriel (SVM).
5. **Post-traitement et analyse** :
- **Évaluation de l'exactitude** : Amélioration de la précision des classifications en créant des matrices de confusion et en calculant des indices tels que l'indice Kappa.
  - **Cartographie** : Création de cartes thématiques détaillées représentant les différentes classes d'occupation du sol.
  - **Analyse temporelle** : Comparaison de différentes périodes pour analyser les changements dans l'occupation du sol au fil du temps.
6. **Gestion des données** :
- **Base de données intégrée** : Efficacité dans le stockage et la gestion des images et des résultats de classification.
  - **Interfaçage avec d'autres outils SIG** : Intégration facile avec d'autres plugins QGIS et outils SIG pour une analyse spatiale plus approfondie.

- **Avantages :**
- **Accessibilité et facilité d'utilisation :** SCP est conçu pour être convivial, même pour les utilisateurs ayant une connaissance limitée de la télédétection et des SIG.
- **Automatisation et efficacité :** Les caractéristiques automatisées permettent de diminuer le temps et les efforts requis pour traiter et analyser les images.
- **Précision et fiabilité :** Les algorithmes avancés et les outils de prétraitement améliorent la précision des classifications et des analyses.
- **Flexibilité :** Compatible avec une large gamme de données satellitaires et formats d'image, permettant une utilisation dans divers contextes géographiques et thématiques.

Ce résumé présente une synthèse des buts des SIG et des utilisations de la télédétection, soulignant leur importance dans la gestion et l'analyse des données géographiques.

### **Google Earth et USGS Earth**

Il permet aux utilisateurs d'explorer des cartes mondiales, le terrain et les vues de rue, ainsi que de créer des cartes personnalisées en marquant des lieux et en ajoutant des informations. Google Earth propose également des images historiques pour observer les changements au fil du temps et prend en charge des couches pour différents types d'informations telles que les routes, les frontières et les points d'intérêt. En revanche, l'USGS Earth Explorer, une plateforme web, donne accès à une grande variété de données de télédétection, y compris des images satellites, des photographies aériennes et des modèles numériques de terrain. Les utilisateurs peuvent rechercher et télécharger des données de sources diverses comme Landsat, Sentinel et MODIS, en se basant sur une zone géographique, une plage de dates et un type de jeu de données (**MOORE, 2011**).

Earth Explorer offre également des outils pour visualiser et analyser les données directement dans le navigateur, ce qui en fait un outil précieux pour la recherche scientifique, la gestion des terres et la planification. Tandis que Google Earth est idéal pour l'exploration décontractée, l'éducation et la création de visualisations, USGS Earth Explorer est plus adapté aux professionnels et aux chercheurs nécessitant un accès à des données géospatiales détaillées (**YUNIAWATIKA et al., 2023**).

## Logiciel statistiques R

R est un langage de programmation et un environnement logiciel utilisé principalement pour l'analyse statistique et la visualisation de données. Voici quelques points clés à savoir sur R (HUSSON *et al.*, 2018) :

- 1. Gratuit et Open Source :** R est gratuit à télécharger et à utiliser, et il est maintenu par une communauté de développeurs dans le monde entier.
- 2. Large Écosystème :** Il dispose d'une vaste bibliothèque de packages pour diverses analyses statistiques, modèles prédictifs, graphiques et plus encore.
- 3. Flexibilité :** R est extrêmement flexible, permettant aux utilisateurs de créer leurs propres fonctions et packages pour répondre à des besoins spécifiques.
- 4. Interface :** Il peut être utilisé en ligne de commande, mais il est souvent utilisé avec des interfaces utilisateur comme RStudio, qui facilitent l'écriture de code, la visualisation de données et l'organisation de projets.
- 5. Graphiques :** R est réputé pour ses capacités de visualisation avancées, permettant de créer des graphiques statistiques complexes et personnalisables.

Pour commencer avec R, vous pouvez télécharger R à partir de CRAN (Comprehensive R Archive Network) et utiliser RStudio comme interface de développement.

### 3.6. Méthodologies

#### 1. Téléchargement des Images Satellitaires

Ouvrir Google Earth Explorer.

- Télécharger les images satellites de la zone d'étude en sélectionnant celles qui offrent une bonne résolution et une couverture temporelle adéquate. Les dates spécifiques des images à utiliser sont les suivantes :

- 10/05/2016

- 22/06/2020

- 17/06/2024

#### 2. Ouverture d'un Nouveau Projet dans QGIS

Lancer QGIS et créer un nouveau projet :

- Ouvrir QGIS.

- Créer un nouveau projet en sélectionnant Projet > Nouveau.

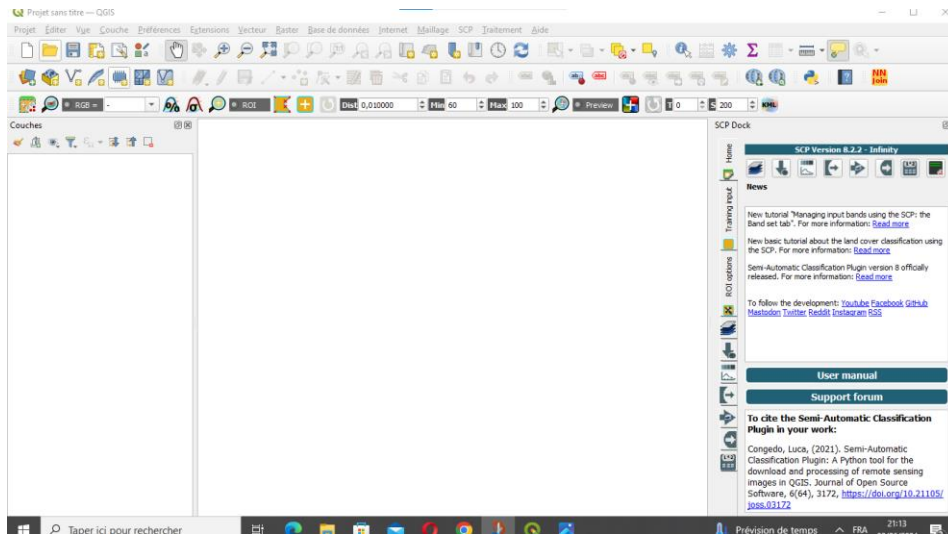


Figure 04: Interface de QGIS avec un nouveau projet ouvert (Originale,2024).

### 3. Importation des Images Satellitaires dans QGIS

- Importer les images satellites dans QGIS :
- Dans QGIS, allez dans Layer> Add Layer> Add Raster Layer pour importer les images satellites.

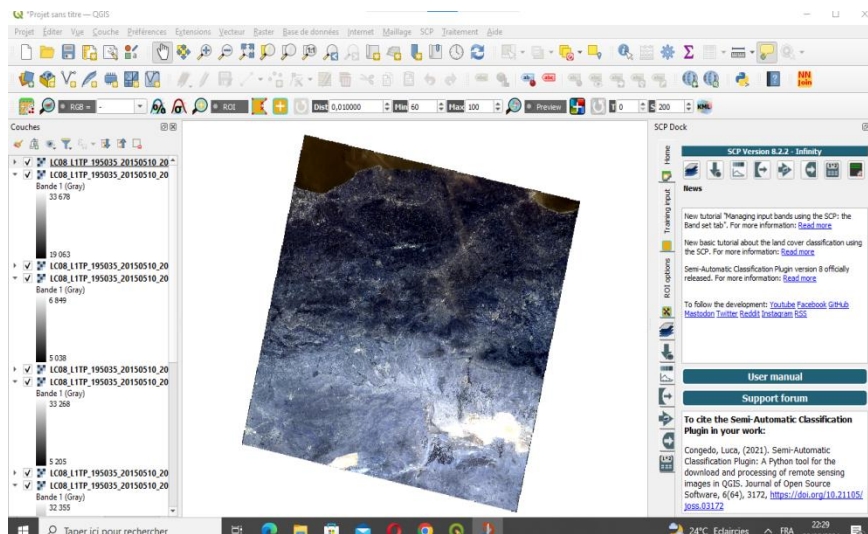


Figure 05 : Interface d'importation des images satellites dans QGIS (Originale, 2024)

#### 4. Mosaïquage des Images (si nécessaire)

- Créer une mosaïque des images satellites :
  - Si vous avez plusieurs images couvrant différentes parties de la zone d'étude, utilisez l'outil de mosaïque pour les combiner en une seule image.
  - Allez dans Raster > Miscellaneous > Merge pour combiner les images.

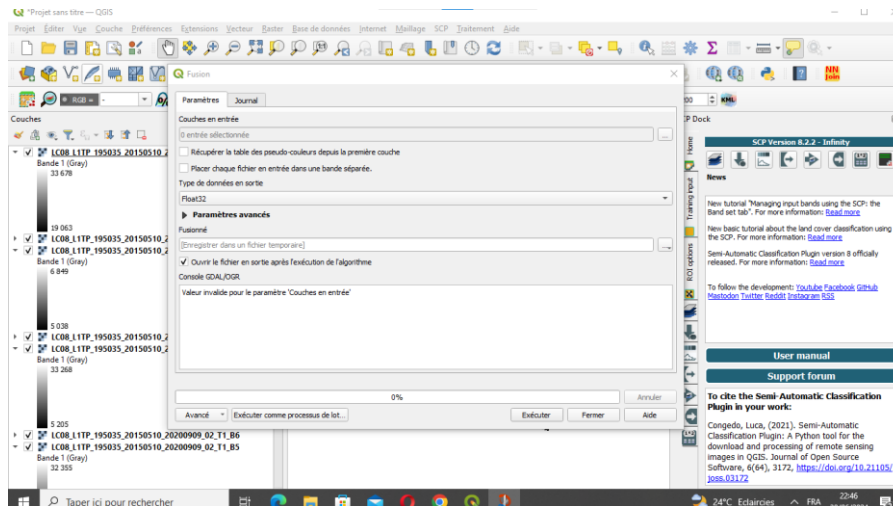


Figure 06 : Interface de l'outil de mosaïquage dans QGIS (Originale ,2024).

#### 5. Importation du Fichier Vecteur Bonira Shapefile

- Importer le fichier vecteur Bouira Shapefile :
  - Allez dans Layer > Add Layer > Add Vector Layer pour importer le fichier Shapefile de Bouira.
  - Sélectionnez le fichier Shapefile de Bouin et cliquez sur Ouvrir pour l'ajouter à votre projet QGIS.

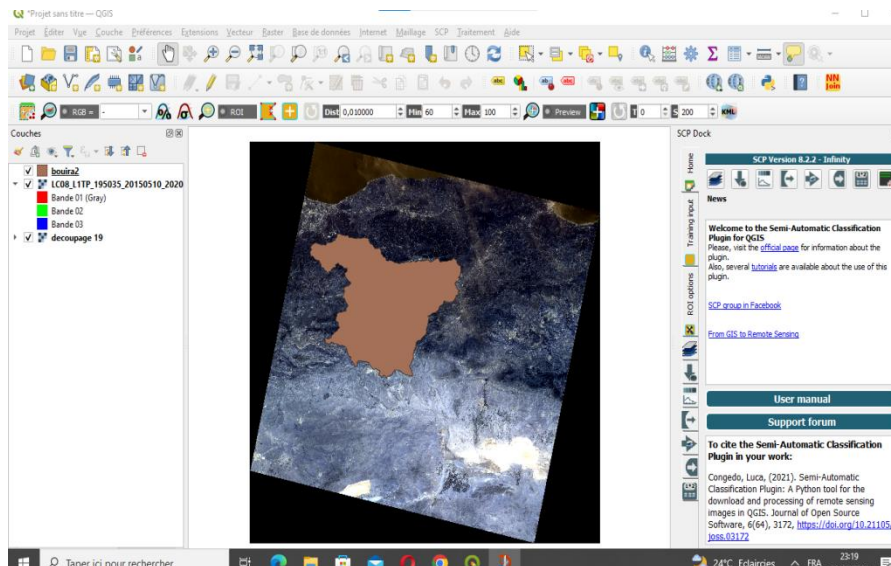


Figure 07 : interface importation du fichier vecteur Bouira Shapefile (Originale, 2024)

## 6. Extraction et Découpe du Raster selon un Couch er de Masques

- Extraire et découper le raster selon un coucher de masques :
  - Sélectionnez le raster à découper et le fichier vecteur de masques (par exemple, le Shapefile de Bouira) pour définir les limites de découpe.
  - Allez dans Raster > Extraction > Clipper pour ouvrir l'outil de découpe.
  - Dans la fenêtre de l'outil de découpe, sélectionnez l'option Mask layer et choisissez le fichier vecteur de masques.
  - Cliquez sur Run pour effectuer la découpe.

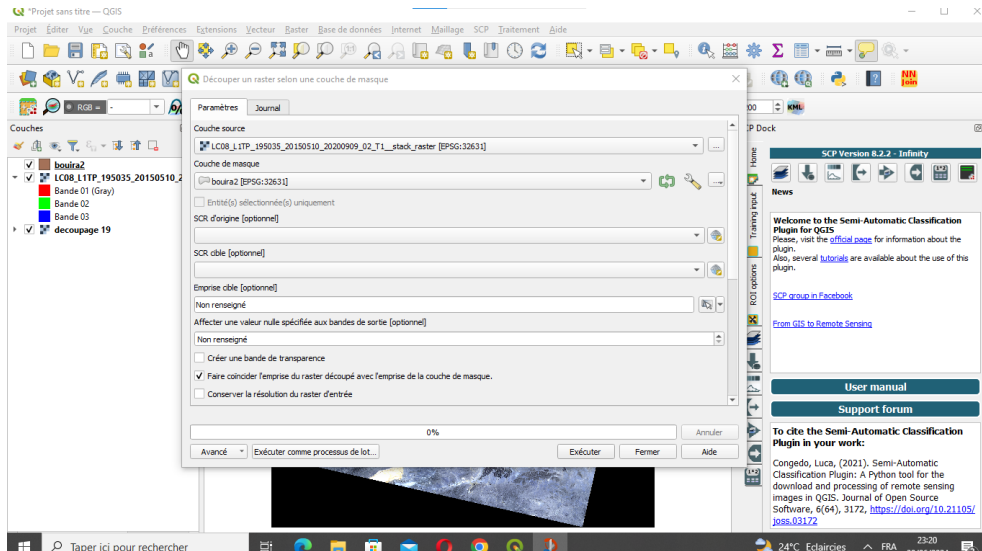


Figure 08 : Interface de l'outil de découpe dans QGIS (Originale ,2024).

## 7. Application de la Classification Supervisée

### • Appliquer la classification supervisée :

- Utilisez un algorithme de classification non supervisée, comme K-means, pour identifier les différentes classes d'occupation du sol.
- Allez dans Raster > Analysis > Clustering K-means ou utilisez le plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP).
- Configurez les paramètres nécessaires pour le nombre de classes et d'autres options spécifiques à l'algorithme choisi.

Cliquez sur Run pour lancer la classification.

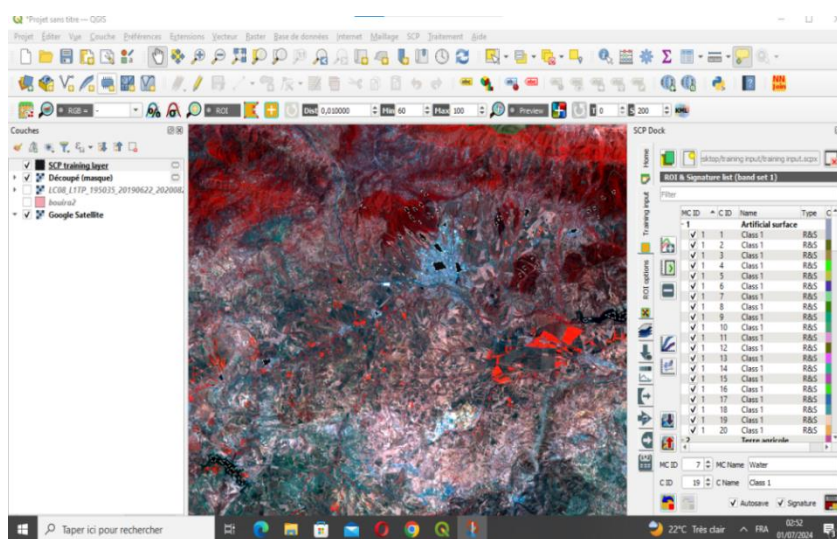


Figure 09 : Interface de l'outil de classification non supervisée dans QGIS (Originale ,2024).

## 8. Étiquetage des Classes

- **Étiqueter les classes d'occupation du sol :**
  - Interprétez les classes identifiées par l'algorithme de classification non supervisée.
  - Assignez des étiquettes descriptives aux classes en fonction de leur caractéristique d'occupation du sol.
    - Exemples d'étiquettes : **water, Forest, Grass, Crop, Shrubs, Build area, Bare soil, Snow.**

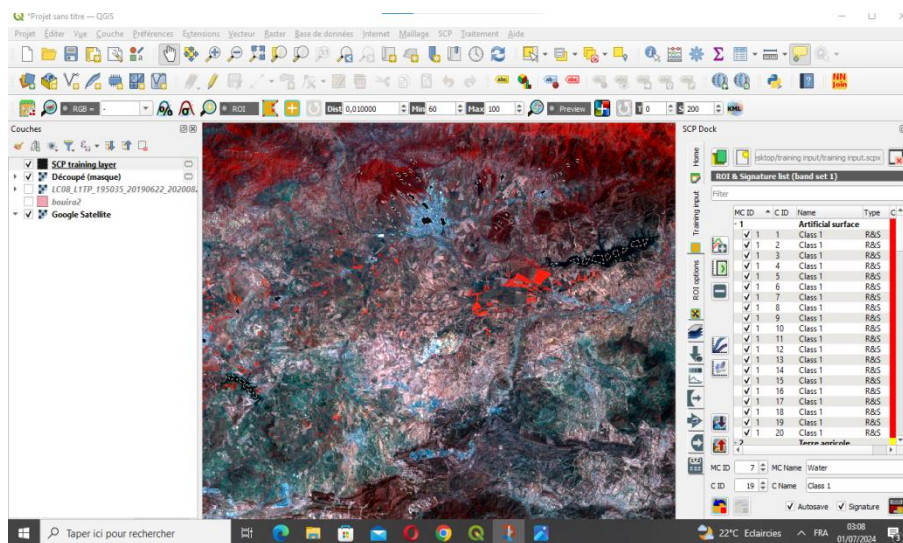


Figure 10 : interface d'étiquetage des classes dans QGIS (Originale, 2024)

## 9. Validation des Résultats

- **Valider les résultats de la classification :**
  - Comparez les résultats de la classification avec des données de référence, telles que des relevés de terrain ou des images satellitaires de haute résolution, pour valider l'exactitude de la classification.
  - Utilisez des matrices de confusion pour évaluer la précision globale, la précision utilisateur et la précision producteur des classes.
  - Ajustez les paramètres de classification si nécessaire pour améliorer la précision.



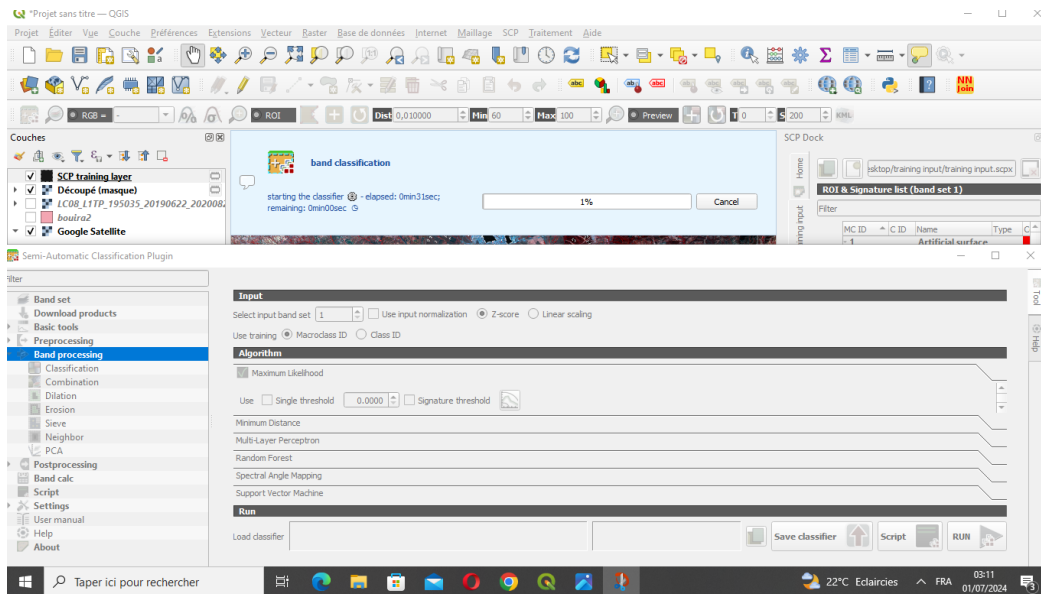


Figure 11 : Résultats de la validation avec comparaison des données de référence ( Original, 2024).

# *Résultats et discussion*

Nous avons sélectionné la zone d'étude de Bourra AFM de réaliser une analyse des changements d'occupation du sol sur les années 2016, 2020 et 2024. Cette étude nous permette de comprendre les dynamiques d'évolution des différentes classes d'occupation du sol, telles que l'eau, la forêt, les herbes, les cultures, les arbustes, les zones bâties, le sol nu, et la neige

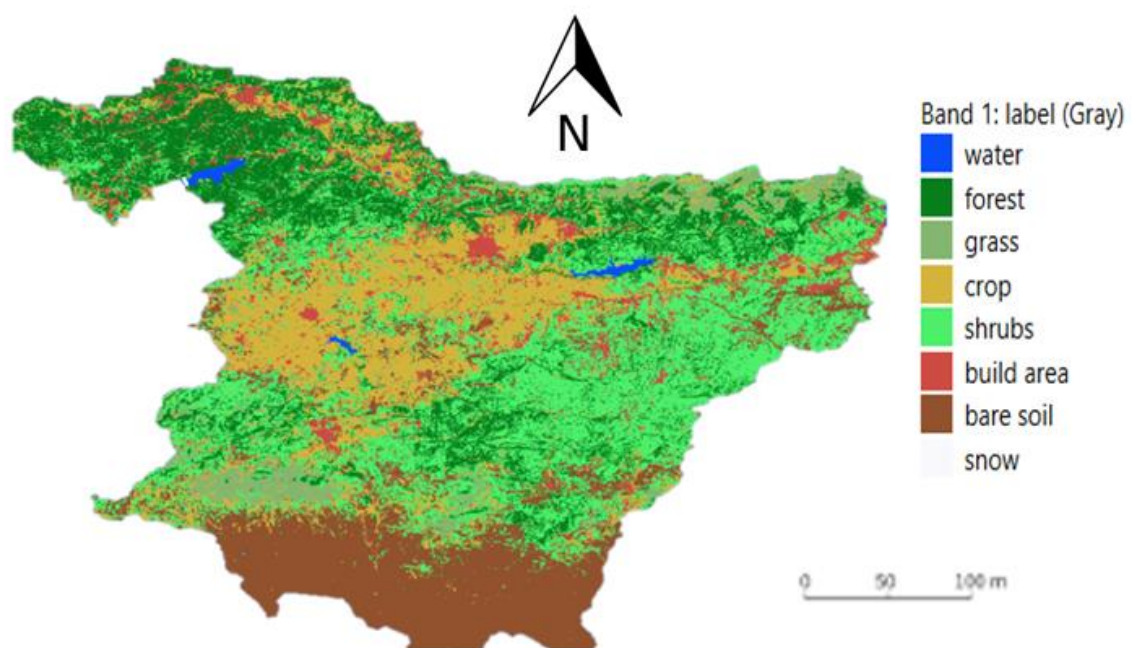
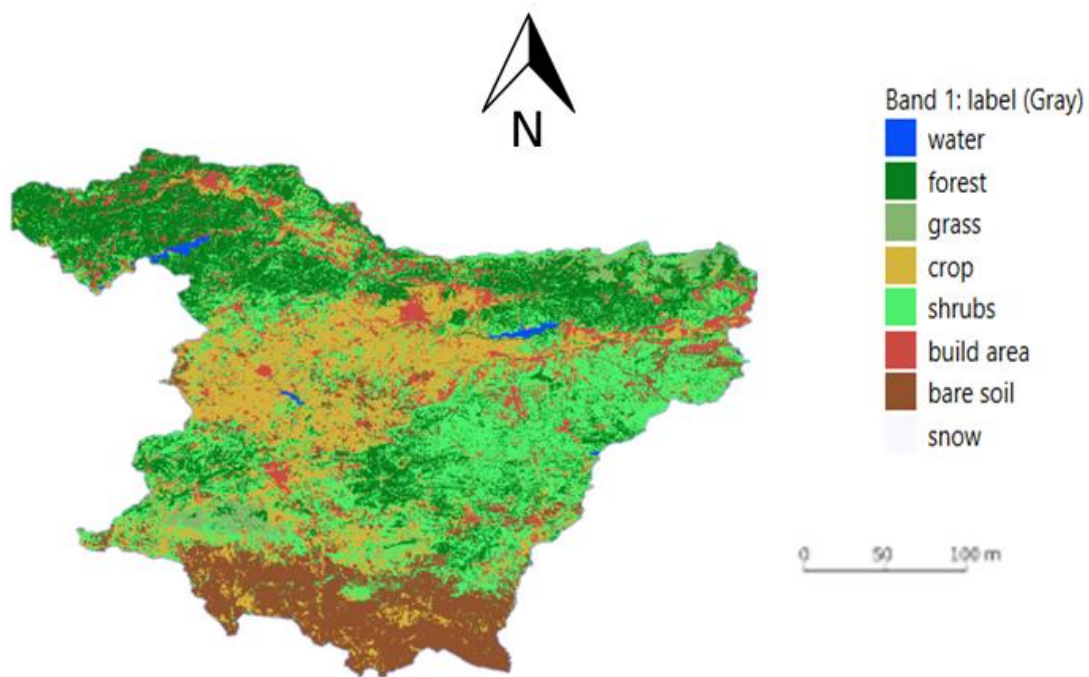
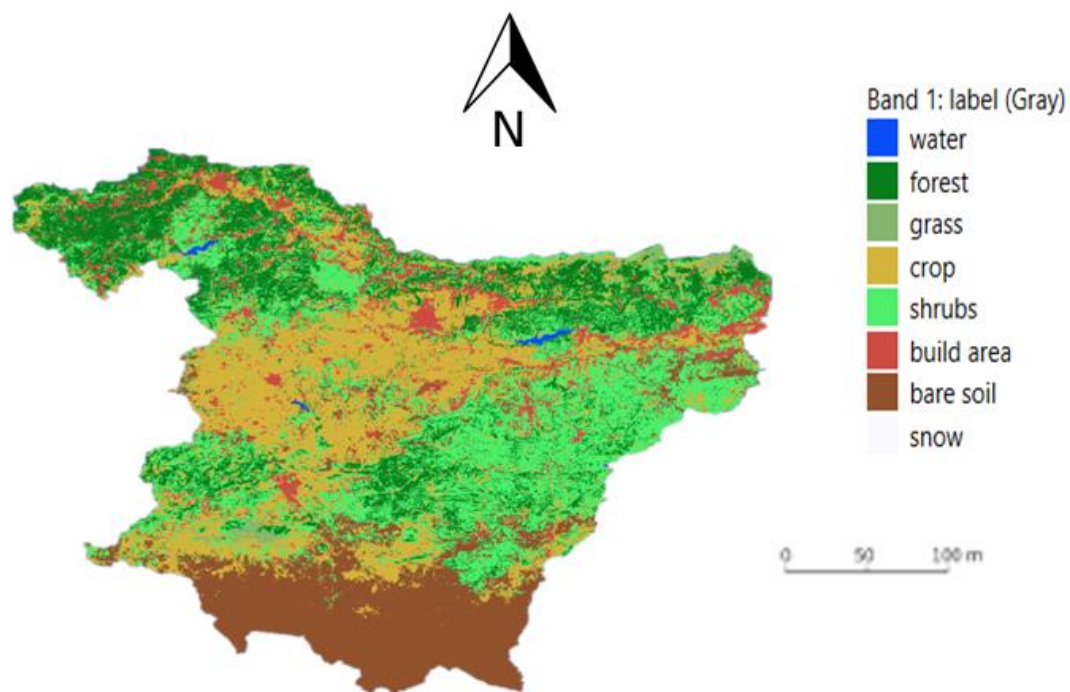


Figure12 : Carte d'Occupation du sol en 2016



**Figure13** : Carte d'Occupation du sol en 2016



**Figure14** : Carte d'Occupation du sol en 2024

#### 4.1.Changement de la couverture terrestre de 2016 à 2020

L'analyse de la couverture terrestre sur la période de 2016 à 2020 a révélé les changements suivants en termes de pourcentage :

**Tableau VI** : Changement de la Couverture Terrestre de 2016 à 2020.

Year 2016	Year 2020	Difference	% Difference	
1	0	0	0	0
2	1192182,4	1044409,8	11,1	-12,3951335
3	102243,6	201178,8	2,1	96,76419844
4	610,1	126,9	0	-79,20013113
5	1028944,8	897886,4	9,6	-12,7371653
6	1515501,6	1615522,9	17,2	6,599880858
7	385260,7	283225,7	3	-26,4846635
8	753554,6	930709,9	9,9	23,50928519
9	761,3	0,6	0	-99,92118744

**Water** : La couverture terrestre a diminué de 1 192 182,4 m<sup>2</sup> en 2016 à 1 044 409,8 m<sup>2</sup> en 2020. La surface a diminué de 147 772,6 m<sup>2</sup>, soit une baisse de 12,40 %. Selon (NGUYEN *et al.*, 2018) cette diminution pourrait être due à des activités anthropiques telles que l'urbanisation ou des changements dans l'utilisation des terres.

**Forest** : La couverture terrestre a presque doublé, passant de 102 243,6 m<sup>2</sup> en 2016 à 201 178,8 m<sup>2</sup> en 2020. La surface a presque doublé, avec une augmentation de 98 935,2 m<sup>2</sup>, soit 96,76 %. Selon (LEBLANC, 2013) cela pourrait indiquer une croissance de la végétation ou une expansion des zones agricoles.

**Grass** : La couverture terrestre a diminué de manière significative, passant de 610,1 m<sup>2</sup> en 2016 à 126,9 m<sup>2</sup> en 2020. La surface a fortement diminué de 483,2 m<sup>2</sup>, soit une baisse de 79,20 %. Selon (FOURNIER *et al.*, 2013) cela pourrait être dû à la réduction des surfaces forestières ou à des changements dans les pratiques de gestion des terres.

**Crop** : La couverture terrestre a diminué de 1 028 944,8 m<sup>2</sup> en 2016 à 897 886,4 m<sup>2</sup> en 2020, soit une diminution de 12,74 %. Soit une baisse de 12,74 %. Cette diminution peut être liée à une conversion des terres agricoles en zones bâties ou à une diminution de la couverture végétale (NGUYEN *et al.*, 2018).

**Shrubs :** La couverture terrestre a augmenté de 1 515 501,6 m<sup>2</sup> en 2016 à 1 615 522,9 m<sup>2</sup> en 2020, soit une augmentation de 6,60 %. Selon (NGUYEN et al., 2018) cette augmentation peut être due à une expansion des zones bâties ou à une augmentation des activités agricoles.

**Buld area :** La couverture terrestre a diminué de 385 260,7 m<sup>2</sup> en 2016 à 283 225,7 m<sup>2</sup> en 2020, soit une diminution de 26,48 %. Selon (LEPART et al., 2014) cela pourrait être attribué à la diminution des zones urbaines ou à des efforts de reforestation.

**Bare Soil:** La couverture terrestre a augmenté de 753 554,6 m<sup>2</sup> en 2016 à 930 709,9 m<sup>2</sup> en 2020, soit une augmentation de 23,51 %. Selon (NJOGI BELLA et al, 2020) Cela pourrait indiquer des activités de construction ou des processus naturels d'érosion et de dépôt de sol.

**Snow :** La couverture terrestre a diminué de 761,3 m<sup>2</sup> en 2016 à 0,6 m<sup>2</sup> en 2020, soit une diminution de 99,92 %. Selon (MOREL, 2007) Cette diminution pourrait être due aux changements climatiques affectant la présence de neige dans la région.

Ces résultats indiquent des changements significatifs dans certaines classes d'occupation du sol, avec des augmentations notables dans certaines zones (comme la classe Forest) et des diminutions importantes dans d'autres (comme la classe Grass et Build Area). Ces résultats mettent en lumière l'importance de surveiller les changements dans la couverture terrestre pour comprendre les dynamiques environnementales et socio-économiques. Les augmentations et diminutions observées dans les différentes classes d'occupation du sol indiquent des tendances qui pourraient nécessiter des interventions spécifiques en matière de gestion des terres et de conservation des ressources naturelles.

#### 4.2. Changement de la Couverture Terrestre de 2020 à 2024

L'analyse de la couverture terrestre de 2020 à 2024 montre les changements suivants :

**Tableau VII:** Changement de la Couverture Terrestre de 2020 à 2024.

Year 2020	Year 2024	Difference	% Difference	
1	0	0	0	0
2	1192182,3	961484,2	10,3	-19,35090799
3	102243,7	50643,6	0,5	-50,46775498
4	610,2	192,6	0	-68,43657817
5	1028944,9	1292655,4	13,8	25,62921494
6	1515501,8	1393715,5	14,9	-8,036037964
7	385260,8	379693,8	4,1	-1,444995182
8	753554,5	910162,1	9,7	20,78251805
9	761,2	193,9	0	-74,52706253

Les résultats montrent des variations significatives dans la couverture terrestre entre 2020 et 2024 :

**Water:** Une diminution de 230 698,1 m<sup>2</sup>, soit -19,35 %. Cela pourrait indiquer une réduction des zones agricoles ou une conversion vers d'autres utilisations des terres (NGUYEN et al., 2018).

**Forest :** Une diminution marquée de 51 600,1 m<sup>2</sup>, soit -50,47 %. Selon (BELTRAME, 2015) Cette diminution pourrait être due à des changements dans les pratiques agricoles ou à une expansion urbaine. **Grass:** Une diminution significative de 417,6 m<sup>2</sup>, soit -68,44 %. Cela pourrait refléter une diminution des zones forestières ou des changements dans la gestion des terres.

**Crop :** Une augmentation de 263 710,5 m<sup>2</sup>, soit 25,63 %. Cela pourrait indiquer une croissance de la végétation ou une expansion des zones agricoles.

**Shrubs :** Une diminution de 121 786,3 m<sup>2</sup>, soit -8,04 %. Selon (BARLES, 2017) Cette diminution pourrait être liée à une diminution des zones bâties ou à des changements dans les activités industrielles.

**Build Area** : Une légère diminution de 5 567,0 m<sup>2</sup>, soit -1,44 %. Selon (OUEDRAOGO *et al.*, 2015) Cette variation pourrait être due à des ajustements mineurs dans les zones urbaines ou à des projets de conservation.

**Bare Soil** : Une augmentation de 156 607,6 m<sup>2</sup>, soit 20,78 %. Selon (OUEDRAOGO *et al.*, 2024) Cela pourrait indiquer une expansion urbaine ou une augmentation des infrastructures.

**Snow** : Une diminution de 567,3 m<sup>2</sup>, soit -74,53 %. Cette baisse pourrait être attribuée à des changements dans l'utilisation des terres ou à des mesures de restauration écologique.

Ces résultats soulignent l'importance de surveiller et de comprendre les changements dans la couverture terrestre pour une gestion durable des ressources naturelles et pour répondre aux défis environnementaux et socio-économiques à long terme.

### **4.3. Comparaison entre les Deux Périodes**

Les résultats montrent des variations significatives dans la couverture terrestre entre 2016-2020 et 2020-2024. Certaines classes comme Forest ont subi une diminution continue, passant de 96,76 % d'augmentation à une baisse de 50,47 %. D'autres classes comme Grass ont montré une diminution initiale suivie par une croissance importante.

- Water a connu une diminution continue, mettant en lumière des défis persistants en termes de gestion des ressources en eau.

- Forest et Grass présentent des tendances opposées entre les deux périodes, avec une croissance initiale suivie d'une diminution pour Forest, et une diminution initiale suivie d'une augmentation pour Grass.

- Crop et Build Area montrent une croissance dans la deuxième période, ce qui pourrait indiquer une expansion des activités agricoles et urbaines.

- Shrubs et Bare Soil montrent des diminutions, soulignant des changements potentiels dans l'utilisation des terres ou des efforts de conservation.

Ces résultats soulignent l'importance de surveiller et de comprendre les changements dans la couverture terrestre pour une gestion durable des ressources naturelles et pour répondre aux défis environnementaux et socio-économiques à long terme.



# *Conclusion*

Cette étude révèle les dynamiques complexes et interconnectées des changements d'occupation du sol dans la wilaya de Bouira, soulignant la nécessité de stratégies intégrées et de collaborations multisectorielles pour garantir une gestion durable des ressources naturelles et le développement socio-économique de la région. Les changements observés mettent en évidence l'importance de la surveillance continue et de l'analyse des dynamiques d'occupation du sol. Ils soulignent également le besoin de politiques et de pratiques de gestion des terres adaptatives et durables pour relever les défis environnementaux et socio-économiques. Les tendances identifiées suggèrent des zones prioritaires pour l'intervention, telles que la conservation des ressources en eau, la gestion forestière et la protection des terres agricoles. L'étude des changements d'occupation du sol dans la wilaya de Bouira pour les années 2016, 2020 et 2024 a révélé des dynamiques complexes et significatives, soulignant l'importance de la gestion durable des ressources naturelles et des terres. Les résultats montrent des variations notables dans les différentes classes d'occupation du sol, reflétant des tendances socio-économiques et environnementales importantes.

Pour répondre à ces défis, plusieurs recommandations sont proposées : renforcer la gestion de l'eau en mettant en place des politiques et des infrastructures pour une gestion efficace et durable des ressources en eau, incluant des stratégies de conservation et de réutilisation ; promouvoir la reforestation et la conservation des forêts afin d'améliorer la biodiversité et les services écosystémiques ; optimiser l'utilisation des terres agricoles en adoptant des pratiques agricoles durables pour augmenter la productivité tout en minimisant l'impact environnemental ; surveiller les changements climatiques en renforçant la recherche et la surveillance des impacts du changement climatique sur les différentes classes d'occupation du sol, notamment la neige ; et développer des politiques urbaines durables en planifiant et développant des zones urbaines de manière à minimiser l'impact sur les ressources naturelles et à promouvoir des espaces verts. Ces recommandations visent à orienter les politiques et les actions futures pour favoriser une gestion intégrée et durable des ressources naturelles dans la wilaya de Bouira.

# *Référence bibliographique*

- ACHILLEAS, Philippe. Le cadre juridique international de la collecte et de la distribution des données de télédétection. *Annuaire Français de Relations Internationales XII*, 2011.
- ANDRIEU, Julien et MERING, Catherine. Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine: exemple des Rivières du Sud du delta du Saloum au Rio Geba. *Télédétection*, 2008, vol. 8, no 2, p. 93-118.
- AZZOUG, Zahoua et BAROUN, Celia. *Contribution à l'étude des accroissements du liège de reproduction de Quercus suber L. des subéraies de Tizi-Ouzou cas des stations: Draa El Mizane, Tirsine1, Tirsine2*. 2023. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- BELMAHDI, Hocine Sami. *La variation de la densité et de l'échelle de l'habitat dans la structuration du paysage urbain*. 2022. Thèse de doctorat. UB1.
- BOUCHENEB, Rounida. *Compétitivité et attractivité du territoire: Apport de l'oléiculture dans la wilaya de Bouira*. 2014. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- BOUSSOUGOU, Guy Boussougou. *Vulnérabilité des paysages forestiers en relation avec les activités humaines et la variabilité climatique en Tanzanie: analyse prospective des dynamiques de l'occupation du sol des réserves forestières de Pugu et de Kazimzumbwi*. 2017. Thèse de doctorat. Université de la Réunion.
- CALOZ, Régis et COLLET, Claude. *Précis de télédétection-Volume 3: Traitements numériques d'images de télédétection*. PUQ, 2001.
- CAMPEDEL, Marine et MOULINES, Eric. Méthodologie de sélection de caractéristiques pour la classification d'images satellitaires. In : *CAP*. 2005. p. 107-108.
- COULIBALY, Idrissa. *Détection du réseau routier à partir des images satellitaires à la suite d'une catastrophe majeure*. 2013. Thèse de doctorat. École de technologie supérieure.
- DAUMARD, Fabrice. *Contribution à la télédétection passive de la fluorescence chlorophyllienne des végétaux*. 2010. Thèse de doctorat. Ecole Polytechnique X.
- DAGORNE, Dominique. Traitement des données satellitaires à l'antenne ORSTOM de Lannion. Le logiciel Triskel. *Veille Climatique Satellitaire*, 1988, no 23, p. 17-22.
- DEHAINSALE, Hondjack. *Explicitation de la sémantique dans les bases de données: Base de données à base ontologique et le modèle OntoDB*. 2007. Thèse de doctorat. Université de Poitiers.

- DJENBA, Samir. *Influence des paramètres géologique, géomorphologique et hydrogéologique sur le comportement mécanique des sols de la wilaya de Sétif*. Algérie. 2015. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra.
- DOUFFI, Kouakou Guy-Casimir. *Distribution spatiale et dynamique de la population de palmiers rôniers, Borassus aethiopum Mart., par approche de la télédétection et du Système d'Information Géographique (SIG) de la réserve de Lamto (Centre de la Côte d'Ivoire)*. 2020. Thèse de doctorat. Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire).
- ELAKKIYA, N. et SANKARGANESH, E. Quantum Geographic Information System (QGIS) for Mapping of Study Areas. *Biotica Research Today*, 2023, vol. 5, no 1, p. 70-72.
- EL GAROUANI, Abdelkader, CHEN, Hao, LEWIS, Lawrence, *et al.* Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du sig idrisi au nord-est du Maroc. *Télédétection*, 2008, vol. 8, no 3, p. 193-201.
- JOSEPH, Constantin. *La télédétection mise au service des écosystèmes forestiers en Haïti: tentative de restauration de l'environnement et de la biodiversité*. 2022. Thèse de doctorat. Antilles.
- HIND, MADANI. *La problématique du foncier dans la wilaya d'Alger*. 2024. Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
- HOANG, Kim Huong, BERNIER, Monique, et VILLENEUVE, Jean-Pierre. Les changements de l'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière cau (vietnam). *Télédétection*, 2009, vol. 8, no 4, p. 227-236.
- HUSSON, François, CORNILLON, Pierre-André, GUYADER, Arnaud, *et al.* *R pour la statistique et la science des données*. Presses universitaires de Rennes, 2018.
- GUILLET, Jeannine. La télédétection et ses applications pédagogiques. *Bulletin de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*, 1991, no 61, p. 181-193.
- PELLETIER, Charlotte. *Cartographie de l'occupation des sols à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions: identification et traitement des données mal étiquetées*. 2017. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- PONY, Olivier, DESCOMBES, Xavier, et ZERUBIA, Josiane. *Classification d'images satellitaires hyperspectrales en zone rurale et périurbaine*. 2000. Thèse de doctorat. INRIA.

- KEDDAM, Sonia et KANEM, Nadira. *Etat des programmes communaux de développement et programmes sectoriels de développement des communes de la wilaya de Tizi-Ouzou*. 2022. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- KERGOMARD, Claude. *La télédétection aérospatiale: une introduction. Cours de télédétection, Ecole Normale Supérieure Paris*, 1990.
- KOUBA, Yacine. *Cours de système d'information géographique*. 2018. Thèse de doctorat. Faculté des sciences de la terre et de l'architecture.
- LATIFOVIC, Rasim, TRISHCHENKO, Alexander P., CHEN, Ji, *et al.* Generating historical AVHRR 1 km baseline satellite data records over Canada suitable for climate change studies. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 2005, vol. 31, no 5, p. 324-346.
- MATHIAN, Hélène et SANDERS, Léna. *Objets géographiques et processus de changement: approches spatio-temporelles*. ISTE Group, 2014.
- MENASRA, Asma. *Les paysages comme outils pour un projet touristique de développement local des établissements humains de la micro région des Ziban*. 2023. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider Biskra.
- MIRANVILLE, Juliette. *Amélioration des chaînes de traitement d'images satellites*. 2024. Thèse de doctorat. Université de Technologie Compiègne (UTC).
- MOORE, R. T. et HANSEN, M. C. Google Earth Engine: a new cloud-computing platform for global-scale earth observation data and analysis. In : *AGU Fall Meeting Abstracts*. 2011. p. IN43C-02.
- NAIT SAIDI, Samia. *L'impact de la politique de l'emploi sur le développement territorial dans la wilaya Tizi-Ouzou*. 2016. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- OCCELLI, Florent. *Systèmes d'Information Géographique et Lien Environnement–Santé (SIGLES): contribution au développement d'outils cartographiques d'aide à la décision face aux risques sanitaires liés à l'environnement*. 2014. Thèse de doctorat. Université du Droit et de la Santé-Lille II.
- OULIDI, Hassane Jarar. *Données spatiales sur l'eau: Technologies géospatiales et gestion des données*. ISTE Group, 2019.
- OUEDRAOGO, Blaise, OUEDRAOGO, Lucien, et KABORE, Oumar. Fragmentation de l'espace et conflits d'usage au sahel: cas du bassin versant de Yakouta (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2015, vol. 9, no 6, p. 2727-2739.

- PINSULT, Dorian, DE BRUX, Julie, et BESCHERON, Damien. OAT verte Subventions publiques aux activités de prévision météorologique et d'observation de la Terre. 2022.
- REZEG, Khaled. *Découverte des services dans les systèmes d'information géographiques répartis sous réseau ad-hoc*. 2010. Thèse de doctorat.
- QUETA, Eurizanda Fatima. *COLLECTIVITES TERRITORIALES ET PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LA WILAYA DE TIZI-OUZOU: ETUDE DE CAS DES FEUX DE L'ETE 2021*. 2023. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- URBANI, Dominique. *Elaboration d'une approche hybride SMA-SIG pour la définition d'un système d'aide à la décision; application à la gestion de l'eau*. 2006. Thèse de doctorat. Université Pascal Paoli.
- YOUSOUF KALI-KELE, GAIMI. *FUSION D'IMAGES SATELLITAIRES DE RESOLUTIONS SPATIALES DIFFERENTES*. 2023. Thèse de doctorat. Université Ibn Khaldoun.
- YUNIAWATIKA, Yuniawatika, SASMITO, Dian Ahmad, PRATISIA, Tuisda, *et al.* Pemanfaatan Citra USGS dan Google Earth untuk Pembuatan Peta Tematik Desa Jambesari Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2022, vol. 6, no 4, p. 530-539.
- SANDERS, Léna. *Méthode d'observation multi-niveaux pour le suivi de phénomènes géographiques avec un SIG*. 2006. Thèse de doctorat. Université de Marne-La-Vallée.
- SHAIRA, Habeena, NAIK, Poonam R., PRACHETH, R., *et al.* Epidemiological profile and mapping geographical distribution of road traffic accidents reported to a tertiary care hospital, Mangaluru using quantum geographic information system (QGIS). *Journal of family medicine and primary care*, 2020, vol. 9, no 7, p. 3652-3656.
- SPARFEL, Lénaïg. *Etude des changements d'occupation des sols dans la zone côtière à partir de données hétérogènes: application au pays de Brest*. 2011. Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale-Brest.
- ZERROUGUI LOUAI, Amara Dhia Eddine. *Apport des nouvelles technologies d'instrumentation à distance dans l'étude des glissements de terrain*. 2023. Thèse de doctorat. Université Echahid Chikh Larbi Tebessi-Tebessa.
- ZAABAR, Narimane. *Synergie des données satellitaires optiques et radar pour l'étude des zones côtières inondables à l'ouest algérien*. 2022. Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale-Brest; Ecole nationale supérieure de l'hydraulique (Blida (Algérie)).